

UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ
École doctorale « Langages, Espaces, Temps, Sociétés »
Laboratoire ThéMA – UMR 6049 CNRS

Thèse en vue de l'obtention du titre de docteur en
GÉOGRAPHIE-AMÉNAGEMENT

**Vers une mise en observation des Systèmes Énergétiques Territoriaux –
une approche géographique pour territorialiser l'énergie**

Présentée et soutenue publiquement par

Yann Fléty

le 28 janvier 2014

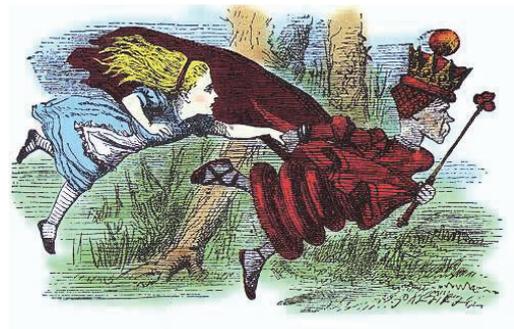
Sous la co-direction de Marie-Hélène de Sède-Marceau et Christophe Claramunt

Membres du jury :

Sabine Barles, professeure à l'Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne
Christophe Claramunt, professeur des universités, détaché à l'Irenav, Brest
François Golay, professeur à l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne
Claude Grasland, professeur à l'Université Paris-Diderot, rapporteur
Anne Grenier, ingénieure de recherche Ademe, docteure en urbanisme, Nice
Thierry Joliveau, professeur à l'Université Jean Monnet de Saint-Etienne, rapporteur
Loïc Ravenel, maître de conférences (HDR) à l'Université de Franche-Comté, Besançon
Marie-Hélène de Sède-Marceau, professeure à l'Université de Franche-Comté, Besançon

12 ABC 14

Le contexte !



L'hypothèse de la reine rouge.
« Mais, Reine Rouge, c'est étrange, nous courons vite et le paysage autour de nous ne change pas ? » [...] Et la reine répondit : « Nous courons pour rester à la même place. » (Carroll, 1872, 28).

Que se dit en lui-même le Pascuan au moment où il abat le dernier arbre de l'île ? (Diamond, 2009, 176).

Ce travail a successivement bénéficié de contextes favorables à sa réalisation, pour lesquels je remercie les personnes impliquées :

- une Bourse de Docteur Ingénieur (BDI) du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) ;
- un poste d'Attaché temporaire d'enseignement et de recherche (ATER) à l'Institut de Géographie Alpine (Grenoble I) ;
- trois contrats de recherche au sein du laboratoire ThéMA, (UMR 6049 CNRS-Université de Franche-Comté).

Par ailleurs, ce travail a nourri et s'est enrichi de deux projets de recherche porté par ThéMA :

- OPTEER (Observation et Prospective Territoriale Énergétique à Échelle Régionale), projet de recherche financé par l'ADEME, la Région Franche-Comté et la Communauté d'Agglomération du Grand-Dole ;
- EET, Etiquette Énergétique Territoriale, contrat financé par l'ADEME et intégré plus largement au projet MobiSim (plateforme de simulation des mobilités quotidiennes et résidentielles sous la forme d'un modèle LUTI).

Remerciements

Ma reconnaissance et ma gratitude s'adressent à Marie-Hélène de Sède-Marceau et Christophe Claramunt pour avoir accepté de diriger ce travail ; je tiens également à remercier Sabine Barles, François Golay, Claude Grasland, Anne Grenier, Thierry Joliveau, et Loïc Ravenel, membres du jury, qui ont accepté d'en assumer l'évaluation.

Cette thèse de doctorat, pourtant dernier diplôme universitaire, a bel et bien constitué une aventure :

Aventure, *subt. fém.* (CNRTL, 2012):

A.- Ce qui advient dans le temps, généralement à un individu [...], d'une manière plus ou moins imprévue ou normalement imprévisible. [...]

B.- [*L'accent est mis sur la participation active de la pers. intéressée, qui sollicite et conduit les événements, tout en les subissant partiellement dans leurs imprévus*] Entreprise remarquable par le nombre de ses difficultés et l'incertitude de son aboutissement, avec des risques de perte ou de profit, selon l'échec ou le succès d'une affaire.

- *Par euphém.* Liaison généralement de caractère charnel, passionné, passager ;

- *Au fig.* Poursuite généralement ardue, mais exaltante d'un idéal, d'une qualité ;

- *Spéc., vieill.*, Nom vulgaire du panaris ;

- *Littér. Ciném.*, Dont l'intrigue est riche en péripéties.

Si elle revêt l'intégralité de ces acceptions, une thèse est plus que ce manuscrit nécessairement réducteur. Mes remerciements s'adressent à la plupart des personnels du laboratoire ThéMA, pour ce contexte de travail intellectuel, humain et matériel privilégié, à tout niveau. Aux fondateurs les plus imposants, aux plus discrets passants, aux ouvriers d'horizons, et particulièrement aux souris de passage tout là-haut au grenier, merci.

Comme toute aventure, une thèse déborde plus qu'amplement sur des aspects personnels et privés : elle en est dépendante et est conditionnée par eux. Merci à Vous d'avoir su maintenir le niveau nécessaire de ma motivation, normalement oscillante, et permettre ainsi l'aboutissement de ce projet.

Il n'y a pas de place pour les états d'âme dans une thèse ; alors pour refermer ces dernières lignes de mon ultime cahier d'écolier, j'emprunte à T. Joliveau¹ quelques mots, dont la portée ne raisonne absolument qu'en approche finale d'un tel travail : Il faut savoir terminer une thèse, et cela, que l'on ait obtenu satisfaction ou non.

¹ Thierry Joliveau (2004, 4).

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE	13
PARTIE 1 TERRITORIALISER L'ENERGIE : LE CHOIX DE L'OBSERVATION TERRITORIALE POUR UNE PLANIFICATION TERRITORIALE ENERGETIQUE	18
CHAPITRE 1. PLANIFICATION TERRITORIALE ET ENERGETIQUE, L'HEURE DU RENDEZ-VOUS ?	
CONTEXTES, PARADIGMES ET MOYENS	20
1. <i>Des contextes de planifications renouvelés</i>	21
2. <i>La planification territoriale énergétique</i>	52
CHAPITRE 2. TERRITORIALISER L'ENERGIE AUX ECHELLES INFRAREGIONALES, UNE NECESSITE	71
1. <i>La dépendance réciproque des processus territoriaux et énergétiques</i>	72
2. <i>Une représentation du Système Énergétique Territorial</i>	88
3. <i>L'Intelligence Territoriale, un processus intégrateur pour territorialiser l'énergie</i>	106
CHAPITRE 3. LES OUTILS DE CONNAISSANCES EN MATIERE DE PLANIFICATION TERRITORIALE ENERGETIQUE : LE CHOIX D'UNE APPROCHE INFORMATIONNELLE REPOSANT SUR L'OBSERVATION	124
1. <i>Les éléments constitutifs des modèles énergétiques : le territoire absent</i>	125
2. <i>Vers l'observation instrumentée du territoire</i>	141
CONCLUSION DE PARTIE 1	194
PARTIE 2 PROPOSITION D'UNE DEMARCHE DE CONCEPTION POUR UNE MISE EN OBSERVATION DES SYSTEMES ENERGETIQUES TERRITORIAUX	196
CHAPITRE 4. PROPOSITION D'UNE DEMARCHE METHODOLOGIQUE POUR UNE MISE EN OBSERVATION DU SET	198
1. <i>Cadres conceptuels de la démarche</i>	199
2. <i>Mobilisation des concepts dans la démarche de mise en observation : principes et application</i>	231
CHAPITRE 5. UNE ETAPE D'ANALYSE PREALABLE A UN INDICATEUR DE QUALIFICATION ENERGETIQUE DES TERRITOIRES	243
1. <i>Une contextualisation pour la conception d'un indicateur énergétique territorial</i>	243
2. <i>Etat de l'art des méthodologies d'évaluation et des déterminants des consommations relatives aux logements et aux mobilités</i>	250
CHAPITRE 6. MODALITES DE CONSTRUCTION ET INTEGRATION DE L'INDICATEUR ETIQUETTE ÉNERGETIQUE TERRITORIAL -MOBILITES QUOTIDIENNES	275
1. <i>Préambule et problématique</i>	276
2. <i>Méthodologie</i>	280
3. <i>Exemples de résultats d'étiquettes énergétiques territoriales</i>	298
4. <i>Discussion sur l'indicateur EET</i>	305
5. <i>Intégration de l'indicateur au sein de la démarche proposée</i>	308
CONCLUSION DE PARTIE 2	317
CONCLUSION GENERALE	318
SYNTHESE (10 PAGES)	325
TABLE DES MATIERES	401

Conventions : choix typographiques, documents et renvois

- Les années apparaissent en chiffres arabes (1980) et les siècles en chiffres romains (XXe siècle). Les décennies sont abrégées (années 70).
- Les sigles et acronymes sont composés en majuscules sans point abréviatif ni espace entre les lettres (PLU : Plan Local d'Urbanisme). Cependant, lorsqu'un sigle se prononce aisément, il devient un acronyme que nous composerons éventuellement comme un nom propre (exemple précédant : Plu ; Ademe : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie). Lors de son premier emploi, la signification du sigle ou de l'acronyme sera spécifiée. Un index des sigles et acronymes les récapitule cependant en début de rapport (cf. Sigles et Acronymes).
- Les tableaux, encarts et annexes portent leur propre dénomination. Les schémas, cartes et illustrations divers, sont quant à eux rassemblés sous le terme commun de « Figure », possiblement notée Fig.. La numérotation de ces pièces est réinitialisée pour chaque chapitre. Elle est précédée du numéro du chapitre (d'un I pour l'introduction, d'un A pour les annexes). Par exemple, (Figure 2-3) renvoie à l'illustration n°3 du deuxième chapitre, (Tableau 4-5) au cinquième tableau du quatrième chapitre, et Figure A2-1 à la première illustration de l'annexe 2. Sans précision quant à leur origine, ces figures ont été conçues et réalisées par l'auteur.
- Les renvois sont systématiquement signalés entre parenthèses et peuvent ou non être précédés de la locution latine *confer* (cf.) : par exemple, (cf. Chapitre 2) si l'on se réfère à une partie conséquente de l'analyse, (cf. Figure 3-2) s'il s'agit d'une illustration dans le texte. Sans autre précision de contexte, la numérotation indiquée renvoie au paragraphe numéroté du chapitre dans laquelle elle se trouve.
- Les références bibliographiques entre parenthèses de type (Nom, date) renvoient aux auteurs cités dans la section « référence » figurant en fin de document : par exemple (Grenier, 2007). Afin de ne pas alourdir le texte, seul le nom du premier auteur est mentionné pour citation. En cas de références multiples pour une même année, l'année est suivie d'une lettre (Ex : Ademe, 2007a) qui renvoie à la première entrée bibliographique de cet auteur pour l'année considérée. Dans le cas de plusieurs références concernant un même auteur une même année, seule la date est mentionnée. Par ailleurs, les mentions des pages n'interviennent que dans le cas de documents longs, dépassant une vingtaine de pages (livres, rapports, etc.).

Sigles, acronymes et abréviations

Les sigles et acronymes cités en tant qu'auteurs (Ademe, Certu, etc.) n'apparaissent pas dans cette liste. Ils figurent comme toute référence, en fin de document et leur dénomination y est explicitée.

AASQA : Agence agréée de surveillance de la qualité de l'air

ACP : analyse en composantes principales

AEU : Approche environnementale de l'urbanisme

AIE : Agence internationale de l'énergie

ALE : Agence locale de l'énergie

ANAH : Agence nationale d'amélioration de l'habitat

ATMO : Fédération des AASQA

ATEnEE : Actions Territoriales pour l'Environnement et l'Efficacité Energétique (aujourd'hui COT)

BBC : Bâtiment basse consommation

BD : Base de données

BDBO : Base de données à base ontologique

CAGB : Communauté d'Agglomération du Grand Besançon

CASE : Computer aided Software Engineering (ou AGL Atelier de génie logiciel)

CAUE : Conseil d'architecture, d'urbanisme et d'environnement

CEE : Certificat d'économie d'énergie

CEP : Conseil en énergie partagé

CEREN : Centre d'études et de recherches économique sur l'énergie

CESER : Conseil social, économique et environnemental régional

CITEPA : Centre interprofessionnel technique d'étude de la pollution atmosphérique

CNRTL : Centre national de ressources textuelles et linguistique CNRS- [dictionnaire en ligne]

CO₂ : dioxyde de carbone

COPERT : Computer Program to calculate Emissions from Road Transport (modèle)

COT : Contrat d'objectif territorial

CPE : Contrat de performance énergétique

CPER : Contrat de plan État-Région

CRE : Commission de régulation de l'énergie

CSTB : Centre scientifique et technique du bâtiment

DATAR : Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale

DEEM : Diagnostic Energies Emissions des Mobilités

DIREN : Direction régionale de l'environnement (aujourd'hui DREAL)

DJU : degrés jours unifiés

DOLCE : Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering

DPE : Diagnostic de performance énergétique

DPSIR : Driving forces, Pressures, State, Impacts, Responses (cadre d'analyse causale)

DREAL : Direction régional de l'environnement, de l'aménagement et du logement

DTA : Directive territoriale d'aménagement

EDF : Electricité de France

EET : Etiquette énergie territoire (indicateur)

EIE : Espace Info-Énergie

EnR : Énergie (nouvelle et) renouvelable

EPCI : Établissement public de coopération intercommunale

ERDF : Electricité réseau distribution France

ETD : Entreprise Territoire et Développement (association)

ETHEL : Energie transport Habitat localisation (projet de recherche cf. Raux (2005))

FNCCR : Fédération nationale des collectivités concédantes et régies

GDF : Gaz de France

GES : Gaz à effet de serre

GIEC : Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GIP : Groupement d'intérêt public

GRT : Gestionnaire de Réseau de Transport

GRD : Gestionnaire de Réseau de Distribution

GrDF : Gaz réseau distribution France

HQE : Haute qualité environnementale

IFEN : Institut français de l'environnement

IGN : Institut géographique nationale de l'information géographique et forestière

INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques

IRIS : Ilots Regroupés pour l'Information Statistique

LAURE : Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie

LGV : Ligne à grande vitesse

LOADDT : Loi d'orientation pour l'aménagement et le développement durable des territoires

LUTI : Land Use and Transport Interaction models (famille de modèle)

MEEDDM : Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer

MDE : Maîtrise de la demande en énergie ou en électricité (détaillée selon contexte)

MCD : modèle conceptuel de données

MIES : Mission interministérielle de l'effet de serre

OPAH : Opération programmée d'amélioration de l'habitat

OPATB : Opération programmée d'amélioration thermique des bâtiments

OPTTEER : Projet de recherche « Observation et Prospective Energétique à Echelle Régionale » mené au laboratoire ThéMA

ORE : Observatoire régionaux de l'énergie

PACA : Provence Alpes Côte d'Azur

PCET : Plan climat-énergie territorial

PCS : Professions et catégories socio-professionnelles (ex catégorie socio-professionnelles - CSP)

PDE / PDU : Plan de déplacement d'entreprise / Plan de déplacement urbain

PIB : produit intérieur brut

PLH : Programme local de l'habitat

PLU : Plan local d'urbanisme

PNLCC : Plan national de lutte contre le changement climatique

PNR : Parc naturel régional

POPE : Loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique

PPA : Plan de protection de l'atmosphère

PRQA : Plan régional de la qualité de l'air

RDF : Resource Description Framework

RES : reference energy system : système énergétique de référence

RGP : Recensement général de la population

SCoT : Schéma de cohérence territorial

SESSI : Service des études et statistiques industrielles

SET : Système Energétique Territorial

SGBD : Système de gestion de base de données

SI : Système d'information

SIG : Système d'information géographique

SIRENE : Système d'identification du répertoire des entreprises et de leurs établissements (Base de donnée INSEE)

SIRS(T) : Système d'information à référence spatiale (et temporelle)

SOeS : Service de l'observation et des statistiques

SRADDT : Schéma régional d'aménagement et de développement durable du territoire

SRCAE : Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie

SRT : Schéma régional des transports

SRU : Loi Solidarité et renouvellement urbain

SSCE : Schéma de service collectif de l'énergie

SUMO : Suggested Upper Merged Ontology

Tep : Tonne équivalent pétrole

ThéMA : Théoriser et Modéliser pour Aménager, Laboratoire de recherche UMR 6049 Université de Franche-Comté CNRS, Besançon, France.

UML : Unified Modeling Language (langage de modélisation unifié)

URE : Utilisation rationnelle de l'énergie

XML : Extensible Markup Language

ZAUER : Zonage en aires urbaines et aires d'emploi de l'espace rural

ZDE : Zone de développement éolien

La fonction « Recherche » « Utiliser les caractères génériques » « <[A-Z]{2;}> » est tout à fait utile !

Introduction générale

Intentions

« *L'information est ce gain de connaissance supplémentaire, et ce pouvoir d'organisation sur l'espace et l'environnement qui sont acquis moyennant une énergie dépensée* » (Belhedi, 2010). C'est dans cette perspective, mêlant énergie et information à des fins d'aménagement, que doit être envisagé ce travail de thèse.

Un triple contexte pour motivation

Alors que s'ouvre le débat national sur la transition énergétique, il n'est pas un jour sans qu'un media ne titre sur une question en lien avec l'énergie, et il n'est pas un geste quotidien qui n'en dépende de façon plus ou moins évidente. Poser les termes des équations énergétiques mondiale, européenne et française nécessite quelques longues pages qui, d'une part ont été maintes fois écrites, et d'autre part dépassent le cadre de cette brève² introduction (Mérenne-Schoumaker (2007), Battiau (2008), Durand (2007), Ngo (2008)). La situation énergétique et environnementale, toutes échelles confondues, est en effet préoccupante (Gicquel, 2001, 11). La production énergétique est largement dépendante des agents énergétiques primaires fossiles, issus de sources non renouvelables aux limites avérées. Durant le XX^{ème} siècle, la consommation énergétique globale a connu une évolution *quasi* exponentielle, aujourd'hui confrontée à un renchérissement des prix des énergies. Ces constats sont réalisés dans un contexte scientifique et social de perception des dégradations des écosystèmes et des conditions de vie humaine. Simultanément, de profondes mutations économiques sont en cours : les processus de globalisation tendent à la fois à la dérégulation des marchés et à l'affaiblissement des monopoles nationaux. En conséquence, le poids relatif des acteurs évolue au travers des engagements internationaux (Kyoto, Paquet énergie, Facteur 4), de l'ouverture des marchés ou de processus de décentralisation. Si les Etats ont toute légitimité pour la définition de cadres globaux, les collectivités revêtent quant à elles un rôle central et deviennent les chevilles ouvrières des politiques énergétiques.

² Nous avons fait le choix de délimiter et détailler les champs de recherche et concepts en jeux évoqués dans cette introduction au cours des premiers chapitres de ce travail, ce qui nous semblait autoriser un niveau de détail moins contraint.

Dans le contexte français d'aménagement des territoires ensuite, de nouvelles pratiques d'action publique, guidées par les lois de décentralisation successives, ainsi que des principes de planification renouvelés, modifient en profondeur l'organisation territoriale, notamment en matière de gouvernance.

Enfin, et de façon liée, émerge depuis quelques dizaines d'années le besoin de guider les politiques publiques notamment par le biais d'instruments de mesure et d'évaluation, en situant l'information au centre des processus d'aide à la décision (Sénécal, 2007). Les multiples initiatives de construction d'indicateurs, ou la diffusion des technologies de l'information géographique et des systèmes d'information, au-delà d'aspects techniques et informatiques, soulèvent toujours des questions d'ordres méthodologiques.

Les mutations liées à la conjonction de ces différents facteurs concernant ces trois « domaines », ont des conséquences qui tendent vers une implication accrue des acteurs locaux et régionaux : ces derniers sont demandeurs d'information, d'outils et méthodes de gestion et d'aide à la décision pour la mise en œuvre d'une planification territoriale énergétique intégrée et non plus sectorielle, à l'échelle de leurs territoires de référence.

Objectifs, problématique et moyens du projet de recherche

Dans ce contexte de mutations multidimensionnelles des systèmes énergétiques et des systèmes territoriaux, impliquant de fortes attentes en matière de diagnostic et de prospective, le principal enjeu réside dans des besoins de connaissances des systèmes territoriaux. Cependant, force est de constater les difficultés de parvenir à une vision intégrée des transformations structurelles et fonctionnelles énergétiques des territoires, à différentes échelles.

Ainsi l'objectif général de ce travail vise à augmenter notre compréhension du fonctionnement des systèmes territoriaux et énergétiques; c'est-à-dire maîtriser la description de connaissances et d'informations relatives à un domaine aussi vaste que celui constitué par les liens énergie-territoire. Si le territoire constitue la construction d'une réalité territoriale, il est l'objet d'enjeux et de représentations multiples. Autrement dit, notre objectif général consiste à favoriser l'intégration des informations relatives aux domaines énergétiques, non plus par une entrée technologique ou économique ou environnementale, mais sur la base d'une entrée territoriale, et ce dans le contexte particulier des observatoires numériques territoriaux.

Plusieurs questions restent en suspens. Comment et pourquoi la dimension énergétique peut aider à mieux comprendre le fonctionnement du territoire et son aménagement ? Comment approcher les liens territoire-énergie dans un objectif de planification territoriale qui doit aujourd'hui intégrer des questionnements liés à la thématique énergie ? Comment construire des représentations de systèmes spatialisés ainsi que leurs indicateurs (intégrant différentes sources de données) à destination de différents acteurs pour des problématiques de diagnostic, de suivi, pour de la planification ? Disposons-nous des méthodes et outils de connaissance et de suivi pour parvenir à comprendre et intégrer les problématiques énergétiques dans les stratégies de planification territoriale ? plus précisément : **Disposons-nous de l'arsenal conceptuel et sémantique favorisant l'intégration informationnelle nécessaire à la compréhension du système complexe que constitue le système énergétique territorial ?** Ces interrogations permettent d'identifier les deux facettes essentielles constituant la problématique de ce travail, à savoir : **comment appréhender les liens territoire-énergie dans un contexte d'aide à la décision et une perspective de planification ? - et - quelle approche instrumentée proposer pour une lecture intégrée de l'énergie des territoires ?**

- Hypothèses

Le postulat général de départ apparaît simple dans son énoncé : pour être en mesure d'agir sur un système, il faut le comprendre et donc le connaître. L'hypothèse qui sous-tend ce travail consiste ensuite à supposer que, pour des acteurs soucieux d'intégrer la composante énergie et confrontés à des enjeux de planification territoriale, les propositions conceptuelles et méthodologiques qui guident une démarche d'Observation territoriale, constituent une piste pour répondre à leur besoin informationnel. Localiser, quantifier, contextualiser, les processus énergétiques territoriaux permettrait d'exploiter les potentiels énergétiques (entendu aussi les potentiels d'économies d'énergie). Ainsi, proposer un cadre susceptible de décrire et organiser les phénomènes liant énergie et territoire vise l'amélioration de la compréhension des structures et processus territoriaux d'un point de vue énergétique.

- Objectifs spécifiques et moyens

Pour tenter de répondre à ces questions, nous proposons une démarche en deux volets. Le premier consiste à proposer une lecture des liens territoire-énergie et transmettre une représentation énergétique du territoire. L'énergie n'est pas *a priori* un concept spatial. Comme tout objet, l'étude de l'énergie ne peut constituer un objet d'étude géographique que si on le construit comme tel. Nous proposons en ce sens la définition d'un objet géographique « Système Énergétique Territorial (SET) » susceptible de traduire la diversité et la singularité des configurations et spécificités territoriales, suite au constat de potentiels énergétiques, comme humains, inégaux des territoires ; ce que nous avons appelé territorialiser l'énergie.

Nous proposons dans un second temps l'instrumentation de cet objet SET par la proposition d'une démarche de conception qui en constitue la formalisation. Dans le contexte d'un Observatoire, territorialiser l'énergie passe aussi par la définition d'un cadre sémantique d'interprétation de l'information géographique.

La méthode de ce travail de recherche est de nature exploratoire et conceptuelle, reflet des approches systémiques et modélisatrices retenues. Malgré une linéarité apparente, ce travail a fait l'objet d'allers-retours permanents entre référentiels théoriques et appliqués, dans un paradigme constructiviste radical (Gavard-Perret, 2008, 25). Ce dernier postule l'existence d'un réel expérimenté et vise la construction de représentations qui conviennent fonctionnellement : posséder des manières et des moyens, d'agir et de penser, qui permettent d'atteindre les buts choisis. Si le matériel à l'origine du travail ne s'appuie sur aucun corpus classique, entendu comme enquête, entretien ou relevé, il repose de manière quasi exclusive sur une analyse de la littérature. Il inscrit en ce sens le travail dans une logique conceptuelle et inductive.

- Des contours

Il ne s'agit pas d'une thèse thématique, puisque ce n'est pas l'énergie en tant que tel qui nous intéresse, mais bien les liens qu'entretiennent deux notions aux contours flous que sont l'énergie et le territoire, et la manière de les aborder. Ce n'est pas non plus une thèse uniquement méthodologique puisque l'on ne vise pas la seule élaboration d'une méthode de construction d'indicateurs. Ni énergéticien ou spécialiste de questions énergétiques technico-économiques, ni informaticien ou spécialiste de base de données, et bien qu'il s'agisse d'un positionnement disciplinaire délicat, il convient de rester dans notre rôle de géographe, à la croisée de trois champs de connaissance que sont le territoire, l'énergie, ainsi que les sciences et technologies de l'information géographique. Par ailleurs, si l'approche territoriale de l'énergie ici proposée, par les concepts qu'elle mobilise, n'est pas franco-centrée, les déclinaisons de l'approche et le terrain d'application le sont, par les contraintes qu'imposent les cadres administratifs, informationnels, législatifs ou historiques.

Plan du rapport de thèse

L'articulation du travail est réalisée en réponse aux deux questions synthétiques précédemment identifiées. Elle est ainsi composée de deux parties structurées en six chapitres. Ces dernières illustrent schématiquement le choix de dissocier la construction de l'objet d'étude (partie 1), des moyens conceptuels et méthodologiques utilisés pour son instrumentation (partie 2).

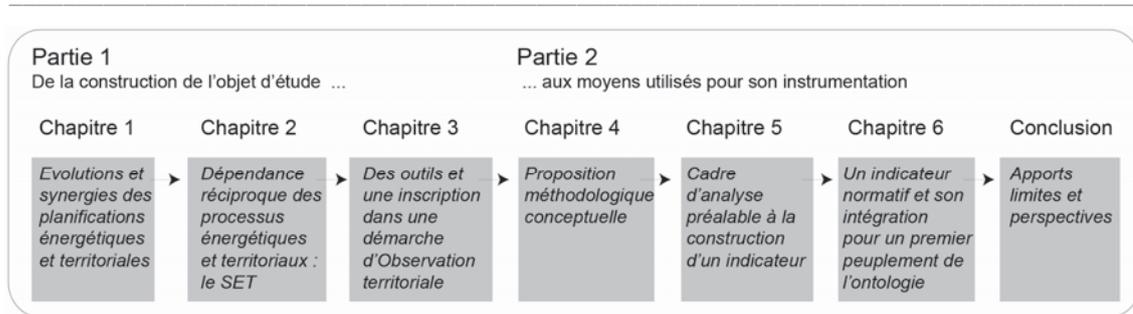


Figure I-1 : Vue synoptique de l'organisation du rapport de thèse

La première partie interroge l'étude des liens énergie-territoire dans une perspective d'aménagement, avec une entrée particulière autour de l'observation territoriale. Les contextes et évolutions simultanées des planifications énergétiques et territoriales sont détaillés à travers un propos introductif, afin d'en identifier les potentielles synergies (chapitre 1). Etablissant la nécessaire connaissance des liens réciproques entre processus énergétiques et processus territoriaux, l'objet d'étude Système Energétique Territorial est construit en ce sens pour territorialiser l'énergie (chapitre 2). Si l'objet géographique étudié est le Système Energétique Territorial, l'objet de recherche est constitué par son instrumentation. Cette première partie se termine ainsi avec l'étude des outils de connaissance relatifs aux deux « domaines » étudiés, et justifie le choix d'inscrire ce travail dans une démarche d'Observation territoriale (chapitre 3). Dans cette perspective instrumentée, la seconde partie vise la proposition d'une démarche de conception pour une mise en observation des systèmes énergétiques territoriaux. Celle-ci est constituée de propositions conceptuelles et méthodologiques autour de modélisations, pour la définition d'un cadre territorial et sémantique. Elle se concrétise par l'articulation de plusieurs concepts qu'il convient d'introduire avant d'en présenter leur déclinaison thématique (chapitre 4). Un exemple empirique est nécessaire pour tester et illustrer la proposition conceptuelle : la construction d'un indicateur est visée, elle s'inscrit nécessairement dans un contexte et une analyse préalable qu'il convient de détailler (chapitre 5). Cette construction implique, dans notre démarche, la définition d'un modèle conceptuel spécifique ; l'intégration de cet indicateur permet alors une première instanciation d'une géo-ontologie de domaine légère pré-consensuelle (chapitre 6).

Partie 1

Territorialiser l'énergie : le choix de l'Observation territoriale pour une planification territoriale énergétique

« Les pays européens restent en quête de la martingale planificatrice apte à lier durablement politiques [...] sectorielles [...] de déplacements et d'urbanisme. La plupart reportent leurs espoirs sur trois formes d'intervention : des innovations procédurales [...], des redécoupages territoriaux [...], de la gestion par projet [...]. Ces tentatives louables oublient trop souvent l'amont et l'aval des démarches intégratrices. Pour que l'action publique dispose d'une cohérence originelle forte, il lui faut des référentiels, c'est-à-dire une vision du monde, une problématisation et une théorie du changement. Pour que cette même action publique survive à toutes les routines technico-administratives prêtes à en supprimer les éléments novateurs, il lui faut casser les logiques sectorielles en créant des interdépendances pragmatiques, en favorisant les compétences coopératives, qu'elles soient individuelles ou organisationnelles » (Offner, 2007).

Ce travail débute par la définition de l'objet de recherche, entendu comme articulation de concepts. Ces derniers constituent donc le corps de cette première partie qui interroge l'étude des liens territoire-énergie, avec une entrée particulière privilégiant le territoire.

En guise de contexte général, **le premier chapitre questionne la confluence de la planification énergétique et de la planification territoriale, serait-ce l'heure du rendez-vous ?** Il questionne leurs évolutions similaires, conjointes et les enjeux de cette hybridation ? Le territoire concerne, par définition, aussi bien le support spatial que les acteurs qui le façonnent. Dans le contexte français auquel nous nous limiterons, la gestion et l'organisation du territoire, comme de l'énergie, sont historiquement des prérogatives de l'Etat et relèvent notamment en ce sens de l'action publique par le biais de planification. Nous étudierons, dans ce premier chapitre, les évolutions conjointes des planifications territoriales et énergétiques, et les enjeux qui en découlent. Il s'agit d'illustrer les caractéristiques similaires de ces deux domaines de planification et de mettre en avant les prémisses de leur confluence, sous la forme d'une planification territoriale énergétique. **Le chapitre deux démontre que territorialiser l'énergie est une nécessité.** Il illustre en ce sens **la dépendance réciproque des processus territoriaux et énergétiques, se réfère au métabolisme et circonscrit le concept de Système Energétique Territorial (SET).** L'interdépendance des processus territoriaux et énergétiques incite à un changement de paradigme et à la considération du contexte territorial pour une planification territoriale énergétique répondant aux injonctions d'un « développement durable ». Le constat d'un glissement d'une approche énergétique des territoires (métabolisme) à une approche territoriale de l'énergie (SET), nous a ensuite permis d'établir la nécessité d'une approche informationnelle des territoires : établir les liens entre énergie et territoire et leur compréhension, passe par le biais de l'information géographique structurée au sein d'instruments. **Le troisième chapitre** vient clore cette première partie en interrogeant **les instruments de connaissances (prospective et observation) en matière de planification territoriale énergétique et justifie le choix d'une approche informationnelle basée sur l'Observation.** Après avoir dressé une analyse des modèles de planification énergétique, la question de la connaissance du territoire et de son instrumentation à travers des dispositifs d'observation est au cœur des enjeux de la planification. Il s'agit d'avancer les enjeux d'une approche informationnelle instrumentée basée sur l'Observation et donc du choix d'une entrée particulière qu'est l'Observation, pour approcher les liens territoires énergie dans un objectif de planification territoriale énergétique. Cette approche peut, et c'est le choix effectué, reposer sur un Observatoire et ses indicateurs, ce qui soulève des questions d'ordre méthodologiques, techniques et sémantiques.

Chapitre 1. Planification territoriale et énergétique, l'heure du rendez-vous ? Contextes, paradigmes et moyens

Il s'agit dans ce premier chapitre d'interroger les liens entre territoire et énergie à travers l'étude de leur planification. Cette dernière contraint en effet les représentations et modalités d'organisation de ce mode d'action publique. Lieux de vie et enjeux de pouvoir, les territoires ont toujours fait l'objet, à des degrés divers, d'une organisation plus ou moins souhaitée et donc planifiée. Cette organisation de l'espace s'est faite dans un contexte d'illusion d'abondance énergétique³. Or, l'organisation de l'espace, tout comme la gestion de l'énergie, relève de politiques et d'actions publiques⁴, qui nécessitent d'être organisées par de la planification, qu'il s'agisse ici de planification territoriale ou de planification énergétique. Nous pouvons alors nous interroger sur le niveau de prise en considération des problématiques et défis énergétiques dans la planification territoriale. De même, il convient d'analyser la place de la planification territoriale dans le cadre de politiques publiques en lien avec les enjeux énergétiques. Finalement, quels sont donc les défis et points communs, ou spécifiques, de chacune de ces planifications ? Comprendre les paradigmes et moyens nécessaires à la gestion de l'énergie sur le territoire nous permettra d'entrevoir les enjeux de cette question.

Les évolutions et défis des planifications territoriale et énergétique sont l'objet de ce chapitre qui se structure en deux sections. Dans la première, nous mettons en évidence les caractéristiques respectives et évolutions similaires des planifications territoriale et énergétique qui sont aujourd'hui amenées à fusionner. Les paradigmes et enjeux liés à ces modalités de planification sont exposés, ainsi que les prémisses d'une transversalité à travers la notion de planification territoriale énergétique. Une seconde section propose une synthèse des éléments retenus dans différents outils opérationnels de planification existants, sous forme de documents d'objectifs et d'actions. Parmi les approches et disciplines ayant un intérêt pour l'espace, de nombreuses définitions coexistent et structurent les débats autour des termes, notions et concepts utilisés dans ce travail. Il convient alors, dans ce premier chapitre introductif, d'égrainer aussi quelques définitions initiales et *a minima*, résumant les approches et postures adoptées quant à ces débats.

³ Cette affirmation soulève la question de la perception des temporalités (court/long terme) des enjeux économiques au regard des problématiques environnementales.

⁴ Même si dans les faits, de nombreux leviers relèvent de l'action privée voir du marché, « *A policy is an attempt to define and structure a rational basis for action or inaction* » Parsons in Sapru, 2010, 24, le chapitre 2 de ce livre approfondit ces concepts.

1. **Des contextes de planifications renouvelés**

Les mutations respectives des planifications liées aux territoires et à l'énergie sont présentées, tout comme leurs périmètres d'applications et les enjeux qui en découlent. Après avoir au préalable délimité les contours de la planification en général, il s'agit ici d'illustrer les caractéristiques d'évolutions similaires de la planification des territoires et de la planification énergétique, avant d'évoquer les prémisses de leur récente confluence.

La planification, une politique publique aux dimensions stratégiques et volontaristes

De manière générale, la planification peut être définie comme « *l'organisation d'actions selon un plan et des méthodes déterminés, en vue de résultats précis* » (CNRTL, 2013). Il s'agirait donc de la démarche qui lie un certain niveau de rationalité et de connaissance à des actions. Le terme de planification revêt ainsi plusieurs acceptions relatives à son degré d'opérationnalité. Si la Commission Européenne retient le sens de plan d'action dans des documents stratégiques pour le terme anglo-saxon de « planification », celui de « planning » est quant à lui destiné à des plans de gestion à visée technique (Godet, 2004). Il s'agit alors de concevoir un futur désiré ainsi que les moyens réels d'y parvenir (CEPT, 2005, 1) : le processus de planification vise ainsi à déterminer les besoins d'une collectivité, et à prévoir les conditions, programmes et aménagements requis pour les satisfaire (Soubrier, 2000, 131). Dans ce sens, le processus de planification inclut un processus de décision (Chapitre 1.2.3.1.). Se référant à la planification territoriale, Merlin (2005, 616) définit pour sa part la planification comme le « *processus qui fixe, pour [...], une institution, une collectivité territoriale ou un Etat, après études et réflexions prospectives, les objectifs à atteindre, les moyens nécessaires, les étapes de réalisation et les méthodes de suivi de celle-ci* ». Le CERTU (2008) identifie cependant différents domaines d'application et nuance : la « *planification ne signifie pas programmation, l'une relève du domaine de l'intention et du projet, l'autre de l'action et de la réalisation ; l'une relève de la stratégie, l'autre de la tactique. Les niveaux de décisions sont différents : direction générale pour l'une, unités opérationnelles pour l'autre* ». Ces considérations sous-tendent les multiples dimensions spatiales et temporelles de la planification. Au vu de ces définitions, la démarche de planification dont les contours sont assez imprécis, peut au moins être identifiée par quelques caractéristiques : ses initiateurs relèvent de la puissance publique, sa finalité est d'orienter à l'aide d'outils des réponses face à des enjeux, et ses méthodes réservent une place à la prospective.

Si la planification est un processus qui relève d'une politique publique aux dimensions stratégique, prospective et volontariste, elle soulève la question des jeux d'échelles de gestion,

des niveaux de décision et des acteurs concernés. La polysémie des termes échelles et niveaux précédemment mentionnés, oblige à distinguer leurs utilisations soit dans un contexte scientifique, soit dans celui de l'action publique territoriale dont relève la planification (Déry, 2006). Deux définitions peuvent ainsi être fournies : elles renvoient d'une part aux travaux géographiques – l'échelle comme rapport de taille entre réalités géographiques (Levy, 2003) - ou, d'autre part, dans un sens de gestion territoriale, à un changement de niveau hiérarchique décisionnel de l'action publique et donc de périmètres institutionnels d'intervention (échelle communale, niveau régional, etc.) (Faure, 2007, 325). Nous pourrions ainsi faire référence à des niveaux ou échelles infrarégionales (intercommunalités, communes, quartiers, etc.) ou supranationales (Europe, Institutions mondiales telles l'Agence Internationale de l'Energie (AIE), etc.).

Le plan symétrique retenu pour les paragraphes suivants permet d'identifier les spécificités et évolutions de chacun des champs d'application de l'action publique que sont la planification territoriale et la planification énergétique.

1.1. La planification territoriale, de l'Etat aux contextes locaux

« *La planification du territoire se dit en français aménagement du territoire* ». Telle est la définition proposée par Brunet (2009, 388) à l'entrée planification de son dictionnaire. Selon les acceptions, la planification territoriale et l'aménagement du territoire peuvent ainsi être considérés comme synonyme. Pour illustrer l'ampleur de la tâche, Massé (in Baudelle, 2005) définit l'aménagement du territoire comme « *la projection géographique de la société de l'avenir* », ou comme « *la recherche d'une voie moyenne conciliant l'attachement à la liberté et à l'initiative individuelle avec une orientation commune du développement* » (Massé, 1965, 141). Plus concrètement, le concept d'« aménagement du territoire » dissimule la conception initialement unitaire du territoire national, sur lequel l'Etat intervient pour une « *meilleure répartition des activités et des hommes en fonction des ressources naturelles et des activités* » (Marconis, 2006). Rumley (2002, 19) propose de différencier une tâche de planification et le concept de planification territoriale : « *La planification territoriale fait état des moyens utilisés principalement par le secteur public pour influencer sur la distribution des activités dans un espace. Elle sert à créer une organisation plus rationnelle de l'utilisation des sols et des liens entre ceux-ci, d'équilibrer les impératifs d'aménagement avec la nécessité de protéger l'environnement et de remplir des objectifs économiques et sociaux. La planification territoriale englobe toutes les mesures prises pour coordonner les impacts sur l'espace des autres politiques sectorielles, assurer une répartition plus équilibrée de la croissance économique que celle résultant des simples lois du marché, et réglementer le changement de destination des sols et les exploitations immobilières* ». La planification a pour objectif d'influer

sur l'auto-organisation des territoires sous l'impulsion des contraintes du marché. Nous nous référerons à cette définition tout en insistant néanmoins sur les différences entre concept scientifique et expression dans un sens plus courant.

Outre les aspects d'intégration « horizontale » mentionnés entre politiques sectorielles, il convient de considérer une intégration verticale entre échelles d'application. En effet, la planification territoriale à également pour défi l'intégration d'échelles spatiales hiérarchisés et donc d'objets variables à considérer. Ces différents niveaux d'appréhension distinguent d'une part les objets de la planification que sont l'aménagement du territoire et l'urbanisme, et d'autre part les modalités d'application de la démarche de planification (avec planification réglementaire et d'orientation, et, planification générale et sectorielle (Lebreton, 2009).

La planification territoriale, entendue à travers la notion d'aménagement du territoire constitue une politique publique déclinée aussi bien sous la forme d'orientation que d'actions sur le territoire (Loinger, 2004, 158). Ces dernières recherchent un équilibre entre les aspects économiques, environnementaux et sociaux. « *Il est clair qu'une bonne part de la planification s'inscrit ainsi en dehors de toute perspective spatiale* » (Claval, 2005, 335). La planification territoriale relève en effet autant d'une entrée spatiale qu'économique. L'aménagement du territoire fait lui aussi appel à des techniques relevant de l'orientation, par le biais de programmes, de plans et d'incitations financières, et ce dans différents domaines et à différentes échelles (Merlin, 2005, 41 ; Pumain, 2006, 14). Ainsi, outre son niveau d'intervention concentré sur l'urbain, l'urbanisme encadre et organise l'occupation physique des sols par un ensemble de règles contraignantes (GRIDAUH, 2009, 295). L'urbanisme constitue ainsi une branche particulière de la planification territoriale et de l'aménagement du territoire.

Que son intérêt soit une échelle fine ou globale, la planification territoriale intègre de façon évidente une dimension prospective. Ainsi, Loinger (2004, 79) propose une comparaison des caractéristiques et logiques sous-jacente en matière de planification territoriale d'une part et de prospective territoriale d'autre part. Si la planification est susceptible de relever de l'étude et de la proposition d'une continuité dans une démarche déductive, la prospective constitue un exercice relevant de l'induction, explorant des ruptures. Il s'agit donc de mener une réflexion prospective à des fins de planification (Durance, 2008, 52). Ces auteurs arguent toutefois que différencier n'est pas séparer et concluent à la nécessaire interdépendance entre planification et prospective. Les familles d'instruments et degrés d'opérationnalité permettant de réaliser ces réflexions sont abondantes, qu'il s'agisse de concertations, d'élaboration de documents ou du développement de modèles de simulation. Même si de nombreux modèles de simulation prospectifs à des fins de planification territoriale existent et sont en cours de développement pour des thématiques spécialisées (démographie, transport, croissance urbaine, mode d'utilisation du sol et déplacements, etc. IAURIF, 2006, 9), la tradition française de prospective

ne s'appuie que très peu sur des modèles de simulation intégrant différentes thématiques. Elle semble plus volontiers recourir aux projections par scénarios qualitatifs procédant par entrées sectorielles (Durance, 2005, 8).

Si les logiques sous tendues par la planification territoriale, et donc par « *l'aménagement à la française* » au regard d'autres acceptions internationales (CEPT, 2005, 2) ont nécessairement évolué, il s'agit ici d'en évoquer les principaux traits et nouvelles conceptions. Aussi, convient-il de procéder au préalable à une rapide mise au point concernant l'objet de cette planification : le territoire.

1.1.1. Le matériau de la planification : du territoire au système territoire

Tout propos sur le terme territoire se doit de commencer par le constat de son usage banalisé et galvaudé (Debarbieux, 1999 ; 2007). Le terme de territoire semble cependant bien être devenu d'une part un sésame et un leitmotiv dans le discours, et d'autre part une boîte noire des sciences humaines. Selon Faure (2002), le territoire succède aux concepts de milieu (von Humboldt, géographie des plantes XIX^{ème}), de région (Vidal de la Blache, Blanchard, début XX^{ème}) puis d'espace et d'espace géographique (Brunet 1960-90), pour décrire les phénomènes en les resituant dans le contexte singulier de leur appréhension. Mais le terme de territoire n'est entendu durant ces périodes qu'au sens de l'éthologie (Bonnemaison, 1981, 253) ou du droit, comme portion d'espace approprié. Berre (Le)(1992) rappelle en ce sens la racine *terra*, la terre, du mot *territorium* qui en latin signifie étendue de terre dépendante d'une juridiction. Le terme d'espace est sans doute le plus englobant puisqu'il ne sous-entend pas de limite particulière et se réfère à la géométrie euclidienne. Il doit être différencié de la notion d'espace géographique qui est non seulement un système de relations, mais aussi un produit organisé résultant des interactions entre une portion de la surface du globe, les usages et aménagements qu'en font les sociétés (Prélaz-Droux, 1995, 43). Polysémique et ayant connu une réelle inflation lexicale⁵ (territorialité, territorialisation, a-territorial), le concept de territoire a fait l'objet d'un intérêt croissant ces dernières années. Si l'économie n'a que très récemment adoptée le concept, l'écologie et la géographie l'utilise comme ensemble de relations entre une population et un espace sur lequel elle vit (Requier-Desjardin, 2009). A des fins didactiques, il convient tout d'abord de balayer une ambiguïté liée à l'utilisation du terme de territoire dans une perspective d'action publique et/ou administrative d'une part, et une perspective d'analyse et d'objet de recherche scientifique d'autre part. Dans le premier cas, le territoire est un construit institutionnel sous la forme d'un découpage administratif ou politique de l'espace, sens partagé

⁵ La synthèse humoristique de Debarbieux (2007) est en ce sens révélatrice.

avec l'acception anglo-saxonne de « territory »⁶. Il est conçu en tant que relai de l'action publique (Deffontaines, 2001). Le territoire est ainsi considéré à des échelles géographiques différentes et constitue une maille de gestion de l'espace. Dans la seconde acception, bien qu'utilisé depuis plus de trente ans en sciences humaines et notamment en géographie, le concept de territoire est emprunté par plusieurs courants de pensée. Levy (2003) en propose huit définitions dans le dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés. En géographie, l'une des définitions les plus classiques et les plus accessibles, est celle proposée par Berre (Le)(1992) : « *Portion de la surface terrestre délimitée que se réserve une collectivité humaine qui l'aménage en fonction de ses besoins, contient d'une part l'idée d'autorité s'exerçant sur une surface, dont les limites sont reconnues, et d'autre part, l'idée d'un aménagement par un groupe social* ». S'il s'agit toujours d'un morceau de surface terrestre, et si l'idée d'interactions entre la sphère sociale et cette portion de surface terrestre sont maintenues, le territoire « *est un espace géographique approprié, avec sentiment ou conscience de son appropriation* » (Brunet, 2009). Ainsi différents auteurs insistent plus ou moins sur ces aspects conceptuels de socialisation, à travers les notions d'appropriation et de territorialité, intervenant notamment dans le processus de territorialisation (Vanier, 2009). Entendu comme objet de recherche, le territoire semble alors s'éloigner d'une géographie des faits et prend ses distances avec toute matérialité (Faure, 2002, 120). Le territoire est pour ces auteurs, un mélange d'acteurs, d'intentionnalité, d'expérience, de réflexivité (Debarbieux, 2007).

Pour illustrer ces différentes entrées et accents mis sur l'une ou l'autre des dimensions d'une étude « Nature-Société », Bertrand (2002, 86) propose de différencier le géosystème, qui serait « *la dimension anthropique d'un concept naturaliste* », le paysage, « *la dimension anthropique de la nature* », et le territoire, « *la dimension naturaliste d'un concept social* ».

Cet aperçu du terme territoire ne pourrait faire l'impasse de la multitude de qualifications juxtaposées au terme de territoire. Les expressions recouvrent en effet des déclinaisons insistant plus ou moins sur l'aspect concret ou non de la portion d'espace considérée et/ou sur des thématiques particulières, comme spatialisation des faits sociaux. Ainsi naissent des territoires vécus (INSEE, 2002), des territoires du sport (Augustin, 2008) ou de la musique (Leroux, 2007), etc.

Dans le prolongement de ces interprétations à même de forger le concept de territoire, le recours aux paradigmes de la systémique permet une représentation du concept, par la considération d'un système territoire (Prelaz-Droux, 1995). Le territoire peut être approché comme un

⁶ Une analyse des enjeux de l'utilisation du terme dans la littérature anglo-saxonne est proposée par Debarbieux (1999) et notamment les usages de « place », « space » et « region ».

système⁷. Il est alors par définition, une construction intellectuelle définie pour les besoins d'une analyse, considérée comme un tout, et constitué d'éléments en interactions à travers des relations multiples (Waliser, 1977, 10 ; Moigne (Le), 1977, 19). Différents auteurs ont élaborés des représentations systémiques du territoire, insistant plus sur l'espace géographique ou sur les dimensions sociales, politiques voir idéologiques selon leurs intérêts (Aquino (D'), 2002, 47). Ainsi, s'inscrivant dans une perspective de gestion du territoire à l'aide de systèmes d'information, Prelaz-Droux (1995, 46) propose une première représentation systémique du territoire en distinguant trois plans d'analyse qu'il illustre par une analogie (conjugale). Inspiré de Schwarz (1991), il différencie - un plan physique qui comprend les phénomènes, éléments et faits du territoire (par exemple deux individus), - un plan logique qui est celui des relations abstraites entre les composants précédents (par exemple amour, mariage) autorisant leurs descriptions et donnant la possibilité d'identifier le dernier plan, - le plan holistique, aux propriétés nouvelles (par exemple un couple, une famille), dans lequel le système est considéré comme un tout qui émerge des interactions entre les composants. Cette proposition a été illustrée par Kouzmine (2007) (Figure 1-1). En donnant une place prépondérante aux acteurs et en centrant l'analyse sur ces derniers, la représentation systémique de Moine, (2006, 126) propose de lire le territoire comme un « système complexe évolutif qui associe un ensemble d'acteurs d'une part, l'espace géographique que ces acteurs utilisent, aménagent et gèrent d'autre part ». Sa proposition se concentre sur des aspects organisationnels en fonction notamment de filtres perceptifs.

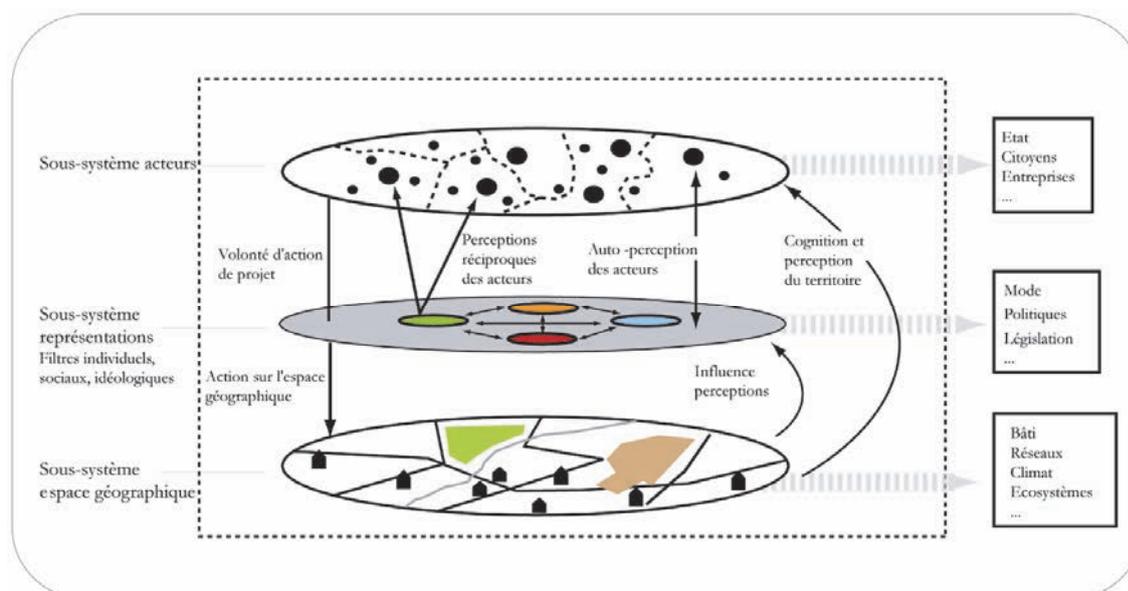


Figure 1-1 : Le système territoire (Kouzmine, 2007, 278)

⁷ Si des définitions élémentaires sont fournies ici, le chapitre 2 propose une synthèse et quelques rappels systémiques.

Le territoire peut ainsi être analysé comme un système, il met en jeu explicitement l'existence d'une organisation sociale qui transforme, gère et aménage un environnement physique naturel et construit.

Territoire : quelle portée opératoire ?

A propos du concept de territoire, « *est-il temps de dire et après ?* » comme le propose M. Vanier (2009). L'intérêt accordé à ces aspects conceptuels vise surtout à dépasser une matérialité en y ajoutant un rapport social de l'homme à l'espace, et sortir ainsi de la considération d'un espace réel objectif, en introduisant les représentations. Le concept de représentation peut être défini comme le processus d'une élaboration psychologique individuelle ou social du réel (Méo (Di), 1991). Ainsi, est-il utile de rappeler que chaque individu, ou groupe aux intérêts convergents, construit des représentations différentes de la réalité ? Les hommes qui aménagent leur territoire deviennent alors des acteurs n'ayant plus qu'une connaissance partielle et relative de leur espace, nous rappelant que le réel objectif n'est pas donné, mais découle de nos construits. Cette interprétation est un parti pris épistémologique relatif au réel, entre positivisme et constructivisme. Si l'approche positiviste postule qu'une réalité objective existe indépendamment de l'observateur, le paradigme constructiviste dans lequel nous nous inscrivons, présente un statut de la réalité plus précaire dans lequel le monde empirique est un construit. Si le territoire est la source d'une production scientifique très abondante, le terme, tout comme ses dérivés, véhiculent en lui-même des valeurs qui sous-tendent des images et imposent des représentations. Or, « *on agit en fonction des représentations que l'on se fait* » (Brunet, 2009, 428). Outre ces aspects de représentations, sous tendus par le terme de territoire, les aspects de socialisation (intentionnalité, appropriation, etc.) ne seront pas directement considérés dans la suite de ce travail. Le concept de territoire est mobilisé pour sa transversalité et ses caractéristiques intégratrices des représentations des phénomènes et processus territoriaux.

Il convient cependant de ne pas réduire l'intérêt du concept de territoire au seul fait qu'il dépasse la matérialité *via* la notion de représentation. Le territoire fait système et recèle les éléments de compréhension fonctionnelle qui explique son comportement énergétique, et sur lequel nous reviendrons.

1.1.2. De la planification « traditionnelle » du territoire à la planification stratégique locale des territoires : analyse rétrospective et enjeux

Si les caractères prospectifs et volontaristes sous tendus par la planification territoriale sont aujourd'hui toujours présents, les motivations, échelles et modes d'action, ont connu de

profondes évolutions. Quelques éléments rétrospectifs de contexte autorisent l'identification de ces dernières et mènent au constat d'une complexification des modalités d'exécution de la planification territoriale, accompagnée d'un renouvellement des logiques mises en œuvre. Loin de vouloir dresser un tableau historique complet de la planification territoriale et donc de l'aménagement du territoire⁸, seules les logiques générales présentées chronologiquement ont été retenues.

Eléments rétrospectifs de contexte

- 1945-1990, le référentiel d'équilibre : la planification traditionnelle du territoire

Si la naissance de la planification territoriale se profile dans une planification physique, l'architecture et l'urbanisme, -sans retracer l'histoire de la planification territoriale (Claval, 2005, 318)-, cette démarche naît d'une volonté de développement équilibrée du territoire national. Le constat de fortes inégalités, notamment économiques, entre « Paris et le désert français », poussent, durant le travail de reconstruction d'après-guerre, à reconsidérer la localisation d'infrastructures de transport, d'électrification, et de l'industrie (Manzagol, 1995, 351).

La deuxième moitié du XXème siècle peut être qualifiée de planification traditionnelle ou première génération de planification, comportant une entrée économique et un versant spatial.

L'essor d'une planification territoriale « traditionnelle » peut être envisagé après 1945 avec la succession de plusieurs plans quinquennaux. Certains auteurs insistent sur la double dimension de cette planification territoriale en affirmant qu'après-guerre, la planification relevait plutôt d'un discours économique raisonnant verticalement par branches économiques, alors que l'aménagement du territoire considérait un discours spatial s'appuyant sur les régions (Loinger, 2004 ; Randet, 1994). Pourtant ces auteurs abondent finalement dans le sens de Brunet (2009, 388) qui constate la fusion des deux approches : la logique de planification intégrera la politique d'aménagement du territoire, avec pour principale motivation le développement d'activités économiques, à échelle nationale (Bertrand, 2004, 145). Cette planification économique et sociale à l'échelle supérieure, se transforme, pour une application locale, en une planification orientée vers la localisation d'activités et les formes urbaines, relevant de l'urbanisme. Dans sa dimension spatiale, la planification traditionnelle, vise par contre à maîtriser l'affectation des espaces, notamment à travers une gestion réglementaire de l'usage des sols et les zonages (Nonn, 2001, 3). Reposant sur une hiérarchie de territoires

⁸ Ni possible ni nécessaire dans la mesure où chaque ouvrage de géographie aborde peu ou prou des questions d'aménagement.

administratifs caractérisés par un pouvoir de contrôle et de tutelle sur l'échelle inférieure, le processus linéaire de planification est alors composé d'étapes : études préalables, diagnostics et analyses, objectifs et orientations, programmation et formalisation opérationnelle (Novarina, 2008, 3). Impulsée par l'Etat et marquant administrativement un élan déjà mature, la Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale (DATAR), créée en 1963, inscrit l'aménagement du territoire dans le « domaine réservé » du gouvernement et donc, soustrait de nombreux choix aux régions émergentes (Caro, 2002). La période 1960-1980 est évoquée par certains auteurs comme l'âge d'or de la planification territoriale traditionnelle, marquée par un Etat providence (Manzagol, 1995, 352 ; Baudelle, 2005). Deux dimensions principales de la planification territoriale sont alors identifiables, caractérisées tout d'abord par une logique sectorielle correspondant à la programmation d'équipement et de services sous formes de schémas thématiques et ensuite par une logique spatiale d'intervention par zones. Cette planification du territoire repose sur le développement de métropoles d'équilibre, des mesures de soutien pour les espaces ruraux montagneux, littoraux ou des parcs naturels, une politique des transports et des communications, etc. La planification du territoire est alors devenue tentaculaire. Que se passe-t-il à l'aube des années 80, durant lesquelles la planification semble en perte ?

Plusieurs auteurs (Baudelle, 2005 ; Desjardins, 2007, 9) constatent ainsi une décennie de déclin de la planification territoriale. Madiot (1993, 20) identifie l'année 1975 et la crise économique comme point de départ de ce déclin -« *Cette répartition des activités économiques et de soutien par zones n'est-elle pas une politique de luxe et de temps de croissance ?* »- se questionnant autant sur des aspects idéologiques telle la remise en cause du rôle et des fonctions de l'Etat ou l'europanisation des politiques de planification. Les processus de décentralisation établis dès 1982 marquent la concrétisation d'un choix clair imaginé dès les années 60 : celui de la priorité régionale, sans pour autant priver d'autres collectivités de capacité d'intervention. Les communes se voient ainsi confier un aspect important de la planification territoriale, sous des aspects de planification spatiale à travers les zonages, avec la confection des Plans d'Occupation des Sols (POS, aujourd'hui Plu) et permis de construire. Mais un nouveau contexte émerge, caractérisé par l'accumulation des incertitudes et des inquiétudes liées à la fois aux transformations sociales, économiques et techniques (Loinger, 2004, 67). Cette situation se traduit par un principe implicite et pragmatique établissant que des politiques sectorielles (transport, logement, etc.) étaient satisfaisantes en matière de planification territoriale. Alors que le volet économique de la planification territoriale est peu à peu remis au nom du libéralisme, les outils concrétisant l'entrée spatiale apparaissent inadaptés (Desjardins, 2007, 9).

- Depuis 1990, le renouveau de la planification des territoires : territorialisation et intercommunalité, « développement durable⁹ » et logique de marché

Le recensement de 1990 renforce le constat de l'aggravation des disparités régionales. L'aménagement du territoire ne peut plus être pensé à la fois en dehors de l'espace européen et d'une décentralisation proche des territoires vécus quotidiennement (Madiot, 1993, 22-25). Progressivement, les spécificités propres à chaque échelon territorial régional ou local sont considérées comme ressources au sens large (ressources physiques, activités, acteurs, réseaux) à mobiliser dans le cadre de nouvelles stratégies de développement (Novarina, 2008, 6). Le temps d'une planification linéaire et normative semble révolu et un recadrage s'opère : *« les incertitudes économiques, la rapidité des mutations sociales et le pluralisme des acteurs ont rendu l'exercice plus complexe. [...] l'expression de planification stratégique s'est d'ailleurs généralisée pour désigner un mode de pilotage de projet empirique et adaptable par contrat, rendu nécessaire par ce contexte fortement volatile et aléatoire »* (IAURIF, 2006, 3).

Alors que les préoccupations environnementales deviennent centrales et que l'on assiste à des tentatives de définition de la notion de « développement durable » (Boutaud, 2005), ces analyses du fonctionnement des territoires vont être développées au début des années quatre-vingt-dix, et trouver une traduction législative autour des années 2000. Il en résulte une recomposition des formes de décisions collectives et des espaces d'exercice du pouvoir (désigné sous le terme générique de gouvernance), ainsi que l'émergence d'un trio Europe-Région-structures intercommunales qu'il reste à articuler (Behar, 2002), comme acteur majeur de la planification territoriale. Ces évolutions relatives aux recompositions territoriales apparaissent primordiales au regard de la planification qui non seulement se réalise, mais aussi émerge, sur, et au sein des territoires, par une « territorialisation de l'action publique ». Constituant de véritables changements de paradigme qui dépassent la seule planification territoriale, la notion de « développement durable » et de gouvernance simplement évoqués ci-après, se limitent ici strictement au contexte législatif de la planification territoriale¹⁰.

Le rôle prépondérant des collectivités territoriales

L'Etat a été l'instigateur d'une planification du territoire. Il a cependant graduellement transféré ses compétences, non seulement vers le « haut », au profit d'une formation européenne, mais aussi vers le « bas » par la décentralisation, au bénéfice des collectivités territoriales

⁹ Nous utiliserons cette dénomination de « développement durable », comme traduction largement acceptée de l'anglais « sustainable development » Landelle, 2008, 47.

¹⁰ Ces concepts feront l'objet de paragraphes dédiés (cf. Chapitre 1.2.2.2.).

responsabilisées dans la planification de leurs territoires (Michel, 1994). Cinq lois vont successivement remodeler le paysage administratif français. En créant de nouvelles structures intercommunales dont les communautés de communes et d'agglomération, la loi d'orientation relative à l'administration territoriale de la république (ATR) de 1992 vise à centrer la coopération intercommunale sur le développement économique et l'aménagement de l'espace, domaines composants la planification territoriale. Ce texte aborde la recomposition des territoires autour de projets et de structures intercommunales à fiscalité propre. En 1995, la loi dite "Pasqua" sur l'aménagement du territoire et le développement local introduit ensuite la notion de "pays", caractérisant une entité sociologique homogène capable d'engendrer une dynamique de développement des territoires concernés. La troisième loi en date du 25 juin 1999, relative à l'aménagement et au développement durable du territoire (dite loi Voynet), met en place un dispositif permettant de renforcer le maillage du territoire autour des pays et des agglomérations. La quatrième loi du 12 juillet 1999 portant sur le renforcement et la simplification de la coopération intercommunale (loi Chevènement) définit, quant à elle, une nouvelle architecture institutionnelle de l'intercommunalité en milieu urbain sous la forme de communautés d'agglomération et de communautés urbaines. Enfin, la loi SRU de décembre 2000 tend à lutter contre la consommation d'espace et l'étalement urbain. « L'acte II » de la décentralisation en 2004, consacre la décentralisation de l'organisation et la gestion territoriale et l'inscrit dans la Constitution (Loinger, 2004, 18 ; Desjardins, 2007, Chap. A).

Ces lois ont en quelques années profondément modifié l'organisation et la gestion des territoires, en dotant la planification territoriale de nouveaux outils¹¹ (directives territoriales d'aménagement, Scot et PLU qui se déclinent à toutes les échelles) (CERTU, 2008, 6). Elles marquent le développement de l'intercommunalité, processus maintes fois avorté (Peribois, 2008, 114). L'échelon intercommunal s'impose ainsi au cœur de la planification territoriale par une accumulation de compétences sectorielles dans les domaines des transports, de l'habitat ou du développement économique (Richer, 2008), menant à une territorialisation de l'action publique et un renouveau de la planification territoriale (Desjardins, 2007, 25).

Vers une territorialisation de l'action publique

Parmi les courants d'analyse géographique de la décentralisation, l'un des plus visibles associe la décentralisation à un mouvement de territorialisation des politiques publiques, entendu comme « *nouveau mode d'action qui souligne la progression négociée et localisée de l'intervention publique* » (Faure, 2002, 203 ; Sencebe, 2003). Cette reconfiguration donne une

¹¹ Objet du paragraphe 2.3.2. de ce chapitre.

place conséquente à la dynamique de projet reposant sur des contractualisations, impliquant une multiplicité d'acteurs (Jacob, 2007, 22). Cette démarche ascendante de mobilisation des acteurs et ressources économiques peut être poussée à son paroxysme, elle se prénomme alors développement local (Deneuil, 2008). Mais l'expression « territorialisation de l'action publique » est souvent simplement synonyme de localisation et de déclinaison de l'action publique par les collectivités territoriales. Elle questionne principalement les transferts de compétences. Deux idées opposées délimitent cependant les débats autour de cette expression. La première exprime qu'au-delà du caractère transversal de la planification territoriale, le redécoupage de l'action locale continue de suivre des logiques sectorielles (transport, logement, etc.) La position opposée affirme qu'une modification des modalités d'action et des référentiels est en cours (Debrie, 2010, 127).

D'une planification centralisée traditionnelle précédemment synthétisée, assise sur une démocratie représentative, la planification devient stratégique¹², s'appuyant alors sur des territoires de projet que l'Etat, garant de l'intérêt général, encadre et influence par la réglementation. L'action publique de planification ainsi renouvelée, relevant du pilotage stratégique et de formes de management territorial (Casteigts, 2009) impliquerait une mise en concurrence des territoires¹³ (Desjardins, 2007, 112). La logique de blocs de compétences qu'implique la décentralisation est atténuée au profit de projets et de concurrence entre ces projets. La planification des territoires viserait donc aujourd'hui, toujours à travers le filtre de l'économie, la recherche d'un compromis entre la complémentarité et la compétition entre territoires (Rumley, 2002, 20). La planification se composerait alors de pièces dont l'assemblage serait nécessairement différent selon chaque contexte local et le valorisant. Ce dernier est entendu comme l'ensemble des caractéristiques issues tant d'aspects physiques et matériels que des jeux d'acteurs. Dans cette configuration, et bien que planifier impose de gérer une multitude de niveaux d'observation, il semble que l'échelle spatiale idéalisée, explicitée ou non, soit « locale ».

¹² Si la planification « traditionnelle » n'en était pas dénuée, la différence ici mentionnée est relative aux échelles spatiales et temporelles auxquelles s'effectuent les raisonnements. La planification, sous la forme d'un projet de territoire défini à échelle intercommunale, fait en effet l'objet d'adaptations permanentes (Loinger, 2004, 161). La planification stratégique vise à faire évoluer une réalité dans le sens des objectifs du projet de territoire, au vu des circonstances et contextes locaux, et de temporalités courtes.

¹³ Casteigts, 2003 avance un parti pris à ce sujet en considérant le « développement durable » comme frein à une marchandisation des biens collectifs.

Articuler les échelles : la place du local

Pecqueur (2009, 206) mentionne une confusion entre l'utilisation des termes, non substituables de territoire et de local. Si le concept de territoire « *sous-entend une indifférence scalaire* » (Elissalde, 2005), précisons ce que peut recouvrir ce « local », qui par définition renvoi au lieu. Le local est donc « *l'échelle familière qui sous-tend la vie quotidienne de l'individu : le quartier, la commune, le pays* » (Ferras, 1995, Chap. 22). Il existe sans doute une acception naturaliste du local - le bassin versant, le massif montagneux, - le local peut alors être considéré comme l'échelle spatiale du lieu à partir de critères naturels (Joliveau, 2004, 320). Calame (2008) estime que le local a toujours été volontairement marginalisé, en le limitant au lieu de l'action concrète et immédiate et à l'idée d'ancien et de traditionnelle, opposé à l'ouverture sur le monde. Le local peut également renvoyer à une méthodologie, comme niveau d'observation relatif (niveau le plus fin d'une analyse : une Région peut être le local d'une étude mondiale) ou comme idéologie, avec le localisme dont il n'est pas question ici¹⁴. S'il n'y a pas de métrique stricte du local, qui est plus ou moins lié aux découpages administratifs les plus fins (quartier, commune), nous considérons le local dans des limites floues qu'il convient de définir, et comme une approche qui s'intéresse plus au processus d'organisation spatiale qu'à la taille des espaces (Bonerandi, 2002).

Mais il est certains débats qui interrogent le local, la territorialisation de politiques publiques et le « développement durable » précédemment évoqués. Ainsi, chaque territoire tendrait à résoudre ses problèmes internes en les délocalisant vers l'extérieur, ce qui permet de répondre aux problèmes locaux mais non globaux (durabilité interne/externe Boutaud, 2005, 137). Malgré ces débats liés à la difficulté de concilier intérêts globaux et locaux en matière de planification territoriale, nombre d'auteurs évoquent l'échec d'un « développement durable » sans une application locale de ces principes (Graillot, 2006, 45), à la fois pour des raisons d'efficacité et de démocratie, tel que le propose le « théorème Camagni-Nijkamp » ou théorème de la localité (Theys, 2002b).

Les références spatiales du local s'étendent cependant du quartier aux collectivités territoriales que sont les Régions, en passant par tous les niveaux d'observation intermédiaires, non nécessairement administratif. La planification peut en effet s'exercer à différentes échelles selon le niveau territorial considéré : territoire administratif supra-national, national, régional, la ville ou de l'agglomération (urbanisme), l'ilot, le quartier, ou le bâtiment (architecture) (Merlin, 2005, 667). Pour la planification territoriale, la question du périmètre pertinent se pose

¹⁴ Même si par certains aspects, l'écologie politique peut recourir au concept, notamment en matière d'alimentation de proximité.

moins que la considération et l'articulation cohérente des différentes échelles. Il s'agit de l'un des défis majeurs de la planification territoriale, qui passe par une réorganisation des modalités de prise de décisions (gouvernance).

L'intégration des préoccupations environnementales dans la planification territoriale, le « développement durable » comme nouveau principe organisateur ?

Issu de l'après-guerre, le modèle de planification territoriale français est longtemps resté centré sur des aspects économiques, notamment par le biais de grands équipements (infrastructures, logements, etc.). Les réflexions prospectives des années soixante-dix reposaient en effet sur des modèles macro-économiques optimistes de croissance, a-spatiaux, et écartant les préoccupations environnementales naissantes¹⁵ (Bertrand, 2004, 149). Même si d'importants écrits sont antérieurs, le Sommet de la Terre à Rio en 1992 constitue la pierre blanche d'une concrétisation des préoccupations environnementales, nées de critiques du développement et de la croissance quelques décennies plus tôt (Boutaud, 2005, 45). La notion de « développement durable » se construit et est érigée comme nouveau paradigme de la planification territoriale. Son caractère intégrateur comme équilibre entre considérations économique, sociale, environnementale est sans doute l'occasion d'un glissement de référentiel pour plus de transversalité (Theys, 2002a).

Si l'aménagement du territoire reste une tâche de planification, la planification territoriale ne se limite plus aujourd'hui à une programmation du territoire. La planification se réfère toujours aux moyens mis en œuvre pour influencer sur la distribution des activités dans l'espace, principalement sous la forme de réglementation sur la destination des sols et de leur utilisation. La mise en place de nouvelles structures et modalités de décisions que sont notamment les groupements intercommunaux, la progressive intégration concrète des problématiques environnementales, font émerger un renouveau de la planification, non plus sous une forme volontariste dirigiste, mais de projets et contrats négociés. Ainsi, la planification territoriale peut aujourd'hui être considérée comme une tâche de coordination horizontale entre les politiques sectorielles et un nombre croissant d'acteurs pris en considération, et verticale entre les différentes collectivités territoriales et les niveaux supra.

¹⁵ Le terme d'environnement est polysémique et constitue une boîte noire des sciences du territoire. Se référant autant au cadre de vie ou d'enjeux de pollution, qu'à une « nature existante », nous adoptons la définition proposée par Rousseau : l'environnement comme représentation d'un système (Bertrand, 2002 ; Rousseau, 2000, 9).

1.2. La planification énergétique, une politique publique technico-économique

Si la planification territoriale se réalise aujourd'hui à travers une politique complexifiée par l'évolution du nombre d'acteurs et des niveaux de territoires concernés, la planification énergétique connaît quant à elle des évolutions similaires par le biais d'une politique énergétique. Une politique énergétique peut ainsi être entendue comme « *l'ensemble des actions visant à assurer l'approvisionnement du pays et la couverture des besoins des différents secteurs économiques* » (ENA, 2002, 6). Plus précisément, Percebois (2001, 111) définit une politique énergétique comme l'ensemble des « *objectifs retenus par la puissance publique pour assurer l'approvisionnement énergétique du pays dans les meilleures conditions de coût et de sécurité, et des moyens réglementaires et incitatifs mis en œuvre pour l'obtention de ces objectifs ; objectifs et moyens étant coordonnés dans le respect des choix prioritaires fixés par la collectivité et sous la limitation des contraintes physiques, environnementales, économiques et sociales existantes* ». Ces premières définitions posent immédiatement l'un des paradigmes essentiel de la planification énergétique, dicté par des considérations économiques, à savoir une adéquation nécessaire entre « offre » et « demande ». Ces définitions traduisent la place prépondérante qu'occupe l'offre, entrée encore aujourd'hui dominante malgré quelques évolutions. La planification énergétique est une activité qui revêt de multiples aspects, mais son trait principal consiste en une anticipation de l'adéquation offre-demande et la définition des moyens pour y parvenir. La planification énergétique vise en effet à trouver un système énergétique capable d'assouvir la demande énergétique de manière optimale grâce à une offre optimale (Syrota, 2007). Ces deux optimums dépendent d'objectifs fixés par différents enjeux et temporalités, relatifs à la maîtrise de l'énergie.

1.2.1. Les enjeux d'une politique énergétique : maîtriser l'énergie

Le mot « maîtrise » indique une capacité d'infléchir, d'orienter, avec des degrés plus ou moins forts. Dans le domaine énergétique, la maîtrise de l'énergie peut faire référence, dans un sens ancien, à la maîtrise industrielle des capacités technologiques de transformation et de transport, des formes d'énergies, par le fil électrique notamment (Querrien, 2007, 3). Toujours dans le domaine énergétique mais dans une acception plus récente, la « maîtrise de l'énergie » désigne une action sur les seules consommations d'énergie et développement des énergies renouvelables. Mais la maîtrise de l'énergie peut être entendue dans un sens plus large, englobant alors les contrôles de la production, du choix des sources d'approvisionnement et des types d'énergie, tout comme des consommations et usages énergétiques, dans les différents secteurs consommateurs (Catrinu, 2006, 3). Ainsi, la maîtrise de l'énergie au sens large, utilisée dans le contexte français comme synonyme de politique énergétique, intègre tant les politiques

de l'offre énergétique que celles de la demande (FNCCR, 2007, 13). Une distinction doit cependant être réalisée entre les expressions « maîtrise de l'énergie » et « maîtrise de la demande d'énergie »¹⁶, cette dernière ne concernant qu'un versant des marchés énergétiques. La maîtrise de l'énergie, objectif général de la planification énergétique, désigne donc un ensemble de réflexions et d'interventions de la puissance publique, définies au rythme de la croissance des activités économiques au vu d'enjeux. Ces derniers présentent une interdépendance entre niveaux de décision et échelles spatiales ou temporelles de planification. Bien que nécessairement intégrés, plusieurs de ces niveaux de décision peuvent être distingués dans le processus de planification énergétique, qu'ils soient stratégiques, tactiques ou opérationnels (Catrinu, 2006, 11). Ils conditionnent ainsi les échelles temporelles ou spatiales concernées.

Motivée par l'intérêt général, la planification énergétique est le résultat de la sédimentation d'enjeux successifs (Boisson, 2002, 5). Malgré de profondes mutations, elle conserve cependant deux objectifs constants : la sécurité énergétique d'approvisionnement et des installations d'une part, et le coût de l'énergie produite d'autre part, tant pour des aspects macro-économiques de compétitivité que pour des aspects sociaux. Les modalités d'application et enjeux de la planification énergétique ont évolué et il s'agit ici d'en évoquer les principaux traits et nouvelles conceptions. Aussi, convient-il de procéder au préalable à une rapide mise au point concernant l'objet de cette planification : l'énergie.

Du potentiel au système énergétique, qu'est-ce que l'énergie : approches restreintes

Battiau (2008, 23) détaille le caractère particulier de l'énergie et les liens étroits qu'entretiennent les activités humaines et les besoins énergétiques. Si chacun d'entre nous possède une idée plus ou moins précise de ce que peut être l'énergie, il s'agit d'une notion délicate à circonscrire puisqu'intuitivement nous n'en ressentons les effets que sous formes de mouvements ou de chaleur, ou de traductions visuelles à travers tout changement¹⁷. Concept scientifique précisément défini par le physicien comme grandeur physique caractérisant l'état d'un système, l'énergie est la capacité d'un système à modifier un état, produire un travail entraînant un mouvement, de la lumière ou de la chaleur¹⁸. Il convient alors de lever toute

¹⁶ Notion à différencier aussi de la maîtrise de la demande d'électricité (Bahedja, 2008, 122). Sous le sigle MDE, cette dernière n'est qu'une composante d'une stratégie de réduction de consommation d'électricité. Elle se réalise par des équipements techniquement performants (ampoules basse consommation, isolation...) et la substitution de l'électricité par des énergies renouvelables pour des usages thermiques tels que le chauffage.

¹⁷ Jancovici, 2012 rappelle la définition de l'énergie comme caractérisation du changement d'état d'un système. Il considère qu'elle est notre capacité à modifier notre environnement.

¹⁸ Il existe en effet 6 principales formes d'énergie : 1- chimique, pouvant être libérée lors de combustion (charbon, gaz naturel, bois, etc.), 2- thermique, sous la forme de chaleur (géothermie), 3- rayonnante-

ambiguïté sur l'emploi du terme et des formes d'énergie dans un contexte de planification énergétique. Si dans certaines circonstances, « *énergie et masse sont mystérieusement d'eux aspects d'une même réalité* » (Barré, 2007, 5), les économistes, puis les géographes utilisent le terme dans une acception très restreinte : celle d'énergie correspondant à l'ensemble des sources et des formes utilisables massivement par les sociétés humaines, autant pour la production de chaleur que l'action de machines. Cette énergie est dite commercialisée. Malgré cette précision, l'énergie peut encore être perçue différemment selon les besoins de différents groupes sociaux et le niveau de décision au sein de la planification énergétique. L'énergie peut en effet s'entendre comme un bien marchand, un besoin social et/ou une ressource écologique (Swisher, 1997, 7). Ces différentes perceptions sont aussi identifiées par Furfari (2007, 21) qui considère trois domaines principaux autour de l'énergie. Si dans le domaine économique la compétitivité et le développement des activités dépendent directement de la disponibilité et du prix de l'énergie, dans le domaine politique, chacun souhaite avoir accès aux ressources énergétiques. Enfin, dans le domaine écologique, la production d'énergie implique inévitablement des impacts sur l'environnement.

Mais dans le contexte de la maîtrise de l'énergie, l'adéquation entre l'offre et la demande met en exergue les dimensions techniques et économiques de la planification énergétique. Cette dernière, relevant d'experts énergéticiens, peut être perçue comme le processus itératif permettant d'organiser et d'anticiper l'évolution du système énergétique. Le rapide détour technique qui suit permet d'illustrer la complexité du domaine énergétique et d'évoquer les principaux écueils de sa compréhension, intégrés dans la planification énergétique.

Système énergétique : une approche fluxiale¹⁹ et technico-économique

Dans un contexte industriel, Rousseau (2000, chap1) précise qu'un système énergétique sert à transformer un flux d'énergie en mentionnant une usine, une machine, un bien d'équipement. Swisher (1997, 5) offre quant à lui une lecture plus économique des systèmes énergétiques mentionnant les principaux processus énergétiques: « *The energy system can be divided into three levels : a) production and conversion from energy sources into energy carriers²⁰, b)*

lumineuse (laser), 4- électrique, due à la force entre particules chargées, 5- nucléaire au sein des noyaux d'atomes radioactif, et enfin 6- mécanique énergie de pesanteur ou cinétique).

¹⁹ Adjectif dérivé du nom commun « flux ». Il est emprunté à J.-B. Nancy et issu de son ouvrage intitulé « Pour une gestion spatiale de l'eau : comment sortir du tuyau ? », 2004, PeterLang Ed. La question de sous-titre sera également réutilisée. Les mutations dans le domaine de la gestion de l'eau présentent d'importantes similarités avec notre approche.

²⁰ "Energy carrier" : vecteur énergétiques. La notion de vecteur énergétique désigne de façon générique les énergies ne pouvant pas être captées dans la « nature » mais provenant de la transformation d'autres sources. L'électricité ou l'hydrogène, etc. sont des exemples de vecteurs énergétiques.

storage and distribution of energy carriers, c) consumption of the energy carriers ». Sarlos (2003, 24) proposent une définition du système énergétique centrée sur l'idée d'éléments composants une chaîne de transformations des types d'énergie. Pour ces auteurs, le système énergétique comprend « *l'ensemble des techniques et technologies qui réalisent les transformations permettant de passer des énergies primaires telles qu'on les trouvent dans la nature aux formes d'énergies utiles qui intéressent nos concitoyens, en passant par le transport (sur des distances qui peuvent être plus ou moins longues) et la distribution de formes d'énergie souvent intermédiaires. Etant donné qu'aucune des transformations mises en jeu ne peut être efficace à 100%, l'énergie subit des pertes inévitables au cours de sa transformation* ». Pour les spécialistes de la planification énergétique, le système énergétique peut en effet être représenté sous forme graphique figurant les flux et technologies de transformation d'énergie : il s'agit du Système Energétique de Référence, approche largement dominante parmi les énergéticiens (Figure 1-2).

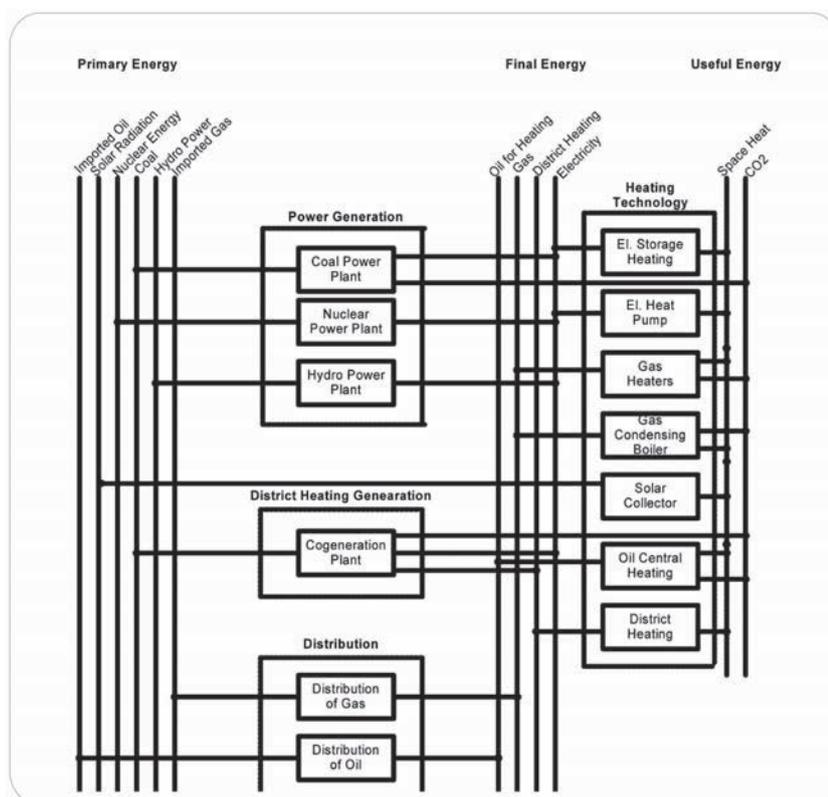


Figure 1-2 : Système énergétique de référence, une approche fluxiale et technologique (IEA, 2000, 45)

Si l'ensemble des éléments et processus de ce système énergétique se déroule sur des territoires, cette approche estime ces derniers comme de simples supports, neutres. Cette « approche tuyaux », considère en effet des entrées - l'offre et son amont (respectivement énergie finale et énergie primaire dans cette représentation)-, des sorties – la demande (sous forme d'énergie

utile)- et des technologies. Il est ainsi intéressant de constater que les (non)représentations de certains aspects du système énergétique illustrent les choix réalisés sur ce dernier. S'il s'agit d'options de représentation largement dictées par les objectifs, ces choix soulignent l'approche technique retenue par les spécialistes de la planification énergétique.

*Entre énergéticiens et économistes : types d'énergie, processus énergétique et comptabilité énergétique*²¹

Seuls les végétaux exploitent directement l'énergie solaire pour la transformer en une autre forme d'énergie que de la chaleur (énergie thermique). Ainsi, les différents types d'énergies que nous utilisons ont subi une succession de transformations théoriquement formalisées par la notion de chaîne énergétique. Cette dernière est une représentation de la structure énergétique d'un territoire. Elle illustre un ensemble de stocks et de flux, de processus (processus de production, de transformation, de consommation, etc.) et d'installations de transformation-distribution-utilisation de l'énergie, dans un contexte donné (pays, région, agglomération, usine, etc.) (Sarlos, 2003, 56) (Figure 1-3).

²¹ Compromis entre la délivrance des seuls éléments clefs de compréhension du concept d'énergie et une présentation introductive complète, cette rapide discussion trouvera un approfondissement détaillé notamment dans Mérenne-Schoumaker (2007), Battiau (2008), deux ouvrages écrits par des géographes, ou Durand (2007), Ngo (2008), et enfin Sarlos (2003) ouvrage le plus complet d'un point de vue technique. Ces considérations qui peuvent sembler éloignées de notre sujet, sont nécessaires à la compréhension de deux principes. Tout d'abord, lorsque l'on évoque une quantité d'énergie consommée, il est toujours indispensable de préciser de quelle énergie il s'agit car la consommation implique des transformations et pertes (consommations d'énergie finale ou primaire sont à différencier). Ensuite, il convient de comprendre qu'à un type d'usage, certaines énergies ont de meilleurs rendements et efficacités que d'autres, en fonction de critères économiques, sociaux et/ou environnementaux.

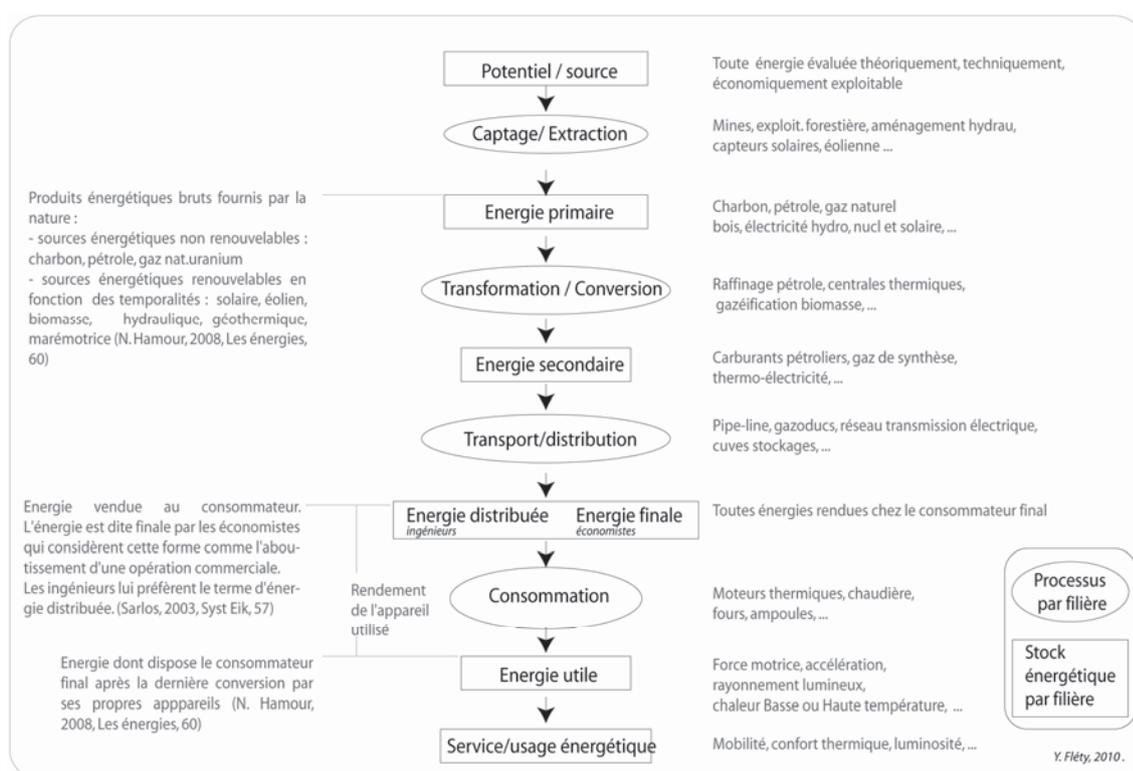


Figure 1-3 : La chaîne énergétique, un ensemble de stocks, flux et processus énergétiques

Lecture particulière du système énergétique, la chaîne énergétique est centrée sur les différents processus énergétiques que constituent les productions, transformations, consommations. Energéticiens et économistes ont défini des approches, vocabulaires et unités correspondant aux différentes énergies. Ainsi, un classement des « produits » énergétiques peut être opéré selon leurs origines et position au sein de cette chaîne.

Un premier élément de classification est relatif aux sources d'énergie (amont de la chaîne énergétique). Deux grands types de sources d'énergie peuvent être identifiés. Il s'agit tout d'abord de distinguer des énergies de flux, dites énergies renouvelables relativement à une temporalité (en générale vie humaine), qui ont pour source principale le soleil. Ces énergies peuvent être constamment prélevées dans l'environnement (et non de façon illimitée sur un temps « court ») (Sarlos, 2003, 267). Il convient ensuite de considérer des énergies de stocks, qui existent en quantités importantes mais finies. Ces énergies, telles les fossiles ou métaux fossiles, sont non renouvelables à l'échelle temporelle humaine (Barré, 2007, 9 ; Mérenne-Schoumaker, 2007, 6 et 17).

Le second critère de classification des types d'énergie est relatif à leurs « niveaux » de transformation au sein de la chaîne énergétique. La chaîne désigne comme point de départ un premier stock qui est celui des potentiels, c'est-à-dire la totalité des énergies présentes sur un territoire, énergies exploitables ou non, exploitées ou non. La partie effectivement extraite, ou

exploitée, constitue le stock d'énergie primaire. Il arrive que cette énergie primaire soit utilisée en l'état, c'est-à-dire sans transformation ou déplacement (énergie mécanique d'un potentiel éolien, transformé en électricité par exemple). Mais la plupart du temps, il est nécessaire d'entreprendre une série de transformations avant de pouvoir utiliser le potentiel choisi. Il faut par exemple extraire le charbon, le conditionner, le transporter, etc. Cette série de transformations pour une énergie primaire, une technologie particulière ou une énergie finale s'appelle une filière (Sarlos, 2003, 58 ; IEPF, 2007, 13) : la filière pétrolière, nucléaire, éolienne, photovoltaïque, etc. Puis selon le nombre de transformations subies l'énergie peut être dite secondaire, tertiaire. Ainsi, le pétrole brut est une énergie primaire alors que le gasoil ou l'essence, obtenus par transformations, sont des énergies secondaires. Une énergie primaire peut ainsi subir un ensemble de transformations et nous parvenir sous la forme d'énergie qualifiée d'énergie finale par les économistes et d'énergie distribuée par les ingénieurs énergéticiens (électricité au compteur, essence à la station-service, etc.)²². Cette distinction entre type d'énergie peut avoir d'importantes conséquences sur les évaluations et comparaisons entre différentes sources²⁷.

Lors de ces processus de transformations successifs, la quantité d'énergie disponible à chaque étape suivante au sein de la chaîne diminue. Cette diminution est imputable aux consommations de la « branche énergie » (centrales électriques, raffineries), aux rendements et pertes, selon le second principe de la thermodynamique (Furfari, 2007, 29). La conversion entre énergie primaire et finale fait en effet intervenir les rendements des installations de transformation ainsi que le transport. Par exemple, à l'échelle d'un territoire, une consommation d'énergie exprimée en énergie primaire sera ainsi toujours plus conséquente que cette même consommation exprimée en énergie finale ; la différence entre énergie primaire et énergie finale est alors liée à ce qui est conventionnellement dénommé les pertes du système énergétique. Enfin, l'énergie utile est celle qui résulte de la satisfaction d'un besoin énergétique (se chauffer, se déplacer, etc.) et correspond à l'énergie « dont dispose le consommateur final après la dernière conversion par ses propres appareils » (Hamour, 2008, 60). L'énergie utile représente l'énergie finale (ou distribuée) déduite du rendement de l'appareil utilisé (aspirateur, ampoule, voiture), elle constitue par exemple l'énergie d'éclairage de l'ampoule électrique ou celle du déplacement du véhicule, etc.

Si les ressources, formes et types d'énergie sont divers, il est donc toujours indispensable de préciser l'énergie dont il est question puisque la quantité d'énergie diffère selon son type. Afin

²² Bien qu'au sens physique de la thermodynamique, aucune énergie ne puisse être produite ou perdue, nous utiliserons cependant les termes de production d'énergie et de pertes en considérant la Terre comme un système isolé. Produire de l'énergie signifie en fait transformer l'énergie en une forme utilisable par l'homme.

de pouvoir orienter le système énergétique, et donc plus globalement réaliser la planification énergétique, il apparaît nécessaire de comptabiliser et quantifier les énergies et éléments des systèmes énergétiques. Ainsi, les bilans énergétiques expriment la situation énergétique d'un espace au cours d'une période de temps²³ (Hamour, 2008, 28). Ils comparent les productions et consommations, et les ventilent par sources et types d'énergie tel que définis précédemment. Ces bilans peuvent ainsi être dressés comme photographie d'étape de la planification énergétique, conservant l'approche tuyau mentionnée, en figurant des flux (Figure 1-4).

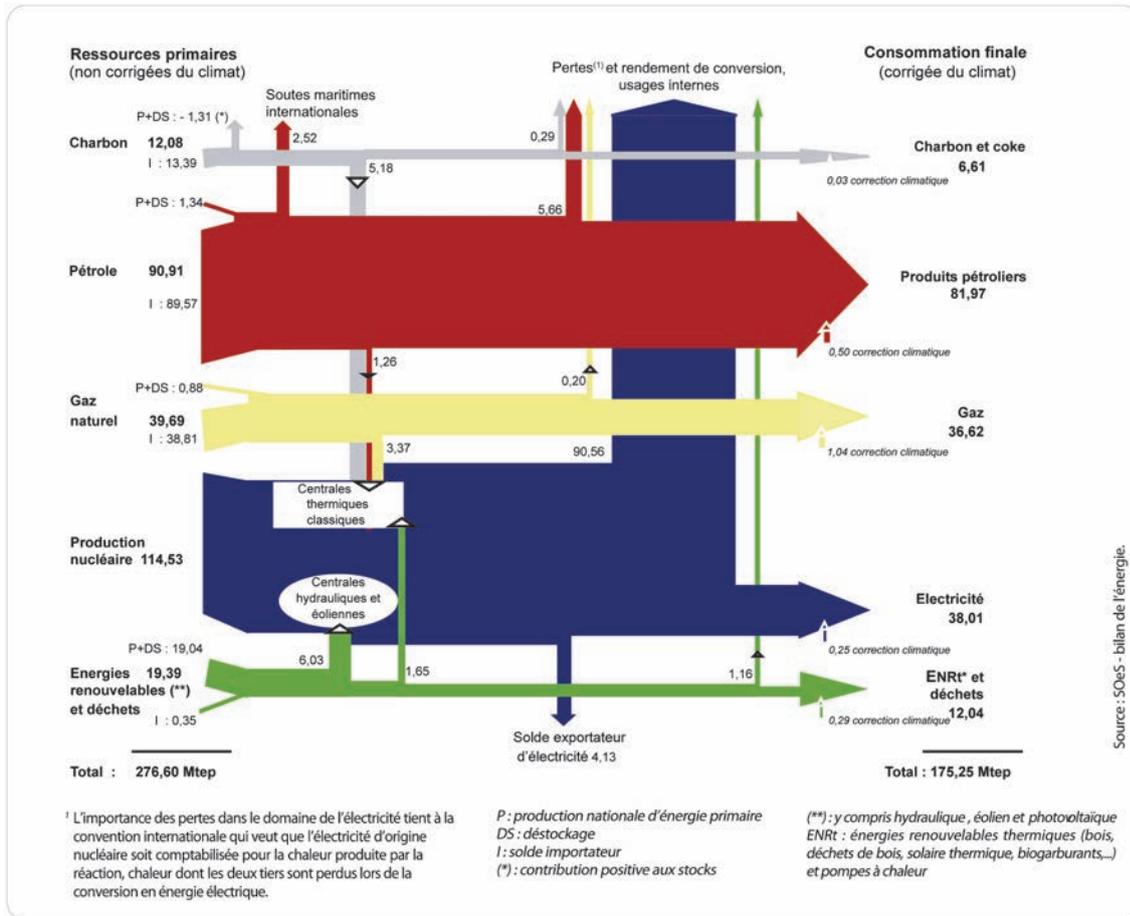


Figure 1-4 : Bilan énergétique de la France en 2010 (Mtep), SOeS, 2011, 6

Il convient de souligner de nouveau les sous-entendus de cette représentation, qui ne considère que certains aspects d'un bilan ici établi d'un point de vue technique (chaîne et filières) et économique (offre-demande). La consommation énergétique se traite par secteur d'application et se décline ainsi selon quatre secteurs d'utilisation d'énergie (résidentiel-tertiaire, industrie, transport, agriculture) auquel s'ajoute le secteur énergétique (produire de l'énergie en consommation).

²³ Il est à noter que ces bilans omettent les énergies qui ne font pas l'objet d'un échange marchand, dite énergies non commerciales.

Unités et équivalences énergétiques

Production et consommation d'énergie supposent de recourir à des unités de mesures et équivalences entre les différentes sources et formes d'énergie. L'unité scientifique reconnue par le système international pour l'expression d'une quantité d'énergie est le joule (J) (Ngo, 2008, 4). Mais selon le type d'énergie (primaire, finale, etc.) des nuances résident dans les modalités de calcul²⁴. Lorsqu'il s'agit de combustible fossile, la consommation d'énergie finale est généralement exprimée en poids de carburant, l'électricité est quant à elle connue en kilo watt heure (kWh)²⁵.

Chaque combustible dispose d'un pouvoir calorifique spécifique²⁶, c'est-à-dire que lorsqu'on brûle une tonne de ce combustible, il se dégage une certaine quantité d'énergie sous forme de chaleur, mesurable en un multiple de joules (Sarlos, 2003, 60). Pour ne pas manipuler des milliards de joules, la tonne équivalent pétrole (tep) est utilisée. La comparaison entre deux combustibles ne soulève pas de difficulté grâce à des tableaux d'équivalence. Une difficulté apparaît s'agissant de l'électricité : certes la quantité d'énergie qui parvient au consommateur peut être convertie en joules, mais dans les conversions réalisées en pratique, le rendement de l'installation qui produit cette électricité est intégré. Ceci explique ainsi, que 1000 kWh d'électricité représentent 0,0847 tep s'ils sont produits par l'hydraulique, et 0,26 tep s'ils le sont par un réacteur nucléaire²⁷. En matière de planification énergétique, et pour une efficacité énergétique optimale, ces rendements doivent donc être intégrés. Ils conduisent à une double compétition, aussi bien entre sources d'énergie primaire qu'entre filières énergétiques (Battiau, 2008, 12). Ces caractéristiques de comptabilités énergétiques favorisent l'importance de certaines formes d'énergie dans les bilans (Battiau, 2008, 27), et mettent l'accent sur la prudence qui s'impose face aux données statistiques énergétiques globalisatrices²⁸.

²⁴ Dont les détails sont clairement vulgarisés par J.-M. Jancovici, 2004, <http://www.manicore.com/documentation/equivalences.html>.

²⁵ La puissance est une quantité d'énergie par unité de temps, l'unité de base est le Watt (1W=1joule/seconde). A différencier d'une quantité d'énergie (ex : consommation) exprimée en kWh.

²⁶ Le détail des différents pouvoirs calorifique (inférieur/supérieur) est ici sans intérêt (Sarlos, 2003, 58).

²⁷ Les productions d'électricité d'origine nucléaire et hydraulique sont approximativement équivalentes au niveau mondial. Pour l'utilisateur, ces deux sources ont donc la même production. Or les statistiques indiquent que la production nucléaire a une contribution trois fois plus grande que l'hydraulique. Ceci s'explique par le fait que l'hydraulique est une énergie primaire et que l'électricité qui en est issue est produite avec un rendement proche de 100%. L'électricité issue de la filière nucléaire n'est par contre pas comptabilisée comme énergie primaire, puisqu'elle est libérée lors de la fission de l'uranium. Le rendement de production des centrales actuelles étant de 33%, l'énergie nucléaire contribue alors trois fois plus que l'hydraulique si l'on parle d'énergie primaire, mais au même niveau si l'on parle d'énergie utile pour le consommateur (Ngo, 2008, 3).

²⁸ Ces questions sont détaillées dans : Chapitre 3.2.3.2.

Ce rapide détour technique permet d'illustrer la complexité du domaine énergétique et d'évoquer les principaux écueils de sa compréhension. Les processus énergétiques (production-transformation-distribution-consommation) et plus largement la planification énergétique, reposent en grande partie sur ces considérations, affirmant la prépondérance technique des questions énergétiques. Les dimensions économiques, liées, suivent immédiatement et questionnent les marchés et prix (Percebois, 2001, 818 ; Mérenne-Schoumaker, 2007, 3), puisque « *les premières finalités d'une politique énergétique sont d'ordres économiques et vise à réduire la facture* » (Bouvier, 2005, 217).

1.2.2. Planification énergétique : analyse rétrospective et enjeux

Si quelques caractéristiques spécifiques à l'énergie imposent de considérer et maîtriser l'ensemble des éléments du système énergétique, les motivations, échelles et modes d'action de la planification énergétique ont connu de profondes évolutions. Quelques éléments rétrospectifs de contexte autorisent l'identification de ces dernières et mènent au constat d'une complexification des modalités d'exécution de la planification territoriale, accompagnée d'un renouvellement des logiques mises en œuvre. Après un premier mouvement de centralisation focalisé sur l'offre dans une approche technico-économique, la planification énergétique a intégré des dimensions environnementales et de marché dans un mouvement de décentralisation.

D'une politique énergétique basée sur une maîtrise de l'offre centralisée ...

La loi Le Chapelier de 1791 sur la liberté du commerce et de l'industrie n'autorisait pas les collectivités locales à développer des activités marchandes. La loi du 15 juin 1906 redéfinit le rôle des communes en matière énergétique. Elle affirme d'une part la responsabilité des communes sur les réseaux de distributions d'énergie et d'autre part leur pouvoir de concéder cette activité (Bouvier, 2005, 37). Les services publics ont donc soit constitué des syndicats intercommunaux, soit fait appel au secteur privé, dans le cadre de concessions de service public, pour le développement de l'éclairage public à partir du gaz puis de l'électricité (Percebois, 2001, 819). Propriétaires des infrastructures présentes sur le territoire communal, les communes sont à l'origine des réseaux gaziers, des premières centrales (hydro-)électriques et ont assuré la distribution de ces énergies. Historiquement, les communes se sont en effet dotées d'une mosaïque d'entreprises locales sous la forme de centrales et de réseaux locaux

indépendants, exploités dans le cadre de régies ou de concessions communales²⁹ (FNCCR, 2007, 14). Il existait alors un équilibre local de l'offre et de la demande dans une logique décentralisée (Belot, 2006, 2.A.2.1). La création en 1924 de la Compagnie Française des Pétroles et la découverte quelques années plus tard de gisements fossiles marquent la naissance de la France pétrolière et gazière (ViePublique, 2005).

Avec notamment l'électrification rurale dans la période d'entre deux guerres, la politique énergétique est alors marquée par une volonté de garantir l'accès à l'énergie pour tous sur l'ensemble du territoire national. C'est tout d'abord en complément des communes et au nom de l'intérêt général que l'Etat est intervenu pour la diffusion du confort électrique dans les campagnes, au moyen de taxes reposant en partie sur les compagnies distributrices. Les transports et la distribution d'énergie (gaz, électricité, etc.) constituent non seulement une activité organisée autour d'infrastructures lourdes mais aussi une industrie de réseau. L'affaiblissement du pouvoir de concession des communes a été la conséquence de l'intervention croissante de l'Etat, à la fois pour des raisons techniques, telles la mise en place de normes, et économiques, comme palliatif aux difficultés financières. « *Ce processus d'étatisation a connu son apogée en France avec les lois de 1946 créant EDF et GDF* » (Percebois, 2001, 802).

Puis, dès 1946, les collectivités territoriales entrent en sommeil, laissant place à l'affirmation d'un pouvoir central et d'un opérateur monopolistique.

Les lois de nationalisation de 1946 créent EDF, GDF et Charbonnage de France en étatisant l'ensemble des entreprises locales et gisements. Selon Brizé (2007, 5), cette loi a « *dépossédé les territoires de leurs responsabilités énergétiques, les cantonnant pour l'essentiel à la distribution d'électricité* ». Si le principe de concession est maintenu et que les communes restent propriétaires des installations, EDF et GDF deviennent les concessionnaires imposés. En matière énergétique, le problème majeur des années 50 restait celui d'une pénurie globale d'énergie. La planification énergétique, comprenant alors la programmation d'investissements, reposait sur l'existence d'un secteur énergétique public en situation de monopole. « *La concentration industrielle est alors forte, doublée d'une superstructure administrative puissante, ceci pouvant expliquer/conforter cela* » (Magnin, 2007).

L'Europe s'ébauche sur les bases de la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier en 1951, puis de celle de l'Energie Atomique (CEE) en 1957. L'essor des secteurs industriel et

²⁹ Survivance du début de XXème siècle, les entreprises locales d'énergie (ELE, appelées aussi entreprises locales de distribution ELD) jouent encore aujourd'hui un rôle avec environ 5% de l'énergie distribuée en gaz ou électricité, principalement en agglomération, notamment dans les villes de Grenoble, Bordeaux, Strasbourg ou Metz (Poupeau, 2007, 153).

des transports, notamment automobile, confirme alors l'hégémonie du pétrole (Battiau, 2008, 46). La fin des années 50 marque les prémises du déclin de l'industrie charbonnière française (Charbonnage-de-France, 2004) et la première production d'électricité d'origine nucléaire en 1958. Mais les chocs pétroliers de 1973-74 et 1979-80 mettent un terme à une période d'euphorie énergétique reposant sur un pétrole abondant et bon marché, et concrétise la prise de conscience de la dépendance énergétique française (Syrota, 2007, 72). Ces événements marquent une rupture dans la politique énergétique française réorientant la planification énergétique autour de trois piliers que sont la diversification des approvisionnements extérieurs, le développement d'une production d'énergies nationales (Plan électronucléaire en 1974), et l'ébauche d'une politique d'économie d'énergie visant à augmenter l'efficacité énergétique³⁰ (création de l'Agence pour les Economies d'Énergie, Réglementation Thermique pour les bâtiments) (Vaché, 2009, Chap. 3). Mais la priorité donnée à l'offre d'énergie a été maintenue *de facto* par la politique mise en œuvre après les chocs pétroliers, par les choix effectués quant à l'orientation des crédits (ENA, 2002, 8). Une « *suroffre a stimulé une surconsommation* » (Magnin, 2007), éloignant les efforts d'économie d'énergie. La maîtrise de l'énergie a délaissé d'autres politiques publiques ayant pourtant une incidence sur les consommations d'énergie, comme l'aménagement du territoire, l'habitat et l'urbanisme. La fin de la décennie 80 marque la redéfinition de la régulation publique et l'intégration de préoccupations environnementales, tout comme l'irruption des mécanismes de marché dans l'organisation du système énergétique jusqu'alors voué à la planification.

... à une politique énergétique de maîtrise de la demande : environnement, marché et multiplication des niveaux de décision

Les modes de décision hérités des Trente Glorieuses et de l'Etat bâtisseur sont marqués par « *le primat des considérations de production, de sécurité d'approvisionnement et de compétitivités des industries françaises* » (Boisson, 2002, 12). Ces modes de décision ont progressivement évolué pour intégrer des nouveaux critères.

- La progressive intégration de dimensions environnementales

³⁰ L'efficacité énergétique est entendue comme une réduction des consommations d'énergie, à service rendu égal, qui vise à diminuer les coûts environnementaux, économiques et sociaux liés à la production et à la consommation d'énergie, tout en permettant d'améliorer la qualité de vie des générations actuelles, sans hypothéquer celle des générations futures (Querrien, 2007, 170).

Après les conclusions du Club de Rome³¹ questionnant la croissance matérielle et les capacités naturelles de la planète, la convention du Sommet de la Terre de Rio en 1992 marque officiellement la remise en cause des modes de développement, à travers la vulgarisation de la notion de « développement durable ». Il sera complété en 1997 à Kyoto, par l'adoption d'un protocole additionnel à la convention visant une réduction des gaz à effet de serre (GES), la promotion des énergies renouvelables et d'une meilleure efficacité énergétique.

Ainsi, les enjeux économiques auxquelles s'ajoutent peu à peu les préoccupations environnementales, ont notamment conduit à une utilisation plus efficace de l'énergie se traduisant entre autre par une réduction de l'intensité énergétique³², c'est-à-dire la diminution d'énergie nécessaire à la création d'une unité de PIB. Si ce processus est largement entamé dans les pays industrialisés, les autres pays tendent vers une évolution similaire aux grés de leur développement (Figure 1-5) (Sarlos, 2003, 79).

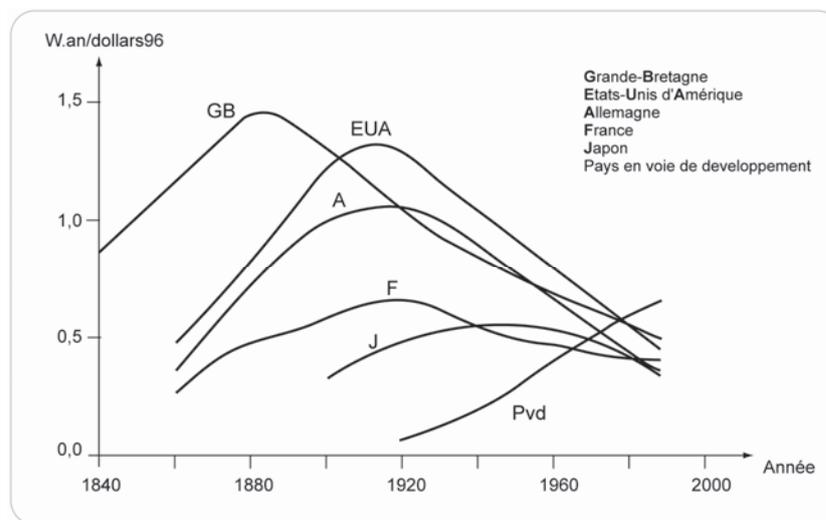


Figure 1-5 : Energie et développement, évolution de l'intensité énergétique (Sarlos, 2003, 79)

Ceci rappelle que ce n'est qu'après avoir dépassé le stade d'une intensité énergétique croissante, lors de la phase d'optimisation des techniques de production, que l'intégration des préoccupations environnementales se manifeste. Ainsi, ces préoccupations environnementales, déclinées en enjeux sanitaires, de pollutions et d'énergie, se trouvent peu à peu rassemblées autour des questions climatiques qui dominent désormais la politique énergétique

³¹ Référence non lue : conclusions empruntées à J.-M Jancovici, 2009 expert énergie climat dans les pages dédiées à ce rapport, sur son site http://www.manicore.com/documentation/club_rome.html.

³² L'intensité énergétique est un indicateur défini comme le rapport de la consommation d'énergie primaire au PIB et représente la mesure de la quantité d'énergie nécessaire à la création d'une unité de PIB.

(Syrota, 2007). Un ensemble de lois relatif à chacun de ces aspects est ainsi promulgué (Figure 1-6).

- ...

- **Rio Juin 1992 et Kyoto 1997** : Signature de la convention-cadre sur le changement climatique et le développement durable (objectif de stabilisation des émissions de GES à leur niveau de 1990). L'agenda 21 (mondial) est adopté, il sera décliné par des agendas 21 locaux sur des agglomérations, parcs naturels régionaux ou groupement de communes dans le cadre de contrats territoriaux nationaux. Le protocole de Kyoto vise la diminution des émissions de GES.

- **LAURE : Loi sur l'Air et sur l'Utilisation Rationnelle de l'Energie du 31 décembre 1996** : La LAURE constitue la première loi énergétique française. Elle vise une meilleure qualité de l'air et crée trois outils de planification que sont les Plans Régionaux de Qualité de l'Air, les plans de protection de l'Atmosphère et les plans de déplacement urbains. La loi sur l'air instaure les plans de déplacements urbains (PDU). Des documents qui visent (Art. 28-1) à "la réduction du trafic automobile" et au "développement des transports collectifs et des moyens de déplacements économes et les moins polluants".

- **LOADDT : Loi d'Orientation pour l'Aménagement et le Développement Durable du 25 juin 1999** : Elle fait référence pour la première fois au lien entre aménagement du territoire et développement durable. La LOADDT prend en compte le fait urbain dans la territorialisation des politiques publiques à travers :

- des contrats d'agglomération (projet de développement durable à l'échelon de l'agglomération).

- les schémas de services collectifs relatifs à l'énergie, aux transports de personnes et aux transports de marchandises, prévus dans la LOADDT, visent à fixer, pour les 20 prochaines années, les choix stratégiques dans ces domaines. Concernant l'énergie, ces schémas définissent les conditions d'une maîtrise de la demande, d'une meilleure efficacité énergétique, et du développement des énergies renouvelables qui doivent s'imposer aux collectivités lors de la révision de leurs documents d'urbanisme et les invite à être plus actives.

- **La loi n° 99-586 relative au renforcement et à la simplification de la coopération intercommunale du 12 juillet 1999** : Cette loi apporte les outils en termes d'organisation communale qui favorisent la mise en œuvre de la LOADDT. Ses deux dispositions majeures sont l'incitation aux regroupements communaux : les compétences transférées sont susceptibles d'orienter significativement la demande énergétique sur le territoire correspondant.

- **SRU : Loi Solidarité Renouvellement Urbain du 13 décembre 2000** : La loi de solidarité et renouvellement urbains (SRU) vise en son Titre III la mise en œuvre d'une "politique de déplacements au service du développement durable". Ces principaux objectifs visent la consommation d'espace, la périurbanisation et les transports. Elle stipule (Art. 94) que les schémas de cohérence territoriale et les plans locaux d'urbanisme doivent être compatibles avec les Plans de Déplacements Urbains.

- **Loi dite de « modernisation et de développement du service public de l'électricité » février 2001** : Fixe le calendrier d'ouverture du marché pour une mise en concurrence, particuliers compris en 2007.

- **Loi du 3 Janvier 2003, année de l'ouverture des marchés de l'énergie** : Cette loi initie le processus de libéralisation des marchés de l'énergie par une ouverture du marché du gaz à la concurrence pour les professionnels et dote la France d'une stratégie de développement durable, notamment par la mise en place d'Agenda21 locaux.

- **POPE : Loi de Programme fixant les Orientations de la Politique Énergétique du 13 juillet 2005** : Cette loi affirme la volonté de maîtriser les changements climatiques et les pollutions, de préserver la santé humaine et l'environnement, de baisser la dépendance énergétique, d'assurer la sécurité d'approvisionnement, de garantir un prix compétitif et l'accès à l'énergie à toutes les populations (cohésion sociale et territoriale). Un objectif de division par quatre des émissions de GES d'ici 2050 (Facteur 4) est validé. Pour ce faire, la nécessité de développer un mixe énergétique incluant la maîtrise des consommations et le développement des énergies renouvelables est mis en avant.

- **Grenelle 1 : Loi de programmation du 3 Aout 2009** : Elle fixe les caps et objectifs. La lutte contre le changement climatique est placée au premier rang des priorités (baisse de la consommation d'énergie des bâtiments et réduction des émissions de GES des secteurs des transports et de l'énergie). Le rôle des collectivités publiques de plus de 50000hab. est mis en avant (« plans climat-énergie territoriaux » avant 2012).

- **Grenelle 2 : Loi portant sur l'engagement national pour l'environnement du 13 juillet 2010**

Des objectifs aux outils et règles : En matière énergétique, l'accent est mis sur la performance énergétique des bâtiments, l'urbanisme, les transports collectifs et les énergies renouvelables. Les Schémas Régionaux Climat Air Energie sont établis et fusionnent les Schémas de services collectifs de l'énergie et les schémas éoliens. Ils s'appuient sur des diagnostics (bilan énergétique, inventaire des émissions, états des potentiels de production comme d'efficacité) et scénarios prospectifs. Pour se faire, le Grenelle II impose la mise en œuvre d'outils de suivi et d'évaluation du schéma, par le biais d'indicateurs environnementaux, économiques, sociaux, sanitaires, des observatoires. A l'échelle des collectivités territoriales, et selon leur compétences, les plans climats territoriaux doivent mettre en œuvre des objectifs et modalités similaires.

- ...

Sources : Roux (Le), 2008, MIES, 2003 ; Senat, 2006 ; Vaché, 2009 ; Brize, 2007 ; MINEFI, 2006 ; Wikipedia, 2011 ; Legifrance, 2010.

Y. Fléty, 2011.

Figure 1-6 : Contexte sociétal et législatif des domaines de la décentralisation et de l'énergie

Dans ce contexte législatif foisonnant, la France s'est engagée d'une part à diviser par quatre les émissions nationales de GES sur la base de 1990, d'ici 2050 (connu sous l'expression « Facteur4 » du Grenelle Environnement 2007), et d'autre part à tenir le triple engagement des « 3x20³³ » d'ici 2020 (réduire de 20% les émissions de GES par rapport à leurs niveaux de 1990, porter la part des énergies renouvelables à 20% de la consommation et réaliser 20% d'économies d'énergie). Toutefois les productions nucléaire et hydro-électrique, peu émettrices de GES, jouent un rôle prépondérant sur le territoire national. Il sera donc délicat d'espérer atteindre l'objectif de réduction par la substitution d'autres sources énergétiques. Il s'agit alors de porter les efforts et actions prioritairement sur la demande (ENA, 2002, 10/25). Les contraintes géopolitiques liées à l'approvisionnement constituent de plus un contexte favorable à une maîtrise de la demande. Pour autant, les questions énergétiques ne doivent pas être prises en compte uniquement par l'intermédiaire des émissions qui leur sont associées, et ainsi n'apparaître que comme des sous-produits de la question climatique globale (Magnin, 2007). Si la contrainte environnementale fonde et structure la relance d'une maîtrise de l'énergie, elle ne devrait toutefois pas en être la justification exclusive. La maîtrise de la demande d'énergie ne serait en effet plus évaluée au regard de l'optimisation des consommations ou des économies réalisées, mais en fonction des seules émissions de GES. Or, au vu des pertes et rendements, certains types d'énergie sont en bilan global plus efficace que d'autres. Pour ce faire, la relance d'une politique de maîtrise de l'énergie peut être constatée (Vaché, 2009, 109). Cette politique se décline autant sur des aspects liés à la maîtrise de l'offre, qui tend pour une partie à être décentralisée (émergence des productions énergétiques locales, notamment avec les énergies renouvelables), qu'à une meilleure maîtrise de la demande d'énergie (économie et efficacité en fonction des besoins et sur un long terme).

- Des logiques de marché

Simultanément, de profondes mutations socio-économiques sont en cours. Les processus de globalisation tendent à la dérégulation des marchés nationaux et à l'affaiblissement des monopoles nationaux. Par conséquent, le poids relatif des acteurs évolue au travers des engagements internationaux, de l'ouverture des marchés ou des processus de décentralisation.

Impulsée par l'Union Européenne, la libéralisation des marchés de l'énergie (électricité et gaz) s'organise schématiquement autour de trois principes : concurrence entre producteurs et entre

³³ Les 3x20 sont un engagement européen intégré au « Paquet énergie-climat », ce qui montre également le glissement d'engagement originellement nationaux vers le niveau européen. Ce n'est d'ailleurs que depuis l'entrée en vigueur du traité de Lisbonne en déc. 2009 qu'émerge une politique énergétique autonome de l'Europe des 27 qui dispose de compétences partagées et d'un socle juridique commun (art. 194) : assurer le fonctionnement du marché de l'énergie, la sécurité d'approvisionnement, la promotion de l'efficacité énergétique et de l'interconnexion des réseaux.

distributeurs, libre choix du consommateur et mise en place d'une autorité de régulation (ENA, 2002, 20). Cette ouverture du marché de l'énergie autorise en effet la production et la vente d'énergies en laissant libre l'accès aux réseaux de transports et de distribution, sous le contrôle étatique de la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) instituée en février 2000. Les consommateurs peuvent désormais comparer les alternatives pour optimiser leurs budgets. Le raccord au réseau monopolistique ne constituant plus le seul objectif, il serait complété par la négociation d'un service mieux adapté aux besoins, éventuellement à moindre prix. Le marché des quotas de CO₂ intègre cette même logique de marché³⁴. Ces éléments, tout en questionnant les nouveaux critères d'investissement et donc les temporalités de la planification énergétique, renforcent en tout cas la place de la demande.

La régulation du marché de l'énergie rendu nécessaire par la libéralisation est par conséquent une nouvelle mission de l'État. Pour ce dernier, il s'agit sans doute moins d'une réduction d'un interventionnisme étatique que d'une nécessité d'adaptation, puisque « *le modèle de déréglementation sans régulation étatique a atteint ses limites : en témoignent, outre-Atlantique, les crises électriques new-yorkaise, californienne ou brésilienne* » (Boisson, 2002, 3/30). Percebois (2001) avance en ce sens que tout risque de pénurie ou coupures répétées d'énergie relancerait sans doute les débats sur les bienfaits d'un retour étatique et d'une planification nationale.

- Emergence d'autres niveaux de gouvernance : les collectivités territoriales³⁵ et Europe

Si l'État voit ses fonctions renouvelées et principalement centrées sur une activité de régulation de par ses rôles législatif-incitatif et financier (Palla, 2009, 8), l'Union Européenne est devenue un acteur majeur de plus en plus présent et désormais incontournable en matière de planification énergétique. Elle intervient essentiellement à travers l'approfondissement de la libéralisation des marchés et la protection de l'environnement (Syrota, 2007, 45 ; Boisson, 2002, 21). Cette position est confortée par des principes encadrant les planifications des pays membres dans ces deux domaines. Ainsi, Veyrenc (2010) affirme l'existence d'un nouveau paradigme européen de

³⁴ Il ne s'agit pas d'une critique du marché en tant que tel qui "se révèle un formidable moyen opérationnel de mettre en relation de façon démocratique des ressources, des capacités et des besoins", mais partageons certaines nuances avancées par Calame, 2001.

³⁵ L'expression collectivité locale désigne dans le langage courant ce que la Constitution nomme "collectivité territoriale". « Les collectivités territoriales sont des structures administratives, distinctes de l'administration de l'État, qui doivent prendre en charge les intérêts de la population d'un territoire précis. En effet, jusqu'à la révision constitutionnelle du 28 mars 2003, les deux termes apparaissaient dans la Constitution : collectivité locale à l'article 34 et collectivité territoriale au titre XII. Mais depuis, seule cette dernière expression figure dans la Constitution. Les collectivités sont donc désormais des "collectivités territoriales", l'expression "collectivité locale", n'étant plus juridiquement fondée » (Vie-Publique, 2009).

la planification énergétique proposé par le troisième paquet énergie. Cet ensemble de texte législatif adopté au cours de l'année 2007 prône la libéralisation du secteur énergétique³⁶, le développement d'énergie plus propre et le renforcement de la sécurité d'approvisionnement.

Dans un contexte de décentralisation, et pour une part de la planification énergétique, le glissement vers une plus grande considération de la demande énergétique et de l'offre décentralisée³⁷ implique une redistribution des rôles et niveaux décisionnels en matière énergétique. Ainsi, Dubois (2010), Boisson (2002, 14) ou Vaché (2009, 185) affirment l'émergence et l'essor d'un échelon régional, (Desjardins, 2007, 14) celui de l'intercommunalité. En plus de l'Etat et de l'Europe, le CLER (2008, 3) estime que toutes les collectivités territoriales sont impliquées et précise la répartition des compétences énergétiques de chacune. Avec quelques nuances quant à la vision très mécaniste et descendante, nous partageons cette définition de (Querrien, 2007, 3) pour qui la planification énergétique devrait alors reposer sur « *une base territoriale qui [...] fonctionne comme une poupée gigogne, allant du monde, à l'Europe, à la Région, à la ville, et à moi, le cœur du dispositif, le consommateur final, l'utilisateur, l'habitant, le sujet de la démocratie* » dessinant les contours d'un renouveau de la planification énergétique.

La nature spécifique des énergies que nous utilisons actuellement massivement, par leur rareté et leur caractère stratégique, indispensable à toute activité, justifie l'intervention de l'Etat garant de l'intérêt général. Il semble qu'un découplage apparaisse au sein de la planification énergétique. Ainsi, une politique de planification énergétique centrée sur la maîtrise d'une offre centralisée, se voit complétée par une planification considérant la demande dans un contexte de décentralisation de l'offre, de considérations de préoccupations environnementales, et d'ouverture des marchés de l'énergie. Si la politique de l'offre est relative à la quantité d'énergie disponible et la répartition entre les différentes sources, la maîtrise de la demande d'énergie vise à la fois une meilleure efficacité énergétique, ce qui renvoie au processus de

³⁶ Notamment par l'affirmation d'un relatif échec de l'ouverture des marchés, du à la persistance d'un entre deux incertain entre mise en place organisation concurrentielle et permanence voir résurgence d'un contrôle étatique fort.

³⁷ Bouvier (2005, 209/300) nuance la centralisation de l'offre énergétique et avance qu'en matière énergétique, la notion de décentralisation pose question, d'une part en matière d'échelles de gestion et d'autre part s'agissant de répartition spatiale : « les facteurs déterminants pour l'équilibre énergétique global ne paraissent pas territorialisés à l'échelle locale française » : la maille nationale semble pertinente et peut être même dépassée face aux enjeux planétaires des équilibres de production. En outre, la centralisation de l'énergie n'est pas géographique ; les unités de production ou de consommation sont réparties entre et au sein des régions. La centralisation réside d'avantage dans son architecture administrative de gestion.

production et aux technologies (ENA, 2002, 4), et à des efforts conséquents à réaliser quant aux économies d'énergie. Ce glissement renouvelle pour une part la planification énergétique.

2. La planification territoriale énergétique³⁸

Dans les contextes précédemment évoqués, les planifications territoriale et énergétique laissent apparaître quelques caractéristiques communes menant à la redéfinition de leurs enjeux et modalités d'actions. Si le défi principal de leur convergence vise à organiser le territoire sous contraintes énergétiques, il se heurte à des approches sectorielles et paradigmes qui le limitent et sont à l'origine de nouveaux enjeux, notamment de gouvernance.

2.1. Organiser le territoire sous contraintes énergétiques

La planification énergétique, ou l'élaboration de politiques pour aider à orienter un système énergétique, ne se résume plus à l'implantation d'infrastructures pour une offre énergétique maximale, à un coût économique minimum. Elle fait désormais appel à l'analyse des cycles de vie, à l'analyse systémique des coûts, notamment environnementaux. « *Ouverture des marchés, épuisement des ressources fossiles et changement climatique, décentralisation et mondialisation, engagements (inter)nationaux, etc.* » (ETD, 2006), les systèmes énergétiques actuels centralisés montrent leurs limites. Dans ce contexte de renouvellement des logiques de planification territoriale et énergétique, "*Decentralized energy planning is a planning approach that recognises the variation of energy situations in the different sub-national areas. Planning has to be area-based to recognise these variations and the local-specificity of the energy situation. Decentralized energy planning is synonymous with area-based planning, local energy planning, and rural or urban energy planning*" (FAO, 2000, 14). Lacassagne (2003, 17) précise que « *la planification énergétique locale a pour objectif de proposer des stratégies en matière d'énergie sur un territoire bien identifié. Elle vise à renforcer l'utilisation optimale des ressources énergétiques locales* » et à optimiser l'organisation de la demande et des consommations. Il est bien évident qu'il ne s'agit pas ici d'alimenter en service énergétique des espaces non desservis, mais de proposer l'exploitation soutenable de ressources énergétiques, qui pour certaines sont définies par le rapport temps de renouvellement/prélèvement (Rousseaux, 2000, 18). Ramachandra (2009) propose l'expression « *Regional Integrated Energy Planning* » pour cette planification, que nous interprétons à cette étape de nos travaux par

³⁸ Planification énergétique territoriale ou planification territoriale énergétique ? La seconde proposition sera privilégiée, nous considérons en effet qu'il s'agit plus de considérer l'énergie lors de la démarche de planification territoriale que d'une seule planification des systèmes énergétiques.

l'expression « planification territoriale énergétique ». Cette dernière vise une maîtrise globale de l'énergie et repose donc sur deux axes stratégiques (Scoffoni, 2006 ; Desthieux, 2009) : d'une part une maîtrise de l'offre décentralisée à travers la valorisation des potentiels énergétiques locaux (cogénération, énergies renouvelables, etc.) et d'autre part une maîtrise de la demande d'énergie, notamment par l'exploitation de gisements d'économie d'énergie³⁹. Ainsi, la planification territoriale énergétique actuellement réalisée se concrétise par deux aspects principaux. Le premier est relatif à l'évaluation des potentiels énergétiques locaux qui implique données et informations sur l'ensemble d'un territoire. Le second aspect concerne la maîtrise de la demande d'énergie qui nécessite également le même besoin informationnel. L'utilisation rationnelle de l'énergie (URE) et la maîtrise de la demande en électricité (MDE) (Pautard, 2009) sont des exemples de ce qui constitue le premier gisement d'économie d'énergie, puisque l'énergie la moins chère et la moins polluante est celle que l'on ne produit et ne consomme pas (Belot, 2006, II.A.1.a). La planification territoriale énergétique relève aussi et plus largement d'un processus de choix (des sources énergétiques et ressources humaines, technologiques, etc.), en fonction des organisations spatiales, caractéristiques et fonctionnements territoriaux, et s'inscrit donc dans un processus d'aide à la décision territoriale (Chapitre 1.2.3.1.).

Concilier potentiels locaux et services énergétiques : une approche par usages

Si le glissement vers une plus grande considération de la demande a été évoqué précédemment, il se concrétise dans ce renouvellement de la planification, par une approche par usages. La considération des usages, ou services énergétiques consommés sont en effet la motivation de la demande énergétique (Figure 1-7).

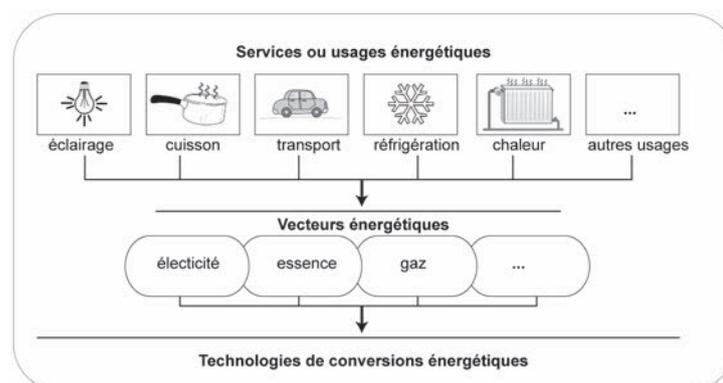


Figure 1-7 : Les usages énergétique, motivations de la demande (Beeck (Van), 2000, 10)

³⁹ Par analogie à un gisement d'énergie, il s'agit d'identifier et d'évaluer les "sources susceptibles de générer des économies d'énergie". En guise d'illustration, détecter les gisements d'économie d'énergie sous nos latitudes, revient notamment à rechercher dans les bâtiments (entreprises, résidences) les défauts d'isolation qui obligent à surconsommer du chauffage.

Le terme de service énergétique ne doit pas être confondu avec l'usage économique qui en est fait, d'offre de services. Nous souhaitons disposer d'électricité, non pas parce qu'il s'agit d'une forme noble d'énergie mais pour nous éclairer. De manière similaire, le besoin de chaleur répond à une demande de cuisson ou de chauffage. La demande et les consommations énergétiques ne sont alors plus appréhendées en terme de demande d'énergie finale (électricité, produits pétroliers, etc.) mais en terme d'usages ou services énergétiques (éclairage, cuisson, chauffage, eau chaude, déplacement, etc.), afin de pouvoir estimer les capacités en terme de ressources locales, de maîtrise de la consommation ou d'économie de transport (Ibrahim, 2007). Une forme d'énergie étant en effet plus adaptée à un type de service énergétique, il convient donc de considérer ces usages (Figure 1-8).

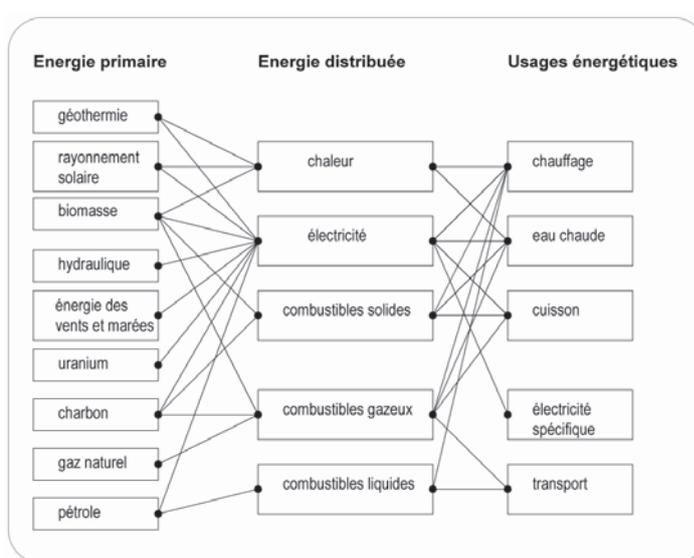


Figure 1-8 : Energie primaire⁴⁰ et usages

L'analyse est alors effectuée au plus près des consommateurs pour une mise en adéquation optimale entre vecteur énergétique et usage⁴¹, en considérant par exemples des typologies de comportements des ménages (Wallenborn, 2006 ; Nouveaux-Armateurs, 2008).

L'exploitation des ressources énergétiques locales⁴² devrait ainsi répondre aux caractéristiques territoriales, ce qui nécessite informations et connaissances sur ces dernières.

⁴⁰ Les consommations d'électricité spécifiques à cette énergie correspondent à toutes les utilisations captives de l'électricité, dans la mesure où aucun autre type d'énergie ne peut leur être substitué. En pratique, il s'agit de tous les usages autres que thermiques (chauffage, eau chaude sanitaire et de cuisson, etc.) Par abus de langage, cet usage de l'électricité est nommé électricité spécifique.

⁴¹ Ces rendements dépendent d'un nombre conséquent de paramètres (source primaires, modalités de production, transport, équipement final, etc.) rendant les généralisations délicates (Jancovici, 2004) sur le chauffage électrique).

⁴² « La chaleur est au cœur d'un curieux paradoxe : considérable et omniprésente dans le bilan énergétique français (On rappellera qu'avec 35 % de la consommation finale d'énergie, la chaleur constitue le premier

Le rôle central des collectivités territoriales : Régions, groupement de communes, et territoire de projets (agglomérations, pays, parcs)

Le niveau stratégique de la planification énergétique territoriale revient alors aux régions, département (Scoffoni, 2006), et à l'intercommunalité, - et le niveau opérationnel à l'agglomération, à la commune ou au quartier (Ouzilou, 2000 ; Souami, 2009 ; AMETER, 2006). Les collectivités territoriales deviennent de véritables acteurs de l'offre et de la demande.

En matière d'offre tout d'abord, les collectivités territoriales et leurs groupements disposent de compétences énergétiques directes, telles la distribution d'électricité et de gaz ou la gestion de réseau de chaleur. Indirectement, elles deviennent les promoteurs et prescripteurs des énergies renouvelables et ont un rôle de financements incitatifs et de sensibilisation à travers différentes structures (Agence de l'énergie et espace info-énergie chargés de conseil, d'expertise et d'assistance à maîtrise d'ouvrage) (Belot, 2006, II.A.2).

S'agissant ensuite de la demande, les collectivités orientent les consommations, ne serait-ce que par les choix d'aménagement territorial qu'elles réalisent (planification spatiale sous la forme de zonages, déplacement/stationnement, urbanisme), la gestion de leurs patrimoines⁴³ (bâtiments, éclairage public, flottes de véhicule) ou leurs approvisionnements énergétiques (réseaux, production et fiscalité). Pour ce dernier point, les communes sont en effet propriétaires de leurs réseaux de distributions d'énergie. Ceci les autorise donc à exiger de leurs concessionnaires qu'ils entreprennent des actions en direction de leurs clients pour réduire leurs factures d'énergie (promotion d'appareils de chauffage, d'électroménagers économes, et de leurs mises en veille) (Querrien, 2007, 176). Elles peuvent aussi introduire des critères énergétiques lors d'appel d'offre s'appuyant sur le Nouveau code des marchés publics (Zelem, 2007, 170).

La relation de la collectivité territoriale à l'énergie peut ainsi être définie à partir de cinq fonctions : la municipalité consommatrice d'énergie, distributrice d'énergie, productrice d'énergie, la municipalité aménageuse ou urbaniste et la municipalité incitatrice à une utilisation

postes énergétiques en France, loin devant l'électricité spécifique (11 % environ)), elle est néanmoins la grande absente des débats publics comme du cadre juridique. Cette situation résulte, pour une large part, des difficultés à appréhender avec précision la notion de chaleur, qui est un usage et non une source d'énergie, à la différence, par exemple, du gaz ou du fioul. Il est donc essentiel de faire apparaître la chaleur en tant que telle plutôt que les sources d'énergie qui la produisent. La chaleur peut être produite par tous types d'énergie (gaz, fioul, électricité, biomasse, géothermie...). En outre, « l'énergie thermique est une énergie par nature locale, décentralisée, à la différence de l'énergie électrique, qui se transporte aisément dans un réseau » (Belot, 2006).

⁴³ Ce poste est dérisoire en termes de consommations, mais important en matière de budget et surtout d'affichage et de communication (Exemple de la campagne Display). Vaché (2009, 149) questionne en ce sens l'argument marketing de collectivités éco-vertueuses.

rationnelle de l'énergie (Magnin⁴⁴, 2009). Dans ce contexte de planification énergétique territoriale, l'un des enjeux réside alors dans la transition d'une collectivité territoriale considérée de manière quasi-exclusive comme un territoire consommateur, à un territoire producteur (Vaché, 2009, 137), y compris d'économie d'énergie (Négawatts) par ces choix d'aménagement du territoire notamment. La collectivité territoriale, jusqu'alors réceptacle de la planification, devient organisatrice de la maîtrise de l'énergie, dont l'objectif est de tendre vers une plus grande autonomie énergétique.

La responsabilisation des collectivités territoriales en matière de planification énergétique les conduit à préserver ou améliorer leur degré d'autonomie et à de ce fait contrôler leur vulnérabilité énergétique (Percebois, 2006 ; IEPF, 2007, 28 ; Bouchon, 2006). Il s'agit d'une gestion globale du risque au regard d'une multitude de facteurs relatifs tant aux quantités d'énergie nécessaires à la satisfaction des besoins qu'à des variations de prix ou de disponibilité, et ce, en considérant des échelles spatiales ou temporelles multiples. Dans une conception idéale, un territoire serait autonome sur le plan énergétique quand la demande en énergie est satisfaite par la production d'énergie issue des ressources de ce territoire. Mais l'autonomie n'est pas synonyme d'indépendance, d'autarcie ou d'autosuffisance (CIPRA, 2010 ; Souami, 2009) : un territoire peut exercer son autonomie par le biais d'échanges commerciaux pour satisfaire certains besoins. Un niveau d'autonomie peut ainsi être évalué par le rapport considérant la production (émanant de sources de ce territoire) et la consommation (de ce même territoire) (Frisch, 1989, 94). Il est ainsi permis d'évaluer globalement les politiques de maîtrise de l'énergie et de valorisation des potentiels de ce territoire, enjeux de la planification énergétique territoriale. Cet idéal d'autonomie comblerait ainsi les besoins d'un territoire en énergie en utilisant de manière optimale les ressources disponibles sur celui-ci notamment en regard de coût environnementaux et économiques. Si la notion d'indépendance énergétique présente des similitudes et peut être dans certain cas synonyme, elle est néanmoins évaluée à partir de l'ensemble des quantités d'énergie stockées (y compris fossiles) et peut se mesurer sous la forme d'un taux (IFEN, 2003, 128) ou d'une durée (jours, mois...) par rapport à une hypothétique rupture d'approvisionnement.

Les collectivités sont et seront amenées à jouer un rôle de plus en plus prégnant en matière de planification et gestion énergétique (CRE, 2012 ; RAC, 2013).

⁴⁴ Gérard Magnin a été délégué régional de l'ADEME et est en 2014, délégué général d'Energy-Cities, association européenne de villes en transition énergétique.

2.2. Les enjeux d'une convergence non aboutie : limites et paradigmes⁴⁵ ?

Des évolutions majeures ont été constatées dans les modalités d'exécution des planifications énergétique et territoriale. Mais les conditions de leur convergence restent soumises à l'adoption de paradigmes communs de la part des experts de chacune de ces spécialités, aboutissant à des politiques nécessairement transversales. Cependant, la planification territoriale énergétique se heurte à des approches sectorielles et logiques divergentes voire incompatibles, imputable à la multitude et à la diversité des acteurs impliqués.

2.2.1. Des approches sectorielles

L'énergie, sans doute plus encore que le territoire, est caractérisée par des approches et modalités de gestions sectorielles, dénoncées par plusieurs auteurs (Magnin, 2006 ; ETD, 2006, 6). « *C'est aussi l'une des leçons du passé de montrer que la politique énergétique doit être fondée sur des choix majeurs structurants et ne peut se réduire à un axe, une filière ou une taxe : il faut la combinaison de mesures de natures complètement différentes pour faire émerger sur la durée une amélioration de notre situation [...]* » (Syrota, 2007,10). Cette segmentation s'observe selon Calame (2001) sur trois plans. Le premier est constitué par des niveaux de gouvernance distincts. Ainsi, l'Etat, les régions, les agglomérations, ont chacun leurs compétences et modalités d'intervention. Le second plan identifie une séparation des domaines de la gestion locale. L'habitat, les transports, l'eau, l'agriculture ou le développement économique et commercial sont traités chacun de façon isolée. Chaque responsable politique et administratif cultive son domaine de compétence et entre peu en relation avec d'autres thématiques. Le troisième plan distingue une segmentation entre la gestion publique et le reste de la société. Responsable de l'intérêt général, la gestion publique agit souvent en imposant des normes et des règles, sans capacité de dialogue et de partenariat avec le reste de la société. La lisibilité de l'action publique, impose-t-elle ces modalités d'interventions compartimentées et sectorielles ? Quels pourraient-être les facteurs susceptibles d'expliquer la prégnance de ces plans de segmentation et entrées sectorielles ? Si les compétences et moyens dont disposent les acteurs des planifications énergétique et territoriale sont contestables, il semble non seulement

⁴⁵ Dans un contexte appliqué, nous recourons à la définition de paradigme proposée par Hall -Peter (1993, 279) "[...] policymakers customarily work within a framework of ideas and standards that specify not only the goals of policy and the kind of instrument that can be used to attain them, but also the very nature of the problem they are meant to be addressing". Proposition de traduction : « les décideurs travaillent habituellement avec un ensemble d'idées et de références qui spécifie, non seulement les objectifs de la politique menée et le type d'instruments utilisés pour les atteindre, mais également la nature même du problème traité ».

que des questions organisationnelles influencent ces approches sectorielles mais qu'il reste aussi quelques référentiels difficilement compatibles.

Des approches sectorielles liées aux compétences et moyens

M.-C. Zélem s'est intéressée au traitement réservé aux problématiques énergétiques dans les petites collectivités. Plus largement, elle affirme que de nombreux élus considèrent les questions environnementales comme importantes mais non prioritaires. Si les objectifs du « développement durable » semblent peu concrets et les outils mal connus, « *l'environnement apparaît comme une question transversale, à traiter secteur par secteur, sans que le besoin de concevoir une politique plus intégrée ne se fasse sentir* ». Les problématiques énergétiques sont ainsi réduites à des questions fonctionnelles, perçues sous l'angle du chauffage, de l'éclairage public, principalement associées à des défaillances techniques, et de la maintenance (Zélem, 2007, 177). Plus largement, un certain nombre de facteurs de blocage limitent la mise en place de projets en lien avec l'énergie, parmi lesquels un manque d'informations et de données (ne serait-ce que les détails des dépenses énergétiques vécues comme nécessaires, et qui sont donc peu discutées). D'autres facteurs sont cités, et plus globalement l'incompréhension des enjeux en matière d'économie d'énergie, considérés comme relevant de la responsabilité de l'État. La question des moyens, intellectuels et économiques, tout comme celle des modalités d'action et du niveau d'exigence environnementale dont disposent les élus pour réaliser ce travail peut être soulevée. Ces derniers ne possèdent ni les données détaillées, ni les compétences et savoir-faire nécessitant des apprentissages, et encore moins les référentiels pour mener de telles politiques. Au contraire, d'autres auteurs avancent la spécialisation comme frein à une vision globale « *Peut-on simultanément faire du développement durable une injonction à maîtriser les contradictions entre développement économique, solidarité et protection des ressources, et spécialiser les collectivités sur l'un ou l'autre de ces champs de compétence ?* » (Behar, 2009). D'autres facteurs peuvent potentiellement expliquer ces approches partielles, il s'agit de limites organisationnelles.

Des approches sectorielles liées à des limites structurelles et organisationnelles

Dans un contexte d'étude plus général de l'action publique, Bertrand (2004, 105) constate que les institutions de niveaux supérieurs (nationales et supranationales), centralisées et divisées par domaines d'intervention, adoptent un comportement en contradiction avec le discours qu'elles tiennent par ailleurs sur le « développement durable ». Ces institutions ne déclinent leurs actions que selon leurs attributions sectorielles.

Les collectivités territoriales aujourd'hui largement aménageuses devraient ainsi composer avec deux principaux obstacles. Bien que très récemment en cours d'évolution, le mode d'organisation des collectivités est en effet principalement calqué sur celui de l'Etat, et la segmentation des problématiques est donc encore largement dominante. De plus, les collectivités sont organisées avec des compétences et des légitimités limitées, notamment par l'inadéquation entre territoires fonctionnels et institutionnels. Les problématiques énergétiques se trouve ainsi fractionnée par des questionnements relatifs à un espace - tel la ville ou le milieu rural-, un secteur, - celui des transports ou du résidentiel-, des thèmes et entrée spécifiques comme des aspects de subventions, de communication, d'étude d'impact-, ceci dans un contexte de transfert de compétences vers des échelles locales.

Si certains facteurs explicatifs des entrées sectorielles auxquelles se heurte la planification énergétique territoriale peuvent être recherchés dans les moyens, compétences et effets organisationnels, il n'en demeure pas moins que certains paradigmes fondateurs de la planification énergétique et territoriale semblent inconciliables.

Approche fluxiale vs. gestion de l'espace, des référentiels incompatibles pour une perspective d'aménagement ?

Les limites de la réduction de la planification énergétique à une question de gestion de flux ont été évoquées. Pourtant, la planification énergétique est encore aujourd'hui largement réduite à des questions de flux. Les modalités d'application de la planification territoriale s'ancrent dans les usages du sol. Souami (2009) affirme ainsi l'existence d'une distorsion dans les modes d'appréhension des territoires. Il identifie deux espaces de références distincts : l'action territoriale fondée sur les affectations et usages du sol (planification spatiale), et la conception purement énergétique où circulent des flux (matérialisés par des réseaux) dont les origines et destinations importent moins que leurs ordres de grandeurs et leur bilan. La planification territoriale énergétique tente de spatialiser ces flux sur les territoires (consommation annuelle/habitant/an/m²). Mais l'exercice s'avère périlleux notamment pour des questions d'enchevêtrement d'échelles : une consommation autoroutière, industrielle ou la production d'un barrage alpin, ne se rapportent pas à un territoire administratif particulier. Si rattacher la consommation énergétique d'une raffinerie à un territoire communal n'a que peu de sens, les impacts, par exemple en matière d'émissions de polluants sont bien locaux. L'approche technique énergétique ne se rapporte pas nécessairement aux unités spatiales qui font sens pour l'aménagement. Ainsi la conciliation entre gestion de l'usage du sol reposant sur des zonages, et une gestion de processus énergétique de type flux semble délicate.

Ces questions, liées à la concurrence de référentiels, traduisent notamment les difficultés d'organiser un travail commun, émanant de la pluralité d'acteurs et de niveaux de décisions impliqués.

2.2.2. Organiser la gouvernance : la difficulté d'un travail commun dans un cadre de « développement durable »

Quatre niveaux institutionnels de gouvernance ont été distingués dans l'action de planification énergétique territoriale (niveau mondial, européen, national et des collectivités territoriales). Mais « *l'ampleur des efforts nécessaires pour répondre aux défis énergétiques nécessite une mobilisation sociale qui ne pourra pas être obtenue par la simple décision politique des pouvoirs publics* » (Syrota, 2007, 16). En effet, les questions énergétiques, jusqu'alors réservées à des spécialistes, vont être appropriées par des acteurs « non-énergétiques ». Ainsi, l'approche exclusive par secteurs de consommation (habitat, transports, industrie, etc.) va être complétée par une « approche acteur » : « *un ravaleur de façade qui pratique l'isolation, l'urbaniste, le particulier-producteur, l'association de cyclistes, etc.* », chacun, par son comportement, va voir sa nécessaire implication reconnue en matière énergétique (Magnin, 2007).

Ainsi, Mérenne-Schoumaker (2007, 167), Bouvier (2005, 238) ou Vaché (2009) rappellent la diversité des acteurs énergétiques territoriaux. Bouvier (2005, 440) en distingue trois sous-ensembles, aux objectifs, méthodes, temporalités de planification ou niveaux d'actions distincts (élus et collectivités, entreprises et administration d'Etat, société civile). La planification énergétique territoriale se heurte ainsi pour Pautard (in Querrien, 2007, 126), à cette multitude et diversité d'acteurs, et de niveaux de décisions. Il souligne le « *caractère pléistocratique* » de ces politiques, c'est-à-dire du trop grand nombre de parties prenantes, et les risques d'immobilisme qui en découlent.

Le défi posé à la planification énergétique territoriale vise alors l'organisation d'une cohérence entre ces acteurs dans les modalités de planification et de gestion simultanée de l'énergie et du territoire. Le caractère intégrateur et transversal de la notion de « développement durable », et notamment son volet politique de gouvernance, semble être le cadre idéologique considéré comme adapté pour appréhender le contexte multi-acteurs de la planification énergétique territoriale. Notons tout d'abord une difficulté quant à sa caractérisation : le développement durable se compose en effet d'un ensemble de principes et d'une idéologie (Hart, 2002), et peut sans doute en ce sens être qualifié de paradigme ou de notion sur lequel nous ne pouvons faire l'économie, *a minima*, d'un aperçu.

Le paradigme du « développement durable » se réclame d'une approche théorique intégrée et holistique du développement et de l'aménagement, faisant interagir des dimensions

économiques, sociales et écologiques souvent antagoniques (Cunha (Da), 2003, 2005). Si le « développement durable » se « *distingue par une capacité tout à fait remarquable à poser et surtout à lier ensemble plusieurs questions centrales auxquelles nos sociétés sont confrontées* », Theys (2002) insiste également sur le rôle dévolu au territoire comme ancrage pour une mise en œuvre concrète de ses principes.

Le « développement durable » a fait l'objet d'une production littéraire pléthorique⁴⁶ dont nous ne relevons ici que quelques dissonances. Bertrand (2004) a pu identifier les motivations et enjeux du paradigme de « développement durable » dans un contexte spécifique de planification. Il se questionne en revanche sur le sens de ces nouveaux vocables, pour lesquels l'imprécision des termes interroge le contenu effectif accordé à ces « *sémantiques institutionnelles* » dans l'action au cœur des territoires. Si le « développement durable » souligne de grandes préoccupations actuelles, ce nouveau cadre semble avant tout fonctionner comme un « *mythe mobilisateur* » (Bertrand, 2004, 161). Dans une perspective similaire, Levy (2003) considère que « *loin d'être la notion scientifique que certains voudraient y voir, le développement durable s'avère [être] avant tout un ensemble de représentations qui structure le débat politique contemporain* », des pays développés. Clément (2004) ou Theys (2002) relèvent l'intérêt d'un concept non scientifique mais à forte consonance géographique, dans le sens où le paradigme de « développement durable » prend naturellement sa place dans l'évolution des recherches sur le rapport entre l'homme et son milieu. Pour les géographes, la faiblesse de cette définition découle de l'absence de réelles réflexions sur le temps et sur l'espace. Toutefois, cette définition permet d'aborder de manière différente les rapports entre les sociétés et l'environnement. Le « développement durable » est ainsi considéré par Dufourt (2004, 107) « *comme architecture de programme scientifique et comme trame de politiques publiques [...] En fait, peut-être, contre l'esprit même de l'utopie, comme renoncement au politique et à un authentique espace public au profit d'une pratique expertale des besoins* ». L'intronisation du « développement durable » justifie le recours aux démarches scientifiques et pousserait à rénover l'art de gouverner en questionnant les rapports entre décideurs, acteurs et experts. Ces derniers seraient susceptibles d'être considérés comme garants d'une décision objective, rappel évident au mythe d'une science exacte maîtrisant la gestion du risque et de l'incertitude (Kramar, 2005, 46).

Volet politique du « développement durable » au sens d'organisation de la vie commune, la gouvernance constituerait une refonte de l'art de gouverner (Rumpala, 2008).

⁴⁶ Dans une perspective principalement géographique, le lecteur souhaitant approfondir la notion se reportera aux synthèses élaborées par Marchand, 2010, Chap. 1 ou Boutaud, 2005 et enfin à la bibliographie « Le développement durable, approches géographiques » proposée par de l'Ecole Normale Supérieure <http://geoconfluences.ens-lsh.fr/doc/transv/devdur/devdurress.htm>.

Organiser la gouvernance

La problématique du passage d'une structure hiérarchique d'exercice du pouvoir avec un acteur central dominant à une structure de type réseau, contraint la planification. Dans ce nouveau contexte de complexification de la planification (Joliveau, 2004, 321), dépourvue de « grand horloger », l'action publique est aujourd'hui fragmentée par le nombre des intervenants. Or « lorsqu'il s'agit d'évoquer les mécanismes de décision ou les modes de régulation dans des environnements complexes », la référence à la notion de gouvernance devient incontournable (Haddad, 2008, 134). Il s'agit pour Herbaux (2007a, 103) de « l'organisation d'un nouveau mode de concertation entre la collectivité (élus et services) et ses membres (citoyens, associations, groupes...). La gouvernance vise à répondre aux exigences de transparence, de démocratie et de participation du développement durable ». Si le terme de gouvernance était synonyme de « bon gouvernement » et de l'action de gouverner dans le domaine économique au XVIII^{ème} siècle (Hermet, 2005, 24), elle désigne aujourd'hui les systèmes de coordination d'acteurs publics et privés qui ont pour finalité de rendre l'action publique plus efficace. Cinq principes peuvent être retenus pour sa mise en œuvre : participation des acteurs, stratégie d'amélioration continue, transversalité de la démarche, organisation du processus décisionnel et évaluation (PUCA, 2006, 52). La gouvernance se définit selon son échelle d'application (gouvernance d'entreprise : « corporate governance », politiques de régulation ou de développement mondiale, gouvernance territoriale, etc.). L'enjeu est alors d'organiser des processus et dispositifs explicites ou non-dits (discours, participation, lois et décisions réglementaires, énoncés scientifiques, processus d'apprentissages ou propositions philosophiques et morales) (Coudel, 2009, 8), et ce, à tous niveaux décisionnels par le biais de différents de mécanismes (consensus, arbitrage, contrats) (Thuillier, 2002, 5). Ces derniers, impliquant des capacités cognitives, politiques, sociales et scientifiques, nécessitent un apprentissage, un partage d'informations et de connaissances, puisque chaque acteur est porteur de représentations particulières⁴⁷.

Une gouvernance territoriale renouvelée

La gouvernance territoriale renverrait ainsi à l'exercice du pouvoir et la recherche de consensus entre différents types d'acteurs intervenants sur un territoire. Elle conduirait à dépasser les approches a-spatiales, à intégrer une multiplicité d'acteurs et à considérer les articulations entre niveaux décisionnels (Rey-Valette, 2012). Les qualificatifs accolés au terme de gouvernance illustrent cette volonté, qu'il s'agisse de gouvernance locale, urbaine, territoriale, mondiale ou

⁴⁷ « Créations sociales ou individuelles de schémas pertinents du réel » (Bailly, 2004, 372).

multi-niveaux. Ils tentent en effet d'effacer la considération d'espaces donnés *a priori*, réceptacles d'une planification a-territoriale (Baron, 2003, 345).

La gouvernance territoriale marque ainsi un changement qui se veut fondamental par ses dispositifs (Lardon, 2008), d'une part dans la nature des relations et mode de coordination entre collectivités et partenaires (Casteigts, 2003, 7) et d'autre part par la considération du système dynamique organisé que sont les territoires (Leloup, 2005, 326). Ces derniers ne correspondent plus à un niveau administratif neutre sur lesquels les politiques s'appliqueraient par une bonne subsidiarité, selon une démarche hiérarchique descendante. Le territoire tend à ne plus être seulement défini en référence à un périmètre administratif ou tel un fragment d'un système productif. Il amplifie désormais une dimension de réseau (physiques, d'information ou humains, formels ou non), de stratégies et d'interdépendance entre partenaires menant à un construit commun.

Ainsi, en matière de planification énergétique territoriale, des formes concrètes de gouvernance apparaissent, notamment à travers la création et l'organisation de réseaux d'acteurs thématiquement spécialisés (Réseau Villes et Aménagements Durables, Association pour les Pratiques du Développement Durable, Réseau info-énergie Rhône Alpes, SuisseEnergie pour les communes, Cité de l'énergie®, european energy award®, Climate alliance C40 Eurocities, etc.) (IEPF, 2010, 32 ; Vaché, 2009, 94). Deneuil (2008, 126) propose une lecture très critique du concept de gouvernance en tant qu'outil idéologique privilégiant des intérêts sectoriels. Loinger (2004, 160) quant à lui, considère plus largement les politiques de projet de territoire comme des synthèses anti-sectorielles, génératrices de gouvernance. Bien que questionnée par certains auteurs (Farinos-Dasi, 2009 ; Durance, 2008, 28 ; Peribois, 2008, 22), la dimension participative obligatoirement contenue dans certains documents de planification territoriale en lien avec les problématiques énergétiques (Agenda 21 locaux, Plan Climat Energie Territorial, etc), concrétise ces nouvelles modalités de prises de décisions. Boutaud (2005, 111) démontre que participation et décentralisation n'ont pour l'instant rien changé au fonctionnalisme (taylorisme territorial) en cours dans la dimension spatiale de la planification territoriale. La difficulté d'organiser une cohérence multi-acteurs et multi-échelle reste entière. Bien que de peu d'utilité, la naissance et le succès de la notion de gouvernance n'en sont-elles pas le reflet ?

La planification territoriale énergétique, vise l'organisation du territoire sous contrainte énergétique, conciliant potentiels et usages énergétiques. Si les planifications énergétique et territoriale semblent ainsi se rapprocher, quelques enjeux limitant l'aboutissement de cette convergence demeurent. Ainsi, la persistance de référentiels, entretenue par des approches sectorielles, semble en partie imputable à des facteurs structurels et organisationnels. Le modèle

de développement initié à travers le paradigme du « développement durable », par son aspect théoriquement intégrateur, dessine de nouvelles pistes en cours de concrétisation. Le volet politique de ce paradigme, à savoir la gouvernance territoriale, entend répondre à ces évolutions organisationnelles en intégrant des dimensions économiques et sociales, formelles ou non. Ces aspects politiques de gouvernance ne doivent pas occulter l'un des autres enjeux et pré-requis de la planification territoriale énergétique : construire des représentations communes sur la base d'informations et de connaissances des territoires.

La planification territoriale a tout d'abord été menée sous sa forme d'aménagement du territoire, c'est à dire une volonté étatique d'un développement national équilibré, et ceci dans un contexte d'abondance énergétique. Née après la seconde guerre mondiale, et face aux besoins de reconstruction, la planification énergétique s'est quant à elle historiquement construite de façon verticale : cette centralisation et la spécialisation des gestionnaires ont conduit à ne considérer qu'une planification énergétique centrée sur l'offre.

Une analyse rétrospective permet d'illustrer d'importantes similitudes quant à certaines caractéristiques d'évolutions de ces deux planifications. Ces évolutions sont en effet relatives d'une part au contexte de décentralisation qui a pour corollaire une complexification des jeux d'acteurs, d'autre part au contexte de prise en considération des préoccupations environnementales, et enfin au contexte de mise en concurrence des territoires comme des marchés de l'énergie. Les cartes sont aujourd'hui redistribuées. Bien qu'encore balbutiante et reposant sur des paradigmes différents, l'intégration des planifications des territoires et de l'énergie semble amorcée. Les territoires d'application émergents sont les collectivités territoriales, -parmi lesquelles, agglomérations et intercommunalités-, en lien direct avec les structures européennes, occupent une place privilégiée. L'organisation d'une gouvernance territoriale autour des enjeux énergétiques apparaît alors comme l'un des enjeux majeurs. Cette convergence des planifications territoriale et énergétique pousse à identifier les instruments et moyens de leur concrétisation respective.

2.3. Les instruments d'objectifs et d'actions de la planification territoriale énergétique

Les planifications énergétique et territoriale peuvent être considérées comme un processus de décision. Si les contextes et paradigmes respectifs de ces planifications évoluent, elles se trouvent concrétisées par différents instruments techniques et intellectuelles qu'il convient d'évoquer sous l'angle de leur hybridation. Il s'agit en ce sens d'examiner le niveau de prise en considération des problématiques et défis énergétiques dans la planification territoriale.

2.3.1. Le processus de planification territoriale énergétique comme processus de décision

La planification territoriale énergétique s'inscrit dans une logique complexe où interfèrent les exigences de connaissance - des fonctionnements territoriaux, des cadres institutionnels sous la forme de différents échelons (Collectivités, Etat, Europe), des enjeux environnementaux, etc. Cette planification peut être entendue comme une activité itérative autorisant, par une succession de décisions, d'anticiper et d'agir sur le système énergétique territorial, en considérant quatre phases successives de préparation-orientation, d'analyse détaillée, de priorité et de décision, et de mise en œuvre et évaluation (Figure 1-9). Selon Moigne ((Le), 1999), « *La décision est conception, [... elle...] est un processus cognitif d'identification-formulation de problème qui peut se représenter par un processus de décision : la compréhension projective d'une situation.* ».

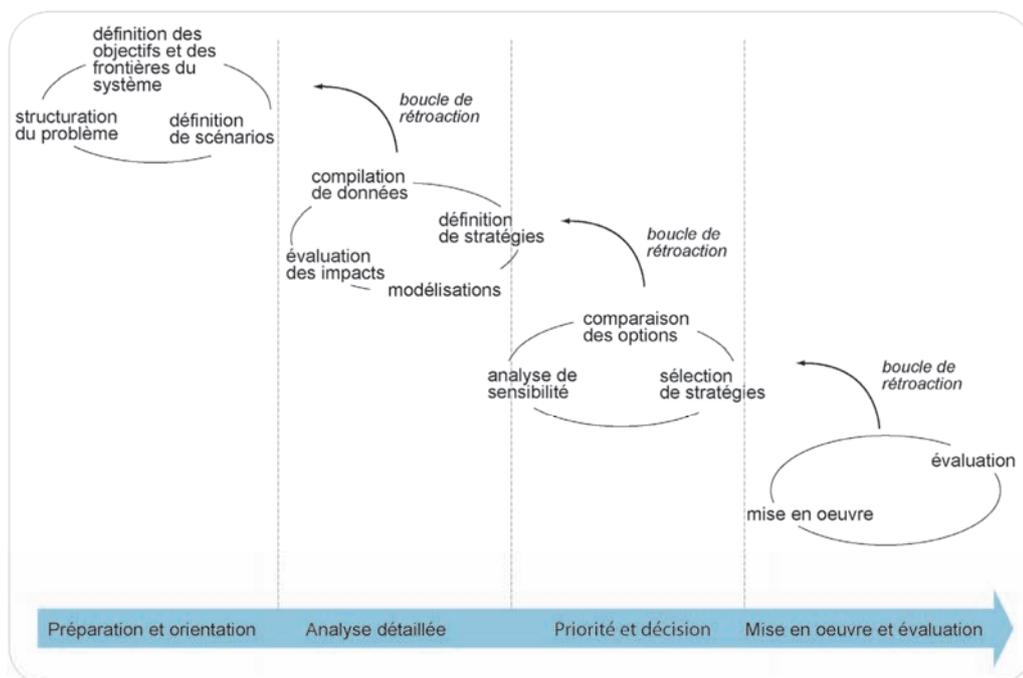


Figure 1-9 : La planification territoriale énergétique, un processus de décision reposant sur des bases génériques (Mirakyan in Imbert, 2012)

Joerin (2006) propose également une généralisation du processus de décision territoriale et lors de l'identification des principales phases, y associe différents outils (Figure 1-10).

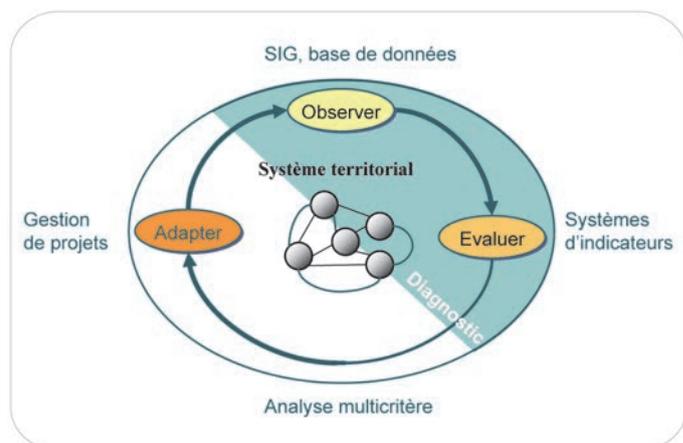


Figure 1-10 : Les différents outils susceptibles d'être mobilisés au cours du processus cyclique de décision territoriale (Joerin, 2006)

Le processus de décision nécessite en amont des outils de connaissances, d'analyse et de prospective concrétisés sous la forme de base de données, de modèles de simulation, et d'Observatoires (détaillés en Chapitre 3), et en aval, des outils d'objectifs, d'évaluation et de gouvernance, c'est-à-dire d'organisation de l'action entre différents acteurs.

2.3.2. L'intégration progressive de l'énergie dans les outils de planification territoriale

Les approches sectorielles mentionnées se voient progressivement intégrées par une territorialisation des politiques publiques, notamment par le biais des différents instruments d'objectifs, d'évaluation et de gouvernance, intégrateurs de planification. Ainsi, de nombreux dispositifs ont émergé au gré des productions législatives, pour intégrer les questions énergétiques. Bien que le corpus législatif à l'origine des outils de planification territoriale se soit récemment densifié (Figure 1-6 p.48), et qu'il fasse actuellement l'objet d'évolutions majeures en lien avec le Grenelle Environnement, quelques traits caractéristiques sont cependant perceptibles. Il ne s'agit pas de lister de façon exhaustive l'ensemble des dispositifs de planification territoriale (CERTU, 2008, 32 ; NEWRUR, 2004), mais bien d'identifier la place allouée aux dimensions énergétiques, en centrant l'analyse sur les échelles d'application propres aux collectivités territoriales.

Les documents d'urbanisme et l'énergie : Scot, Plu

Les documents d'urbanisme à échelles infra-régionales, - soit les schémas de cohérence territoriale (Scot) concernant un groupement de communes, les plans locaux d'urbanisme (Plu) principalement applicables à échelle communal, et les cartes communales,- définissent les règles

de planification territoriale. Or les interactions entre documents d'urbanisme et énergie sont nombreuses (CERTU, 2011).

Se substituant au Sdau (Schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme), le Scot (Schéma de Cohérence Territoriale), document réglementaire d'urbanisme et de planification stratégique défini par les lois SRU (Solidarité, Renouvellement Urbains du 13 déc. 2000), permet aux communes et communautés d'un même territoire (en général un bassin d'activités et d'emploi) de mettre en cohérence les politiques publiques des diverses collectivités dans les domaines de l'aménagement (urbanisme, habitat, économie, agriculture, transports, paysage, etc.). Chacun de ces choix laisse présager les répercussions et enjeux potentiels qu'ils impliquent en matière énergétique⁴⁸. Cependant, ETD (2009) précise que « *le code de l'urbanisme, dans ces articles consacrés au Scot ne contient aucune référence directe à la prise en compte des enjeux énergétiques, ni dans les informations attendues dans le diagnostic ou l'évaluation environnementale, ni dans les conditions que les documents d'urbanisme doivent préciser pour répondre aux objectifs de développement durable* ».

Le rôle du Plu est tout aussi essentiel en matière de planification spatiale, dans la mesure où, par le zonage, il réglemente aussi bien les lieux d'implantation possibles des constructions, que les caractéristiques auxquelles ces dernières doivent se conformer. Or si le secteur du bâtiment au sens large représente l'un des plus importants consommateurs d'énergie, avec 44% des consommations finales et près de 23% des émissions de CO₂, il représente également le secteur présentant les plus conséquents gisements potentiels d'économies d'énergie (MEEDM, 2009). Mais au-delà de la performance énergétique des bâtiments eux-mêmes, pour laquelle des labels existent (Vaché, 2009, 141), ce sont aussi les questions de formes urbaines et plus généralement des localisations qui sont concernées. Dans une étude détaillée des rapports Plu-énergie, Brouant (2007, F1/2) rapporte que le thème de l'énergie n'apparaît manifestement pas comme une priorité au sein du code de l'urbanisme avant la loi du 13 juillet 2005. Cette dernière insère tout de même deux dispositions relatives à la performance énergétique et à la promotion des énergies renouvelables dans l'habitat. Cependant, « *la promotion des énergies renouvelables et des économies d'énergie ne peut reposer, à travers le Plu, que sur un dispositif incitatif* »⁴⁹. Quelques rares Plu ébauchent une démarche énergétique contraignante, interdisant par exemple

⁴⁸ Il s'agit là d'une difficulté majeure quant à la délimitation des périmètres d'intervention et donc de la définition de la planification énergétique territoriale, qui concerne finalement l'ensemble des actions anthropiques.

⁴⁹ S. Avril, Ingénieur à l'Aduhme (2010) précise que l'article 19 de la loi du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement rend obligatoires les orientations d'aménagement, opposables aux autorisations d'occupation du sol. Ces orientations peuvent par exemple stipuler des sens d'orientation des faitages des constructions, ou d'autres obligations par quartiers ou secteurs, ne les rendant ainsi pas systématique à l'échelle d'un Plu.

dans l'article 1 du règlement de celui du GrandPoitier (2011) « *l'interdiction de toute nouvelle construction comportant des logements, dont l'efficacité énergétique serait inférieure à la norme BBC (Bâtiment basse consommation) de 50 kWhEP/m².an* ».

Ainsi, ni le Scot, considéré comme le pivot du système français de planification (Desjardin, 2007, 17), ni le Plu, n'intègrent de manière directe et contraignante l'énergie. Cependant, l'article fondateur du code de l'urbanisme mentionne explicitement depuis mai 2011 (Grenelle2) la prise en compte des enjeux énergétiques dans les documents d'urbanisme⁵⁰. Cet article s'imposera à toute la chaîne des documents d'urbanisme qui devraient peu à peu intégrer ces enjeux⁵¹.

Les dispositifs de planification territoriaux et d'organisation de la gouvernance territoriale : quelle place pour l'énergie⁵² ?

Qu'ils relèvent de logiques volontaires ou réglementaires, d'autres dispositifs de planification territoriale intégrant les enjeux énergétiques, ont fait leurs apparitions au cours de cette décennie (AMETER, 2006, 58). Principalement orientés sur une thématique particulière, ils peuvent éventuellement emprunter une approche globale. Ainsi, les contrats d'objectifs territoriaux (COT) (ETD, 2008) remplacent les contrats (ATEnEE) d'Action territoriales pour l'environnement et l'efficacité énergétique à partir de 2007, et les gestions intégrées proposées par les Chartes pour l'environnement et autres « Agenda 21 Locaux » (Thuillier, 2002 ; IEPF, 2010, 105) sont tous contractualisés sous une forme temporairement optionnelle. Intégrateur, ils relèvent d'une approche globale. D'autres dispositifs relèvent quant à eux d'un caractère obligatoire et se doivent d'intégrer une dimension énergétique au regard d'une thématique et/ou d'une échelle donnée. Il s'agit par exemple à échelle régionale des Plans Régionaux de la Qualité de l'Air (PRQA) (Vaché, 2009, 110), des Schémas de Service Collectif de l'Energie (Desjardin, 2007, 44) et Plan de Protections de l'Atmosphère, en cours d'intégration dans les Schéma Régionaux Climat Air Energie (SRCAE) (CERTU, 2011). A l'échelle de l'agglomération, les Plans de Déplacements Urbains (PDU), ceux relatifs à l'habitat (PLH), les Plans Climat Territoriaux (PCT) (ADEME, 2009 ; RAC, 2011), ou les Approche et Analyse Environnementale de l'Urbanisme, intègrent directement une dimension énergétique,

⁵⁰ Art. L. 121.1.Livre 1 Titre 2 Chap.1 Sect.1 Poit 3 du code de l'urbanisme sur <http://www.legifrance.gouv.fr>.

⁵¹ Il est à noter qu'en matière d'urbanisme, notamment, la thématique énergétique s'inscrit dans un contexte d'inflation législative galopante et donc changeant, justification du caractère très superficielle de cette analyse.

⁵² Chanard (2011) propose une revue des instruments de régulation à disposition des collectivités.

notamment par leurs objectifs de réduction des consommations. La mise en cohérence et l'articulation de ces différents outils reste un enjeu d'actualité (Figure 1-11).

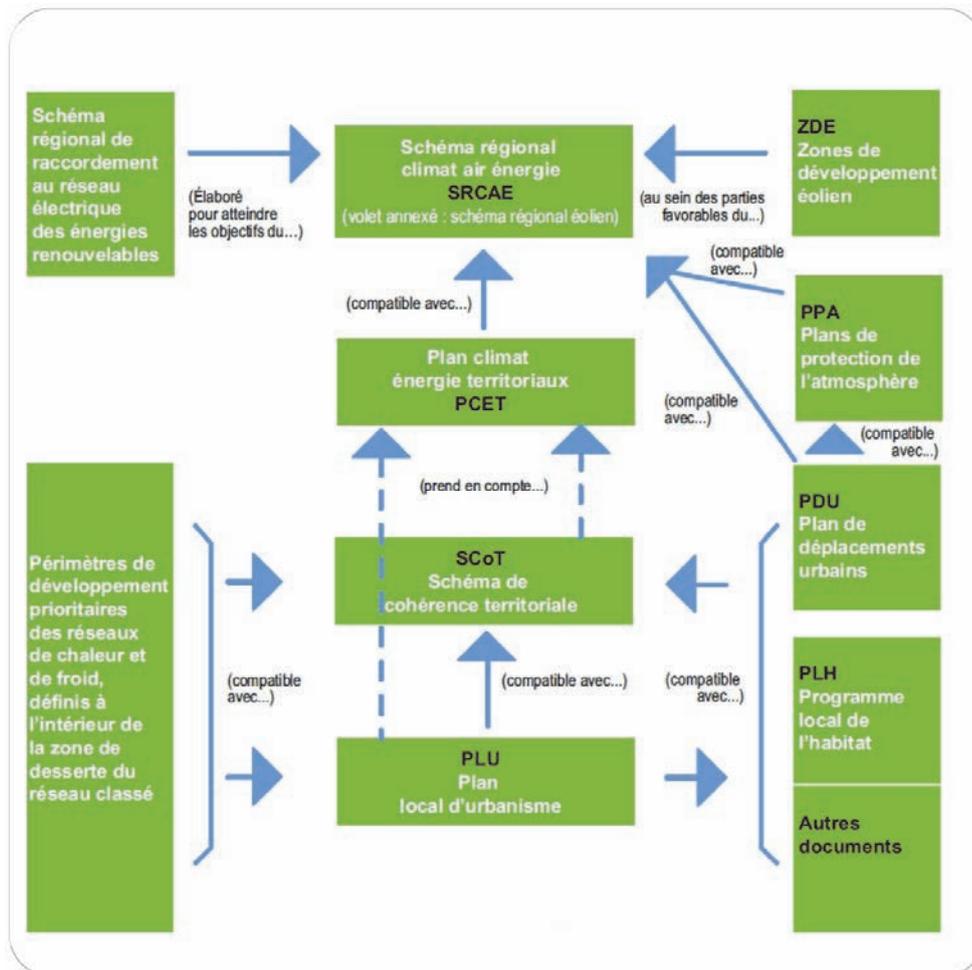


Figure 1-11 : Les dispositifs de planification opérationnelle territoire-énergie (CERTU, 2011)

De part leur nécessaire transversalité, l'ensemble de ces dispositifs présente une caractéristique similaire en terme d'organisation de la gouvernance territoriale, dans la mesure où ils reposent largement sur des concertations préalables, citoyennes incluses. Cette rapide énumération démontre l'hybridation récente et croissante des problématiques de planifications énergétique et territoriale.

Conclusion de chapitre 1 - Planifications territoriale et énergétique, l'heure du rendez-vous ?

Bien qu'en pleine évolution, il n'existe pas ou peu d'approche holistique des liens territoire-énergie. Le constat d'évolutions similaires et conjointes de la planification territoriale et de la planification énergétique dans un contexte de décentralisation et de considérations des enjeux environnementaux a été dressé. Ces deux planifications démontrent finalement quelques

prémises d'intégration. Elles tendent à délaisser une planification « technocratique » pour une planification synonyme de coordination, de concertation, en changeant d'échelle de réflexion et en accordant une place prépondérante aux collectivités territoriales. Il s'agit de nouveaux modes d'action publiques qui complexifient les problématiques d'aménagement par l'ensemble des dimensions à intégrer.

La planification énergétique reste cependant essentiellement réalisée à l'échelle nationale ou européenne, et/ou sur des « territoires hors sol », conçus indépendamment de leurs ressources, de leurs spécificités et environnement immédiat. Si la planification énergétique se focalise uniquement sur l'offre, sans considérer d'aspects territoriaux, la planification territoriale, quant à elle, prend de plus en plus en considération les enjeux énergétiques dans ses documents opérationnels. Les questionnements et perspectives sont en décalage. Pourtant, malgré ce constat apparent de déconnexion, un glissement progressif d'approches peut être constaté : la demande énergétique, largement dépendante de contextes locaux, est l'objet d'un intérêt croissant, et l'offre se trouve complétée par une production décentralisée. La vision étatique se dilue dans une gouvernance partagée multipliant les échelles de décision, acteurs et objectifs de planification.

Mais énergie et territoire sont intimement liés, l'organisation et les modes de fonctionnement territoriaux sont par essence consommateur d'énergie. Si cette interdépendance des processus territoriaux et énergétiques n'est pas considérée par le filtre institutionnel classique, elle incite à proposer d'autres outils et méthodes d'appréhension des liens énergie-territoire pour ébaucher une approche territoriale de l'énergie.

Chapitre 2. Territorialiser l'énergie aux échelles infrarégionales, une nécessité

« L'ensemble des acteurs publics et de nombreux acteurs privés [...] se réorganisent pour être en mesure d'optimiser des filières sectorielles sous l'angle de leur durabilité ou pour aborder des questions à la jonction entre des systèmes gérés jusqu'à présent de façon cloisonnée (ex: agriculture, urbanisme, infrastructures de transport, biodiversité, etc.). Mais pour le moment, les tentatives de gestion intégrée portent davantage sur des efforts d'intégration d'outils sectoriels que sur une approche en amont visant à développer de nouveaux cadres de compréhension, d'analyse stratégique et d'actions » (TETIS, 2009, 6).

Les mutations simultanées et la potentielle synergie des planifications énergétique et territoriale, ont conduit au constat de nouvelles échelles et modalités de planification. Ce chapitre poursuit l'investigation des liens entre territoires et énergie, en construisant une partie de l'objet d'étude⁵³. L'approche géographique revendiquée est mise en perspective, réaffirmant d'une part le rôle des territoires en matière énergétique, et d'autre part l'intérêt d'une approche systémique.

Comme tout système, de par ses structures et fonctions, un territoire a besoin d'énergie. Cette dernière peut en effet être considérée comme élément majeur de fonctionnement et d'organisation des territoires. L'interdépendance des processus territoriaux et énergétiques incite à un changement de paradigme et à la considération du contexte territorial, pour une planification territoriale énergétique répondant aux injonctions d'un développement durable : ces spécificités territoriales contraignent en effet le système énergétique, considéré lui même comme facteur organisationnel des territoires, impliquant de territorialiser l'énergie. Pour ce faire, et après une synthèse préalable de l'étude de l'énergie en géographie, nous empruntons tout d'abord didactiquement deux points de vue. Nous illustrons la dépendance réciproque, d'une part des processus territoriaux à l'énergie, et d'autre part des processus énergétiques aux caractéristiques des territoires. Pour parvenir à approcher cette énergie, indispensable, omniprésente et organisatrice du territoire, nous recourons dans une deuxième section à une lecture systémique et territorialisée des liens territoire-énergie. Cette lecture s'appuie sur une approche, l'écologie territoriale, - considérant le territoire comme un écosystème présentant des analogies avec le vivant -, et sur un concept traitant directement des liens énergie-territoire, le Système Énergétique Territorial. Ce dernier peut fournir un cadre théorique d'analyse des

⁵³ L'objet géographique étudié est le SET, l'objet d'étude est l'instrumentation (la mise en Observation) du SET, raison pour laquelle nous ne construisons dans ce chapitre qu'une partie de l'objet d'étude.

questionnements des acteurs dans un processus d'intelligence territoriale en matière de planification territoriale énergétique. Ce processus est l'objet de la troisième et dernière section de ce chapitre.

1. La dépendance réciproque des processus territoriaux et énergétiques

Après une mise en perspective de l'étude de l'énergie en géographie, ces paragraphes visent à démontrer la nécessaire considération des liens énergie-territoire par une double lecture ; en illustrant d'une part la dépendance des structures et processus territoriaux à l'énergie, et d'autre part, la dépendance territoriale des processus énergétiques. Si la première lecture s'est historiquement atténuée par le recours aux énergies fossiles et l'utilisation d'une énergie en apparence abondante et bon marché, il semble qu'elle soit de nouveau amenée à jouer un rôle conséquent pour tendre vers des systèmes énergétiques répondant au cadre d'un « développement durable »⁵⁴. La seconde lecture, plus intuitive, illustre la dépendance des systèmes énergétiques aux caractéristiques des territoires, relevant autant de spécificités physiques, que sociales ou économiques, comme l'implique la définition de territoire (Chapitre 1.1.1.1.). Ces caractéristiques des territoires, généralisées sous le terme de contexte, conditionnent en effet chacun des processus impliqués dans la chaîne énergétique, et incitent à territorialiser l'énergie.

1.1. La géographie de l'énergie : des évolutions au gré des courants disciplinaires géographiques

Malgré les restrictions proposées quant à sa définition (Chapitre 1.1.2.1.), l'énergie est une thématique abordée par de nombreux domaines de connaissance (économie, écologie, etc.). En ce sens, la place occupée par la thématique énergétique au sein de la géographie peut être questionnée. Quel a été et quel pourrait-être l'apport distinctif d'une lecture géographique de l'énergie ?

A notre sens, chaque discipline donne un point de vue spécifique sur des objets que d'autres sciences peuvent considérer, il n'existe donc pas d'objet géographique *a priori*, mais des points de vue disciplinaires sur des objets soumis à l'étude. La question réside donc en partie dans la définition de ce point de vue. Aussi, s'interroger sur le traitement réservé à l'énergie dans une perspective géographique ne peut éviter une interrogation sur la géographie elle-même. En guise

⁵⁴ Nous recourons à la notion malgré les réserves aperçues au Chapitre 1.2.2.2. quant à sa délicate définition, notamment dans ces dimensions idéologiques ou pratiques.

de première définition, la géographie peut être entendue comme la convergence d'un faisceau de sciences, autorisant un regard particulier⁵⁵ qui permet de considérer et expliquer les phénomènes physiques et/ ou humains en rapport avec l'espace, ces derniers étant localisés dans l'interface terre-atmosphère (Baulig, 1948, 10 ; Boyé, 1970, 159 ; Ropivia, 2007, 14). Eludant un long détour épistémologique par ailleurs risqué, nous avançons que la thématique énergétique et les définitions de la géographie de l'énergie ont suivi l'ensemble des ramifications et écoles de pensées (Claval, 2001) qui ont parcouru et/ou parcourent la géographie.

« Authors often start with the observation that their subject is new, or so far has been neglected. Energy certainly is not a new subject in geography ». L'auteur de cette remarque, Brugge (1984, 214), est rejoint par Mérenne-Schoumakker (2007, 8) qui constate que *« la géographie s'intéresse depuis longtemps déjà à la question de l'énergie, car l'énergie est une clé de lecture des territoires ».* *« L'énergie a bien entendu une dimension géographique, ne serait-ce qu'en raison de l'inégale répartition dans le Monde des productions et consommations, et des flux que cela engendre ».* Ce sont par ces entrées intuitives que la géographie s'est engagée dans l'étude de l'énergie.

Energie et géographie : des perspectives multiples

L'énergie a tout d'abord été investie par la géographie économique, et notamment en géographie dite industrielle, exclusivement autour de questions de localisations (Brücher, 2001, 4522). Dès 1948, dans *« Les fondements de la géographie humaine »*⁵⁶, Sorre aborde l'énergie sous l'angle des industries et de la localisation des sources d'énergie. Il attribue notamment l'évolution différenciée des développements régionaux comme imputable aux niveaux de domestication de l'énergie, puisqu'il considère que l'énergie détermine les évolutions économiques et politiques. Dans la même perspective descriptive, l'ouvrage de George (1950), intitulé *« Géographie de l'énergie »*, étudie les sources, formes d'énergies, modes et lieux d'extraction, de production, de transformation et de consommations d'énergie. Synthétisant la pensée de P. George, Bettelheim (1951, 697) introduit notamment le fait qu'*« il apparaît clairement à quel point la découverte de nouvelles sources d'énergie, ou de nouvelles formes d'utilisation, peut modifier non seulement la structure économique d'un pays [...] mais encore sa structure sociale et politique ».* Sans aborder directement l'organisation spatiale des territoires, il insiste quant à *« l'importance du facteur-espace, considéré [...] dans sa diversité concrète : comme espace présentant un certain relief, des richesses naturelles plus ou moins*

⁵⁵ "Une lecture géographique du monde" (Pena, 1988, 275).

⁵⁶ Tome II Partie I : « Les techniques de la vie sociale, les techniques et la géographie de l'énergie ».

importantes, un équipement donné, une population plus ou moins nombreuse et répartie en classes sociales disposant de pouvoirs économiques et de revenus plus ou moins considérables ».

Une décennie plus tard, la géographie de l'énergie constitue selon (Chapman, 1961) « *un nouveau champ d'étude* ». Elle s'intéresse principalement à l'analyse des causes de la répartition des industries de l'énergie, relevant tout d'abord d'aspects physiques, mais aussi humains, considérés de façon plus prégnante. Brugge (1984, 214) souligne que les géographes de la décennie soixante se sont concentrés sur certaines sources d'énergies, telles le charbon et le pétrole, et particulièrement sur les conséquences spatiales de leurs seules productions, dans un contexte de relative baisse des prix de l'énergie. Ainsi, « *The Geography of energy* » (Manners, 1964), ou le volume « *Les sources d'énergie* » de « *Géographie industrielle* » (Chardonnet, 1962) s'inscrivent dans la continuité de ces approches en géographie économique. Le premier aborde les marchés de l'énergie et les facteurs politiques qui influencent le développement énergétique aux Etats-Unis et en Europe, et le second s'est concentré sur l'étude des énergies fossiles et des questions de localisation. Ces travaux visent plus largement la description de la distribution des sources, des flux globaux, et, à des échelles comprises dans un intervalle régional à mondial, de quelques caractéristiques de consommations.

Conséquence des évolutions au sein de la géographie durant cette période vers des démarches plus prospectives (Pena, 1988, 271), une première modernisation intervient lorsque Curran (1981) constate une « *Nouvelle donne énergétique* ». Il formule des bilans des productions et consommations, dresse un état des lieux mentionnant « le spectre d'une pénurie » et questionne les solutions d'avenir, avant d'établir quelques comparaisons à échelles internationales. Dans une finalité similaire, et constatant les changements intervenus durant la décennie soixante-dix, Dezert (1981) entrevoit une très prochaine « *Crise mondiale de l'énergie* ». La diversité des approches ébauchées jusqu'alors pousse Calzonneti (1985, 3) à proposer, dans son introduction à l'ouvrage « *Geographical dimensions of Energy* » une taxonomie des champs et thématiques abordés en géographie de l'énergie. L'étendue des thématiques mentionnées est remarquable : étude classique des (res)sources et industries énergétiques, optimisation de localisations, étude d'impacts, politiques énergétiques et planifications, structures urbaines, etc., tout comme la considération d'échelles spatiales multiples entre internationale et régionale. Cette palette thématique conséquente se subdivise au sein de différents courants et d'écoles de pensées qui parcourent tout champ de connaissance, géographie incluse. En guise d'exemple, Bradshaw (2010) constate : « *Unfortunately, the intellectual division of labour within human geography is such that the developed world is the realm of economic geography, while the developing world falls within the remit of development geography. Thus, the global energy dilemma nexus also demands a dialog between economic*

geography and development geography ». Si les travaux mentionnant une géographie de l'énergie se font plus rares dans les années 90, « *la thématique énergétique est abordée dans de nombreux travaux géographiques comme les transports, les villes, le climat, la gestion des ressources, le développement* » (Mérenne-Schoumakker, 2007, 23).

Un renouvellement d'approches pour une géographie plus appliquée ?

Si la géographie de l'énergie était essentiellement réduite à une étude et un inventaire spatialisé « *des lieux de production, de consommations et d'échange, c'est-à-dire de son économie* » (Brunet, 2009, 185), notamment sous forme de tableaux ou de cartes, les perspectives, multiples, se sont élargies. Le spectre d'une seule *géographie-description*, qui reste pourtant nécessaire, s'éloigne. Solomon (2004, 831) retrace l'histoire de l'énergie dans la pensée géographique et dans une acception récente définit la géographie de l'énergie comme « *the study of energy development, transportation, market, or use patterns and their determinant from a spatial, regional, or resource management perspective* ». Les travaux précurseurs de Chapman (1989), qui visaient une nouvelle approche pour la géographie de l'énergie centrée sur la notion de système énergétique, s'inscrivent alors dans une *géographie-explication*. Si d'un point de vue théorique, la géographie réside en effet notamment dans cette capacité à capturer la dimension spatiale de ce qui nous est donné à voir, elle doit, pour ce qui nous concerne, viser l'analyse et la compréhension des fonctionnements des territoires dans une perspective opérationnelle. Or, les liens de causalité, multiples et variés, nécessitent le développement d'une approche systémique, sans doute plus largement ancrée et mobilisée par l'approche géographique que par d'autres disciplines. Héritier de Chapman, Brucher (2001), dans la volonté d'une *géographie-appliquée*, propose une mise en cohérence des différentes thématiques de la géographie de l'énergie. Il pose les jalons et l'ébauche d'un objet géographique que pourrait être un système énergétique. Si la définition de la géographie de l'énergie proposée par Brucher reste imprécise, il introduit, sans toutefois le nommer, le territoire : il opère ainsi d'une part un changement d'échelle en délaissant les réflexions internationales, et d'autre part, un glissement des seuls liens énergie-espace vers ceux impliquant les caractéristiques socio-économiques, spatiales et celles de la chaîne énergétique. « *The geography of energy is concerned with the interrelationship between space and energy as the most important factor in human activity : the production, distribution and consumption of energy determine all of the basic functions of our existence : work, housing, transport [...]* » (Brucher, 2001, 4501). Cette évolution dans l'approche de la géographie de l'énergie doit nécessairement être réinsérée dans le contexte plus large des évolutions au sein même de la géographie, et notamment de la considération du concept de territoire (Chapitre 1.1.1.1.). Plus généralement, la pertinence d'une étude en géographie de l'énergie réside bien évidemment,

d'une part dans la définition de l'objet étudié, et d'autre part dans les perspectives et approches retenues. Ceci soulève inévitablement la question de la relation objet/disciplines : ainsi, aujourd'hui, « *La contribution à une géographie de l'action publique territoriale abordée via les domaines de l'énergie renvoie nécessairement à un dialogue entre disciplines scientifiques et objet* » (Debie, 2010, 8).

Si les différentes démarches mentionnées pour une lecture géographique demeurent nécessairement complémentaires, les approches de la géographie de l'énergie restent à intégrer dans une perspective plus appliquée d'aménagement des territoires. Dans un contexte énergétique - tout comme d'approches géographiques - renouvelé, les premières pistes d'une perspective intégratrice nécessitent de s'intéresser aux interactions entre les différentes étapes de la chaîne énergétique et les territoires. Les énergies, et notamment les énergies dites renouvelables, font l'objet d'un engouement particulier car elles contribuent fortement à l'aménagement du territoire, et à la recherche de solutions pour un « développement durable » (Wiensfeld, 2005). En ce sens, une abondante et récente production peut être constatée, qu'elle relève d'auteurs généralistes (Ngô 2008 ; Durand, 2007), ou de géographes (Battiau, 2008 ; Barré, 2011 ; Mérenne-Schoumakker, 2007) abordant notamment la thématique par des entrées sectorielles particulières : géopolitique (Furfari, 2007 ; Iacona, 2009), transport, habitat, formes urbaines, ville durable (Mor, 2009 ; PUCA, 2007, 134).

Traiter de l'énergie n'est bien évidemment pas l'apanage de la géographie, elle ne fait d'ailleurs pas partie des concepts présents dans la plupart des dictionnaires se réclamant de la discipline ; se pose alors la question de l'apport spécifique de la géographie à l'étude de l'énergie. Si traditionnellement, la géographie s'intéresse en effet avant tout à la dimension spatiale d'un questionnement, l'objet territoire ne peut se comprendre uniquement à travers le prisme de la géographie mais devrait être approché dans une optique transdisciplinaire. Le territoire est en effet un système complexe dont l'une des dimensions est spatiale, mais comporte d'autres composantes, notamment des dimensions culturelles et des aspects socio-cognitifs, incontournables pour aborder les problématiques énergétiques. Cet intérêt pour la dimension spatiale a tout d'abord été réalisé par la géographie, par rapport à l'énergie, en favorisant l'étude des localisations et logiques de production et de consommation : lieux, infrastructures et modalités d'extraction, de production, de transformation et de consommation. Elle a aussi analysé les flux de circulation de l'énergie et les impacts environnementaux tout au long de la chaîne énergétique. Mais les fondements théoriques et conceptuels d'une géographie de l'énergie s'inscrivent dans le cadre de nouvelles dynamiques, liées tant aux évolutions de la

discipline elle-même, qu'au contexte énergétique ou sociétal⁵⁷ actuel. Ainsi, dans une perspective explicative et plus appliquée, l'intérêt et l'apport d'une géographie de l'énergie se portent sans doute sur la compréhension des liens multiples et réciproques entre énergie et territoire, impliquant l'analyse des impacts de l'énergie sur la construction des structures et des dynamiques spatiales, et au-delà territoriales.

1.2. La dépendance des structures spatiales et processus territoriaux à l'énergie

La géographie a entretenu une relation particulière avec l'étude de la thématique énergétique. Le glissement a été constaté, d'une géographie de l'énergie descriptive des localisations et quantités, à une approche centrée sur l'analyse et la compréhension des fonctionnements des territoires. Une première question peut alors émerger : en quoi les territoires sont-ils énergétiquement contraints ? Cette première lecture des liens énergie-territoire vise à démontrer la dépendance des processus territoriaux à l'énergie : les structures, formes et fonctions des territoires existent en effet notamment au vu d'un système énergétique donné (Owens, 1986, Ch1.). Après avoir succinctement proposé des éléments susceptibles de définir ce que pouvait recouvrir les processus territoriaux, trois éléments illustrent la considération de l'énergie comme facteur d'organisation des territoires. Les deux premiers, qui sont les localisations et les mobilités, abordent cette relation sous l'angle des processus territoriaux à l'origine des structures spatiales, processus contraints par l'énergie. Un dernier point propose quelques exemples sélectionnés de lieux de l'énergie, retenus pour leur évidente lisibilité du caractère structurant de l'énergie sur les territoires.

Processus territoriaux, éléments de définition liminaires

Si l'énergie est nécessaire à la réalisation de l'ensemble des activités humaines, sa disponibilité, ainsi que la manière dont celle-ci est produite et consommée, façonnent les territoires. Les territoires sont en effet le siège de fonctions territoriales énergivores (habitation, mobilité, production de biens et services, etc.) qui sont en elles-mêmes à l'origine des formes et structures spatiales, et des processus territoriaux. Ainsi, du point de vue des seules consommations, Brugge (1984, 218) précise : « *there is a strong evidence that the spatial structure determines the level of energy consumption* ». Plus généralement, Mérenne-Schoumakker (2007, 9) affirme : « *La structure spatiale d'un territoire n'est pas étrangère aux modalités de son approvisionnement énergétique. Une énergie bon marché favorise les déconcentrations des*

⁵⁷ Par exemple l'idéal sociétal que représente la notion de développement durable.

activités et des hommes et multiplie les déplacements, donc de la consommation ». Owens (1986, 3) affirmait ainsi déjà que les interactions dynamiques entre les systèmes énergétiques et l'organisation spatiale, à tous les niveaux de résolutions spatiales sont évidentes.

La structure spatiale d'un territoire est ici entendue non seulement dans son acception géométrique et morphologique, - en tant qu'arrangement d'objets géographiques-, mais aussi par l'ajout d'une dimension systémique, c'est-à-dire que la description de ces objets doit faire apparaître leurs interdépendances (Hypergéô, 2004). Les processus spatiaux, tels un processus de polarisation/concentration ou de diffusion, sont définis comme l'action qui transforme la structure spatiale d'un système étudié, et la fait passer d'un état à un autre pendant une certaine durée (Deffontaines, 1994, 129). Il convient sans doute de rappeler que ces processus spatiaux sont, dans une perspective d'aménagement, intégrés aux processus territoriaux dont ils ne peuvent être isolés. Ils sont également les héritiers de la matérialisation de processus fonctionnels, telle la périurbanisation suite aux aspirations et contraintes des ménages, quant à leur installation. Conformément à la définition du territoire, un processus territorial peut quant à lui être défini comme la réalisation d'un processus spatio-temporel impliquant des acteurs. Un processus peut ainsi être qualifié de territorial « *dans la mesure où il résulte des forces qui ont façonné le milieu dans lequel s'intègrent les acteurs ; en d'autres termes, le processus territorial se met en place grâce à l'intervention des acteurs sur un milieu* » (Lapèze, 2007, 70). Ainsi, les processus de polarisation/concentration ou de diffusion, de localisation, révèlent une dimension spatiale plus immédiate, que ceux d'urbanisation, d'étalement urbain, agraires, de régionalisation ou d'industrialisation, etc. Ces derniers sont tous des processus territoriaux, pouvant être élémentaires ou complexes. En effet, l'identification de processus territoriaux peut être réalisée à différentes échelles, finesses d'analyse et niveaux d'agrégation, c'est-à-dire granularités (Camossi, 2003) : le processus territorial complexe de métropolisation pourrait en effet être décomposé en trois processus élémentaires, de concentration des activités (rôle du centre historique concernant un territoire précis par le jeu de pôles et d'axes), d'étalement urbain et de ségrégation intra-urbaine (Hanin, 2004). Mais le processus territorial d'étalement urbain, considéré à son tour comme un processus complexe, pourrait lui même être décomposé en processus territoriaux élémentaires de densification, de déplacement et de localisation de l'habitat ou des activités de production.

Deux processus territoriaux que sont les localisations des activités et les mobilités peuvent concrétiser ces définitions, avant d'illustrer la considération de l'énergie comme facteur d'organisation des territoires à travers des lieux dont l'énergie s'avère le marqueur principal.

Localisations relatives des activités et énergie

Les localisations relatives, ou situations géographiques (Hypergé, 2004), peuvent être examinées à différents niveaux d'observation. Les structures spatiales, qui intègrent notamment les localisations dont il est ici question, sont en effet amenées à être appréhendées à différentes échelles, dans un intervalle compris entre échelle (inter)continentale et celle du bâtiment (Owens, 1986, 5). Si ces structures spatiales sont conditionnées par des facteurs énergétiques, en retour, les localisations des activités et populations commandent les lieux de consommation⁵⁸.

Dans son « Tour de la France par deux enfants », Fouillée (1877) détaille les spécificités de chaque régions, dans une France rurale dotée d'une industrie principalement structurée autour de deux productions : l'industrie textile autour des fleuves, la sidérurgie autour des mines de fer et de charbon. Bien qu'à mettre en perspectives par rapport à d'autres facteurs (sécurité, eau, réseaux, etc.) l'énergie a certainement impacté les localisations des peuplements dans les sociétés préindustrielles (LaRevueDurable, 2010, 16). Elle est de toute évidence aux racines du développement et de l'organisation des territoires depuis l'émergence des sociétés organisées. Du point de vue des localisations, et notamment des aménagements hydrauliques (canalisations, moulins), Barraud (2007, 13) affirme que dans le long processus d'anthropisation, les aménagements énergétiques constituent une phase décisive dans la configuration des territoires. Cette « *influence localisatrice sur les activités préindustrielles se prolonge en une influence fixatrice de l'industrie* » (Barraud, 2007, 17). Les premiers processus d'industrialisation et de développement urbain se sont en effet effectués à proximité des ressources énergétiques, zones ventées, de forêts, cours d'eau (houille blanche) et mines (Magnin, 2009). Bien que dispersée et décentralisée, la géographie de ces formes d'énergie est alors caractérisée par l'intégration et la conjonction en un même lieu, de la production, de la transformation d'énergie et de son utilisation. Le développement et l'organisation des territoires restaient ainsi très fortement liés aux ressources locales (« Energy from space » Brücher, 2009, 42) et impliquaient un lien de responsabilité dans leur gestion⁵⁹.

Bien que ces configurations subsistent jusqu'au lendemain de la seconde guerre mondiale, la deuxième grande période d'industrialisation de la fin du XIX^{ème} siècle, caractérisée par

⁵⁸ Ainsi, l'exemple des îlots de chaleur, à la fois comme causes et conséquences de l'augmentation des consommations énergétiques, liées notamment au recours à la climatisation peut illustrer cette interrelation (Bouyer, 2009).

⁵⁹ En guise d'illustration, les Salines d'Arc-et-Senans sont une caractéristiques : « C'est le bois de l'immense Forêt Royale de Chaux (22 000 ha) qui allait permettre de cuire, évaporer, transformer la saumure; grâce aux grands axes de circulation, il était possible de livrer les commandes passées avec les voisins suisses et la Bourgogne. On pouvait également exploiter les énergies naturelles comme les grands vents du nord pour donner à la saumure, avant cuisson, une concentration bien plus élevée, tout simplement par évaporation naturelle » (Site officiel des Salines).

l'émergence de l'électricité et du pétrole, marque une évolution : un changement d'échelle induit par la fin d'une forme de dépendance des territoires à leurs ressources pour la production, la distribution et la consommation énergétique. Ces énergies, aisément transportables, autorisent l'essor des réseaux et moyens de transports dont le rôle est structurant, et ont permis de vaincre les distances. Les structures territoriales d'une civilisation du portage animal, du chemin de fer ou de l'automobile sont ainsi radicalement différentes (Bretagnolles, 2009, 45). La dépendance des structures territoriales, des modes d'organisation et de fonctionnement, se comprend justement aujourd'hui par le recours aux énergies fossiles. Les territoires et formes urbaines que nous pratiquons n'ont ainsi pu être façonnés que grâce à l'abondance d'une énergie peu chère. Or la maîtrise de l'espace, notamment conditionnée par les transports, est avide d'énergie.

Les mobilités : vaincre la friction de l'espace au prix de l'énergie

Malgré quelques récentes évolutions, les logiques de planification spatiale et territoriale sont restées imprégnées du concept de Ville radieuse affirmé par la Charte d'Athènes de 1933 (Pignon, 2000). Elles proposent une organisation type où les fonctionnalités (commerciales, habitations, industrielles, etc.) reposent sur des zonages distincts, reliés par la route. Ce fonctionnalisme territorial, qualifié de taylorisme territorial⁶⁰ par la spécialisation des zones, revêt une grande importance, notamment du point de vue énergétique, par le jeu des distances. Les sociétés humaines ne se sont en effet affranchies des distances qu'au prix de la maîtrise du transport et d'une consommation massive d'énergie.

A échelle infrarégionale, cet agencement des territoires, traduit par les structures spatiales, détermine le niveau de consommation énergétique. L'un des concepts essentiels liant formes territoriales et énergie, serait celui d'accessibilité dans ses dimensions d'organisation spatiale⁶¹ (Brugge, 1984, 218) et essentiellement de morphologie urbaine (Desjardins, 2011). Les questions soulevées concernent alors les densités, la mixité d'activités, les formes et arrangements à différentes échelles temporelles et spatiales, aujourd'hui désignées sous l'appellation de « ville durable » ou « ville post-carbone » (Mor, 2009 ; IEPF, 2010, 105). Ce concept peut être généralisé à celui de territoire dans lequel, localisations des logements et activités, liées aux mobilités, seraient une des variables d'ajustement d'une consommation énergétique limitée. Au vu des coûts énergétiques environnementaux ou socio-économique, la distance, qui était devenue une notion presque secondaire derrière celle du temps dans les

⁶⁰ L'expression est la plupart du temps utilisée pour qualifier une spécialisation organisationnelle verticale en lien avec les compétences (Béhar, 2002), elle peut l'être aussi dans une dimension horizontale, celle de la division et spécialisation spatiale des territoires par zones fonctionnelles.

⁶¹ L'accessibilité revêt plusieurs dimensions d'ordres sociales, techniques et spatiales.

pratiques territoriales des ménages et des entreprises, va-t-elle redevenir une variable fondamentale ? (Desjardins, 2009). Plus largement Fabre (2006) soulève la question des conséquences d'une énergie plus chère sur les territoires.

Des lieux singulièrement marqués par l'énergie

L'énergie, omniprésente, est majoritairement considérée comme un flux. Par ses modalités d'exploitation, de distribution ou de consommation, elle a façonné et continue de façonner les territoires. Elle peut donc être envisagée comme facteur organisationnel des territoires. Quelques exemples de lieux singuliers de l'énergie sont aperçus. Ils ont été retenus pour leur évidente lisibilité du caractère structurant de l'énergie sur les territoires.

Face aux espaces de flux que constituent de manière générale les réseaux, les lieux apparaissent comme les espaces de l'ancrage (Castells, 2001, 477). Ils constituent des portions déterminées et singulières de l'espace. Des lieux de l'énergie, existants ou naissants, mais à l'origine de paysages particuliers, peuvent ainsi être considérés (Solomon, 2006, 309). Si les sources énergétiques modèlent l'organisation des territoires, cette organisation se traduit notamment par l'aspect sensible des territoires que sont les paysages. Ainsi, les paysages énergétiques (MSH-Aquitaine, 2010 ; Goshn, 2009 ; Nadai, 2010), tels les territoires miniers autour des charbonnages, témoignent du lien étroit entre organisation territoriale, exploitation énergétique et caractéristiques socio-économiques des pays du charbon (Ladoucette, 2004 ; Morel-Journel, 1999). Dans une moindre mesure, il en va de même pour toute activité nécessitant des infrastructures lourdes et/ou massivement créatrices d'emplois que constituent les centrales nucléaires (Chabert, 1987), les barrages et leurs aménagements⁶², ou plus récemment les fermes solaires ou éoliennes, les champs, cultures et forêts (Taillis à très courte rotation) dédiés à la production énergétique. D'immenses étendues terrestres sont ainsi conceptualisées comme unités de production énergétique contraignant l'organisation des territoires. Il convient cependant de dépasser les éléments visibles des seules infrastructures pour intégrer les considérations socio-économiques impliquées par l'exploitation, la distribution et la consommation d'énergie en matière de gouvernance, de besoin résidentiels, de déplacements ou de formations.

Sur un autre plan, ces lieux de l'énergie existants se trouvent complétés, dans un contexte de développement local, par des lieux en création, avec la naissance de pôles spécialisés autour des thématiques énergétiques. L'énergie, hier support nécessaire du développement, devient un

⁶² Les impacts territoriaux : infrastructures nécessaires aux nouveaux habitants, développement des activités touristiques.

facteur de développement : la gestion de l'énergie et de ses thématiques connexes sont mobilisées dans le champ de la recherche-développement et des productions liées. Ainsi, aux lieux de l'énergie hier constitués pour le charbon par les Bassins miniers du Nord Pas de Calais, du Centre-Midi, Briey, Meurthe et Moselle, succèdent aujourd'hui des pôles de compétitivités et de compétences tel CapEnergies en PACA (Languillon, 2009), In'énergie dans les Pays de la Loire, Energivie en Alsace ou encore Tenerrdis en Rhône-Alpes.

Ces exemples, bien que relevant de niveaux différents, illustrent la dépendance ou du moins les liens que peuvent entretenir les territoires avec l'énergie. S'ils ont été retenus pour leur caractère énergétique évident, une généralisation semble envisageable (proposée en Chapitre 2.2.3.) : il convient de souligner l'influence essentielle de l'énergie sur les types d'organisations spatiales. Les structures, formes et fonctions des territoires existent notamment au vu d'un système énergétique donné, et les territoires que nous pratiquons ont été façonnés par une énergie abondante et peu chère. Le système énergétique -c'est-à-dire les modalités d'exploitation et de production, de transformation, de transport et de consommation de l'énergie - peut en ce cas être retenu comme l'un des facteurs organisationnels des territoires, conditionnant les processus territoriaux, et ce, à différents niveaux d'échelles spatiales et temporelles. Dans le cadre d'une planification territoriale de l'énergie, ce système énergétique est lui-même conditionné par les spécificités des territoires.

1.3. La dépendance des processus énergétiques aux caractéristiques territoriales

Après cette première lecture illustrant la dépendance des structures spatiales et processus territoriaux à l'énergie, il s'agit maintenant de démontrer celle, plus intuitive, des processus énergétiques aux spécificités des territoires. Quelles sont les interactions entre les processus de la chaîne énergétique et le territoire ? Chacun des processus énergétiques de la chaîne énergétique (Figure 1-3), tels l'extraction, production, distribution, consommation, etc., d'énergie est contraint par les conditions et caractéristiques indigènes du territoire sur lequel il se déploie. La disponibilité énergétique, en tout temps et lieux urbanisés des pays industrialisés, a fait perdre un instant à l'énergie son intérêt d'étude à échelle fine. Il semble cependant que les contraintes imposées aux systèmes énergétiques renouvèlent l'attention portée aux dimensions territoriales de l'énergie, dans un contexte de raréfaction des ressources fossiles et de considération des potentiels locaux, de problématiques environnementales - relatives aux pollutions et changement climatique -, ou socio-économiques - telle la précarité énergétique- (Devalière, 2009).

Si, à des fins didactiques, la chaîne énergétique se trouve ici présentée de façon fragmentée selon ses étapes, elle doit comme son nom l'indique, être considérée dans sa globalité : la mise

en adéquation d'une ressource au vu d'un usage énergétique, en fonction de spécificités physiques, sociales ou économiques du territoire, constitue en effet l'un des objectifs de la planification territoriale énergétique.

L'offre : autour des potentiels, ressources et transports d'énergie

La première évidence relative aux liens territoire-énergie concerne la dimension consommatrice d'espace du système énergétique. Les modalités d'exploitation, de distribution ou de consommation de l'énergie exploitent en effet l'espace comme une ressource, un site de production, un vecteur de transport ou des lieux de consommation (Ghosn, 2009). La seconde évidence, relative à la dépendance spatiale de l'énergie, classiquement abordée, est renouvelée. Si elle concernait en effet principalement la localisation de gisements massifs d'énergies primaires (charbons, pétrole, gaz, grands hydrauliques, etc.) étudiée aux échelles mondiales ou régionales, les potentialités offertes en matière d'exploitation des sources d'énergies renouvelables réactualisent depuis deux décennies la considération des territoires. L'émergence de moyens de production – modestes, relativement-, que sont les énergies renouvelables, modifie en effet la répartition géographique des disponibilités énergétiques. Bien que distribuées sur l'ensemble des territoires, ces énergies sont inégalement réparties, car notamment dépendantes de spécificités physiques locales (conditions climatiques, géologie et pédologie, etc.). Les territoires se trouvent ainsi dotés de potentiels énergétiques exploitables divers (Figure 2-1), impliquant une pluralité de modes d'exploitation

La seule considération des localisations de ces gisements n'est cependant en aucun cas suffisante. Leurs modalités d'exploitation dépendent en effet non seulement des contraintes et aménités locales, tout comme des volontés, choix et limites imposés par les acteurs du territoire qui y recourent, mais également de facteurs extra-territoriaux qui les dépassent mais influent sur leur développement, comme les décisions politiques, les logiques économiques, les progrès technologiques. L'exemple simple de l'implantation d'un parc éolien (DIREN 2008 ; CRA-ADEME, 2009 ; ADEME, 2006) peut ainsi illustrer la nécessité de dépasser une approche spatiale pour tendre vers une approche territoriale de l'énergie en matière de production, intégrant les spécificités du territoire relevant des conditions physiques (Figure 2-1), tout comme d'aspects sociaux, technologiques, législatifs, économiques ou de gouvernance.

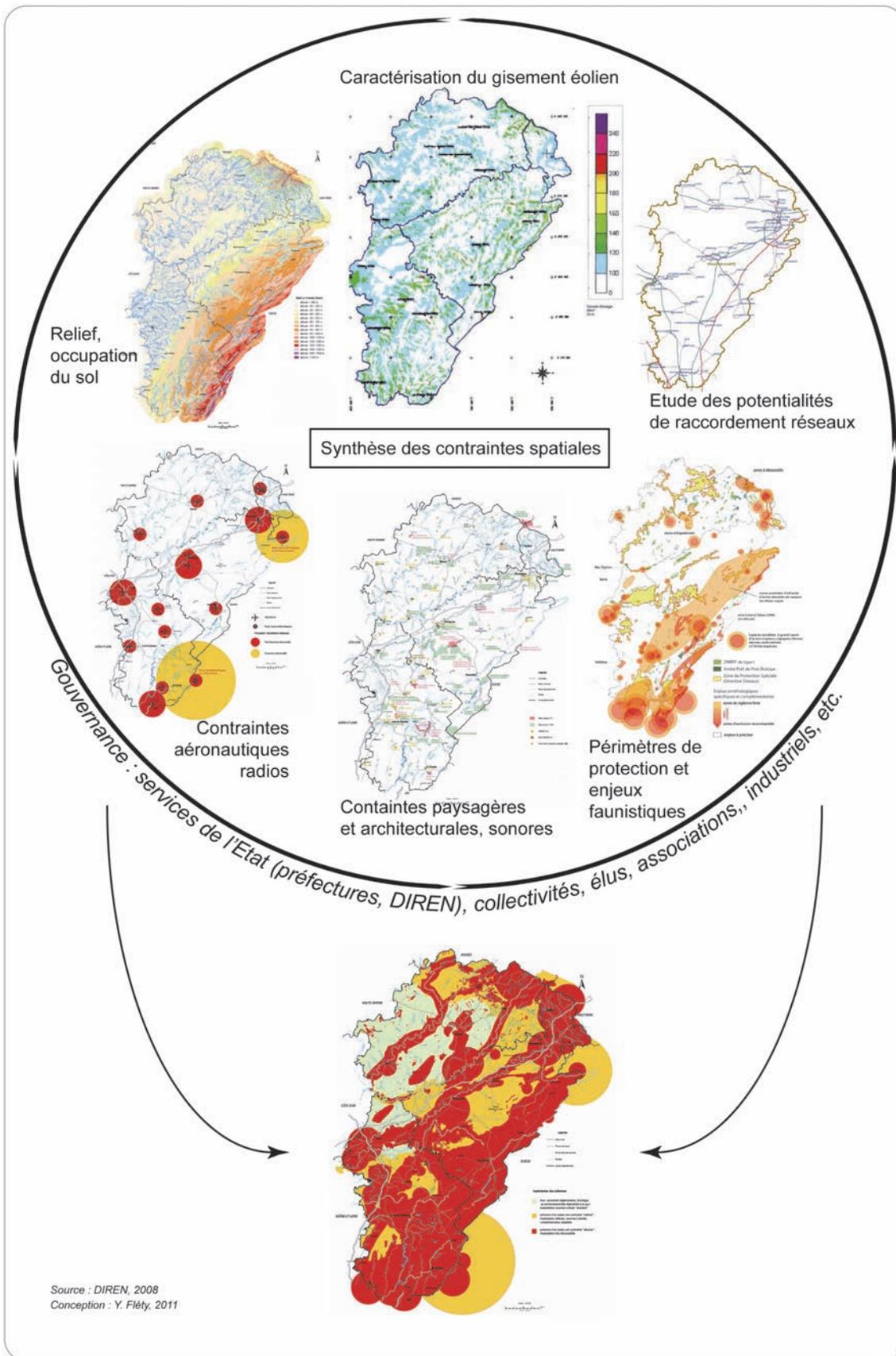


Figure 2-1 : L'intégration des spécificités territoriales pour la mise en œuvre d'une filière éolienne

Si la filière éolienne nécessite déjà l'intégration de différents niveaux de contraintes liés aux spécificités des territoires, la diversité et la multiplication des étapes et acteurs impliqués dans la mise en œuvre de la filière bois la rend plus délicate encore. La forêt fait en effet l'objet d'une part de conflits d'usages liés à l'utilisation du sol impliquant différents acteurs (fonction productives et récréatives, cultures dédiées) et d'autre part de concurrence d'usage quant à l'utilisation de la ressource (bois d'œuvre, de chauffage, industriel pour panneaux, papier, palette, etc.). Si les modalités d'accès à la ressource tant en matière de connaissance (affouage, linéaire de haies, acteurs, connaissance de la forêt privée) que d'accès physiques (contraintes, accès/prix) peuvent se révéler complexe, l'évaluation des consommations, la localisation et le dimensionnement des solutions logistiques et des infrastructures de stockage, implique la considération de spécificités territoriales *a priori* sans lien direct avec l'énergie tels les taux de boisement, pente ou distance aux routes (IFN 2005 ; CCE, 2008 ; AXENNE, 2006 ; Avocat, 2011).

L'évaluation des potentiels exploitables en lien avec les gisements ne concerne donc qu'une étape dans les méthodologies d'évaluation des filières d'énergies renouvelables. L'intérêt et l'importance de considérer le territoire en lieu et place de l'espace sont ici illustrés : la seule évaluation des potentiels exploitables n'a de pertinence que si elle est mise en perspective et confrontée aux conditions d'exploitations, de distributions, et de consommations. Il en est ainsi concernant chacune des filières énergétiques de flux dites renouvelables, qu'il s'agisse de la géothermie (BRGM, 2009), de la biomasse (Panichelli, 2008 ; Batzias, 2005 ; Tretyakov, 2008), de l'éolien (CRA-ADEME, 2009, DIREN, 2008), ou du solaire (Polombo, 2009 ; Izquierdo, 2008) pour lesquelles les jeux d'acteurs, tout comme les distances, conditions physiques ou technologiques sont essentielles.

Les modalités de transports, de distributions ou de stockage, processus énergétiques intermédiaires de la chaîne énergétique, relèvent de la même nécessité de prise en compte de caractéristiques locales. Ces éléments de transport et de distributions de l'énergie (lignes hautes ou moyenne tensions, cuves, etc.), - outre leurs aspects techniques ou financiers d'optimisation de circuit, de localisation et d'efficacité -, sont notamment soumis à des questions d'acceptabilité sociale. Si cette dernière est souvent restreinte aux aspects paysagers (Fortin, 2010 ; Nadai, 2010), elle se concrétise à travers des phénomènes de résistance⁶³ ou d'opposition des riverains, militants ou hommes politiques (Marchetti, 2005). Des analyses des

⁶³ Les acronymes NIMBY, BANANA, LULU, NIMFOS, NIMEY etc. tentent de caractériser ces oppositions et les risques liés : NIMBY Not in my back yard : * BANANA - Build Absolutely Nothing Anywhere Near Anything : ne construisez rien nulle part près de quoi que ce soit * LULU - Locally unpopular land use : utilisation du sol localement impopulaire * NIMFOS – Not in my field of sight : pas dans mon champ de vision * NIMEY - Not in my election yard : pas sous ma mandature.

caractéristiques physiques et des jeux d'acteurs en présence sont ainsi réalisées, imposant les limites et les possibilités de tels déploiements.

La demande : usages énergétiques, comportements et maîtrise de l'énergie

Si les structures de l'offre et de la production énergétique sont intimement liées aux caractéristiques des territoires et à leurs organisations, il en va de même pour celles de la demande que constituent les consommations, intervenant en fin de chaîne énergétique. L'adéquation entre consommation et offre n'est cependant plus envisagée en tant que demande d'énergies finales, telles l'essence, l'électricité, etc., mais en termes d'usages ou de services énergétiques (déplacement, confort thermique, eau chaude, etc.) (Beeck (Van), 1999). Ce changement d'approche, conséquent, autorise et rend nécessaire la considération des ressources et potentiels locaux mais aussi des caractéristiques de consommations. Il s'agit bien de mettre en adéquation, à un coût économique et environnemental optimal, et selon les meilleures analyses de cycles de vie -ou *a minima* rendements-, une énergie primaire idéalement locale, et un type de service énergétique. L'établissement d'un réseau de chaleur par exemple, implique des seuils de rentabilité selon des masses de consommateurs susceptibles d'être approximées par des densités de population⁶⁴. Cette approche de la consommation par usages énergétiques requière ainsi des analyses au plus près des consommateurs, en tenant compte des caractéristiques territoriales, que celles-ci soient relatives aux distances, conditions climatiques ou géologiques, tout comme aux profils socio-économiques des habitants ou des types d'activités développés sur le territoire (activités de services, agricoles, industrielle, etc.). Il s'agit d'une optimisation territoriale entre les structures de production, celles de distributions, et des profils de consommation. Raux (2007) insiste en ce sens sur le rôle des localisations « dis moi où tu habites, je te dirai comment tu te déplaces et consommes ». De façon similaire, Hilal (2005) démontre l'importance du contexte géographique dans la demande domestique d'électricité dans les communes rurales.

En outre, dans une perspective de déplétion des ressources fossiles impactant les prix, les modalités de consommations telles les questions d'équité sociale et d'accès à l'énergie, vont par exemple réclamer une attention particulière. Il en va ainsi pour la précarité énergétique, aujourd'hui définie comme une dépense dans des produits énergétiques pour l'habitat supérieure à 10% des revenus d'un ménage (Devalière, 2009). Plus largement, les comportements

⁶⁴ En toute rigueur, le critère déterminant est la densité thermique, que l'on peut définir comme la quantité de chaleur utile livrée par mètre de réseau installé. La densité thermique dépend de la densité de population mais également d'autres paramètres, notamment les caractéristiques thermiques des bâtiments et leurs modalités d'usage ou d'occupation (Cariou, 2011, 9).

énergétiques, notamment des ménages, devraient être envisagés pour mieux conseiller et mettre en œuvre des mesures de maîtrise de l'énergie (Wallenborn, 2006 ; Nouveaux-Armateurs, 2008). La consommation énergétique renvoie en effet chaque consommateur à ses propres comportements, notamment dans ses arbitrages de dépenses⁶⁵ (IAUIdF, 2010; Poquet, 2008 ; IPSOS, 2010). Les effets de ces comportements sont loin d'être négligeables et nécessitent d'être abordés à échelles fines, localement (Bouvier, 2005, 209).

Ces approches, établies dans des cadres universitaires, mènent au constat du primat encore aujourd'hui donné à une rationalité technique censée fournir des solutions sur mesure, systématiques par secteurs, et non à la considération des modes de vies et spécificités locales. Les connaissances, informations et analyses devraient ainsi être réalisées de façons détaillées, et donc à échelles fines, pour parvenir à intégrer des potentiels locaux de production, de gisement d'économie d'énergie, ou humains, qui sont inégaux (Vaché, 2009, 309).

Les systèmes territoriaux et énergétiques entretiennent un rapport privilégié : ils sont interdépendants. L'énergie⁶⁶ conditionne en effet l'agencement et le fonctionnement des territoires. La palette des sources d'énergie produites et consommées, les contraintes techniques, sociales, économiques de leurs réalisations, participent en effet à l'organisation des territoires. Les structures, fonctions et processus territoriaux existent notamment au vu d'un système énergétique donné. De façon similaire, et dans la perspective d'une planification territoriale énergétique, chacun des processus énergétiques est contraint par les caractéristiques du territoire sur lequel il se déploie. Telle que l'implique la définition de territoire, ces caractéristiques relèvent autant de spécificités physiques/environnementales que sociales ou économiques. Parvenir à conjuguer et mettre en adéquation des contraintes de production et de consommation, au vu d'objectifs environnementaux, économiques et sociaux, implique la nécessaire prise en compte des spécificités des territoires et leur considération à échelles multiples, approchés par des données localisées puisque l'approche géographique classique de l'énergie évolue vers une

⁶⁵ A l'échelle des ménages, les aspects financiers d'économie d'énergie sont potentiellement contradictoires, notamment par ce que les économistes appellent l'« effet rebond » ou le paradoxe de Khazzoom-Brookes (Saunders, 1992) : les économies d'énergie réalisées (isolation d'un logement et achat d'équipements sobres, véhicule, électroménager, etc.) permettent un gain financier qui peut être budgétairement réaffecté à d'autres dépenses, dont le bilan est plus énergivore (courts séjours utilisant des moyens aériens (Holden, 2005).

⁶⁶ Plus précisément, les choix énergétiques et leurs mises en œuvres, traduites par et à travers des objets géographiques susceptibles d'être considérés à différentes échelles : la structuration d'une filière de méthanisation, l'implantation d'une éolienne, l'orientation d'un bâtiment, la réalisation d'un réseau de chaleur, le lien automobile/ localisation de l'habitat, de l'emploi et des services, etc.

approche plus explicative qui vise « *l'étude des aspects territoriaux de l'énergie, qui donne à lire les territoires en fonction de ce bien essentiel* » (Mérenne-schoumaker, 2007).

2. Une représentation du Système Énergétique Territorial

Si quelques relations entre territoire et énergie ont été illustrées, une généralisation des ces dernières semble nécessaire et envisageable. Il convient alors de proposer les moyens d'appréhender ces interrelations par la définition d'un cadre global. Malgré la primauté accordée au volet énergétique, une première représentation du Système Énergétique Territorial est mobilisée, elle est adaptée de Ibrahim (2005) d'après Prélaz-Droux (1995, 87). Cette lecture s'appuie sur une approche systémique, dont il convient de rappeler succinctement quelques principes fondamentaux ; nous la complétons par celles considérant le territoire comme un écosystème présentant des analogies avec le vivant - l'écologie et le métabolisme territorial.

2.1. La construction de l'objet géographique : un ancrage systémique

Nous poursuivons la construction de la partie géographique de notre objet d'étude, susceptible de généraliser les liens entre territoire et énergie. Cette construction nécessite quelques rappels portant sur un ensemble de critères fondamentaux caractérisant un objet géographique, tels ceux avancés par Maby (2003, 7). Si les premières conditions, comme la spatialité ou la constructivité, peuvent être seulement mentionnées, celles relatives à la complexité systémique méritent un court développement.

Un objet géographique est tout d'abord spatial, c'est-à-dire qu'il possède des attributs de situation et de position. Cette spatialité lui donne d'une part un degré de matérialité⁶⁷ dans un intervalle scalaire excluant des extrêmes - « il est là », entre le banc public et la planète, - et d'autre part une relativité, liée à sa position, qui le place « par rapport à ». Ensuite, l'objet géographique n'est pas immanent, il est une partition raisonnée de l'espace en fonction d'un objectif et des représentations de son modélisateur. Nous inscrivant dans un courant de pensée constructiviste (Moigne (Le), 1995, 45), l'espace n'est en effet pas considéré comme prédécoupé en objets dont il suffirait de s'emparer pour l'analyse (Debarbieux, 2004, 12). L'objet géographique est en ce sens un construit. Pour réaliser cette construction, nous avons

⁶⁷ En aucun cas nous n'excluons des catégories d'objets géographiques « virtuels », notamment sous la forme de modèle générique (cf. Chap.4) : la moyenne montagne, la ville, un modèle de diffusion ou un graphe de réseau, etc. Notre objet géographique d'étude s'inscrit justement parmi ces modèles ne répondant pas entièrement au critère de spatialité puisque devant être décliné et projeté en un lieu de l'espace terrestre.

choisi de mettre en œuvre une investigation systémique⁶⁸ (Donnadieu, 2008) dont il convient, bien qu'elle ne puisse s'y résumer, de présenter succinctement les concepts de base manipulés⁶⁹. Les caractéristiques mêmes de cette approche justifient son utilisation.

La systémique, une rupture complémentaire au réductionnisme

Si le recours à la théorie des systèmes et de la complexité, comme grille de lecture et de compréhension est aujourd'hui fréquemment invoqué, il n'en a pas toujours été ainsi⁷⁰. Dans une analyse rétrospective, Donnadieu (2004) resitue le contexte épistémologique, les sources et constructions de la pensée systémique. La théorie des systèmes émerge au cours de la décennie 1930 et est attribuée à Van Bertalanffy. Ce biologiste considère que le vivant est complexe, et que la science traditionnelle, réductionniste, découpe la vie en morceau et dans le même temps la fait disparaître, ne parvenant ainsi pas à l'appréhender (Dauphiné, 2003, 82). L'approche systémique s'est ainsi tout d'abord construite dans cette rupture complémentaire avec le rationalisme mécaniste et analytique (Tableau 2-1) et repose sur les théories cybernétique et de l'information (Moigne (Le), 1977, Ch.1). Dans un contexte de décision et de planification, la proposition d'une démarche systémique vise en effet à dépasser les limites perçues du réductionnisme, notamment dans ses propositions de solutions partielles n'abordant qu'un aspect d'un problème, et qui par ailleurs reporte ou ont des conséquences indirectes sur d'autres aspects de ce problème⁷¹. L'approche systémique regroupe donc les démarches théoriques, méthodologiques et pratiques relatives à l'étude du complexe, et vise à « *surmonter la confusion entre comprendre, et découper en unités élémentaires* » (Lugan, 2006, 3).

⁶⁸ L'analyse systémique ou la modélisation systémique ne sont pas abordées.

⁶⁹ Compromis entre la délivrance des seuls concepts clefs et une présentation introductive, cet aperçu rapide ne vise pas l'exhaustivité : l'approche systémique nécessite en effet un apprentissage. Elle fait l'objet d'ouvrages complets pour lesquels le lecteur soucieux d'approfondir ces logiques, concepts et notions, est invité à consulter des références telles Durand (1979), Walliser (1977) ou Moigne (Le), 1977), ou des applications en géographie Guigo (1989), Auriac (1983), Orain (2001). La systémique reste l'objet de critiques marginales synthétisées par Lajoie (2007, 23) ou Dauphiné (2003, 92).

⁷⁰ Selon Dauphiné (2003, 111), le succès rencontré par la théorie systémique chez les géographes est du à son adéquation avec les objectifs de la discipline : « étudier des combinaisons pour réaliser des synthèses ».

⁷¹ Erkman (2004, 16) affirme que la « solution » d'un problème aux yeux d'un département peut alors n'être qu'un transfert sur la thématique d'un autre : la « dépollution » consiste simplement à « déplacer » la pollution. Le traitement des eaux usées par exemple, produit de l'eau « propre », mais également des boues d'épuration. Leurs stockages et épandages posent de nouveaux problèmes de pollution des eaux de surface et des sols. Cette vision sectorisée constitue selon cette auteure un « oreiller de paresse technologique ».

Approche réductionniste seule	Approche systémique
Observer des éléments (diviser)	Observer un tout (globaliser)
Analyser (causalité linéaire - état)	Relier (causalité circulaire - processus)
Ordonner (exhaustivité - unicité)	Adapter (hypothèse généralisatrices - points de vu)
Démontrer (preuve - évidence)	Interpréter (incomplétude)

Tableau 2-1 : Élément de synthèse comparative et complémentaire des approches analytique et systémique (Adapté de Schwarz, 1991)

Moigne(Le) (1977, 23) avance quatre préceptes spécifiques de ce discours systémique :

« (i) Convenir que tout objet que nous considérerons se définit par rapport aux intentions implicites ou explicites du modélisateur,[...]la perception que nous avons de cet objet se modifie » (précepte de pertinence) ; (ii) « Considérer toujours l'objet à connaître par notre intelligence comme une partie immergée et active au sein d'un plus grand tout,[...] sans se soucier outre mesure d'établir une image fidèle de sa structure interne, dont l'existence et l'unicité ne seront jamais tenues pour acquises » (précepte de holisme) ; (iii) « Interpréter l'objet non pas en lui-même, mais par son comportement, [...]Comprendre ce comportement et les ressources qu'il mobilise par rapport aux projets que, librement, le modélisateur attribue à l'objet » (précepte téléologique) ; (iv) « Convenir que toute représentation est partisane, non pas par oubli du modélisateur, mais délibérément, [...] et exclure l'illusoire objectivité d'un recensement exhaustif des éléments à considérer » (précepte d'agrégativité).

Ces éléments se retrouvent alors dans les concepts élaborés par le paradigme systémique, qui n'explique pas, mais aide à concevoir l'explication.

Le paradigme⁷² des systèmes complexes, ou comment passer de l'objet observé au système qui le représente⁷³

Du grec *sustêma*, (composition) et latin « *systema* » signifiant « ensemble », le concept de système dans le cadre de la théorie des systèmes est l'objet d'une multitude de définitions selon le domaine considéré (Lugan, 2006, 79 ; Piroton, 2005, 3). Dans un premier temps, nous en retiendrons trois que nous considérons comme complémentaires et suffisantes, respectivement

⁷² paradigme est ici entendu comme un ensemble d'hypothèses fondamentales et critiques sur la base desquelles théories et modèles peuvent se développer. Ces deux derniers sont plus complètement spécifiés » Steinbruner in Moigne(Le), 2006, 47.

⁷³ emprunt à Cardon (2005, 45).

proposées par Morin, Dauphiné et Moigne(Le) (1977, 37). La définition avancée par Morin quant à la notion, dans le tome 1 de La Méthode (1977, 102), est qu'un système constitue « *une unité globale organisée d'interrelations entre éléments, actions ou individus* ». Dauphiné y ajoute la notion d'environnement et définit un système comme « *un ensemble d'éléments en interactions, une totalité organisée, plus ou moins ouverte sur son environnement* » (Dauphiné, 2003, 83). Enfin, Le Moigne (2006, 56-61) insiste sur la dimension téléologique, qui associe à tout système, une finalité systémique⁷⁴.

Trois idées clefs caractérisent ainsi un système : le rôle essentiel des interactions (internes au système ou avec son environnement), la complexité, et l'organisation en vue d'une finalité.

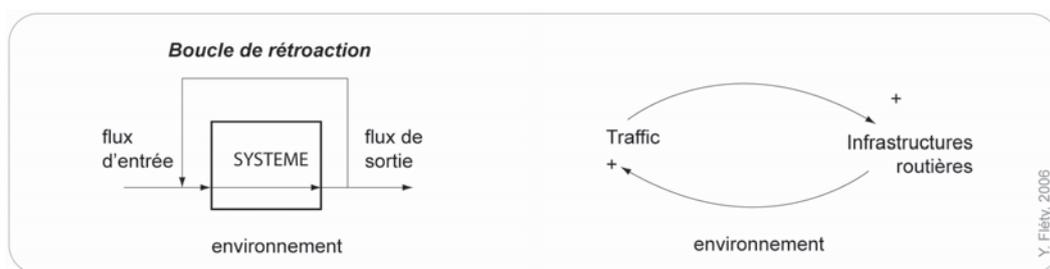
Interactions/interrelations/rétroactions

Un système a été défini comme un ensemble d'éléments organisés en interaction, c'est-à-dire dans lequel effets et causes se trouvent mêlés. L'interaction désigne la relation entre les éléments du système pris deux à deux, elle se traduit par « *un rapport d'influence ou d'échange portant aussi bien sur des flux de matière, d'énergie ou d'information* » (Donnadieu, 2008).

A la différence de l'approche analytique qui ne retient qu'une causalité linéaire (de A sur B ou inversement), la situation complexe introduit des causalités circulaires (interaction/interrelation) dans lesquelles A influence B, B influence A, avec des possibilités d'amplification négative des effets (diminution de la cause, nommée rétroaction négative ou réductrice) (Lugan, 2006, 16). Le contraire, la rétroaction positive (amplificatrice), renforce la cause et tend à accentuer la déviation par rapport à une norme. Concernant les liens territoires-énergies, l'exemple des sources d'énergie conditionnant les formes d'organisation du territoire qui ensuite se renforcent le recours à ces mêmes sources. Dans les systèmes anthropiques, ces boucles sont souvent de l'information et de la connaissance légitimant l'action.

Ces boucles peuvent intervenir à plusieurs niveaux dans le contrôle des processus, entre éléments du système, entre sous-systèmes, ou entre le système et son environnement (Figures 2-2).

⁷⁴ Dauphiné (2003, 93) précise que l'intentionnalité, qui est l'ancienne finalité, ne doit pas être confondue avec la finalité systémique. L'opposition entre les conceptions causales et finales a souvent été déformée par une confusion entre les notions de finalité et d'intentionnalité. La finalité est une propriété révélée par le comportement du système. Un système qui a pour finalité de présenter une surface d'ensoleillement maximal peut être non intentionnel (plante orientant ses feuilles), avoir une intentionnalité affichée (estivante sur la plage) ou imposée (four solaire dont les miroirs ont été orientés).



Figures 2-2 : Boucle générique de rétroaction située au niveau du contrôle d'un flux à l'échelle d'un système complet à gauche, et exemple de rétroaction positive amplificatrice entre deux éléments d'un sous-système transport routier à droite

L'environnement au sens systémique désigne le milieu au sein duquel le système évolue et avec qui il entretient des échanges. Un système est donc borné par son « observateur-modélisateur », il est circonscrit par une frontière et des limites, qui le séparent de son environnement. Si un système est dit fermé lorsqu'il est isolé de son environnement, il est qualifié d'ouvert lorsqu'il se « nourrit » d'information, de matière et d'énergie puisées dans son environnement. Les systèmes sociaux et les phénomènes spatiaux sont exclusivement des systèmes complexes ouverts (Charron, 2006), mettant en évidence les échanges avec d'autres systèmes ou avec l'environnement (Lugan, 2006, 5). Enfin, l'environnement du système contraint ce dernier, et quelques caractéristiques primordiales peuvent infléchir le système, elles sont appelées conditions au limite (du système) : le paradigme du développement durable et du réchauffement climatique sont respectivement un paradigme idéologique et une contrainte environnementale qui conditionnent par exemple les décisions prises sur les systèmes énergétiques, il en est de même du contexte législatif : ils sont intégrés aux conditions au limite.

Complexité⁷⁵

Provenant de l'adjectif latin « *complexus* » « imbriqué, entrelacé » (CNRTL, 2013), la dimension complexe d'un système insiste sur la grande variété de phénomènes physiques ou humains du système considéré, intégrant des logiques variées (physiques, économiques, culturelles) et donc des représentations potentielles différentes également. La complexité souligne la difficulté d'isoler ou de séparer les composants du système tout comme les liens de causalité et renvoi à la notion de globalité et d'incertitude (Lugan, 2006, 19). Selon Dauphiné (2003, 45), la complexité d'un système géographique est liée à quatre dimensions

⁷⁵ Synthétisant la pensée des détracteurs de la systémique, Brunet, dans « Les mots de la géographie », définit la complexité comme « un mot commode pour masquer le renoncement à l'analyse scientifique, au profit de la globalisation et du discours incontrôlable ». Cette réflexion peut soulever la question du lien entre science et globalisation que nous ne traiterons pas ici.

principales : tout d'abord, une complexité structurelle due à un grand nombre de composants, qui induit elle-même une complexité de comportements et d'évolution des systèmes (stabilité, chaos, etc.) ; deux autres complexités complémentaires relatives au caractère multi-scalaire des systèmes interviennent ensuite : celle due aux emboitements de niveaux d'échelles spatiales et temporelles, et celle liée, due aux d'emboitements de niveaux d'organisation (la compréhension d'un peuplement forestier nécessite l'étude des populations qui le composent au niveau inférieur et de l'écosystème dans lequel il s'insère au niveau supérieur). Les éléments d'un système sont en effet hiérarchisés en niveaux d'organisation qui autorisent l'identification de sous-systèmes. Ces deux dernières complexités mettent en relation le global et le local, et interrogent le passage d'une perception et d'une description locales vers celles d'un niveau supérieur.

Cette notion de complexité implique également celle d'émergence, particulièrement identifiée dans le champ de la géographie urbaine (Pumain, 1989 ; 1997). La notion d'émergence naît en effet quand les interactions entre éléments d'un niveau donné influencent ou donnent naissance à d'autres éléments à un autre niveau. De même que l'oxygène et l'hydrogène s'assemblent pour former un nouvel état de la matière qu'est l'eau, avec des propriétés nouvelles non contenues dans chacun de ses composants. Un système territorial énergétiquement économe n'est ainsi pas une collection d'objets performants posés (bâtiments) ou roulants (véhicules) sur un espace (IEPF, 2010, 35). C'est bien l'ensemble de relations entre ces objets qui en ferait un espace de moindre consommation. C'est même la compréhension de ces relations et de leur possibilité d'évolution qui peuvent aider à la définition de gisements territoriaux d'économie d'énergie.

Organisation et finalité :

Un des axiomes de la mécanique rationnelle postule que la structure d'un objet détermine ses fonctions. L'approche systémique s'en dégage et porte moins sur les mécanismes et structures (en tentant de les enfermer dans des boîtes noires⁷⁶), que sur l'analyse du comportement (Moigne(Le), 2006, 47-54). Une entrée classique pour l'approche d'un système consiste en une double caractérisation, relative à ses dimensions structurelle d'une part et fonctionnelle d'autre part. Si la dimension structurelle revient à tenter d'inventorier et de décrire les différents éléments du système, leur organisation, relation, ainsi que de définir la frontière du système, la dimension fonctionnelle renvoie quant à elle à l'ensemble des phénomènes et processus qui s'y déroulent. La dimension fonctionnelle vise donc la caractérisation des contrôles et des

⁷⁶ Qui permettent d'ignorer le fonctionnement interne et de ne le considérer que comme comportant des entrées et des sorties : par principe l'observateur n'en analyse pas le détail mais seulement les capacités de transformation.

régulations des différents flux, échanges et transferts de matière, d'information ou d'énergie. Alors que l'organisation structurelle est statique à une échelle de temps donné, l'organisation fonctionnelle introduit des temporalités et décrit les processus dynamiques du système. Ces processus permettent au système de s'adapter et de maintenir leur cohérence interne en fonction de leur finalité : en ce sens, les systèmes complexes sont dits auto-organisés (Hypergéométrie - Da, 2008). Le processus par lequel la situation matérielle et énergétique est maintenue constante, de sorte que le système se maintienne, est appelé homéostasie : si l'état du système peut paraître stable en apparence, il s'agit bien d'un processus dynamique au sein duquel des boucles de rétroactions entretiennent cet état. Organisation et finalité se trouvent ainsi liées.

Vers un objet systémique de recherche

Ce détour théorique vise à fournir la grille de lecture autorisant la mise en système de notre objet de recherche. A propos de ce dernier, Moigne(Le) (1977, 36) note que « *le premier paradoxe de la théorie [du Système Général, "outil de lecture"] tient à ce qu'elle est présumée définir une méthode de recherche d'un objet qu'on aurait au préalable, sinon déjà trouvé, au moins su définir, de telle façon qu'on puisse le reconnaître ultérieurement* ». Or comment connaître l'objet, l'identifier, le définir ? La formalisation demandée consisterait à donner, du point de vue de l'approche systémique, une forme logique aux éléments de notre problème, en faisant plus ou moins abstraction de la matière ou du contenu. Puisqu'aux préceptes d'exhaustivité et de dissection analytique de l'objet de recherche, la systémique substitue celui d'agrégativité, une représentation simplifiée et donc une modélisation seraient rendues plus accessibles dans notre cas pour capturer les liens entre territoire et énergie. Il s'agit en ce sens de réduire un système à ses caractères formels. Intuitivement, la formalisation la plus évidente est sans doute une représentation graphique. Aussi, à la question -comment formaliser l'objet systémiquement ? -, peut se substituer celle de -comment représenter le système étudié et ses formes ? Cette formalisation relève de ce que Moigne ((Le), 1977, 51) nomme systémographie, c'est-à-dire d'une photographie prise par l'outil systémique, d'un objet, qui, doté de propriétés - fonctionnelle, structurelle, téléologique (d'une finalité), ou évolutive dans un environnement - constitue un système.

Pour clore cet aperçu théorique, et pour la construction de notre objet de recherche, il convient de préciser qu'il existe différents niveaux de formalisation systémique (Moigne (Le) , 1992) et de bien différencier l'approche systémique, de la modélisation systémique et de son langage pour simuler un ensemble d'équation de stocks et de flux (Forrester, 1982 ; Guigo, 1989) qu'est la dynamique de systèmes (Dauphiné, 2003, 83 ; Moine, 2004, 18).

Après l'exposition liminaire des principaux concepts de l'approche systémique, cette dernière peut être appliquée à l'analyse de l'organisation et du fonctionnement des territoires d'un point de vue énergétique et informationnel.

2.2. Energie et information, éléments vitaux pour les territoires : métabolisme et écologie territoriale

Un premier niveau d'appréhension de l'énergie, ressource fonctionnelle indispensable et organisatrice du territoire, peut en partie être réalisé à l'aide d'une méthode de quantification que synthétise le métabolisme territorial. Cette lecture de l'énergie constitue une déclinaison de l'approche systémique précédemment évoquée, appliquée aux liens énergie-information-territoire.

Plusieurs types d'investigations relevant de la systémique peuvent en effet être appliqués aux territoires. Si Rosnay ((de) (1996) a sans doute repris quelques anciens travaux et établi l'éco-énergétique, le méta-modèle de Neuchatel, proposé par Schwarz (1997) illustre spécifiquement une vision systémique des territoires dans lesquels les flux d'énergie et d'information sont des composantes conditionnant le fonctionnement du territoire, l'information ayant un rôle de régulation des flux énergétique (Figure 2-3).

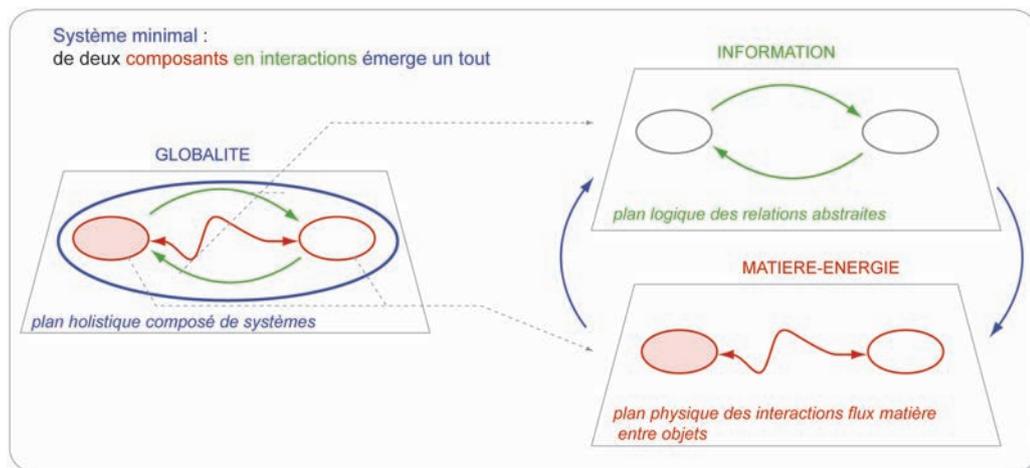


Figure 2-3 : Le méta-modèle de Neuchatel (Schwarz, 1997)

Dans une perspective similaire, l'entrée « énergie » de l'encyclopédie Hypergéométrie (Hypergéométrie - Elissalde, 2005) fait directement référence à une approche systémique des liens territoire-énergie et avance :

« Dans la théorie générale des systèmes, le concept d'énergie correspond au moteur garantissant le bon fonctionnement du système, ce moteur étant lui-même la résultante des interactions entre les éléments dudit système. Il existe donc une énergie propre à chaque système identifié comme tel. Entre les composantes d'un système, existent des flux d'énergie qui permettent au système de maintenir son organisation et sa structure »

et de lutter contre l'entropie⁷⁷ Cette énergie de puissance est activée par des éléments de structure du système qui la régulent au moyen de flux d'information. Entre une configuration spatiale et les flux d'énergie d'un système spatial peuvent exister des discordances et des décalages plus ou moins durables».

Si la systémique constitue une grille de lecture que nous utilisons, il en existe quelques déclinaisons plus concrètement mobilisables.

De l'écologie aux territoires

Selon les premières phrases de cette définition, la survie d'un territoire, comme tout système, de par ses structures et fonctions, est conditionnée par la disponibilité de matière (et donc d'une quantité d'énergie), et d'information, sans lesquelles aucune activité n'est possible (Schenk 2006, 8). Les théories énergétiques de l'écologie (Vivien, 2005) proposent en ce sens d'examiner les écosystèmes comme des organisations fonctionnelles qui s'ordonnent, se développent et évoluent dans le temps grâce aux différents flux qui les traversent⁷⁸. Lindeman (1942) considère ainsi tous les éléments d'un écosystème, biotiques comme abiotiques, en les réduisant à des formes et échanges, notamment énergétiques. Concernant les systèmes vivants, le terme de métabolisme⁷⁹ recouvre l'analyse de ces flux, et se définit comme le « *processus de transformation de la matière et de l'énergie par des organismes vivants* ». Plus précisément, il s'agit de l'« *ensemble des réactions de synthèse, génératrices de matériaux (anabolisme), et de dégradations, génératrices d'énergie (catabolisme), qui s'effectuent au sein de la matière vivante à partir des constituants chimiques fournis à l'organisme par l'alimentation et sous l'action de catalyseurs spécifiques* » (CNRTL, 2013). Par analogie avec le

⁷⁷ « L'entropie se définit comme la somme des variations qu'a subi la valeur de transformation d'un système en passant de son état initial à un état actuel. La valeur de transformation est elle-même proportionnelle à la quantité d'énergie utilisable du système, et donc transformable. Sachant qu'il y a dégradation de l'énergie utilisable au fur et à mesure de sa transformation (2ème principe de la thermodynamique) et qu'il y a conservation de l'énergie (1er principe), l'entropie d'un système isolé, sans apport d'énergie nouvelle, est croissante ». L'information, par la régulation qu'elle permet au sein d'un système, introduit l'ordre, malgré la dérive entropique (Major, 1999, 14). Ainsi en thermodynamique, une forte entropie (énergie de basse qualité) signifie qu'une forte proportion de l'énergie d'un système n'est pas transformable en travail. Elle correspond au désordre microscopique, car la chaleur, forme la plus dégradée de l'énergie, est produite par l'agitation désordonnée des molécules. L'entropie correspond donc, à un niveau microscopique, à un système non ordonné, désorganisé, comme les molécules dispersées d'un gaz. Mais les mots « désordre », « homogénéité », n'ont pas le même sens en physique et en sciences sociales. Il convient alors de bien différencier les entropies macroscopiques, des entropies microscopiques, des entropies statistiques ou d'information, ces dernières qualifiant un niveau d'incertitude : le désordre énergétique microscopique ne peut être confondu avec le désordre spatial macroscopique (Dauphiné 2003, 98).

⁷⁸ En se référant à Lotka, Vivien précise le principe dit de "maximum de puissance", qui fait un lien entre énergétique et théorie de l'évolution. Ce principe stipule que la lutte pour l'existence à laquelle sont soumis les systèmes vivants, les conduit à maximiser l'emploi de l'énergie [...].

⁷⁹ cf. par exemple la modélisation de processus métaboliques cellulaires (Breuel, 1997).

vivant, les territoires peuvent être considérés comme des écosystèmes, objet de l'écologie territoriale (Duret, 2007), et ainsi être analysés par leur métabolisme.

Métabolisme territorial : une approche énergétique des territoires

Dans « The metabolism of cities », Abel Wolman (cité dans Barles, 2007a, 4), tout comme Newman (1999), établissent le concept de métabolisme urbain en comparant le fonctionnement d'une ville états-unienne à un écosystème⁸⁰.

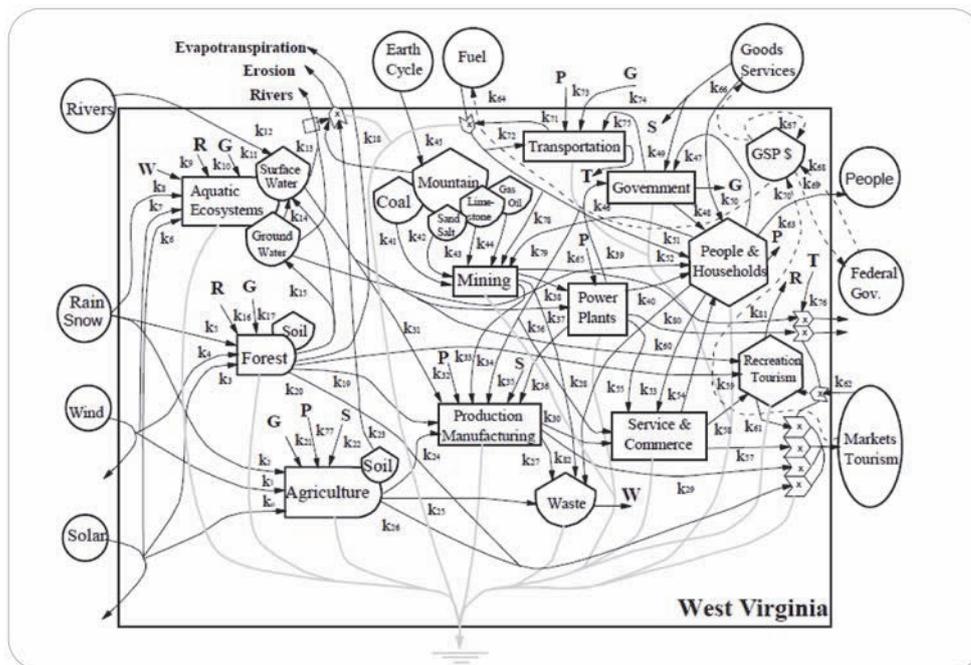
Par extension, ces approches considèrent les territoires comme des lieux où s'échangent et se concentrent des flux d'énergie, conditions de leur fonctionnement. « *Après tout, on peut considérer le système [territorial]⁸¹ comme une certaine configuration de flux et de stocks de matière, d'énergie et d'information, tout comme les systèmes biologiques* » (Erkman, 2004, 9-12). Dans une certaine mesure, le territoire transforme bien des matériaux bruts, de l'énergie et de l'information, en un espace approprié, transformé et construit, rejetant des déchets. Une nuance est cependant apportée : contrairement aux écosystèmes naturels qui peuvent être considérés, à certaines échelles spatiales et temporelles, comme des systèmes fermés dans lesquels des boucles de rétroaction négatives mènent à l'homéostasie, les systèmes territoriaux sont quant à eux ouverts et échangent énergie, matière et informations (Grimm, 2004).

Le métabolisme territorial serait alors « *l'étude de l'ensemble des composantes biophysiques du système [territorial]. Cette démarche, essentiellement analytique et descriptive, vise à comprendre la dynamique des flux et stocks de matière et d'énergie liés aux activités humaines, depuis l'extraction et la production des ressources jusqu'à leur retour inévitable, tôt ou tard, dans les processus biogéochimiques* » (Erkman, 2004, 12). L'approche du métabolisme territorial repose en ce sens sur une approche globale et intégrée de l'ensemble des composants du territoire et de leurs relations, mobilisant nécessairement des disciplines diverses (Julien-Saint-Amand, 2008).

⁸⁰ Par cette même analogie, Odum (1989, 17) va jusqu'à affirmer que « the city is a parasite on the natural and domesticated environment, since it makes no food, cleans no air, and cleans very little water to a point where it could be reused », il est rejoint par Nghiem, (2005, 35) pour qui les villes sont comme des cancers, caractérisées par une croissance rapide, la congestion de ses artères, et la nécrose de ses tissus urbains.

⁸¹ Si Erkman (2004), manipule le concept de métabolisme industriel, elle constate, tout comme Adoue (2007) le sens très restreint de l'adjectif industriel en français. L'adjectif industriel est en effet entendu « au sens de l'étude de l'ensemble des activités humaines, et pas uniquement dans son acception courante de seul système de production » (Adoue, 2007, 15). Elle propose de parler « ainsi de métabolisme territorial lorsque que l'on s'intéresse à une région donnée, délimitée géographiquement ou politiquement » (Erkman, 2004, 178).

Ainsi l'objectif du métabolisme territorial vise à faire évoluer le système des activités humaines dans son ensemble pour ne pas accentuer la déconnexion avec le fonctionnement de la biosphère. Concrètement, il s'agit d'identifier des complémentarités entre activités pour en optimiser les usages et refermer les boucles énergétiques⁸²: la production de vapeur dans le processus de fabrication d'une industrie peut être réutilisable pour un réseau de chaleur et de chauffage urbain (Figure 2-4). Les méthodes de quantification nécessaires à la réalisation concrète du métabolisme territorial (Haberl, 2001), dont quelques études ont concrètement abouties (Huang, 2005 ; Grimm, 2004 ; Havranek, 2009 ; Barles, 2007b), soulèvent la question des équivalences entre formes d'énergie pour lesquelles Odum (1996) a proposé le concept d'émergie. Contraction de « *embodied energy* », l'émergie correspond à la quantité totale d'énergie contenue dans un élément d'un système et autorise cette approche par bilan quantitatif que constitue le métabolisme territorial. Enfin, comme dans les écosystèmes « naturels », les systèmes territoriaux font intervenir différents niveaux d'organisation et jeux d'échelles, que l'analyse du métabolisme territorial tente de retranscrire (Liu, 2005 ; Julien-Saint-Amand, 2008 ; Diemer, 2007 ; Ramos-martin, 2009).



⁸² Dessus (2007, 23) précise ainsi que les deux tiers de l'énergie « produite » par une centrale nucléaire est libérée dans l'atmosphère sous forme de chaleur (panache blanc). Selon ces principes de complémentarité d'activité, la seule façon d'améliorer ce rendement et de refermer une boucle serait de rapprocher ces centrales des clients pour exploiter cette chaleur relâchée, ce qui est délicat avec de pareilles installations. Coutard (2009) insiste sur la délicate connexion entre cette vision « écocyclique » proposée par le métabolisme et les logiques d'infrastructures en réseaux avec lesquelles nous résonnons. Dans ces deux cas les limites d'un système centralisé transparaissent.

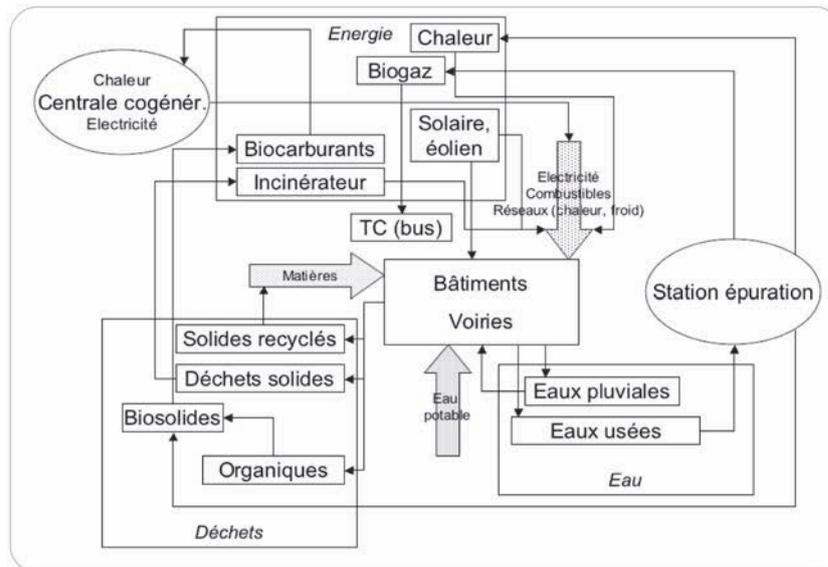


Figure 2-4 : Identification de complémentarités d'activité dans le cadre du métabolisme territorial à différentes échelles : de l'Etat de West Virginie (USEPA, 2005, 2-14) et Éco-cycle de Hammerby valorisant les complémentarités entre activités urbaines et eau-déchets-énergie (PUCA, 2007, 39)

Dépasser une approche par les stocks et les flux

L'analyse du métabolisme territorial vise la modélisation quantitative de la dimension biophysique des liens entre l'homme et son environnement, en s'appuyant sur des méthodologies telles l'analyse des flux de matières et des cycles de vies, les représentations stocks/flux ou le calcul d'empreintes écologiques. Ainsi défini, il se limite donc à une comptabilité physique de bilans de masse et d'énergie mettant à jour le substrat matériel indispensable à toute activité sur un territoire (Erkman, 2004, 178). Bovar insiste d'ailleurs sur la vision très technicienne d'entrées/sorties sous la forme de comptes de flux (Bovar, 2008, 69).

Quelques auteurs, parmi lesquels Barles (2007b), Nghiem (2005) ou (Ramos-martin, 2009) tentent quant à eux de dépasser cette seule comptabilité, dans une perspective d'aménagement, par l'identification de complémentarités entre notamment les « sorties énergétiques » d'un élément du territoire, et les besoins d'un autre, mais toujours dans une stricte approche de flux. Ils évoquent également l'intégration d'une dimension sociétale en considérant les comportements au cœur des processus métaboliques qui autoriserait un diagnostic des enjeux sur la base de scénarios prospectifs. Il s'agirait d'identifier les interrelations entre éléments du système territorial afin d'aboutir à de nouvelles mises en perspectives jusqu'alors inaccessibles aux approches sectorielles (Figure 2-5).

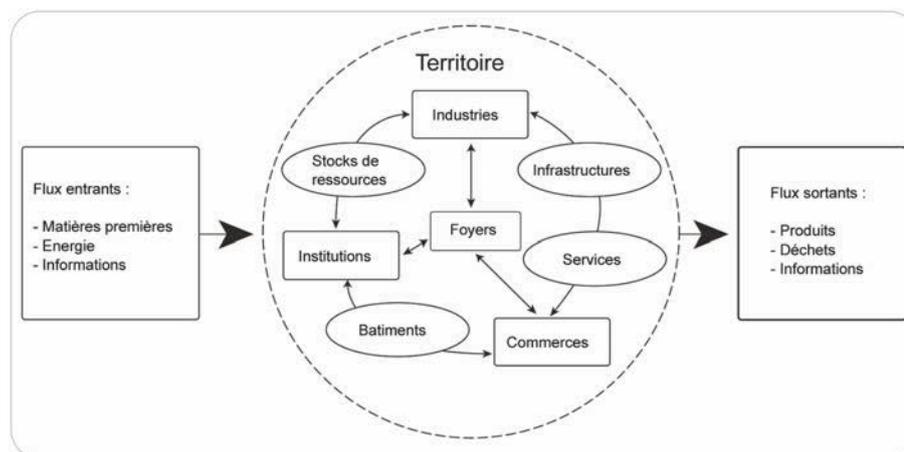


Figure 2-5 : Métabolisme territorial (Nghiem, 2005, 36)

L'un des principaux apports du concept de métabolisme territorial réside alors en effet dans la globalité de son approche en considérant « *l'analyse du fonctionnement et de la durabilité d'un territoire et de ses acteurs comme un écosystème humain [...] pour répondre à [...] « des enjeux de renouvellement urbain et d'aménagement* (Nghiem, 2005, 37). A cette fin, mais sans ce niveau de détail, Rosnay (de) (1996), préconisait déjà de s'appuyer sur deux approches complémentaires, systémique et analytique dans son « éco-énergétique ». Dans le premier cas, il s'agissait de procéder à « *une étude globale de la transformation et de l'utilisation de l'énergie [...]. Dans l'autre, de faire l'analyse détaillée de toutes les transactions énergétiques dont dépendent les fonctions de production, de consommation et de récupération [...] afin d'assurer la fonction principale d'autoconservation de l'organisme social* ».

Nous nous inscrivons dans une stricte analogie avec les processus métaboliques du vivant (anabolisme/catabolisme) qui intègrent la création/destruction de matière. Les approches précédentes ne vont jamais jusqu'à considérer que l'énergie génère des organisations (destructions), notamment spatiales, ce qui d'un point de vue territorial se traduit par exemple par les activités socio-économiques ou par des phénomènes de croissance urbaine. Pour analyser ces complémentarités, une connaissance fine des activités d'un territoire est requise, dans leur fonctionnements, leurs localisations, et ce, à différentes échelles spatiales et temporelles.

L'écosystème territorial, par sa complexité au sens systémique et ses échanges énergétiques, peut être comparé à un système vivant. Nous inscrivant dans les cadres de la théorie des systèmes et du concept de métabolisme territorial, nous en soulignons cependant les limites au vu de nos objectifs : la plupart des études mobilisant ce concept l'utilise pour une analyse de flux (Barles, 2007 a,b ; Nghiem, 2005), consistant en une lecture énergétique des territoires. Bien que cette dernière ne soit pas à exclure de notre approche, les liens énergie-territoire dépassent toutefois cette seule comptabilité de flux. Il s'agit plus, dans notre cas, d'entrer dans

le détail de la compréhension et de l'explication des processus territoriaux en jeux, ce qui nécessite une connaissance au plus près des fonctions et structures du territoire concerné. Le recours au concept de métabolisme territorial comme paradigme d'une approche systémique des liens énergie-territoire-information démontre cette ambition intégratrice. Mais l'objectif de compréhension fixé, nous pousse à approfondir l'interprétation des liens énergie-territoire, traduits par le concept de Système Energétique Territorial.

2.3. De la chaîne et des filières énergétiques, au Système Energétique Territorial

La définition des systèmes énergétiques a été développée d'une part sous l'angle technique ou économique (Chapitre 1.1.2.1.), et d'autre part sous celui d'une approche énergétique du territoire, à travers le métabolisme territorial. Si l'interdépendance énergie-territoire et quelques exemples de liens illustrant ces interactions ont précédemment été présentés, le choix d'une approche systémique, capable de capturer l'ensemble de ces liens nécessite un approfondissement. L'objectif ici visé, est une généralisation de la définition de ces liens par la construction d'un système.

Eléments structurels et fonctionnels d'un système énergétique territorial

Les liens territoire-énergie constituent un système complexe par le nombre d'interactions entre éléments en présence et la multiplicité des dimensions : sociale, technologique, spatiale, physique, économique. Brücher (2001, 4520) est sans doute le premier auteur à proposer une vision élargie du système énergétique, intégrant des interactions entre politique, socio-économie, conditions spatiales et chaîne énergétique (Figure 2-6).

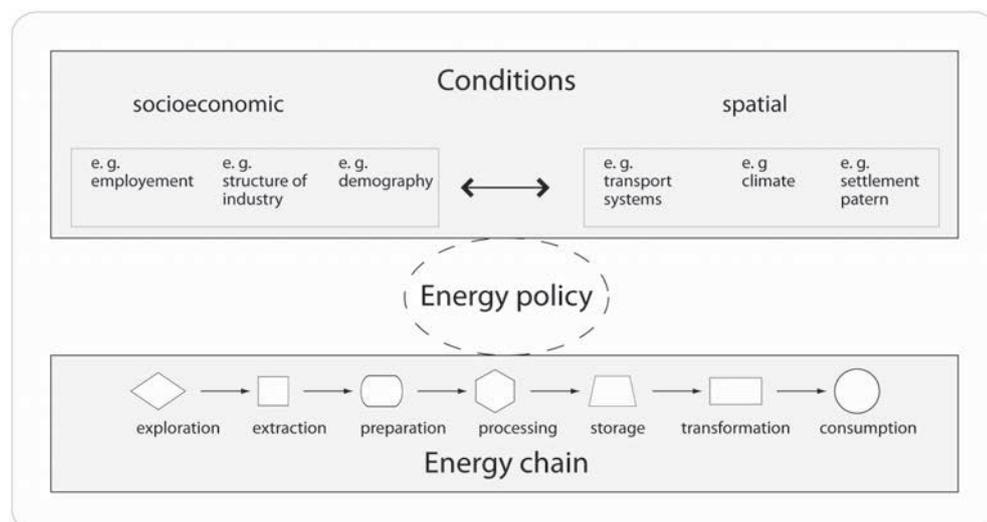


Figure 2-6 : Interactions entre politiques, socio-économie, conditions spatiales et la chaîne énergétique (Brücher, 2001, 4521)

Sur la base des travaux de Prelaz-Droux, (1995), Ibrahim, (2005) a proposé un modèle d'analyse d'un Système Energétique Territorial (Figure 2-7) autorisant l'identification des éléments structurels et fonctionnels de ce dernier⁸³.

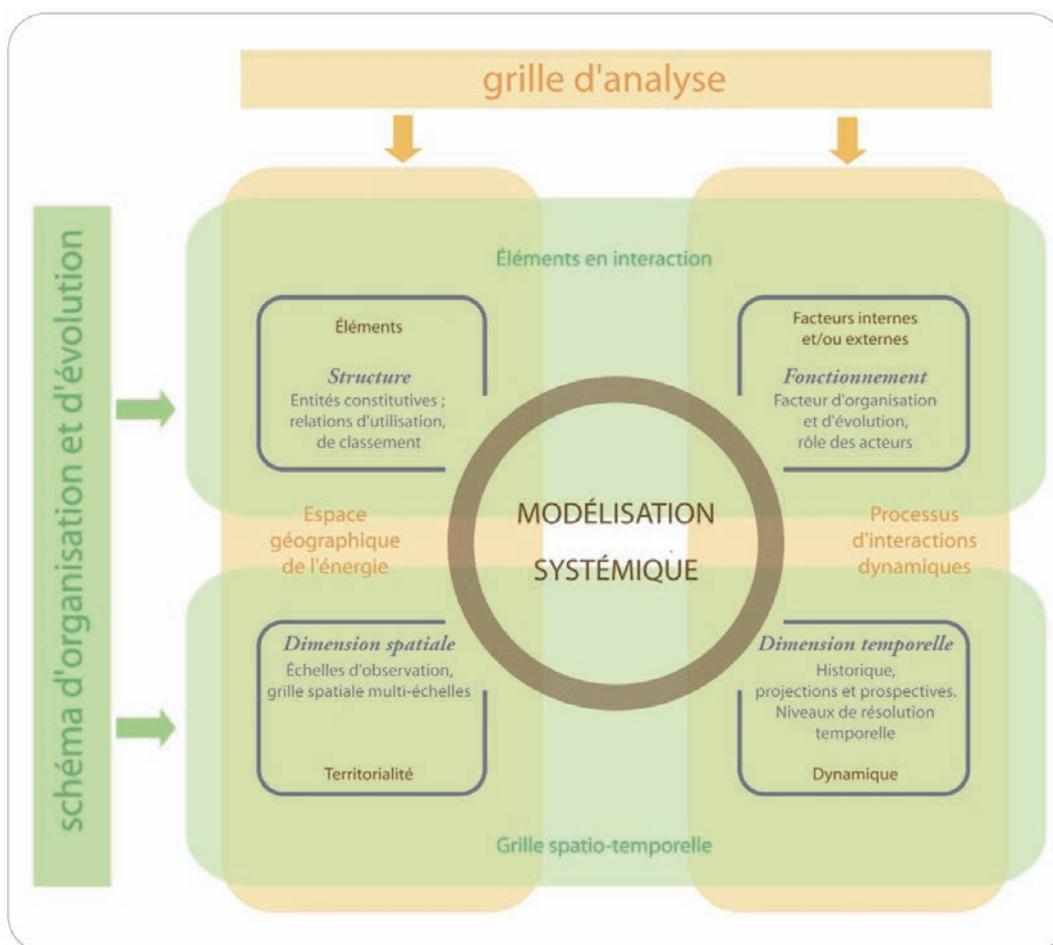


Figure 2-7 : Un modèle d'analyse du Système Energétique Territorial (Ibrahim, 2005)

Cette première représentation propose et combine deux niveaux d'analyse. Le premier niveau, à lecture horizontale, avance une approche générale et classique d'un système. Ce dernier se compose d'éléments de structure et de fonction, s'organisant sur un contenant que constitue une matrice spatio-temporelle, c'est-à-dire une sélection d'échelles spatiales et temporelles multiples d'observation (Mérenne-Schoumaker, 2007, 60). Le second niveau, à lecture verticale, constitue la grille d'analyse de la structure énergétique du territoire. Les mécanismes conditionnant l'organisation et l'évolution du système sont respectivement représentés par les deux sous-ensembles verticaux. La dimension spatiale et les éléments de structures définissent ainsi l'espace géographique de l'énergie, et la dimension temporelle et les facteurs d'évolution

⁸³ L'essentiel de ce paragraphe s'inspire librement des travaux d'Ibrahim (2005), travaux menés au laboratoire ThéMA de Besançon sous la direction de M-H. de Sède-Marceau.

conditionnent et caractérisent quant à eux la dynamique de l'ensemble des processus du système. Il est bien évident qu'espace géographique et processus dynamiques ne sont qu'un tout, décomposé par ce modèle d'analyse, dans lequel le système énergétique façonne le territoire qui simultanément le modifie.

- Des éléments de structure ...

La structure du système est notamment constituée de la chaîne énergétique (Figure 2-8), représentant la succession des formes et infrastructures énergétiques. Cette chaîne est déclinée par filière (bois-énergie, éolienne, hydraulique, etc.) pour un agent énergétique donné (respectivement bois, vent, eau, etc.), il est rappelé qu'un type d'énergie peut être mieux adapté (meilleur rendement au long de la chaîne) à un usage qu'un autre.

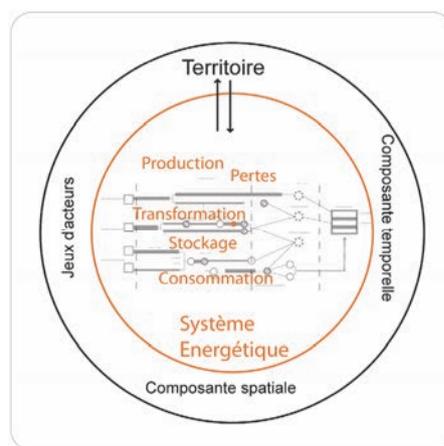


Figure 2-8 : Un premier niveau de représentation du SET

La chaîne énergétique s'inscrivant sur un territoire, par définition singulier, l'ensemble des caractéristiques tant physiques (conditions climatiques, types de sols...), que sociales (niveaux de revenus, comportement des ménages, etc.) ou économiques (structure industrielle, prix, etc.) constituent des éléments de structure du système. Enfin, l'espace et le temps apparaissent également comme des éléments indispensables à considérer⁸⁴.

La chaîne énergétique, et donc l'ensemble des sources énergétiques, modes de production, de distribution et de consommation, est contrainte à chacune des formes énergétiques par les spécificités territoriales. Les structures de production et de consommation sont ici entendues au sens propre, en tant qu'entités physiques (bâtiments, ménages, véhicules), comme au sens figuré en tant que « profil » (photographie des proportions des types d'énergies primaires ou des

⁸⁴ Si notre travail a trouvé naissance dans cette grille d'analyse, nous en marquons cependant une limite : la représentation fournie propose la mise sur un même plan des éléments de structure, de fonction, de l'espace et du temps. Ces deux derniers éléments ne relèvent pourtant pas du même plan et n'ont pas le même statut : ils constituent pour nous une matrice sur laquelle se lisent les structures et fonctionnements.

usages, temporalités, etc.). Ainsi, en procédant à quelques agrégations, l'offre, constituée des ressources, installations de production, distribution sous la formes de réseaux (nature, dimensions, connexions) tout comme la demande (énergie finales et usages), sont conditionnées par les caractéristiques territoriales.

La dépendance spatiale ou territoriale de l'offre sous la forme des potentiels et ressources énergétiques a été mentionnée précédemment. Les énergies renouvelables apparaissent par exemple et pour une partie d'entre elles, fortement dépendantes de caractéristiques territoriales tant en terme de potentiels que de ressources (localisation des gisements mais aussi contraintes et aménités autour de leur exploitation). En effet, les énergies renouvelables présentent tout d'abord une dépendance spatiale, notamment sous la forme des localisations et donc des caractéristiques physiques du lieu, tel un type de peuplement forestier, les conditions climatiques (vents, soleil) etc. Elles présentent ensuite une dépendance territoriale. Par exemple, une station d'épuration et des résidus agricoles pour une filière de méthanisation impliqués pour la mise en place d'un réseau de chaleur, sont d'une part conditionnés par des proximités, la chaleur ne se transportant que sur de courtes distances, et d'autre part par une concentration de population estimée selon des seuils de densité, des questions de législation ou de coûts financiers.

Tout comme les structures de l'offre, celles de la demande (distributions et consommation) présentent également un lien étroit aux caractéristiques territoriales. La répartition des pôles de consommations (Zvoleff, 2009), l'ensemble des réseaux (distribution ou transports) (Nadaud, 2005, 293), et plus largement les choix effectués en matière d'urbanisme, influenceront grandement sur le système énergétique. A titre d'exemple, les îlots de chaleur urbains sont liés à la morphologie urbaine comme au recours massif à la climatisation estivale.

Si la considération de l'espace comme paramètre fondamental est apparu, le temps l'est également. Les ressources, tout comme la demande, sont conditionnés par des processus temporels cycliques imbriqués à plus ou moins longs termes (Figure 2-9).

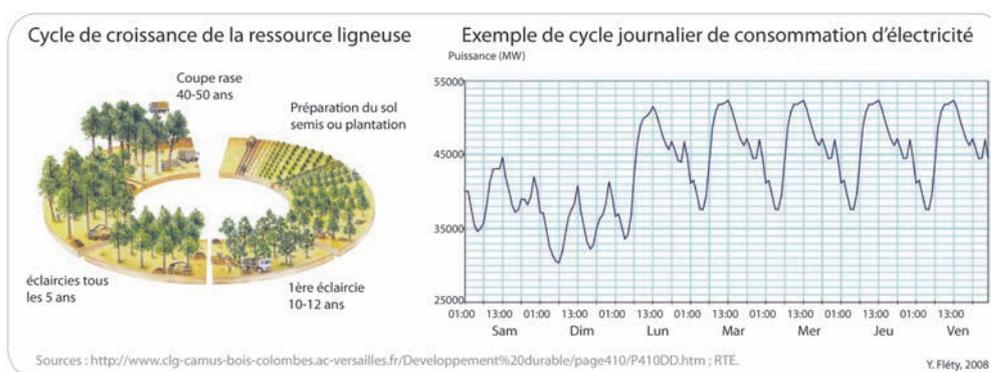


Figure 2-9 : Exemples de composantes temporelles, cycle de croissance de la ressource ligneuse et cycle hebdomadaire de consommation électrique

Ces processus relèvent autant de composantes « naturelles » (croissance végétale) qu'anthropiques (alternances de périodes d'activités). Il convient alors de réinsérer ces éléments dans leur contexte puisque les éléments de compréhension n'émanent pas spécifiquement du domaine de l'énergie (environnement social dont l'organisation conditionne les usages et rythmes de consommation). Il s'agit ici d'un point très important sur lequel nous reviendrons au cours de ce chapitre : la connaissance du système énergétique dépend presque plus de données et d'information non énergétiques. Ainsi, un nombre de kilomètres quotidiens parcourus autorise l'évaluation d'une consommation énergétique, un nombre de bovins permet d'estimer une production de biogaz, une localisation couplée à des données socio-démographiques et des informations sur l'habitat peuvent permettre d'anticiper la diffusion des phénomènes de précarité énergétique sur un territoire.

La chaîne énergétique en interaction avec l'ensemble des caractéristiques territoriales, constitue donc les éléments de structure du système énergétique territorial.

- ... régis par des facteurs d'évolution : une approche fonctionnelle

La chaîne énergétique est contrainte par une multitude de facteurs intervenant à différentes échelles spatiales et temporelles. Six facteurs principaux, sans hiérarchisation peuvent être identifiés.

Le premier facteur fonctionnel est démographique (i). La connaissance de la structure de la population, sa répartition et son évolution est essentielle. La consommation énergétique est directement corrélée à la somme des besoins des individus et des activités localisées sur un territoire. La répartition spatiale de la population conditionne également la nature de la demande et les modalités de sa satisfaction. Un réseau de chaleur nécessite en ce sens des seuils de concentration de consommation, et la micro-installation de technologies non compétitives à grande échelle peut devenir rentable pour des espaces très faiblement peuplés. Le deuxième facteur d'évolution relève d'une dimension technologique (ii). Les avancées scientifiques et leurs déclinaisons technologiques constituent en effet l'un des principaux facteurs d'évolution du système (Mérenne-Schoumaker, 2007, 3). Les progrès des techniques autorisent l'utilisation à échelle industrielle de nouvelles sources ou vecteurs énergétiques (solaire, éolien, sans doute hydrogène), l'amélioration des processus de transformation, des rendements et de l'efficacité énergétique. Le troisième facteur relève du champ économique (iii) et se décline sous deux formes. La structure économique d'un territoire (compositions types de ses secteurs productifs) conditionne une structure de production et de consommation. Les consommations d'un territoire principalement tertiaire diffèrent de celui abritant un grand nombre d'industries. Ensuite, les prix, coûts, subventions, les capacités et organisation des marchés, commandent également fortement les structures de production et de consommation. La rentabilité économique joue un

rôle déterminant dans la configuration des systèmes énergétiques. Le quatrième (iv) facteur est social. Ainsi, les niveaux de revenus et de vie, conditionnant les types d'alimentation, de logement, de santé et de loisirs, influent fortement sur les niveaux et modes de consommation. Les représentations individuelles ou collectives impactent les modes de consommation d'habitation, de déplacement ou l'image sociale de certaines technologies ou filière (Jobert, 2007 ; Upham, 2007 ; Hickson, 2007). Le cinquième facteur relève des conditions environnementales (v) dans ses dimensions impacts et pollutions. La banalisation de la notion de développement durable a introduit la nécessité de concilier développement économique et préoccupations environnementales, et fait émerger une volonté sociale en ce sens. Parmi ces préoccupations, l'énergie et ses problématiques connexes, sont devenues des thèmes centraux. Enfin, le dernier facteur est relatif aux politiques (vi) et stratégies territoriales, notamment énergétiques, menées par des acteurs aux intérêts divergents, et ce à différentes échelles. Sécurité d'approvisionnement, intérêt industriel géopolitique ou électoral, sont ainsi des éléments qui façonnent les politiques énergétiques.

Plusieurs lectures des liens énergie-territoire ont été abordées, en se référant au paradigme systémique. Il s'agit, au vu de nos objectifs de connaissance du fonctionnement énergétique des territoires, d'entrer dans le détail de la compréhension, des processus territoriaux en jeux. Cet objectif d'analyse et de compréhension en fonction d'un contexte territorial, pour de la planification territoriale énergétique, nous pousse à approfondir l'interprétation de ces liens entre énergie et territoire, traduite par le concept de Système Energétique Territorial. Si un modèle d'analyse de ce dernier a été proposé, ses éléments de structure et de fonction n'ont été qu'évoqués. La proposition avancée par Ibrahim (2005) cible principalement l'étude de la chaîne énergétique. Bien que réservant une place prépondérante à l'énergie dans l'analyse des territoires, le SET se distancie tout de même d'une approche énergétique des territoires, et ébauche une approche territoriale de l'énergie. Nos objectifs nous poussent à centrer l'analyse sur les caractéristiques d'un territoire. Prétendre comprendre la problématique énergétique implique en effet aujourd'hui d'appuyer le raisonnement sur la connaissance d'un système complexe qui ne peut être approché qu'en étant réinterprété dans un contexte économique, social et environnemental, ce que nous nommons territorialiser l'énergie.

3. L'Intelligence Territoriale, un processus intégrateur pour territorialiser l'énergie

La lecture retenue des liens énergie-territoire à travers le concept de SET implique d'intégrer la variabilité des contextes locaux, c'est-à-dire territorialiser l'énergie, pour une compréhension du

fonctionnement des territoires. Dans la perspective d'une planification territoriale énergétique, il en résulte d'une part un besoin de ressources informationnelles énergétiques et territoriales, et d'autre part la nécessité d'inventer de nouvelles méthodes d'organisation et de fonctionnement performantes au sein des systèmes d'acteurs. L'intelligence territoriale apparaît alors comme un concept intégrateur pour ces différents besoins.

3.1. Territorialiser l'énergie, première définition : spatialiser et contextualiser par le partage d'information à échelles fines⁸⁵

L'analyse du fonctionnement d'un territoire à travers le concept de Système énergétique territorial permet de proposer une approche holistique des liens territoire-énergie. Cette dernière rompt avec les approches verticales et sectorielles. Mais ce changement de conception dans la manière de saisir les liens énergie territoire nécessite une mise en contexte des connaissances dudit territoire, afin d'identifier son organisation et son fonctionnement, pour optimiser les potentialités en matière énergétique comme de gouvernance.

Cette approche établit le glissement d'une étude dont la cible est l'énergie, à une analyse centrée sur une mise en contexte de l'énergie sur le territoire, impliquant de territorialiser l'énergie.

Territorialiser⁸⁶, une mise en contexte pour l'analyse et la compréhension en vue de l'action

Le verbe « territorialiser » intègre peu fréquemment les notions chères aux géographes, plus ou moins structurées, mais pourtant très proche du triplet « territoire, territorialité, territorialisation ». Un courant de géographie sociale s'est d'ailleurs spécialisé dans l'étude et l'utilisation de ces principes selon des acceptions particulières (Méo(Di), 2001 ; Biaggio (Del), 2002). Ainsi, la territorialisation peut se référer à la « fabrication » de territoire. Turco (1997, 233) la définit comme « *l'ensemble des procédures à travers lesquelles un territoire se forme et évolue* ». Alors que la territorialité se fonde sur les représentations des groupes sociaux, la « territorialisation » est ici entendue dans un sens restreint, comme l'adaptation des actions publiques aux spécificités du territoire concerné, spécificités relevant autant d'aspects matériels que des modalités d'organisation et d'échanges entre acteurs sur ce territoire (Debrie, 2010, 124-126 ; Faure, 2002, 203 ; Sencebe, 2003). Ainsi, pour Debarbieux « *La territorialisation, c'est l'ensemble des actions, des techniques et des dispositifs d'action et d'informations qui façonnent la nature ou le sens d'un environnement matériel pour le*

⁸⁵ Tout en distinguant plusieurs types de contexte, Brézillon (2001) lie contexte, information et connaissance. Il définit ce dernier comme « l'ensemble des conditions et influences environnantes pertinentes qui font de la situation une situation unique et compréhensible ».

⁸⁶ Un second niveau de définition est fourni en fin de chap.3.

conformer à un projet territorial » (Debarbieux, 2009, 29). Trois éléments essentiels émanent de cette définition. Il n'y a pas de territorialisation sans un *projet commun entre des acteurs*, projet qui nécessite l'élaboration et la *construction d'une réalité partagée* pour l'action à *travers des méthodes*. Pour un objectif similaire, Bertrand recourt au verbe « territorialiser », en l'érigeant comme l'un des buts principal du géographe, celui de donner du sens (littéralement : « contextualiser »). « *Territorialiser [...], c'est à la fois enraciner dans la nature et dans la société en se donnant les moyens conceptuels et méthodologiques de faire avancer la connaissance [...]* » (Bertrand, 2002, 158).

Cette mise en contexte peut se concrétiser par le biais de deux concepts principaux, autorisant l'intégration simultanée des spécificités territoriales. Le premier consiste à spatialiser l'énergie, incluant la seule localisation (repérage par des coordonnées dans un espace) tout en la dépassant. Il s'agit de constituer une spatialité, ce qui revient à prendre en charge ce qui relève des propriétés de l'espace, et donner les caractéristiques de l'espace géographique : intégrer explicitement la variabilité spatiale des paramètres. La spatialisation est entendue comme « *établissement du rapport entre un phénomène et sa position* » (Klein, 1999, 160), c'est-à-dire la prise en compte des localisations et des liens entre les éléments du Système énergétique territorial (distance, topologie, relations, etc.). Le second concept consiste quant à lui à socialiser l'énergie, c'est-à-dire entrer dans l'analyse des stratégies sociales et des modes de représentations des acteurs. Ces deux concepts sous-entendent la considération et la gestion des temporalités.

Territorialiser s'oppose au général et générique, et implique l'intégration du spécifique. Territorialiser nécessite de caractériser le territoire : il convient de décliner et d'adapter les politiques publiques aux conditions locales (Crevoisier, 2008, 3, 7). Si territorialiser revient à s'inscrire dans une approche territoriale (CESR, 2005, 148), il s'agit donc de dépasser les logiques sectorielles, de faire le constat d'une complexité, et de viser des décroissements et une transversalité, autorisés par l'entrée spatiale. En plus d'une intégration verticale entre les différents échelons de décision, une territorialisation de l'énergie permet finalement de réaliser une intégration horizontale entre les différents secteurs (Bertrand, 2004, 108).

Si la localisation vise à intégrer les effets de lieux et situer l'action, la spatialisation tend quant à elle à intégrer les caractères de l'espace (métriques, distance, topologie). Territorialiser nécessite ainsi l'intégration des ressources territoriales au sens larges (ressources énergétiques, physiques, informationnelles comme organisationnelles) par leur localisation et leur spatialisation. Les ressources organisationnelles s'intègrent à leur tour par la coordination des acteurs du territoire, comme de ceux relevant d'autres niveaux. Territorialiser ne s'inscrit ainsi plus seulement dans une logique descendante, uniquement applicative de politiques nationales. Territorialiser implique un management local, la constitution d'une gouvernance à l'échelle d'un territoire

pour penser un projet commun, ce qui constitue une remise en cause de l'action publique telle que menée actuellement. Il convient alors de raisonner en termes d'articulations entre thématiques et acteurs, échelles spatiales et temporelles.

Territorialiser un questionnement est susceptible de s'appliquer à toute thématique particulière de l'action publique, telles que les politiques paysagères (Davodeau, 2003, 251), de gestion de l'eau (Ghiotti, 2006), agricoles (Esposito-Fava, 2010), ou encore de gestion du risque inondation (Reliant, 2004).

Territorialiser l'énergie, pourquoi et quels enjeux ?

Il est une évidence : celle de la disparité des territoires du point de vue énergétique. Les territoires ne disposent pas des mêmes potentiels en matière de maîtrise de l'énergie ou de production, ni des mêmes capacités à les exploiter, tant du point de vue des configurations spatiales que des systèmes d'acteurs qui leur donne vie. Reconnaître et caractériser, donner à comprendre ces différences, consiste à territorialiser l'énergie, afin de proposer des solutions adaptées au vu d'un contexte donné. Barraqué (1998) voit dans cette adaptation au contexte local une composante essentielle de l'efficacité d'application. Territorialiser l'énergie vise à reconnecter des choix de production et de consommation par l'analyse des enjeux, négociés et partagés par les acteurs du territoire. Le contexte de relocalisation de la planification énergétique vers des échelles locales, de développement des productions énergétiques issues de sources renouvelables, et de maîtrise des consommations, impose une connaissance fine et des données concernant les gisements de production comme d'économie d'énergie ainsi que les compétences des acteurs structurant le territoire.

Territorialiser l'énergie présente alors un double enjeu, humain et informationnel. Tout d'abord un enjeu humain dans la construction de jeux d'acteurs autour d'un projet énergétique (Tritz, 2009) : existe-t-il un système d'acteurs et de compétences qui travaillent en synergie ? La gouvernance est le résultat d'une dépendance mutuelle pour la recherche de solutions. L'analyse des enjeux négociés et partagés par un ensemble d'acteurs du territoire nécessite ainsi contribution, appropriation et apprentissage, puisqu'il n'y a pas de décision collective sans appropriation individuelle (Noucher, 2008). Il s'agit en ce sens d'élaborer des lieux d'échanges entre acteurs puisque territorialiser l'énergie, c'est aussi faire émerger une construction de la réalité commune, à travers de l'information territoriale, pour la planification territoriale énergétique.

Le second enjeu découle du premier : il est informationnel. Il implique de mettre en place des outils de connaissance et de disposer de ressources informationnelles (données, connaissances) à échelle fine (Souami, 2009, 75). Pour cette mise en contexte de l'énergie, les données

concernées ne sont majoritairement pas spécifiquement énergétiques. Ainsi et à titre d'exemple, -des mesures de vents, d'insolation, ou de volume de bois sur pied autoriseront l'estimation de productions énergétiques, - l'intégration de distances et de la topographie contraindront les réseaux et les modalités de distribution, - le nombre d'individus des ménages, leur revenus, les proportions des choix et types de modes de déplacement, ou la localisation des lieux d'habitation par rapport aux pôles d'emploi, de services et commerces ou de loisirs, sont autant d'éléments qui conditionnent les consommations. Les données nécessaires à l'évaluation de ces caractéristiques ne sont ainsi pas spécifiquement énergétiques mais peuvent être qualifiées de données de contexte territorial.

Au vu des définitions proposées, notamment en terme d'intentions portées sur territoire, nous opérons donc en guise de réponse, pour la seconde partie de la question soulevée par Debrie (2010, 126) « territorialiser : est-ce une simple localisation de l'action ou une appropriation du local ? ».

Territorialiser l'énergie : la question de l'assise territoriale et le choix de périmètres politico-administratifs

Les problématiques énergétiques sont de plus en plus confiées aux collectivités territoriales (Chapitre 1.1.2.2.). Outre quelques délicates articulations d'échelles, la question de l'assise territoriale ou des périmètres de compétences liés à cette planification territoriale énergétique, prend tout son sens. Dans d'autres domaines de planification, des « territorialités organiques institutionnelles » (territoires fonctionnels) (Debarbieux, 2007, 5 et 11), tels la parcelle en agriculture ou le bassin versant en hydrologie (Ghiotti, 2006 ; Narcy, 2004 ; Moral, 2000), ont été identifiées. Aussi, en matière de planification territoriale énergétique, la question du territoire pertinent se pose et soulève la question des niveaux d'observation et des limites du système observé.

Les thématiques de l'aménagement proposent une multiplicité de territoires, par exemple catégorisés par Le Gléau in Nadaud (2005, 295) sous les termes discutables de zonages institutionnels, d'action, d'intervention ou d'étude (Tableau 2-2).

Catégories de zonages		Exemples	
Zonages de pouvoirs	Zonages institutionnels zonages administratifs généraux et circonscriptions électorales	circonscriptions d'Etat	Etat Régions Départements Arrondissements Communes
		collectivités territoriales	Régions, Départements ,Communes, etc.
		structures de coopération	villes nouvelles districts Sivom et Sivu
		circonscriptions électorales	Cantons Circonscriptions législatives
	Zonages d'action ou zonages administratifs spécialisés	nationaux	Agence de bassin zonage de défense districts scolaires secteurs sanitaires ressorts des tribunaux Pôle-emploi
		régionaux ou locaux	Centres de formalités des entreprises délégation des CCI territoires de région secteurs sanitaires départementaux
	Zonages d'intervention sectorielle	environnementale	Parcs naturels nationaux ou régionaux ZNIEFF SCOT, PLU Loi littoral
		économique	Zones franches urbaines zones sinistrées appellations contrôlées programme LEADER
		sociale	Zones d'éducation prioritaire
		générale	Loi Montagne, Pays, espaces de projet
Zonages de savoirs	Zonage d'étude	d'après similitudes (parfois limités à un seul caractère)	Unités Urbaines Petites Régions Agricoles typologies
		d'après flux	Zones d'emploi, bassins d'emploi zones de chalandise bassins d'échange téléphonique
		d'après similitudes et flux	Aires urbaines Quartiers

Tableau 2-2 : Exemples de catégories de zonage d'après Le Gléau in Nadaud (2005, 295)

Comme toute activité humaine, il n'existe pas de zone ou de territoire énergétique donné *a priori*⁸⁷. Il semble qu'une pertinence reposant sur l'adéquation potentiel-offre/demande-consommation puisse éventuellement être recherchée, mais celle-ci dépend, d'une part et en premier lieu du phénomène observé, et d'autre part du niveau d'information disponible (Nadaud, 2005, 296 ; Avocat, 2011, Hilal, 2005). Dans ce contexte d'optimisation de l'action publique, de nombreux auteurs questionnent les échelles et critères de pertinence des périmètres

⁸⁷ Certes, comme pour toute activité humaine, une multitude de zonages en lien avec l'énergie existent : Zonages issus du régime d'électrification rural ou d'après-guerre, zonage issu des Plans d'Approvisionnement Territoriaux pour le bois-énergie, zonage climatiques des réglementations thermiques, zonage des secteurs de distribution ERDF, ou encore les Zones de développement éolien (ZDE), d'usages extrêmement ciblés. Tous correspondent par définition, à une représentation fonctionnelle de l'espace pour l'action (Scherrer, 2000).

de gestion (Debrie, 2010, 12/155 ; Richer, 2008, 13). Ils concluent à la nécessaire variabilité des périmètres, en fonction des objectifs, critères et compétences retenus par les acteurs impliqués. Cependant, en matière énergétique, un zonage territorial n'irait pas sans soulever quelques interrogations. Ces dernières auraient notamment trait à des dimensions relevant de l'équité et d'une « justice sociale », en fractionnant le territoire « *entre des zones de distributions très denses et rentables, et d'autres rurales qui le sont moins* » (Bouvier, 2005, 48), alors qu'un des objectifs serait justement de jouer sur des complémentarités entre territoires.

Dans l'approche systémique retenue, un système se doit cependant d'être borné. La pertinence toute relative d'hypothétiques territoires de l'énergie, capables de retranscrire l'ensemble des caractéristiques spatiales comme de gouvernance, incite à se référer à des découpages existants. Nous opterons pour les territoires institutionnels. Si territorialiser consiste à inscrire l'énergie dans une approche territoriale, la multiplicité des périmètres politico-administratifs existants nécessite des choix quant à leur sélection. Ainsi, au vu du contexte de relocalisation vis-à-vis de l'échelon national et du rôle joué par les collectivités territoriales (Chapitre 1.1.2.2.), nous avons retenu une approche locale. Cette dernière se réfère à des niveaux d'observation et d'analyse non figés. La définition de ce « local » est ainsi arrêtée par choix, à l'échelle maximale mais incluse de la Région administrative. L'ensemble des territoires comprenant tous les niveaux en deçà sont donc inclus (collectivités territoriales, intercommunalités), y compris les territoires de projets (pays, PNR, étude spécifique, etc.) : tout facteur extérieur appartenant à l'environnement du système est considéré comme conditions aux limites au sens systémique (contextes législatifs, géopolitiques, paradigmes idéologiques et culturels, etc.).

Le changement de paradigme nécessaire à une planification territoriale énergétique suppose une relocalisation de cette dernière. Le choix d'une approche territoriale et locale aux échelles de territoires politico-administratifs locaux a été argumenté. Territorialiser l'énergie implique en ce sens, d'une part d'intégrer globalement l'interdépendance territoire-énergie et d'optimiser la valorisation des potentiels de maîtrise comme de production énergétique par une connaissance de la situation territoriale *via* des ressources informationnelles, - et d'autre part d'inventer de nouvelles méthodes d'organisation et de fonctionnement performantes au sein des systèmes d'acteurs. Territorialiser consiste ainsi à « *maîtriser la quadrature thématique-espace acteur-temps* » (Sède-Marceau (de), 2011) Le besoin de données, informations et connaissances énergétiques et territoriales qui en résulte pour de la planification territoriale énergétique, relève de l'intelligence territoriale.

3.2. Intelligence territoriale : une approche informationnelle et instrumentée comme élément d'appréhension de la complexité ?

La lecture retenue des liens énergie-territoire à travers le concept de SET implique d'intégrer la variabilité des contextes locaux pour une compréhension du fonctionnement des territoires, dans la perspective d'une planification territoriale énergétique. A cette finalité répond la nécessité de considérer les spécificités territoriales, aussi bien structurelles qu'organisationnelles, appréhendées par des données et informations.

La nécessité d'une approche informationnelle

La connaissance du fonctionnement des territoires pour la planification territoriale énergétique implique la maîtrise de ressources informationnelles, nécessairement hétérogènes.

En science de l'information, l'approche informationnelle (Guyot, 2004), se propose « *de rendre compte du principe organisateur puissant de l'information* ». Elle pose la question de la connaissance comme celle de l'élaboration de savoir à travers des objets fixés. De façon similaire, Bertachni (2007, 8) définit l'intelligence informationnelle comme « *la capacité individuelle et collective à comprendre et résoudre les problématiques d'acquisition de données et de transformation de l'information en connaissance opérationnelle, c'est-à-dire orientée vers la décision et l'action* ». L'idée principale d'une approche informationnelle est alors celle d'une maîtrise de l'information par le biais de méthodes et d'outils dédiés, reprenant l'adage affirmant que l'information constitue une véritable richesse à laquelle s'adosent la connaissance et le pouvoir.

Bien que le constat des limites des rationalités des décisions territoriales ait été dressé par plusieurs auteurs (Sfez, 2004 ; Desthieux, 2005, 11), le postulat d'une bonne information pour une bonne décision reste indispensable : améliorer la compréhension et la connaissance des territoires et de l'énergie pour aider à la décision passe par différents types d'outils mobilisant de l'information. En ce sens, Babeau, (1966, 1150), établit un lien entre information et action en interrogeant « *la planification est-elle un processus de décision et/ou d'information ?* ». Le territoire peut être considéré comme de l'espace informé par la sémiosphère (Raffestin, 1986). Dans la même lignée, il est rejoint par Moine (2004, 12) ou Lajoie (2007) qui précisent qu'il n'est pas de décision sur un système (complexe) comme le territoire sans information. D'autres auteurs ajoutent que la quantification, notamment parce qu'objectivable, a toujours joué un rôle

particulier et été l'une des réponses apportée (Boutaud, 2005, 174 ; CERTU, 2002, 21) à cette gestion du risque que constitue la décision⁸⁸.

L'information revêt alors un caractère central. Élaborée à partir de données, elle constitue un élément de connaissance.

Information, données, connaissances

L'approche informationnelle nécessite de l'information, terme générique regroupant données, informations et connaissances. Elle est en effet à l'origine de tous nos modèles, mentaux, de données ou de simulation. Il s'agit ici de revenir sur les définitions de ces matériaux de base du processus de décision et de planification des systèmes énergétiques territoriaux.

La définition du terme information fait l'objet d'une inflation d'interprétations renvoyant à des univers variés : d'une activité journalistique, là ou pour d'autre elle prend les formes très techniques de traitements informatiques (Akoka, 2006, 1284). Etymologiquement, « information » signifie « ce qui donne forme ». Dans son acception la plus courante, elle se définit comme « *un élément de connaissance susceptible d'être représenté à l'aide de convention pour être conservé, traité ou communiqué* » (CNRTL, 2013). L'information est définie encore comme un « *processus par lequel une entité, de nature humaine ou sociale, est transformée* » (Metzger, 2002, 24). La théorie de l'information (Shannon, 1948) offre une version mathématique de l'information sous la forme quantitative d'une probabilité, et précise que cette dernière, pour être transmise, doit être codée (formalismes d'écritures : parole, graphie, etc.). Cette théorie avance qu'un message dont le contenu est hautement improbable contient beaucoup d'information et inversement.

Si le monde qui nous entoure est décryptable par le biais de nos sens grâce aux signaux qu'il nous fait parvenir, ces signaux peuvent être codés pour produire des données et s'insérer dans un cycle liant données, information et connaissance (Figure 2-10). La donnée constitue la forme la plus basique de l'information. Constitué d'un signe et d'un code, elle peut être définie comme des signaux descriptifs qui « *une fois assemblés, transformés ou placés dans un contexte spécifique, deviennent une information pour un utilisateur* » (Gravel, 1984 in Haddad, 2008, 58).

⁸⁸ Par ailleurs, en filigrane est soulevée la question de la responsabilité et de la gestion du risque, en matière de décisions adoptées (Energie-Cités, 2009, 16).

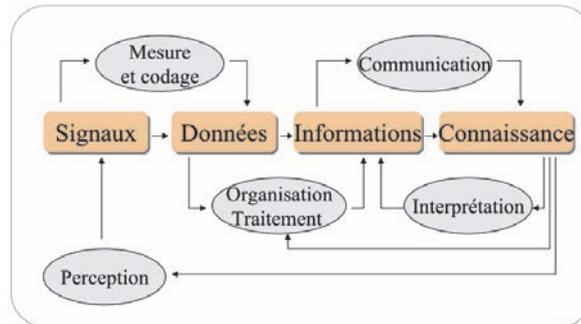


Figure 2-10 : Lien entre données, information et connaissance (Sède-Marceau (de), 2002, 61)

Ainsi, une information se décompose en une donnée plus un modèle d'interprétation (Sède-Marceau (de), 2002, 50). Autrement dit, l'information est une donnée dans un contexte, elle a une signification, une pertinence et donc un objectif. Selon Major (1999, 14), l'information ne devient connaissance qu'à partir du moment où elle est traitée par un processus de prise de conscience plus large. Ce dernier fait appel à des facultés sociocognitives et implique l'intégration du contexte de la perception et de représentations internes (Lardon, 2001, 76).

La maîtrise de données et d'informations sous des formes diverses semble primordiale. Les modalités d'action sur un territoire sont en effet conditionnées par une connaissance approfondie des caractéristiques territoriales, accessibles par le biais d'un type singulier d'information : l'information géographique.

L'information géographique structurée, une nécessité pour territorialiser l'énergie

Etablir les liens entre énergie et territoire, leur visibilité et leur compréhension, passe par le biais de l'information géographique pour de l'aide à la décision (Magnin, 2011). La régulation du système énergétique territorial impose en effet un suivi-diagnostic qui nécessite de l'information géographique structurée et de la connaissance pour des analyses. L'activité métabolique d'un territoire, par analogie avec le corps humain, pourrait être approchée à l'aide d'instrument fournissant de l'information (thermomètre). Dans un contexte géographique, l'ensemble des outils d'aide à la décision sont alimentés par de l'information géographique. L'information géographique n'étant qu'un type d'information particulière, elle s'inscrit dans un cycle de vie. Elle présente cependant quelques caractéristiques singulières qui se déclinent selon trois catégories de dimensions, dans une trilogie proposée par Peuquet (2002, 203) (Figure 2-11) : une dimension spatiale (où), temporelle (quand) et thématique (quoi). Ces trois dimensions étant à insérer dans un jeu d'échelles et de niveaux multiples, ainsi que dans trois types de démarches : descriptive observant des faits, inductive identifiant des processus pour vérifier des

hypothèses, ou déductive centrée sur les causes et des mécanismes d'évolution (Thériault, 1999)⁸⁹. L'information géographique renvoie donc à un objet localisé sur la surface terrestre, entendue dans son sens le plus large, et qui comporte plusieurs attributs (Gumuchian, 2000, 26) caractérisant les dimensions mentionnées.

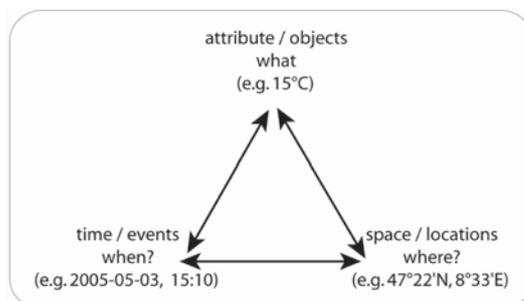


Figure 2-11 : L'information géographique, la triade de Peuquet (2002)

La difficulté consiste alors à formaliser « *la donnée dans son contexte spatial et temporel en conservant les aspects thématiques en fonction des objectifs poursuivis* » (Sède-Marceau (de), 2002, 52). Selon le phénomène observé, l'espace géographique est susceptible d'être appréhendé de manière continue (ex : gradient de température) ou discrète (ex : bâtiment), et l'information géographique sensée le traduire peut être classiquement représentée sous deux formes numériques principales⁹⁰, de raster ou de vecteur (Mennis, 2000). Face à l'accumulation de données, il semble nécessaire de recourir à des éléments de synthèse : rassembler, organiser, structurer et valider de l'information géographique conditionnent sa valorisation (Joliveau, 2004, 43), et la structuration des données territoriales compte assurément parmi les solutions méthodologiques à l'appréhension de la complexité.

Si territorialiser l'énergie consiste en une lecture systémique et informationnelle des territoires reposant sur l'information géographique, par définition, territorialiser ne peut se soustraire à la considération des acteurs du système énergétique territorial. L'information nécessaire va en effet au-delà de l'information géographique classique mobilisée et implique l'intégration de données sur les acteurs et leurs stratégies.

3.3. Intelligence territoriale : l'émergence de nouvelles représentations et l'invention de nouvelles

⁸⁹ Couclelis (2009) ajoute une approche abductive, caractérisant un mode d'inférence entre une observation incomplète et une causalité. Elle questionne ainsi nos modes d'appréhension du réel en lien avec l'information géographique, et plus précisément la place accordée aux intentions et objectifs dans nos lectures spatiales. Elle rappelle que le territoire se façonne par les utilisations que l'humain en fait.

⁹⁰ Les débats initiés notamment par Couclelis (1992) restent d'actualité.

méthodes d'organisation au sein des systèmes d'acteurs ?

La planification territoriale énergétique peut être considérée et intégrée à un processus de décision. Si une première finalité répondait à la nécessité de disposer de ressources informationnelles, une seconde est relative au besoin de dispositifs de gouvernance multi-acteur, conditionnée par leurs représentations. L'intelligence territoriale apparaît alors comme un concept intégrateur pour ces différents besoins.

La difficulté d'une identification des acteurs territoriaux et de l'énergie intervenant au sein du SET

Pour Gumuchian (2003, 2), les acteurs sont « *ceux qui réalisent ce passage incessant entre le spatial tel qu'il s'offre comme ressource à l'action et l'action comme inscrite dans l'espace* ». Dans la mesure où tout être vivant intervient à des échelles spatiales et temporelles diverses, et avec des répercussions variées sur l'énergie, la considération des acteurs du Système énergétique territoriale pourrait se satisfaire de l'imprécision de cette définition tant leur diversité est conséquente. Un acteur peut ainsi tout autant désigner un individu qu'une organisation (groupe sous la forme d'une collectivité, d'un service de celle-ci, une entreprise, etc.).

Cependant, et en recourant à une définition plus restreinte des seuls systèmes énergétiques, des travaux conséquents, dépassant largement le cadre de notre propos, se consacrent à l'identification la plus exhaustive possible de l'ensemble des acteurs liés à la thématique. Ainsi Bouvier (2005, 238), relevant cette difficulté, dresse un panorama de la « *nébuleuse énergétique locale* »; Vaché (2009) focalise son travail sur les structures publiques (collectivités territoriales, Ademe, Dren, structures associatives, etc.). Imbert (2011, 48 et 159) s'intéresse quant à lui aux acteurs de la seule planification énergétique et en dresse un inventaire en identifiant des rôles clefs. Chanard (2011), Roux ((Le (2008, 309)), CLER (2008) ou ETD (2006, 21) constatent plus succinctement cette même diversité des acteurs impliqués.

Au risque d'une synthèse trop excessive dressée à partir de ces éléments, les collectivités territoriales et décideurs politiques auraient principalement un rôle central dans la planification énergétique en termes de mise en conformité législative, d'image de marque dans le cadre du développement durable, de recherche d'autonomie énergétique et de développement économique et d'emplois. Le gouvernement et les autorités régulatrices (ADEME, etc.) encadreraient par le biais de réglementations et contrats les problématiques énergétiques. Les entreprises liées à l'énergie (production, distribution et intervenants sectoriels relevant des secteurs du bâtiment, ou des transports) se limiteraient principalement à des considérations

technico-économiques ciblant rentabilité et retour sur investissements ; les scientifiques étudieraient quant à eux les questions liées aux ressources (évaluation, aspects géopolitiques, modalités de gestion et impacts), et les médias disposeraient d'un rôle d'amplification des débats et tendances. Les centres d'intérêts des consommateurs concerneraient prioritairement les coûts financiers sous la forme des prix, et les aspects visibles et matériels de l'énergie sur le territoire : infrastructures et équipements, aspects paysagers et cadre de vie, dimensions sanitaires (Figure 2-12).

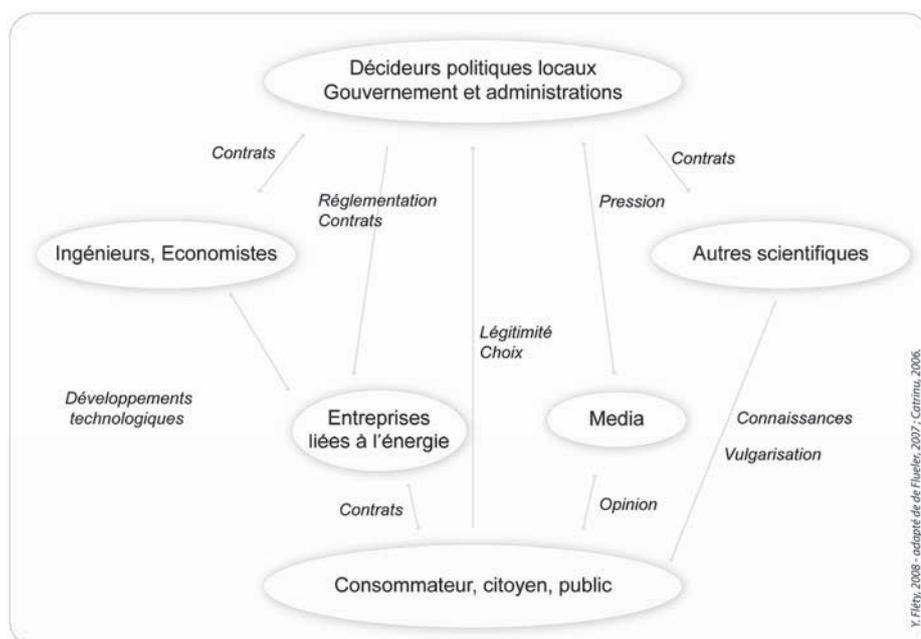


Figure 2-12 : Les acteurs de l'énergie et leurs principales influences, adapté de Flueler (2007) et Catrinu (2006)

Magnin (2007, 2) constate ainsi que « l'exclusivité de la chose énergétique aux mains des spécialistes énergétiques va s'érouler pour faire place aux acteurs non énergétiques de la société. Un ravalement de façade qui pratique l'isolation par l'extérieur devra tout autant être considéré que le commercial gazier. Et que dire de l'urbaniste, du responsable du Schéma de Cohérence Territoriale, des associations de consommateurs, du particulier-producteur, du couvreur installateur de panneaux solaires, etc. ? ». L'identification des différents acteurs abordant l'énergie comme centre d'intérêt - principal (producteur, distributeur d'énergie, associations dédiées), périphérique (collectivités territoriales dans le cadre de notre analyse), ou annexe (consommateurs considérés d'une part de manière agrégée sous la forme des secteurs économiques du bâtiment, de l'industrie, des transports, et d'autre part à l'échelle fine des individus pour leurs comportements qui sont déterminants) - permet surtout pour nos objectifs d'introduire l'idée de représentations spécifiques dont disposent chacun d'eux. Ces représentations vont en effet conditionner la territorialisation de l'énergie.

Des représentations

Si la multiplicité des acteurs impliqués directement ou non dans le système énergétique territorial a été abordée, il convient également de noter le foisonnement de leurs fonctions et statuts. La distinction rôle-statut des acteurs est continuellement évoquée par Gumuchian (2003), insistant sur les différentes fonctions exercées par un ou des acteurs au gré des circonstances. Cette considération illustre les différences d’appréhension des éléments du territoire élaborées par chaque acteur ou groupe d’acteurs. En effet, chacun perçoit l’espace géographique de manière singulière, par le biais de ses filtres perceptifs, cognitifs et culturels. Ces derniers conditionnent la « *création sociale ou individuelle de schémas pertinents du réel* » (Bailly, 2004), à savoir des représentations qu’il se fait des éléments du territoire et donc de l’énergie. Moine (2006) considère en ce sens un sous-système “représentations” dans sa conception systémique du territoire. Il n’existe en effet pas de représentation universelle de l’espace géographique, l’information est représentée en tant qu’outil supportant une activité et prend donc place dans l’expérience d’un individu ou d’un métier (Bucher, 2002, 17). La notion de représentation revêt cependant plusieurs acceptions. Il s’agit en effet de distinguer des représentations internes- au sens de représentations mentales d’un individu-, des représentations externes - matérialisées par des objets distincts de leur auteur, et accessibles à d’autres humains à des fins de communication - (Lardon, 2001, 76). A l’entrée « représentations » de l’encyclopédie Hypergéo, Debarbieux (2004) propose de définir ainsi le concept de représentation : « *Notre rapport au réel est nécessairement subordonné à l’ensemble de ses manifestations apparentes (les phénomènes) et à un ensemble d’instruments de portée cognitive qui nous permettent de l’appréhender et d’agir sur lui. La représentation, conçue comme une entité matérielle ou idéale, qui donne forme et contenu à une entité postulée dans le réel, répond à cette nécessité. Sa pertinence s’évalue à sa capacité à constituer un modèle efficace du réel qu’elle représente* ». Les représentations territoriales d’un acteur dépendent ainsi des éléments constituant l’espace, le « référentiel spatial », mais également d’éléments singuliers à l’individu, le « référentiel a-spatial » (Caron, 2001). Le territoire est alors conditionné par ces différentes lectures individuelles en fonction d’objectifs, intérêts ou valeurs, à la base de multi-représentations internes à un niveau collectif.

Nous mentionnons le terme de représentation afin de rappeler qu’en plus de vues métiers donnant naissance à des représentations externes (bases de données, cartes, etc.), la maîtrise de l’information géographique ne peut faire abstraction des représentations individuelles (internes) propres aux objectifs, spécificités cognitives ou culturelles d’une personne, susceptibles de compliquer le traitement de cette information. Nous privilégierons cependant ici les représentations émanant de deux types d’acteurs qui relèvent d’une part des sphères décisionnelles et d’autre part scientifique. Les premiers, « *parce que leur savoir en usage est*

aussi un savoir en acte, dans le sens où leurs conceptions spatiales produisent des décisions qui engagent la forme et l'organisation de l'espace » (Rosemberg, 2003), et les seconds, pour les réflexions qu'ils proposent aux premiers et qui sont productrices de représentations externes dans une « géographie conseillère du prince ».

Si nous avons mentionné la complexité du système énergétique territoriale, par définition multithématique, la dimension multi-acteurs soulève ainsi de nouvelles difficultés : il s'agit en effet de passer d'un ensemble de visions individuelles et sectorielles de la situation d'un territoire et de son futur, à des visions plus intégrées et élaborées collectivement. Poser la question de la structuration commune d'information se confronte à l'écueil de ces représentations (Noucher, 2009). L'éclatement des métiers du territoire aboutit à des divergences de modèles cognitifs qui traduisent les différentes légitimités des acteurs à intervenir sur le dit territoire. Ces divergences, dans les choix de représentations de la réalité territoriale, posent question mais doivent pouvoir être traitées à travers les différentes structurations possibles des données géographiques, notamment dans des outils spécifiques.

Réorganiser la gouvernance territoriale énergétique

Au vu de ce panorama, la gouvernance multi-acteurs et multi-niveaux requise, pose alors des défis en matière d'intelligence territoriale, notamment concernant les échanges d'informations nécessaires pour territorialiser l'énergie. Ainsi, la dimension sociologique tout autant que politique de l'action territoriale, fait référence notamment à des processus de coopération, d'adaptation au sein d'espaces de conflits et d'intérêts entre acteurs. Ces processus se confrontent aux représentations divergentes de ces acteurs. Les réflexions portent alors sur la sphère collective, dont il est nécessaire de cibler les différents acteurs. Elles doivent également se tourner vers les représentations de l'individu dont les intérêts propres et les capacités sociocognitives influent sur le comportement, notamment en matière de consommation énergétique. La gouvernance énergétique, et plus généralement la gouvernance, s'inscrivent dans cette lignée. En effet, celles-ci font référence à un mode de gouvernement incluant des valeurs, notamment sociales et environnementales, et des règles, permettant d'atteindre des objectifs communs. La gouvernance territoriale, et donc énergétique, questionnent leurs modes d'application et de réalisation, tels les aspects participatifs citoyens, et doivent viser l'organisation de modalités de mutualisation, d'échanges et d'élaboration de lieux réels ou virtuels. Le rôle des mises en réseau, à toute échelle (réseaux de collectivités territoriales, d'association ou de consommateurs-individuels), semble ainsi être une des logiques structurelles de gouvernance les plus efficaces (Vaché, 2009, 94 ; ADEME, 2004).

La nécessité de disposer et de partager des ressources informationnelles, tout comme celle du besoin de dispositifs de gouvernance multi-acteurs, peuvent être fédérées par un concept intégrateur proposant des méthodes et outils de gestion de l'information : il s'agit de l'intelligence territoriale.

Intelligence territoriale, émergence d'un concept fédérateur entre outils, acteurs et processus d'information

L'intelligence est la « *fonction mentale d'organisation du réel en pensées et en actes* » (CNRTL, 2013). Cette faculté humaine mobilisable à échelle individuelle devrait l'être collectivement (intelligence collective, Thiery, 2002), et peut être déclinée sur différents objets. Ainsi, en matière économique, et relativement à l'entreprise, « *l'intelligence économique est une démarche organisée, au service du management stratégique de l'entreprise, visant à améliorer sa compétitivité par la collecte, le traitement d'information et la diffusion de connaissances utiles à la maîtrise de son environnement (menaces et opportunités) ; ce processus d'aide à la décision utilise des outils spécifiques, mobilise les salariés* » (Bournois, 2000, 19). Appliquée au territoire, l'intelligence territoriale émerge de ces deux concepts d'intelligence collective et de celui d'intelligence économique. L'intelligence, du latin *-inter* (entre) – *ligare* (relier entre), devient dans le cas du territoire, « *une posture collective de gestion de la connaissance dont la finalité est la préservation sinon le développement des ressources existantes* » (Herbaux, 2007, 2)⁹¹. Bien que la notion d'intelligence territoriale ne soit pas encore un concept par manque de consensus, Girardot (2008), rejoint par Haddad (2008, 115), la définit comme « *une démarche d'information et de communication territoriale, de création de contenus territoriaux innovants susceptibles de favoriser la collaboration et l'adhésion autour de projets nouveaux* ». Plus concrètement, Herbaux (2007, 4) l'entrevoit comme « *une évolution de la culture du local fondée sur la collecte et la mutualisation entre ses acteurs, des signes et informations, à l'effet de fournir au décideur et au moment opportun, l'information judicieuse* ». Cette définition sous-entend une finalité de support à la décision, fondée sur une participation multi-acteurs. L'intelligence territoriale se comprend alors comme l'organisation de l'ensemble des connaissances pluridisciplinaires et informations multisectorielles utilisées et partagées par un ensemble d'acteurs sur un territoire donné, pour observer, analyser et décider

⁹¹ Un concept intermédiaire, toujours orienté vers l'entreprise mais concernant son environnement immédiat, existe sous le nom d'intelligence économique territoriale. Il n'en est pas ici question (Pelissier, 2009, 301).

collectivement pour une meilleure gouvernance⁹². Bertacchini (2006) complète cette définition en considérant l'intelligence territoriale, comme un processus informationnel régulier et continu, initié par des acteurs qui s'approprient les ressources d'un espace pour les transformer en projet grâce à des outils. Le défi de création d'une intelligence territoriale consisterait alors en la construction d'outils permettant une compréhension partagée du fonctionnement des territoires, et à partir de cette compréhension, contribuer au processus de planification territoriale. Ces outils sont centrés sur la gestion, au sens large, de l'information, notamment géographique, et les méthodes qui permettent de la traiter ; l'intelligence territoriale étant un processus d'information et de communication (Bertacchini, 2004). Il est à rappeler que le « *paradigme instrumental assimile l'information au formatage de représentation et la communication au processus de mise en commun de ces représentations* » (Vacher, 2009, 9). Dans cette perspective instrumentée par des outils, Desthieux (2005, 118) ajoute que dans l'optique d'une aide à la décision concertée, l'outil est un support important pour impliquer les acteurs très tôt dans un processus et leur permettre de négocier leur conception du problème décisionnel.

Deux catégories d'outils et instruments ont été distingués pour leur rôle au sein du processus de planification territoriale énergétique : il s'agit, d'une part des outils positionnés en aval du processus, à savoir les instruments d'objectifs et d'actions (Plan climat, Agenda 21, Etc.), et d'autre part des outils dits de connaissance, d'analyse et de prospective, respectivement tels les plateformes de connaissance sous la forme de système d'information dénommées observatoires, et les modèles de simulation.

Conclusion de chapitre 2 - Une approche territoriale et informationnelle de l'énergie comme élément d'appréhension de la complexité ?

Comme à tout système, l'énergie est nécessaire au fonctionnement des territoires, conditionnant ses structures et fonctions. L'interdépendance des processus territoriaux et énergétiques a ainsi été démontrée. L'écosystème territorial, par sa complexité au sens systémique (échelles multiples, nombre d'éléments en interaction, auto-organisation, émergence) peut être comparé à un système vivant. En ce sens, la géographie de l'énergie, dans ses dimensions descriptives, cède le pas tout d'abord à une approche énergétique des territoires (métabolisme territorial) qui nous amène à la proposition d'une approche territoriale de l'énergie : le centre de gravité de l'entrée retenue se déplace et se trouve focalisé sur la compréhension des fonctionnements des

⁹² La définition de l'ingénierie territoriale, en tant qu'« ensemble des outils, des techniques d'aide à la gouvernance territoriale » proposée par Piveteau (2011, 261), semble proche de celle d'intelligence territoriale.

territoires en lien avec l'énergie. Une lecture des liens énergie-territoire à travers un premier niveau de représentation du concept de Système Energétique Territorial a été avancée.

Prétendre comprendre la problématique énergétique implique en effet d'appuyer le raisonnement sur la connaissance d'un système complexe, qui ne peut être approché qu'en étant réinterprété dans un contexte économique, social et environnemental ; ce que nous nommons territorialiser l'énergie. La régulation du système énergétique territorial impose un suivi-diagnostic pour accompagner sa planification, nécessitant de l'information structurée et de la connaissance pour des analyses. Reconnaître et caractériser, donner à comprendre ces différences au vu d'un contexte territorial, relève de ce que nous appelons territorialiser l'énergie, afin de proposer des solutions adaptées. Chacun des points abordés a montré la nécessité d'une connaissance fine et structurée des territoires, sous la forme d'informations, afin d'ancrer l'action en fonction d'un contexte spécifique.

D'une thématique relative aux liens énergie territoire, nous sommes, par choix au vu de nos objectifs, parvenus à avancer et ébaucher le glissement d'une approche énergétique des territoires (métabolisme) à une approche territoriale de l'énergie (SET), qui nous a ensuite permis d'établir la nécessité d'une approche informationnelle des territoires et de l'énergie : concrétiser le Système énergétique territorial, établir les liens entre énergie et territoire, passe par le biais de l'information géographique pour de l'aide à la décision. Une approche territoriale et informationnelle de l'énergie se définit ainsi par l'importance accordée à la considération de l'information énergétique et non énergétique pour appréhender l'énergie sur le territoire.

La multiplicité des acteurs, et donc des représentations en présence, implique le passage de visions individuelles et sectorielles de la situation du territoire et de son devenir, à un projet partagé, pour faire émerger une intelligence territoriale. Ce concept, intégrateur des besoins identifiés, repose sur une approche instrumentée et informationnelle s'adossant à des outils. La complexité du système énergétique territorial considéré, le besoin d'opérationnalité et de suivi sur un temps long, la multiplicité des acteurs partie prenante, incitent à instrumenter le réel par la construction d'outils d'observation et de prospective.

Chapitre 3. Les outils de connaissances en matière de planification territoriale énergétique : le choix d'une approche informationnelle reposant sur l'Observation

« Dans le paradigme de la planification stratégique comme processus continu, où s'enchaînent des phases de diagnostic et de prospective, de définition de stratégie, de programmation, de monitoring et d'évaluation, la notion d'«évidence» renvoie clairement aux fonctions cognitives du processus : observation, prospective, monitoring, évaluation » (Bovar, 2006, 27).

L'objet géographique d'étude que constitue le SET a précédemment été délimité, et l'objectif visé reste son instrumentation. Le constat d'une hybridation progressive des planifications énergétique et territoriale a été dressé, et établir les liens entre territoire et énergie, à savoir concrétiser le système énergétique territorial, nécessite une approche informationnelle partagée des territoires. Ce processus d'intelligence territoriale pour de l'aide à la décision s'appuie sur différents instruments. Si les outils de gestion opérationnelle, d'objectifs et d'action en matière de planification territoriale intégrant l'énergie, ont précédemment été évoqués (Chapitre 1.2.3.2.), il s'agit ici de s'intéresser aux dispositifs mobilisés dans la phase amont des planifications, c'est-à-dire aux instruments de connaissance, sous la forme d'outils de prospective énergétique d'une part, et d'Observation territoriale d'autre part.

En matière de prospective énergétique, les études et projections quant aux futurs des systèmes énergétiques, sont caractérisées par un recours exclusif à la modélisation, s'appuyant sur une pluralité de modèles numériques de simulation. L'étude de ces modèles est certes nécessaire mais il convient néanmoins, au vu de nos objectifs, de proposer une grille de lecture privilégiant l'analyse de leurs composants. Ainsi, les théories, finalités et choix présidant à la construction de ces modèles sont clarifiés afin d'identifier leur degrés de prise en compte d'éventuelles dimensions territoriales.

Le complément de ces modèles de prospective, dans cette même phase amont de planification, est constitué par des outils de connaissance et d'observation. Les observatoires peuvent constituer des dispositifs de connaissance susceptibles d'approcher la complexité du système territoire et de rendre opérationnelle notre approche. Ces plateformes informationnelles, entendues à la fois comme produits et comme processus sociotechniques, sont à l'origine de multiples enjeux. Si ces observatoires reposent sur le traitement de l'information géographique à travers des indicateurs, l'ampleur de l'objet d'étude que constituent les SET semble soulever de nouveaux défis méthodologiques.

1. Les éléments constitutifs des modèles énergétiques : le territoire absent

L'étude des modalités d'exécution de la planification énergétique sont essentiellement réalisées à partir d'outils de modélisation et de simulation énergétique qu'il convient de détailler.

Si d'un point de vue théorique et disciplinaire géographique, peu d'avancées conceptuelles ont été réalisées en matière de planification territoriale intégrant l'énergie, il en est tout autrement concernant des outils ne se réclamant pas de cette discipline. La planification ménage une dimension prospective et s'appuie de façon quasi-exclusive sur l'utilisation d'une multitude d'outils et de modèles de prospective pour l'analyse quantitative de scénarios énergétiques (Jebaraj, 2006 ; Hiremath, 2007 ; Suganthi, 2012). Conséquence de leurs objectifs principalement technico-économiques et de leurs méthodes de construction, ces modèles sont destinés à des applications sectorielles particulières ou mono-filière et n'intègrent que rarement de dimension spatio-temporelle. Mais lorsque l'on s'intéresse à la planification énergétique incluant une incontournable dimension prospective, la question du choix du modèle devient particulièrement délicate. Plus qu'une liste de modèles, cependant nécessaire comme préalable (Annexe 1), l'analyse des éléments constitutifs qui composent les modèles est l'objet des paragraphes suivants.

1.1. Modèles énergétiques, vers une définition

“Planning of energy means basically matching supply and demand. The planning exercise can be facilitated by various computer models which are available as tools, i.e. based on simulation models or optimisation models, or a (limited) combination of both” (FAO, 1995, 3). Si la planification énergétique repose sur une longue tradition de construction et d'usage de modèles (Bunn, 1997, 1), ces derniers peuvent être considérés comme une représentation « orientée » du système énergétique étudié. Les modèles élaborés pour la planification énergétique peuvent être utilisés pour réaliser l'adéquation entre demande et offre, établir des prévisions, identifier des lacunes dans la demande et l'approvisionnement, ainsi qu'investiguer les options d'intervention ou encore l'évaluation d'impacts, etc. Si des interrogations quant aux motivations et objectifs de ces modèles peuvent être soulevées, la question des cadres théoriques, méthodologies, concepts, et techniques qui sous-tendent la construction de ces modèles mérite d'être étudiée. Sur quelles hypothèses reposent-ils ? Enfin quelques questions spécifiques à des problématiques spatiales peuvent être envisagées. Quel type de modèle gère les niveaux local/régional ? Comment sont-

ils adaptés aux données locales ? La dimension spatiale est-elle prise en compte, et de quelle manière ? Quels peuvent être les horizons temporels de ces modèles ?

Cette section consiste en une synthèse de définitions ainsi qu'en une typologie et analyse de différents modèles énergétiques existants, relatifs à la production, distribution ou consommation énergétique. L'analyse porte sur les composantes de leurs modélisations : il ne s'agit pas ici de dresser un inventaire des différents modèles énergétiques existant, mais d'identifier les critères et éléments autorisant leur analyse. Dans notre cadre de planification territoriale énergétique, la prise en considération de la dimension spatiale et des aspects dynamiques des modèles est observée avec une attention particulière. Ainsi, après quelques questionnements sur la définition des modèles et une revue des typologies existantes, des critères de classification sont finalement proposés.

Avant d'aborder l'analyse des modèles énergétiques et à des fins de clarifications, nous proposons ici quelques pistes de définitions relatives à la modélisation, non spécifique à la thématique énergétique. Puisque « *After more than two decades of modelling, we are still debating what a model is, we have done little more than begin to understand what systems are, and we are only just getting to grips with the basis problems and properties of spatial statistics* » (Pouliot, 1999, 20).

Modèles, généralités

Un certain flou entoure l'usage des termes modèles et (du processus de) modélisation. Malgré la polysémie évidente du mot modèle, nombreux sont les travaux ne le définissant pas. Si les spécialistes des modèles environnementaux en géographie dite physique y voient une représentation de phénomènes naturels par l'analyse des fonctionnements et évolutions des systèmes, le géomaticien dans une perspective de conception et d'informatisation des systèmes d'information, associe le terme de modèle aux modèles de données (Thenot, 2007, 39). Ces derniers sont alors une retranscription d'une conceptualisation et d'une structure des données au sein d'un système d'information. Cet exemple illustre bien qu'il ne s'agit ni des mêmes niveaux conceptuels ni des mêmes finalités. Les deux premières définitions fournies ci-après désignent la modélisation comme l'action et le résultat de la construction d'un modèle et ce dernier comme une « *représentation schématique de la réalité élaborée en vue d'une démonstration. Un modèle est une structure formalisée pour rendre compte d'un ensemble de phénomènes qui possèdent entre eux des relations* » (Haggett, 1973). Si Haggett considère la modélisation comme une réduction phénoménologique, Valéry l'entend comme représentation du complexe. Une définition de la modélisation proposée par l'AFIS vient compléter ces premières pistes. « *La transformation d'un besoin émergeant en la définition d'un système lui apportant une solution*

met en œuvre de multiples activités intellectuelles faisant passer progressivement de concepts abstraits à la définition rigoureuse de produits. Il est nécessaire de s'appuyer sur des représentations tant du problème que de ses solutions possibles à différents niveaux d'abstraction pour appréhender, conceptualiser, concevoir, estimer, simuler, valider, justifier des choix, communiquer. C'est le rôle de la modélisation.» (AFIS, 2006). Enfin Armatte constate une évolution conduite par le biais de l'informatique dans la signification et l'utilisation des modèles. « Le modèle n'est plus un système formel qui représente un système physique bien défini et délimité pour lequel on a des lois valables ceteris paribus. Le modèle devient un mécanisme d'intégration de données produites par des sous-systèmes d'information. Le modèle, ensemble d'équations, d'interfaces, de données qui s'est transformé en logiciel, constitue un système de substitution au système réel, dont on n'a pas de théorie complète, et qui permet de faire des expériences fictives, pour comprendre le jeu complexe de ses interactions. Et ces expériences fictives constituent bien une méthodologie de rechange, par rapport à la méthode hypothético-déductive aussi bien que par rapport à la méthode expérimentale, dans le cas des systèmes complexes » (Armatte, 2005, 113).

Finalités et objectifs

Nous considérons qu'un modèle est la représentation simplifiée, l'abstraction d'un système en fonction d'objectifs et de finalités, ces derniers se situant à différents niveaux. Un premier niveau concerne les finalités du modèle, illustrées par la proposition de typologie avancée en Figure 3-1. Mais cette typologie présente elle-même certaines limites : tous les modèles ne sont-ils pas construits pour communiquer ? Peut-on prescrire ou prédire à partir des résultats d'un modèle en géographie ? Brunet (2000) et Serman (1991) s'accordent sur le rôle d'aide à la compréhension et à la communication de tout modèle numérique.

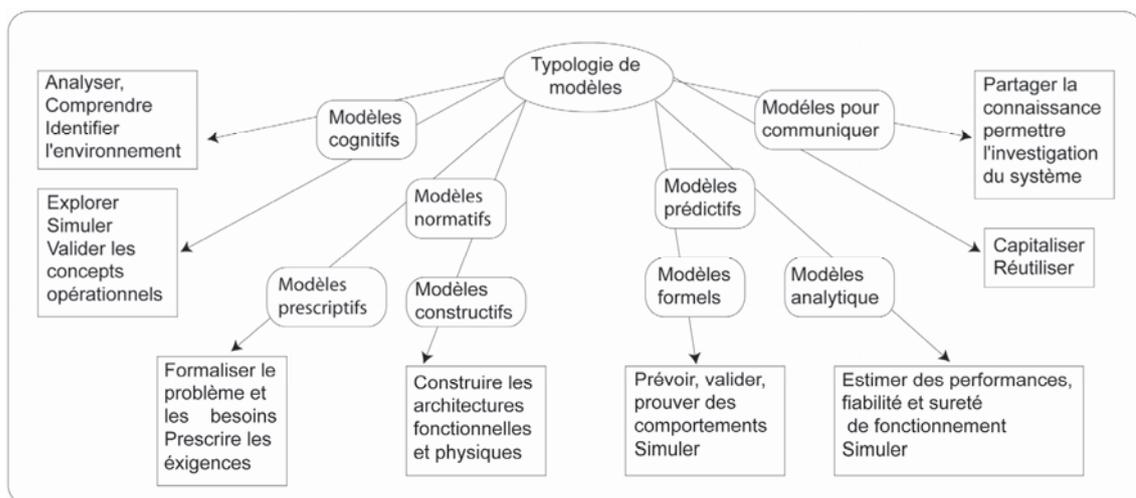


Figure 3-1 : Finalités de modèles génériques (AFIS 2006)

Un second niveau est relatif aux objectifs du système représenté (modèle). Un modèle peut avoir pour objectif la représentation de la structure d'un système (description et compréhension), de son fonctionnement (comportement sur la base de processus), de sa dynamique (ici au sens d'évolution temporelle), ou une combinaison des trois. De manière similaire mais utilisant d'autres termes, les modèles d'état présentent la disposition d'un état du système à un moment spécifique, ils s'intéressent principalement aux structures du système. Les modèles de comportement, quant à eux, étudient les relations entre les différents états repères de processus. Ils expriment principalement le fonctionnement et l'évolution du système (processus) face à un stimulus.

Les types d'éléments composants des modèles

Si le premier groupe de critères de classification des modèles peut être relatif aux objectifs du modèle, un second peut faire référence aux moyens mis en œuvre pour réaliser la modélisation. Ils constituent alors un ensemble de composants qui sont ici proposés sans hiérarchisation.

- Les hypothèses à l'origine de la modélisation

A l'origine de la modélisation resurgit une dialectique évoquée comme un des six débats philosophiques et scientifiques permanents (Dauphiné, 2003, chap. 1.1.1), mettant en opposition empirisme (expérience et observation) et rationalisme (théorie et raisonnement). Ces postures donnent naissance à des modèles dits empiriques, théoriques ou conceptuels. Le choix d'une de ces entrées ayant des conséquences sur le futur modèle, nous considérons ces postures comme une composante des modèles.

Dans les modèles empiriques, les relations entre les variables sont dérivées de données empiriques et non de théories ou de lois. Des règles de fonctionnement sont alors formulées par le choix d'une fonction mathématique, cette dernière représentant au mieux les relations entre variables du modèle, selon un compromis entre exactitude et simplicité, comme par exemple un type de régression linéaire. Les modèles empiriques relèvent de l'induction, ils sont basés uniquement sur l'observation de diverses occurrences d'un événement à partir desquelles seront formulées des règles de fonctionnement. L'ajustement réalisé par différents types de régression se fonde sur la linéarité ou non entre ces variables. Ce calage détermine les relations entre les variables d'entrée et de sortie, justifiant leur dénomination de modèles calés.

Les modèles théoriques traduisent et interprètent le système considéré à partir de principes théoriques basés sur des lois physiques économiques ou sociales. Ils concernent la déduction. Ces modèles sont donc non calés car ils ne sont ajustés sur aucune observation. Il est important d'apporter quelques nuances et limites quant à la catégorisation de ces modèles qui n'est que rarement aussi tranchée (Riopel, 2009).

- Le processus de modélisation

S'il n'existe pas de méthode standardisée pour la construction de modèle, il est reconnu que le processus non linéaire de modélisation obéit à certaines étapes. Ainsi, la définition d'objectifs, l'analyse du système (limites, éléments, relations), la conception du modèle (détermination des équations nécessaires pour décrire les processus), son implantation et calibration (transposition dans un langage de programmation et calage des paramètres) et enfin son utilisation (confrontations aux observations d'entrées, études des sorties) en constituent les phases principales (Durand-dastès, 1992) (Figure 3-2). La réalisation plus ou moins aboutie de ces différentes étapes est considérée comme un composant du modèle puisqu'elle en conditionne sa qualité : une validation très poussée ou une étude détaillée des différentes sorties obligeant à retravailler un modèle en sont les gageurs.

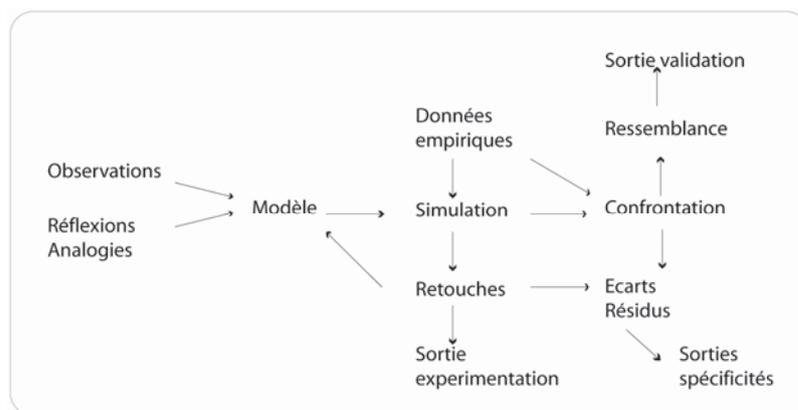


Figure 3-2 : Un modèle de la modélisation (Durand-dastès, 1992)

- Outils de modélisation

La construction d'un modèle s'effectue grâce à des outils de modélisation. Ce sont des moyens méthodologiques et/ou intellectuels dont dispose le modéleur/modélisateur (Moigne (Le), 2002) pour acquérir et ordonner les informations nécessaires à la construction du modèle. Il est possible de regrouper les outils de modélisation en méthodes, techniques et instruments (Walliser, 1977, 158). Les méthodes représentent les modes d'appréhension, de pensée et les démarches opératoires. Les techniques incarnent les outils analytiques, elles servent à structurer, traiter et diffuser les informations. On différencie entre autres les techniques de classification, telle que l'analyse hiérarchique, les techniques de réduction, comme les analyses factorielles, les techniques de mise en relation, telle l'analyse de régression, ou les techniques de simulation. Ces techniques influencent la composition du modèle puisqu'elles s'appuient sur des hypothèses et conditions a priori (techniques statistiques reposant sur l'hypothèse une distribution normale par exemple). Les instruments représentent les outils de mesure et de collecte des informations

décrivant le système. La nature des instruments aura une influence directe sur le modèle comme par exemple le contenu d'un questionnaire d'enquête.

- **Éléments constitutifs**

Les éléments constitutifs des modèles sont considérés sous quatre groupes principaux que sont les variables, les relations, les paramètres et les constantes (Walliser, 1977, 128). Les variables représentent une collection d'informations nécessaires pour décrire le système à un temps donné et selon des objectifs spécifiques. Elles peuvent être certaines ou aléatoires (définies par une distribution de probabilité), caractérisant ainsi des types de modèles, respectivement déterministes et stochastiques. Les relations représentent l'assemblage des variables et les interactions entre les éléments du système. Tout comme les variables, les relations peuvent être certaines ou aléatoires. Quant aux paramètres, ils représentent des coefficients considérés comme constants ou dans un intervalle spécifique. Ils servent à l'ajustement des relations entre les variables et sont souvent choisis arbitrairement puis ajustés avec des données observées. Enfin, les constantes sont des valeurs fixes sans unités qui apparaissent dans les relations.

Les hypothèses de relation de causalité entre les variables du système isolent deux autres groupes de modèles. Les modèles stochastiques admettent que la distribution du phénomène obéit à une distribution probabiliste connue. Ils incorporent dans leur formulation une variable dite aléatoire ou stochastique. Ces modèles sont basés sur l'induction. Les modèles déterministes supposent des relations exclusives entre les entrées et sorties, un caractère certain. Ils présupposent que pour un ensemble d'entrées, il existe un ensemble de sorties prédéterminées. Ces modèles sont essentiellement déductifs. Les variables peuvent ensuite être qualifiées de stock, de flux, d'état, d'entrée... en fonction des hypothèses modélisatrices, approches (systémique/analytique) retenues.

- **Formalisations : syntaxe, langage et structure informatique**

Un autre type de composant des modèles pourrait être la syntaxe utilisée pour les formaliser. Les modèles peuvent en effet s'exprimer sous différentes formes telles que la représentation graphique (schémas, diagrammes sagittaux...), le langage littéraire ou la formalisation mathématique. Ils pourraient être différenciés par le type de symbole utilisé et leur degré d'abstraction et de formalisation (Figure 3-3).

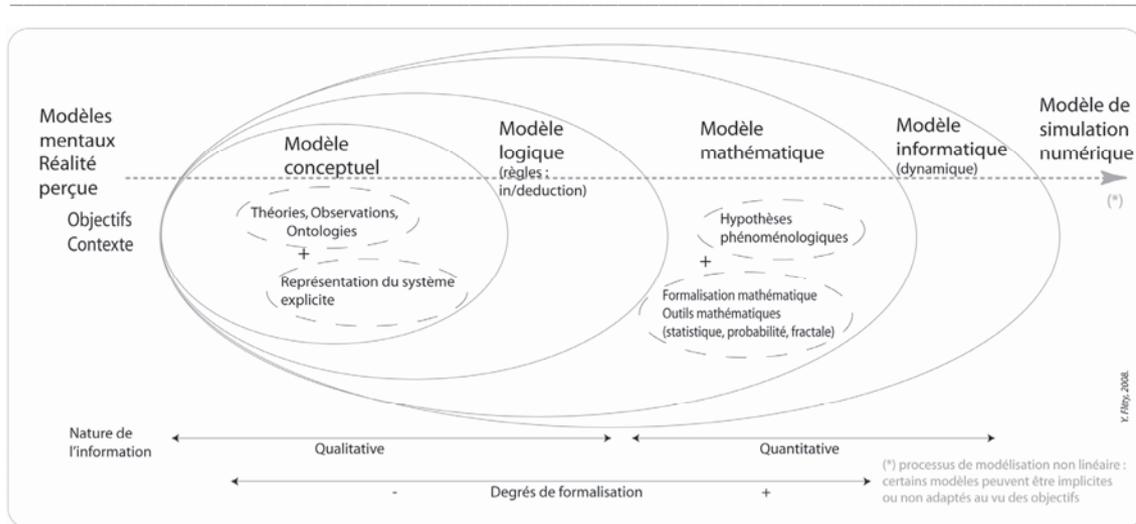


Figure 3-3 : Situation de différents modèles dans le processus de modélisation au regard de leur degrés de formalisation.

Pour des objectifs de prévision, le constat de l'association entre modélisation et mathématiques semble selon certain auteur inévitable : Lerbet-Sereni (2004, 20) affirme sans nuance qu'« *un modèle est mathématique ou n'est pas* ». Mais les formulations mathématiques peuvent être très diversifiées, d'un simple nombre aux tableaux statistiques ou équations, aux espaces vectoriels de représentation des variables d'un tableau statistiques dans une analyse en composantes principales (ACP). Quant aux outils de mathématiques appliquées utilisés, ils sont par exemple représentés par les analyses multicritères ou fractales, la logique floue, la programmation linéaire, la programmation dynamique. La plupart des modèles dynamiques sont formalisés par un système d'équation différentiel $dx/dt = f(x, y, k)$ ou la variation dx/dt de la variable x (pop, superficielle...) est décrite en fonction de la variable x elle-même dépend d'une ou plusieurs autres variables (y) et d'un ensemble de paramètres (k). Les modèles les plus classiques, dont les modèles forresteriens stock/flux, reposent souvent sur une formulation logistique avec une idée sous-jacente de limitation de la croissance, conforme à celui de Voltera Lotka, si l'introduction de mécanismes de compétition est souhaitée au sein du modèle (Mathian, 1993)

La transposition d'une formalisation mathématique en informatique qualifie des modèles informatiques (computer models) et implique des choix de structure d'organisation et d'implémentation informatique correspondant à la structure du logiciel construit : boîte à outils, plateforme (Boulangier, 2003).

- Considérations spatiales et temporelles

La nature de la discrétisation spatiale du système distingue deux groupes de modèles. Les modèles agrégés du point de vue spatial admettent travailler sur l'entière du système. La caractéristique spatiale du phénomène est jugée extrinsèquement, elle est traitée de manière globale en utilisant des valeurs moyennes pour la variable. Ces modèles sont intitulés modèles

globaux bien que cette appellation prête à confusion avec les modèles dits globaux relativement à leur échelle d'application, supranationale par exemple. Les modèles désagrégés du point de vue spatial (distributed model, modèles maillés) partitionnent l'espace selon des unités d'observation arbitraires ou fonctionnelles, déterminantes quant aux motivations et résultats souhaités et obtenus.

La nature de la discrétisation temporelle du système distingue le partitionnement continu qui considère le temps comme ininterrompu et représenté par les nombres réels. Ces modèles font généralement appel aux équations différentielles (taux de changement). Le partitionnement discret quant à lui, assume des changements temporels momentanés et irréguliers. Ces modèles ne se préoccupent pas de ce qui se produit entre les différentes périodes d'échantillonnage. Le choix de ses périodes est donc primordial et déterminant. Les modèles discrets s'intéressent à l'établissement de bilan. Il n'existe pas de définition standard concernant les horizons temporels des modèles énergétiques (moyen, court ou long terme) qui diffèrent selon les auteurs. A titre indicatif, Grubb (1993) considère le court terme entre 0 et 5 ans, le moyen entre 5 et 20 et le long à plus de 20 ans. En lien avec ces considérations temporelles, un modèle est dit dynamique dès lors qu'il intègre la notion d'évolution. Il n'existe pas à notre connaissance de modèle énergétique spatio-temporel. Il conviendra donc d'identifier les échelles spatiales et temporelles des processus énergétiques et donc d'identifier les différentes techniques permettant de gérer ces échelles cycliques, emboîtées, à pas de temps différenciés.

- Préviation et simulation

Nous avons considéré à plusieurs reprises la simulation comme outil de modélisation. Du latin « *simulare* », feindre, un modèle de simulation ne serait qu'une copie des processus d'un système ? L'introduction de la dynamique temporelle semble être une des caractéristiques des modèles de simulation. « *La simulation consiste à faire évoluer une abstraction d'un système au cours du temps afin d'aider à comprendre le fonctionnement et le comportement de ce système et à appréhender certaines de ses caractéristiques dynamiques dans l'objectif d'évaluer différentes décisions* » (Hill, 1993, 14). L'abstraction du système est le modèle, élément central du processus de modélisation et la simulation serait la mise en œuvre dynamique d'un modèle pour d'une part comprendre les phénomènes modélisés et en évaluer les sorties (Biberacher, 2004, 34). Par abus de langage on parle de modèles de simulation mais ces modèles utilisent en fait une technique particulière de simulation. Cette dernière fait inévitablement appel à des hypothèses, estimations et incertitudes associées, valides en fonctions d'un contexte et d'objectifs. La simulation est une technique de modélisation qui fait intervenir les propriétés dynamiques des systèmes et la notion de prévision. Elle fait référence à la réalisation itérative d'essais expérimentaux d'un modèle pour comprendre et observer les variations de certaines caractéristiques d'un système. Dans un contexte d'aide à la décision, la

simulation offre donc la possibilité de créer des scénarios et d'évaluer des variantes décisionnelles. Les objectifs de la modélisation dynamique (simulation) caractérisent deux groupes de modèles. Les modèles descriptifs d'une part cherchent à exposer un état ou le comportement du phénomène à un moment donné. Ils formulent un diagnostic du système. Les modèles prévisionnels quant à eux, visent à prévoir ou prédire un état ou le comportement d'un phénomène. Il s'agit d'un pronostic sur l'évolution du système. « *Les modèles prévisionnels sont souvent présentés sous l'intitulé modèles de simulation* » (Pouliot, 1999, 2). Walliser distingue les modèles prévisionnels de simulation et de prévision. Pour lui, les modèles prévisionnels au sens large, ont pour fonction, à partir de la connaissance d'un système, « *d'inférer son comportement dans des situations non encore observées* ». Cet auteur parle alors de modèles de simulation s'appuyant sur des scénarios. Dans un sens plus restreint, « *ces modèles doivent permettre, à partir de la connaissance des variables d'entrées et de la relation entrées-sorties du système, d'évaluer la valeur des sorties dans le futur* » et il qualifie alors ces modèles de modèles de prévision (Walliser, 1977, 190). Le recours à des stratégies de simulation prévisionnel, qu'elle soit exploratoire (description d'une évolution possible), tendancielle (évolution la plus probable) ou extrême (limite) est alors envisageable et facilité par l'outil informatique (Walliser, 1977, 186). La simulation informatique est la conduite d'expériences par le biais d'un modèle, à l'aide d'un ordinateur, pour un objectif précis d'expérimentation. Sterman (1991, 10) oppose quant à lui les modèles de simulation à ceux construits à des fins d'optimisation. Il convient aussi de mentionner que la simulation ne doit pas être confondue avec des aspects de communication tels l'animation graphique ou des techniques de réalité virtuelle.

Les modèles numériques de simulation énergétique

Au vu des généralités mentionnées précédemment, la modélisation énergétique semble recourir à différents modèles (Dauphiné, 1986). Bien que potentiellement formalisés lors du processus de modélisation (Figure 3-3), ils peuvent être implicites, voir facultatifs. Ils consistent en différentes représentations, qu'elles soient graphiques, formalisations mathématiques des schémas obtenus ou programmes de simulation informatique. Dans l'utilisation faite du terme modèle dans la thématique énergétique, la plupart des auteurs semblent définir un modèle énergétique en privilégiant une approche informatique que nous retiendrons. "A model is defined as a mathematical description – usually in the form of a computer algorithm – of a real system and the ways that the phenomena occur within that system, and an energy model is a model with its focus on energy issues" (Beeck (Van), 1999, 5). L'ajout de l'adjectif informatique ou numérique semble ainsi nécessaire, car l'état du phénomène est décrit par une

série de nombres et de techniques mathématiques sous la forme d'un algorithme traité par informatique, souvent sous la forme de programmes.

1.2. Les grilles d'analyse et typologies existantes en modélisation énergétique

De multiples modèles ont été développés pour la planification énergétique et nous ne considérons ici que les seuls modèles informatiques énergétiques. Les classifications de ces modèles énergétiques sont nombreuses et démontrent qu'il n'existe pas de typologie unique, rappelant ainsi que modèle et classification sont construits en fonction d'objectifs et de contextes spécifiques. Les typologies proposées ici par ces auteurs illustrent cette diversité et les divergences conceptuelles et sémantiques associées aux intitulés des types et critères de classification. Si notre intérêt se porte sur les grilles d'analyse (ensemble de critères et composants des modèles) utilisées sur lesquelles se basent les classifications, nous ne détaillerons pas l'étude de modèles particuliers. Quelques classifications peuvent être très succinctement présentées (Figure 3-4).

- **WorldBank, 1991**, propose une classification basée sur les objectifs et finalités de différents modèles qu'ils soient relatifs à l'évaluation d'impacts environnementaux, la prévision de la demande en énergie, l'évaluation de projet, l'optimisation d'un secteur, la description d'un système énergétique de référence, ou encore l'analyse de politiques énergétique. Les éléments de classification proposés dans cette classification sont décomposés en trois groupes généraux relatifs à la description, la classification et l'évaluation des modèles énergétiques. Ces groupes reposent sur l'étendue des questions traitées et donc l'ampleur des modèles. Les modèles du premier groupe constituent des modèles dans lesquels chaque sous modèle est séparé des autres : couverture d'un champ particulier du système énergétique (analyse macro-économique, prévision de la demande, évaluation d'impacts environnementaux ...) tels ENPEP, MESAP et MESSAGE, LEAP. Les modèles du second groupe sont plus compacts bien qu'ils incluent eux-mêmes des sous modèles (ENERPLAN, TEESE). Les modèles du troisième groupe, MARKAL, MEDEE, ont été élaborés pour étudier respectivement la production et la demande d'électricité. Ils peuvent être considérés comme des modèles générateurs de modèles (Assoumou, 2006).

- **Beeck (Van), 1999 Grubb, 1993** : Ces auteurs ont réalisé une classification afin d'identifier, parmi les modèles existant, le plus adapté à leurs besoins. Beeck (Van), se basant sur les travaux de Grubb, introduit une classification intéressante reposant sur une liste de critères originaux, incluant les objectifs du modèle énergétique général (exploration, prévision, backcasting), spécifique (demande, impact, modulaire...), sa structure (degré d'endogénéisation des hypothèses, la description des secteurs non énergétiques, des usages finaux et des technologies), l'approche analytique (top down vs bottom up) ou la méthodologie sous-jacentes (econometrique, d'équilibre, optimisation, simulation multicritère, boîte à outil, backcasting). Ces points soulèvent de nombreuses questions quant à la distinction entre finalités, techniques et méthodes de modélisation. Enfin, sont considérées, l'approche mathématique (programmation linéaire, dynamique), la prise en compte de dimensions spatiales et temporelles ou encore le type de données nécessaires (qualitatives/quantitatives, monétaires, (des)agrégées).

- **Alfstad, 2005 ; Howells, 2002, 44 ; Phdungsilp, 2006 ; Schnek, 2006, 71 ou Ruijven, 2008, 9** proposent des classifications distinctes des types de modèles énergétiques présentant chacune quelques spécificités. Les explications relatives aux critères utilisés ne sont cependant pas explicitées et les typologies distinguent par exemples des modèles d'équilibre général, des modèles d'optimisation et de simulation.

- **Finon, 2003**, économiste, fournit une analyse (avantage/inconvénient) de différents modèles énergétiques qu'il nomme exercices de prospective énergétique. Il y distingue les exercices tendanciels et exploratoires de moyen terme (2025) : modèles sectoriels technico-économique bottom-up, les modèles prospectifs d'évaluation du coût des politiques climatiques à moyen terme comprenant les modèles sectoriels bottom-up et les modèles d'équilibre général calculable top-down, et enfin les exercices de long/très long terme : prospectives de ruptures. Il propose ensuite des voies d'amélioration pour chacun de ces exercices en insistant sur les besoins et nécessité de couplage de modèles à différents niveaux (couplage de modèle bottom-up/top-down, couplage de modèles comportements énergétiques avec des modèles physiques).

- **Jebaraj, 2006**, a réalisé un inventaire non exhaustif de 252 modèles qu'il a classifié par thématiques et/ou vecteurs énergétiques). Les catégories proposées sont : Energy planning models, Energy supply demand model, Forecasting model: commercial energy models, renewable energy models (solar wind biomass), Optimization models, Energy model based on neural networks, Emission reduction model. Les descriptions succinctes de chaque modèles reposent sur un mélange de finalités et d'approches mathématiques dans lesquelles sont mis sur un même plan des modèles de programmation linéaire [191], des modèles utilisant une fonction de distribution [165], des modèles de simulation [182], des modèles mathématiques [176], ce qui ne manque pas de soulever la question de la définition de ce que sont les modèles et leurs composants.

- **Hiremath, 2007** propose un article qui est sans doute le plus intéressant pour notre propos. Il est relatif aux modèles utilisés en planification énergétique décentralisée. Il reprend clairement les critères utilisés par Beeck (Van). La classification des modèles qu'il propose est la suivante : Optimization models, Decentralized energy models (planning at village, block, district level), Energy supply/demand driven models, Energy and environmental planning models, Resource energy planning models, Energy models based on neural networks. Nombreux sont les modèles mono-filière intégrant une dimension spatiale principalement sous la forme de distances.

- **Lefevre, 2005** réalise une classification de modèles relevant d'une approche économique à échelle nationale. Ses critères de classification sont les objectifs thématiques du modèle (offre-demande), l'approche modélisatrice retenue, l'horizon temporel et l'échelle d'application. Lefevre propose ensuite une classification fondée sur l'approche modélisatrice retenue, sans définir cette dernière. Il considère alors quatre types de modèles : les modèles économétriques, d'optimisation, de comptabilité-énergie-finale et les modèles hybrides.

Y. Fléty, 2011.

Figure 3-4 : Quelques classifications de modèles énergétiques

Le premier constat issu de ces typologies concerne des problèmes de sémantique. Nombreux sont les auteurs à ne pas définir les composantes de leur modèle (ne serait-ce que l'intitulé des familles d'appartenance) et à ne pas différencier les aspects de leurs modèles relevant de niveaux d'analyse ou de construction différents (conceptuels, méthodologiques, de finalités ou de syntaxe).

1.3. Critères pour une typologie des modèles énergétiques

L'exercice d'identification des critères de classification des modèles vise à analyser ces derniers pour fournir des éléments de réponse à la question « quel modèle pour quel type de question ? ». Après avoir aperçu un ensemble de classifications existantes, il s'agit maintenant d'identifier et de définir les critères retenus pour une classification des modèles énergétiques. Six critères principaux sont recensés selon Grubb (1993). Il s'agit pour cet auteur, de la logique analytique (ascendante/descendante), de l'horizon temporel, des secteurs concernés, du recours à des techniques de simulation ou d'optimisation, du niveau d'agrégation des données et de l'échelle d'application. Hourcade (1996) se limite à trois autres critères de classification que sont l'objectif, la structure et les hypothèses réalisées (relations entre variables, précision quant à la description des technologies, des usages. Beeck ((Van), 1999) synthétise ces différents critères et retient successivement la finalité du modèle (objectifs général et spécifique), sa structure, (basée sur des hypothèses internes et externes), l'approche analytique (logique ascendante ou descendante), l'approche mathématique, les secteurs économiques concernés, l'échelle d'application du modèle, et son horizon temporel. Nous ne retiendrons ici que les critères propres ou déclinés à la thématique énergétique.

Objectifs et finalités, domaine d'application

Après avoir rappelé que l'un des éléments évident mais fondamental de définition d'un modèle était son objectif, il s'agit alors d'analyser les finalités et objectifs des modèles énergétiques. Cette première discrimination peut être subdivisée en deux sous-catégories selon qu'il s'agisse de l'objectif général et des objectifs spécifiques. L'objectif général apparaît dans la manière dont le futur est pris en compte dans le modèle, à savoir prévoir ce futur, l'explorer ou « rétopoler » (backcasting). Si la prévision est basée sur l'extrapolation de tendances à partir de données historiques, l'exploration est quant à elle réalisée par analyse de scénarios. Le backcasting consiste à définir une vision d'un futur désiré, puis à l'aide de modèle du même nom, d'identifier les changements nécessaires pour y parvenir.

L'objectif spécifique des modèles énergétiques concerne un aspect du système énergétique étudié par le modèle tel que l'offre, la demande, les impacts ou la comparaison et l'évaluation de

différentes options. Nous classifions les objectifs spécifiques des modèles relevant de notre problématique en trois catégories, relatives à la comptabilité énergétique (consommation, potentiels...), aux évaluations d'impacts et enfin à des questions d'optimisation (choix de localisation...). Bien que certains modèles ne se concentrent que sur un aspect du système énergétique, comme par exemple un modèle d'impact environnemental, la plupart des modèles récents combinent plusieurs objectifs spécifiques. Les termes de fonction ou de rôle pour ce même critère de classification, sont proposés par certains auteurs (WorldBank, 1991, 16).

Hypothèses posées sur le système énergétique

Nous considérerons deux types d'hypothèses sur lesquelles reposent les modèles énergétiques, dictées par les objectifs de la modélisation : les hypothèses concernant le système énergétique de référence et le type d'approche utilisée (ascendante/descendante).

- Afin d'illustrer le processus et les choix de modélisation, le système énergétique peut être représenté sous forme graphique figurant les flux d'énergie (Figure 1-2) : c'est le système énergétique de référence (RES en anglais). Il ne s'agit en aucun cas d'une représentation géographique du système énergétique.

- Les différences des sorties des modèles avec approches ascendantes ou descendantes (Tableau 3-1) découlent de la manière dont ces deux approches traitent de l'adoption des technologies, des comportements des agents économiques (Hourcade, 1996). Si les modèles issus d'une approche descendante traitent du couplage énergie/économie sans passer par une information technologique explicite, ceux issus d'une approche ascendante fournissent une image technique des systèmes énergétiques, en fonction d'hypothèses exogènes sur les progrès techniques et intègrent ainsi les processus de conversion (Pandey, 2002).

Approche modélisatrice ascendante (Bottom-Up models)	Approche modélisatrice descendante (Top-down models)
Approche à visée technologique	Approche à visée économique
Description détaillée des technologies	Technologies non explicitées
Utilise des données désagrégées, principalement à des fins exploratoires	Utilise des données agrégées pour des objectifs de prévision
Indépendante du comportement du marché	Basée sur le marché observé
Représente les technologies de distribution	Détermine la demande énergétique par le biais d'indicateurs économiques (PIB, prix)
Hypothèses : suppose que les interactions entre le secteur énergétique et les autres sont négligeables	Hypothèses : suppose qu'il n'y a pas de discontinuités dans les tendances passées

Tableau 3-1 : Caractéristiques des approches modélisatrices ascendante et descendante, Beeck ((Van), 1999)

La combinaison de ces deux approches, réalisée dans la plupart des modèles récents, est perçue comme une des évolutions nécessaires des modèles énergétiques, afin de ne plus isoler les aspects technologiques et les aspects économiques des modélisations (Finon, 2003, 25).

De l'économie à la géographie : introduire l'espace

La plupart des modèles énergétiques sont à l'origine des modèles économiques, à logique descendante et ne faisant aucune allusion à l'espace. Cependant, quand elle est considérée, la nature de la discrétisation spatiale distingue les modèles agrégés et désagrégés du point de vue spatial. Dans les premiers, la dimension spatiale du phénomène est considérée comme extrinsèque, sous la forme d'une variable. Pour les modèles désagrégés (distributed model), nous distinguerons deux niveaux de spatialisation. Tout d'abord, les modèles spatialisés dans lesquels la dimension spatiale n'est pas explicite mais intégrée. Il s'agit de comprendre, reproduire et caractériser le rôle de l'espace dans les processus qualifiant les systèmes énergétiques (par exemple : comment comprendre les consommations énergétiques au regard des spécificités territoriales intégrant espace et acteurs). Le second cas concerne les modèles utilisant un partitionnement de l'espace en unité arbitraire ou fonctionnelle d'observation. Il peut notamment s'agir de modèles spatialement explicites dont dispose le géographe pour simuler des évolutions spatiales (trio Système Multi-Agent - Réseaux neuronaux - Automate Cellulaire, (Houet, 2006, 76)). Quelques rares modèles de planification énergétique décentralisée se situent dans ces deux derniers cas (Biberacher, 2004 ; Fragnière, 1999 ; Gangat, 2009 ; Ma, 2012). Une dimension spatiale est intégrée dans quelques cas mono-filière relatifs aux énergies renouvelables pour des études de cas, pour l'évaluation de potentiels par SIG (Pokharel, 2004 ; Yue, 2006) ou dans des modèles dans lesquels le post traitement est effectué par une autre famille de modèle que constituent les cartes, et uniquement à des fins de communication⁹³.

En ce qui concerne les échelles d'application des modèles, ces dernières recouvrent l'ensemble des possibles entre l'échelle macro-régionale et celle du projet. Une précision doit être apportée lors de la mention d'un niveau régional qui peut être entendu soit comme région continentale (macro-région), soit comme échelon infranational. Chaque modèle définit ainsi un facteur essentiel qui est le niveau auquel s'effectue l'analyse. Dans un contexte récent de planification énergétique décentralisée, on constate une évolution du nombre de modèles à échelle d'application fine (village, quartiers) (Hiremath, 2007).

⁹³ Le modèle LEAP (COMMEND, 2011) a intégré un module sommaire de représentation cartographique.

Jeux d'agents

Les acteurs sont une des composantes du système énergétique territorial. La question de l'intégration quantifiée de leurs comportements et/ou actions au sein d'un modèle de simulation peut être soulevée. Ainsi, à titre d'exemple, une augmentation du crédit d'impôt d'un montant donné peut-il impacter le développement du parc éolien ? De même, les systèmes de taxes, l'intégration des progrès technologiques, les contraintes imposées par le rythme de la croissance démographique ou le degré de libéralisation souhaité, etc., peuvent avoir des impacts conséquents sur les devenir d'un système énergétique (Finon, 2003, 9). Comment sont traduits ce genre de jeux d'agent en équations ? Si tous ces paramètres sont définis de façon exogène, le modèle devient inutilisable, d'un autre côté, quelques paramètres externes restent nécessaires pour réaliser différents scénarios de simulation proches d'une réalité souhaitée.

1.4. Contraintes et limites des modèles existants

Plusieurs limites sont susceptibles d'être identifiées dans une étude sur les composantes des modèles énergétiques existants.

Le premier écueil soulevé relève de la sémantique : si le terme de modèle est rarement défini par les auteurs, des intitulés de modèles relevant de niveaux techniques, méthodologiques ou conceptuels différents sont pratiquement systématiques. Pour une typologie, des intitulés de modèles tels que « modèles multicritères » (techniques de mathématiques appliquées en aide à la décision), modèle boîte à outil (sans doute plus relatif à la structure du modèle qu'à ses finalités), modèle stochastique (illustrant des relations de causalité entre variables) ou modèle global (lié aux considérations d'échelles d'application) sont mis sur un même plan.

Une contrainte apparaît également dans le choix de l'approche privilégiée : un modèle à logique ascendante ou descendante, respectivement modèles à technologies désagrégées ou modèles économiques, dans lesquels les technologies sont considérées comme des boîtes noires. Le choix d'un système énergétique de référence illustre ainsi les hypothèses réalisées dans une modélisation, telle la considération ou non des usages énergétiques, déjà évoquée. Les usages ne sont par exemple pas considérés dans la plupart des modèles énergétiques. En effet, ces modèles restent tout d'abord centrés sur des problématiques d'offre et donc des aspects technico-économiques, dont les échelles d'application sont majoritairement macroscopiques. Ils n'intègrent par conséquent qu'un nombre très restreint de caractéristiques territoriales. Il convient cependant de distinguer une catégorie de modèles, rarement mentionnée hors des contextes universitaires. Bien que relevant d'une technique particulière de modélisation, les modèles forresteriens stocks/flux en dynamique de système, sont peut-être les expériences qui se détachent le plus d'approches strictement technico-économiques. Les questions énergétiques

étant pourtant généralement réduites à des questions de flux, ils ne sont représentés que par quelques exemples (Dauphiné, 1986 ; Yamamoto, 1999 ; Sufian, 2005 ; Longbin, 2007 ; Safonov, 1999 ; Battjes, 1999), sans doute pour des questions de spatialisation et de calibrage, qui restent leurs principaux écueils.

Si la plupart des modèles existants se réclament d'échelle d'application nationale, aucune prise en compte de dimensions spatiales n'existe. Dans le contexte de la planification décentralisée, quelques modèles mono-filières d'énergies renouvelables intègrent des spécificités territoriales pour certaines études de cas, pour l'évaluation de potentiel ou dans le cadre d'un post-traitement sous SIG notamment.

Les données contextuelles nécessaires à une bonne adéquation au terrain d'étude constituent également un écueil : une des conséquences de la planification énergétique décentralisée réside dans la nécessaire prise en compte des spécificités territoriales sous la forme de données contextuelles au sein des modèles. Tel que nous l'avons précédemment défini, le contexte fait ici référence aux données ne relevant pas directement de la thématique énergétique, mais qui dans les modèles étudiés sont incontournables (caractéristiques locales : démographie, industrie, climat, etc.). Il semble même qu'elles soient quantitativement majoritaires dans l'alimentation de ces modèles. Les modèles énergétiques existants excluent bon nombre de problématiques économiques, sociales ou environnementales, très dépendantes du contexte. La plupart des modèles ascendants, par exemple, considère comme principal indicateur de décision les seuls coûts financiers directs d'une infrastructure. Ceci est évidemment imputable aux objectifs assignés à ces modèles, mais aussi à la difficulté d'intégrer des données contextuelles autrement que par leurs substitutions en équivalents monétaires⁹⁴.

Enfin, le constat des limites des modèles énergétiques est dressé par plusieurs auteurs dans le sens où un modèle énergétique ne répond évidemment qu'aux objectifs qui président à sa construction (Finon, 2003) et n'est donc adapté qu'aux objectifs fixés. Or ces modèles sont avant tout élaborés dans la perspective d'une planification technico-économique centralisée et centrée sur l'offre à échelle nationale. Ils autorisent « *l'obtention d'ordres de grandeur largement suffisant pour avoir des conclusions qui permettent d'orienter l'avenir* » (Jancovici, 2011).

Une analyse des modèles énergétiques revient à définir leurs composants et notamment à réaliser une classification des objectifs. Un modèle est une représentation d'un système, en fonction d'objectifs et d'un contexte donné. Si de nombreux modèles de prospective énergétique

⁹⁴ En ce même sens, l'étendue des données nécessaires au fonctionnement des modèles n'est par exemple que rarement décrite quand l'on ne dispose pas des programmes informatiques (quelques exceptions subsistent : logiciel Long Range Energy Alternative Planning LEAP (COMMEND, 2011)).

ont été élaborés, force est de constater qu'il n'existe pas de dimension territoriale dans la planification énergétique « traditionnelle ». Il semblerait opportun d'avoir recours à un ensemble de modèles, intégrant des bases de données spatio-temporelles, reflet du territoire, et des modèles de simulation, capables de traiter des catégories et familles de questions. Les problématiques du couplage et de l'intégration de données locales et des modèles évoqués pourraient alors être soulevées sans perdre de vue - d'une part que la construction d'un modèle unique susceptible de répondre à toute question est illusoire, - et d'autre part qu'un modèle numérique devrait avant tout faire évoluer nos modèles mentaux par les connaissances qui l'accompagnent, pour, dans notre cas, tendre vers une planification territoriale énergétique.

Si nous avons précédemment pu constater l'insertion progressive des problématiques énergétiques dans les différents documents de la planification opérationnelle territoriale (Chapitre 1.2.3.2.), l'inverse n'est pas avéré. Les logiques spatiales, et d'autant plus territoriales, ne sont pas intégrées dans les modes de pensée des décideurs énergétiques. La planification énergétique repose en effet sur l'utilisation de modèles énergétiques prospectifs pour une planification centralisée, d'application nationale, qui restent centrés sur des enjeux d'offre essentiellement considérés sous un angle technico-économique. La planification énergétique « traditionnelle », considérant des flux hors-sol, reste ainsi largement déconnectée des territoires. Si l'analyse énergétique dispose d'une instrumentation par les modèles tels que présentés ici, qu'en est-il de celle des territoires ?

2. *Vers l'observation instrumentée du territoire*

Les notions d'Observation territoriale, et ses déclinaisons sous formes d'observatoires territoriaux doivent être précisées, afin de définir leurs finalités et enjeux, ainsi que les conditions auxquelles elles doivent répondre pour être concrétisées efficacement. Il s'agit de partir de l'observation « ordinaire », d'explorer et caractériser l'Observation territoriale puis les Observatoires numériques territoriaux, pour soulever les questions de l'outil, de ses enjeux et tensions pour rendre compte de la complexité du système territoire.

2.1. L'Observation territoriale : une démarche pour rendre compte d'une réalité complexe⁹⁵

L'Observation territoriale hérite des spécificités du processus non spécifique d'observation. Après avoir aperçu les tendances et contraintes sous-jacentes de ce dernier, il s'agit ici de définir les caractéristiques génériques de l'Observation territoriale.

Penser les observations : entre attitude naturelle et activité cognitive / position scientifique

Pour Kohn, l'observation doit être distinguée de l'acte élémentaire de perception, cette « *heureuse ignorance de l'habitude* » (Kohn, 2003, 15). Pour le sens commun, la perception semble spontanée, immédiate et involontaire, loin d'un acte de pensée. La réalité s'impose en effet, et la stimulation de nos différents sens (vue, ouïe, goût, toucher, odorat) constituerait la preuve de l'existence d'un fait. Lalande (2006, 754), rappelle que la perception est « *l'acte par lequel un individu, organisant immédiatement ses sensations, les interprétant et les complétant par des images et des souvenirs, s'oppose un objet qu'il juge* ». Différentes perspectives se différencient alors. Si le sens commun et plusieurs disciplines scientifiques admettent une dimension objective des objets qui nous entourent, les sciences cognitives ont démontré la perspective qualitative que nous adoptons pour percevoir et décrire ces mêmes objets (Chevriaux, 2008, Chap. 1). Or la perception invente et construit une réalité, et peut en ce sens, se révéler faussée. Dans une certaine mesure, l'allégorie de la Caverne de Platon, ou plus simplement les illusions d'optique viennent nous rappeler cet état de fait. Comment sortir alors de ce regard habitué ? Observer est plus que percevoir. La posture se distingue aussi de l'attitude passive de la contemplation, bien qu'elle suppose également de rester passif et totalement extérieure à son sujet (Lévy, 2003, 676). Les multiples acceptions du verbe *observer* impliquent un bref éclairage sémantique (Figure 3-5).

⁹⁵ Par définition, Observation territoriale et observatoires sont liés, impliquant d'inévitables chevauchements voir répétitions dans la description de leurs formes, enjeux ou finalités. Considérant, à quelques nuances près, les observatoires comme l'objet identifiable de la démarche d'observation, nous avons fait le choix de leur réserver le contenu le plus détaillé. L'Observation territoriale, n'est ainsi délimitée que par les caractéristiques génériques communes minimales aux deux notions.

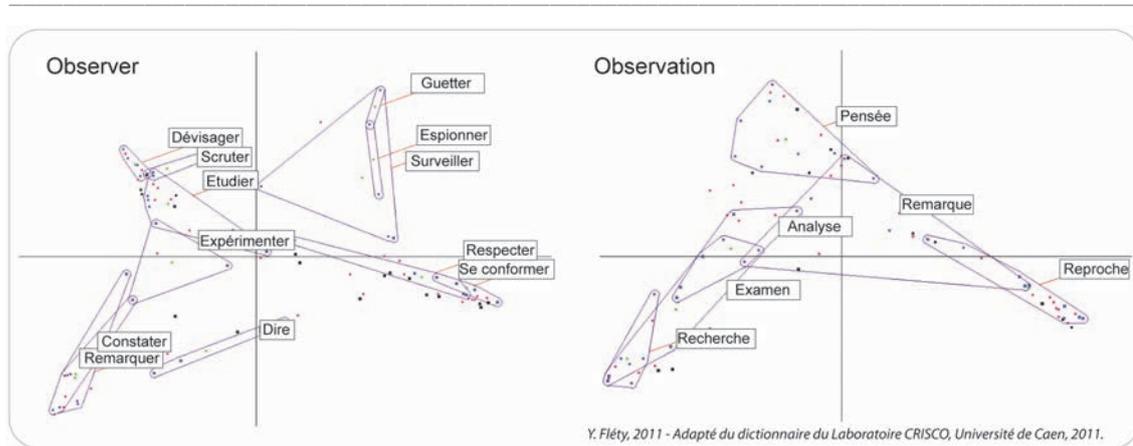


Figure 3-5 : Espaces sémantiques par défaut du verbe « observer » (gauche) et de son substantif « observation » (droite) (Dictionnaire des synonymes de l'Université de Caen, 2011)

Si le verbe observer peut prendre le sens de *remarquer-constater*, celui *d'interroger*, *d'espionner*, ou encore *d'examiner en contrôlant*, il peut également être synonyme de *respecter*, *se conformer à ce qui est prescrit* -, et ainsi, une loi, une obligation ou le silence peuvent être observés. L'observation est alors apprentissage de normes. La racine latine *servire, être esclave, au service de* rappelle ainsi l'idée de sujétion et de dépendance, donc de résistance et de méfiance. Elle n'est pas neutre, et peut potentiellement être ressentie par les observés dans le cas « d'objets humains », marquant une dialectique observant-observés. Mais alors, où commence l'observation ?

Si observer n'est pas contempler, il existe déjà une distinction fondamentale entre l'observation occasionnelle de la vie courante (régie par aucune règle consciente ?) et une observation systématique. Cette dernière implique un projet, c'est-à-dire, un objectif *a minima*, des préjugés plus ou moins explicites, et au mieux une grille de lecture : l'observation suppose donc l'identification d'un objet ou d'un champ d'observation. Cette observation est une attention particulière qui se veut neutre, elle serait un « *processus incluant l'attention attentive volontaire et intelligente, orienté par un objectif terminal ou organisateur et dirigé sur un objet pour en recueillir des informations* » (Meyer, 2006, 34).

L'observation peut dépasser ces types d'observations « ordinaires ». Elle devient alors naturaliste, clinique, ou, plus généralement investigation scientifique lorsqu'elle s'inscrit dans une démarche problématisée d'expérimentation pour tester des hypothèses à l'aide d'une méthode et d'instruments. Dans ce contexte de recherche ou celui d'un examen diagnostique, la notion d'observation réfère tout autant au processus, qu'à la méthode ou aux résultats. Ainsi, l'observation constitue aussi bien l'instrumentation - entendue comme recueil de données -, que la première phase d'une démarche de connaissance dans un lieu dédié (patient en observation), ou encore que les données collectées - telles les observations cliniques, les observations statistiques, en tant que mesures brutes -. Bien que qualifiée de systématiquement polémique,

l'observation se parerait dans cette démarche, des attributs de la neutralité et d'une intention objectivante. L'observation oscillerait entre une volonté de scientificité généralisante et une connaissance de la singularité (Kohn, 2003, 12), mais dans les deux cas, sous-tend pour cela une logique de description. Cette dernière consiste à rassembler un ensemble « d'éléments d'observation », des faits, sur un phénomène pour en fournir, quel qu'en soit sa forme, une représentation aussi exhaustive que possible.

L'ensemble de ces délimitations insistent sur le caractère plus large accordé à l'observation que la seule séquence perceptive. Le processus d'observation implique un continuum, du recueil construit de signaux, aux concepts, puis à la représentation externe sur un phénomène. Il implique des séquences - de prise de conscience de l'objet observé, de recueil, de tri, de hiérarchisation/analyse, d'interprétation, d'analyse, de synthèse, de transcription et de transmission - , séquences non ordonnées linéairement, pour trouver une logique et donner un sens. Nous ne posons ainsi pas de limite nette dans la continuité entre observation, et démarche de représentation externe qui la finalise.

L'Observation territoriale, une réponse à un besoin de connaissance du territoire

Connaître l'état et les évolutions des territoires revêt une dimension politique et stratégique, qui consiste à disposer des éléments permettant d'orienter, de suivre et d'évaluer les politiques et actions liées à la gestion et à l'aménagement des territoires. Bien que discuté, il est un implicite en matière d'aide à la décision territoriale : l'information et la connaissance sont bénéfiques pour la prise de décision territoriale (Joerin, 2008). La connaissance des territoires a ainsi longtemps été un attribut régalien (Feyt, 2006). Cet auteur mentionne les créations successives d'organismes spécialisés dans l'Observation territoriale sectorielle. Ainsi l'INSEE en 1946 ou la DATAR en 1964 développent une culture de collecte de données et de production statistique principalement à partir d'enquêtes, susceptible d'approcher les évolutions d'une thématique donnée, pour l'essentiel socio-économique. Cette conception fait ainsi référence à un modèle scientifico-administratif de production d'une connaissance territoriale unifiée à échelle nationale. Elle se maintient durant les décennies soixante à quatre-vingt-dix, dotant chaque ministère de structures sectorielles d'observation. Dans une perspective historique, Bardet (2004) distingue ensuite une période d'Observation territoriale initiée par les processus de décentralisation⁹⁶, période répondant aux nouveaux besoins en données quantitatives techniques et opérationnelles des collectivités, notamment pour l'élaboration des Contrats de Plans Etat-Région (Chebroux, 2011 ; Bovar, 2006). Bardet (1998) détaille alors le parcours

⁹⁶ Mentionné dans les évolutions de la planification (Chap. 1).

délicat de la décentralisation de l'Observation territoriale régionale. Cette dernière favoriserait une logique institutionnelle descendante peut compatible avec une construction régionale ou plus locale, ascendante. Les années quatre-vingt-dix voient ainsi la conjonction du développement des moyens techniques et financiers des collectivités, l'accessibilité à l'informatique et une multitude d'initiatives locales au sein des nouveaux périmètres des territoires de projet. L'observation ne va alors plus être exclusivement liée au suivi de politiques publiques, mais devient « *objet et sujet de médiation, de représentation et de négociation entre acteurs qui se mettent à construire par et pour eux même l'observation* » (Roux, 2011, 15). En ce sens, plusieurs aspects distinguent l'observation telle que définie et utilisée par l'ensemble des sciences dans le cadre de la recherche scientifique, et l'observation mise en œuvre par des acteurs du territoire. Une distinction, sans doute valable pour l'ensemble des sciences humaines et sociales, s'établit sur l'objet d'observation lui-même. Alors que l'observation entendue comme étape première de la démarche scientifique est extérieure à l'objet étudié, l'Observation territoriale interroge le lien entre observateurs et observés puisque les observateurs sont en partie et dans une certaine mesure les observés. De nombreuses démarches d'observations sont ainsi entreprises par les collectivités qui s'observent elles-mêmes, et plus précisément leurs (in)actions. L'Observation territoriale fait en ce sens aussi partie de la construction identitaire du territoire et donne à voir. Elle se pose alors comme condition d'existence d'un projet territorial, projet dont les modalités d'organisation, de coordination entre acteurs, et de décisions, à savoir la gouvernance, nécessitent de la connaissance et de l'information.

Prérogative étatique, l'Observation territoriale trouve un nouveau moteur et change de niveau d'application avec le processus de décentralisation. L'émergence de nouveaux territoires implique en effet de nouvelles compétences et donc de nouveaux besoins de connaissance mutualisée et d'information. L'Observation territoriale devient alors l'objet de multiples enjeux, finalités et objectifs.

Les registres et fonctions de l'Observation territoriale : connaître et représenter une réalité complexe via la construction de connaissance et l'aide au diagnostic

Emanant essentiellement de la demande des décideurs, l'Observation territoriale n'est en elle-même, pas une finalité, elle ne constitue qu'une étape dans le processus de génération de

connaissance pour la décision et l'action territoriale⁹⁷. L'Observation territoriale peut ainsi être convoquée pour répondre à cette finalité à travers un ensemble de vocations (Figure 3-6).

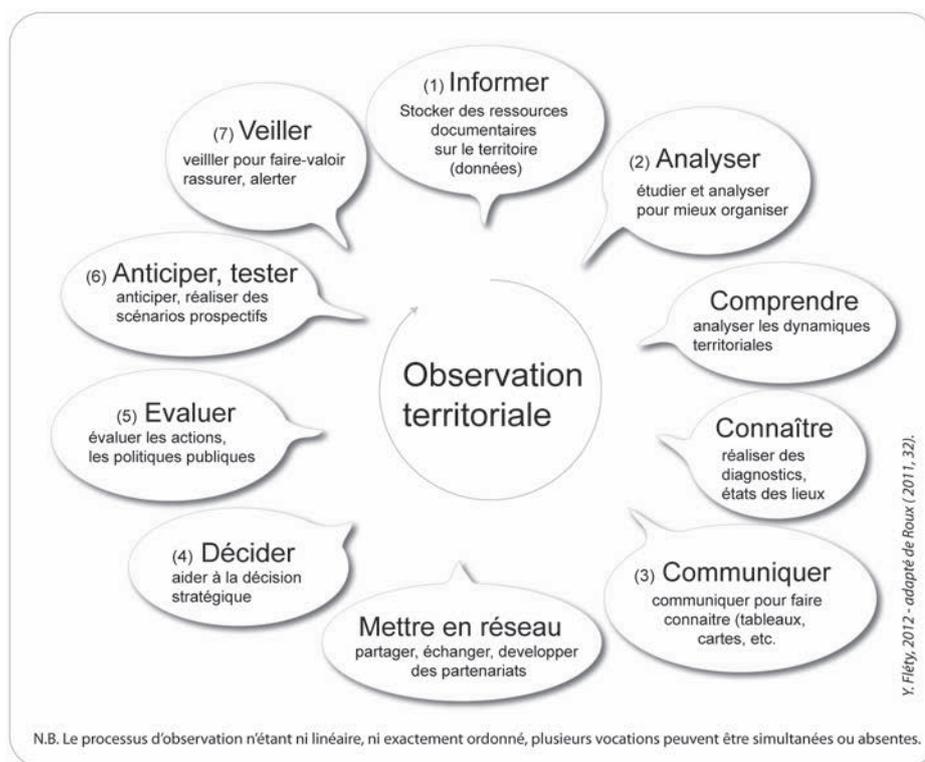


Figure 3-6 : Des vocations plurielles pour l'Observation territoriale (d'après Roux, 2011, 32)

Ainsi, les interrogatifs qui ? quoi ? où ? comment ? pour quoi ? pour qui ? (Bailly, 2004, 20) et leurs implications, compréhension, aide à la décision, gestion de l'incertitude, collaboration, veille, évaluation, outil de pilotage des politiques d'aménagement du territoire, etc. (Bovar, 2006), sont autant d'attentes adressées à une Observation territoriale idéalisée. L'Observation territoriale ne peut raisonnablement répondre que partiellement à l'ensemble de ces fonctions, et sa concrétisation commence par en définir les objectifs principaux. Sans contradiction, elle a en premier lieu, une vocation heuristique et analytique de production d'information et d'un certain niveau de connaissance du territoire. Sa fonction principale générale est celle de la représentation d'une réalité complexe par la construction de la connaissance territoriale *via* l'aide au diagnostic et le suivi d'évolutions.

Feyt (2006) propose une définition schématique de la notion de connaissance territoriale selon trois registres consécutifs que sont, d'une part les temps de la collecte et de la gestion des informations territoriales, d'autre part ceux de l'analyse et de la compréhension des phénomènes

⁹⁷ Une dialectique classique oppose action/observation qui sont a priori des temps et acte distincts, mais que l'on peut considérer comme dépendant, dans un continuum où l'observation est un moyen indirect au service de la prise de décision et de l'action.

et dynamiques à l'œuvre, et enfin les étapes d'utilisation de cette connaissance pour la concertation, la prospective, l'évaluation et le suivi. Cette connaissance se réfère donc aux données et mesures récoltées, aux produits de leurs traitements, autant qu'aux démarches de communication, notamment sous la forme de représentations externes, tels des tableaux, documents ou cartes, visant la lisibilité de ces productions. Le qualificatif territorial associé à cette connaissance, caractérise cette information particulière portant sur un système complexe, intégrant l'emboîtement des échelles spatiales et temporelles qu'il convient de restituer. En effet, tel que nous l'avons défini, le territoire endosse les caractéristiques d'un système complexe liant le sous-système des acteurs et celui de l'espace géographique, générant une interdépendance entre les phénomènes observables (Chapitre 1.1.1.1.). Or, si la complexité ne se représente pas sans mutilation puisqu'elle est un état, approcher cette complexité se réalise *via* des diagnostics qui finalisent (ou initient selon Lemoisson, 2011) le processus d'Observation territoriale.

De manière générale, un diagnostic est entendu comme les « *conclusions, généralement prospectives, faisant suite à l'examen analytique d'une situation souvent jugée critique ou complexe* » (CNRTL, 2013). Le diagnostic territorial revêt néanmoins quelques spécificités. Il n'est en effet pas « *une coupe synchrone qui se contenterait de décrire un territoire* », pas plus qu'une étude, une analyse ou une monographie ordonnée du territoire, bien qu'il puisse emprunter des éléments à chacune de ces formes. Il apparaît plutôt comme la mise en évidence collective et globale⁹⁸ d'une problématique argumentée : quelles sont les questions essentielles, les risques et marges de manœuvre ? (Courson (de), 2005, 39). Si le diagnostic territorial comporte la formulation d'un jugement, la mobilisation des acteurs en constitue bien la particularité. « *Loin d'être un simple état des lieux, ou la photographie d'un espace donné, le diagnostic est d'abord le moment d'une mise en capacité des acteurs du territoire [...], une mise en tension* » Lardon, 2005. Pour ce faire, un certain nombre de méthodes ont été développées afin de réaliser ce dialogue entre acteurs et experts, méthodes caractérisées par une finalité - diagnostic de situation, de fonctionnement, d'évaluation post ante / ex post (Desthieux, 2005, 11 ; Moine, 2006, 39 ; Caron, 2005 ; Lardon, 2005) - et qui tentent de satisfaire chacune des étapes du diagnostic (Figure 3-7) : capter les représentations de ces acteurs, définir collectivement des enjeux, une stratégie et des propositions d'actions.

⁹⁸ S'opposant à sectorielle.

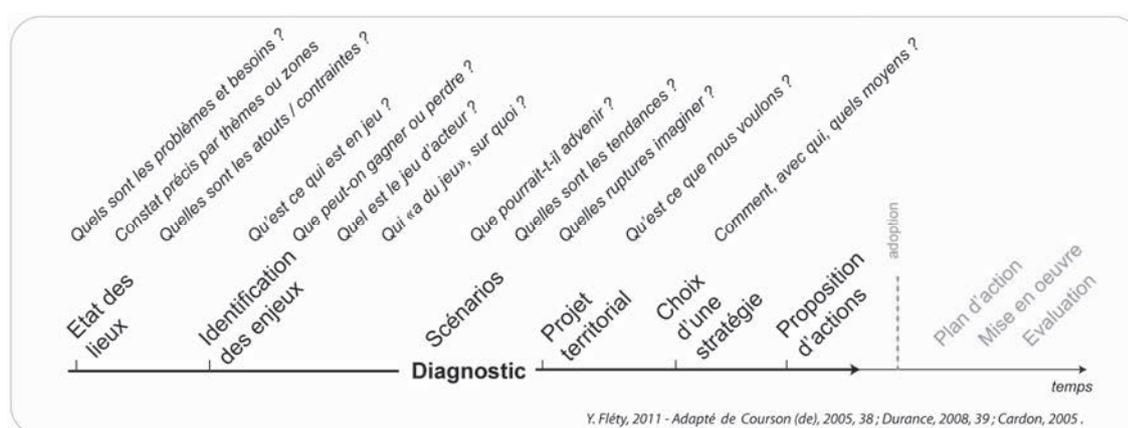


Figure 3-7 : Les étapes du diagnostic (territorial)

Les ressources informationnelles, et plus précisément le matériel géographique, à savoir les données, cartes, indicateurs, etc., représentent alors le carburant essentiel de cette démarche de diagnostic, en même temps qu'ils en forment les éléments de production (Roche, 2007). Cette connaissance partagée du territoire constitue ainsi un des enjeux principal de l'Observation territoriale.

L'Observation territoriale : une démarche outillée quel qu'en soit la forme, et, a minima, de mutualisation de connaissances

Si la définition du territoire réserve une place de choix aux acteurs, la construction de la connaissance que constitue l'Observation territoriale est indissociable d'un partage de données et d'informations territoriales, pour comprendre ensemble ce que l'on n'aurait pu comprendre seul. Toute volonté d'action sur un territoire s'incarnerait ainsi par des dispositifs de gouvernance multi-acteurs au sein desquels peu d'acteurs possèderaient en propre les capacités cognitives, informationnelles et/ou l'autorité pour décider et agir seul. La démarche d'observation implique en ce sens la mise en place de partenariats inter-organisationnels (Noucher, 2006) favorisant les mutualisation et diffusion de connaissances multiples et transdisciplinaires. Plus concrètement ces bénéfices réduisent les coûts, facilitent l'accès aux données et autorisent des approches intersectorielles, et au mieux transversales.

La dimension multi-acteurs de l'Observation territoriale questionne ainsi le passage de la multiplicité de points de vue individuels et sectoriels de problématiques territoriales, à des visions plus intégrées, pas nécessairement consensuelles, mais construites collectivement. L'un des enjeux de l'Observation territoriale consiste alors notamment à élaborer des solutions organisationnelles et/ou techniques d'apprentissage collectif, reposant sur et articulé autour de l'information territoriale. « *La technologie a toujours été le prolongement de notre corps. Et*

[les technologies de l'information] *sont le premiers prolongement de notre pensée* » (Luhan in Soudoplatof, 1996). L'Observation territoriale repose en effet sur plusieurs outils⁹⁹.

Dans son objectif de description et de représentation du réel au vu d'un contexte et d'une problématique, l'Observation territoriale implique un « observé » ou « champ d'observation », et un « observatoire » ou « outil et ses techniques d'observation », plus ou moins compliqué, mais susceptible de fournir une représentation des phénomènes observés.

Une palette diversifiée d'outils et techniques sont alors mobilisables, intervenant au cours de la démarche d'Observation territoriale qui peut être ainsi qualifiée d'outillée. En premier lieu, les données, qui constituent une représentation construite en fonction d'un objectif (Terrier, 2011, 103), le sont par le biais d'outils (Joliveau, 2004, 259), qu'il s'agisse d'un organe tel l'œil, d'un satellite, d'une enquête ou d'un système d'information géographique (Figure 3-8).

⁹⁹ Si dans de nombreux contextes, les mots outils et instruments sont interchangeable, il semble que certaines nuances puissent cependant être apportées. Bruillard (1997, 3) note qu'à la différence de l'outil, l'instrument prolonge et adapte les organes des sens. « L'idée de perception associée à l'instrument n'apparaît pas dans l'outil ». On dispose ainsi d'instrument d'optique, d'astronomie, de mesure, etc. instrument qui revêt classiquement une fonction de multiplication ou d'amplification (de puissance, ou de précision par exemple). Fusulier dans Hermes (1999, 184). Ce type d'instrument ne vise pas directement à transformer la matière, mais à collecter des informations sur celle-ci. Instrumenter consisterait alors en ce sens, à intégrer différents capteurs. Peut être complété par Joliveau (2004, 19) qui distingue outil technique ou outil intellectuel (ensemble de méthode, de modèle, d'information. Le dispositif est la notion la plus générale, englobant les instruments et outils, définie comme (« ensemble de mesures, de moyens disposés en vue d'une fin stratégique » (CNRTL, 2012) ; (Grandgirard, 2007, 155) ; (Lascoumes, 2005, 15). Nous nommerons dispositif l'ensemble des moyens mis en œuvre dans la démarche instrumentée de construction et de réalisation de l'Observation territoriale.

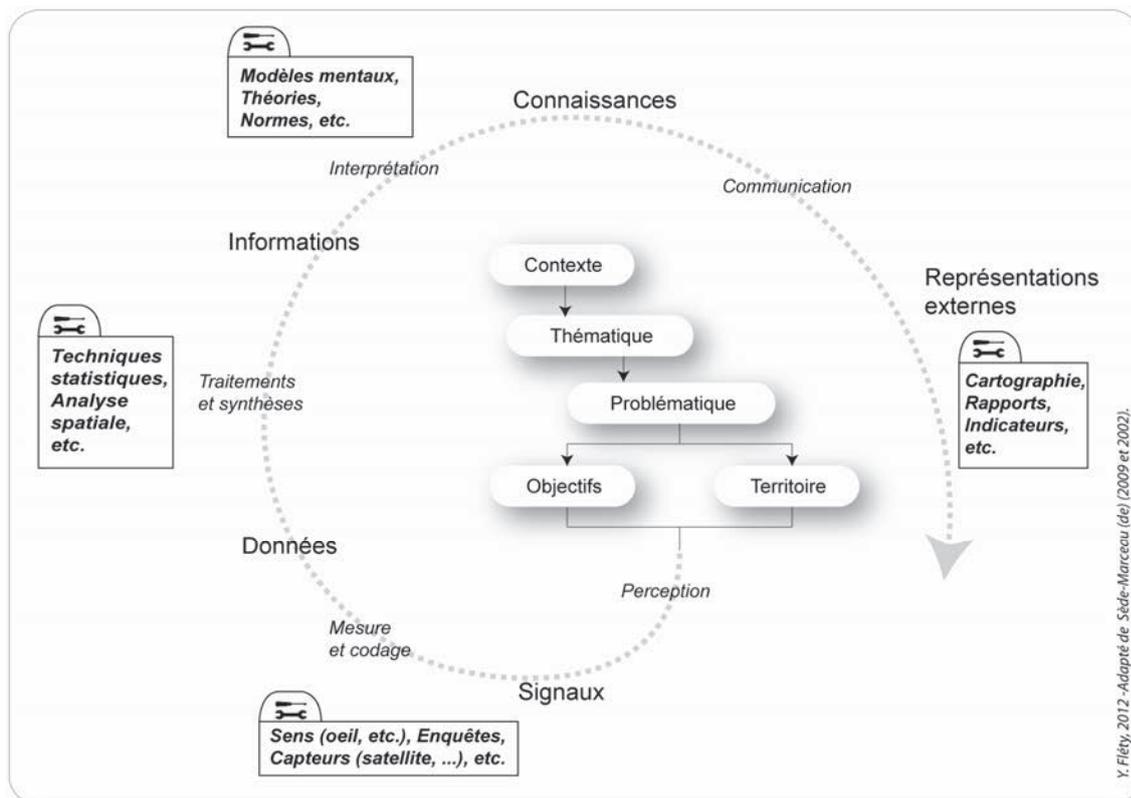


Figure 3-8 : L'Observation territoriale, une démarche outillée, adapté de Sède ((de) 2009) et (2002, 61)

L'instrumentation intervient aussi, et quel qu'en soit les formes, au cours des traitements, - hiérarchisation et analyse, tel l'outillage statistique (Desrosières (1993, 401) - ou des sorties réalisées (fiches thématiques, rapports d'étude, indicateurs, cartes, etc.). En ce sens, l'instrumentation occupe une place particulière dans la démarche d'observation, à l'interface entre l'objet et l'observateur en quête de connaissances et de compréhension.

Si dans la palette des outils de l'Observation territoriale figurent les rapports, sous la forme de rapport d'études ou encore les enquêtes ponctuelles (Chebroux, 2011 ; Labelle, 2008), appréhender les caractéristiques de phénomènes territoriaux au vu d'une problématique, suivre leurs évolutions dans la durée au regard de leur contexte, nécessite de concevoir des dispositifs particuliers. La question de l'instrumentation (par un outil intellectuel ou matériel) est ainsi toujours aussi celle de la représentation et d'une méthode d'analyse. En ce sens, elle revêt alors un caractère central et non neutre (Lascoumes, 2005) dans la démarche d'observation.

L'Observation territoriale peut être définie comme interface entre le réel et la connaissance *via* la donnée. Elle est caractérisée par le nombre d'acteurs en présence et une finalité tournée vers l'action. Elle comprend, à travers une mutualisation de connaissance, des dimensions analytique et heuristique facilitées par le recours à une forme d'instrumentation quel qu'elle soit. Si instrumenter revient à proposer des « *formes rationnelles plus ou moins standardisées, des*

procédures techniques » (Lascoumes, 2005), des méthodes et outils appropriés à une représentation la plus fidèle possible du système observé, alors les observatoires, intégrant les contraintes de l'Observation territoriale ici définie, figurent parmi les dispositifs privilégiés de cette mise en connaissance des territoires. L'Observation territoriale intègre la notion de temps et celle d'irréversibilité. Il s'agit donc d'observer sur un temps long des phénomènes territoriaux caractérisés par leur évolutivité (Casanova, 2008), que seule la durée permet de percevoir (Dubois, 2001, 3) et qui implique une permanence de l'observation. Dans le contexte de l'action publique, de l'aménagement et de la gestion des territoires, l'observatoire désigne en effet une structure inscrite dans la durée, qui collecte, traite et diffuse de l'information sur ou autour d'une thématique identifiée.

2.2. Les observatoires territoriaux : une diversité de dispositifs pour intégrer les spécificités des territoires dans un contexte multi-acteurs

La pratique d'Observation territoriale peut notamment être identifiée par l'un des objets de sa démarche, à savoir le dispositif que constituent les observatoires. S'ils sont en tant qu'outil portés par la technique, les observatoires n'en demeurent pas moins indissociables d'un système d'acteurs et des dimensions cognitives qui l'accompagnent. La perspective d'une Observation territoriale instrumentée par des observatoires numériques territoriaux soulève ainsi des enjeux spécifiques à l'origine d'enjeux méthodologiques qu'il convient d'identifier. Le cas des observatoires autour de la thématique énergétique tout comme leurs enjeux sont ensuite abordés.

2.2.1. Les observatoires numériques territoriaux, vers une définition

Déclinaison instrumentée sous la forme d'un dispositif d'Observation territoriale, les observatoires représentent un ensemble de pratiques disparates qu'il convient d'approcher. Les observatoires numériques territoriaux peuvent alors être définis par leurs formes et finalités.

Généalogie et actualité

Dans son acception courante, l'observatoire implique l'idée de hauteur, d'une prise de distance et d'un changement de point de vue : l'observateur observe des phénomènes, faits et données. A l'entrée observatoire, le CNRTL (2012) propose "*Etablissement scientifique muni des instruments servant aux observations astronomiques et météorologiques*" et par extension, le "*point d'où l'on a une certaine vue des choses, d'où l'on peut observer quelque chose*". Le Grand Dictionnaire Terminologique avance une définition semblable en tant qu'« *Édifice spécialement affecté aux observations d'astronomie et de météorologie* ».

Le concept d'observatoire du territoire trouve par métaphore, son origine en astronomie (Clignet, 1998). Il en a hérité les caractéristiques de base qui font la spécificité des observatoires, - à savoir une meilleure localisation et datation des phénomènes, le ciblage de l'observation, l'effet télescopique de zoom et la permanence de la structure - (Dubois, 2001, 59). Mathieu (2002, 4) indique d'ailleurs que l'engouement pour ce type de structures s'expliquerait en partie par le poids enfoui dans nos mémoires et dans les représentations sociales du terme observatoire, « *dans les représentations associés à sa définition originelle, haut lieu de la recherche, rigoureusement associé à l'instrumentation de qualité destiné à prévoir les phénomènes, les anticiper, par la connaissance des processus* ». Cet engouement ne s'est pas démenti puisqu'une dizaine de ces dispositifs étaient recensés en 1990, une cinquantaine en 2007 et plus de 500 en 2011¹⁰⁰ (Roux, 2011, 20 ; Admi.net/obs/¹⁰¹). Les critiques relatives à cet engouement dénoncent la multiplication de ces dispositifs et questionnent leur utilisation : « *souvent en France, devant un problème, on crée un observatoire* » (Mathieu, 2002, 2) (Figure 3-9)



Figure 3-9 : Observer les observatoires - la prolifération des observatoires, (Jean Duverdier)

Piron (1996, 782) percevait déjà dans ce développement pléthorique d'observatoires, un « *effet de mode* » grâce auquel « *on espère trouver un outil idéal pour déceler les évolutions, comprendre les changements, disposer d'éléments d'aide à la décision, ou proposer l'impossible prévision. Et plus la demande est complexe plus on idéalise l'outil* ». D'autres y verront la concrétisation de ce que Beck (2001, Part. 3) nomme la modernité réflexive : le besoin et la nécessité toujours croissante de connaissance pour questionner et appréhender les évolutions sociétales, les risques, l'incertitude et l'action.

¹⁰⁰ Chebroux (2011) avance d'autres chiffres, illustrant ainsi la difficulté d'un hypothétique recensement, mais qui confirme toutefois la même tendance exponentielle quant aux nombres d'observatoires en fonction.

¹⁰¹ Admi.net/obs/ (en ligne 03/02/2012) se déclare comme un centre de cyber-documentation, et propose d'observer les observatoires, toute thématique confondue.

La nébuleuse¹⁰² des observatoires territoriaux : une diversité de types et pratiques non généralisables

Les observatoires ne font généralement pas l'objet d'une forme unique. La pluralité de leur vocations, des champs et modalités d'observation, tout comme leur concrétisation compliquent en effet fortement l'analyse. Afin d'en approcher une définition, un ensemble de critères permettant de cerner leur contours et caractéristiques sont avancés.

- Les observatoires : partir de quelques définitions littérales

Les observatoires¹⁰³ thématiques territoriaux font référence à un ensemble de pratiques disparates perceptibles à travers les définitions suivantes, que nous avons qualifiées.

Dans une perspective technico-centrée, un observatoire thématique(s) territorial peut être défini comme :

« [...] un dispositif d'observation mis en œuvre par un ou plusieurs organismes, pour suivre l'évolution des phénomènes, d'un domaine ou d'une portion de territoire dans le temps et dans l'espace. La plupart des observatoires se présentent sous la forme d'applications informatiques dans lesquelles des données sont agrégées et restituées sous la forme synthétique de tableaux, cartes, et indicateurs statistiques. Parmi les composants d'un observatoire, on trouve en premier lieu un dispositif d'entrée de données, qu'il s'agisse de chargement de fichiers existants ou de saisie directe. Ce dispositif doit également permettre de contrôler la validité et la cohérence des données introduites. Pour qu'une synthèse soit possible, il faut que certaines règles de codage soient respectées. Un dispositif de traitement permet ensuite, de calculer périodiquement des synthèses prédéfinies (moyenne annuelle des prix de vente au mètre carré par quartier) ou de calculer des synthèses à la demande (évolution du prix moyen annuel dans un îlot particulier). Un dispositif d'édition fournit en fin des données (indicateurs, données géographiques), ou permet d'éditer cartes thématiques ou tableaux statistiques » (Pornon, 2001).

Si l'analyse privilégie une entrée par les acteurs et donc ses implications en termes de partenariats et de médiation, un observatoire thématique(s) territorial peut être défini comme :

¹⁰² Le terme de nébuleuse révèle la réalité disparate et mouvante des observatoires, tout comme l'illustration d'un certain flou lié à la dimension non mécaniste de la mise en œuvre d'un observatoire. Il ne s'agit pas uniquement d'une ingénierie : des aspects de savoir-faire, de rapport sensible, intuitif au territoire sont nécessaires à la mise en œuvre des observatoires. Ces aspects rappellent qu'un observatoire n'est ainsi pas seulement « une image du territoire », il peut également être perçu comme « à l'image du territoire » (Roux, 2011, 89). Ces aspects qualitatifs et non formalisables, ne seront cependant ni retenus ni traités dans notre approche.

¹⁰³ Le terme observatory (virtual observatory) n'est que peu utilisé par des auteurs anglais. Il implique l'idée d'une construction physique concrète dédiée à l'observation. D'autres termes sont privilégiés tels monitoring (observation-suivi, contrôle, surveillance avec l'idée d'action), survey (enquête, inventaire et mesure ou observation (attitude passive)). L'ambiguïté est similaire avec les traductions de « watch » (Popy, 2009, 11).

« Un dispositif-outil d'analyse continue d'un territoire local et de participation par l'information à la régulation de systèmes d'acteurs y intervenant. La méthodologie de production est orientée de manière à servir la réflexion des acteurs locaux : les problématiques cognitives doivent être communes à certains acteurs ; les données sont recueillies parmi leurs savoirs, croisées à d'autres sources extra-locales et expertes ; les analyses sont diffusées et présentées auprès des acteurs à des fins d'assimilation et de réflexion pour leurs actions. »

« Les observatoires s'appuient sur un système partenarial pour recueillir des informations, les traiter et produire des connaissances sur le territoire. Ils définissent un cadre problématique commun d'analyse et des objectifs correspondant, pour le recueil de données quantitatives et qualitatives. Ils centralisent des données intéressantes et disponibles suivant des mécanismes de demande-fourniture d'informations auprès des acteurs compétents, et traitent celles-ci en fonction des objectifs et des besoins de connaissances. Ils diffusent largement les résultats à des fins de validation et de mise en débat enrichissant les interprétations et créant des interrogations nouvelles à développer » (Chebroux, 2007).

ou encore,

« Un observatoire n'est pas simplement un système technique de collecte et de traitement de l'information ou un simple outil, c'est avant tout un mobilisateur d'un système social, des acteurs munis de compétences cognitives, selon des normes organisationnelles » (Haddad, 2008, 23).

Les formes d'entrées/sorties proposées par l'observatoire peuvent également le caractériser ; ce dernier peut alors être envisagé comme :

« [Des] outils conçus pour répondre à des attentes précises de la part de leurs utilisateurs. Dans le domaine de l'aménagement et de l'action territoriale, il s'agit de partager des données fiables permettant de représenter l'espace géographique par rapport auquel les utilisateurs vont agir en utilisant, en aménageant ou en gérant. Ceci porte en avant la question des indicateurs, qui permettent à partir de données multiples et variées, de représenter les conséquences de l'utilisation, de l'aménagement et de la gestion de l'espace géographique par les hommes. Les indicateurs relèvent de plusieurs logiques, décrivant soit l'état du système (diagnostic), soit l'impact de politiques d'aménagement (évaluation), soit les évolutions possibles du système (prospective). Par ailleurs, selon leur organisation au sein des outils d'observation, ils permettront soit d'aborder des thématiques (population, logement, emploi, etc.), soit des enjeux, ceux-ci se situant à l'interface entre diverses thématiques (la précarité par exemple). Enfin, l'observation implique un double partage de l'information, en amont afin d'alimenter l'observatoire, en aval afin de l'exploiter de manière rationnelle » (Moine, 2007).

Ou, et dans une approche similaire, comme :

« [...] un dispositif sociotechnique permettant d'appréhender à des fins d'analyse, de modélisation, de préconisation, des activités de génération de formes sémiotiques

(processus de production, formes discursives, modèles graphiques, etc.) mises en œuvre par des agents dont les actions s'inscrivent dans et modèlent un territoire » (Brassac, 2008)

La plupart des auteurs mentionnent ainsi la structure technique sous la forme d'un outil, reposant sur des données en entrée, une analyse et des synthèses sous diverses formes en sorties, et ce dans un cadre collectif partenarial. Si dans le détail, des nuances importantes peuvent être constatées, un consensus apparaît. Bien qu'une entrée ou une caractéristique des observatoires puisse être privilégiée par l'une de ces définitions, aucune n'apparaît *a priori* contradictoire.

Les caractéristiques d'un observatoire sont inféodées aux objectifs qui lui sont fixés. Ces derniers conditionnent en effet les fonctions, publics cibles, formes de sorties de l'observatoire. S'il existe deux grandes formes organisationnelles d'observatoire, bon nombre de caractéristiques communes peuvent être préalablement exposées.

- Des observatoires aux contenus thématiques variés et sectorielles

Mais qu'observe-t-on sur les territoires ? Si le recours à ces dispositifs s'est d'abord réalisé en démographie, pour suivre l'évolution de la population après la première guerre mondiale, puis dans le champs économique (Statistique Générale en France) (Dubois, 2004), les champs de l'action territoriale non couverts par un observatoire se font aujourd'hui rares et deux grands ensembles peuvent être distingués. Le premier est relatif à des thématiques relevant de domaines historiques de l'intervention de l'Etat en matière d'aménagement et de gestion de l'espace : observatoire socio-économique, du logement, de l'environnement, de l'énergie, des transports, des inégalités, etc. Le second ensemble considèrerait des problématiques sommes toutes universelles, mais plus singulières localement, donnant ainsi naissance à un observatoire de l'impact de l'établissement d'une LGV ou d'un tramway, un observatoire du parc de stationnement, un observatoire du parc locatif privé ou des entreprises, etc. La majorité de ces dispositifs d'observation sont consacrés à l'appréhension d'un domaine ou d'une thématique à défaut d'une transversalité. Cette segmentation constitue-t-elle un héritage de culture métier et/ou d'organisation sectorielle ? L'enjeu consiste alors non seulement à croiser des problématiques, mais à les faire se confronter, se compléter tel que le sous-tend le concept de territoire en tant que système complexe.

- Des finalités et fonctions relatives aux objectifs, et donc des concepteurs/utilisateurs diversifiés pour les observatoires

D'un point de vue théorique, les observatoires s'insèrent dans la famille conceptuelle des outils de gestion au sein des organisations (Moison, 1997) et jouent ainsi un triple rôle : le premier est celui de l'exploration et de la création de connaissance, il s'agit de créer de nouvelles représentations changeant les comportements et pratiques ; le deuxième, consiste en une

investigation plus ou moins affirmée du fonctionnement de l'organisation dans laquelle l'observatoire s'insère, et le troisième rôle est celui d'une médiation et de l'accompagnement du changement, par la mise à disposition de représentations qui aident les acteurs à se coordonner et s'insérer dans une démarche collective.

Puisque qu'il n'en constitue que la concrétisation, l'observatoire se voit assigner des fonctions identiques à celles de l'Observation territoriale précédemment définies : elles relèvent globalement de finalités heuristiques et d'analyse, entre investigations et diagnostics récurrents. Nourrir et suivre l'action, gérer et communiquer, montrer, donner à voir pour de l'aide à la décision, en constituent les objectifs premiers (Courson, 2005, 37). L'aide à la décision ainsi revendiquée par ces outils ne doit être entendue que dans une acception très générale. Il ne s'agit en effet pas d'analyse multicritères ou de classement hiérarchique, présents dans un système décisionnel. Il convient donc de replacer l'instrument observatoire tant dans sa fonction traditionnelle d'unité de production d'information facilitant la connaissance (Figure 3-10), qu'au sein du processus d'aide à la décision territoriale (Figure 3-11).

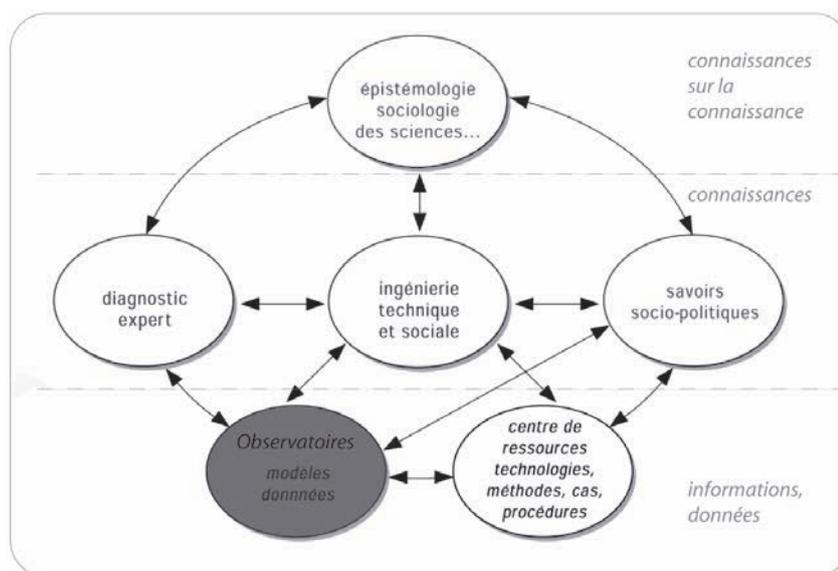


Figure 3-10 : Positionnement des observatoires dans le champ de la connaissance (Brodhag, 2001, 10)

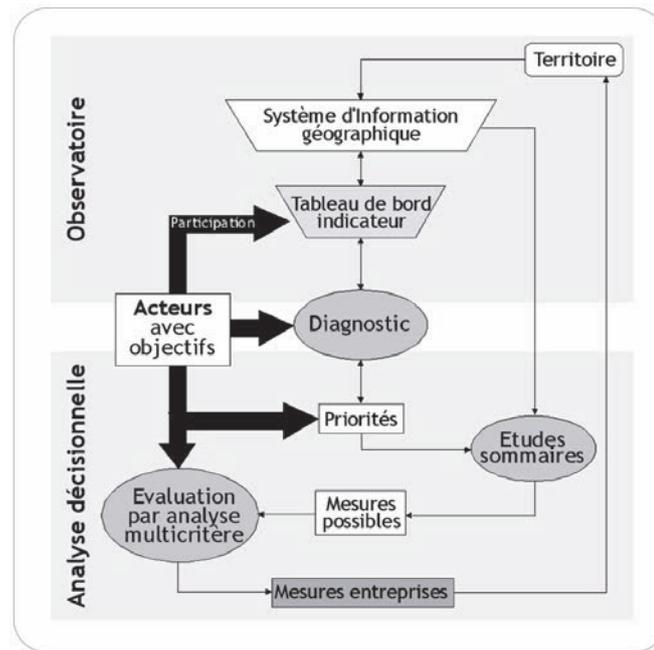


Figure 3-11 : La place du dispositif observatoire dans l'Aide à la décision territoriale (Joerin, 2001)

Ainsi l'observatoire trouve sa place en lien direct avec des centres de ressources, et plus indirectement avec des diagnostics experts (savoirs scientifiques, souvent disciplinaires), des connaissances métiers relevant de l'ingénierie technique, et des savoirs non formalisés (socio-politiques). Un observatoire est ainsi une application thématique d'un système d'information. Au sein du processus de décision, et en fonction d'objectifs partagés par des acteurs, l'observatoire permet un diagnostic par la diffusion et le partage de l'information entre des acteurs aux formations, intérêts et référentiels variés (représentations). Ses formes de sorties peuvent ainsi proposer des analyses spatialisés (données, indicateurs, tableaux de bord.) par le biais de différents media (tableaux, graphiques, cartes, etc.). Bien que les facilitant, l'observatoire n'inclut pas de dimensions décisionnelles ou stratégiques *stricto sensu*, qui relèvent d'un autre type d'analyse. Seules les fonctions génériques et finalités des observatoires peuvent être aperçues, puisque dans le détail, ces dernières sont déclinées en objectifs, qui répondent avant tout nécessairement aux buts assignés au projet, ou au territoire concerné par l'observatoire. Ce dispositif peut donc être considéré comme à géométrie variable : pour tenter d'en affiner leurs finalités, plusieurs auteurs en proposent des typologies selon les objectifs de l'observatoire et leur prise en compte du temps (Mathieu, 2002 ; Popy, 2009 ; Mignonneau, 2006). Ainsi, bien que très schématiques, trois grands types apparaissent dans un continuum entre observatoires de recherche, statistiques, et enfin opérationnels. Les observatoires de recherche impliquent un dispositif de construction de données pour une observation continue et de long terme, qui porte sur des objets appréhendés comme complexes. Leur rôle principal est celui de fournisseur de données scientifiques de qualité nécessaires aux

chercheurs pour mieux comprendre et modéliser le fonctionnement des systèmes étudiés et leurs dynamiques. Les observatoires statistiques peuvent comme les autres être considérés tels des dispositifs de suivi du changement. Ils sont néanmoins centrés sur les problèmes méthodologiques autour de la mise en place des données et de l'exploitation de systèmes d'information. Ils nécessitent donc un dispositif généralement lourd, constitué d'enquêtes pour la collecte des données et d'instruments techniques pour les productions (système d'information, cartographies, etc.). Enfin, les observatoires opérationnels, « pour l'action », portent spécifiquement sur des questions très finalisées pour résoudre un problème de conjoncture (observatoire du parc locatif privé, du tramway). Non-inscrits dans un temps long, l'instrumentation et les procédures de collecte et traitement de données sous leurs aspects techniques y sont souvent sous-estimés puisque les productions et sorties, sous la forme de réunions ou rapports, ne les exigent pas.

L'identification et l'analyse des finalités et objectifs, à savoir l'expression des besoins, sont essentielles. Elles constituent en effet les premières étapes du développement d'un observatoire (Figure 3-12), étapes qui conditionnent les spécifications organisationnelles, types d'outils, publics cibles et formes de sorties du futur observatoire.

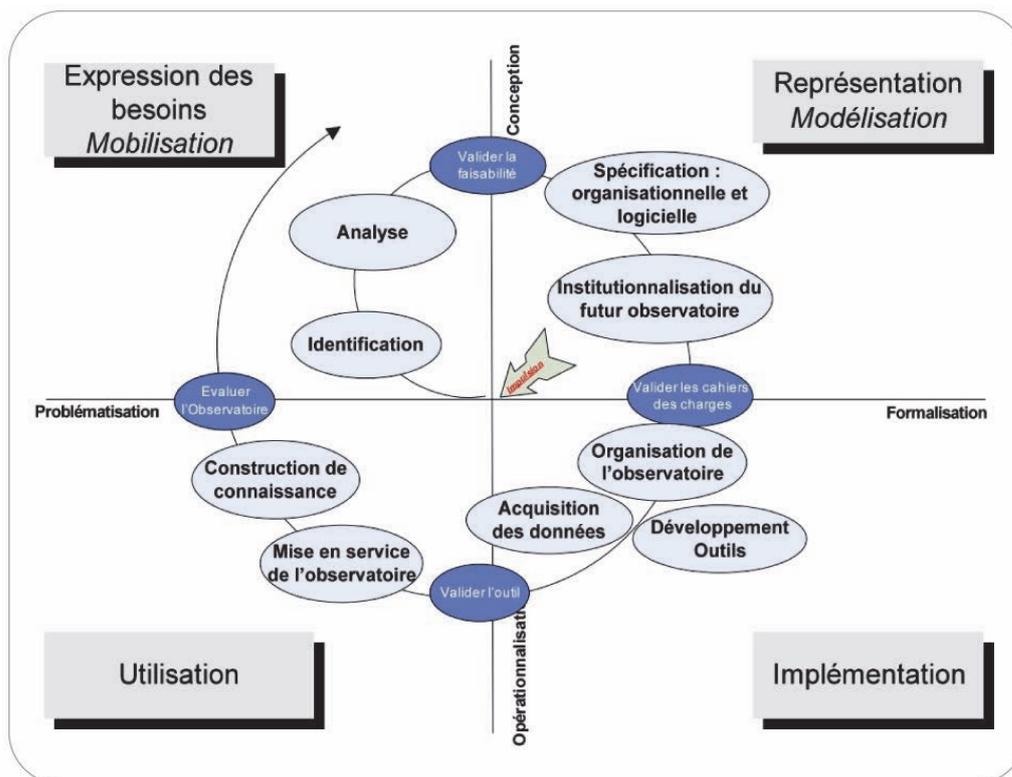


Figure 3-12 : Démarche de conception, de mise en œuvre et de développement d'un observatoire (Passouant, 2008)

- Les indicateurs, raison d'être de l'observatoire numérique territorial

Parmi les fonctions et caractéristiques des observatoires, les indicateurs occupent une place tout à fait centrale (Pornon, 2001 ; Piron, 1996, 771 ; Moine, 2007). Il convient de les considérer sous l'angle de leur définition, statuts, caractéristiques et modalités de construction.

De la racine latine *indico* signifiant « celui qui accuse et dénonce » ou du verbe *indicare*, « indiquer, évaluer » (Gaffiot, 1934, 804), l'indicateur selon Brunet (2009), met le doigt sur la signification d'un phénomène par le biais d'une valeur observée représentative de ce phénomène. Couramment utilisés sous la forme d'indicateurs socio-économiques par les organismes étatiques d'observation tel l'INSEE ou la DATAR depuis les années soixante, les indicateurs ne devraient plus, selon les critères prônés par la notion de développement durable, se limiter à une thématique, une échelle ou à un niveau d'observation particulier (Boutaud, 2005 ; PASTILLE, 2002). Sous forme d'une variable quantitative ou qualitative, un indicateur permet une appréciation simplifiée et objective d'un phénomène abstrait, en référence à des valeurs normatives et/ou comparatives. Il constitue « *un outil ayant pour objet l'élaboration d'une image représentative d'un phénomène ou d'une action souvent complexe et multidimensionnel* » (Carriere, 2005, 120). Les indicateurs renvoient à la dimension de restitution objective du réel attribué à l'observation, et devraient ainsi constituer des « abrégés du vrai » (Grandgirard, 2007, 192). Construits au vu d'un objectif source d'enjeux autour duquel se forme la décision ou la compréhension d'un phénomène, ils nécessitent la compréhension précise de leur construction méthodologique et des postulats théoriques sur lesquels ils se fondent pour cerner leurs significations et conditions d'utilisations particulières. Un indicateur doit nécessairement être localisé, daté et documenté : son mode d'obtention et sa définition ont autant d'importance que ses valeurs successives.

Les indicateurs se distinguent selon leurs utilisations. Un indicateur peut ne contenir que des éléments de description de l'état d'un phénomène¹⁰⁴, il est alors qualifié de descriptif. Lorsqu'il autorise une compréhension des interrelations entre phénomènes, il devient explicatif. Il est en revanche qualifié de normatif s'il contient un jugement de valeur implicite ou explicite et qu'il situe l'état du système au vu d'un objectif. D'autres peuvent encore être qualifiés d'évaluation, de fonctionnement/processus, de suivi, etc. (Martaud, 2008 ; Clusif, 1997). Desthieux (2005, 16) insiste sur l'intensité des débats quant à la définition de la nature d'un indicateur¹⁰⁵ et Carriere (2005, 9) propose en ce sens pas moins de trente-cinq fonctions

¹⁰⁴ Un phénomène est entendu comme « *tout ce qui se manifeste à la conscience, par l'intermédiaire des sens ou non, c'est un élément, un fait ou un événement du monde réel* (Prélaz-Droux, 1995, 180).

¹⁰⁵ Difficulté qui cristallise et traduit sans doute les différentes représentations et attentes de chacun des acteurs au sein d'un observatoire : un problème mal défini implique des perceptions différenciées.

multiples susceptibles d'être remplies par les indicateurs : comparaison, description, évaluation, etc.

Maby (2003, 24) affirme qu'atteindre le statut d'indicateur « *n'est rien de plus qu'une information qui prend des qualités opérationnelles distinctives lorsqu'elle se trouve placée en situation contextuelle, au sein d'une problématique et d'hypothèses* » Nous pourrions dire de même quant à la distinction d'un indicateur territorial¹⁰⁶ : la qualification découlerait donc de la problématisation posée.

La première qualité nécessaire d'un indicateur territorial tient dans la spatialisation de l'objet géographique qu'il désigne. Ce dernier peut être abstrait, mais doit être concrètement spatialisé ; il portera alors sur une portion d'espace. Quoi qu'il en soit, l'indicateur territorial montre et place dans l'espace géographique. La dimension territoriale d'un indicateur doit en effet permettre d'appréhender l'hétérogénéité et la variabilité spatiale des phénomènes s'inscrivant sur le territoire (Joerin, 2005). La relation à l'espace est cependant plus ou moins directe selon l'importance de la dimension thématique et/ou spatiale de l'indicateur (Desthieux, 2005, 24). Si la dimension thématique permet d'associer des attributs à l'objet géographique observé, la dimension spatiale renseigne sur les positions, formes et organisations dans l'espace.

Maby (2003, 274) démontre comment, outre la spatialisation de l'objet qui est un critère selon lui nécessaire mais non suffisant, un indicateur devient territorial par un double processus : l'intégration par la problématique¹⁰⁷ et l'intégration par la réinterprétation sémantique. Il affirme que la problématique et l'approche accordées par l'observateur à un indicateur peut en transformer le sens en prenant pour exemple un indicateur à la base phytoécologique, le « taux de ligneux bas ». La finalité de ce dernier apparaît comme la description de la stratification de la végétation pour une typologie des milieux. Cet indicateur décrit donc pour une surface donnée le pourcentage de végétation arbustive. Dans son contexte d'origine, l'indicateur caractérise une structure de végétation, la problématique présidant à son utilisation ne lui confère pas un caractère territoriale. En revanche, cet indicateur peut devenir territorial s'il est interrogé sous un angle d'approche qui réinterprète son sens. On sait en effet que le développement des ligneux bas est inversement proportionnel à l'intensité et à la fréquence de l'utilisation agricole. Un labour annuel ou un pâturage contiennent ces arbustes, mais un arrêt de l'exploitation se traduit par une prolifération. Outre la spatialisation des données fournies par l'indicateur, le

¹⁰⁶ Quand territorial rime avec local, l'échelon national propose des batteries d'indicateurs territoriaux MEDDTL, 2011 ; ARPE, 2001 ; SOeS, 2011 avec par exemple référentiel d'indicateurs territoriaux IDTT Bovar, 2010.

¹⁰⁷ La cause des différenciations de résultats peut être lu, à travers l'analyse spatiale, comme variation des caractéristiques spatiales et donc comme variable explicative des différences de comportements des entités.

descripteur « taux de ligneux bas » devient dans ce nouveau contexte un indicateur d'une dynamique territoriale, ici de l'évolution de l'occupation du sol et donc des activités, sous l'angle de la déprise agricole. Il s'agit d'une réinterprétation sémantique : l'indicateur revêt un caractère territorial dans son interprétation, par le sens que l'observateur lui donne, qui transforme ici un descripteur d'état du milieu végétal en indicateur de dynamique territoriale. C'est donc bien le point de vue adopté qui « fait territoire ».

Parmi les niveaux d'information classiquement distingués, les indicateurs sont caractérisés par leurs modalités de construction, relativement aux données brutes à l'origine de leur élaboration. Ces indicateurs peuvent être identifiés en tant que données brutes, descripteurs, indicateurs génériques ou composites, ou encore indices (Figure 3-13). Le descripteur fournit une donnée élémentaire stockée dans la base de données de l'observatoire. Il facilite l'accès à une information quantifiée, mais brute et se trouve ainsi sans visée de communication ; L'indicateur générique présente une valeur supérieure à celle des données collectées, et s'inscrit dans une fonction de communication. La plupart des indicateurs socio-économiques pourraient appartenir à cette catégorie¹⁰⁸ ; l'indicateur composite combine quant à lui des données hétérogènes d'un point de vue thématique et fait en ce sens intervenir plusieurs acteurs¹⁰⁹. Enfin, l'indice se définit comme un indicateur composite synthétique spécifique : il offre une information sur un problème ou une situation évolutive, par agrégation de différents indicateurs ou descripteurs en une seule valeur constituant une vision résumée et simplifiée d'un système complexe¹¹⁰.

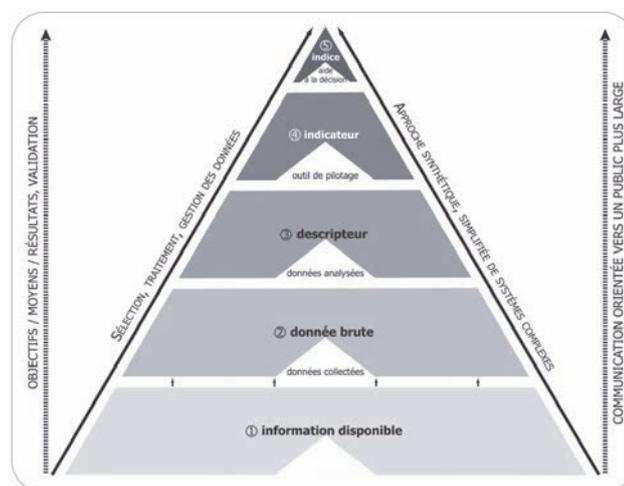


Figure 3-13 : L'information, de la données brutes disponible, à l'indice (Thenot, 2007, 34)

¹⁰⁸ Tel le taux de natalité comme rapport entre le nombre annuel de naissance et la population totale.

¹⁰⁹ Par exemple l'indicateur de précarité énergétique qui devrait synthétiser des données liées à l'habitat, au profil socio-économique du ménage, à ses mobilités.

¹¹⁰ Telle l'empreinte écologique, rapport entre consommations de ressources nommées empreintes partielles et les bio-capacités productives de la Terre. Elle est une agrégation d'indicateurs composites d'empreintes partielles par domaine (pêche, artificialisation, etc.) exprimées en équivalents surface et faisant intervenir des facteurs de conversion (SOeS, 2010).

De nombreuses caractéristiques peuvent être développées pour distinguer les indicateurs d'autres types d'information. Ainsi, ces derniers se singularisent par des propriétés telles la pertinence au vu d'une finalité (représentativité du phénomène observé, périodicité, sensibilité, facilité de mesures technique ou financière), une échelle de mesure, un niveau de comparaison temporelle (évolution) ou analogique (entre unités spatiales), ou encore la compréhensibilité et la transparence eu égard au public visé (Chebroux, 2011, 10 ; Levrel, 2006, 152 ; Victor, 2006 ; EEA, 2005, 10).

Devant l'offre pléthorique d'indicateurs existants¹¹¹, des batteries structurées d'indicateurs sont proposées, soulevant la question de la lisibilité de cette information qui se veut synthétique. Ces ensembles d'indicateurs revêtent une forme classique de listes hiérarchisées en enjeux, thèmes, sous-thèmes ou peuvent s'inscrire dans des cadres plus élaborés de modèles de causalité, plus ou moins exploitables (Cherqui, 2005, 63 ; EEA, 2005, 15), tel le DPSIR¹¹² et ses déclinaisons (OCDE, 1993). Parmi ses présentations d'indicateurs, Carriere (2005, 8) ou Joerin (2005) distinguent les ensembles d'indicateurs et les systèmes d'indicateurs. Lorsque plusieurs indicateurs sont utilisés simultanément, il s'agit d'un ensemble. Un système d'indicateur se différencie par une cohérence d'ensemble, visant une finalité. Desthieux (2005) va plus loin et propose un système d'indicateurs au sens systémique d'interaction entre indicateurs, avec des rétroactions et répercussions entre indicateurs, formant un tout interdépendant. Afin de faciliter l'accès à ces ensembles au sein des observatoires, les tableaux de bord, par analogie avec celui des automobiles, autoriseraient une approche visuelle (Devillers, 2004, 55). Ces interfaces de communication présentent une information idéalement simplifiée et adaptée pour ensuite accéder à des niveaux plus détaillés (PUCA, 2006, 17). L'objectif visé est une contextualisation de la visualisation, entendue dans ce cas précis comme adaptation à l'utilisateur, ce dernier pouvant sélectionner ses propres indicateurs pour une représentation personnalisée. Peu d'observatoires parviennent à relever ce défi (Devillers, 2004, 61; Desthieux, 2005, 150) pourtant nécessaire pour trouver des éléments d'aide à la décision adaptés aux besoins de chaque acteur.

Les indicateurs constituent une composante majeure du processus de décision. La conception d'indicateur apparaît en effet comme le moyen privilégié pour transmettre une information synthétique qui devient un élément clef de la réflexion et au-delà, de la décision (PASTILLE, 2002) (Figure 3-14).

¹¹¹ souvent regroupée sous l'appellation « indicateurs de développement durable » (IDD) (Levrel, 2008 ; PASTILLE, 2002 ; CGDD, 2011 ; SOeS, 2011, MEDDTL, 2011). On trouve au sein de ces batteries, des descripteurs énergétiques (production, consommation, etc.) spatialisables, mais à l'intérêt explicatif limité ; en matière d'indicateurs territoriaux énergétiques (cf. Chapitre 3.2.4.1.).

¹¹² Pressure (pression sur l'environnement : les causes), State (Etat du système) et Response (de ré(action) de l'environnement ou des acteurs concernés) (Pinter, 1999, 6).

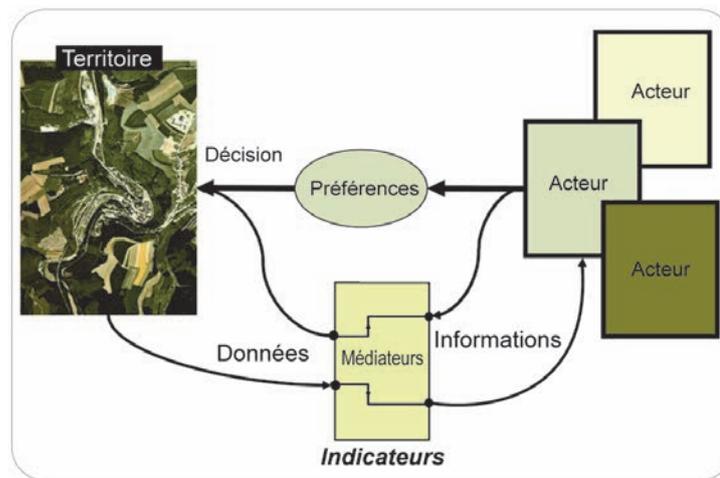


Figure 3-14 : Les indicateurs comme médiateurs dans le processus d'aide à la décision (adapté de Joerin, 2005b)

Les indicateurs constituent des médiateurs à un double niveau, en tant qu'objet construit capable de saisir une réalité d'une part, et objet construit entre acteurs d'autre part. Par les défis qu'elle impose, cette double perspective permet d'affirmer que les indicateurs sont des révélateurs de la qualité de la collaboration au sein de l'observatoire. De nombreux observatoires fournissent des descripteurs et n'offrent que de très peu d'indicateurs territoriaux négociés, co-élaborés entre acteurs, intégrant espace et temps (Sede-Marceau (de), 2008 ; Babey, 2005, 8).

La conception d'indicateur au sein d'un observatoire constitue en effet une phase délicate (Dupasquier, 2009 ; Grandgirard, 2007, 205). Ils évoquent les multiples difficultés rencontrées lors de la phase de définition et de construction d'indicateurs, qui peuvent être évoquées sous la forme d'une « roue des contraintes » (Figure 3-15). Deux catégories principales de contraintes peuvent être dégagées. Les premières, techniques, relèvent d'aspects règlementaires, de compatibilité et d'existence des données pour lesquelles des solutions techniques existent et sont transposables bien qu'elles restent à affiner. Les autres contraintes, organisationnelles et humaines, relèvent de la négociation et confrontation d'objectifs, de points de vue, entre acteurs et sont pour l'essentiel singulières pour chaque observatoire. Elles font donc appel à une dimension cognitive pour lesquelles des méthodes et outils restent à inventer.

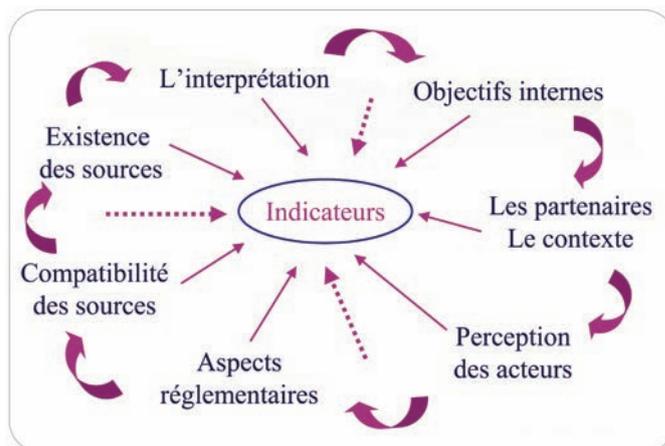


Figure 3-15 : Roue des contraintes lors de la phase délicate d'élaboration d'indicateur au sein d'un observatoire (Dupasquier, 2009, 27)

Une information devient indicateur territorial grâce à son contexte et sa problématisation : « c'est la qualité de la relation entre la "problématisation" et la recherche d'indicateurs qui est importante » (Loinger, 2004, 110). Les indicateurs sont donc des composés informationnels construits qui vont permettre de définir et de qualifier des objets spatiaux par leur pouvoir discriminants. Raison d'être des observatoires, les indicateurs sont également le reflet de la qualité de l'observation et de la collaboration, dans la mesure où ils permettent de formaliser et rendre explicite les objectifs, perceptions et représentations des acteurs impliqués dans l'observatoire.

- Acteurs et modalités de gouvernance des observatoires : des pratiques mixtes (Haddad, 2008 ; Moine, 2007 ; Roux, 2011, 35 ; Grandgirard, 2006)

Si par définition les acteurs constituent la condition d'existence de l'établissement de dispositifs d'Observation territoriale, les initiatives, les modalités d'organisation et de gouvernance ou les publics cibles des observatoires, peuvent être questionnés. Les généralisations restent cependant délicates face à la diversité empirique des dispositifs d'Observation territoriale existants.

Tout d'abord, l'initiative à l'origine de la constitution d'observatoires peut émaner de techniciens autour d'une thématique, d'une décision politique ou d'une obligation réglementaire (Pornon, 2001). Les observatoires trouvent en effet le plus souvent leur impulsion à l'initiative « du politique » ou « du technique », des collectivités territoriales ou structures de gestion, correspondant à l'évidence à un fonctionnement classique et aux attributs de chacun : le politique dans son rôle décisionnel et le technicien dans celui de la réalisation et production. Dans l'hypothèse d'une origine technicienne, il peut s'agir d'un chargé d'étude ou d'un groupe de techniciens, qui se sont dotés en interne et sur une thématique, d'un outil de veille ou d'un système plus élaboré permettant d'organiser l'information et de la rendre visible.

En matière de gouvernance, les modalités de prise de décisions au sein de l'observatoire se révèlent sous deux formes principales : l'une hiérarchique, prépondérante, repose sur un comité de pilotage réunissant décideurs, partenaires, universitaires ; l'autre technique, restreinte aux experts de la thématique ou du territoire concerné, n'est pas institutionnalisée et se réalise « naturellement » lors des réunions de travail.

Par ailleurs, les observatoires revêtent des configurations très variées : d'une structure ou organisation dédiée, à un pôle à autonomie variable au sein d'une structure, en passant par un chargé de mission au sein d'un service ou une cellule de travail. Cette diversité, tout comme celle de leurs statuts juridiques (associatifs, service au sein d'une structure existante, d'un laboratoire de recherche, etc.), conditionne évidemment leurs moyens financiers et humains d'animation. Force est de constater que les techniciens-géomaticiens et experts-thématiciens, dominant largement pour « faire vivre » les observatoires. Dans le cadre spécifique de collaborations entre organisations, et donc d'une pluralité de points de vu, Noucher (2009, 173) estime cependant nécessaire la présence d'un facilitateur-animateurs-médiateurs, en charge de favoriser une vision partagée ou co-construite des représentations territoriales.

Enfin, des questions demeurent : le corps social est-il absent de l'observation des territoires : que dire des habitants, usagers, citoyens ? Les observatoires affichent régulièrement les objectifs d'une observation largement diffusée, démocratique et parfois réalisée à partir d'une observation distribuée, puisant ses sources dans l'information délivrée par chacun (Mericskay, 2010). Un des enjeux lié à l'évolution de l'Observation territoriale résiderait ainsi dans une appropriation par le public ou chacun deviendrait producteur, diffuseur, observateur. Les dispositifs techniques que constituent les observatoires pourraient jouer un rôle dans cette participation¹¹³ (Joliveau, 2001).

Les observatoires sont encore principalement affaire de techniciens et dans une moindre mesure, d'élus. Leurs succès résident principalement dans l'aptitude à dépasser l'usage technique qu'il engendre, et celle plus évidente de la transmission d'informations pour nourrir les réflexions et décisions. Mais ces aspects humains dépendent toutefois largement du type de structure qui concrétise l'observatoire.

- Une forme organisationnelle dominante (structure) centrée sur l'outil

¹¹³ Nous partageons cependant des réserves quant cette « idéologie participationniste » dans l'observation et la décision territoriale, idéal qui achoppe à des questions de représentativité, d'honnêteté et donc de légitimité (Roche, 2011 ; Joliveau, 2001 ; Aquino(D'), 2001).

Aucune décision rationnelle ne peut être prise sans une représentation préalable du système qu'elle définit¹¹⁴, ce qui implique une mémorisation du réel par le biais d'informations structurées (Sède-Marceau (de), 2009). La mise en œuvre concrète des observatoires présente deux formes organisationnelles principales, relativement à la place justement accordée à l'information, pour partie géographique, et aux moyens dédiés à sa gestion. Cette dimension soulève la question de la place et du type d'outil de gestion de l'information. De ce point de vue, la première forme d'observatoire est constituée de dispositifs légers, organisés autour de seuls réseaux collaboratifs d'acteurs, d'enquêtes ponctuelles, de réunions et études, sans moyens technologiques conséquents instrumentant la problématique. Les productions de cette forme structurelle s'effectuent par le biais de rapports proposés à des fréquences diverses.

La seconde forme, prépondérante, réserve une place de choix à l'instrumentation de l'information, et plus spécifiquement au développement de systèmes d'information. Ces systèmes sont considérés comme des atouts de taille pour les connaissances, décisions, et gestions des territoires (Joerin, 2005 ; Moine, 2008 ; Pornon, 1998 ; Prélaz-Droux, 1995). Au vu des objectifs fixés, un observatoire suppose en effet une capacité d'observation systématique et l'inscription du dispositif dans un temps long pour suivre les évolutions d'un phénomène par combinaison d'informations. En ce sens, et rejoignant la définition techno-centrée précédemment proposée, un observatoire doit répondre aux besoins d'inventorier des données localisées, de les structurer, de les mettre en relation et de les gérer (stocker, mettre à jour, interroger, etc.). L'observatoire est alors en partie, constitué d'un système d'information à référence spatiale et temporelle¹¹⁵ (SIRST) (Roche, 2000, 5), ce qui nécessite une rapide et inévitable définition du concept de système d'information et notamment de ses déclinaisons en matière d'information territoriale.

Les SIRST ne constituent qu'un cas particulier de systèmes d'information (S.I.)¹¹⁶, ces derniers étant définis comme un ensemble de ressources informationnelles, logicielles, matérielles et humaines, qui, à travers des compétences et procédures, autorisent l'analyse, le suivi, la gestion de données à références spatiales dont la finalité est l'aide à la décision pour l'action¹¹⁷

¹¹⁴ Nous partageons cependant l'idée que le processus de décision ne peut exclusivement reposer sur le mythe rationnel d'une réalité qui pourrait être contenue dans un modèle mathématique. De plus, plusieurs formes de rationalité peuvent être considérées (Joerin, 2008).

¹¹⁵ Dans une classification des SIG par type d'usage, Joliveau (2004, 231) distingue d'ailleurs une catégorie « SIG-Inventaire-observatoire ».

¹¹⁶ Pornon (2011), pose clairement la problématique en ouverture de son livre intitulé "SIG - la dimension géographique du système d'information, Dunod, 295 p."

¹¹⁷ Si tout système d'information est, et se réclame de l'aide à la décision, les SIG n'apparaissent pas directement comme des outils décisionnels (analyse multicritère, classement hiérarchique). Ceci est notamment imputable aux logiques et techniques qui les concrétisent, et sur lesquelles reposent encore la plupart des SIG (modèles reposant sur la transaction et le système relationnel). D'autres modèles

(Burrough, 1998). La spécificité des SIRST réside dans le traitement de données localisées connues dans un référentiel spatial, c'est à dire qu'elles sont géoréférencées. Ces dernières, sous forme alphanumériques, sont des représentations de phénomènes du monde réel, «subjectives ou normées» (Paegelow, 2004, 15).

Devant la multiplicité des définitions proposées concernant les SIRST, les critères tels ses fonctionnalités, ses objectifs ou ses composantes, sont privilégiés. La difficulté d'une définition résiderait dans la diversité des applications, des évolutions techniques ou des orientations commerciales, donnant ainsi naissance à une déclinaison de sigles dont la base commune débute par Système d'Information : SIS pour Spatial, SIT pour du Territoire (Pelissier, 2009, 301), SIE sur l'Environnement. Dans une typologie relative aux systèmes d'information, Roche (2000, 5) réutilise une triple distinction reposant tout d'abord sur la dimension spatiale des données traitées (SIRST ou autres systèmes d'information (comptabilité, etc.)), puis sur une dimension fonctionnelle relative à l'automatisation de la production cartographique ou à la manipulation, aux saisies, traitement et restitution de données géoréférencées (SIG) et enfin sur une dimension utilitariste distinguant les systèmes fournissant des données brutes (SIT) principalement à des fins administratives, des systèmes proposant des traitements qui produisent du sens (SIG). D'autres auteurs considèrent les SIG comme la branche commune à partir de laquelle se spécifient les autres cas (Joliveau, 2004, 20 et 229). Dans cette acception, l'amplitude scientifique et la structure données aux S.I.G. semblent largement dépendantes de leurs définitions, puisque les plus réductrices considèrent le S.I.G. comme un simple logiciel, alors que les plus englobantes l'assimilent à un champ scientifique transdisciplinaire que constitue la géomatique¹¹⁸ (Paegelow, 2004, 19 ; Pornon, 1998, 8). Quoiqu'il en soit, une définition synthétique pourrait introduire les SIRST comme un ensemble d'outils, de moyens humains et matériels visant à faciliter la modélisation, l'inventaire, l'accès, l'analyse et la diffusion d'informations spatialisées, ainsi que la production de documents cartographiques. Par ailleurs, les formes de sortie de l'observatoire, après traitement de données, dépendent de la nature et de l'origine de celles-ci, tout comme du public cible. Elles peuvent être restituées sous formes de données brutes, de données élaborées (indicateurs, graphiques), cartographiques et selon un degré d'accessibilité variable, tel un site internet. Les données, centralisées au sein de base(s) de données (BD), et gérées par un système de base de données (SGBD) au sein du SIRST, peuvent

théoriques et techniques existent pour ces analyses (couplage SIG/analyse multicritère, SOLAP (Bédard spatialbi.org).

¹¹⁸ La géomatique ne vise cependant pas directement l'amélioration de la connaissance du territoire. Constituant le volet informatique de gestion de la donnée géographique, sa finalité technique implique la maîtrise de l'ensemble de la culture des bases de données spatiales et des moyens d'acquisition et de gestion des données à référence spatiale requis dans le cadre d'un projet aux finalités explicites (modélisation, conception, acquisition de données : capteurs et mesures, traitements) (Geomatica in Paegelow (2004).

être analysées plus aisément dans leurs évolutions. Il est ainsi possible de disposer d'une mémoire numérique de données localisées du territoire, pour en suivre et étudier l'évolution. Les SIRST vont en ce sens suppléer les limites qui caractérisent le traitement de l'information chez l'humain, à savoir une mémoire réduite, une lenteur dans les opérations cognitives et numériques, une difficulté à retrouver l'information mémorisée avec une tendance à privilégier l'information récemment acquise (Pornon, 1998).

Le monde des observatoires et des systèmes d'information se révèle être un continuum dont seule la définition lors du projet permet de fixer les limites et objectifs. Mais le recours à un système d'information susceptible de gérer des données, pour partie géographiques, sous forme numériques, autorise la qualification d'observatoires numériques territoriaux thématiques. Ces derniers, auxquels nous ferons maintenant référence sous le terme d'observatoires, deviennent ainsi une plateforme de services reposant sur un système d'information à références spatiales et temporelles. Visuellement accessible *via* un site Internet, ces observatoires sont gérés et alimentés contractuellement entre plusieurs partenaires, et susceptibles de produire des cartes, indicateurs, tableaux et graphiques à partir de ressources informationnelles variées, parmi lesquelles des données géographiques.

Le système d'information, même entendu au sens le plus large c'est-à-dire accompagné d'une dimension humaine et organisationnelle (Burrough, 1998, 11), ne constitue qu'une composante des observatoires. Ces derniers soulèvent en effet plus particulièrement la question de l'appropriation de l'information par les différents acteurs. De par ces utilisateurs et objectifs potentiels, l'observatoire se démarque aussi du système d'information à destination d'experts, par ses formes de sorties, communicables notamment sous la formes de clefs d'observation : indicateurs, tableaux de bords, cartes. Bien que données et indicateurs, censés représenter le système considéré, constituent les caractéristiques des observatoires numériques territoriaux, l'analyse se trouve décentrée et l'objet technique devient sociotechnique. L'ensemble de cette « mise en observatoire » est ainsi l'objet de multiples enjeux.

2.2.2. Les enjeux génériques autour des observatoires numériques territoriaux : de l'outil au produit socio-technique

Il s'agit ici d'identifier les enjeux génériques d'une mise en observation d'un objet-système, représenté par un ensemble de données et d'informations, au sein d'un observatoire numérique territorial. Si un observatoire repose sur une base technique informatique et est en ce sens le plus souvent entendu comme outil-produit, l'étude des enjeux d'une mise en observation démontre qu'il peut de surcroit être considéré comme un dispositif socio-technique. Une première famille d'enjeux relève de considérations méthodologique et thématique, liées aux

appréhensions et représentations du système mis en observation : il s'agit de maîtriser les quatre dimensions inter-reliées thématique-espace-temps-acteur (Sède-Marceau (de), 2011). La seconde famille d'enjeux illustre les dimensions sociocognitives à l'œuvre, sous l'angle de la médiation ou celui de la médiatisation. Si les deux termes sont liés, participant l'un à l'autre, tous deux renfermant le *medium*, « l'intermédiaire », la médiation est centrée sur les relations et interactions, alors que la médiatisation privilégie l'étude du contenu et des formes du message au sein des observatoires numériques territoriaux.

Enjeux thématiques et méthodologiques autour de la mise en observation d'un système : des conceptions et représentations multiples en maîtrisant le temps et l'espace

La mise en observation d'un système complexe questionne les « quoi ? où ? quand ? qui ? comment ? », avec en premier lieu l'identification des objets à considérer selon leurs niveaux d'appréhension, les unités d'observation, les échelles spatiales et temporelles, leurs interdépendances, puis dans un second temps, les description et structuration des données représentant ces ensembles (Prélaz-Droux, 1995). Il s'agit d'un processus de modélisation de données préalable à la constitution de base de données, qui nécessite la structuration de connaissances. Cette étape, thématique, est celle de la spécification-conception.

Les observatoires tels que nous les avons définis ont cette singularité de considérer espace et temps, en localisant et datant les phénomènes par le biais de données¹¹⁹. La compréhension des processus de fonctionnement et d'organisation des territoires, nécessite en effet de considérer des composantes spatio-temporelles, d'abord lors de l'étape d'analyse, puis dans les structures d'accueil stockant les données. Capturer et restituer la complexité du système constitue toujours un défi : la diversité des échelles spatiales et temporelles qui ont du sens au vu d'un phénomène¹²⁰, auxquelles s'ajoute leur interdépendance, rend délicate la tâche d'analyse, elle-même conditionnée par l'échelle de perception des phénomènes considérés.

¹¹⁹ Si l'observation lie la réalité à des données, les questions génériques d'accès, de représentativité et plus généralement de qualité de la donnée demeurent centrales. La qualité d'un jeu de données constitue l'adéquation entre un produit ou service et les besoins implicites ou explicites d'un utilisateur. Elle possède une qualité intrinsèque (crédibilité, précision et incertitude géométriques et temporelles, mise à jour, objectivité et réputation), une qualité contextuelle (valeur ajoutée, pertinence, à propos, complétude, volume approprié), une qualité représentationnelle (interopérabilité, facilité de compréhension, consistance de la représentation, concision de la représentation) et enfin une qualité dite d'accessibilité (coût financier, sécurité d'accès, sémantique : capacité d'être comprise pour elle-même comme dans les méthodes et chaînes de traitement. Si la standardisation des données homogénéise, elle appauvrit leurs sémantiques qui reste d'actualité et rappelle que ces données sont évidemment construites, non universelles, et définies par les objectifs de leurs utilisations (Pornon, 2010 ; Deviller, 2004, 25).

¹²⁰ Telles les échelles des espaces vécus, celles des phénomènes bio-physique, ou encore celles des projets et dispositifs de gestion, etc.

Introduire le temps dans l'analyse suppose la formulation d'hypothèses sur les phénomènes observés afin d'adapter l'observation avec pertinence, qu'il s'agisse de la fréquence (des moyens) de récolte ou de mise à jour des données, comme de la considération des temps de latence des phénomènes, des temporalités relatives aux causalités circulaires¹²¹. Frank (2003, 28) remarque ainsi, « *all observation of the world is limited to the observation at the time "now". "Now" is not only a difficult philosophical problem but also a tricky problem for temporal query languages* ». Les dimensions techniques de la maîtrise du temps et de l'espace ne sont en effet pas en reste, les modalités de gestion de ces données spatio-temporelles soulèvent également des problèmes conceptuels. Ainsi, les changements d'échelles de collectes de données ou d'unités territoriales, ou encore l'intégration et la représentation du temps et de l'espace dans les systèmes d'information géographique, demeurent des enjeux méthodologiques d'actualité (Plumejeaud, 2009).

Si cette étape de spécification-conception implique le contrôle des dimensions spatiales et temporelles comme grille de lecture, elle nécessite simultanément la maîtrise du(es) domaine(s) d'application et vise à identifier et choisir les phénomènes, *via* leurs définitions, par des concepts. Ces derniers sont eux-mêmes conditionnés par les besoins, et/ou les spécificités de l'application et les différentes représentations des acteurs de l'observatoire. La difficulté inhérente au développement d'observatoires réside alors dans l'intégration de visions et d'interprétations multiples d'un même espace, par l'appréhension et l'étude de différentes représentations du système traité par l'observation (Desthieux, 2005, 64). Ce point crucial fait alors apparaître des questions de vocabulaire et plus largement de sémantique. Les sens et significations alloués aux objets et processus étudiés sont en effet pluriels. Cette multi-perception thématique implique la coexistence au sein d'un même système de représentations multiples. Il convient alors de créer un référentiel sémantique cohérent¹²² pour l'ensemble des participants à l'observation, référentiel susceptible de faciliter le dialogue entre disciplines ou

¹²¹ Ferris (1989) in Clignet (1998) rappelle qu'au moment même où nous découvrons certaines étoiles celles-ci ont cessé d'exister et que leur extinction date d'il y a fort longtemps. Autrement dit, il y a un décalage significatif entre le temps du phénomène et le temps de son observation. Il en va souvent de même des observatoires de sciences sociales, ce qui suscite deux remarques. En premier lieu, la notion d'observatoire en sciences sociales fait ressortir les différences de calendriers quant aux projets de recherche qui peuvent graviter autour d'un tel instrument. Ce qui soulève la question trop souvent considérée comme accessoire, du portage de la structure et de son financement, dans la mesure où un observatoire peut dépasser l'échelle de temps du mandat politique par exemple. Dans un second temps, un géographe, un gestionnaire de transports urbains ou un forestier ne font pas nécessairement face aux mêmes délais ou échelles de temps des phénomènes qu'ils observent. En outre, la remarque de Ferris permet indirectement de réaffirmer l'importance de la notion de temps de latence. Les liens de causalités constatés entre éléments (A et B) ne disent rien sur la durée nécessaire, d'une part, pour que B commence à répondre à A et, de l'autre, pour que cette réponse soit observable (Clignet, 1998, 137). Ceci questionne la compatibilité des temps de l'action et de l'observation dont les résultats, si cette dernière n'est pas dynamique, se réalise par définition *a posteriori*.

¹²² Ne veut pas dire unique ni consensuel, mais logique, et ordonné, cf. Chap. 4.

paradigmes distincts au sein d'une même discipline¹²³. L'enjeu de l'information géographique réside alors autant dans les dimensions technologiques de sa maîtrise, que dans son efficacité sociale (Roche, 2004).

Dans leur acception « produit », les observatoires constituent des outils privilégiés pour développer et déployer les méthodes de conception, d'acquisition de données, de gestion de bases de données spatialisées, de couplage de données multi-source et de mise en œuvre de ces informations dans des stratégies de prospective et de gestion du territoire. Mais au-delà des défis thématiques, méthodologiques et techniques, les enjeux d'une mise en observation s'accompagnent également de processus cognitifs.

Enjeux socio-cognitifs de la mise en observation via un observatoire

Si les enjeux précédents, non résolus mais finalement bien identifiés, sont communs à toute modélisation, la finalité de construction de connaissance allouée aux observatoires implique des dimensions sociocognitives relevant de processus de médiation (A), notamment organisationnel (a) ou d'apprentissage (b), et de médiatisation (B), autour des formes de sorties et publics cibles, autorisant à qualifier les observatoires de dispositifs socio-techniques (Lemoisson, 2011).

- A) L'épreuve de la médiation : l'observatoire comme medium organisationnel et artefact pour l'apprentissage des représentations

La notion de médiation est ici entendue comme « *ce qui sert d'intermédiaire* », comme « *intervention d'un tiers (personne ou instrument) s'efforçant de rapprocher les points de vue, les confronter et s'efforcer de les concilier* » (CNRTL, 2013). La médiation est un processus centré sur les relations et l'interaction (Hermes, 1999, 156). En ce sens, les observatoires peuvent être considérés comme des médiateurs, d'une part pour leur rôle de médiation institutionnelle et organisationnelle en tant qu'agrégateurs d'acteurs autour d'un outil concret, et d'autre part comme media de découverte et d'apprentissage.

a) L'observatoire, une arène de spécialistes : un médiateur institutionnel et organisationnelle

Dans cette médiation pour une écriture commune du territoire que constitue l'observation (Piponnier, 2010), un observatoire repose sur un partenariat multi-acteurs et s'apparente en ce

¹²³ Cette proposition intervient donc en amont du strict point de vue des bases de données, pour lequel il s'agit de considérer des entités décrites sous divers points de vue et de gérer des objets caractérisés par de multiples « vues utilisateurs », ce qui est « connu » (Vangenot, 2001 ; Metral, 2007).

sens à une organisation humaine rassemblant des spécialistes. Le défi organisationnel consiste alors à coordonner et soutenir l'intérêt des ces acteurs, *via* un dispositif technique composé de données et méthodes. Cette concrétisation du partenariat constitue une structure facilitant la lisibilité, et le dispositif technique observatoire devient un catalyseur dans le processus de médiation entre acteurs (Lascoumes, 2007, 77 ; Roux, 2011, 83). Dans cette perspective de médiation organisationnelle, les observatoires affichent généralement l'ambition d'organiser la rencontre des différents utilisateurs et producteurs de l'information statistique afin de mieux échanger et diffuser cette information : il s'agit notamment de mesurer le degré de démocratisation, du moins souhaité, de la production des représentations rationnelles du monde à travers ces observatoires. Cet enjeu réside notamment dans la possibilité de faire coïncider l'expertise des spécialistes et l'expertise des élus locaux dont les objectifs de décisions sont à l'origine de ces dispositifs.

Dans une approche sociale des organisations, Lascoumes, (2005) avance, en parlant plus généralement des outils de politiques publiques applicables aux observatoires, la dénaturalisation « *des objets techniques, en montrant que leur carrière repose davantage sur les réseaux sociaux qui se forment à partir d'eux que sur leurs caractéristiques propres* », réduisant à l'extrême l'instrument comme un prétexte. Noucher (2008) insiste sur cette dimension de facilitateur : « *dans l'optique d'une aide à la décision concertée, l'outil est un support important pour impliquer les acteurs très tôt dans un processus et leur permettre de négocier leur conception du problème décisionnel* ». Dans une perspective similaire, Levrel (2006, 134) et Bardet (2004) considèrent ces outils respectivement comme des arènes publiques ou des forums hybrides, lieux de confrontations et de négociation pour la co-construction de représentations partagées, qui peuvent être entendues comme relevant d'un processus d'apprentissage.

b) La mise en observation, ou la négociation du sens : une médiation d'apprentissage pour l'appropriation de représentations et la co-production de connaissance à partir de données géographiques

La construction de connaissances que constitue l'Observation territoriale est indissociable d'un partage de données et d'informations territoriales, pour comprendre ensemble ce que l'on n'aurait pu comprendre seul. Ces échanges nécessitent la mise en place de partenariats inter-organisationnels (Noucher, 2006) favorisant les mutualisations et diffusions de connaissances multiples et transversales. Cependant, la seule mise à disposition des données de chacun ne suffit plus. La transmission d'une réalité complexe dans un contexte multi-acteurs, représentée par un ensemble de données et d'informations, sous-entend en effet de s'interroger sur sa formalisation et sur les processus sociocognitifs qui vont en déterminer les dimensions technique et technologique pour parvenir à construire de la connaissance. Le passage « *d'un*

porter à connaissance » au « partage et à la construction de connaissances »¹²⁴ (Noucher, 2009, 23) consiste ainsi en l'appropriation et la négociation du sens accordé aux données et indicateurs au sein de l'observatoire ; cet enjeu implique notamment des aspects d'apprentissage (Lemoisson, 2011 ; Coudel, 2009). Major (1999, Ch. 6) ou Feyt (2006) dresse en effet le constat de divergences de représentations imputables à des approches métiers, qui se traduisent par l'éclatement sémantique dont font usage les différents métiers du territoire. Desthieux (2005, 62) généralise cet état de fait et souligne la divergence des modèles cognitifs territoriaux¹²⁵ : les mêmes phénomènes sont représentés par des construits cognitifs différents. Il s'agit bien de confrontation du sens donné à des objets perçus différemment, ce qui relève de questions sémantiques. Le territoire fait ainsi l'objet de multi-représentations dans le cadre d'activités spécifiques (urbanisme, foresterie, etc.) au sein, ou entre, des communautés d'utilisateurs (Bucher, 2002, 98) ou communautés de pratiques (Noucher, 2009), aux objectifs divergents et aux « approches métiers spécialisées », tant en termes de modèles cognitifs que de vocabulaire. Or l'observatoire constitue un travail d'énonciation collective avec pour finalité de connaissance une représentation discutée et partagée du territoire, autour d'objectifs négociés qui permettent de définir un ensemble de variables décrivant la situation et les enjeux (Figure 3-16). Pour ce faire, l'observatoire repose sur le traitement de données : il est centré autour d'un défi informationnel consistant en l'échange, l'appropriation, la réflexion et la production collective de données et d'indicateurs. La qualité de ces derniers peut ainsi être interprétée comme le reflet du niveau de collaboration développé par les partenaires de l'observatoire (Babey, 2005, 8 ; Sède-Marceau (de), 2011).

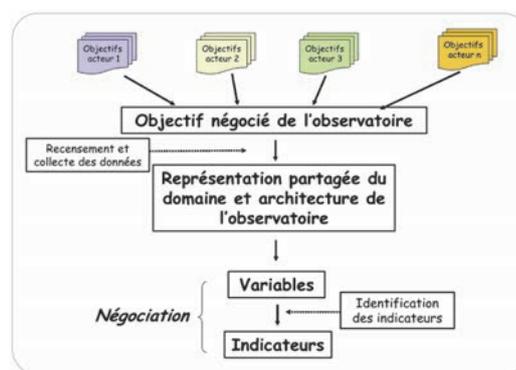


Figure 3-16 : Des objectifs aux indicateurs, l'observatoire comme médiateur d'apprentissage s'appuyant sur de la donnée (Barzman, 2005, 19)

¹²⁴ Si porter à connaissance revient à mettre à disposition de l'information et des données sous les formes diverses de catalogues de données, de plateformes de diffusion ou de géo-portails, le partage de connaissances repose quant à lui sur l'échange de savoirs et de savoir-faire visant à faciliter les interactions entre acteurs du territoire.

¹²⁵ Ces derniers sont la manière dont un individu se représente mentalement les caractéristiques d'un territoire (Caron, 2001). Ils permettent, pour un acteur donné, de faire tenir ensemble les objets sur lesquels il agit, dans une même configuration spatiale dotée de sens (Lévy, 2003).

L'enjeu de connaissance attribué aux observatoires est alors entendu comme capitalisation de données et négociation du sens attribué à la donnée et aux indicateurs. La conception collective de cet ensemble d'indicateurs, constituant le cœur des observatoires, vise à enrichir les représentations internes des acteurs et à construire des représentations externes du système territorial. En ce sens, les indicateurs contribuent à un processus d'apprentissage.

Il existe de nombreuses conceptions de l'apprentissage, entendu comme processus ou comme résultat : acquisition d'informations, développement de valeurs, possibilités d'organisation et de décision collective, expression de représentations, modification de comportements, etc. Il ne s'agit pas ici de détailler les processus cognitifs à l'origine de la construction des différents types de connaissance à partir de données et d'informations (Thuillier, 2002, 7 ; Coudel, 2009, 159-187), eux-mêmes soutenus par plusieurs théories de l'apprentissage (Noucher, 2009, 69 ; Coudel, 2009, 139). Les apprentissages en jeu dans l'Observation territoriale, à savoir s'approprier la donnée d'un producteur extérieur et construire des indicateurs, apparaissent comme relevant à la fois de savoirs tacites souvent non codifiés ni formalisés qui s'acquièrent par l'expérience, mais aussi d'une dimension collective impliquant différents acteurs. Dans le contexte spécifique des observatoires, Chebroux (2011) parle ainsi de « *l'organisation d'une pratique d'apprentissage et d'analyse socialisée* ».

Une typologie des niveaux d'apprentissage est dressée par plusieurs auteurs (Tableau 3-2) dont les trois principaux sont ceux de la transmission d'information, de l'apprentissage de savoir-faire, et celui de la compréhension. Le premier niveau, « avoir connaissance de quelque chose », apparaît comme le niveau zéro de l'apprentissage : informer n'est pas apprendre. Ce niveau de porter à connaissance, s'il est nécessaire n'est plus suffisant dans le contexte des observatoires. Le deuxième niveau est constitué des savoir-faire et repose sur des mécanismes d'observation-imitation, de conditionnement et d'essai-erreur qui ne s'appliquent pas ici. Le niveau d'apprentissage visé par les observatoires correspond en effet à un niveau trois, qui est celui de la compréhension, c'est-à-dire de la modification des représentations, de la création de liens entre connaissances existantes et nouvelles, puisque comprendre « *consiste à dégager la raison des choses* » (Piaget, 1974 in Rézeau, 2001, 34).

Niveaux	Bateson	Reboul		
	Les caractéristiques de l'apprentissage	Les sens d'apprendre	Actions (processus)	Résultat
1	Transmission d'information	Information, renseignement	Apprendre que	Savoir qq.ch. chose
2	Aptitude à changer de comportement selon une information ; essais-erreurs	Apprentissage	Apprendre à	Savoir-faire
3	Apprendre à apprendre, auto-évaluation	Etude, compréhension	Apprendre (intransitif), comprendre	Connaissances savoirs

Tableau 3-2 : Comparaison des niveaux d'apprentissage chez Bateson et Reboul d'après Rézeau (2001, 37)

L'observatoire peut alors apparaître comme un artefact de cognition, entendu comme *medium* facilitateur de transfert de connaissances dans ce processus d'apprentissage. Il vise donc à contenter une fonction représentationnelle (Piponier, 2010, 4) par l'identification des entités et processus en jeu ainsi que la confrontation de points de vu, dans lesquels la négociation génère du sens autour de la donnée. Il s'agit là de la perspective interactionniste de l'apprentissage entendu comme construction sociale. L'observatoire, à travers le développement d'indicateurs sert d'artefact de cognition : il bouleverse et organise le fonctionnement cognitif entre communautés de pratiques pour confronter les représentations individuelles. Coudel (2009,10) évoque alors des « communautés d'apprentissage ». Le partage de données géographiques et la construction d'indicateurs se transforme ainsi en partage de connaissances sur le territoire, *via* un processus d'apprentissage dont l'observatoire constitue le *medium*. L'observatoire permet de construire et d'apprendre ensemble pour faire évoluer les pratiques (Lemoisson, 2009). Certains auteurs insistent cependant sur les limites de cette dimension d'apprentissage, en affirmant qu'il demeure à un niveau superficiel qui autorise l'information et non l'assimilation (Martinand, 2008).

- B) L'épreuve de la médiatisation : enjeux autour des représentations externes (formes de sorties) et des usagers

Les observatoires sont des dispositifs socio-techniques non neutres participant à un processus de médiatisation, par la scénarisation de données et d'indicateurs. Ils n'agissent ainsi pas comme de simples supports de diffusion, mais ils participent à la configuration du message produit, à son sens et à sa signification (Hermes, 1999, 156). En s'inscrivant dans un processus de communication, l'observatoire donne à lire, par l'ensemble des représentations externes qu'il produit à chacune des étapes de sa construction. Il s'agit tout d'abord des connaissances formalisées lors de la phase initiale de modélisation, et ensuite des formes de sorties, à savoirs celles de diffusion et présentation de l'information pour partie géographique.

En phase amont de conception de l'observatoire, lors de l'étape de conception-spécification visant à définir les échelles spatiotemporelles, les phénomènes et objets considérés, l'un des enjeux est celui de la représentation de ces connaissances et choix initiaux. Concrètement, le processus cognitif de cette étape repose largement sur la catégorisation en catégories de référence, à savoir l'identification de concepts. Le défi est alors celui de la codification : une connaissance est codifiable lorsqu'elle peut être exprimée et représentée. Il est toutefois difficile de formaliser des structures de connaissances. Si la connaissance se réalise dans l'échange et l'interaction, l'étape de construction de l'observatoire peut, par extension, en constituer le médiateur. Pour ce faire, il convient de proposer une formalisation de cette modélisation initiale reposant sur ses concepts. Le mot "énergie" par exemple, renvoie à plus qu'un simple ensemble de lettres ; La définition n'éclaire que celui qui "connait" déjà, et il manque à celui qui ne sait pas les situations d'apprentissage. Il n'existe ainsi de concepts que si on possède déjà la liste des invariants caractérisant ce concept. C'est bien le niveau d'abstraction de plus en plus élevé, au fur et à mesure des rencontres de différents modalités et types d'énergie pour notre exemple qui va façonner le concept. Lorsque plus aucun contexte ne résiste aux représentations que l'on se fait de l'énergie, on accède alors à la connaissance du concept. Il convient en ce sens de s'intéresser à des questions de sémantiques et de représentations de cette sémantique.

Les enjeux se situent ensuite dans la restitution satisfaisante de la complexité, dans les formes de sorties de l'observatoire : de la construction des indicateurs à partir de données, à leurs représentations externes, principalement sous forme graphique de cartes. Ces dernières endossent un rôle particulier dans le contexte des observatoires. Certains de ces observatoires sont en effet capables de produire des cartes « à la volée » de façon dynamique et interactive sur la base d'indicateurs, autorisant la prise en compte quasi immédiate de modifications effectuées dans la base de données. Qu'elle soit thématique/statistique, topographique/d'inventaire, dynamique (navigation et interactivité, etc.), la carte présente un ensemble de rôles classiquement reconnus (Péribois, 2008, 277 ; Thénot, 2007, 72 ; Repetti, 2004, 38 ; Joliveau, 2004, 357 ; Debarbieu, 2001, 33), dont celui d'être un puissant outil de communication. Bien qu'obéissant à un langage technique spécialisé, l'efficacité de ces représentations externes cartographiques est souvent mise en avant, relativement au discours oral. Le support cartographique, qu'il ne s'agit pas ici de détailler, constitue en effet un médium privilégié qui possède l'évidence accordée à l'image : « *l'utilisation de la carte comme médium d'exploration de données permet d'avoir un modèle informatisé se rapprochant davantage de la réalité de l'utilisateur et conséquemment lui demandant un moins grand effort d'abstraction, ce qui accroît son efficacité.* » (Bédard, 2005). Si la carte reste un point de vue d'expert, enjeu de pouvoir, elle devient également un référent commun d'opposition et de coopération, et dans tous les cas d'interaction (Desthieux, 2005, 64).

Mignonneau (2006) distingue des représentations différenciées selon les publics visés par les productions de l'observatoire. En effet les utilisateurs ciblés, plus ou moins avertis, nécessiteront des niveaux de vulgarisation divers, leur permettant d'appréhender efficacement les informations fournies. Ceci constitue la dernière composante du processus de médiatisation par la considération de la diversité des attentes et compétences des utilisateurs potentiels. Ces derniers peuvent être regroupés selon trois grandes catégories (Signoret, 2011, 143 ; Sède-Marceau (de), 2011) dont les besoins sont ici idéalisés. Les utilisateurs de type « chargés d'études » expriment des attentes reproductibles et donc automatisables en terme de formes de sorties, souvent contraintes et définies par des directives ou des cadres réglementaires : recourir à un outil accessible par Internet, d'utilisation aisé et fournissant des informations de différents niveaux de complexité et à jour, répond alors à leurs demandes. Ils peuvent être producteurs de données qu'ils déversent selon des procédures définies dans la base de données de l'observatoire. Les utilisateurs « experts » expriment quant à eux des besoins plus délicats à satisfaire, qui relèvent de l'analyse. Répondre à leurs attentes nécessite une personnalisation à tous les niveaux : produire des indicateurs construits à la demande, avec leurs propres données et sur des unités d'observation spatiales et temporelles variables selon leur projet. Ils imposent un niveau d'informations et de connaissances non plus seulement relatif à quelques pans du domaine d'application de l'observatoire, mais à celui de l'ensemble du domaine de connaissance de l'observatoire, ainsi qu'aux méthodes de modélisation-conception de l'outil, représentant ainsi de véritables défis méthodologiques et techniques. Enfin, et dans une moindre mesure, des utilisateurs « grand public » cherchent à s'informer en accédant essentiellement à des éléments simples. Les déclinaisons d'accès aux différents niveaux d'information et formes de sorties selon le type d'utilisateur sont alors garanties par des solutions techniques de profils.

Dans ce processus de médiatisation, l'usage des observatoires tels que nous les avons définis se heurte à plusieurs limites. Il s'agit d'une part d'un décalage entre les potentialités d'utilisation d'un système d'information et l'utilisation qui en est réellement faite. Les observatoires peuvent apparaître comme des outils pour chercheurs et experts (Roche, 2007), trop compliqués pour qui ne les a pas construits (Thuilier, 2002, 38), et qui pourtant ne semblent jamais à la hauteur des ambitions qu'ils se sont fixés. Cette limite est sans doute à réinsérer dans un contexte actuel plus large qui consiste à s'inscrire dans un « *modèle qui suppose un lien direct, linéaire entre connaissance scientifique et action publique [...] dans lequel le rôle des outils de gestion et de traitement de l'information est alors de fournir à toutes les étapes du processus de décision les informations aux acteurs impliqués, dans un objectif d'appropriation des connaissances nécessaire à la construction de l'action collective. Or ce lien est de plus en plus discutable* » (Vues, 2005). Une limite d'un autre ordre concerne cette fois l'effet communicationnel d'affichage : Clignet (1998) soulevait déjà la question des conditions auxquelles un observatoire

doit répondre pour être plus qu'un artifice rhétorique employé exclusivement à des fins médiatiques et budgétaires.

Par l'objectif de connaissance visé, les observatoires devraient être en mesure de concilier des niveaux divers de connaissances, dont ceux, éloignés, de réponses concrètes à des questions clairement identifiées d'une part, comme ceux d'une exploration des données pour générer des hypothèses temporaires à partir de l'information reçue d'autre part. Dans les deux cas, c'est la compréhension et l'interprétation du sens attribué aux données, aux indicateurs et à la considération de l'espace qui sont mobilisées au service d'un « penser par le territoire » (spatial thinking) (Goodchild, 2010).

En guise de synthèse, nous tiendrons pour définition qu'un observatoire thématique territorial constitue un « *cadre d'analyse qui comprend quatre dimensions : l'information, le territoire, la technologie et la cognition* », et vise à maîtriser les dimensions thématique-acteur-temps-espace (Sède-Marceau (de), 2009 et 2011). Plus concrètement, « *un observatoire se matérialise par un système d'observation et d'information (dans ses dimensions humaines et techniques), assurant l'acquisition, l'accumulation et le partage, dans la durée, des ressources informationnelles (données brutes, données traitées, traitements, documents, ...) et permettant le pilotage de l'action à travers des représentations : cartes thématiques, tableaux de chiffres, indicateurs, etc. Cependant, il ne trouve ses finalités et sa justification, qu'en tant que processus porté par un ensemble d'acteurs du territoire, confrontés à un enjeu et engagés dans une démarche collective d'analyse des relations entre leurs pratiques et le territoire* » TETIS (2009, 27).

Parce qu'ils reposent sur un système d'information, les observatoires ne sont souvent perçus que dans leurs dimensions outil-produit informatique. Leur finalité de connaissance entre une pluralité d'acteurs insiste plus particulièrement sur les processus socio-cognitifs de médiation et de médiatisation également à l'œuvre. Ce n'est que dans le cas des observatoires numériques territoriaux qu'apparaissent les enjeux autour de l'appréhension, la maîtrise, l'échange de données de qualité et la construction d'indicateurs. L'enjeu de connaissance attribué observatoires relève de la capitalisation de données, de l'appropriation et de la négociation du sens attribué à ces données et aux indicateurs construits, tout ceci relevant de questions sémantiques. C'est en répondant à ces enjeux par des propositions conceptuelles et méthodologiques que nous entendrons la démarche instrumentée de mise en observation du système territorial énergétique au sein d'un observatoire numérique territorial.

2.3. Les observatoires autour de la thématique énergétique, le territoire absent

Après avoir proposé une définition de ce que peut constituer un observatoire territorial, il convient tout d'abord de dresser un état des lieux des dispositifs existants qui répondent à cette définition et traitent de la thématique énergétique, de présenter ensuite les indicateurs qu'ils avancent, et enfin d'apprécier les questions spécifiques autour des données énergétiques.

2.3.1. Les observatoires énergétiques existants - état des lieux

Dresser un panorama des observatoires de l'énergie pour en identifier les composantes et en délivrer une synthèse questionne préalablement la constitution du corpus et de la grille de lecture adoptée.

Quel corpus ? limites et justifications du niveau régional

Un état de l'art reposant sur la littérature (IAU-IDF, 2008 ; ClimactRegions, 2012 ; RARE, 2011 et 2004 ; ROSE, 2008 ; CESR, 2005 ; MEDDM, 2010) et Internet¹²⁶ a permis d'établir une liste des observatoires de l'énergie intégrant l'idée toute relative de « territoire local ». Le recensement s'est alors concentré et limité aux observatoires régionaux de l'énergie pour plusieurs motifs. Un premier argument, territorial, avance la taille de l'espace considéré ainsi que les compétences des acteurs de ce niveau. L'échelon régional apparaît en effet thématiquement, comme le territoire de niveau intermédiaire de coordination et d'impulsion de politiques locales énergétiques (Chanard, 2011, Part. 3). L'argument législatif et réglementaire abonde ensuite également dans ce sens conférant un rôle structurant tant du point de vue de la gouvernance que des méthodes au niveau régional. RAC (2013, 28) préconise l'établissement d'observatoires régionaux de l'énergie sous la forme de réseaux d'organismes autour de données. Plus récemment, la fonction du niveau régional se trouve confirmée : « *Dans sa rédaction, la loi Grenelle2 (Article68, 69, 70) confère aux acteurs régionaux (Etat, Conseil Régional), un rôle de coordination dans l'accompagnement des exercices de bilans régionaux et infrarégionaux [...], ainsi que dans la préparation et la mise en œuvre des Schémas Régionaux*

¹²⁶ Différentes requêtes, menées sur les plateformes d'éditeurs, ainsi que sous le moteur de recherche Google sans autres paramétrages spécifiques, ont successivement été enrichies par les mots clefs suivants : débutant par « observatoire + énergie » le mot territoire a ensuite été ajouté puis substitué par le nom de chacune des régions françaises. Par curiosité, puisqu'ils ne sont pas traités dans ce travail, des requêtes ont également été menées avec toutes les combinaisons possibles sur les mots monitoring, observatory, energy. Les termes recouvrant des sens et réalités différentes ne sont pas exploitables. Quelques réponses, dont celle intéressante proposée par le Global Energy Observatory états-unien ou similaire aux dispositifs construits en France (Barcelone, etc.) confirment cependant l'intérêt de ce type de dispositif.

Air Energie Climat (SRCAE) » (RARE, 2011). En outre, si l'existence de dispositifs à des niveaux d'observation supérieurs à la Région est constatée, qu'il s'agisse de niveaux nationaux ou européens¹²⁷, il n'existe à notre connaissance aucun dispositif d'observation relevant d'un niveau infrarégional. Malgré ce constat, des limites évidentes émergent du recensement réalisé. Seul l'accès au dernier maillon de la chaîne de traitement de l'information proposé par l'interface « en ligne » que constitue la diffusion est envisageable. Il convient donc, entre autre, d'éliminer un objectif d'exhaustivité du recueil, qui n'a de toute façon pas pour objet un traitement statistique, et n'intervient dans la démonstration que pour l'analyse des traits caractéristiques des observatoires de l'énergie « locaux ».

Afin d'identifier les caractéristiques de ces observatoires existants, une grille de lecture, affinée itérativement, a été définie dans un objectif comparatif, aussi bien des observatoires entre eux, que des données qu'ils intègrent. Ainsi, des critères relatifs aux structures (nom, type de structure et formes, dates de mise en service/fin, partenaires, etc.) comme aux données (données disponibles, granularités spatiales et temporelles, cartographie, etc.) ont été retenus. Les structures étudiées sont détaillées en Annexe 2.

Eléments de synthèse : structures et contenu général

D'une manière générale, les observatoires affichent la volonté de fournir une information sur les consommations et productions d'énergie d'une part, et sur les gaz à effet de serre d'autre part. Ils se réclament ainsi *a minima* de la démarche de « porter à connaissance » évoquée précédemment, et propose des types, détails et niveaux ou modalités d'accès à l'information divers. La diversité illustrant la nébuleuse des observatoires se traduit par trois caractéristiques principales, relatives à la pluralité, d'une part des formes organisationnelles et des modes de diffusion, par définition liés, et d'autre part, mais dans une moindre mesure, des champs d'analyse. En matière d'organisation et d'acteurs, un continuum de pratiques se dégage. Ces pratiques sont distribuées entre deux extrêmes allant d'une sous-traitance plus ou moins affirmée, s'appuyant sur des bureaux d'étude pour fournir aux partenaires de l'observatoire des études ponctuelles, à une structure dédiée, chargée d'échanger autour de la création et de l'exploitation d'une base de données (Franche-Comté, Rhône-Alpes, etc.). Les modalités de diffusion sont en lien avec la structure organisationnelle dont elles sont « issues ». Les observatoires reposant sur un principe de bilan énergétique général et régulier assuré sur une base essentiellement annuelle, communiquent principalement sous forme de rapport. Les

¹²⁷ Observatoire du Ministère du développement durable ou de l'économie, Observatoire national de la précarité énergétique, etc.

structures reposant sur l'exploitation de base de données tentent quant à elles, de délivrer des formes de sorties dynamiques. A titre d'exemple, l'Observatoire Climat-Energie de Basse-Normandie ou celui de Lorraine, publient des fiches et études relatives aux territoires concernés, quand d'autres structures comme en Rhône-Alpes ou en Franche-Comté, ajoutent l'accès parfois dynamique à des indicateurs et aux données qu'elles rassemblent¹²⁸. Lorsqu'ils sont présents, les types de données et indicateurs, révèlent des différences liées à leurs niveaux de détails et d'agrégation, mais tous présentent un bilan énergétique (production, consommation *a minima*). Un outil permet à l'utilisateur de générer des indicateurs personnalisables (Franche-Comté). Ces observatoires ne présentent majoritairement que des données sectorielles énergétiques souvent agrégées thématiquement (secteurs, filières) ou spatialement.

Suite à des consultations successives effectuées sur plusieurs années (2007-2012), la tendance de fond semble privilégier des structures reposant sur des bases de données, tendance favorisée par les contextes réglementaires, tel l'établissement des Plans climat territoriaux (PCET) ou des Schémas régionaux climat air énergie (SRCAE), et plus généralement d'un besoin toujours plus prégnant d'une connaissance et d'une compréhension des processus territoriaux à l'œuvre.

2.3.2. Les indicateurs proposés au sein des observatoires existants : une mise en œuvre indissociable de la donnée énergétique

Les observatoires énergétiques existants avancent des indicateurs reposant eux-mêmes sur de la donnée. Il convient d'interroger ces deux composantes.

Des indicateurs énergétiques, territoriaux ?

La connaissance et le suivi de la situation énergétique constituent la fonction première affichée par les observatoires consultés. Les indicateurs mobilisés dans ces derniers relèvent essentiellement du bilan énergétique, exposant ainsi les productions et consommations d'énergie. La production énergétique totale se trouve détaillée par filières et par un niveau d'agrégation intermédiaire concernant les énergies renouvelables. Les potentiels, qu'ils soient relatifs aux ressources ou aux économies d'énergie (considérées comme une ressource), ne figurent qu'exceptionnellement. La plupart des observatoires reposant sur des formes de sorties non dynamiques, les échelles spatiales et temporelles ne peuvent être modifiées. Elles présentent souvent des agrégations rattachées à des niveaux institutionnels, agrégations descendant néanmoins rarement jusqu'au niveau communal. Ainsi, la production totale, les

¹²⁸ Les modalités de présentation, seules, ne constituent en aucun cas un gage de meilleure approche ou compréhension de la complexité des systèmes énergétiques.

parts respectives des énergies conventionnelles et renouvelables, ainsi que les émissions de dioxyde de carbone, apparaissent comme les indicateurs communs et quasi-exclusifs figurant dans les observatoires existants. Les consommations d'énergie sont quant à elles proposées selon une répartition en quatre secteurs : industriel, transport, agriculture et résidentiel-tertiaire. Des ratios par habitant et des variations sont parfois calculés. Si plusieurs formes de sorties sont utilisées, les tableaux et graphiques restent majoritaires. Les peu de cas recourant à la cartographie, sous forme de cartes établies, ne permettent en général pas une exploitation pertinente du à un niveau d'agrégation des données trop important. Si les indicateurs et données mobilisés mentionnent les sources à leurs origines sans métadonnées détaillées, les méthodologies, qui restent pourtant essentielles, ne sont quant à elles que rarement précisées malgré leur importance.

Les observatoires existants proposent une vision à notre sens minimaliste de ce que l'on pourrait attendre de la compréhension de la situation énergétique d'un territoire. Le cadre général de propositions de ces indicateurs semble cantonné et inscrit dans la logique technico-économique de l'offre-demande constatée précédemment, et les méthodologies de calcul ne sont pas transparentes. Elles abordent des questionnements spécifiques inévitables : ainsi, les émissions du traitement des déchets sont-elles affectées au lieu de l'usine d'incinération et de production d'électricité ou au territoire générant les déchets ? (ClimactRegion, 2012, 5) Les consommations liées aux transports réalisés en véhicules légers sont-elles comptabilisées sur le territoire d'origine, sur celui de destination, ou au niveau des stations de distribution de carburant ?

Le regard critique porté sur cette approche globale de comptabilité énergétique¹²⁹ doit être nuancé puisque, bien qu'à notre sens insuffisante, elle reste cependant nécessaire notamment pour des validations :

« La présentation des statistiques de l'énergie, sous la forme d'un bilan entre l'offre et l'utilisation énergétique exprimée en unités de base, permet de vérifier l'exhaustivité des données et de contrôler par des moyens simples les principales statistiques de chaque produit énergétique. [...] Le bilan énergétique est également le point de départ naturel pour la construction de divers indicateurs de la consommation d'énergie (par exemple, la consommation par habitant ou par unité de PIB) et de l'efficacité énergétique. Pour les statisticiens, c'est un bon outil de contrôle de l'exactitude des données et de suivi des données liées aux processus de conversion (importance des gains ou pertes de la transformation) (MEDSTAT, 2009, 13).

¹²⁹ Qu'elle soit nommée (pré)diagnostic, bilan, comptabilité, audit, ou état des lieux.

Au mieux spatialisés, jamais territoriaux dans la mesure où ils ne visent pas la compréhension des processus en jeu, les indicateurs comptables avancés ne reflètent pas la complexité du territoire sur lesquels ils portent. L'intérêt d'une approche territoriale ne consiste en effet pas à disposer de quelques chiffres de production et consommation, mais vise la compréhension des processus à l'origine de ces dernières, tout comme des contextes dans lesquelles elles se situent. En guise d'exemples, l'approche territoriale questionne les mobilités et donc les conséquences en termes d'actions d'aménagement. Elle peut également questionner l'approche de la filière bois dans l'évaluation de ses potentiels exploitables en lien avec les concurrences d'usages sur ses ressources, ses contraintes d'exploitation (taux et types de boisement, pentes, proximité d'une route, etc.). Il convient finalement de dépasser les indicateurs proposés dans les observatoires de l'énergie existants, et de tendre vers la compréhension des processus en jeu afin d'identifier des leviers d'action répondant aux objectifs de la planification énergétique territoriale. Une nuance de taille vient néanmoins contraindre cette finalité. Les données, essence même des observatoires, influent cependant largement sur la portée et le niveau de détail de l'information mise à disposition par les observatoires. Or elles présentent par définition et expérience des limites.

De la donnée énergétique : sources, disponibilités et limites

La planification énergétique territoriale revient pour partie à connaître et anticiper la situation énergétique d'un territoire. Cette connaissance nécessite des données relatives au territoire. La question des sources, accès, disponibilités, traitements et appropriation de ces dernières doit ainsi être soulevée. Les sources de données énergétiques sont relativement nombreuses et Mérenne-Schoumaker (2007,100), ETD (2009, 11), ENA (2002) ou Grandgirard (2007, 184) en présentent des recensements. Cette dernière propose d'ailleurs un classement des données disponibles et des organismes correspondant, selon leur échelle géographique. Ainsi, les niveaux européen avec EuroStat, national avec les bases Observ'ER¹³⁰, Pegase¹³¹ ou Eider¹³², peuvent fournir des données essentiellement à échelle nationale voir régionale (SOeS, 2011). Ces bases ont pour sources des sociétés de production et de distribution d'électricité, de groupement de professionnels tels celui du pétrole (GPP), de grands consommateurs (cimenterie, brasserie, textile, etc.), des enquêtes (ex. la consommation des ménages et la fraude des produits pétroliers), diversité à l'origine de contraintes à considérer.

¹³⁰ Observ'ER, l'observatoire des énergies renouvelables.

¹³¹ Acronyme de Pétrole, Électricité, Gaz et Autres Statistiques de l'Énergie du Ministère de l'industrie.

¹³² Base de données des descripteurs de l'environnement en région du SOeS.

Il existe en ce sens différentes limites classiques ou plus spécifiques liées à ces données, limites relatives à leurs (non)existences, disponibilités et accès, ou contraintes d'utilisation.

Premièrement, l'accès aux données énergétiques reste globalement délicat (IEPF, 2008, 4) et présente des difficultés d'obtention inhérentes à plusieurs facteurs. Le premier est relatif à la complexité de la thématique, qui par définition concerne toute matière. Les données en lien avec la thématique énergétique sont ainsi par définition dispersées par la multiplicité des secteurs, domaines et activités énergétiques ou du territoire concerné. Cette hétérogénéité implique, lorsqu'elle est envisageable, l'intégration d'une multitude de sources, échelles spatiales et temporelles ou expertises¹³³. L'énergie relève de la connaissance experte, dans laquelle chaque filière constitue un système complexe. L'accès aux données est de plus compliqué par des enjeux socio-économiques. Ces derniers sont d'une part relatifs à des cloisonnements tant institutionnels - entre structures (entreprises, institutions, etc.) que niveaux de décisions (échelles de projet en contradiction)-, qu'intellectuels (entrées métiers sectorielles). La donnée reste d'autre part et de manière générale, un enjeu de pouvoirs politiques, économiques et financiers¹³⁴ (coût, chasse gardée pour des motifs concurrentiel et de pouvoir) (RTE, 2011, 18), voir symboliques ou éthique pour des questions de confidentialité, menant à des rétentions d'information.

La seconde famille de limites est relative à l'indigence des données disponibles à échelle fine, particulièrement dans le contexte français. Les bases mentionnées précédemment proposent des données aux granularités spatiales et/ou temporelles insuffisamment détaillées pour une utilisation « locale » (SOeS, 2011, 6). De multiples exemples peuvent illustrer cette limite, telle la distorsion entre les nomenclatures établies pour des besoins d'analyses nationales (données de l'IFN) et les phénomènes de structure interne de la forêt, pourtant déterminants pour les évaluations de volume de bois et une évaluation (micro-) locale de potentiels bois-énergie. Cette lacune en données à échelle fine implique la construction de données estimées, et non plus mesurées, soulevant des questions de méthodes, de précision et de propagation des incertitudes. Comme toute donnée, les données énergétiques doivent en ce sens systématiquement faire l'objet d'un regard critique dans leur utilisation. A titre d'exemple, si les consommations peuvent provenir des fournisseurs d'énergie, elles peuvent également être estimées à partir de

¹³³ Les calculs de productions font l'objet de détails techniques fondamentaux (ratio et rendements) conditionnant la comptabilité (Global Chance, 2003) et qui nécessitent une certaine expertise.

¹³⁴ Le décret n° 2011-1554 du 16 novembre 2011 de la Loi Grenelle 2 est relatif aux données permettant d'élaborer et d'évaluer les schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie et les plans climat-énergie territoriaux, il impose aux concessionnaires des réseaux de gaz et d'électricité de transmettre les données de consommations de gaz et d'électricité sur le territoire nécessaires à l'établissement des bilans des émissions de gaz à effet de serre et au suivi des PCET (article 75) ; illustration si il en est d'enjeux commerciaux stratégiques dans un contexte de mise en concurrence dans lesquels les territoires sont des marchés à obtenir.

moyennes nationales issues d'enquêtes ponctuelles locales et « proportionnées »¹³⁵ avec des données du territoire concerné (Roux (Le), 2008, 105 ; CITEPA-SECTEN, 2010, 265). Plusieurs organismes (CEREN, CITEPA, EnergiDemain, Enerdata, etc.) se sont spécialisés dans ces enquêtes et la production de facteurs unitaires pour lesquels des réserves sont à émettre quant à la transparence des méthodologies utilisées. Ces facteurs unitaires sont pourtant utilisés par à peu près tous les organismes publics car l'énergie n'est dans une logique technico-économique d'offre-demande centralisée « *qu'une question d'ordre de grandeur* » (Jancovici, 2011). Ces méthodologies soulèvent en outre des questions de périmètres et de double-comptes (MEDDTL, 2011, 17).

La donnée énergétique ne fait ainsi pas exception face aux problèmes rencontrés classiquement en matière de ressources informationnelles. Les données sont souvent non disponibles, stratégiques et confidentielles, d'un haut niveau de technicité, très agrégées, certaines font référence à des enquêtes locales et ponctuelles utilisées ensuite comme ratios nationaux, etc. Un important travail de terrain est parfois nécessaire pour réaliser un diagnostic précis mais il s'avère fastidieux compte tenu de la diversité des acteurs à contacter. S'agirait-il alors de distinguer un modèle idéal, de la réalité des données disponibles ? Nous pensons que l'identification et l'expression de besoins peuvent sans doute influencer sur ces disponibilités, en orientant les objectifs de récoltes de ces données, objectifs qui en conditionnent l'utilisation. Par ailleurs, et si elle n'est ici que mentionnée, la question des processus de traitements de ces données, comme de leur appropriation est également incontournable¹³⁶.

Les observatoires existants, par les indicateurs qu'ils avancent, présentent un niveau minimal de prise en compte des contextes et spécificités du territoire. Si une partie de ces limites est imputable à des problématiques classiques autour des données (disponibilité, accès, technicité, etc.), une autre l'est sans doute par le paradigme technico-économique d'offre et demande dominant pour analyser l'énergie. Le constat réalisé précédemment sur les modèles de prospective semble également se traduire dans les observatoires existants. Il nous apparaît pourtant incontournable de passer d'états des lieux effectués par une comptabilité énergétique, à

¹³⁵ Il s'agit schématiquement, comme souvent en matière de comptabilité énergétique territoriale, de l'application d'une règle de trois consistant à multiplier un facteur unitaire issue d'une base nationale par le chiffre concernant l'unité territoriale d'application.

¹³⁶ Nous mentionnons également pour mémoire les évolutions encore trop récentes pour être significatives en matière de production de données, notamment énergétiques : la logique descendante de production émanant d'acteurs scientifico-institutionnels se trouve complétée par une logique ascendante multipliant les sources de données, notamment par une démocratisation des processus d'acquisition, intégrant des données de gestion (capteurs communicants / smart metering, etc.), ou des données coopératives.

un niveau de compréhension supérieur des processus en jeu, par une meilleure prise en compte du contexte territorial, par et pour la définition d'indicateurs territoriaux énergétiques.

2.4. Vers des indicateurs territoriaux énergétiques personnalisés

Les indicateurs proposés au sein des observatoires laissent apparaître des niveaux relativement faibles d'intégration des spécificités territoriales d'une part, et de compréhension des processus à l'œuvre sur un territoire et donc liés à l'énergie d'autre part. Ainsi, des indicateurs territoriaux énergétiques sont susceptibles d'être construits ; ils nécessitent pour cela des données et conceptions méthodologiques particulières.

2.4.1. Les indicateurs territoriaux énergétiques, une mise en œuvre indissociable de la donnée territoriale : donnée énergétique et de contexte

Les interactions entre le territoire et son système énergétique ont été mises en évidence, nécessitant d'intégrer les spécificités territoriales, sociodémographiques, économiques ou naturelles, afin d'appréhender les processus à l'origine des flux énergétiques, tout comme leur compréhension. Ces derniers peuvent être approchés par des indicateurs territoriaux énergétiques.

Des indicateurs dynamiques et personnalisés

Les indicateurs énergétiques au sens strict n'autorisent pas une compréhension des processus territoriaux à leur origine ou les conditionnant. Des batteries (ou référentiels) d'indicateurs territoriaux en lien avec l'énergie ont été définies selon des domaines (Tableau 3-3) dont quelques exemples peuvent être relatifs aux formes urbaines et mobilités (IEPF, 2010, 141 ; Gallez, 2000, 21 ; Silva, 2009 ; Antoni, 2010), bâtiments et habitants (IAUIdF, 2010 ; Swan, 2009 ; Nouveaux-Armateurs, 2008 ; Wallenborn, 2006) et approvisionnements-ressources (Bovar, 2010, 47 ; Barles, 2007) ou croiser l'ensemble de ces domaines (Keirstead, 2007 ; RARE, 2002). De plus, des indicateurs territoriaux énergétiques composites complexes, parmi lesquels la précarité énergétique par exemple, sont également l'objet d'un intérêt croissant. Mêlant socio-économie (nombre d'habitants et revenus du ménage, etc.), habitat (type de logement et de chauffage, année de construction, etc.), formes urbaines (localisation, mixité fonctionnelle, etc.) et mobilité, l'indicateur de précarité énergétique (OREMIP, 2012 ; CERTU, 2011 ; CNIS, 2011 ; AREC, 2010) ou plus généralement de

vulnérabilité énergétique (Alterre-Bourgogne, 2007) du territoire pourraient à cet égard apparaître comme une bonne illustration de notre démarche¹³⁷.

Domaine	Elements à analyser
Formes urbaines	<ul style="list-style-type: none"> - Urbanisation concentrée/compacte - Limites de l'extension d'urbanisation - Mixité des activités - Etc.
Constructions	<ul style="list-style-type: none"> - Densité des constructions - Orientation optimale des batiments - Isolation - Eco-quartiers - Volumétrie - Etc.
Mobilités	<ul style="list-style-type: none"> - Distances parcourues - Report modal - Réseaux et liaisons de mobilité douce piétonnes et cyclables - Desserte en transports publics - Mesures incitatives en matières de transports (auto-partage, covoitur.) - Offre de stationnement - Etc.
Approvisionnement-Ressources	<ul style="list-style-type: none"> - Utilisation des énergies renouvelables - Filière d'approvisionnement (bois, etc.) - Réseaux d'alimentation collectifs (chaleur, etc.) - Etc.

Tableau 3-3 : Exemples d'indicateurs territoriaux énergétiques (adapté de AMETER, 2006, 10)

Suite à l'analyse de ces cas, la question de l'adéquation entre niveaux d'observation (liés à l'échelle spatiale) et indicateurs, apparaît comme l'un des fils directeurs de l'analyse territoriale énergétique. Le choix des échelles associées à l'indicateur est évidemment défini par le processus qu'il est censé représenter (Figure 3-17).

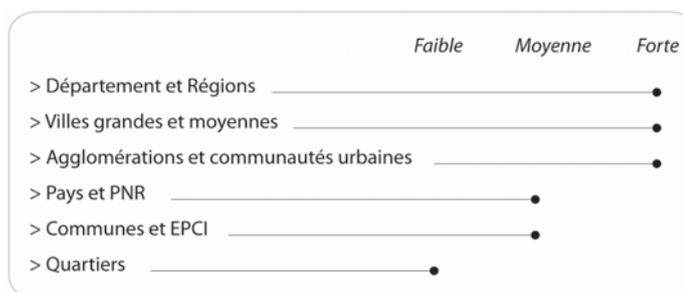


Figure 3-17 : Pertinence relative de l'indicateur « taux de valorisation des déchets ménagers et assimilés » selon le niveau d'observation (échelle spatiale), projet ITDD (MEDDTL, 2011)

¹³⁷ L'indicateur de précarité énergétique s'inscrit généralement dans une définition dont les fondements datent et ne sont plus justifiés (10% du budget d'un ménage) et qui par ailleurs n'intègre dans la plupart des cas que les seules consommations liées au logement.

Des indicateurs peuvent à l'inverse prendre une unité d'observation différente selon l'objet traité : consommation résidentielle à l'échelle de la commune, bassin de vie pour les transports quotidiens, intercommunalité pour les formes urbaines et consommations d'espace, etc. (RARE, 2011). Face à la diversité des problématiques liant énergie et territoire, traduite par une pluralité d'indicateurs, la définition d'un catalogue identifiant les indicateurs standards généralement utilisés dans le domaine, ou la proposition d'une liste minimale est-elle alors envisageable ? Au vu de quels critères ? Ces batteries complètes d'indicateurs territoriaux existent¹³⁸, mais au vu de l'ampleur de la thématique énergétique maintenant considérée dans ses dimensions territoriales (transports, habitat, agriculture, socio-économie, etc.), cette offre pléthorique impliquerait au sein des observatoires, des listes interminables¹³⁹ et de toute évidence jamais exhaustives, ou du moins incapables de répondre à la multitude des questionnements potentiels définis par les besoins de chaque acteur. Le CNIS (2011, 4) souligne ainsi le double écueil de la profusion d'indicateurs et de leur nécessaire adaptation à une problématique, par définition spécifique à un contexte et à des acteurs.

En outre, de nombreux observatoires aperçus offrent la possibilité de consulter des indicateurs, mais ces derniers restent statiques, comme par exemple la variation de la consommation électrique régionale entre 2010 et 2011. Les interfaces et méthodes n'autorisent pas la sélection en dynamique de modifications de dates de référence ou d'unités d'observation. Dans le contexte d'une Observation territoriale à des fins d'analyse, l'exploration des données par la construction d'indicateurs dynamiques apparaît pourtant comme l'une des fonctionnalités clef de l'observation.

De plus, malgré les réserves déjà évoquées quant aux modalités naissantes autour des dimensions participatives¹⁴⁰, un mouvement de production de données émerge, complémentaire

¹³⁸ Un état de l'art des indicateurs énergétiques, non plus seulement réduit au périmètre des observatoires, laisse découvrir une littérature abondante (Patlitzianas, 2008 ; Kemmler, 2007 ; Vera, 2007 ; RARE, 2002). La plupart des indicateurs se trouvent ordonnés au sein de listes hiérarchisées par thèmes, en fonction des objectifs particuliers de ces dernières. Le premier réflexe consiste alors à se rendre aux thèmes indifféremment intitulés énergie, climat, maîtrise de l'énergie, etc. La majorité des indicateurs y figurant ne diffèrent généralement pas de ceux proposés dans les observatoires, quelle que soit l'échelle considérée : européenne (EEA, 2005), nationale (MEDDTL, 2011 ; SOeS, 2011) ; exception faite des tentatives qui relèvent de l'étude, réalisées à l'échelle de la ville ARENE, 2006 ; Barles, 2007 ; du quartier (Rad, 2010), du bâtiment (APUR, 2007, Nouveaux-Armateurs, 2008) ; ou du ménage (CERTU, 2011 ; Marcus, 2009 ; Lorek (2001, 7) (holiday flight (km/cap/a) ; average consumption car (l/100km); Shopping and recreation transport distances (km/cap/a)).

¹³⁹ Outre les questions de lisibilité et d'accès pour lesquelles des réponses techniques peuvent encore être trouvées, la question de leur appropriation reste en suspens.

¹⁴⁰ Idéal qui achoppe à des questions de représentativité, d'honnêteté et donc de légitimité (Roche, 2011 ; Joliveau, 2001 ; Aquino(D'), 2001). La question des limites de ces approches devrait indispensablement être soulevée, notamment en matière d'éthique, principalement pour des aspects de représentativité, en

de celui des fournisseurs institutionnels classiques de données. Cette perspective ascendante de production de données émanant directement des individus, s'inscrit dans une nouvelle logique de production de connaissances renouvelant le besoin d'interactivité avec les outils de gestion de données, notamment géographiques, sous ses formes cartographiques.

L'ensemble de ces besoins, rapidement évoqués, souligne la nécessité de construction d'indicateurs territoriaux dynamiques et personnalisables qui répondent à une attente de service informationnel à la demande dans le cadre des observatoires territoriaux (Roux, 2011, 56). Si les difficultés de toute démarche de production d'indicateurs (Grandgirard, 2007, 205 ; Thenail, 2008 ; Macary, 2005) semblent déjà conséquentes, les défis méthodologiques et techniques pour parvenir à cet idéal sont immenses. Dans cette perspective, l'information et les données nécessaires à la construction des indicateurs territoriaux énergétiques mentionnés, vont bien au-delà de la donnée énergétique au sens strict, qui a elle seule ne suffit plus : le recours à de l'information territoriale semble inévitable.

La donnée territoriale, de contexte

La lecture énergétique des territoires passe, dans le cadre instrumenté d'un observatoire, par les définition, collection, mutualisation et appropriation de données. Or les données énergétiques, notamment, font l'objet de limites classiques liées à leur indigence ou à leur niveau d'agrégation. Mais la nécessaire compréhension des variables territoriales en jeu dans les domaines touchant l'énergie nécessite d'être réalisée par le biais de données territoriales. Les données concernées ne sont en effet majoritairement pas énergétiques, au sens strict¹⁴¹, et ce pour deux raisons.

La première reconnaît que disposer de données énergétiques s'avère insuffisant pour dépasser le constat descriptif. Une volonté explicative passe en effet par une compréhension et une mise en perspective autorisées et conditionnées par des données non énergétiques. Donner du sens nécessite de confronter et croiser, au sens de l'analyse statistique ou spatiale, des données énergétiques et des données territoriales, non énergétiques. En guise d'illustration, même si on dispose des données de consommations énergétiques de plusieurs bâtiments, livrées par le fournisseur d'énergie, seules les données de contexte concernant le nombre de personnes y

questionnant les catégories de participants-répondants (utilisation obligatoire de l'outil internet, culture numérique et environnementale du répondant ...) et enfin des questions de contrôle qualité et de validation (déclarées) des données, nuance faite des récoltes de données *via* des capteurs physiques.

¹⁴¹ Nous nommons données énergétiques les données en lien « évident » et direct avec l'énergie, notamment exprimées en unités énergétiques du système international, concernant les productions, consommations, etc. Relativement, les autres données mentionnées ici sont indifféremment désignées comme territoriales, de contexte, non énergétiques, etc.

séjournant et leurs activités, etc. permettront d'opérer des choix pertinents par exemple en matière de priorité de rénovation de l'un de ces bâtiments. Une généralisation affirme que la compréhension des processus énergétiques nécessite des données non spécifiquement énergétiques.

La seconde raison affirme avec évidence l'impossibilité de disposer de l'intégralité des données énergétiques et de la compréhension exhaustive des processus qui en sont à l'origine ou qui les conditionnent. L'enjeu consiste alors à estimer de la donnée énergétique à partir de données non énergétiques. A titre d'exemple, si l'accès à la consommation énergétique d'un ménage ou d'un bâtiment, se heurte à des questions de coûts de récolte, de confidentialité, ou d'intérêts stratégiques, ces consommations peuvent être approchées par des données socio-économiques tel le profil de cette famille (nombre structure par âge, professions et catégories socioprofessionnelles, etc.) couplé aux caractéristiques de ce bâtiment (types d'espace d'implantation, surface, année de construction, type de chauffage, etc.). Il ne s'agit donc pas de données énergétiques, mais de données territoriales autorisant une entrée énergétique pour estimer de la donnée énergétique. De la même manière, des mesures de vent (éolien), d'insolation (solaire), de volume de bois sur pied (bois-énergie) ou un nombre de bovins (biogaz), autoriseront l'estimation de productions énergétiques. L'introduction et la considération des distances et de la topographie, contraindront les réseaux et les modalités de distribution énergétique. Enfin, le nombre d'individus composant un ménage, leurs revenus, les proportions des choix et types de modes de déplacements, ou la localisation et les types d'habitation par rapport aux pôles d'emploi ou de commerces, tout comme le nombre de kilomètres parcourus par un véhicule, seront autant d'éléments permettant l'évaluation de consommations énergétiques. Les données nécessaires à l'évaluation énergétique ne sont donc pas spécifiquement énergétiques mais peuvent être qualifiées de données de contexte territorial.

A ce double titre, le recours aux données territoriales non énergétiques est nécessaire pour contextualiser, donner du sens. Ainsi, la connaissance du système énergétique territorial dépend moins de données et d'informations énergétiques *stricto sensu*, que de données territoriales contextuelles.

Ces données territoriales de contexte nécessitent d'être « organisées » : la modélisation de données, notamment spatio-temporelle, formalise de la connaissance territorialisée. Il convient alors de fournir un cadre d'interprétation à l'ensemble de ces données, construites sur des représentations, pour la construction d'indicateurs personnalisés.

2.4.2. Mettre en observation le SET : le choix d'une approche informationnelle et sémantique

Dans un contexte d'aide à la décision, les données et informations deviennent un enjeu stratégique. Les acteurs locaux ont en effet besoin d'une compréhension et d'une connaissance fine des territoires, notamment énergétique, concrètement traduite par un besoin de données et d'informations (Magnin, 2011). De plus, l'objet complexe que constitue le système énergétique territorial, par la multitude et la diversité des échelles spatio-temporelles et des liens qu'il renferme, impose une transversalité entre secteurs d'activités, métiers, disciplines ou spécialités. Or chaque acteur possède pour sa pratique un ensemble d'entités décrites de manière singulière. Si l'utilisation de ces objets par des vocabulaires et représentations appris au sein d'une même communauté de pratiques, autorise l'efficacité d'une pratique professionnelle, des contradictions, divergences et/ou incompréhensions apparaissent lors du partage et de l'échange de données et information avec d'autres spécialités.

Dans ce contexte pluri-acteurs, nécessitant la gestion de données, les observatoires numériques territoriaux apparaissent comme des outils privilégiés par les objectifs qu'ils affichent. Le développement d'observatoires numériques territoriaux s'adosse en effet aux concepts, méthodes et outils des bases de données. Ces derniers, en tant qu'outil de mutualisation, médiation et médiatisation, vont permettre de confronter les besoins et représentations de ces acteurs. La condition de cette réussite peut être en partie solutionnée, d'une part par la précision et l'explicitation de la sémantique des informations et données partagées, et d'autre part par la possibilité de proposer diverses représentations thématiques, spatiales ou temporelles d'un même objet au sein de la base de données, pour la définition d'indicateurs. La modélisation de données, première étape de la constitution d'une base de données, permet la formalisation de connaissances, dans la mesure où elle a pour finalité la représentation des caractéristiques des données pour un domaine d'application. Il est donc nécessaire d'identifier et de décrire, par le biais des définitions des acteurs territoriaux, leurs points de vue et perceptions multiples. Ce travail porte alors sur l'identification du contenu de ces représentations plurielles, sur les objets et processus autorisant l'agrégation ou les liens entre ces représentations, sur les langages de représentations, pour une mise en observation du système énergétique territorial.

Dans le cas de cette mise en observation de l'objet Système Énergétique Territorial, en raison de sa complexité, tous les éléments du territoire ne peuvent pas être identifiés, pas plus que toutes les données les caractérisant. L'enjeu consiste alors davantage dans la recherche d'un système sémantique, fondé sur les variables clefs permettant d'approcher les SET à des échelles locales et régionales pour en construire des indicateurs. Il s'agit là d'un défi informationnel et sémantique.

Une approche territoriale permet d'intégrer à la fois des caractéristiques des espaces étudiés (ressources énergétiques, consommations mais aussi contraintes, contextes socio-démographiques ou économiques, infrastructuraux, etc.) et des compétences de l'ensemble des acteurs concernés (institutions, entreprises, associations, etc.). Territorialiser l'énergie vise ainsi à spatialiser et contextualiser les objets territoriaux impliqués dans des processus énergétiques, c'est-à-dire à construire du sens par le partage d'informations à échelles fines (cf. première définition proposée en Chapitre 2.3.1.). L'enjeu consiste à parvenir, au-delà de la lecture posée, à la formaliser et l'implémenter. Cette première définition peut maintenant être complétée. La construction d'un observatoire reposant entre autres sur une application informatique sous forme de base de données, s'accompagne d'une phase de modélisation. Territorialiser l'énergie au sein d'un observatoire par le concept de SET, se situe alors à la confluence de domaines de modélisation que sont les modélisations de données et de connaissances. Territorialiser vise à ce que les acteurs impliqués dans un observatoire parviennent à donner du sens à la donnée qu'ils manipulent. La modélisation ambitionne ainsi la formalisation d'un référentiel sémantique fondé sur les variables clefs permettant d'approcher les SET à des échelles locales et régionales. Elle consiste à :

- Identifier les objets, les échelles, les processus, pour définir un référentiel géographique et sémantique, et ainsi proposer une représentation du SET ;
- Proposer un cadre pour la définition de modèles conceptuels visant la construction d'indicateurs territoriaux énergétiques.

Il s'agit d'identifier et de préciser quelles sont les entités significatives, quelle sémantique leur affecter, quels processus leur attacher en fonction des représentations multiples que peuvent s'en faire les acteurs. Territorialiser l'énergie consiste ainsi à formaliser et instrumenter le concept de SET, par la proposition d'un cadre d'analyse territorial et sémantique pour la mise en observation des systèmes énergétiques territoriaux.

Conclusion de chapitre 3 - Mettre en observation : un défi informationnel et sémantique

Dans la phase amont des processus des planifications énergétique et territoriale, plusieurs outils de connaissance et d'analyse sont disponibles. La première catégorie est relative à l'exercice spécifique de la prospective, réalisé à l'aide de modèles prospectifs énergétiques. Ces derniers, principalement conçus dans une perspective technico-économique de satisfaction de l'offre-demande à échelle d'application nationale, montrent leurs limites en matière de raisonnement spatial et d'intégration de dimension territoriale : ce ne sont pas leurs objectifs. La seconde

catégorie d'outils disponibles relève directement de la connaissance des territoires, et considère la déclinaison instrumentée de l'observation des territoires que sont les observatoires.

Face à la complexité du système énergétique territorial précédemment délimité, la recherche d'une démarche susceptible de restituer au mieux cette complexité, passe par des représentations qui la mutilent inévitablement. Si parvenir à décider sur un territoire nécessite de l'information, l'Observation territoriale est constituée de processus menant à la co-construction de représentations du réel à partir de données. Elle constitue en ce sens une démarche instrumentée. Sa déclinaison peut avantageusement se trouver concrétisée par un observatoire numérique territorial.

Afin de rendre opérationnelle notre approche, nous avons fait le choix de retenir cette démarche d'observation qui intègre les critères de la planification territoriale énergétique (suivi sur un temps long, mutualisation d'informations dans un contexte multi-acteurs). La lecture que nous retenons pour ces observatoires privilégie une entrée relative aux sciences et technologies de l'information géographique. En ce sens, les observatoires et leurs contenus, centrés sur des indicateurs, sont à l'origine de défis autour des perceptions et représentations. Chaque praticien possède en effet ses référentiels dans lesquels les objets territoriaux sont décrits, et la mise en œuvre d'observatoires territoriaux implique donc la coexistence (consensus/confrontation) de ces visions différentes d'un même territoire. L'enjeu de connaissance dévolu aux observatoires est alors entendu comme capitalisation de données et négociation du sens attribué à la donnée et aux indicateurs.

Nous avons dégagé les enjeux généraux d'une démarche instrumentée de mise en observation des Systèmes Énergétiques Territoriaux. Cette construction nécessite une phase de modélisation des objets et processus en jeu, pour la transmission de représentations énergétiques du territoire. L'ampleur de la thématique des liens énergie-territoire, semble cependant impliquer la construction d'indicateurs territoriaux qui, par leurs échelles, thématiques ou objets très divers, nécessitent d'être personnalisables. On vise ainsi la définition d'une démarche géographique de conception, qui dans son approche a débuté dès les premières lignes de ce travail. Cette démarche vise la construction d'un cadre territorial et sémantique pour territorialiser l'énergie.

Conclusion de partie 1

L'implication accrue des acteurs territoriaux autour des thématiques énergétiques génère une demande en outils d'aide à la décision pour la planification territoriale énergétique. Dans le cadre de la planification énergétique, centrée autour de l'offre d'un point de vue technico-économique et centralisé, il existe par définition une disjonction avec les territoires locaux, considérés comme hors sol. Or l'interdépendance entre territoire et énergie est avérée. Les modalités d'organisation de l'un conditionnent les caractéristiques de productions et surtout de consommations de l'autre. Exprimer l'interdépendance des processus énergétiques et territoriaux implique de territorialiser l'énergie, c'est-à-dire de traduire la diversité et la singularité des contextes territoriaux qui influent sur les modalités de productions, distributions et consommations énergétiques.

D'une approche énergétique des territoires, nous sommes arrivés à la proposition d'une approche territoriale de l'énergie : le centre de gravité de l'entrée retenue se déplace et se trouve donc focalisé sur la compréhension des fonctionnements des territoires en lien avec l'énergie. Questionner les liens entre territoire et énergie nécessite alors des moyens de traduire les imbrications et la complexité de ces relations. Les acteurs locaux expriment ainsi les besoins d'une compréhension et d'une connaissance des territoires, concrètement traduite par un besoin d'information et connaissances.

La maîtrise et l'intégration de l'information géographique sur le territoire constitue alors l'élément central de notre approche. Nous avons avancé une lecture particulière des liens entre territoire et énergie qui intègre les spécificités du territoire à travers le concept de métabolisme et de SET. Ce dernier est considéré comme un système complexe dont l'information est l'élément de régulation. Appréhender cette complexité nécessite des représentations de la réalité, qui peuvent se trouver concrétisées par le développement d'une instrumentation spécifique : les observatoires. Ces derniers peuvent être considérés comme un produit-outil, entendue comme application d'un système d'information avec une entrée thématique et des indicateurs comme caractérisation des états du système. Les observatoires peuvent également être perçus comme processus, en tant que media organisationnel pour partager, construire et formaliser des représentations sous forme d'indicateurs. Nous centrons notre analyse de l'observation en ce sens, en l'assimilant à une capitalisation de données et négociation du sens attribué à la donnée et aux indicateurs.

Aussi, l'énergie, - et plus précisément les interactions de ses modes de production, de transformation et de consommation avec le territoire, soit le système énergétique territorial -, a une traduction protéiformes en termes d'objets et de processus géographiques - tel un bâtiment,

un taux de motorisation, la périurbanisation-, ou non géographiques, -comme une production, une distribution, ou encore une consommation énergétique au sens strict -. Il s'avère donc nécessaire, dans une perspective multi-acteurs de construction d'indicateurs au sein d'un observatoire, de revisiter des aspects sémantiques pour la définition des objets, processus et échelles spatiales et temporelles à considérer.

Si qualifier les liens entre le territoire et l'énergie n'a rien d'évident, une difficulté supplémentaire réside dans la manipulation de chacun de ces deux concepts aux contours flous, dont soit la théorisation, soit des études très concrètes ont été entreprises, mais l'articulation entre les deux rarement réalisée. Capturer les liens énergie territoire par le biais d'indicateurs territoriaux implique ainsi une transversalité qui pousse à considérer contextes et sémantique, par la proposition d'une démarche géographique de conception pour une mise en observation des systèmes énergétiques territoriaux.

Partie 2

Proposition d'une démarche de conception pour une mise en observation des Systèmes Energétiques Territoriaux

« Observation and direct experience alone are not sufficient for understanding. Our experience must be connected with and integrated into our existing knowledge, with similarities confirmed, differences noted and resolved, and links made across domains. This is how we derive a unified world view and build a broader understanding of our environment » Peuquet (2002, 117).

« Il ne s'agit pas de recenser des richesses, mais d'actualiser une méthode d'enrichissement » (Bachelard (2003, 148).

La planification territoriale énergétique se réalise par des décisions prises notamment à partir d'indicateurs fiables et reste ainsi indissociable d'un besoin informationnel satisfait : le défi de connaissance des liens entre territoires et énergie pousse alors au développement de formes d'instrumentation. La multiplicité des acteurs de l'énergie, la recension, la mutualisation et l'intégration de données hétérogènes, la gestion d'aspects sémantiques, tout comme la prise en compte des différents niveaux d'observation et de granularités spatiales et temporelles, forment les défis génériques auxquels ces outils doivent répondre. Les concepts et méthodes mobilisés pour le développement d'observatoires peuvent apporter des réponses pertinentes. Cette seconde partie propose et illustre ainsi une démarche de conception pour la mise en observation des SET *via* des indicateurs territoriaux. Cette démarche se concentre sur une proposition de construction d'un cadre de référence territorial et sémantique déterminant les phénomènes du territoire à considérer pour une planification territoriale énergétique. **Le quatrième chapitre formule en ce sens la proposition d'un tel cadre sous la forme d'une démarche de conception pour une mise en observation des SET.** Cette démarche intègre un volet conceptuel et un volet applicatif. Après avoir présenté les cadrages conceptuels de cette proposition, notamment centrés sur les ontologies de domaines, ce chapitre expose la déclinaison thématique de ces concepts permettant une lecture territoriale de l'énergie dans le contexte spécifique des observatoires territoriaux. Illustrant le volet applicatif de la proposition, l'une des problématiques relatives aux liens territoire-énergie se trouve ensuite concrétisée par la construction d'un indicateur. Cette construction ne peut être générique et s'inscrit par définition dans une problématique que le chapitre cinq vise à contextualiser. **Le cinquième chapitre constitue donc une étape préalable,** en proposant un état de l'art et un cadre d'analyse des consommations territoriales. Après avoir situé les ordres de grandeurs, **les enjeux des thématiques liées aux mobilités quotidiennes et à l'habitat sont ainsi étudiés** d'un point de vue territorial et énergétique. Une typologie des méthodes d'évaluation de ces consommations ainsi qu'une analyse des principaux déterminants sont proposées. Enfin, **le sixième et dernier chapitre formalise les modalités de construction et l'intégration d'un indicateur normatif original.** Ce dernier repose sur un ensemble de propositions méthodologiques simplificatrices et propose une première mesure et qualification de la situation énergétique d'un territoire. Considérant les mobilités quotidiennes et les logements, cet indicateur se présente sous la forme d'une « Étiquette Énergétique Territoriale », qui pourrait à terme, être intégrée dans certains documents d'urbanisme. Concrétisant le volet applicatif la démarche, cet indicateur constitue un test et une illustration des propositions conceptuelles. Son intégration permet ainsi un bouclage de la démarche, tout d'abord par la définition d'un modèle conceptuel d'indicateur, et ensuite par une première instanciation d'une géo-ontologie légère pré-consensuelle de domaine territoire-énergie.

Chapitre 4. Proposition d'une démarche méthodologique pour une mise en observation du SET

Sémantique : qui a rapport à la signification, au sens. Elle représente l'interprétation selon un point de vue ou un contexte singulier. Le sens restant le seul fait de l'interprétation humaine. La sémantique n'est pas universelle, mais relative à un domaine d'application. La sémantique d'une donnée porte ainsi une signification qui la dépasse :

- *Température relevée sur le front d'une personne : 39^o (donnée);*
- *Dans un contexte de diagnostic relatif à l'état de santé d'un humain, il s'agit d'une température anormalement élevée indiquant que cette personne est malade (sens).*

La sémantique d'un domaine est, elle, entendue comme la conceptualisation de ce dernier, c'est-à-dire un modèle abstrait de certains aspects du réel, sous la forme de la définition des propriétés des concepts et relations de ce domaine. En informatique, la sémantique peut être synonyme de formalisme de modélisation conceptuel (ici exclue).

La planification territoriale énergétique nécessite de mutualiser les efforts d'acquisition de données, d'accumulation et de partage de connaissances pour mettre en place une gouvernance territoriale énergétique (RAC, 2013). Cette mutualisation, susceptible de s'appuyer sur des structures particulières que constituent les observatoires, vise notamment la construction d'indicateurs composites mêlant des données contextuelles et énergétiques. Si l'identification des enjeux génériques d'une démarche de mise en observation des Systèmes Énergétiques Territoriaux a été précédemment réalisée, elle implique la définition d'un cadre territorial et sémantique pour une négociation du sens attribué aux données, informations et indicateurs au sein des observatoires. Cette construction nécessite une phase de modélisation des entités et processus en jeu, à différents niveaux d'observation spatio-temporels, c'est-à-dire la proposition d'une conception.

Ce quatrième chapitre est organisé en deux sections : la première définit les derniers concepts nécessaires à la proposition d'une démarche de conception d'un cadre d'analyse pour une mise en observation des SET. La seconde section constitue quant à elle la déclinaison thématique des concepts évoqués. Après avoir présenté la démarche de manière synthétique, le passage du réel à ses représentations est abordé par un aperçu des différents modèles d'appréhension des phénomènes spatio-temporels. Si la proposition avancée s'appuie sur les fondements des démarches de conception utilisées notamment en ingénierie des bases de données, la priorité est ici accordée à l'étape amont de modélisation du réel, notamment au volet conceptuel et sémantique. Pour ce faire, l'outil spécifique de structuration et de partage de données, tout comme d'explicitation de la sémantique que constituent les ontologies de domaines, est mobilisé. Ainsi, un cadre d'analyse territorial pour la construction d'indicateurs est proposé, s'appuyant sur une ontologie légère pré-consensuelle de domaines territoire-énergie.

1. Cadres conceptuels de la démarche

Afin de faciliter une compréhension d'ensemble, une synthèse de la proposition est tout d'abord exposée, elle est suivie des derniers concepts nécessaires à la présentation de la démarche. Il convient en effet de revenir sur les différentes modalités d'appréhension et de construction des phénomènes spatio-temporels et d'inscrire notre proposition dans une démarche classique de conception de base de données tout en l'en différenciant : la démarche se concentre sur l'analyse conceptuelle du réel par l'intérêt porté à un niveau d'abstraction et de structuration de connaissances que constituent les ontologies de domaines. Ces dernières apparaissent en effet pertinentes dans le contexte singulier des observatoires.

1.1. Synthèse de la démarche de conception d'un cadre territorial et sémantique pour la mise en observation du SET

Une conception peut être entendue - soit comme l'action de concevoir, c'est-à-dire de former le concept, l'idée générale ou détaillé d'un objet, - soit comme le résultat de cette action, « se faire ou avoir une représentation d'un objet » (CNRTL, 2012), une manière de voir les choses. Une démarche de conception doit en tout cas proposer un niveau de formalisation, s'appuyant sur un langage normalisé et une démarche méthodologique. Mais la démarche de conception exposée ici ne constitue cependant pas une recette pour la fabrication d'indicateurs, composée d'une succession d'étapes qu'il conviendrait d'effectuer. Il s'agit, dans la phase préalable à l'élaboration de l'observatoire, d'une démarche pour la construction d'un cadre d'analyse territorial et sémantique de référence pour la mise en observation du SET, à savoir de la proposition d'une conception, entendue comme une construction interprétative.

La démarche de conception a commencé dès le premier chapitre de ce travail par une approche générale des liens territoire-énergie, représentée par le Système Energétique Territorial. Tout en se limitant à la phase amont de la définition de l'observatoire, la finalité de la démarche est de s'approcher, dans la manière dont le système d'information est conçu, de la réalité des systèmes énergétique territoriaux. Cet objectif implique la mutualisation de données, notamment pour la définition d'indicateurs. Cette mutualisation est entendue dans son sens le plus large, intégrant le partage de la description détaillée de données contextualisées et donc de la compréhension de leurs significations, autrement dit de leur sémantique. L'enjeu de connaissance assigné aux observatoires repose en effet en partie sur des questions de sémantique, autour du sens attribué aux données et aux indicateurs qui les agrègent. Afin de rendre opérationnelle la mise en observation du SET, il

s'agit de poser les conditions et étapes d'une formalisation s'inscrivant dans la phase amont de définition d'un observatoire. Cette construction nécessite une phase de modélisation des entités et processus en jeu, à différents niveaux d'observation spatio-temporels.

Aperçu préalable - une démarche de conception considérant une approche, un métamodèle, une ontologie et des modèles conceptuels par indicateur

L'objectif visé consiste à développer un cadre d'analyse territoriale et sémantique des liens territoire-énergie, formalisation du Système Energétique Territorial, pour la construction d'indicateurs susceptibles de refléter la complexité de ce dernier au sein d'un observatoire. La transversalité de l'approche impose de caractériser les contextes et sémantiques des entités et processus considérés. Pour ce faire, une démarche de conception est proposée, combinant un volet conceptuel et un volet applicatif. Afin de faciliter la compréhension de la proposition et de mieux percevoir sa finalité, la Figure 4-1 fournit une synthèse de la démarche de conception proposée.

Sans revenir sur l'approche générale présentée en Partie précédente (encadré mauve en partie supérieure gauche), cette figure permet de relier les concepts exposés dans ce chapitre.

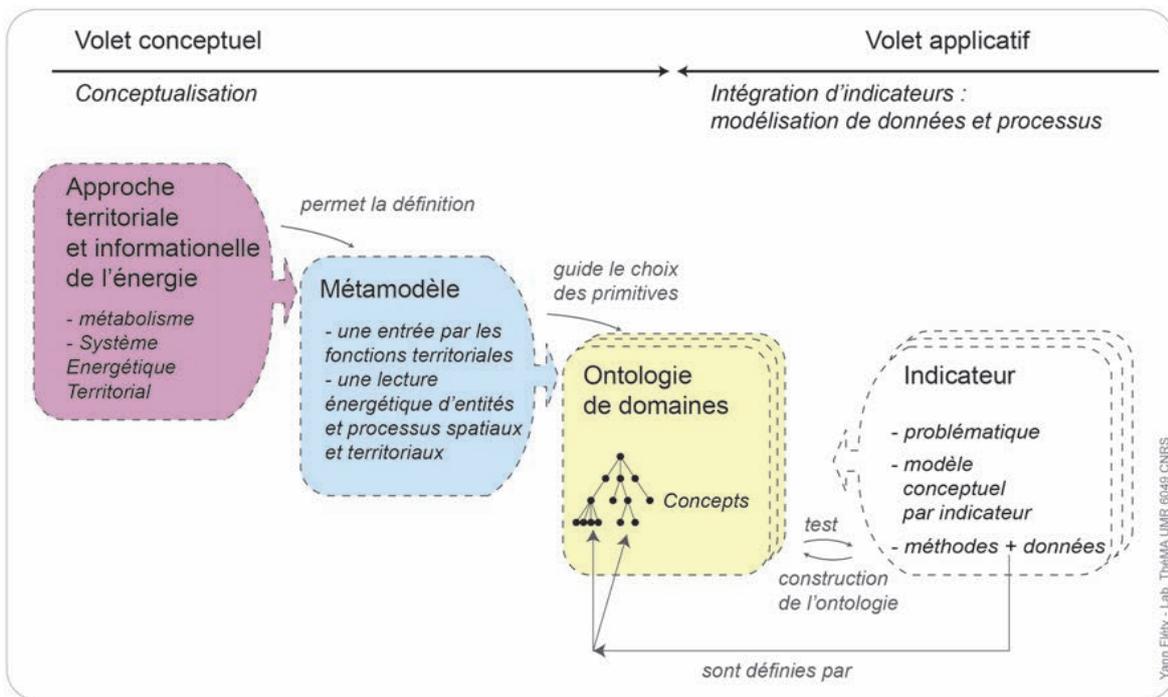


Figure 4-1 : Synthèse de la proposition de démarche pour une mise en observation du SET

Au sein du volet conceptuel, le premier élément s'appuie sur la lecture territoriale de l'énergie proposée par le concept de SET, sous la forme d'un métamodèle¹⁴². Ce dernier est constitué de principes exposés dans la seconde section de ce chapitre. Il expose le choix d'une entrée privilégiant les fonctions territoriales, la considération d'entités et processus, de jeux d'échelles et de granularités spatiales et temporelles multiples, relatifs à l'énergie, au territoire et à l'espace. Le deuxième élément composant cette démarche de conception repose sur une ontologie de domaines dont les primitives sont déterminées par les principes du métamodèle. Cette ontologie constitue simultanément une modélisation, donc une représentation des concepts du SET utilisés, et un référentiel sémantique entendu comme un réseau structuré de concepts thématiques, méthodologiques et spatiaux. Du côté applicatif, un modèle conceptuel définissant à terme chaque indicateur compose enfin le troisième élément de la démarche. Après la formulation d'une problématique initiale, la construction d'un indicateur repose en effet sur un modèle conceptuel singulier : chacune des entités du modèle conceptuel de cet indicateur, associant méthodes et données, est définie sous la forme d'un concept au sein d'une ontologie de domaines¹⁴³. Cet indicateur sera construit avec un double objectif : obtenir un modèle conceptuel spécifique d'une part, et réaliser son intégration d'autre part. Cette intégration, impliquant itérativement des phases de test et de construction, permet de réaliser un premier peuplement d'une ontologie, bouclant ainsi la démarche entre un volet conceptuel et un volet applicatif.

Le processus de modélisation que constitue cette démarche s'intègre aux multiples approches de représentation de connaissances (Ducournau, 1996) et vise la définition des modalités de passage entre le réel perçu en fonction d'objectifs (modélisation conceptuelle du réel) et l'objet informatique implémenté (modélisation de données). La Figure 4-2 généralise sous une forme synthétique l'intégralité de cette modélisation, distinguant ces deux types de modélisation.

Initiée par une problématique et des objectifs, différents niveaux de modélisation se succèdent. Le premier niveau, épistémologique, interroge notre rapport à la réalité et aux modalités d'appréhension des phénomènes du réel. Le deuxième niveau relève de question sémantique. Il consiste en une catégorisation du réel en construits et concepts pour fournir un modèle d'explication d'une portion de réalité. Le troisième niveau traite de la modélisation de données et des objets informatiques autorisant les traitements de données susceptibles de répondre à la problématique.

¹⁴² La notion de métamodèle signifie littéralement modèle de modèle et peut être définie comme la représentation d'un point de vue particulier sur d'autres modèles.

¹⁴³ Si la finalité peut présenter des similitudes, les références aux métadonnées ou aux dictionnaires de données sont ici exclues dans la mesure où il ne s'agit pas directement d'établir les propriétés des données, mais de se situer au niveau des concepts et de leur organisation.

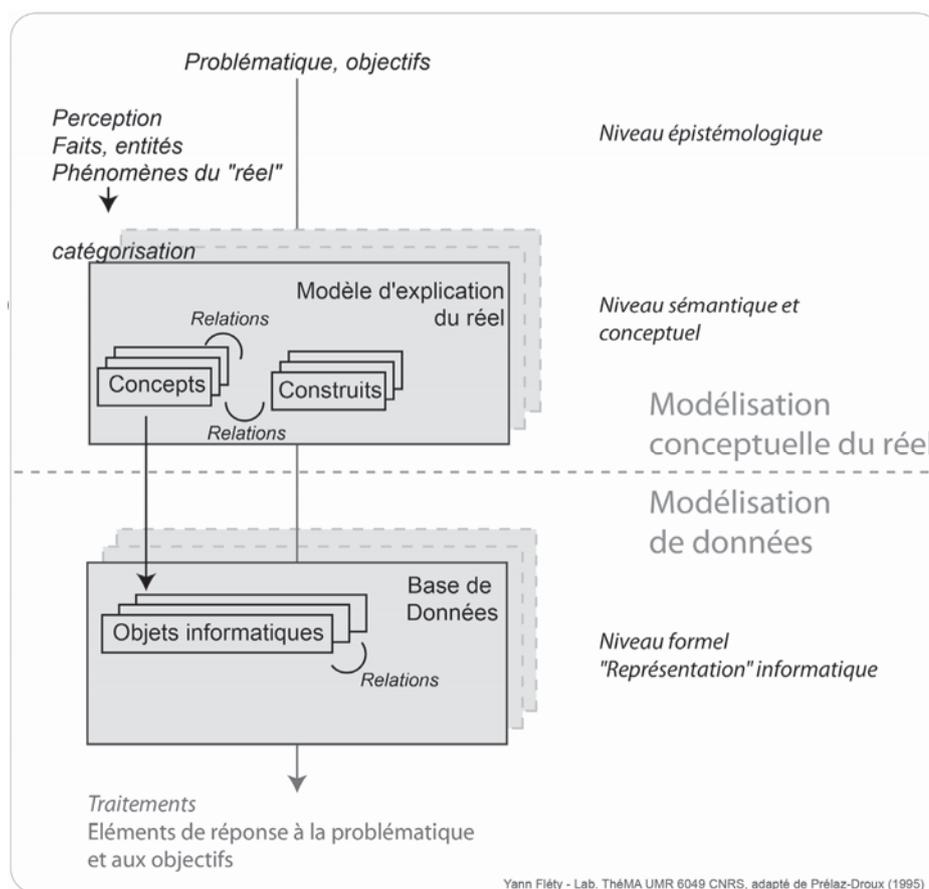


Figure 4-2: Modélisation du territoire pour une mise en observation : de la modélisation conceptuelle du réel à la modélisation de donnée (adapté de Prélaz-Droux, 1995)¹⁴⁴

La démarche de conception proposée ici ne se limite cependant qu'à la phase de modélisation conceptuelle du réel relative aux liens territoire-énergie. Il convient tout de même de la resituer parmi les aspects plus classiques de modélisation de bases de données spatio-temporelles, constituant le cœur des observatoires. Ces aspects ne seront ainsi qu'évoqués.

1.2. Du réel à ses représentations

Les fondements de la proposition s'inscrivent dans la phase amont des démarches classiques de conception de base de données, celle concernant la modélisation conceptuelle du réel. Cette phase de modélisation nécessite de définir les phénomènes, entités et processus à considérer. Il convient alors de revenir sur le passage du réel à ses représentations externes qui constitue l'étape de modélisation conceptuelle du réel.

¹⁴⁴ Les illustrations de ce chapitre peuvent apparaître comme relevant de point de vue, modes de représentations ou horizons différents. Elles sont en ce sens représentatives de l'amoncellement successif des courants et techniques de représentation du réel, depuis l'entité-relation, jusqu'à l'ajout, par touches successives, de dimensions conceptuelle, cognitive, du concept d'ontologie, etc.

1.2.1. De la perception au concept : le défi sémantique

La démarche de conception a été initiée avec l'approche systémique menant au concept de SET. Sa concrétisation sous la forme d'une conception nécessite de définir un ensemble de phénomènes¹⁴⁵ sous la forme d'entités, d'objets et de concepts à considérer collectivement dans l'observatoire. La première question soulevée est alors celle de la définition et des modalités d'appréhension de ces phénomènes. Puisque les formes d'appréhension des phénomènes spatio-temporels conditionnent leur modélisation, un rapide détour épistémologique semble ainsi nécessaire. Que modélise-t-on et comment ? Ces phénomènes sont-ils donnés, construits ?

La fausse évidence du phénomène : de la géographie naïve¹⁴⁶ au constructivisme, du perçu au concept

Debarbieux (2004, 12) considère que si les géographes pensent en termes d'objets, ils le font volontiers de façon implicite sans précision quant à la distinction entre le réel décrit et le système d'objets utilisé pour décrire et interpréter ce réel. Deux croyances complémentaires naissent de ce réalisme naïf : croyance d'une part dans les pouvoirs de la méthode scientifique à dire la vérité, et croyance d'autre part dans l'idée que les objets traités sont des « donnés » qui existent dans l'absolu. Réaliser des indicateurs par le traitement de l'information géographiques relève ainsi d'un exercice particulier : la donnée géographique comporte une composante concrète et immédiate du réel, résultant d'une observation par définition accessible au sens et souvent mesurable.

Intuitivement, il existe une réalité physique, des phénomènes accessibles à tous et des objets génériques comme une forêt, une route ou un bâtiment, susceptibles d'être caractérisés par de la donnée. L'ensemble de ces faits qui se manifestent à nos sens, que constituent les phénomènes, se déroulent ou existent en relation avec l'espace et le temps. En ce sens, Peuquet synthétise les évolutions de notre rapport à la réalité que nous percevons de manière quasi-exclusive sous forme d'objets (Peuquet, 2002, 15-18). Platon, dit-elle, a été le premier à marquer une différence entre la réalité et la compréhension que l'humain en faisait. Descartes aurait ensuite complété cette posture en différenciant connaissance et réalité en distinguant au moins deux ensembles d'entités : celles qui relèvent du matériel, perceptibles par les sens, qu'il dénomme réalité externe, et une réalité interne, cognitive, insistant sur l'importance de la rationalisation. Dans cette continuité, Kant affirme que l'individu ne peut être considéré comme un observateur passif d'une réalité existante,

¹⁴⁵ Dans son sens premier de « toute manifestation qui apparaît ou se manifeste aux sens ou à la conscience ».

¹⁴⁶ La notion est proposée par Engenhofer (1995) qui la définit comme « *the body of knowledge that people have about the surrounding geographic world, [...] the common-sens geographic world* ».

mais qu'il construit et perçoit une réalité singulière : toute connaissance valide proviendrait de la raison.

Les perceptions du réel varient ainsi selon la composante intentionnelle de l'observateur¹⁴⁷ : l'objectif de l'observation et son contexte applicatif (Couclelis, 2010). Le point de vue porté sur une montagne par un urbaniste sera sans aucun doute différent de celui d'un agriculteur ou du maire d'une commune de moyenne montagne. Il en va de même pour l'unité de production de biogaz que constitue le méthaniseur, obstruction paysagère pour les uns, unité de production d'énergie pour les autres. Au-delà d'un accord sur le fait qu'ils font référence à la même montagne ou à la même installation, les éléments de description fournis par chacun risquent d'être très différents, puisqu'ils ne décrivent pas la même conception de la montagne ou du méthaniseur. Ces trois acteurs reconnaîtront pourtant l'existence d'une entité du monde réel¹⁴⁸, montagne ou méthaniseur.

Pour permettre le dialogue entre des points de vu variés, traduits par des données géographiques, une modélisation doit réaliser une abstraction de ces objets en les catégorisant sous la forme de concepts. Une entité n'est en effet que rarement décrite : la description véhiculée porte sur le concept de l'entité (Kavouras, 2009, 19), et toute donnée n'est pas « donnée », mais construite autour de concepts (Terrier, 2011, 103) Pour exprimer et communiquer un concept, une représentation symbolique est choisie, souvent une représentation linguistique et verbale, parfois iconique. Afin de matérialiser ces distinctions, le triangle sémiotique peut ici être mobilisé, autorisant une distinction entre référent, signifiant et signifié selon le vocabulaire¹⁴⁹ de Ogden (1923, in Martin, 1996, 88). Si le référent constitue ce dont on parle et est ce sur quoi porte le processus cognitif, le signifiant est le mot désignant l'objet, il évoque le référent *via* des processus mentaux, notamment de nomination. Le signifié est quant à lui constitué de la représentation interne, l'image mentale, que le sujet a de l'objet en question (Figure 4-3).

¹⁴⁷ Joliveau (2004, 259) s'est confronté à cette question d'ordre générale de l'appréhension du réel qui soulève la question de l'existence d'objet : ne naissent-ils pas que d'une activité, faisant du territoire un agrégat d'approches métiers ? Il cite le point de vue extrême de G.Albert (Joliveau, 2004, 261) qui affirme qu'il n'existe pas d'objet « théorique », à savoir de concept, mais uniquement des objets « produits » pour un besoin dans un cadre donné : ce n'est que parce que la propriété a besoin de se matérialiser et/ou qu'il existe un service du cadastre que l'objet parcelle existe.

¹⁴⁸ Nous employons ce terme vague, différent d'un objet, lui entendu comme une entité perçue issue d'un processus conscient d'objectivation pour structurer une configuration de la réalité, se différenciant d'un concept qui est une abstraction structurée d'objets caractérisés par le partage de propriétés et d'une identité commune identifiée par catégorisation. Si les concepts sont des régularités perçues dans les objets, l'analogie entre concept-atome et objets-molécules est envisageable (Novak, 2009, 5).

¹⁴⁹ Ces vocabulaires sont variés et sont proposés sur la Figure 4-3.

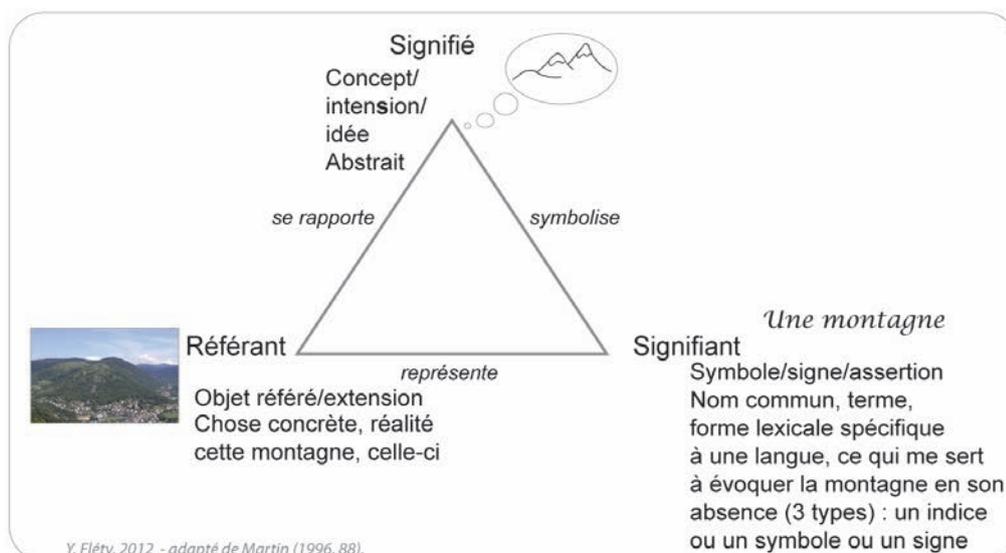


Figure 4-3 : Le triangle sémiotique¹⁵⁰ (adapté de Martin, 1996, 88)

Ainsi, pour le même signifié (synonymie) on peut avoir des signifiants différents (colline, digesteur dans l'exemple de la montagne et du méthaniseur), ou des signifiés différents pour le même signifiant (homonymie). Enfin, pour le même référént, des couples signifiant-signifié différents peuvent exister (dans le cas évoqué de la montagne et du méthaniseur). Cette distinction autorise le passage du particulier au général, à la catégorisation nécessaire à toute modélisation, en privilégiant la dimension sémantique des objets considérés. La sémantique étudie le sens, les concepts, c'est-à-dire les signifiés, qui contiennent les propriétés qui caractérisent ces concepts. La sémantique d'une donnée « *is a form of agreement among agent on conceptualization of the real world while interacting with an application domain, and hence is the basis for an interpreting agent to derive the meaning of the data* » (Cai, 2007, 5). Si la donnée est indissociable de son concept, sa sémantique lui est donc liée. La phase de modélisation conceptuelle du réel, entendue comme catégorisation, nécessite de recourir aux concepts par définition génériques. C'est bien la structuration relative de ces concepts et ainsi l'identification de leurs relations qui faciliteraient l'expression sémantique de la donnée qu'ils généralisent.

Au terme de ces quelques lignes, la difficulté inhérente à toute modélisation apparaît, mais elle revêt un sens particulier dans le contexte des observatoires au sein duquel la diversité des points de vu et acteurs est grande. Nous rejetons tout d'abord la vision d'un ordre naturel issu d'objets évidents et « donnés » dont la formalisation n'existe pas, inscrits dans une géographie naïve. Nous adoptons ensuite une position médiane entre deux visions extrêmes, celle considérant l'existence d'universaux et d'objets génériques et, à l'opposé, un ordre qui ne dépendrait que de son

¹⁵⁰ Si la sémantique peut être définie comme la « science » des significations, la sémiotique constitue celle des signes, à ce titre, la sémantique est un moment de la sémiotique.

observateur et de ses intentions et objectifs, donnant naissance à une infinité d'ordres contextuels et de réalités singulières. Cette position est soutenable si chaque donnée est reliée à son concept qui se veut générique et défini, et que ce concept se voit caractérisé par un ensemble de propriétés traduisant l'intention de son observateur.

Ce bref détour sur la question très générale des niveaux d'abstraction mis en œuvre pour une appréhension des phénomènes du réel constitue une étape préalable à la modélisation de donnée, suite logique de la modélisation conceptuelle du réel.

1.2.2. Des fondements inscrits dans une démarche classique de conception de base de données

Le volet technique des observatoires repose sur un système d'information lui-même composé d'applications de bases de données. La démarche proposée constitue l'étape de modélisation conceptuelle du réel qu'il convient de resituer par rapport à l'approche courante de conception de base de données qu'elle précède.

Approches courantes de conception de bases de données

En ingénierie des bases de données, les démarches de conception ont atteint leur maturité (Balley, 2007, 23 ; Nanci, 2001). Il en est de même pour les méthodes de conception appliquées à la géomatique (Pinet, 2003) et plus particulièrement pour les types de structures de bases de données spatio-temporelles (Gayte, 1997 ; Nadi, 2005). Dans une approche classique utilisée en modélisation de base de données, le concepteur est censé capturer une partie du monde réel sous la forme d'un modèle conceptuel de données, en fonction d'une problématique et d'objectifs définis pour l'exploitation de la base. Les méthodologies de conception de bases de données reposent ainsi théoriquement sur trois phases essentielles (Akoka, 2001) (Figure 4-4).

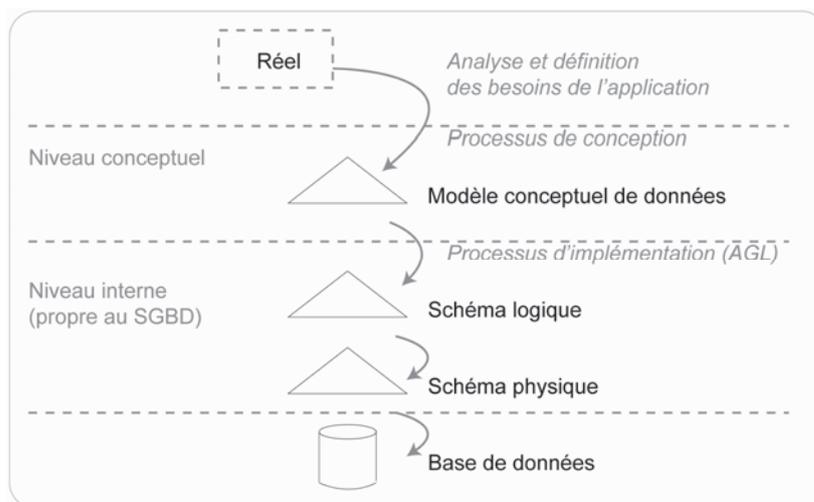


Figure 4-4 : Etapes théoriques dans le cadre spécifique de la conception de bases de données¹⁵¹ (Akoka, 2001)

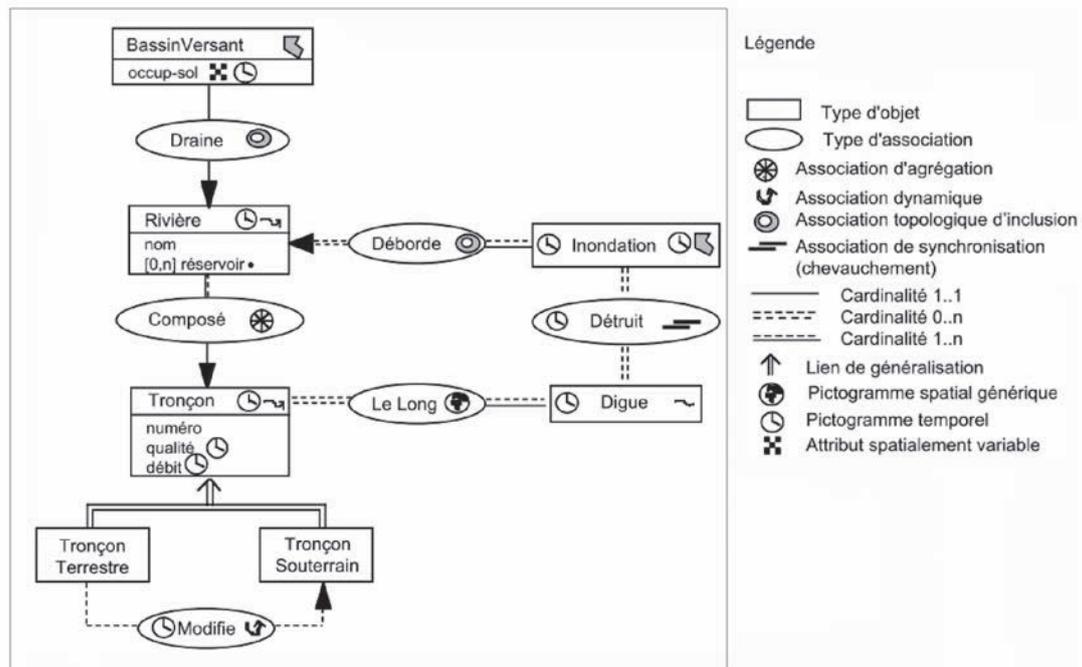
Après la phase d'analyse et de définition des besoins, la première phase de conception consiste à répertorier les concepts et les relations entre ces concepts, répondant à la problématique de l'application, et sur lesquels sera construite la base de données. Il en résulte un modèle conceptuel de données (MCD) (Encart 4-1) sous la forme d'un ensemble de diagrammes recourant à différents formalismes tels Entité-association, UML, etc. (Gesbert, 2005).

¹⁵¹ SGBD : Système de gestion de base de données ; AGL : Atelier Génie Logiciel. L'adjectif conceptuel, dans le cadre de la modélisation de base de données signifie « indépendant des solutions informatiques ».

Les modèles ou schémas conceptuels de données (MCD)

Le MCD est une représentation graphique et formalisée des entités impliquées dans les tâches à réaliser par le système d'information en construction. Il peut être défini comme une représentation des objets du monde réel par des descriptions de données et non pas par des valeurs de données. Il constitue donc plus particulièrement la description de la structure des données d'un système d'information par une représentation (utilisant un formalisme). Si les MCD constituent l'ensemble des méthodes et moyens qui permettent de décrire une base de données (Prelaz-Droux, 1995, 39), ils sont à différencier de la phase d'analyse conceptuelle du réel. La situation des modèles de données, notamment celle du modèle conceptuel de données semble en effet couramment mal perçue : on considère souvent qu'ils font partie de la phase d'analyse conceptuelle de part sa dénomination, alors qu'ils constituent une étape fondamentale de la phase d'implémentation de la base de données. L'adjectif conceptuel dans le cadre des modèles de données signifie « indépendant des solutions informatiques ».

Cette recherche d'un niveau intermédiaire entre le réel perçu en fonction d'objectifs et l'objet informatique implémenté peut être accompagnée par des méthodes de formalisation. Si la conception d'un MCD repose plus ou moins explicitement sur la théorie hiérarchique considérant des agrégats (Sheppard, 2008, 10&70), elle s'appuie sur des méthodes de catégorisation générique telle la taxonomie ou la paronomie (Bera, 2004, 19) et sur l'approche orientée objet (Ducourmeaux, 1996), puis à un autre niveau, sur des formalismes et outils graphiques de représentation dont Arab (2005), Fonseca (2003, 358), Bucher (2002, 106), Arnaud (2009, 345), (Gayte, 1997), Pirot (2005) ou Pinet (2012) proposent un état de l'art. Ces différents formalismes et/ou méthodes sont largement détaillés : HBDS (Saint-Gerand in Guermont, 2005, 271), MADS (Parent, 1999), UML (Priou, 2004 ; Pelle, 2001), etc). La construction incrémentielle de ces MCD insiste cependant souvent davantage sur les aspects de conception que sur l'analyse et la modélisation amont. L'aval de la démarche de conception (types de modèles (principalement relationnel, algèbre relationnel, normalisation, règle de passage entre modèles conceptuels, langage de requête etc.) constitue en effet pour les informaticiens le centre des préoccupations.



Exemple-extrait de schéma conceptuel MADS pour une application de gestion des eaux (Parent, 1999, 4).

Encart 4-1 : Les modèles ou schémas conceptuel de données (MCD)

La deuxième phase de conception, dite logique, vise la traduction de ce modèle conceptuel de données en un modèle logique selon un ensemble de règles, pour correspondre aux objectifs fixés et au système de gestion de base de données (SGBD) cible (relationnelles, objet). La troisième et dernière phase théorique est dite physique ; elle implémente le modèle logique mais est aujourd'hui transparente puisque réalisée par le logiciel de développement¹⁵².

Ces étapes théoriques, présentent cependant plusieurs limites (Dehainsala, 2007). La première, et sans doute la plus importante, est la relative absence de maîtrise du domaine du discours par le concepteur de la base. La première phase de conception vise en effet à identifier les seuls concepts et relations pertinentes nécessaires pour l'application informatisée au sein d'un modèle conceptuel de données. Relevant d'aspects thématiques et cognitifs spécialisés, tout comme de connaissances expertes, elle est réalisée par le biais d'analyses documentaires ou par des interviews, et reste donc la plupart du temps non formalisée. Si le modèle conceptuel de données dépend étroitement de l'objectif applicatif, il contient exclusivement ce qui apparaît comme pertinent aux concepteurs de représenter. Il en va des modèles conceptuels de données comme de toute modélisation, les modèles résultants de deux concepteurs seront différents. Cette évidence soulève cependant la question d'une part, du sens accordé aux objets modélisés, et d'autre part, celle de l'adéquation entre les représentations des utilisateurs et les abstractions capturées par ce modèle conceptuel de données. Il s'agit à nouveau de considérer des enjeux d'ordre sémantique.

Le défi du partage sémantique de la mutualisation de données et de connaissances

Si de nombreuses bases de données existent pour des applications particulières, leurs contenus, leurs tailles ou leurs domaines d'intérêt peuvent pousser à leur réutilisation dans un autre contexte. L'enjeu réside alors dans leur intégration (Sais, 2007), en les rendant « compatibles ». Cette interopérabilité relève alors autant d'aspects syntaxiques (techniques), que sémantiques (sens et contexte) (Barde, 2005, 17). Plus que l'interopérabilité, l'objectif vise aussi l'explicitation et la structuration de la sémantique par l'identification des concepts et de leurs relations au sein de ces bases de données, et plus précisément au sein de leur MCD (Yahia, 2011, Ch.2). Dans la continuité de cet appariement de MCD, l'appariement de données, c'est-à-dire « *la recherche de correspondances entre objets représentant le même phénomène du monde réel de deux bases* », nécessite également une clarification sémantique (Abadie, 2010). Ces aspects techniques relevant de l'ingénierie, semblent de plus en plus intéressants dans le cadre des observatoires puisque ces

¹⁵² Atelier Génie Logiciel (outil CASE) permettant notamment d transformer un MCD en MLD *via* des scripts.

derniers sont amenés à faire coopérer des systèmes initialement mono-thématiques (observatoire des transports, agricoles, etc.), notamment pour des « thématiques » transversales comme l'énergie.

De façon connexe, entre l'entité du monde réel, la représentation de l'objet qui en est faite *via* des données et le concept qui les généralisent, les observatoires peuvent être considérés comme des outils d'interprétation du réel dans lesquels se négocient le sens de la donnée et des indicateurs qui les synthétisent. Ainsi, dans notre tentative de mise en observation des SET, la proposition d'un cadre susceptible de décrire et organiser les phénomènes liant énergie et territoire nécessite la définition d'une approche commune obligeant à exprimer de façon explicite la sémantique des concepts utilisés. Chaque activité humaine développe en effet une langue de spécialité sous la forme d'une terminologie et d'une conceptualisation singulière (approche métier).

Ainsi, d'un objectif de connaissance à partir de l'information géographique, et face au constat de l'hétérogénéité des points de vu, concepts, etc., le choix des objets qui vont permettre d'informer (littéralement donner forme), la maîtrise de la description d'informations variées et distribuées chez des acteurs, l'hétérogénéité sémantique des modèles et des données lorsque les vocabulaires et référentiels diffèrent (Sais, 2007), l'élaboration et partage d'un langage commun, les aspects relevant de l'ingénierie des bases de données : réutilisation, interopérabilité et appariement, etc, sont autant de facteurs qui s'additionnent, générant ainsi un défi autour du partage sémantique (Figure 4-5).

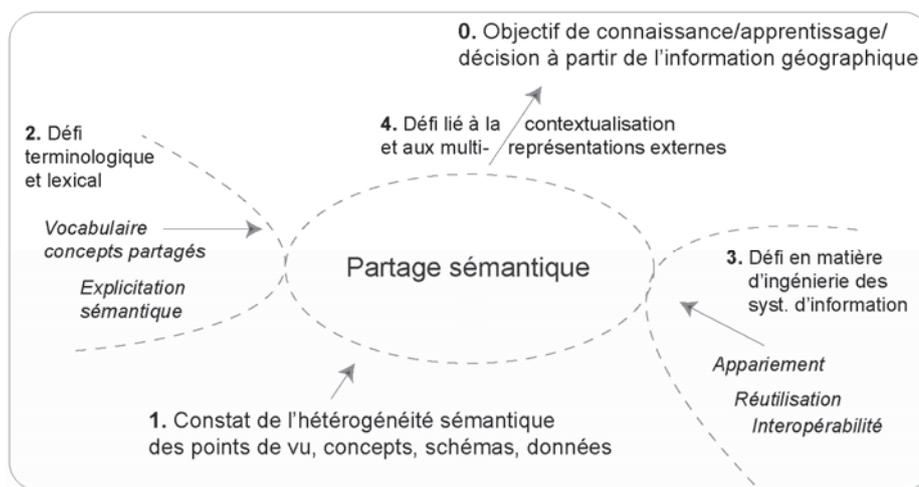


Figure 4-5 : Le défi sémantique (adapté de Rifaieh, 2004, 4)

Après avoir avancé la nécessité de structurer l'information géographique, les défis semblent se concentrer sur des aspects d'ordre sémantique : pour proposer un cadre autorisant une formalisation du concept de SET, il faut une méthode et des outils susceptibles de réaliser un pont sémantique entre le réel et la donnée, autorisant cet effort d'interprétation des liens énergie territoire.

1.3. Les ontologies : mise en perspective pour l'observation

Le défi sémantique présenté précédemment, la multitude des contextes et profils des acteurs dans la planification territoriale énergétique, utilisant un vocabulaire spécifique et différents types d'informations, mènent à une forte hétérogénéité d'intérêts, de raisonnement et de demandes. Il devient alors nécessaire de recourir à des outils reconnus pour leurs apports en termes de cohérence et d'explicitation de sémantiques, pour un partage de données contextualisées, c'est-à-dire d'information. Les ontologies de domaines présentent en ce sens des caractéristiques intéressantes. Cette section commence par en exposer les éléments fondamentaux, pour ensuite considérer le cas particulier des géo-ontologies et leurs liens avec les systèmes d'informations tels qu'ils peuvent être mobilisés dans le contexte des observatoires.

1.3.1. *Éléments de définitions*

La pluralité des acceptions du terme «ontologie» nous amène dans un premier temps à en restituer de façon synthétique la diversité, en précisant pour chaque éléments les spécificités que nous en retenons dans le cadre d'une application territoriale, et par la même, en fournir une définition pour une utilisation dans le contexte d'une mise en observation des SET.

Ontologies : généralités

Le degré de polysémie du terme ontologie est tel qu'il devient incontournable de fournir une multitude d'éléments de définition pour en limiter la portée. Si le terme « ontologie » trouve ses origines¹⁵³ dans le champ disciplinaire de la philosophie et constitue une branche de la métaphysique qui questionne « l'être en tant qu'être »¹⁵⁴, nous le considérerons ici dans une acception relevant du champ des sciences de la connaissance et de l'information, ainsi que sous l'angle de sa signification informatique (Fonseca, 2007 ; Smith, 2001). Même si nous ne pouvons pas parler d'un usage particulier, mais plutôt de caractéristiques liées à cet usage, nous nous intéressons plus particulièrement aux ontologies à des fins de modélisation de connaissance. La première définition, la plus fréquemment citée pour définir le terme ontologie, est apparue à l'occasion du projet ARPA Knowledge Sharing Effort (1991) comme étant « *an explicit*

¹⁵³ Une synthèse du terme ontologie utilisé en philosophie et science de l'information est proposée par Smith (2001). Pour différencier ces deux contextes d'utilisation, il est communément admis d'utiliser respectivement « Ontologie » (maj.) pour la discipline philosophique, et « ontologies » pour l'artefact informatique, autant que faire se peut.

¹⁵⁴ Traite de la nature et de l'organisation de la réalité et s'intéresse aux principes de la pensée qui vont permettre de mener l'étude de « ce qui est ».

specification of a conceptualisation »¹⁵⁵ (Gruber, 1993). Le terme de conceptualisation situe les ontologies sur le versant sémantique et rend compte des concepts : une « *conceptualisation* » est une abstraction résultant de choix, une vue simplifiée de la réalité représentée pour un objectif. L'expression « *spécification explicite* » consiste quant à elle à donner une forme concrète à cette conceptualisation *via* un langage de représentation. Dans une perspective similaire, Welty (1999, in Smith, 2001) définit une ontologie comme « *une formalisation, à un certain niveau de complexité, d'informations structurées* » ; ce niveau de formalisation autorise des différenciations proposées en Figure 4-6.

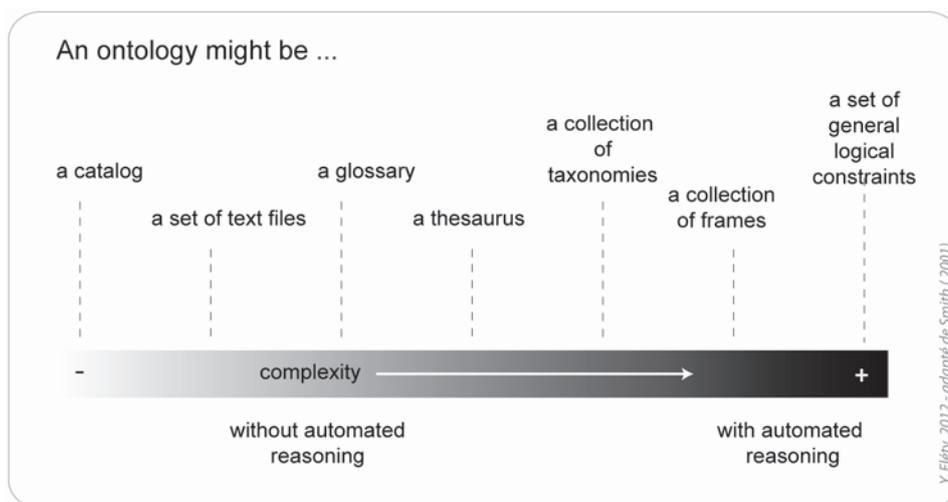


Figure 4-6 : Spectre du degré de formalisation d'une ontologie (Smith, 2001)

La définition d'un vocabulaire contrôlé vise en effet la classification de l'information par le biais de termes spécialisés pour un contexte et un groupe d'utilisateurs donnés. Ce vocabulaire peut être constitué par une liste de mots dont la signification est le plus souvent arrêtée, tels les lexiques ou glossaires. Une taxonomie propose quant à elle un vocabulaire contrôlé et organisé hiérarchiquement par des liens simples de spécialisation en catégories et sous-catégories. Son illustration la plus classique est de type systématique en zoologie pour la classification du règne animal en embranchements, familles, genres, espèces, etc. Enfin, le thesaurus constitue une taxonomie, mais il ajoute également des termes connexes et relatifs, en proposant des élargissements au sein du champ de connaissance considéré. Ces différentes catégories de vocabulaire contrôlé peuvent être considérées comme des ontologies non formalisées. Les

¹⁵⁵ De chaque « notion en vogue » naissent des détracteurs dont les apports apparaissent nécessaires. Ainsi, si Winter (2001) laisse percevoir un questionnement très subjectif dans son article « *Ontology : buzzword or paradigm shift in G.I. sciences ?* », Maffezzini (2006) nuance l'intérêt du recours aux ontologies en génie logiciel et Garinet (2011) se montre quant à lui ouvertement critique et affirme que « *ce précieux mot relève d'un jargon informatico-conceptualo-technique, [...]. Si Gruber avait dit ' an ontology is a conceptualisation of a specification ', ça aurait été pareil [...]* ».

catégorisation et hiérarchisation identifient des liens entre les concepts, liens qui ont un sens et révèlent une dépendance qualifiée. En plus d'un vocabulaire contrôlé sous la forme de concepts clairement définis, une ontologie formalise explicitement les relations entre ces derniers (équivalence, hiérarchie, composition, association, homonymie, synonymie...) (Prévoist, 2005). L'illustration d'une version simplifiée d'une ontologie peut, par exemple, être constituée par une hiérarchie de termes reliés par des relations hiérarchiques, essentiellement de taxonomie¹⁵⁶ et de partonomie¹⁵⁷ (Figure 4-7)

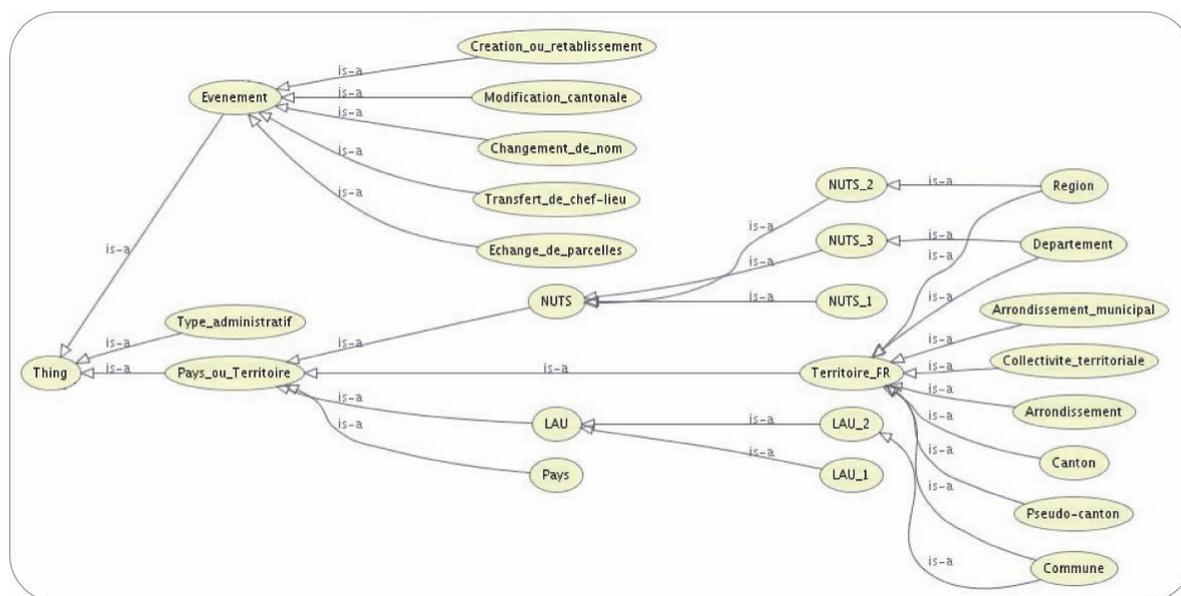


Figure 4-7 : Fragment illustratif d'ontologie de l'INSEE « territoires administratifs français »¹⁵⁸

Par l'explicitation des concepts et de leurs relations, une ontologie ne se résume donc pas uniquement en un catalogue du monde ou une liste d'objets (Espinasse, 2010), Tricot (2006) parle en ce sens de cartographie sémantique.

En délaissant les acceptions philosophiques, le terme d'ontologie embrasse un spectre allant d'une conception minimaliste quasi-synonyme de dictionnaire de données, à une autre où le terme renvoie à une formalisation dans laquelle les définitions sont formelles et validées, et liées par des relations décrites par un langage mathématique.

¹⁵⁶ Relation de subsomption/hyperonymie de type « est un » impliquant un lien de généralisation/spécialisation, (cf. § suivant « méthodologie de construction »).

¹⁵⁷ Relation de composition/méronymie de type « est composé de » indiquant un lien Tout/partie (cf. § suivant « méthodologie de construction »).

¹⁵⁸ Un échantillon des différentes acceptions de ce que peut recouvrir le terme d'ontologie est illustré par la diversité des Figure 4-7 à 4-12. Concernant cette Figure 4-7, la définition de chacun des concepts mentionné n'apparaît pas ici mais est cependant réalisée (Source : <http://rdf.insee.fr/geo/ontologie-geo-2006.rdf>).

Ontologies : niveaux d'abstraction et de formalisation

Deux principaux éléments caractérisent une ontologie et sont susceptibles d'être utilisés comme critères pour une typologie des ontologies : le niveau d'abstraction et le formalisme.

Tout comme les perceptions du monde peuvent se situer à des niveaux d'abstraction variés, Guarino (1998) distingue trois niveaux d'abstraction et d'application pour les ontologies en fonction de leur objectif et degrés de spécificité. Tout d'abord, les ontologies génériques, de haut niveau, contiennent des conceptualisations valables dans différents domaines et définissent des concepts très généraux tels « le temps », « l'espace », « un processus », etc. Ces catégories dépendent de réflexions philosophiques et ne s'instancient pas : elles se spécialisent en concepts dans les ontologies de domaines. Nous mentionnerons ici à titre d'exemple les travaux de Gangemi (2002) autour du projet (DOLCE¹⁵⁹ ou SUMO¹⁶⁰). Les ontologies de domaines ensuite, s'attachent à décrire le vocabulaire relatif à un domaine d'intérêt, une thématique, mais elles restent néanmoins génériques pour ce domaine. Les travaux du projet Towntology¹⁶¹ autour d'une ontologie de l'urbanisme (Teller, 2007), et notamment ceux relatifs au développement d'une triple ontologie - mobilité, renouvellement urbain et réseau routier - (Berdier, 2007 ; 2011), ou l'ontologie réalisée par l'INSEE¹⁶² dédiée aux modifications et constructions de territoires, peuvent être cités à titre d'exemple (Figure 4-7). Enfin, les ontologies d'application ou de tâches (par exemple : le diagnostic), sont composées de concepts très spécifiques correspondant aux rôles joués par les concepts dérivés de tous les types d'ontologies précédents, en les spécialisant à un lieu, un métier ou un contexte singulier. Ces ontologies émanent de groupes particuliers travaillant sur une application opérationnelle spécifique. Chaput (2004) réalise ainsi une structure portant sur un corpus de documents pour une formation à distance et en ligne relative aux statistiques. Ces différents types théoriques d'ontologies, caractérisés par leurs auteurs, s'inscrivent dans les faits dans un continuum et ne sont ainsi pas indépendants : l'ontologie d'application ou de tâche doit pouvoir être rattachée à une ontologie de domaine, elle-même intégrable à une ontologie de haut niveau. Les ontologies de domaines, qui nous intéressent plus particulièrement ici, définissent à la fois une manière de penser un domaine et le vocabulaire permettant la compréhension et l'appropriation de son champ thématique sous la forme de concepts et de relations explicites entre ces concepts. Une distinction peut toutefois être réalisée concernant l'objet précis que l'ontologie de domaine vise à conceptualiser : s'agit-il de conceptualiser les termes qui décrivent le domaine ou s'agit-il plutôt de conceptualiser les objets du domaine (Cullot, 2003 ; Pierra, 2005) ? Dans le

¹⁵⁹ « Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering ».

¹⁶⁰ Suggested Upper Merged Ontology : www.ontologyportal.org/.

¹⁶¹ Développement d'une ontologie de domaine urbain, COSTC21 <http://www.towntology.net>.

¹⁶² <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=xml/xml.htm>.

premier cas, l'objectif de l'ontologie est la représentation de la seule signification des termes utilisés pour ce domaine, ces ontologies sont qualifiées de linguistiques (de type taxonomie). Dans le second cas, la finalité vise la représentation de catégories d'objets (concepts) et des propriétés (aussi appelées prédicats) des objets du domaine. Ces ontologies sont qualifiées de conceptuelles ou descriptives (Chapitre 4.1.3.2.).

Une typologie d'ontologie pourrait ensuite reposer sur le niveau de formalisation et donc le langage utilisé. Si une ontologie est une spécification explicite d'une conceptualisation, elle est codée dans un langage qui lui fera prendre différentes formes selon les objectifs assignés : la forme simple d'un réseau sémantique ou celle plus formalisée d'une théorie logique, s'appuyant sur la logique de description entendue comme langage formel de description de connaissance qui autorise la mise en œuvre d'inférences (Cullot, 2003). La distinction peut ainsi être réalisée entre des ontologies informelles, semi-formelles (aussi dénommées légères) et formelles (aussi appelées opérationnelles ou lourdes) (Guarrino, 1998 ; Sowa, 1999), différenciées selon l'utilisation ciblée : homme-homme, homme-machine ou machine-machine. Si les premières sont spécifiées en langage naturel, dans le dernier cas, l'ontologie est spécifiée dans un langage de programmation exécutable avec par exemple, les langages OWL (OWL, 2004) ou RDF¹⁶³. Elles sont alors composées d'axiomes (définitions) et d'inférences (par le biais d'une base de connaissance fournissant des règles de contraintes autorisant des raisonnements logiques automatisés) (Noy, 1997). Le niveau intermédiaire, composé d'ontologies dites légères ou semi-formelles (Spaccapietra, 2004 ou Hernandez, 2005, 163), présente des ontologies spécifiées dans des langages structurés tel UML¹⁶⁴ (Pinet, 2009) ou OWL sans axiome ni inférence. Uschold (1995) souligne l'intérêt de ces représentations intermédiaires, plus structurées que des descriptions en langage naturel, mais moins formalisées que des langages en logique de description ou logique du premier ordre, notamment pour la communication entre non-techniciens et spécialistes du domaine, ce qui se révèle particulièrement intéressant dans le cadre d'un observatoire.

¹⁶³ respectivement <http://www.w3.org/TR/owl-features/> et <http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/> (7/10/12).

¹⁶⁴ UML (OMG-UML, 2012 est le langage normalisé de modélisation orienté objet le plus répandu. Le vocabulaire utilisé pour ce langage ne doit pas être confondu avec celui décrivant une ontologie. Le paradigme orienté objet (OO) consiste en une définition d'objets, de leurs attributs et de leurs relations. Dans cette approche, les individus (entités du réel) en constituent les objets de base, et les classes, des ensembles, collections, ou types d'objets. Les objets et classes sont caractérisés par des attributs à savoirs des propriétés, fonctionnalités, caractéristiques ou paramètres qu'ils possèdent et partagent. Ces objet et classes possèdent des attributs dont la dynamique est encapsulée dans la méthode. Des relations telles l'association, la généralisation, la composition ou l'héritage sont prédéfinies dans la sémantique du langage et lient les objets et classes (Héon, 2010, 41). Conçu pour la modélisation en génie logiciel, UML peut également être utilisé pour la représentation de connaissance. Les langages utilisés pour la définition d'ontologie font appel à une approche orientée objet en en changeant quelque peu le vocabulaire et limitant les types de relations. Ainsi, si une ontologie représente des concepts, ces derniers sont des types d'objets (classe en OO). Ces objets ou instances (termes interchangeable) représentent une entité particulière de la réalité (par exemple un bâtiment d'habitation individuelle particulier), il s'agit de l'occurrence d'une certaine classe en orienté objet.

Des méthodologies de construction ? Expériences et tâtonnements.

En terme de démarche méthodologique de construction d'ontologie, la littérature fait l'objet de productions dédiées soit à la présentation de différentes méthodologies (Keita, 2007, 53 ; Fernandez-Lopez, 1999 ; Roussey, 2011, 6), soit à la présentation d'une méthodologie de construction déroulée pas à pas (Graca, 2005 ; Poli, 2002 ; Uschold, 1995 ; Batista, 2006). Au vu de l'hétérogénéité des acceptions du terme ontologie, une des premières étapes de construction communément admise vise une définition partagée du terme même d'ontologie et des notions utilisées pour cette définition. Ainsi, Smith (2004) ou Gandon (2002) proposent une clarification des notions de 'concepts' et de 'termes' comme première étape de construction: "*A concept is a notion usually expressed by a term or more generally a sign, representing a group of objects or beings sharing characteristics that enable us to recognise them as forming and belonging to this group*". Un concept, ou classe d'une ontologie, est une catégorie qui constitue un ensemble abstrait et structuré d'objets, caractérisés par le partage de propriétés et d'une identité commune, identifié par un terme et des attributs. Le lien entre concept et terme est ambigu (Bachimont, 2000), puisque comme mentionné précédemment, un terme peut exprimer des notions différentes en fonction du contexte, et un concept peut être caractérisé par plusieurs termes dans des contextes différents.

Après la nécessaire constitution de ces définitions, différentes approches méthodologiques sont proposées pour la construction d'une ontologie et l'identification des concepts. Ces démarches s'intègrent dans un continuum entre une approche ascendante procédant par généralisation à partir des concepts les plus concrets (spécifiques) vers les plus abstraits, et à son opposé, une approche descendante ayant pour point de départ des concepts qui se réclament comme génériques pour aller vers de plus concrets¹⁶⁵ (Keita, 2007, 58 Gandon, 2002 ; Martin, 1996, 28). Ces instances spécifiques ou concepts génériques sont issus de matériels différents, impliquant deux sources principales : si la première repose sur l'utilisation de ressources textuelles (dictionnaires, glossaires, textes) et éventuellement la fouille de texte (Harrati, 2009), une seconde réinvestit des ontologies déjà constituée. Chacune de ces approches est associée à une méthodologie spécifique, par exemple la méthodologie Terminae (Chrisment, 2006) dans le cas de l'approche à partir de ressources textuelles ou Methontology (Gomez-Perez, 1999) qui considère la délicate réutilisation d'ontologies existantes. De nombreux auteurs (Martin, 1996, 44 ; Bachimont, 2006) insistent cependant sur la difficulté de réutilisation d'ontologies existantes. Le recours motivé à une ontologie définit en effet les questions soulevées auxquelles l'ontologie doit répondre, impliquant séparément des concepts réutilisables, et des relations spécifiques découlant du cadre d'étude. Ainsi, bien qu'une ontologie devrait par définition être réutilisable, elle est toujours liée à un

¹⁶⁵ La pertinence de ces distinctions est cependant relativisée par ces auteurs, parmi lesquels certains avouent recourir au tâtonnement et à l'expérience comme méthode optimale.

sécenario de base, un contexte ou à des situations particulières¹⁶⁶. Une ontologie de domaine ou d'application ne devrait ainsi pas être dissociée de son cadre d'étude. On trouve en ce sens, bon nombre d'ontologies manipulant des concepts identiques, mais correspondant à des scénarios de base différents qu'illustrent d'une part les définitions des concepts utilisés et d'autre par leurs différentes relations.

De manière générale et schématiquement, deux étapes peuvent tout de même être distinguées pour la construction d'une ontologie : tout d'abord l'acquisition et la modélisation (identification des concepts-catégorisation-hiérarchisation¹⁶⁷ des connaissances qui consistent à construire une spécification structurée en langage naturel de cette ontologie, et ensuite la représentation des connaissances qui vise à coder l'ontologie obtenue à l'aide d'un formalisme particulier. Ces deux étapes peuvent elles-mêmes être subdivisées (Figure 4-8).

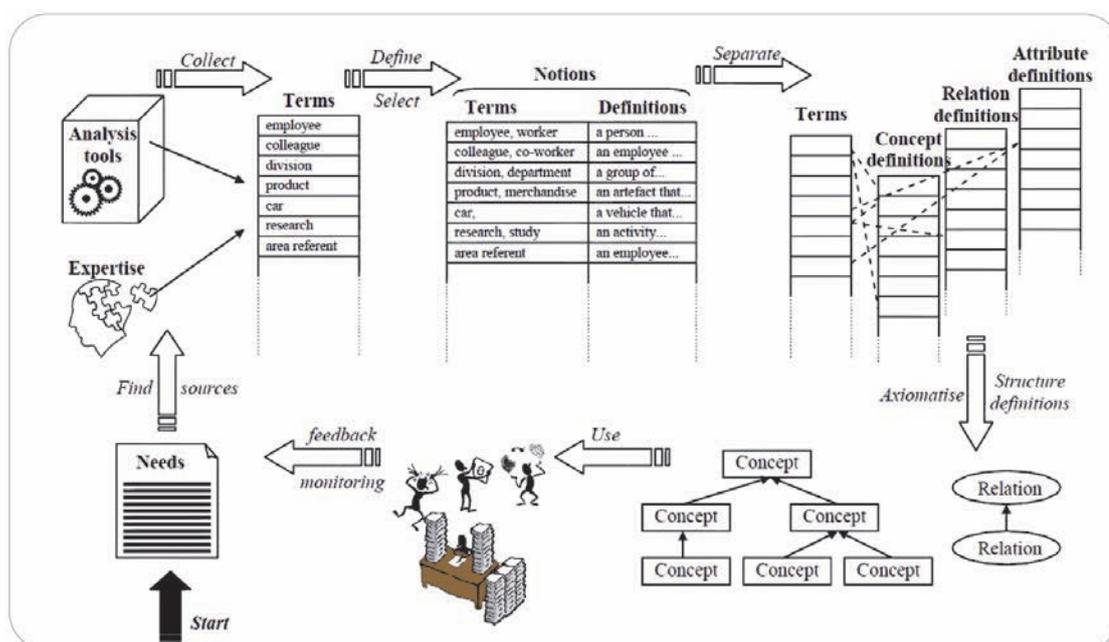


Figure 4-8 : Ontologie, cycle de développement (Gandon 2002)

L'expérience ainsi qu'une démarche incrémentielle semblent cependant constituer les éléments de base d'une méthodologie de conception d'ontologie qui reste malgré tout peu formalisée. Après l'identification des concepts, l'étape de catégorisation-hiérarchisation apparaît la plus délicate. La contrainte des points de vue multiples impose de différencier les critères à mettre en œuvre pour extraire les catégories, et par là même les concepts d'un domaine : en fonction des objectifs et niveaux d'observation considérés, l'ontologie s'en trouvera modifiée. Deux principaux types de catégorisation que sont la taxonomie et la partonomie peuvent être identifiés (Figure 4-9).

¹⁶⁶ Ce qui soulève la question de l'universalité des concepts et de l'existence d'invariants.

¹⁶⁷ Badra (2005) propose une revue synthétique des systèmes classificatoires frame et logique de description.

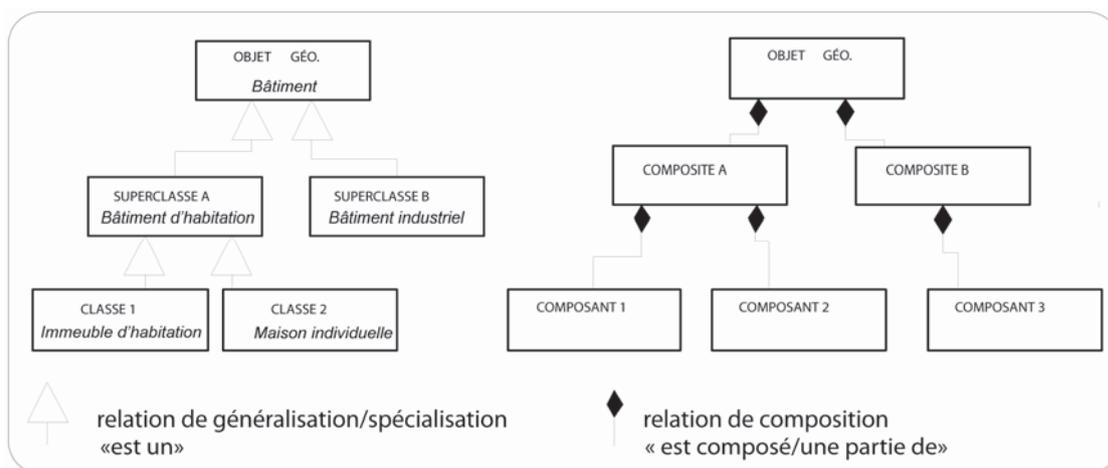


Figure 4-9 : Les deux principaux types de relations au sein d'une ontologie¹⁶⁸ (adapté de Uitermark, 2001, 25)

La taxonomie, déjà mentionnée par son illustration en systématique zoologique, est une classification basée sur les points communs et différences. Elle est réalisée par associations et abstractions successives. La partonomie quant à elle vise des liens de composition, c'est-à-dire un découpage de l'entité considérée en parties organiques ou fonctionnelles. Elle s'insère dans la théorie de la méréologie¹⁶⁹ (étude de la relation du tout avec ses parties). Cette classification s'avère pertinente en géographie, notamment s'agissant de la description de territoires : la « commune » peut être considérée comme sous-catégorie du « département », c'est-à-dire en tant que partie composant le territoire départemental. Si la partonomie revêt une importance particulière en matière territoriale, il ne faut néanmoins pas perdre de vue l'aspect essentiellement sémantique des ontologies. Ainsi, partonomie et taxonomie doivent être conjuguées puisque le sens vient autant de l'identification de points communs/différences que de l'appartenance d'une entité à un ensemble. De plus, d'autres critères peuvent compléter la réalisation d'une catégorisation : des relations de synonymie, d'association...

La structuration d'un domaine, ou partie de la réalité que l'on souhaite expliciter d'un point de vue sémantique, en catégories et sous-catégories, questionne également l'agencement relatif de ces dernières. Deux types de structures peuvent ainsi être mises en évidence : l'une est dite en arbre et comporte donc une unique primitive (concept racine), l'autre, non hiérarchique, propose au

¹⁶⁸ Il est à noter que la subsomption/généralisation, relation ontologique, ne doit pas être confondue avec l'héritage, relation logique introduite dans les langages à objets. Une ontologie n'étant pas prescriptive, en aucun cas les propriétés ne doivent être évaluées pour chaque instance. Le fait qu'une propriété soit applicable pour une classe n'impose en aucun cas que toutes les instances de cette classe (ou d'une de ses sous-classes) possèdent une valeur pour cette propriété (Fankam, 2009, 5) au sein d'une ontologie.

¹⁶⁹ Langlois (2007) remarque qu'un des principes de la théorie de la complexité est que le tout est plus que la somme de ses parties. Or en théorie des ensembles et en méréologie, cette affirmation est fautive. La définition d'un système complexe doit reposer sur une approche plus riche qu'un simple ensemble formé d'éléments. Cependant, nous visons une ontologie légère, pré-consensuelle (cf § suivant).

contraire plusieurs primitives (Bera, 2004, 17). Illustré par l'arbre de Porphyre, le premier type de structure hiérarchique, définit de façon univoque les catégories de l'ontologie. Cependant, cette hiérarchisation est susceptible de poser deux problèmes. Le premier problème soulevé est celui de la succession des divisions de la hiérarchie suivant des critères orthogonaux, c'est-à-dire indépendants. Bera (2004, 18) illustre cet aspect par l'exemple d'une ontologie simplifiée des fruits et légumes : au vu du contexte, est-il préférable d'opérer la partition de la catégorie entité d'abord suivant un sous espace ontologique végétaux = légumes, fruits, feuilles ...}, puis suivant un sous espace couleur = {rouge, jaune, vert, ...}, ou le contraire ? Une pomme verte est-elle " fruit, puis verte" ou " verte, puis fruit" ? Si à première vue la différence n'est pas flagrante, elle présente des conséquences sur la proximité ontologique des concepts décrits ; et Bera de poursuivre « *si l'on a envie d'une pomme verte, et que le choix se porte entre une pomme rouge ou une courgette, il est probable que l'on se satisfera plus volontiers de la pomme (fruits, rouge) que de la courgette (légumes, vert), puisque dans ce contexte, une pomme rouge nous paraît plus proche d'une pomme verte [...]. Si l'impératif avait été la confection d'une composition esthétique de produits végétaux, la couleur primait* », rappelant ainsi l'évidence : une modélisation reste conditionnée par les objectifs visés. Les implications en matière de recherche d'informations semblent évidentes.

Cet écueil peut être évité en abandonnant les niveaux de hiérarchisation entre les classes de catégories primitives mettant dans l'exemple précédent la primitive "fruit" au même niveau que la primitive "rouge". Cet exemple illustre l'impossible universalité d'une sémantique.

De l'utopie de l'universalité au consensus différencié : des ontologies pré-consensuelles pour négociateur

La principale motivation pour laquelle les ontologies sont généralement mobilisées, est celle d'un outil de structuration de concepts partagés et partageables, qui leur confère une dimension générique. Cet objectif affiché des ontologies vise en effet l'identification de concepts et relations supposés génériques, exprimant la sémantique du domaine et facilitant ainsi les échanges automatisés ou entre humains. Rares sont les travaux ne mentionnant pas cette quête d'universalité et une volonté de consensus (Laurini, 2007, 31 ; Balestrat, 2011, 26 et 90). Podobnikar (2012) ambitionne par exemple ouvertement la construction d'une « universal ontology of geographic space ». Si l'apport sémantique des ontologies est principalement le contexte qu'elles sont censées exprimer, une sémantique ne peut, à notre sens, pas être globale, exhaustive et universelle ; elle demeure toujours contrainte et guidée par des objectifs (cas de la pomme rouge évoqué plus haut).

Les observatoires, s'ils ne constituent pas des outils d'aide à la décision au sens strict, font cependant partie intégrante du processus de décision. Cette dernière sous-entend d'ailleurs l'idée d'unicité puisque l'une de ses finalités est de parvenir à la synthèse et au consensus pour arrêter un

choix. Une nuance peut être apportée : le recours à une ontologie dans le cadre d'un observatoire peut en effet avoir pour objectif l'établissement d'un référentiel commun et partagé par ses utilisateurs, référentiel qui viserait cette universalité, synthèse des différents points de vu. Mais dans l'objectif de mutualisation et de co-construction de donnée impliqué dans un observatoire, les différents processus d'apprentissage peuvent bénéficier d'une autre forme d'ontologie. (Couclelis, 2010, 1788) précise ainsi que les ontologies peuvent jouer un rôle dans la négociation du sens et dans l'établissement d'un consensus. Noucher (2009, 155) réutilise de son côté la notion de consensus différencié qui consiste à partir d'un constat des différences, pour faciliter une compréhension reposant sur la négociation et le partage à l'aide d'« ontologies pour négocier ». Nous nommerons de façon raccourcie « ontologies consensuelles » de telles ontologies reposant sur un consensus différencié. Ces ontologies sont des objets de médiation qui visent à donner la capacité de discuter la construction de la signification de la représentation. Sans concerner les ontologies, le travail de Desthieux (2005) s'est en effet attaché à démontrer comment la confrontation des représentations d'acteurs *via* différents processus (divergence, redondance) menait à la création de sens, notamment *via* des objets frontières (Desthieux (2005, 66) que les concepts d'une ontologie peuvent représenter. Concernant directement les ontologies, les travaux de Keita se concentrent sur les modalités d'obtention de consensus dans un environnement collaboratif entre plusieurs acteurs. Ces propositions s'appuient sur des ontologies légères pré-consensuelles (Figure 4-10). Ces dernières concernent les premières phases de construction d'une ontologie et intègrent des définitions informelles et multiples pour refléter la variété des acteurs sous la forme d'un réseau sémantique (Keita, 2007, 44).

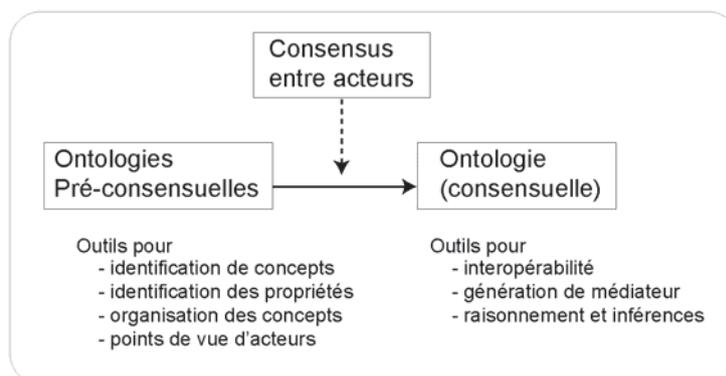


Figure 4-10 : Consensus et ontologies (adapté de Keita, 2007, 44)

Si la finalité réside dans l'obtention d'une ontologie unique, entendue comme référant sémantique, le moyen d'y parvenir peut être alors de recourir à ces ontologies « de construction », temporaires, plurielles, qui par consensus différencié, révèlent les nuances et contradictions susceptibles d'enrichir une ontologie de domaine stabilisée. Puisque cette recherche concerne les premières phases de développement d'une ontologie et reste pour l'instant théorique et non validée au sein de

l'observatoire, nous lui ajouterons le préfixe « pré », la désignant comme ontologie pré-consensuelle. L'ontologie que nous proposons de développer dans ce travail de thèse répond à cette définition, et peut être considérée comme une de ces ontologies pré-consensuelles.

Les éléments fondamentaux de définition des ontologies ayant été exposés, il s'agit de s'intéresser au cas particulier des géo-ontologies et à leurs liens avec les systèmes d'informations, tels que cet ensemble peut être mobilisé dans le contexte des observatoires.

1.3.2. Géo-ontologies de domaines et système d'information

Une ontologie de domaine traitant du territoire présente-t-elle des spécificités et quels liens réaliser avec les bases de données, composantes essentielles des observatoires numériques territoriaux ?

Les spécificités des géo-ontologies pour traiter du territoire, éléments de définition

Après un rapide détour terminologique illustrant la diversité des définitions abritées sous l'expression géo-ontologie, la principale spécificité de ces dernières réside dans l'objet qu'elles traitent et la façon de l'aborder.

Si les acceptions du terme ontologie sont multiples et doivent être définies, rien n'est moins évident que de tenter de démêler ce que peut recouvrir l'expression de « géo-ontologie », utilisée de manière diverse par leurs auteurs. Huang (2010) consacre en ce sens un article complet « On the concept of geographic ontology ». Il convient alors de clarifier ce que sous-tendent les géo-ontologies autant dans leurs objectifs que dans leurs structures¹⁷⁰.

Sans contradiction avec la définition générale d'ontologie, la quasi-totalité des auteurs¹⁷¹ spécialise les géo-ontologies ou ontologies géographiques (Long-hua, 2007 ; Pundt, 2002 ; Wang, 2008) par leur lien avec l'information géographique. Ainsi Vangenot (2004, 142) identifie « *les ontologies de domaine géographique comme les ontologies modélisant un domaine particulier, en faisant appel à des données géographiques* ». Dans une perspective similaire, Ordnance-Survey (2002, 17) avance,

¹⁷⁰ Pour parvenir à ces définitions, outre les travaux cités au long du texte, nous avons réalisé une recension de travaux portant sur des géo-ontologie de domaine au sens thématique qui ont été réalisés dans les domaines : de l'hydrologie (Ceccaroni, 2001 ; Long-hua, 2007 ; Wellen, 2008), de la gestion de zones littorales (Barde, 2005 ; Moore, 2001), de l'agriculture (Haverkort, 2006 ; Xie, 2008 ; Pinet, 2009 ; Beck, 2008), de l'urbain (Roussey, 2004&2011 ; Metral, 2007 ; Laurini, 2007 ; Teller, 2010) ou encore des transports (Lorenz, 2005 ; Albrecht, 2008, 417), de la topographie (Mustière, 2011), des risques (Provitolo, 2009) de l'évaluation environnementale (Garrido, 2011), du paysage (Lepczyk, 2008) ou du tourisme EIFFEL (<http://www.projet-eiffel.org/>)).

¹⁷¹ Un seul auteur l'a nuancée (Huang, 2010) proposant une définition se détachant de la seule information géographique, notamment dans une perspective philosophique.

« a geo-ontology is used as a general term for ontology of geographical information ». Pour Cullot (2003), les ontologies « capables de prendre en compte et de gérer l'information géographique portant sur des objets et leurs concepts sont qualifiées de géo-ontologies ou d'ontologies géographiques ». Les géo-ontologies recouvrent deux principaux types d'ontologies liés : le premier type identifie les géo-ontologies de l'espace ou spatiales, dédiées spécifiquement à la description et à la spécification des concepts qui caractérisent l'espace¹⁷² tels le point, la ligne, ou des relations spatiales¹⁷³ comme « est proche de », « contient », etc¹⁷⁴. Le second type identifie les ontologies qualifiées de géographiques par l'approche d'un domaine ou du fait de la thématique traitée tels l'agriculture, l'hydrologie, les réseaux électriques ou encore l'urbain. Il s'agit d'ontologie pour traiter du territoire.

Au sein de chacun de ces deux types d'ontologies géographiques, deux catégories d'ontologies sont susceptibles d'être distinguées : les ontologies spatiales et de domaines géographiques peuvent en effet être de type « taxonomie »¹⁷⁵, en explicitant la structuration et la description des concepts et de leurs relations (Figure 4-11), ou de type « descriptive » si elles fournissent une représentation plus complexe du domaine considéré (Figure 4-12).

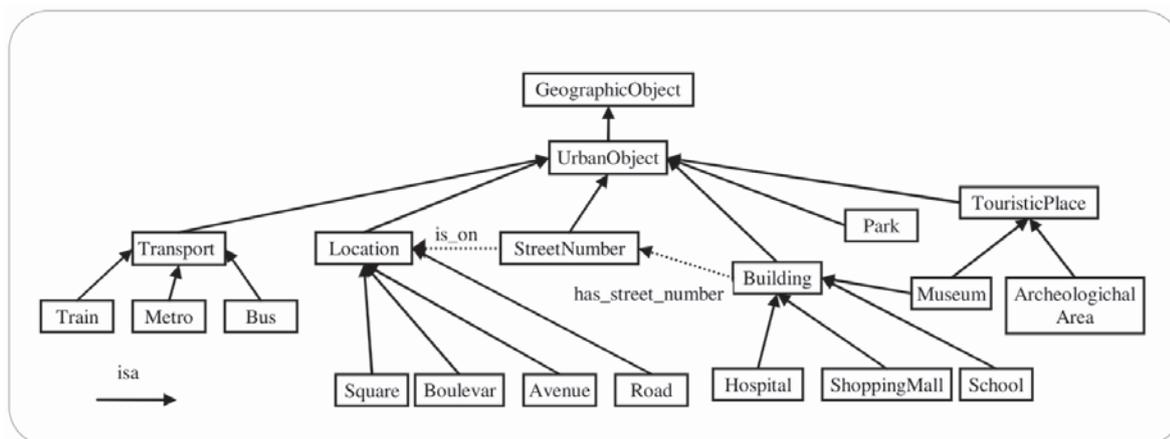


Figure 4-11 : Fragments de géo-ontologie de domaine « urbain » de type taxonomie (Baglioni, 2007)

¹⁷² Ce que nous pourrions à quelques nuances près appeler un méta-modèle dans la thématique de conception de base de données : GML (<http://www.opengeospatial.org/standards/gml>) appartenant à la famille des markup language peut être cité en exemple pour ce type d'ontologie ou le modèle conceptuel spatio-temporel MADS (Parent, 1998). Nous évacuons ici les ontologies entendues comme métamodèle du domaine spatio-temporel définissant les seuls concepts spatio-temporel dans le contexte de modélisation de base de données ou du web sémantique (Hobbs, 2004 ; Batkasis, 2010 ; Jitkajornwanich, 2011).

¹⁷³ <http://geovocab.org/spatial.html>.

¹⁷⁴ Klien (2005) insiste sur la distinction à réaliser entre concepts de l'ontologie et concepts pour les représenter. Il conviendrait selon elle, de séparer sémantique et implémentation de la structure de donnée : les modalités de représentation d'un concept n'auraient pas à figurer dans une ontologie. Ce qui entre en contradiction avec Figure 4-12 par ex.

¹⁷⁵ Les ontologies de taxonomie constituent la quasi-totalité des cas (Minard, 2008). Plumejeaud (2009) évoque un « dictionnaire géographique » pour désigner de telles géo-ontologies.

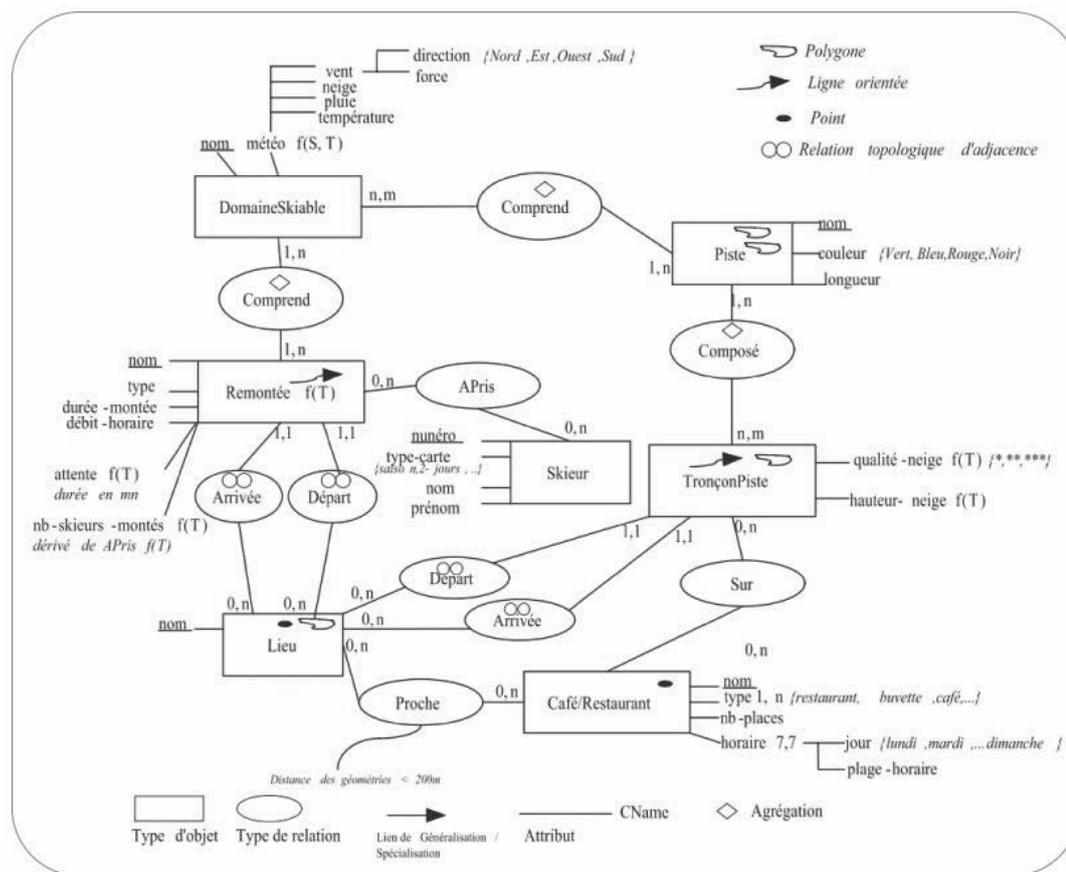


Figure 4-12 : Fragment de géo-ontologie de domaine 'domaine skiable' de type « descriptive »¹⁷⁶ (Cullot, 2003)

Alors qu'il pourrait sembler délicat d'affirmer que la géographie est différente des autres domaines¹⁷⁷, il semble cependant que les spécificités liées à la multi-dimensionnalité des concepts et objets géographiques soulèvent quelques questions fondamentales pour la construction d'ontologies. La spécificité des géo-ontologie réside en effet dans le type d'objet traité et pourrait être résumé par la question « *why spatial is special* » for ontology ? (Fonseca, 2007). Une ontologie pose en effet continuellement la question de la pertinence des entités identifiées et soulève donc les questions des limites catégorielles, des propriétés et des définitions des objets en jeu.

Nous avons précédemment rappelé les modalités d'appréhension de phénomènes spatio-temporels (objets et processus) entre réalisme et constructivisme et établi que les objets géographiques étaient « des construits » en ce sens dépendant d'aspects cognitifs et sociaux (Frank, 2003). Représenter des entités géographiques est rendu délicat par le fait que les objets ne sont pas simplement

¹⁷⁶ Il s'agit de la seule ontologie trouvée proposant un tel niveau de représentation. A l'inverse, plusieurs listes de toponymes, telle celle proposée par Geonames (<http://www.geonames.org/export/ws-overview.html>) sont intitulées « géo-ontologie ».

¹⁷⁷ à différencier d'une ontologie de la géographie. La géographie constitue-t-elle d'ailleurs un « domaine au sens » ontologique d'unité thématique ?

localisés, ils sont intrinsèquement liés à l'espace et au temps (Smith, 1998 ; Mark, 2001) et présentent en ce sens quelques caractéristiques délicates pour une mise en catégorie au sein d'une ontologie.

Dans un exercice de catégorisation tel que celui des géo-ontologies, les propriétés des objets autorisant leur rattachement à un concept sont primordiales. Or les caractéristiques des objets géographiques présentent des difficultés pour cette mise en concept que constitue la catégorisation (Bennett, 2002 ; Mark, 2001). Un objet géographique est souvent un objet composite, composés par un agrégat de parties qui lui confère son identité (Mark, 1999). Cette dépendance se traduit en matière d'ontologie par l'abondance de relations topologiques et méréologiques (théorie du Tout et de ses parties). Une des caractéristiques de nombreuses entités géographiques, celles habituellement considérées comme « naturelles », est de présenter des limites « physiques » ou conceptuelles floues. Ainsi les limites de l'objet montagne restent largement discutables et les limites d'un territoire administratif ne sont pas de mêmes natures que celles d'une rivière (débat fiat/bona fides (Smith, 1998)). Conceptuellement, l'objet forêt commence à partir de quelle surface ou densité d'arbres ? Ces questions ont donc des répercussions en termes de catégorisation.

Les objets géographiques considérés au sens large (objets, processus) peuvent aussi bien relever de l'observable tel un bâtiment, que d'un construit, comme un réseau de transport. Ils ont en tout cas pour particularité d'être localisés et de présenter entre eux des relations de type spatial. Ils revêtent en effet des caractéristiques intrinsèques : les données qui les matérialisent sont structurées spatialement (topologie, distance, ...) et hiérarchiquement (composition, appartenance) et présentent une dépendance scalaire et temporelle. Les questions d'appréhension des objets relativement au temps ont également des répercussions sur la catégorisation¹⁷⁸. Des propositions ont été faites, notamment par Bittner (2004) en tentant une séparation d'ontologies de haut niveau basées sur la « durée de vie » d'objets ainsi classés en perdurant ou endurent (SNAP(shot) ontologies-SPAN (spanning time ontologies), mais qui restent très relatives.

Cette dépendance contextuelle en fonction du niveau d'observation et d'échelles de temps spatiales et temporelles, de la granularité, de l'intention de l'utilisateur, complique la catégorisation des objets en concepts pour la définition d'une ontologie : des bâtiments sont-ils mis dans une même catégorie pour leurs similarités de structure physique ou fonctionnelle ? Face à la multi-dimensionnalité des objets géographiques, l'identification de pistes éparses, même modestes, ont été avancées pour la construction ou la représentation des ontologies.

¹⁷⁸ Nous considérons comme limite le fait que les ontologies soient principalement l'objet d'une communauté de recherche en système d'information. La gestion de la dimension temporelle et des dynamiques reste à notre avis le parent pauvre de ces exercices. Haddad (2009) réalise une synthèse relative aux différents modèles d'appréhension des phénomènes spatio-temporelle dans le contexte des bases de données et ontologies. Il rappelle le caractère relatif au problème étudié de quelques concepts (processus, objets, etc.).

Dans cette quête de catégorisation, Frank (2003) propose de différencier plusieurs niveaux d'analyse pour le développement d'une géo-ontologie, successivement un niveau physique incluant les concepts spatiaux, temporels, - un niveau observation contenant les concepts d'échelle de mesure, de précision, et d'autres méthodes, - puis un niveau cognitif incluant les concepts d'objets et leurs attributs. Retenons qu'un premier niveau de catégorisation peut scinder l'analyse pour la construction d'une géo-ontologie.

Une autre piste traite de la prise en compte de niveaux d'observation et granularité comme élément fondamental dans l'ontologie, visant à considérer des géo-ontologies différentes selon les échelles. Bon nombre de concepts en géographie se réfèrent en effet non seulement à l'idée d'une dépendance scalaire des phénomènes, mais considèrent que ces phénomènes sont en partie définis par leur échelle¹⁷⁹ (Pumain, 2011). L'échelle est ici entendue non dans son acception traditionnelle en cartographie, mais comme niveau auquel une réalité est observée et modélisée (Goodchild, 2001). Il s'agit ici d'une échelle d'analyse « pertinente » au vu d'un contexte, pour laquelle des processus et objets déterminent des structures. Montello (2001) parle en ce sens d'échelles de phénomènes. L'enjeu consiste alors à identifier les entités significatives (objets) à différentes échelles, de définir leurs attributs et les liens qui les lient (Reitsma, 2003). En ce sens, Frank (2009) ou Wang (2009) affirment que les géo-ontologies dépendent de l'échelle considérée et proposent ainsi respectivement des géo-ontologies plurielles à différentes échelles.

Enfin, le point de vue utilisateur peut être considéré comme variable dans l'ontologie, autorisant des multi-représentations en sorties d'ontologies. Plusieurs auteurs se sont intéressés à la liaison entre une définition collective de concepts et des vues différentes de ces mêmes concepts à l'aide de vues dépendant de points de vue (Vangenot, 2001, Mtibaa, 2007, Muller, 2006, Reitsma, 2003, Metral, 2007). La notion de multi-représentation est apparue dans le domaine des systèmes d'information géographique dans le but de gérer plusieurs représentations différentes d'une même entité selon différents points de vue ou niveaux de représentations (au sens d'échelle tel que défini précédemment, c'est-à-dire de niveaux d'analyse). Si un domaine correspond à une unité thématique, un point de vue est lié à un utilisateur (métiers, âge, etc.) ou une utilisation dans le cas où une même personne peut disposer de points de vue différents en fonction de la tâche à accomplir, du lieu ou du moment, c'est-à-dire un contexte (Mtibaa, 2007). Un contexte étant défini comme « *l'ensemble des conditions et influences environnantes qui font de la situation une situation unique et qui permettent de la comprendre* » (Brezillon, 2001)). Cette nécessité de représentation multiple émane de la subjectivité de la perception et de la diversité des intérêts identifiés, dépendant de contextes et peut être gérée dans une ontologie par des vues et points de vue. Metral (2007) propose ainsi de recourir aux techniques de vues utilisées en base de données,

¹⁷⁹ Pumain (2011) traite ainsi « de la dynamique des entités en fonction des échelles ».

successivement par un filtrage par thème alors considéré comme un sous-domaine, puis par des points de vue utilisateurs (Figure 4-13).

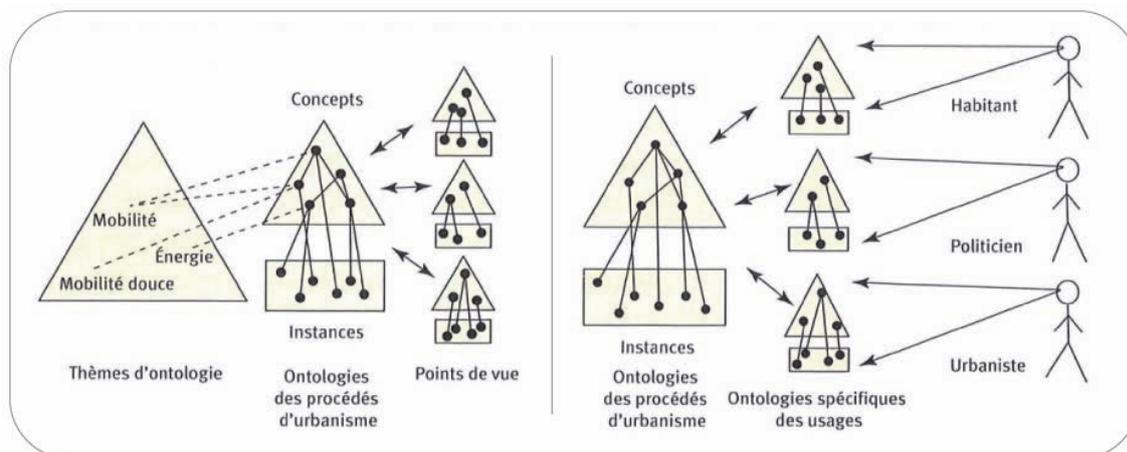


Figure 4-13 : Thèmes et points de vue utilisateur à l'origine d'ontologie différenciées (Métral, 2007, 67)

Falquet (in Salles (2009) propose de différencier trois types de points de vue dans les ontologies : i) le point de vue comme niveau (les points de vue partagent la même hiérarchie de concepts, mais un point de vue prend en compte certains niveaux seulement), ii) le point de vue comme vue partielle (qui s'intéresse à un ensemble restreint de caractéristiques et correspond souvent à un point de vue métier, position précédente adoptée par Métral), iii) le point de vue comme ordre de classification (les concepts sont les mêmes pour tous les points de vue, mais ils sont classés dans des hiérarchies organisées sur des bases différentes, menant à des ontologies différentes).

Quelques propositions répondant aux problèmes soulevés par les caractéristiques des objets géographiques ont été présentées et sont susceptibles d'être considérées. Le manque de méthodologie déjà constaté concernant la construction des ontologies en général, est également à souligner s'agissant des géo-ontologies. Ces dernières doivent d'ailleurs intégrer en plus dans leur construction, les spécificités aperçues précédemment.

Si les ontologies ont vocation à décrire le réel, les géo-ontologies ou ontologies géographiques traitant du territoire, constituent des systèmes de référence sémantique pour l'information géographique. Elles se présentent sous la forme d'un ensemble de concepts définissant la terminologie et le vocabulaire pour décrire les phénomènes et entités d'un domaine particulier. Leurs spécificités résident dans les caractéristiques des objets que ces ontologies traitent. L'intégration de la dimension spatiale et temporelle des objets géographiques implique la considération de propriétés géométriques, topologiques et méréologiques. Plutôt de type thésaurus ou descriptives, elles présentent des caractéristiques liées à la catégorisation des objets géographiques, catégorisation qui dépend largement de contextes. En plus de son évolution, une

entité peut en effet également faire l'objet de différentes approches selon le contexte dans lequel elle s'inscrit, dépendant d'intentions et de niveaux multiples d'observation ou d'objectifs. Une géo-ontologie constituerait, dans l'idéal visé par plusieurs auteurs, un référentiel unique, mais qui supporterait également la diversité des contextes dans laquelle l'information géographique, portant sur les objets catégorisés en concepts, s'exprime.

Géo-ontologies et système d'information : entre géo-ontologies et modèles conceptuels de données, une complémentarité

Afin d'illustrer l'apport des géo-ontologies, il convient de clarifier les limites respectives, similitudes, différences et complémentarités, entre ces deux types de conceptualisation que sont les modèles conceptuels de données et les ontologies.

Frank (2003, 12) identifie quelques limites générales des systèmes d'information et des bases de données spatio-temporelles. Parmi celles-ci figurent d'une part le décalage dans la nature du temps continu du réel, comparé au temps discret et désynchronisé des bases de données, - d'autre part les questions soulevées par les structures modélisant l'espace, le temps et la catégorisation, - et enfin les problèmes liés à des questions de sémantiques, de terminologies et de description de données (métadonnées¹⁸⁰). Cette dernière limite génère des problèmes d'interopérabilité par l'inaptitude des systèmes créés à interagir. Si le développement de systèmes d'information, comme toute modélisation, s'est toujours heurté à des problèmes sémantiques, l'objet principal des ontologies consiste à lever ces ambiguïtés. Comme toute modélisation, les modèles conceptuels de données de deux concepteurs seront différents, ce qui soulève la question du sens accordé aux objets modélisés, et celle de l'adéquation entre les concepts des utilisateurs et les abstractions capturées par le modèle conceptuel. De plus, une part importante de la sémantique est perdue pendant la transformation du MCD en modèle logique (Jean, 2007, 23). La définition des concepts du domaine considéré, notamment par une clarification sémantique dans une ontologie permet de remédier à ces limites (Cullot, 2003).

Pour notre propos, l'importance des ontologies a été reconnue dans les domaines de l'ingénierie des connaissances et de leurs représentations, de l'extraction d'informations, de la conception de système d'information¹⁸¹ (Guarino, 1998) et plus particulièrement de la conception de bases de données (Jean, 2007, 14), de l'exploitation des ressources informationnelles (Kassel, 2001) ou

¹⁸⁰ Une métadonnée est une donnée concernant une autre donnée. La norme Dublin Core (<http://dublincore.org/>) est un exemple d'ontologie de type métadonnée. Les ontologies de type métadonnée définissent le vocabulaire relatif au concept utilisé dans une base de donnée, mais pas nécessairement la sémantique du domaine.

¹⁸¹ Fonseca (2007) insiste sur les deux rôles principaux que peuvent jouer les ontologies « of and for information system ».

encore de l'interopérabilité entre systèmes d'information (Roussey, 2011 ; Billen, 2011 ; Buccella, 2009 ; Rifaieh, 2004, 17 ; Uitermark, 2001; Fonseca, 2001 ; Kokla, 2001).

Les ontologies constituent par définition un modèle conceptuel puisqu'elles représentent un ensemble de concepts pour un domaine donné (objectifs et utilisation restreinte) ainsi que les relations sémantiques entre ces concepts (équivalence, hiérarchie, association, homonymie...). Dans une certaine mesure, les principales bases de modélisation d'une ontologie et d'un modèle conceptuel de données présentent des similitudes : "*tout comme les modèles conceptuels de données, les ontologies conceptualisent également l'univers du discours au moyen de classe associées à des propriétés et hiérarchisées par subsomption*" (Dehainsala, 2007, 37).

Il convient cependant d'insister sur la différence de matière entre ontologies et MCD. Si la première est une représentation structurée de concepts, les MCD gèrent quant à eux les instances de ces concepts que sont les objets¹⁸². De plus, les sémantiques des formalismes autorisant les représentations de MCD sont largement plus riches, mais ces derniers visent uniquement la représentation de la structure de la base de données, et non celle du domaine. Relativement à un modèle conceptuel de données, une ontologie est par définition plus pauvre sémantiquement, dans le sens où elle ne sert qu'à véhiculer des concepts les plus génériques possibles¹⁸³ par des relations de taxonomie et paronymie. Cette relative pauvreté est dans notre cas justement susceptible de faire émerger des représentations, des conceptions différentes *via* un modèle conceptuel par indicateur.

Fonseca (2003, 358) précise que la principale différence se situe au niveau de l'objectif de modélisation. Bishr (in Fonseca, 2003) considère en ce sens « *that an ontology is external to information systems and is a specification of possible worlds, while a conceptual data schema is internal to information systems and is chosen as the specification of one possible world* »¹⁸⁴. Il est rejoint par plusieurs auteurs (Badra (2005, 7) ; Fankam (2009, 6); Jean (2006) ou Dehainsala (2007). La différence réside en effet dans les objectifs assignés aux MCD et aux ontologies, respectivement celui de la gestion de données au sein d'une organisation et pour une tâche particulière réalisée par un système d'information, dans une dimension prescriptive et au vu d'une hypothèse d'un monde fini, et, celui de la description des données pour une communauté plus large, avec un objectif de connaissance d'un monde ouvert. Ce caractère extensif et d'enrichissement permanent prend tout son sens dans le contexte des observatoires multithématiques. Si les ontologies visent à définir ce qui existe ou peut exister dans le réel

¹⁸² Les objets sont les extensions ou réalisation de ce concept cf. triangle sémiotique évoqué précédemment.

¹⁸³ Objectif nuancé et discuté ci-après.

¹⁸⁴ Proposition de traduction : « une ontologie est externe au système d'information, il s'agit d'une spécification d'un monde possible alors qu'un modèle conceptuel de données est interne au système d'information et est choisi comme la spécification [...finie...] d'un monde possible.

(caractère descriptif et extensif), le MCD ne représente lui que ce qui est concrètement stocké dans la base de donnée qui fait elle l'hypothèse d'un monde clos (caractère prescriptif). Selon Pundt (2002), les ontologies seraient ainsi des spécifications d'un niveau d'abstraction supérieur à celui des MCD.

Cette complémentarité autorise une utilisation conjointe de ces deux types de modèles au sein de bases de données à base d'ontologies (BDBO) (Jean, 2007, 42), ce qui présente un intérêt particulier pour les observatoires numériques territoriaux. Les bases de données à base ontologiques (BDBO) sont constituées d'une source qui contient des ontologies, d'un ensemble de données, et de liens entre ces données et les éléments ontologiques qui en définissent le sens (Dehainsala, 2007, 56). Si les détails des structures, fonctionnement, langages d'exploitation, sont fournis par Fonseca (2003), Dao (2004), Pierra (2005), Jean (2007), Dehainsala (2007), Teller (2007), Pirot (2008), Fankam (2009, 7), Roussey (2010) ou Abadie (2010, 162), deux approches principales peuvent être identifiées avec des conséquences directes sur la construction d'une ontologie : une approche dite *a posteriori* et une *a priori*.

- Les approches dites *a posteriori* se déroulent en deux étapes. Dans la première étape, le concepteur construit un premier modèle conceptuel, soit à l'aide d'un outil de modélisation classique, soit au moyen d'un outil de construction d'ontologies, à partir des documents textuels, d'interviews et du cahier de charges de l'application. Dans la seconde étape, le modèle conceptuel ainsi constitué, est mis en correspondance avec une ou plusieurs ontologie(s) du domaine d'application de la base de données cible. Cette opération vise à déceler les concepts et/ou relations et/ou propriétés manquants ou superflus du modèle conceptuel. Cette étape se déroulerait de façon interactive avec le concepteur. Ainsi, il s'agit de supprimer ou ajouter des concepts et/ou des relations et/ou propriétés. Il conviendrait ensuite d'effectuer une vérification globale du modèle conceptuel pour assurer sa consistance par rapport à l'ontologie.
- L'approche dite *a priori* permet aux concepteurs d'extraire directement des ontologies de domaines existantes, elles-mêmes réalisées à partir de modèles conceptuels de données existants. Dans ce cas, un modèle conceptuel de données peut être représenté comme un fragment de l'ontologie. Les concepts, relations et propriétés de la future base de données sont directement sélectionnés à partir d'une ou plusieurs ontologie(s) de domaine, pour former une ontologie locale qui sert ensuite à construire le modèle conceptuel de données de la future base de données.

Des mises en communication entre base de données et ontologies ont fait l'objet d'expérimentations informatiques réalisées par les auteurs cités précédemment¹⁸⁵.

Ontologies, en guise de conclusion

S'il n'existera sans doute jamais de modèle complet et cohérent de toutes choses, un cadre logique pour une approche commune peut sans doute être développé. Les ontologies font l'objet de définitions multiples au gré des finalités qui guident leur mobilisation, ce qui constitue d'emblée une difficulté. L'expression 'ontologie de domaine' étant parfois utilisée comme un nouveau terme pour des modèles existants, notamment en confusion avec les modèles conceptuels de données, nous avons cherché à en caractériser la spécificité. Ces ontologies explicitent la sémantique d'un domaine par une représentation structurée de concepts et de leurs relations, essentiellement sous forme hiérarchique simple de taxonomie et paronymie. Nous avançons qu'à une ontologie établie, conçue et validée par des experts, dans laquelle toute incohérence est idéalement chassée, répondraient des ontologies correspondant aux premiers stades de développement et que l'on peut qualifier de pré-consensuelles. Elles constituent une représentation support de médiation et de négociation non prescriptive. Sans renier les capacités d'intégration pour lesquelles elles sont le plus souvent mobilisées, le recours aux ontologies de domaines semble pertinent comme artefact cognitif, comme niveau d'intégration et de confrontation, discussion et appropriation de concepts dans la démarche collective et instrumentée que constituent les observatoires numériques territoriaux. Application thématique d'un système d'information, ces derniers peuvent bénéficier de la complémentarité entre ontologies et bases de données. Le volet ontologie de notre proposition consistera en une modélisation conceptuelle sous la forme de géo-ontologies légères (semi-formelles) pré-consensuelles de domaines.

La présentation et la définition générique des différents outils conceptuels impliqués dans notre proposition étant terminée, il convient désormais d'exposer cette dernière.

¹⁸⁵ Nous nous contentons de l'évoquer, mais dans le même ordre d'idée, si une ontologie permet une représentation statique des connaissances, un observatoire peut avoir des ambitions de prospectives et recourir à l'utilisation de modèles dynamiques de simulation. Outre la structuration des connaissances et le partage d'information, la modélisation de systèmes complexes est en effet confrontée à l'intégration des aspects dynamiques de ces systèmes. L'enjeu serait alors de gérer d'une part un aspect statique, qu'est la description de connaissances, *via* des bases de données et ontologies, et d'autre part un aspect dynamique. Considérer des ontologies comme véhicule sémantique pour des entrées/ sorties, vers/et à partir de modèles de simulation, pourrait être envisagé.

2. Mobilisation des concepts dans la démarche de mise en observation : principes et application

Notre démarche de conception vise la construction d'un cadre d'analyse et de référence susceptible de formaliser le SET dans le contexte d'un observatoire. Cette section en définit les éléments en procédant par niveaux successifs de détails croissants.

2.1. Éléments intervenant de la démarche de conception

L'objectif de ce travail, est de fournir un cadre territorial, spatial, temporel et sémantique pour une lecture énergétique des territoires. La démarche de conception d'un tel cadre propose de considérer trois éléments que constituent un métamodèle, des ontologies, ainsi que des modèles conceptuels définis pour chaque indicateur construit. Initiée par une synthèse (Figure 4-14), la présentation de cette démarche est proposée à la fois par une individualisation de ces éléments et par l'approfondissement de leurs niveaux de détails successifs. Le métamodèle regroupe les grands principes qui régissent la modélisation. Il expose et justifie les choix qui permettent de bâtir une ontologie.

Ainsi, après avoir détaillé le métamodèle, les premiers éléments constitutifs d'une géo-ontologie légère pré-consensuelle de domaine territoire-énergie sont proposés. Aucun modèle conceptuel, spécifique à un indicateur mais entendu comme fragment de l'ontologie, ne peut être exposé à ce stade (cf. Chapitre 6).

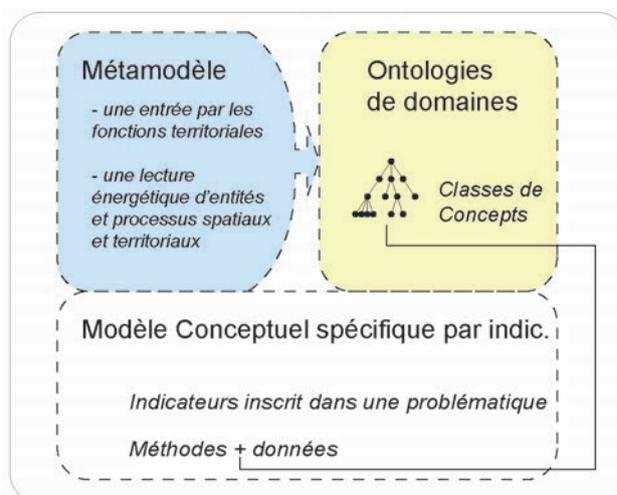


Figure 4-14 : Synthèse des éléments de la démarche de conception proposée pour un cadre d'analyse territorial, spatio-temporel et sémantique territoire-énergie - niveau de détail 0.

2.2. Premier élément : un métamodèle sous la forme de principes-guides, contraignant les ontologies

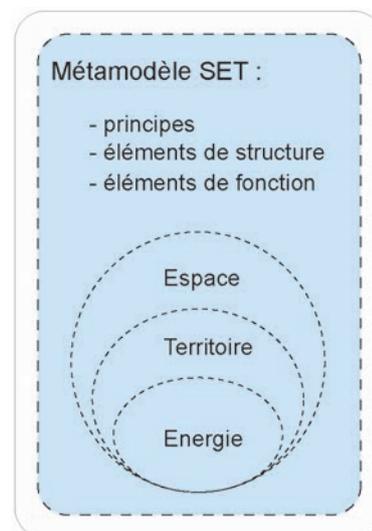
Un métamodèle nécessaire

« Comment décliner des phénomènes territoriaux en catégories d'objets spatiaux (ou non) établies selon des niveaux de concepts ou de représentations hiérarchisés, clairement définis quant à leurs relations mutuelles [...] ? » Saint-Gérand (in Guermond, 2005, 271). Si nous avons retenu qu'une ontologie est une représentation structurée de concepts et de relations entre ces concepts, relative à un domaine, et qu'un domaine correspond à une unité thématique, la définition d'une ontologie apte à décrire les composantes et les relations de ce que nous appelons Système Energétique Territorial se heurte à un écueil.

En effet, nous ne tentons pas d'approcher un domaine au sens « ontologique » d'une unité thématique, mais davantage un système complexe au sein duquel s'agrègent trois domaines : l'espace géographique, le territoire et l'énergie. La tâche se trouve en effet compliquée par la transversalité, voir la consubstantialité du concept d'énergie, qui fait que tout peut être « vu ou lu » à travers lui. Pour réaliser cette intégration, un métamodèle est proposé.

Il se présente sous la forme de principes-guides pour une lecture territoriale de l'énergie, il sert de base pour la définition des primitives (ou concepts racines) constitutives d'une géo-ontologie légère pré-consensuelle de domaines territoire-énergie. S'appuyant sur les acquis et premières représentations du Système énergétique territorial (cf. Chapitre 2), l'intégration des différents domaines est réalisée au sein du métamodèle (Figure 4-15) par cette grille de lecture systémique, en considérant des éléments de structures et de fonction, auxquels s'ajoutent des principes qu'il convient de détailler.

Figure 4-15 : Un métamodèle pour l'intégration de différents domaines - niveau de détail 1.



La question essentielle soulevée ici est celle des choix réalisés pour une lecture énergétique des territoires, qui se traduisent concrètement par l'identification des concepts racines d'une ontologie : quelle entrée privilégier pour l'identification des primitives de l'ontologie ?

Une entrée par les fonctions territoriales et une lecture énergétique d'entités territoriales

- Une entrée par les fonctions territoriales : une lecture selon des processus (métabolisme)

La transversalité du concept d'énergie questionne jusqu'au fait de parler de thématique énergétique. Considérer cette dernière pousse finalement à reproduire les approches sectorielles dont on cherche à s'extraire. Se différenciant d'une approche sectorielle (transport, agriculture, ...), l'entrée par le métabolisme territorial (cf. Chapitre 2.2.2.) et la grille de lecture que constitue le système énergétique territorial pose l'énergie comme ressource fonctionnelle indispensable ; énergie qui doit être considérée pour chacune des fonctions territoriales (habiter, travailler, se déplacer, produire, se distraire, etc.). Or ces fonctions territoriales sont à l'origine des formes et des structures territoriales, elles-mêmes conditionnées par les modalités d'approvisionnement, de production et de consommation énergétique. Elles sont l'expression abstraite de propriétés qui spécialisent ou du moins adaptent l'espace et conditionnent tout processus énergétique. Une fonction territoriale peut être définie par un ou des processus et/ou une ou des entités¹⁸⁶. Un processus¹⁸⁷ est ici entendu comme changement d'état, soit de la matérialité des entités qu'il implique (ex : disparition, extension, création d'entités, tel un nouveau bâtiment), soit des valeurs d'attribut des entités étudiées (ex : changement d'affectation d'un bâtiment existant de commercial à résidentielle). Un processus ou une entité énergétique se définit alors comme l'un des éléments de la chaîne énergétique territoriale¹⁸⁸ (cf. Figure 1-3 p.40). Un processus territorial se définit quant à lui comme tout phénomène retenu pour l'observation. Cette entrée par les fonctions territoriales permet de lier des entités définissant un processus territorial à celles définissant un processus énergétique.

- Attacher des entités/processus énergétiques à des entités/processus territoriaux

L'énergie n'est pas un concept spatial¹⁸⁹ et la thématique énergétique est propice à une approche de type stock/flux. Ainsi, un premier niveau de lecture spatial de l'énergie consisterait à localiser ces stocks et flux, entités du réel concrétisées informatiquement par des objets, et dans l'ontologie par un concept. Cependant, pour dépasser cette simple localisation, nous sommes confrontés à une difficulté d'analyse : nous ne pouvons nous appuyer sur une unité fonctionnelle de base pour l'analyse de l'énergie sur le territoire, tel le bassin versant chez le géographe hydrologue, la parcelle ou l'exploitation chez le géographe agronome, etc.

¹⁸⁶ Si le processus se situe sur le versant fonctionnel et dynamique du système, l'entité se situe quant à elle sur le versant structurel.

¹⁸⁷ Camacho-Hubnert (2009, 59 et 121) définit un processus comme la combinaison d'un état et d'un événement, niveau de détail qui ne semble pas nécessaire dans le cadre de ce travail.

¹⁸⁸ Par exemple un potentiel, une forme énergétique primaire, secondaire, un type de vecteur énergétique, une production ou consommation, un usage, etc.

¹⁸⁹ Raison pour laquelle nous avons construit l'objet d'étude SET.

Notre proposition est alors de faire correspondre à des entités spatiales perçues (objet du côté informatique tel un polygone, une maille/cellule ou un graphe/réseau), une valeur d'usage énergétique : un bâtiment à une fonction territoriale (habiter : logement, travailler : industrielle ou commerciale) dont les entités sont définies sous formes de concepts dans une ontologie, fonction à laquelle est rattachée une valeur d'usage énergétique (telle une production énergétique, une consommation énergétique, ou les deux) dont les entités sont, également sous forme de concepts, définies dans une ontologie. Il s'agit d'une lecture fonctionnelle de l'entité, premièrement spatiale puis énergétique. Les fonctions territoriales permettent donc ainsi de faire le lien entre processus ou entités spatiales, territoriales ou énergétiques (Figure 4-16).

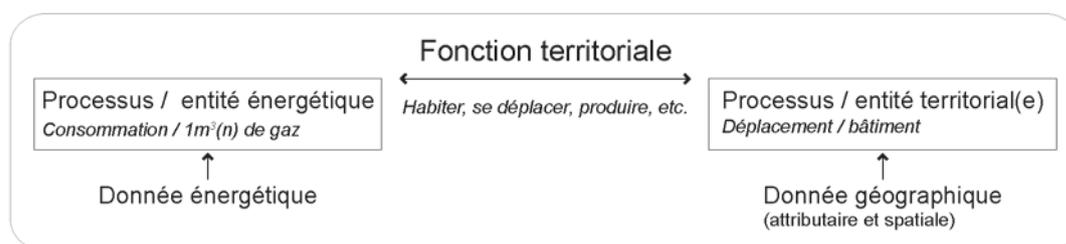


Figure 4-16 : Premier principe du métamodèle, une entrée par les fonctions territoriales et une lecture énergétique d'entités territoriales

Jeux d'échelles¹⁹⁰ et granularité, des variables contraintes par le processus considéré

Pourrait-on considérer les niveaux d'observation comme entrée contraignante pour l'ontologie ? La multi-dimensionnalité des objets géographiques a été identifiée comme l'une des difficultés de construction d'une ontologie : l'exercice de catégorisation reposant sur les propriétés des objets identifiés est en effet notamment susceptible de changer en fonction des échelles et granularités considérées, aussi bien spatiales que temporelles. Si des éléments de réponse à ces questions peuvent être approchés par les théories de la complexité, la grille de lecture offerte par la systémique repose en matière spatiale sur la théorie de la hiérarchie. Particulièrement utilisée dans des champs de la géographie dite « physique », cette théorie se concentre sur des niveaux d'organisation imbriqués et des questions d'échelles (Sheppard, 2004, 10, 70, 259). Si nous utilisons implicitement cette théorie par la considération de fonctions territoriales entendues comme une agrégation de processus, appréhendés eux-mêmes par des entités sur lequel de la donnée existe, nous en soulignons deux aspects. Le premier consiste à reconnaître les limites de la théorie de la hiérarchie qui guide encore largement les réflexions géographiques. Les structures spatiales et sociales ne peuvent être seulement réduites à des agrégats qu'il conviendrait d'analyser. L'identification et la définition des liens de causalité entre échelles en constituent aussi l'un des

¹⁹⁰ Entendus comme une hiérarchie de niveaux d'observation, dans lesquels des phénomènes spécifiques sont observés et une dynamique territoriale particulière interagit avec des éléments de niveau supérieur.

défis. Bien que reconnaissant l'existence d'échelles privilégiées ou pertinentes pour certains processus, le second aspect vise à nuancer l'existence d'échelles « dictant » les entités à considérer. Cette remarque consiste à affirmer que c'est bien le processus mis en observation qui détermine, en fonction d'objectifs, le périmètre fonctionnel des entités à considérer et donc l'échelle spatiale et/ou temporelle ; non l'inverse. Bien que les propriétés d'une entité territoriale soient dynamiques en fonction du niveau d'observation qui les considère, les échelles ou niveaux d'observation ne peuvent ainsi pas être retenus comme critère de choix pour les primitives d'une ontologie. La position, plus délicate à affirmer que la sélection de concepts d'entrée en fonction d'une échelle donnée, consiste à considérer les fonctions territoriales subsumant les processus comme entrée contraignante de l'ontologie ; position que nous adoptons.

Le métamodèle pour la mise en observation du système énergétique territorial propose des principes-guide contraignant l'ontologie. Concrètement, il privilégie une entrée pour l'identification des concepts racines d'une ontologie de domaine territoire-énergie.

Il intègre trois domaines que sont l'espace, le territoire et l'énergie. Il considère finalement une approche par les entités (ou processus). Il s'agit d'une entrée phénoménologique¹⁹¹ par les fonctions territoriales (par exemple : habiter, se déplacer), liant des entités territoriales (par exemple et respectivement : un bâtiment ; un déplacement) appréhendées par des entités spatiales¹⁹² (par exemple et respectivement : un polygone ; une ligne), et caractérisées par des entités énergétiques (par exemple et respectivement : une consommation et une production ; une consommation). Ces principes permettent de proposer une représentation du métamodèle (Figure 4-17).

¹⁹¹ Au sens de : « *qui se fonde sur l'observation des phénomènes et sur les données de l'expérience* » (CNRTL, 2012).

¹⁹² Une entité spatiale présente une dimension spatio-temporelle constituée d'une localisation, d'une temporalité, d'une échelle d'identification, de seuils de validité, d'une topologie et d'une géométrie (primitives spatiales de type ligne, point, polygone, etc.). Une entité territoriale revêt les caractéristiques d'une entité spatiale pourvue de spécificités supplémentaires. Elle comporte une dimension intentionnelle liée à l'objectif de son identification. Elle a fait l'objet d'un processus de catégorisation la reliant à un concept, ce que Debarbieux (2004) nomme "l'effet géographique". L'entité territoriale présente une dimension sémantique (attributaire-thématique, un rôle et une fonction dépendant d'une échelle). L'adjectif territorial illustre l'interaction avec une activité humaine. L'entité spatiale, géométrique, est la projection dans l'espace de l'entité territoriale, elle est nécessaire à des fins d'analyse spatiale.

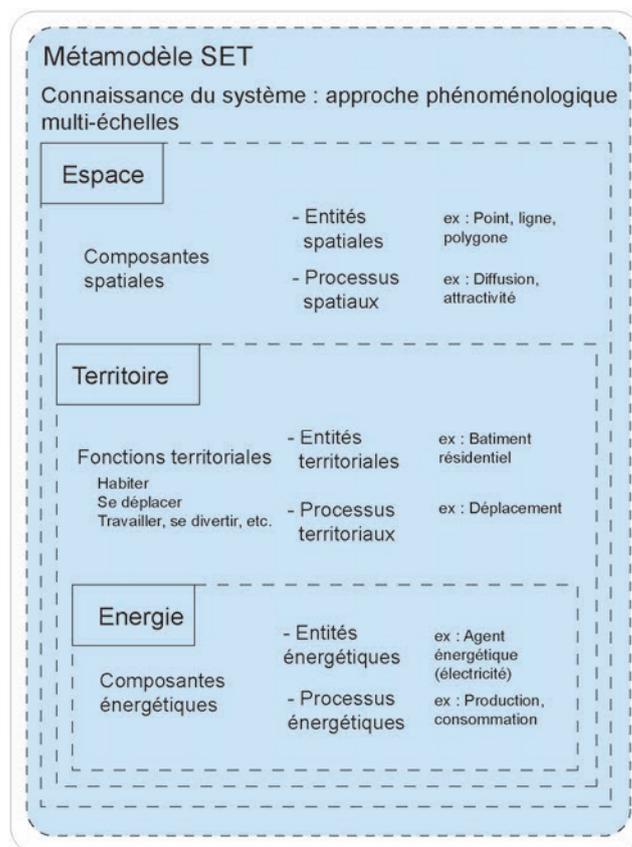


Figure 4-17 : Métamodèle - niveau de détail 2

Une approche ontologique ascendante à partir des entités impliquées dans les modèles conceptuels d'indicateurs

Nous avons mentionné le fait que nous ne tentons pas d'approcher un domaine au sens « ontologique » d'une unité thématique, mais davantage un système complexe au sein duquel s'agrègent trois domaines : l'espace géographique, le territoire et l'énergie. Il existe ainsi une multitude et une grande variété de concepts relatifs aux domaines que le Système Energétique Territorial embrasse, incluant des entités abstraites tels l'énergie, un déplacement domicile-travail, une consommation ou une filière (mais qui peuvent être rattachées ou se voir être rattachées à et par des entités spatiales), et des entités matérielles comme une forêt, un bâtiment ou un réseau de chaleur urbain (également susceptibles d'être spatialisées). Initialement, nous pensions bâtir une première ontologie¹⁹³ par rapprochement d'ontologies existantes pour chacun de ces domaines, qu'il aurait convenu de compléter. Mais les ontologies étudiées (Annexe 3) traitant de l'énergie, du territoire ou de l'espace s'inscrivent dans une logique hiérarchique de recensement exhaustif des

¹⁹³ Nous avons supposé la nécessité d'une pluralité d'ontologies (cf. « En guise de conclusion » p230).

concepts d'un domaine extrêmement limité, souvent d'ailleurs restées au stade de prototype¹⁹⁴, ou très spécialisées et difficilement ré-exploitable (Bachimont 2000), rappelant qu'une représentation est toujours réalisée en fonction d'un objectif. On ne peut se référer à ces ontologies, si ce n'est à termes, pour peupler une ontologie particulière, dont les concepts correspondraient au besoin de ceux d'un modèle conceptuel d'indicateur.

Le métamodèle, à travers ses principes, permet de contraindre l'entrée retenue pour des ontologies (Figure 4-18), par la considération de processus (élément de fonction) et d'entités (éléments de structure) traduits sous forme de concepts dans les ontologies.

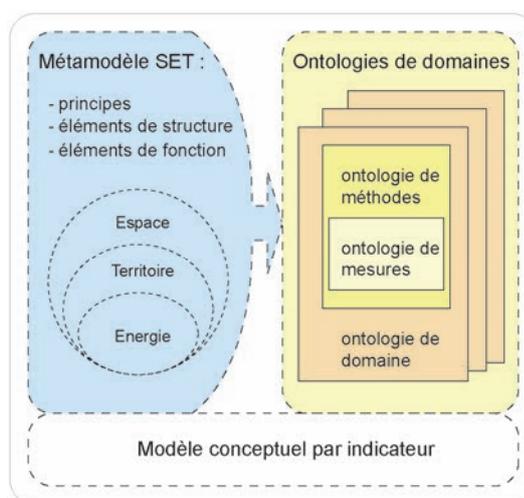
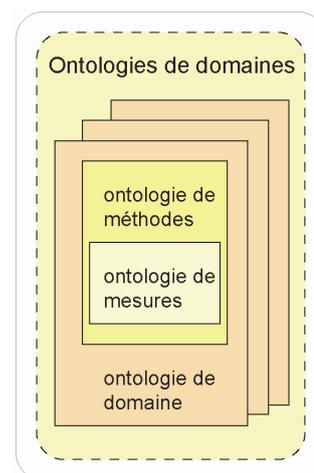


Figure 4-18 : Un métamodèle contraignant les ontologies

Outre la considération de ce type d'entités, la définition d'un indicateur implique des méthodes de calcul, d'analyse spatiale, etc., elles-mêmes liées à des unités de mesures (ontologie de mesures) qu'il convient d'intégrer dans une ontologie de domaine¹⁹⁵. Il s'agit concrètement de pouvoir intégrer ces méthodes en plus des concepts thématiques du domaine (Figure 4-19).

Figure 4-19 : Ontologies¹⁹⁶ de domaines – niveau de détail 1



¹⁹⁴ Ce qui ne va pas sans soulever quelques questions quant à leur appropriation en dehors de contextes de recherche.

¹⁹⁵ Indifféremment au singulier ou au pluriel selon que l'on considère le domaine du SET ou les domaines espace-territoire-énergie.

¹⁹⁶ Pluriel : nous avons supposé la nécessité d'une pluralité d'ontologies (cf. « En guise de conclusion » p230).

Cette démarche présente une limite de taille : nous ne pourrions être exhaustifs. L'énumération complète de tous les concepts et de leurs relations est à la fois impossible et non nécessaire.

Par contre, les concepts d'une ontologie doivent être structurés afin de pouvoir en accueillir de nouveaux et c'est l'objectif que nous avons fixé au métamodèle qui, à la fois contraint de façon générique les entrées de l'ontologie, et intègre les trois composantes, spatiale, territoriale et énergétique de l'ontologie. L'enrichissement en concepts se fera ainsi au fur et à mesure, en fonction des indicateurs et de leurs modèles conceptuels. Les choix génériques effectués pour la définition du métamodèle servent alors à la définition des primitives (ou concepts racines) constitutives d'une géo-ontologie légère pré-consensuelle de domaines territoire-énergie (Figure 4-20).

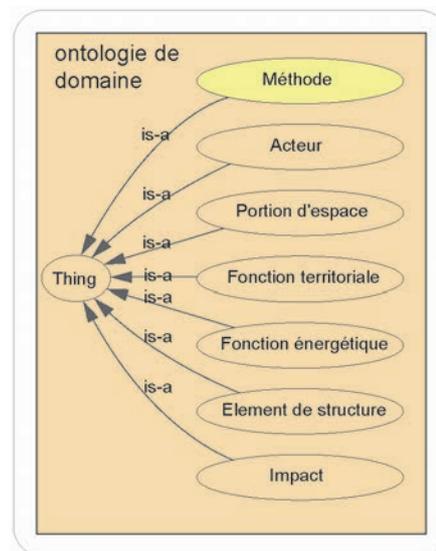


Figure 4-20 : Primitives (concepts racines) d'une ontologie de domaine - niveau de détail 2

Ces concepts racines sont au nombre de sept et considèrent successivement une classe ou concept de méthode, d'acteur, de portion d'espaces, de fonction territoriale, de fonction énergétique, d'éléments de structure, et d'impacts. Ainsi, la classe ou le concept de « méthode » contient des concepts non thématiques mais liés à des méthodes de calculs (de rapport - tel le concept de densité ; de taux ; de distance - tel le concept de distance-temps, d'algorithmes tel l'association d'une adresse individuelle), à des méthodes d'analyse spatiale et de représentations externes (tessellation, espace discret, ventilation, systèmes de référence, etc.), ou encore à des méthodes de planification (documents et schéma de planification, Plu, SRCAE, bilan énergétique, Agenda 21, etc.). La classe « acteur » est quant à elle composée de toute personne physique ou morale, publique ou privée, que celle-ci soient institutionnelle, élue, citoyenne ou productrice d'énergie. La classe « portion d'espace » ensuite, implique les concepts ayant un attribut spatial ou surfacique explicite en contenant par exemple les sous-classes des subdivisions administratives (canton, département, etc.) ou des zonages statistiques ou d'études (IRIS, etc.). Les classes « fonction territoriale » et « fonction énergétique » considèrent les concepts définissant un processus ou une entité territorial(e), respectivement énergétique. Elles sont détaillées en fonctions résidentielles (habiter), de transport, de production, etc., respectivement processus énergétique de consommation, de production, etc. La classe « élément de structure » contient quant à elle les concepts de contexte et inclue les sous-classes démographie (nombre d'habitants), structure et infrastructure (bâti, réseau, etc.), conditions environnementales physiques (température, vitesse de vents, etc.), ou de

structure économique (prix de l'énergie, taux de chômage, etc.). Enfin, la classe « impact » vise les concepts résultants des SET (ex : émissions de polluants, déforestation, etc.). Ces éléments, proposés dans une ontologie, ne peuvent être définitifs. Leur remise en cause permet notamment de leur faire jouer le rôle de médiation attendu d'une part dans le processus de négociation du sens accordé à la donnée et d'autre part dans le processus d'apprentissage, entendu comme action de modification de ses représentations pour en construire de nouvelles (Rezeau, 2001, 455).

Synthèse

Partant d'un réel interprété sous la forme d'un système, nous avons proposé une démarche pour une mise en observation des SET (Figure 4-21). Le volet conceptuel de cette démarche considère successivement plusieurs étapes. A travers un métamodèle proposé sous la forme de principes-guides, ce sont les fonctions territoriales et les processus impliqués qui conditionnent les entités et donc les concepts à considérer dans une ontologie. Cette dernière est entendue comme pont sémantique entre le réel et la donnée au sein de la démarche proposée.

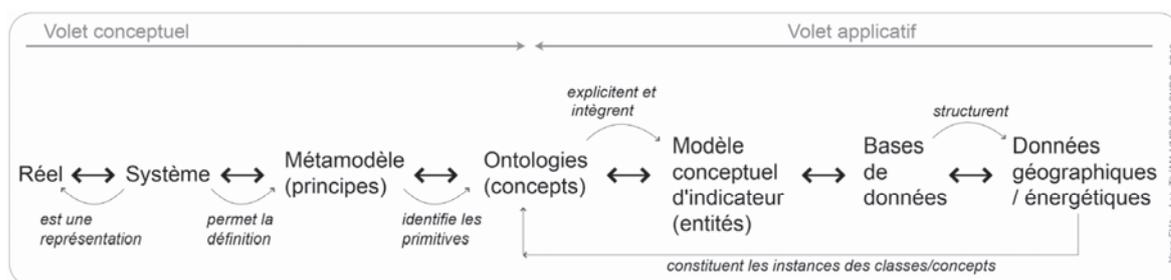


Figure 4-21 : Les éléments génériques pour une démarche du réel à l'indicateur

La définition d'un indicateur implique celle de son modèle conceptuel. Chacune des entités que ce dernier considère est définie et rattachée à un concept structuré au sein d'une ontologie. Deux niveaux d'abstraction non formalisés, que sont successivement le Système Energétique Territorial et un métamodèle, proposent une lecture du réel et contraignent la structure de ces géo-ontologies légères pré-consensuelles de domaine territoire-énergie (Figure 4-22). Les données, stockées dans des bases de données, constituent alors les instances des classes de l'ontologie.

Précisons ici que raisonner autour de l'énergie implique des composantes dynamiques (processus, fonctions), tel par exemple la mobilité ou un déplacement. Or il n'est pas nécessaire d'intégrer ces dynamiques dans ce volet conceptuel, mise à part sous la forme d'un concept au sein de l'ontologie, susceptible d'illustrer cette dynamique. La dynamique n'est pas modélisée en elle-même : il ne s'agit pas ici de modélisation de processus comme il sera question dans le volet applicatif plus après. Seule la référence de cette dynamique à son concept apparaît. Le fait de définir la mobilité ou un déplacement au niveau de l'ontologie est suffisant, pour ensuite, dans le

volet applicatif, y accoler cette fois-ci la modélisation du processus qui, elle, intervient pour le calcul de l'indicateur.

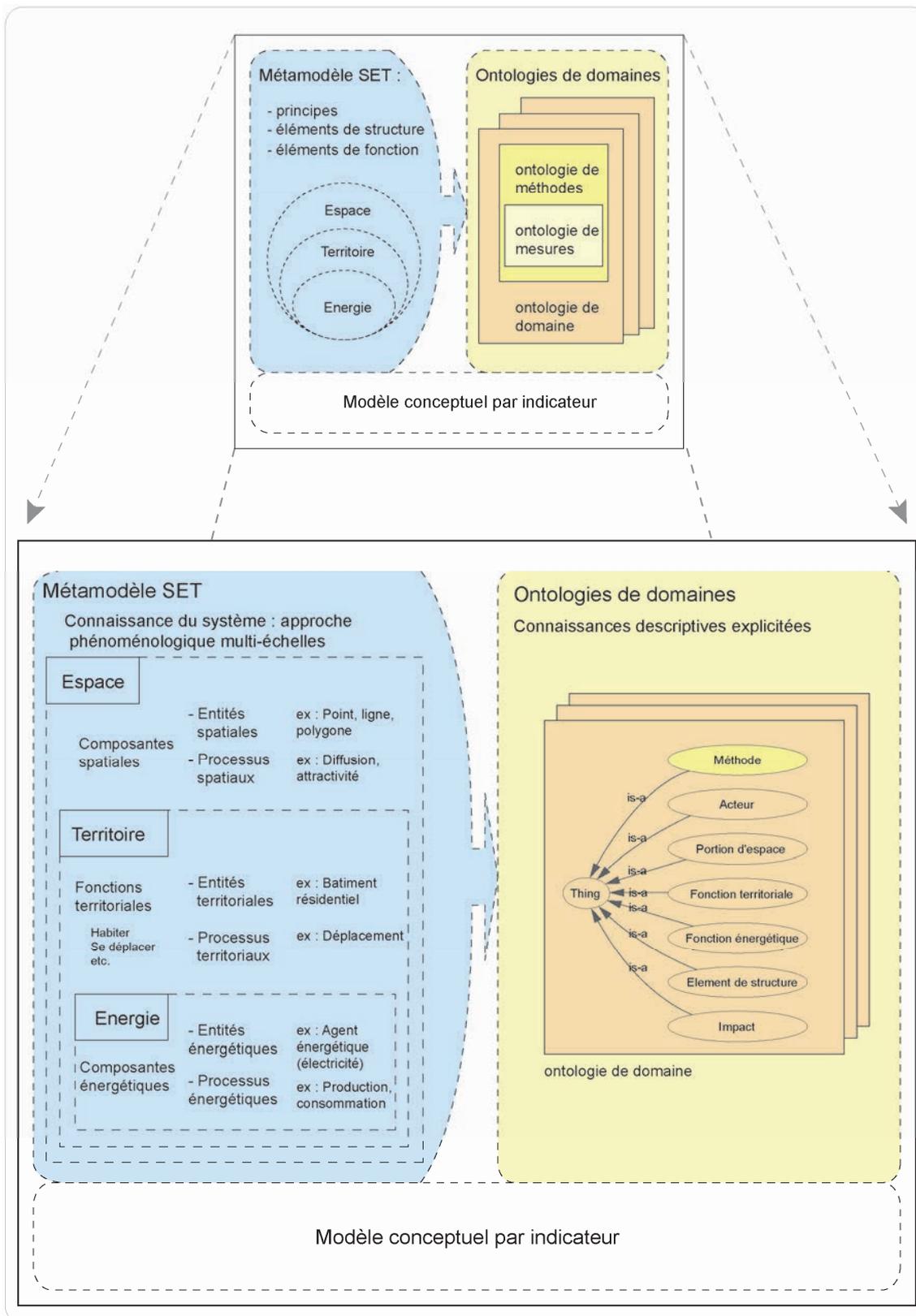


Figure 4-22 : Synthèse détaillée de la proposition de démarche de conception pour une mise en observation des SET

Conclusion de chapitre 4 – la proposition d’une démarche de conception pour une mise en observation des SET

Ce chapitre expose le volet conceptuel de la proposition d’une démarche, entendue comme une construction interprétative, qui dans son approche a débuté dès les premières lignes de ce travail (partie mauve supérieure gauche de la Figure 4-23). Elle vise la construction d’un cadre d’analyse des liens territoire- énergie pour la formalisation du SET, et l’analyse de ce dernier *via* des indicateurs. Dans cette perspective de mise en observation du système complexe SET, reposant sur des bases de données au sein d’un Observatoire, nous proposons un cadre territorial et sémantique qui considère un métamodèle, une géo-ontologie de domaines et un modèle conceptuel singulier pour chacun des indicateurs construits (Figure 4-23). Si le métamodèle est défini sous la forme de « principes-guides », paradigmes pour une lecture territoire-énergie, les premiers éléments constitutifs d’une géo-ontologie légère pré-consensuelle de domaine territoire-énergie sont proposés. Cette géo-ontologie est entendue à la fois comme représentation du système considéré et comme un système de référence sémantique pour l’information géographique. Dans le contexte singulier d’un observatoire territoire-énergie, et au vu de l’infinité des phénomènes à considérer (entités et processus), utilisateurs et niveaux d’observation à intégrer, seules les primitives d’une ontologie apparaissent.

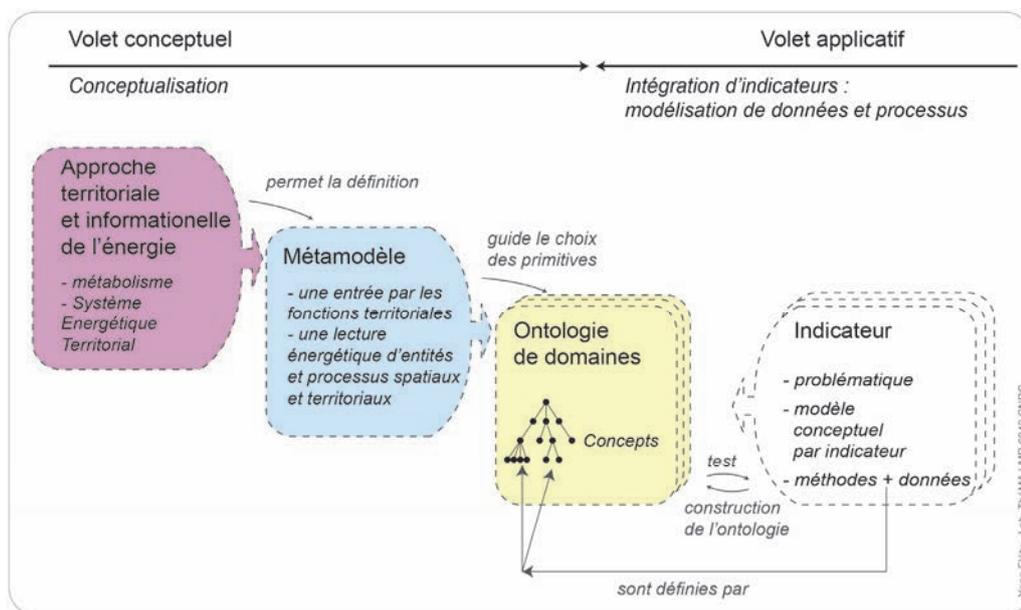


Figure 4-23 : Synthèse de la proposition de démarche de conception pour une mise en observation

La proposition avancée ici est d’associer des entités perçues, proposées par une lecture particulière des phénomènes *via* un métamodèle, à une lecture fonctionnelle «énergétique» (consommation, production...). Complétant ce volet conceptuel, un volet applicatif considère que la construction d’indicateurs nécessite la définition de modèles conceptuels singuliers à chacun d’eux, dont les entités impliquées sont définies sous formes de concepts au sein d’ontologies de domaines. La

donnée constitue l'instance d'une classe (d'un concept) de l'ontologie. L'ontologie est utilisée pour son aspect intégrateur, elle est extensible dans la mesure où elle peut intégrer, dans un ensemble cohérent, de nouveaux concepts attachés à de nouvelles données. Ainsi, si l'exhaustivité ne peut être visée, les bases méthodologiques de la démarche sont posées. La construction et l'intégration de chaque indicateur et de son modèle conceptuel singulier autorisera l'identification et la définition de nouveaux concepts à intégrer.

Le volet conceptuel de la démarche étant présenté (flèche de gauche à droite, partie supérieure gauche de la Figure 4-23), il convient d'en proposer le volet applicatif (flèche de droite à gauche, partie supérieure droite de la Figure 4-23) par la construction et l'intégration d'un indicateur (Chapitre 6). Cette construction ne prolonge pas l'approche conceptuelle proposée jusqu'ici et ne constitue pas qu'une illustration du potentiel de la démarche de conception. Si la construction de cet indicateur ne représente qu'un exemple parmi d'autre de développement d'indicateur, elle vise en effet un double objectif : obtenir un modèle conceptuel spécifique d'un indicateur et réaliser son intégration pour permettre ainsi de boucler la démarche. Cette intégration, impliquant itérativement des phases de test et de construction, permet, un premier peuplement d'une ontologie (Figure 4-23). Une analyse thématique préalable à la construction de cet indicateur est tout d'abord nécessaire (Chapitre 5).

Chapitre 5. Une étape d'analyse préalable à un indicateur de qualification énergétique des territoires

“Il doit évidemment exister un lien entre la consommation résidentielle d'énergie et l'énergie utilisée pour se déplacer (notamment via la localisation et l'aménagement du territoire) [...] ” suppose Wallenborn (2006, 18) dans sa détermination de profils de ménages pour une utilisation plus rationnelle de l'énergie.

L'objectif visé par ce travail est le développement d'un cadre territorial pour la formalisation du concept de SET. Une structure de donnée et son ontologie liée sont ainsi envisagées pour la production d'indicateurs, elles constituent les éléments de la démarche de conception proposée dans le chapitre précédent. Fournir un exemple de construction d'un indicateur territorial qui s'insère dans cette démarche nécessite, comme pour toute construction d'indicateur, un contexte que cet avant-dernier chapitre a pour objectif de présenter. Ce cinquième chapitre constitue en ce sens une étape analytique thématique préalable au développement d'un indicateur nécessaire pour boucler la démarche proposée. Les enjeux des thématiques liées aux mobilités quotidiennes et à l'habitat sont étudiés d'un point de vue territorial et énergétique.

Ce cinquième chapitre est ainsi organisé en deux sections : la première expose le contexte nécessaire au développement de tout indicateur. Elle présente les ordres de grandeurs qui permettent de justifier l'intérêt porté aux consommations des secteurs résidentiel et des transports.

La seconde section vise quant à elle à approfondir l'évaluation des consommations énergétiques des secteurs résidentiel et des transports. Elle propose tout d'abord une typologie des méthodes relatives à ces évaluations, pour ensuite identifier et détailler les déterminants des consommations, seuls à même de permettre une qualification énergétique des territoires. Les verrous et contraintes sont ensuite identifiés, qu'ils soient d'ordre thématique ou méthodologique, ou encore relatifs aux données disponibles.

1. Une contextualisation pour la conception d'un indicateur énergétique territorial

La conception d'un indicateur ne se réalise qu'au sein d'une problématique qui nécessite une argumentation quant à son intérêt et sa pertinence. Ainsi, un aperçu du panorama énergétique

français permet de présenter et contextualiser les ordres de grandeurs énergétiques, afin notamment de justifier les choix effectués.

1.1. Des ordres de grandeurs et tendances

Panorama énergétique français, une synthèse issue du SOeS¹⁹⁷-Dec. 2012

Bien qu'elle constitue moins de 1% de la population mondiale, la France représente 2,1% de la consommation primaire mondiale et 15,3% de celle de l'Union Européenne (SOeS, 2012a, 5). En 2011, la France présente toujours un bilan énergétique négatif avec d'une part une production d'énergie primaire, toute énergie confondue, de 138,9 millions de tonnes équivalent pétrole (tep), dont 120,9 Mtep (87%) pour la seule électricité, contre d'autre part, 266,4 millions de tonnes équivalent pétrole d'énergie primaire consommée, essentiellement sous forme d'électricité (41,9%) et de pétrole (31%) (Figure 5-1 partie gauche).

La production énergétique française demeure centrée sur l'électricité qui représente 88% de la production d'énergie primaire dont les deux principales origines sont à 77% nucléaire et 11% issus de la grande hydraulique (SOeS, 2012b). En 2011, la production primaire d'énergies renouvelables (électrique et thermique) s'élève à 14% de la production énergétique nationale (19,5 Mtep) au sein de laquelle les principales « sources » sont le bois énergie 46%, l'hydraulique 20% et les agro-carburants 10%. Avec la première forêt d'Europe occidentale, un fort potentiel géothermique, éolien et hydraulique, la France est en 2011, le second producteur et le second consommateur d'énergie renouvelable en Europe. En matière de consommations, si la part des secteurs de l'industrie diminue fortement de 36% à 21% entre 1973 et 2011, celles relatives aux secteurs résidentiel et des transports progressent quant à elles significativement.

¹⁹⁷ Le SOeS est le Service de l'Observation et des Statistiques du ministère du développement durable. Il fait partie du Commissariat général au développement durable (CGDD), au sein du ministère de l'écologie, du développement durable, et de l'énergie. Il a pour mission d'organiser le système d'observation et statistique en matière de logement, de construction, de transports, d'énergie, d'environnement et de développement durable (sous-directions distinctes), en liaison avec les institutions nationales, européennes et internationales intéressées. A ce titre, il recueille, élabore et diffuse l'information statistique concernant les domaines de compétences du ministère (Site du ministère).

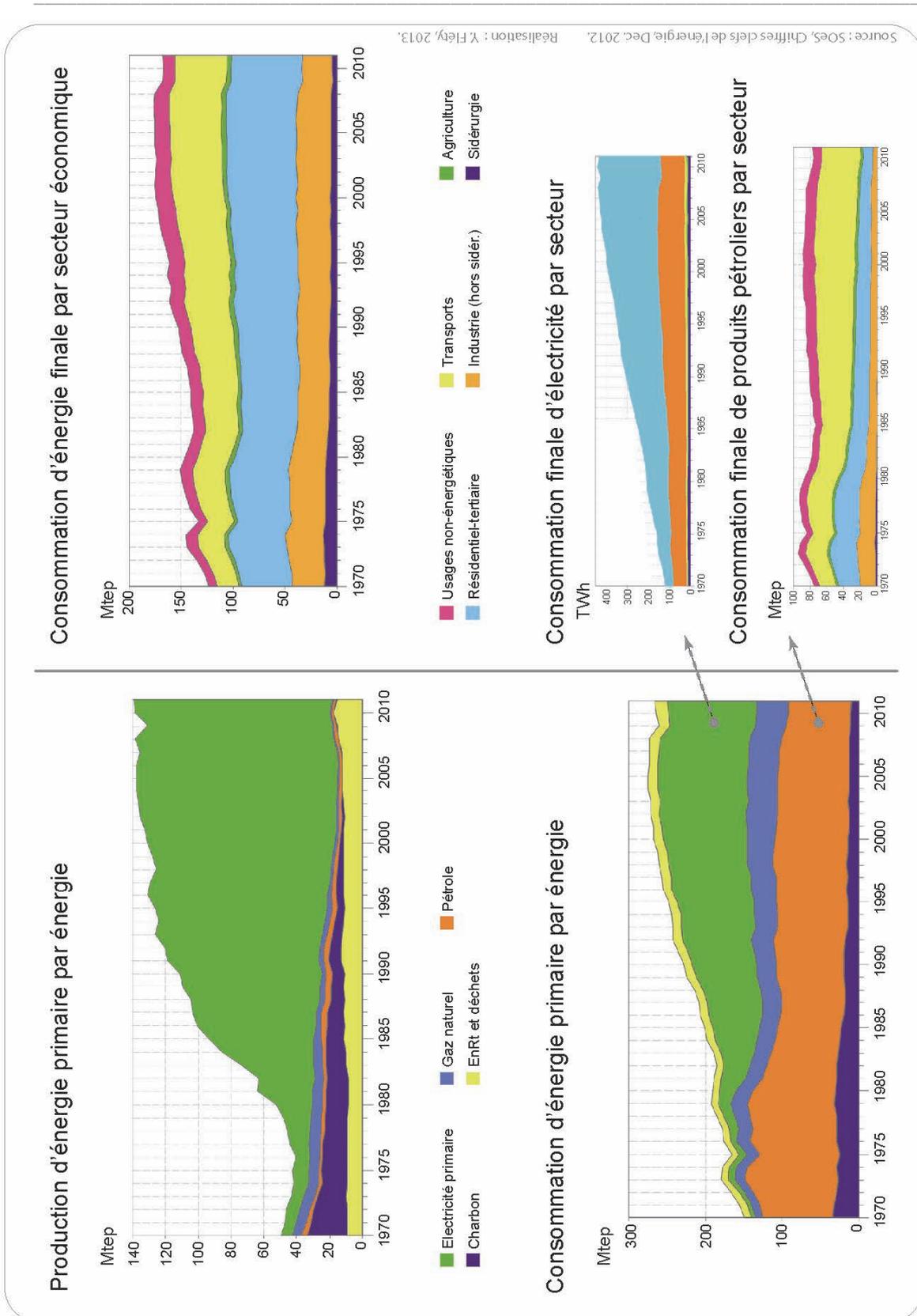


Figure 5-1 : Panorama énergétique français (SOeS, 2012 a et b)

Les transports et le résidentiel-tertiaire, deux secteurs d'intérêt

Dans ce contexte énergétique, deux secteurs retiennent particulièrement l'attention (Figure 5-1 partie gauche haute) : l'habitat résidentiel¹⁹⁸ et les transports. Ils montrent en effet tous les deux des évolutions particulièrement préoccupantes (MEDD, 2004 ; DGEMP, 2008 ; SOeS, 2012 ; ADEME, 2012, 9). En 2011, la consommation énergétique française associée aux transports représentait près de 32% de la consommation annuelle totale, avec 50 Mtep (contre moins de 18% en 1973 avec 26Mtep). L'évolution de cette consommation est évidemment liée à une augmentation simultanée du nombre de véhicules et de déplacements, et est de plus caractérisée par un recours quasi-exclusif aux produits pétroliers (Figure 5-1 partie basse droite) ; La consommation des activités résidentielles-tertiaires intervient quant à elle à hauteur de 69 Mtep¹⁹⁹, et donc pour plus de 44% de la consommation totale annuelle (contre environ 41% en 1973 avec 56 Mtep), sous l'effet conjugué d'une augmentation démographique et du nombre de logements d'une part, et du niveau de confort et du taux d'équipement en produits gourmands en électricité spécifique tel l'électroménager ou l'informatique d'autre part (SOeS, 2011, 19). A titre de comparaison, on peut noter que les secteurs industriel et agricole enregistrent quant à eux une diminution de leurs consommations énergétiques sur cette même période. Celles-ci passent de 38% environ en 1973 à moins de 22% en 2011 pour l'industrie dans laquelle des efforts de maîtrise et d'économie ont été réalisés dès les années 1980. La part de l'agriculture reste négligeable, relativement avec 4 Mtep en 2011 (soit moins de 2%, contre 2,3% en 1973 avec 5 Mtep).

A cela, il faut ajouter que les deux secteurs des transports et du résidentiel-tertiaires font également partie des plus émetteurs de dioxyde de carbone²⁰⁰. Les estimations sectorielles des émissions de CO₂ en France²⁰¹, réalisées dans le cadre du plan climat par le Ministère de l'écologie et du développement durable et renouvelées chaque année (ADEME, 2012, 14 ; SOeS, 2012, 21), montrent en effet que le secteur des transports arrive en tête des émissions (24% du total des émissions estimés à 373Mt²⁰², soit 129Mt CO₂), devançant le secteur résidentiel-tertiaire (23% des émissions). Ces deux secteurs présentent des tendances orientées à la hausse. Le secteur de

¹⁹⁸ Difficilement dissociable des fonctions tertiaires en matière de comptabilité énergétique.

¹⁹⁹ Il est ici intéressant d'évoquer les travaux réalisés par Blanc (Le) (1998) qui avait, dans les prévisions issues de ses calculs lors d'un exercice de prospective en 1998, évalué des fourchettes de valeurs correspondantes à celles aujourd'hui constatées.

²⁰⁰ De nombreuses autres émissions peuvent être considérées (SO₂, NO_x, particules, NH₃, CH₄, etc.), selon l'objectif (pouvoir de réchauffement global, durée de vie, dangerosité, quantité, etc. (CITEPA, 2011).

²⁰¹ Les chiffres officiels ignorent la part croissante des émissions « cachées » dans les biens importés, puisque l'approche comptable qui prévaut au niveau international n'inventorie que les émissions directes liées aux activités de production sur le territoire (RAC, 2012).

²⁰² Hors utilisation des terres, leurs changements et la forêt (UTCF).

l'industrie se place quant à lui en troisième position (17%), devant le secteur agricole²⁰³. Les tendances de ces deux derniers secteurs sont cependant baissières.

Un ménage français émet en moyenne 15,4 tonnes de dioxyde de carbone par an. Considéré cette fois-ci du point de vue des ménages, le détail des postes d'émission proposé par l'ADEME (Figure 5-2) démontre, pour la part des usages privés de l'énergie, le poids prépondérant des émissions liées aux chauffages et aux déplacements individuels. L'autre moitié du total des émissions d'un ménage est liée à la fabrication et aux transports des produits et services consommés (nourritures, produits manufacturés, etc.).

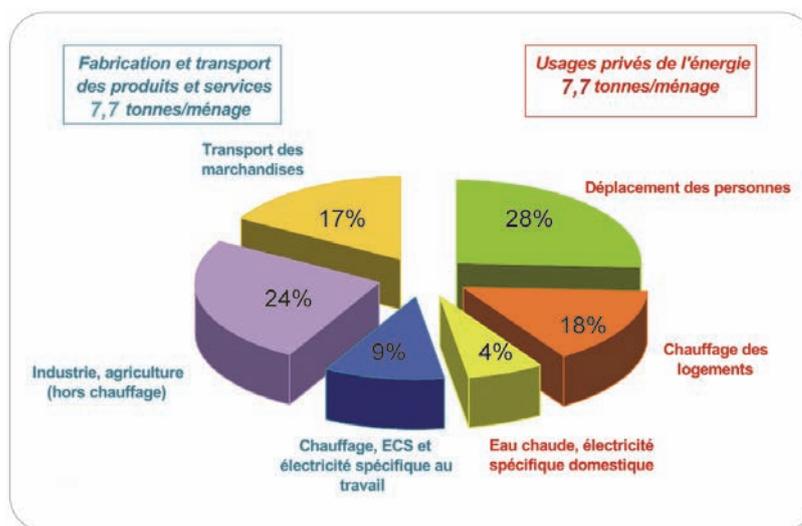


Figure 5-2 : Postes d'émissions des ménages en dioxyde de carbone (ADEME, 2008)

Ces quelques chiffres présentés permettent d'identifier les domaines des transports et du résidentiel-tertiaire comme des secteurs particulièrement importants de la consommation énergétique et de leurs émissions liées, sur lesquels il pourrait être intéressant de faire levier dans le cadre des objectifs de réductions des consommations. Plus précisément, ces fonctions résidentielles et de transport sont elles-mêmes à l'origine des formes et des structures territoriales d'occupation de l'espace et de fonctionnement des territoires²⁰⁴. Cette configuration géographique particulière ajoute un degré de complexité à leur prise en compte, dont la dimension prospective ne peut se dissocier des questions d'urbanisme et d'aménagement du territoire. Dans ce contexte, l'efficacité énergétique devient un élément important de la planification territoriale. Le secteur résidentiel et celui du transport, pour la part liée aux déplacements qu'impliquent les fonctions territoriales, sont

²⁰³ Pour être complet, la branche énergie (raffinage, production et distribution d'électricité, usages internes, pertes, etc.) est la quatrième émettrice et sa considération présente à des échelles plus globales de temps et d'espace un intérêt primordial dans le métabolisme de certains territoires. Elle n'est toutefois pas souvent considérée dans le sens où peu de marges de manœuvres existent, sauf justement à changer de système énergétique ...

²⁰⁴ Qui elles-mêmes s'explique par le recours à une énergie peu chère et facilitant la mobilité, le pétrole.

donc à la fois des poids lourds des consommations d'énergie, tout en constituant des secteurs pour lesquels des économies d'énergie sont réalisables à moyens termes *via* des choix de planification.

1.2. Justification de l'entrée « consommation » retenue pour le développement d'un indicateur

L'énergie ne fait pas partie des objets d'étude classiques de la géographie, bien qu'elle conditionne pourtant, et va de plus en plus, surdéterminer les structures et les dynamiques des territoires. Nous avons précédemment démontré que selon leurs histoires, organisations et fonctionnements, les territoires présentent de fortes disparités du point de vue énergétique, et se trouvent plus ou moins avantagés ou pénalisés. A titre d'exemple, les territoires ne bénéficient pas des mêmes potentiels énergétiques ou humains selon les ressources dont ils disposent ou les capacités à les exploiter, et se caractérisent ainsi par des profils de consommation différenciés. Bien que relativement similaires à grande échelle, ces profils présentent des nuances lors de la considération de petits territoires, nuances induites par des spécificités territoriales, telles la démographie, les activités économiques, l'organisation spatiale ou le contexte physique. Si les territoires présentent des spécificités, il convient alors de comprendre leurs fonctionnements pour créer et organiser des conditions leur permettant de développer leurs potentiels énergétiques ou d'économies d'énergie. L'analyse et la prise en compte de ces caractéristiques de contexte exhortent à sortir de logiques génériques définies dans un cadre national, ou de perspectives sectorielles considérées dans des politiques plus locales.

Les évolutions constatées au cours du chapitre 1 ont conclu que l'aménagement des territoires revêt une place centrale dans l'organisation du développement, en considérant les problématiques énergétiques à différents niveaux d'observation. Pour se faire, la connaissance du métabolisme des territoires est fondamentale et il convient de caractériser les territoires d'un point de vue énergétique afin de fournir aux thématiciens et décideurs l'information nécessaire pour des propositions contextualisées. Idéalement, cette caractérisation énergétique des territoires présenterait de manière exhaustive chacun des processus territoriaux et les formes d'énergétiques qui leur seraient liées pour une zone donnée, des potentiels énergétiques présents sur un territoire, aux usages, et ce pour tous les secteurs et activités. L'ampleur du travail est tel qu'elle impose des restrictions.

Si l'objectif principal et désormais atteint de la planification énergétique se résumait à la satisfaction de la demande dans des conditions économiques et de sécurité d'approvisionnement optimum sur l'ensemble du territoire national, deux principaux objectifs doivent aujourd'hui s'imposer aux conceptions et réalisations d'une planification territoriale énergétique à échelle infra-régionale : le premier volet concerne la réduction des besoins et consommations, et le second, l'assurance d'un approvisionnement énergétique optimal, notamment en matière environnementale.

La consommation d'un territoire ne se limite pas à une optimisation sur des "objets" consommateurs d'énergie tels les véhicules et bâtiments. Les arbitrages en matière d'aménagement et d'urbanisme influencent les consommations. La consommation énergétique d'un territoire dépend pour partie des performances des bâtiments et des mobilités ainsi générées (choix modaux, accessibilité) mais également des formes, structures et caractéristiques des activités et de l'urbanisation telles les compacité, densité ou mixité, qui déterminent le métabolisme de ce territoire.

L'approvisionnement et l'exploitation des potentiels énergétiques doivent être réalisés le plus rationnellement possible en fonction de critères environnementaux en conjuguant nécessairement deux aspects. Le premier aspect est relatif aux usages : en fonction d'un besoin de services énergétiques (ou usage) tel un besoin de chaleur, de mobilité, d'éclairage, de cuisson, etc., il existe des formes énergétiques plus adaptées en terme de rendement global, et donc une optimisation quant aux choix des filières et vecteurs énergétiques à privilégier. Le second aspect concerne l'offre et la production : il existe des formes de productions décentralisées limitant les transports, l'impact paysager ou les coûts de réseaux, tout comme des vecteurs énergétiques ayant des impacts environnementaux différenciés.

Conscients de la nécessité d'une approche intégrée de la problématique énergétique sur le territoire, notre intérêt ne s'est cependant limité qu'au premier volet évoqué précédemment, à savoir celui de la consommation, et ce pour trois principaux motifs. La maîtrise locale des problématiques énergétiques impose de considérer trois approches complémentaires que sont, sans hiérarchisation, le développement des énergies renouvelables, les économies d'énergies et l'amélioration de l'efficacité énergétique. Le premier motif présidant à la restriction que nous nous imposons concerne les deux dernières approches mentionnées (économie et efficacité), points qui relèvent d'avantage du versant consommation. Le second motif concerne l'écueil classique des données disponibles, qui sont particulièrement inexistantes à échelles fines dans le domaine énergétique. Nous avons déjà évoqué l'idée de générer de la donnée énergétique dérivée, à partir de données plus communes, de type socio-économiques issues par exemple de l'INSEE. Or, il semble que ces données soient davantage disponibles pour alimenter le versant consommation. Enfin, les institutions et collectivités prennent de plus en plus conscience des problèmes sociaux que posent aujourd'hui l'explosion des coûts de l'énergie et tentent d'identifier les populations touchées, identifiées comme vulnérables voir précaires. Une tentative de caractérisation des territoires du point de vue des consommations peut en ce sens participer à cet objectif.

Après avoir situé les enjeux en termes d'ordres de grandeur et tendances, nous avons considéré les secteurs de consommations sur lesquels des acteurs locaux peuvent avoir des marges de manœuvre dans le cadre d'une planification territoriale énergétique. Quel est ainsi l'existant en matière

d'évaluation des consommations énergétiques territoriales relatives aux activités résidentielles et de transports ?

2. Etat de l'art des méthodologies d'évaluation et des déterminants des consommations relatives aux logements et aux mobilités

Parvenir à qualifier énergétiquement les territoires en se limitant pour notre exemple à la consommation des secteurs résidentiels et des transports, nécessite l'identification et l'analyse des déterminants de ces consommations. Après avoir dressé une typologie des méthodes d'évaluation de ces consommations, cette compréhension ne peut éviter l'analyse distincte tout d'abord des activités résidentielles d'une part et des mobilités d'autre part, pour ensuite questionner leurs interactions, notamment sous le concept de formes urbaines entendues dans leur sens le plus large.

2.1. Typologie des approches en matière d'évaluation de consommations énergétiques

Pour répondre à ces questions liées aux consommations énergétiques et aux besoins de les intégrer dans un cadre territorial, une revue non exhaustive des méthodes d'évaluation des consommations et émissions liées est effectuée à partir de la littérature. Elle nous a permis de distinguer cinq principaux types d'approches, et notamment de différencier des approches générales de réflexion de projet, d'autres plus analytiques, des modèles technico-économiques sectoriels, des modèles plus spécialisés considérant le bâti et les formes urbaines au sens large, et enfin des approches relevant de l'étude et de la métrologie ; mais finalement assez peu d'outils et d'indicateurs dont l'entrée est véritablement spatiale et/ou territoriale. Ces approches sont synthétisées dans la Figure 5-3 puis détaillées ci-après.

<i>Types d'approches</i>	<i>Exemples</i>
1) Approches et démarches de réflexion au long de projets d'aménagement	Cit'ergie, HQE, AEU;
2) Approches académiques analytiques + analyse des facteurs discriminants, caractère méthodologique - non spatialisées	ETHEL, DEEM;
3) Approches technico-économiques sectorielles + approches économiques/économétriques des consommations - hors-sol, espaces non différenciés, top-down	Grusbin, 2003, GEMIS, Copert-x;
4) Approches statistiques spécialisées traitant des bâtis et formes urbaines + facteurs unitaires, entrée territoriale - spatialisées ou non	Enerter, Viejo, 2008 Heiple, 2008 ; Shimoda, 2007 Keirstead, 2009 ; Antoni, 2011;
5) Approches relevant de l'étude et/ou de la métrologie + précision relative - limites classiques (transposabilité, durée de validité, coûts, etc.)	DPE, cadastres d'émission BilanCarbone, Darmayan, 2011;

Figure 5-3 : Typologie des méthodes et approches d'évaluation des consommations énergétiques

1 - Approches et démarches de réflexion au long de projets

Les démarches rassemblées au sein de ce premier type d'approche relèvent de référentiels de réflexions à considérer au long de projets à échelle d'une agglomération ou d'un quartier ou de dispositifs d'évaluation normalisés. Ainsi, le label Cit'ergie²⁰⁵ est un processus de labellisation par étapes, version française du European Energy Award, portant sur l'évaluation des consommations énergétiques pour une collectivité. Après la réalisation d'un état des lieux, des grilles d'indicateurs normalisés obligatoires et facultatifs proposent des actions dans différents domaines tels l'approvisionnement énergétique, la mobilité, l'organisation interne, etc. et permettent une évaluation. Chaque action dans chaque domaine autorise la récolte d'un nombre de points validés par un audit externe réactualisé tous les quatre ans. D'application plus restreinte, l'Approche Environnementale de l'Urbanisme (AEU) établie par l'ADEME est une méthode accompagnée de financements qui vise l'intégration de la dimension environnementale et notamment des choix énergétiques dans les phases amont des projets et opérations d'urbanisme. L'AUE a été intégrée par l'association HQE au sein de la démarche « Haute Qualité Environnementale ». Cette méthodologie s'organise autour de 17 thèmes et présente deux volets, l'un visant à faciliter la gouvernance entre acteurs, l'autre à clarifier les objectifs durables de l'opération d'aménagement.

2 - Approches analytiques

Ce deuxième type d'approches présente un caractère méthodologique privilégiant l'identification, l'analyse et la compréhension des facteurs et mécanismes en jeu dans la consommation énergétique à l'échelle des territoires. La méthodologie concernant la construction de typologies, ainsi fournie par exemple par le projet ETHEL (Raux, 2005 ; 2006, Morice, 2004) en ce qui concerne les déplacements, constitue un point de départ dans l'analyse de la compréhension des déplacements. Elle propose de considérer des distances cumulées de déplacement tenant compte de types spécifiques d'espaces et de populations et ainsi d'évaluer des consommations. Bien que réalisés dans le cadre d'enjeux prospectifs et de scénarios à l'horizon 2020, les résultats du projet ETHEL ne sont pas spatialisés et n'intègrent pas de dimension multiscalair. De manière identique, et succédant aux Budgets Energie Transport relatifs à un individu, le Diagnostic Energies Emissions des Mobilités (DEEM) (CERTU, 2011) vise l'évaluation des consommations liées aux déplacements à partir de l'exploitation des Enquêtes Ménages Déplacements. Ces expérimentations autorisent l'identification de tendances et de facteurs discriminants pour la compréhension des mobilités : consommation pour tel type de catégorie d'individus, habitant dans tel type de lieu de résidence. Ces approches revêtent une portée généralisante et transposable.

²⁰⁵ <http://www.citergie.ademe.fr/>

3 - Approches économique ou techniques sectorielles

La liste de ces modèles technico-économiques à grande échelle est longue (cf Chap3) et leurs finalités indissociables d'une logique de planification macro-économique. De nombreux auteurs (tels Grusbin, 2003) proposent ainsi une approche économique de la consommation d'énergie des ménages en ayant recours à de tels modèles de calcul comme « Hermes » ou « Primes », intégrant les secteurs résidentiel et des transports. Toutefois, ils visent une comptabilité énergétique sur des espaces non différenciés et excluent de ce fait la prise en compte des spécificités du territoire étudié. De plus, ces modèles s'inscrivent dans une logique descendante (top-down) présentant directement des niveaux d'agrégation qui ne permettent pas l'identification de levier d'action à échelle des territoires. Ils autorisent l'étude des relations entre les activités économiques et le secteur énergétique en s'appuyant sur des séries temporelles de données socio-économiques tels les revenus, le prix des énergies, le PIB, chacune liée par des relations mathématiques issues de l'économétrie. La finalité macro-économique de ces modèles ne permet pas une explicitation des causes des phénomènes.

Ces modèles économiques possèdent leurs « équivalents techniques » largement utilisés, proposant des facteurs d'émission. Ainsi, GEMIS (Global Emission Model for integrated Systems) se présente sous la forme d'un logiciel exécutable et met à disposition des informations sur les énergies et émissions estimées sur la base d'analyse de cycle de vie. Le modèle COPERT²⁰⁶ (ou IMPACT-ADEME qui l'utilise), s'intéresse lui plus particulièrement à la question de l'évaluation des émissions liées aux transports routiers. La méthodologie COPERT intègre plusieurs paramètres, dont la vitesse constitue la dimension centrale, pour décrire les conditions de circulation et réaliser les calculs à partir de facteurs d'émission. La conséquence est une prise en compte partielle des émissions à froid dues aux effets des ralentissements et/ou congestion, pourtant principaux facteurs d'émissions de polluants, limitant l'intérêt de COPERT en milieu urbain. Ces modèles ne considèrent les consommations énergétiques et leurs émissions liées que comme des externalités qu'il conviendrait de saisir par application de règles de proportionnalité.

4 - Approches statistiques et spécialisées traitant du bâti et des formes urbaines

Ce quatrième type d'approche est sans doute celui dont les objectifs et applications sont les plus proches de nos préoccupations. Il comporte des modèles s'appuyant sur des statistiques spécifiques aux territoires concernés pour une thématique particulière, par exemple relatives aux bâtiments ou aux transports. Ces statistiques viennent ensuite pondérer des facteurs unitaires pour évaluer des

²⁰⁶ <http://www.emisia.com/copert/>

consommations. Porté par le bureau d'étude Énergies-Demain, l'outil Enerter est ainsi présenté comme relevant de la catégorie des modèles technico-économiques. Il permet de caractériser les consommations énergétiques de tout bâtiment pour des périmètres de gestion opérationnelle, tels ceux des collectivités. Selon ses concepteurs, cet outil est basé sur un recensement exhaustif et une description précise des surfaces. Alimenté par une base de données accompagnant le logiciel, il assure la compréhension des consommations énergétiques par simulation de chaque usage et permet la réalisation de bilans territoriaux concernant les consommations d'énergie, les émissions de gaz à effet de serre à des fins de réhabilitation des bâtiments.

Les modèles proposés par Heiple (2008 Etats-Unis d'Am.) ou Shimoda (2007 Japon) visent la définition de profils de consommation pour le secteur résidentiel et les bâtiments. Si le premier s'appuie sur des types de bâtiments incluant eux-mêmes des profils de consommation ; le second modèle de simulation, appliqué à Osaka, repose sur des archétypes de comportements individuels afin d'estimer les consommations énergétiques et émissions liées du secteur résidentiel.

Si ces modèles présentent un intérêt thématique certain, Viejo (2008 Allemagne) tente d'élaborer des indicateurs énergétiques spatialisés de consommation. Ces indicateurs se situent entre l'analyse technico-économique d'échelle régionale, dont l'objectif est l'adéquation offre-demande sous contrainte de rentabilité, et l'échelle du bâtiment individuel. Ils proposent de ce fait une entrée territoriale tenant compte des disparités locales de l'espace géographique, mais restent au stade de prototype considérant une approche statistique de la problématique énergétique, faute de données.

Au sein de ce type d'approche, les modèles reposant sur les comportements individuels et considérant les formes urbaines peuvent être distingués. Présentés sous la forme de modèles de simulations spatialisés, leur avantage tient aux prévisions et évaluations ex-ante qu'ils autorisent. Keirstead (2009 Angleterre) développe ainsi un modèle qui vise la sélection du mix énergétique pour l'optimisation des différentes fonctions urbaines comme des transports. Une famille de modèles particuliers se concentre sur les réseaux de transports comme éléments structurant de l'espace et vise la modélisation de ce système complexe en interaction avec les autres secteurs (modèle LUTI pour Land Use Transport Interaction models). La perspective de ces modèles est certes plus large que la seule évaluation des consommations énergétiques. Ces interactions entre transport et usages du sol impliquent la considération des réseaux, du prix du foncier, des lieux d'emploi et de résidence, menant à la construction de véritable ville virtuelle. Antoni (2011) dresse un état de l'art de ces modèles LUTI tels MobiSim, UrbanSim, Transus etc., dont la majorité propose *a minima* une évaluation des consommations énergétiques liées au secteur des transports qu'ils modélisent.

5 - Approches relevant de l'étude individuelle et/ou de la métrologie

Enfin, le Bilan Carbone, les approches cadastrales, les diagnostics de performance énergétique, ou études de gisements d'économies, cartographies thermographiques, font parties du dernier type d'approches retenues. Elles relèvent de l'étude et/ou de la métrologie (ETD, 2012, 2.1.2). Ainsi, le Bilan Carbone²⁰⁷ vise l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle d'un territoire, une collectivité ou d'une entreprise. Réputé pour sa relative facilité d'élaboration, il nécessite de compléter un ensemble de feuille de calcul de type tableur et au préalable, une importante phase de collecte de données. L'évaluation des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle d'un territoire peut également être réalisée à partir de méthodes dites « cadastres d'émissions ». Ces dernières considèrent la localisation géographique à l'origine de l'émission, excluant la part pourtant significative des émissions importées, par définition hors du périmètre concerné. Les cadastres d'émissions proposent le calcul théorique des flux de polluants émis dans l'atmosphère le plus souvent à partir de mesures de qualité de l'air. L'approche est donc très différente du Bilan Carbone.

Les études singulières visant à évaluer les consommations peuvent également être réalisées simplement par la collecte et mutualisation de données. Mori (2007) ou Darmayan (2011) proposent en ce sens des travaux intéressants, en confrontant, à l'échelle de plusieurs quartiers, des besoins d'énergie et des gisements potentiels locaux, en centrant notamment l'analyse sur le besoin et la consommation de chaleur, enjeu véritable mais peu fréquemment abordé. Ces travaux sont réalisés en Suisse et bénéficient d'un contexte très favorable en matière de données.

En changeant d'échelle pour se situer au niveau d'un logement, les Diagnostics de Performance Énergétique (DPE) s'appuient quant à eux sur la méthode 3CL2, appliquée au cas par cas par un diagnostiqueur, pour évaluer la consommation d'un logement individuel. Les DPE autorisent *a posteriori* une évaluation des consommations énergétiques entre autre en fonction des matériaux et caractéristiques du bâtiment. Si ces diagnostics réalisés périodiquement peuvent alimenter la construction d'une typologie de bâtiments, ils relèvent du domaine de l'étude technique et outre leur degrés de fiabilité relatif²⁰⁸, ils ne sont pas disponibles et accessibles directement. Il est à noter toutefois que la Loi Grenelle II imposerait aux diagnostiqueurs la saisie des DPE dans une base de données nationale centralisée, autorisant à terme une évaluation des consommations du parc des bâtiments résidentiels. Outre leurs échelles d'application, nécessairement réduite, ce type d'approches rend toute généralisation très délicate voir impossible. De plus, leur caractère ponctuel restreint leur durée de validité malgré leur coût souvent conséquent.

²⁰⁷ ADEME <http://www.associationbilancarbone.fr/>.

²⁰⁸ De nombreuses réserves sont émises quant à la fiabilité des DPE (MEDDE, 2012 ; et bien que non représentatif : UFCQueChoisir, Oct. 2012).

Ainsi, dans les recherches menées jusqu'ici, les questions concernant la qualification énergétique de tout ou partie de territoire nous semble être envisagée selon deux entrées. La première est relative à une comptabilité non spatialisée et plus ou moins aboutie, de l'énergie produite ou consommée sur un territoire *via* des modèles technico-économiques. La seconde se concentre sur l'organisation spatiale du territoire dans ses dimensions fonctionnelles et/ou morphologiques. Pour cette dernière, la question énergétique est abordée, principalement en liaison avec l'urbain, sous deux angles prioritaires : un premier est relatif aux consommations et à la performance énergétique des bâtiments, avec une prise en compte plus ou moins grande des caractéristiques socio-économiques et des comportements de ses habitants, et l'autre est centré sur les transports, mobilités et formes urbaines. Très majoritairement, ces approches ont comme points communs de constituer des évaluations *a posteriori*, à échelles fixes. La plupart sont non spatialisées et établies sur des territoires indifférenciés, ou s'inscrivent dans des logiques relevant soit de la statistique pour des thématiques spécialisées, soit de l'étude et de la mesure. Il s'agit de plus majoritairement d'expériences et de travaux qui ne concernent pas la France. Outre la limite de taille que présente le besoin de données, le caractère transposable et généralisable de ces approches, ainsi que leur niveau de détail autorisant l'identification de levier d'action, restent à questionner au cas par cas. Ces conclusions très générales viennent rappeler la difficulté de représentation des phénomènes complexes et au besoin, que chaque modèle répond à des objectifs spécifiques.

Les paragraphes ci-dessous visent alors à identifier et détailler les variables et facteurs conditionnant la consommation énergétique en matière de logements, de mobilités et de formes urbaines à considérer.

2.2. Secteur résidentiel et consommation énergétique :

Enjeux : quelques chiffres

En ce qui concerne les consommations du secteur résidentiel et tertiaire, les usages identifiés démontrent avant tout l'importance du chauffage, qui constitue la part majoritaire de l'énergie consommée, avant l'eau chaude (sanitaire et cuisson), et l'électricité spécifique (Figure 5-4).

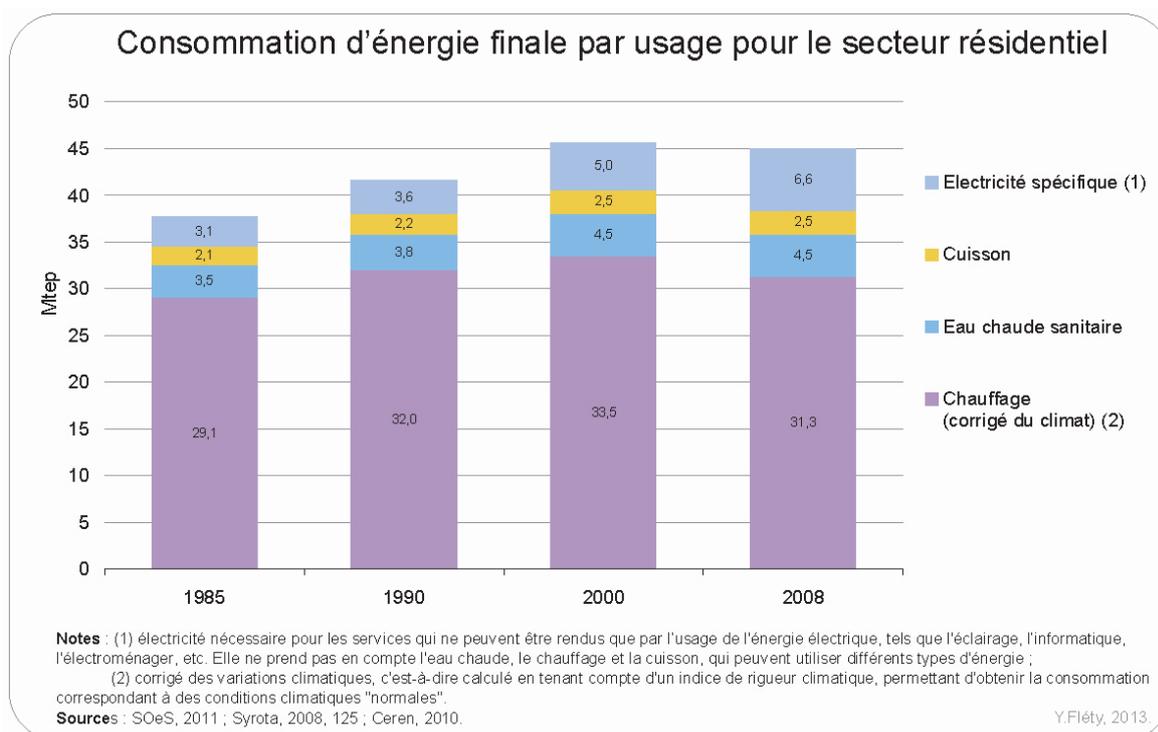


Figure 5-4 : Evolution des consommations d'énergie par usage dans le résidentiel (SOeS, 2010)

Les appareils électroniques liés aux technologies de l'information et de la communication constituent désormais le premier poste de consommation d'électricité de la majorité des logements (CGEDD, 2008).

Un travail sur l'énergie intègre nécessairement l'échelle du bâtiment (Querrien, 2007), et ainsi, les éléments de contexte et de structure des bâtiments semblent primordiaux pour l'évaluation des consommations énergétiques liées à l'habitat résidentiel (Morice, 2004 ; Raux, 2005 et 2006). Il est à noter que si, en France, le taux de renouvellement du parc de logement demeure à son rythme actuel, soit environ 1% par année, le parc hérité et construit aujourd'hui représentera les 2/3 du parc de 2050. D'où l'intérêt d'agir sur le parc bâti hérité (Maizia, 2007).

Dans un premier temps nous avons cherché à synthétiser les méthodes permettant l'évaluation de ces consommations avant d'aborder l'ensemble des dimensions et facteurs qui déterminent la consommation résidentielle d'énergie des ménages. La littérature à ce propos est vaste et abondante²⁰⁹ pour les approches relevant d'enquêtes, de traitements statistiques ou de modèles issus de ces deux approches.

²⁰⁹ Cependant moins en France qu'à l'étranger au vu du nombre de publications internationales.

Des méthodes

Une revue des différentes méthodes d'évaluation des consommations énergétiques résidentielles ainsi qu'une synthèse comparative, sont proposées par Swan (2009). La première distinction réalisée est relative au choix de l'approche descendante ou ascendante réalisée. Si les approches descendantes sont constituées de modèles économétriques, elles reposent sur des séries temporelles n'autorisant pas la compréhension des variables en jeux et donc pas la représentation des usages pourtant nécessaires en matière de planification territoriale énergétique²¹⁰. Toutes les méthodes inscrites dans une approche ascendante s'appuient quant à elles plus ou moins directement sur des données d'enquêtes, voir des factures. Ainsi, que ces consommations soient évaluées à partir d'échantillons, d'archétypes ou de profils issus de méthodes statistiques de régression ou de méthodologies plus originales²¹¹, la donnée de départ nécessite un travail d'enquête. Il est évident que ce type d'approche par enquêtes, considérant les caractéristiques intrinsèques ou socio-économiques des occupants et de leurs logements, se heurte à des limites quant à leurs coûts, leurs transpositions et leurs efforts très soutenus en récolte de données, sans compter les problèmes de confidentialité et protection de la vie privée.

Si les enquêtes constituent bien le matériel source à l'origine de la quantification des consommations, la quasi-totalité des évaluations de consommations est cependant réalisée à l'échelle de territoires administratifs par des évaluations statistiques contextualisées, consistant à croiser une information statistique avec des facteurs d'émissions unitaires. Dans ces méthodes globales, il s'agit de « *reconstitution indirecte en utilisant quelques caractéristiques du territoire : la démographie, les activités économiques ... sur lesquelles on plaque des coefficients unitaires nationaux, triturés au niveau régional et départemental. Et on parvient en comparaison avec des mesures directes à des erreurs pouvant aller jusqu'à 25% dans certain secteur comme dans notre cas pour le chauffage* » Houi (2009). Ainsi, la consommation d'énergie du secteur de l'habitat est rarement évaluée directement à partir de données locales telles les enquêtes de consommation ou des données des gestionnaires ; elle est le plus souvent reconstituée à partir d'éléments statistiques (Figure 5-5) :

²¹⁰ Nous rappelons que l'une des caractéristiques de cette planification est la mise en adéquation d'usages énergétiques (ex : besoin de chaleur) et de formes d'énergies optimales puisque toutes n'ont pas le même rendement global en fonction de cet usage final (efficacité limitée du chauffage par de l'électricité par exemple).

²¹¹ Mihalakakou (2002) réalise par exemple des prévisions sur bases horaires de consommation qui ont été calculées à partir de la technique probabiliste des réseaux de neurones, en intégrant des critères physiques (ensoleillement, températures...).

- les caractéristiques du parc de logement (Insee/RGP, nombre variable d'indicateurs) : effet de structure avec le type de logement (individuel/collectif), date de construction, mode de chauffage, combustible utilisé, nombre de pièces et d'occupants par logement... ;
- des coefficients de consommation unitaire du Centre d'études et de recherches économique sur l'énergie (CEREN) : ils donnent pour chaque type d'usage (eau chaude sanitaire, cuisson, électricité spécifique) et chaque type d'énergie (électricité, gaz...), une consommation moyenne par type de logement ;
- les degrés jours unifiés (DJU), qui permettent d'ajuster les consommations aux conditions climatiques locales.

	Résidentiel	Tertiaire	Transport	Industrie
Méthode EXPLICIT (ALE, 2001) Bilan énergie Grenoble	Recensement général de la population (modes de chauffage) x consommations unitaires (CEREN, Observatoire de l'énergie) x facteurs d'émission de CO ₂	Fichier UNEDIC, SIRENE (INSEE), Données Fonction Publique x consommations unitaires (CEREN, Observatoire de l'énergie) x facteurs d'émission de CO ₂	Couplage du modèle de trafic de Grenoble et du modèle IMPACT-ADEME	Enquête annuelle des consommations d'énergie dans l'industrie (EACEI), données sur l'emploi
Méthode EDF Bilan énergie La Rochelle	Recensement général de la population (modes de chauffage) x consommations unitaires (CEREN, Observatoire de l'énergie) x facteurs d'émission de CO ₂	Fichier SIRENE (INSEE), Données CCI, Educ. Nat., x consommations unitaires (CEREN, Observatoire de l'énergie) x facteurs d'émission de CO ₂	Modèles spécifiques	Enquête annuelle des consommations d'énergie dans l'industrie (EACEI)
Méthode ASPA (Cibick, 2003) Région Alsace	Recensement général de la population (modes de chauffage) x consommations unitaires (CEREN, Observatoire de l'énergie) x facteurs d'émission de CO ₂	Fichier SIRENE (INSEE), Enquêtes de branches x consommations unitaires (CEREN, Observatoire de l'énergie) x facteurs d'émission de CO ₂	Consommation de carburants calculée à partir du parc automobile (COPERT), données du trafic aérien, données SNCF x facteurs d'émission CO ₂	Enquête annuelle des consommations d'énergie dans l'industrie (EACEI), données DREAL, donnée SESSI, statistiques de branches
Bouclage et réajustement avec les données des fournisseurs d'énergie (communes), du comité des professionnels du Pétrole (départements) et de l'observatoire de l'énergie (régions)				

Y. Fléty, 2013. Adapté de Roux ((Le), 2008, 108) ; Cortinovis (2006, 11) ; DRIRE, (2006, 28)

Figure 5-5 : Analyse comparée de plusieurs méthodes de quantification des consommations d'énergie et GES (Adapté de Roux ((Le), 2008, 108) ; Cortinovis (2006, 11) ; DRIRE, (2006, 28))

Les résultats obtenus par ces estimations ne doivent pas faire obstacle à une volonté de compréhension des déterminants de ces consommations.

Les déterminants fondamentaux

Quelques variables de longs termes ne sont citées que pour mémoire pour comprendre les consommations d'énergie des ménages, puisqu'elles ne sont pas intégrées dans les études et apparaissent également comme les moins maîtrisables (Bhattacharjee 2011). Il s'agit des changements en matière de climat, du contexte macroéconomique en matière de croissance, des choix effectués en matière de politiques énergétiques et de la perception des enjeux liés à la consommation d'énergie. La plupart des enquêtes ne considèrent pas explicitement de critères géographiques (localisation ou autre), mais intègrent les caractéristiques du ménage²¹² et du logement telles la période de construction, le taux d'équipement électroménager (StatCan, 2003, 51). Blasco (2001) étudie les comportements des occupants de 1500 logements périurbains argentins et insiste sur la prise en considération des profils de ménages, principalement autour de quatre facteurs, que sont le nombre de membres composant le ménage, leur travail et âge, et le temps passés dans le logement. Dans une perspective identique, Yohanis (2008) considère, pour un échantillon de logements nord-irlandais, le type de logement, sa localisation, le mode de propriété, et sa taille, l'équipement du logement ainsi que quelques caractéristiques des occupants (âge, revenus, temps d'occupation). Il démontre une forte corrélation entre la consommation d'électricité, la surface des logements et le niveau de revenus. En revanche, la différence de localisation entre logement situé en milieu rural ou urbain entraîne des variations négligeables de moins de 1/10^{ème} de kWh/m² de consommation d'électricité moyenne quotidienne annuelle. Avec ces mêmes variables, Balaras (2007) travaille à une échelle européenne à partir de statistiques nationales. Lorek (2001, 3) ou Moll (2005) recourent au concept de métabolisme à l'échelle du logement pour l'évaluation des consommations. Si leurs approches permettent l'identification des variables à considérer, elles se basent sur des factures et soulèvent la question de leur transposition dans un contexte français ou de généralisation entre villes, puisque leurs résultats apparaissent sensiblement différents. Dans le contexte français, Maresca (2009) identifie et détaille chacun des déterminants de la consommation des logements et Mettetal (in IAUidF 2010) réalise la même tâche spécifiquement pour l'espace francilien et IAU (2009) propose une typologie pour ce même espace sur des critères maintenant classiques : tel le type de logement, sa période de construction, les revenus des résidents.

²¹² A partir de l'analyse de plus de 200 articles traitant de ce sujet, Bhattacharjee (2011) identifie 14 facteurs socio-économiques déterminants dans le contexte anglo-saxon (UK et Etats-Unis d'Amérique) sans parvenir cependant à établir de hiérarchisation entre ces derniers.

Ces enquêtes permettent de fournir quelques ordres de grandeurs. Ainsi Plateau (2006), dans une étude statistique réalisée à l'échelle de l'Ile de France et de l'agglomération Lilloise, fournit des consommations unitaires et émissions en fonction de caractéristiques des bâtiments et de variables socio-économiques liées aux ménages (Figure 5-6 gauche). IAUIF (2010) fournit d'autres consommations concernant uniquement le chauffage d'un échantillon du parc francilien (Figure 5-6 droite).

Date de construction du logement	Avant 1975	1975-1982	1982-1989	1990 et après
Consommation d'énergie* (en kWh)				
Maison à surface normalisée (100 m²)				
Fioul	18 900	16 065	13 655	11 607
Gaz	18 800	15 980	13 583	11 546
Electricité**	9 000	7 650	6 503	5 527
Appartement à surface normalisée (70 m²)				
Urbain	20 900	17 765	15 100	12 835
Gaz	11 000	9 350	7 948	6 755
Electricité**	5 600	4 760	4 046	3 439
Émission de CO ₂ (en g)				
Maison à surface normalisée (100 m²)				
Fioul	5 046	4 289	3 646	3 099
Gaz	3 798	3 228	2 744	2 332
Electricité**	1 620	1 377	1 170	995
Appartement à surface normalisée (70 m²)				
Urbain	3 637	3 091	2 627	2 233
Gaz	2 222	1 889	1 605	1 365
Electricité**	1 008	857	728	619

Résidences principales	tranches d'âge	Consommation conventionnelle de chauffage (en kWh final/m ² /an)	émissions de GES (kg eq. CO ₂)/m ²
Maisons	avant 1949	314,41	50,60
	de 1949 à 1974	245,67	46,11
	de 1975 à 1981	127,31	23,54
	de 1982 à 1998	110,97	19,03
	de 1999 à 2005	101,72	16,91
	Total	205,14	35,48
Appartements	avant 1949	190,19	39,62
	de 1949 à 1974	174,44	41,17
	de 1975 à 1981	81,31	18,99
	de 1982 à 1998	75,98	16,11
	de 1999 à 2005	60,12	12,71
	Total	149,94	33,54

Figure 5-6 : Consommations énergétiques dans les logements et émissions de dioxyde de carbone, en fonction du type et de la date de construction (Plateau, 2006 à gauche) (IAUIF, 2010, 15 à droite)

Toujours dans le contexte français, Marchal (2008) propose quant à lui une étude incluant une dimension géographique par la considération de trois zones climatiques (!), puis utilise une segmentation du parc de logements par les Diagnostics de Performance Energétique (DPE) et leurs types (collectif vs. individuel) ainsi que leurs années de construction (Figure 5-7).

	Nombre de logements	consommation moyenne en énergie primaire (kWh/m ² .an)
MAISONS INDIVIDUELLES avant 1975 non rénovées	3 493 140	457
LOGEMENTS COLLECTIFS avant 1975 non rénovés	2 524 511	456
MAISONS INDIVIDUELLES avant 1975 rénovées	5 259 950	327
LOGEMENTS COLLECTIFS avant 1975 rénovés	4 539 610	250
MAISONS INDIVIDUELLES 1975-2000	5 883 519	224
LOGEMENTS COLLECTIFS 1975-2000	2 120 316	160
LOGEMENTS sociaux	4 526 930	199
MAISONS INDIVIDUELLES construites entre 2000 et 2007	1 979 393	158
LOGEMENTS COLLECTIFS construits entre 2000 et 2007	1 199 717	178
PARC TOTAL	31 527 085	274

Figure 5-7 : Consommation énergétique primaire moyenne dans les logements en fonction du type et de la date de construction (Marchal, 2008)

Outre l'expression de ces valeurs dans des unités les rendant difficilement comparables sans précision liées aux types d'énergies utilisées, les critères discriminants semblent également discutables.

Dans un rapport très complet sur l'étude des déterminants de la consommation dans le logement en France, Cavailhès (2011) conclut en effet à l'inélasticité de la consommation énergétique à la surface²¹³ (très peu sensible à la taille des logements), à l'ambiguïté de la variable âge de la personne de référence, au rôle par contre prépondérant que joue la taille du ménage quant à l'augmentation de la consommation, le revenu allant dans le même sens, et enfin que la variable climatique a un effet important pour les maisons, mais est à la limite de la significativité concernant les appartements. Levy in Greenove (2012) s'appuie sur une enquête menant à l'établissement de 34 profils types de ménages pour constater l'absence de corrélation entre la superficie du logement et la consommation énergétique, et nuance le rôle du nombre d'individus du ménage. Il affirme que la position différenciée des ménages dans le cycle de vie (jeune célibataire, couple sans ou avec enfant en bas âge, couple avec grands enfants, seniors, etc.) constituait le critère déterminant de cette consommation.

Les travaux de Laurent (2006) visaient à explorer l'impact de deux déterminants particuliers sur l'évolution des systèmes énergétiques du secteur résidentiel et de leurs consommations d'ici 2030. Ces deux principaux déterminants sont d'une part un critère temporel, fondé sur l'évolution des temps sociaux et d'autre part un critère lié aux "infrastructures", interrogeant la capacité des différentes formes d'urbanisme et leurs évolutions à accepter des mutualisations et de systèmes énergétiques inédits. Le travail réalisé a permis de fixer les hypothèses d'évolution des techniques et de leurs performances du point de vue des émissions de carbone, pour les zones accueillant des constructions neuves. Or les scénarios tendanciels voient le plus souvent les émissions de la zone augmenter, les scénarios "MTD" (meilleures technologies disponibles) permettent de les contenir, voire de les baisser, mais jamais d'un facteur 4²¹⁴. Les aspects technologiques ne joueraient-ils qu'un rôle mineur dans les objectifs environnementaux que nos sociétés se sont fixés ?

Si l'identification des facteurs déterminants pour la consommation énergétique des logements est arrêté, la part relative de chacun est très variable voir contradictoire selon les études, et aucune hiérarchisation ne semble envisageable. Maresca (2009, 42) conclut sur le fait que les déterminants de la consommation énergétique du secteur résidentiel relèvent d'une combinaison d'effets structurels tels ceux évoqués, mais également comportementaux.

²¹³ Alors que la plupart des études citées jusqu'ici considèrent ce facteur comme fondamentale, notamment ETHEL (cf Raux, 2005, 77).

²¹⁴ Conformément au Grenelle Environnement, l'expression Facteur 4 désigne un objectif ou engagement écologique qui consiste à diviser par 4 les émissions de gaz à effet de serre pour 2050.

Le couple habitat/habitants : aspects sociaux-économiques et comportementaux

Il apparaît que l'évaluation des consommations énergétiques du secteur résidentiel ne peut être réalisée sans la considération d'un « couple » habitat/habitant, puisque comme le résume Janda (2009), « Building do not use energy, people do ».

L'importance du couple habitat/habitant

De nombreux auteurs, parmi lesquels Santamouris (2007), Haas (1998), Sjogren (2007), Bartiaux (2006) ou Yohanis (2008), centrent leurs analyses des consommations énergétiques dans le secteur résidentiel sur des aspects sociaux-économiques (composition du ménage, revenus, etc.), et Pettersen (1994) affirme qu'ils priment sur les caractéristiques du bâtiment. DTI (2006) élargit le spectre du logement en soulevant la question de l'influence des styles de vie qui impactent les consommations énergétiques. Il considère les consommations énergétiques au sens large au Royaume-Uni, en fonction du type d'habitat, des modes et de la température de chauffage, des mobilités quotidiennes et de vacances, de la nourriture, aux équipement électroménagers. Si IAU (2009) insiste sur le profil déterminant des ménages dans l'habitat privé en Ile de France à l'aide d'enquêtes et de typologies, les profils sont conditionnés par la localisation géographique et la taille du logement. La plupart des auteurs se retrouvent donc pour affirmer l'importance, voir la nécessité de considérer le couple habitat/habitant. Swan (2009, 14) ou Blasco (2001) poursuivent dans le même sens en avançant le rôle prépondérant des comportements. Laurent (in Greenov, 2012) affirme que les critères techniques (superficie, type d'habitat, etc.) n'ont que peu d'impact sur les variations de consommation de chauffage, mais que les comportements font quant à eux varier ce poste de consommation d'un facteur un à trois. Ces aspects soulèvent la question de la rationalité des choix et des changements de comportements : les consommateurs sont-ils aujourd'hui capables d'opérer les «choix appropriés» face aux consommations énergétiques et sont-ils en mesure de maîtriser leurs comportements ? Quelles sont leurs motivations à consommer ou à éventuellement économiser l'énergie, sachant que la consommation d'énergie n'est pas une consommation comme les autres puisque liée à des usages ? L'approche dominante souhaitant apporter des réponses à ces questions reste ancrée dans la théorie microéconomique qui décrit la formation de la préférence des consommateurs, sur les bases d'une fiction : l'individu agirait de manière rationnelle dans un marché parfait afin de maximiser sa satisfaction ou son usage personnel, essentiellement dictés par les coûts financiers. Les relations entre information, connaissance, conscience et comportements obéissent cependant à des schémas complexes et il n'y a pas de corrélation directe et positive entre une attitude favorable envers l'environnement et des pratiques de consommation à faible impact sur l'environnement (Wallenborn 2006, 12). Ce dernier a démontré que même dans les conditions les plus propices, la

prise de conscience entraîne peu de changements de comportements. Il est rejoint par IAUidf (2010, 105), Maresca (2009), CREDOC (2008) qui insistent sur le fait que la notion de confort prime systématiquement dans les arbitrages réalisés.

Les limites de la prise en compte du couple habitat/habitant

Cette approche soulève en effet des problèmes relatifs aux données. L'utilisation de socio-type semble, pour les consommations des ménages, illusoire au vu des données disponibles à échelle fine (communale et infra). Le niveau d'observation le plus fin pour lequel des données sont nationalement et aisément mobilisable, est celui du bâtiment et de l'IRIS, échelles qui au vu des données disponibles pourraient permettre l'utilisation de socio-types dans une démarche stochastique par des probabilités. L'intérêt et la considération même des comportements, approchés par des données socio-économiques, ne semblent pas envisageables à cette échelle.

Outre leur acquisition, des problèmes techniques liés aux traitements des données apparaissent : des méthodes statistiques telles la régression multiple sont en effet utilisées et la considération de variables socio-économiques soulève des problèmes de multi-colinéarité (Maizia (2002), Allaire (2007, 81), d'où la difficulté de prise en compte du couple habitat/habitant pour la consommation du secteur résidentiel. « *La compréhension des déterminants du comportement des ménages constitue une boîte noire qui pose des limites à tout exercice prospectif sur les consommations d'énergie* » (CREDOC, 2008). Globalement, si les variables sont identifiées, les résultats obtenus présentent des différences importantes, ne serait-ce que dans le poids relatif de chacune des variables, en fonction des contextes. Ceci pose la question de l'existence ou non d'universaux, d'invariants, sans doute généralisables à des échelles macroscopiques, mais pas aux échelles fines visées par nos objectifs.

Malgré l'importance et le fait qu'il semblerait judicieux de travailler à l'échelle des ménages²¹⁵, les limites identifiées incitent à considérer les bâtiments comme l'échelle de travail la plus fine, voir à concentrer l'analyse sur les mobilités et formes urbaines. Il en est ainsi puisqu'après quelques acquis et de nombreuses incertitudes la conclusion principale relative aux consommations énergétiques du secteur résidentiel réside dans l'impossibilité qu'ont les experts à hiérarchiser l'ensemble des facteurs autres que les caractéristiques du bâtiment lui-même. Il apparaît en effet difficile d'identifier le poids relatif de chaque facteur qui semble de plus variable en fonction des contextes. L'évaluation des consommations résidentielles perd alors de son intérêt à échelle

²¹⁵ La principale question en lien avec cette entrée ménage aurait été relative aux vulnérabilités et précarités énergétiques.

moyenne comme celle d'une aire urbaine puisque ne disposant pas d'enquête, les résultats agrégés issus de l'approche statistique ne permettent plus de différenciations relatives repérables par exemple à l'échelle du quartier.

Si les consommations d'énergie dans l'habitat ne semblent mêmes qu'approximativement quantifiables, peut-on les dissocier de celles liées aux mobilités ?

2.3. Consommations liées aux mobilités quotidiennes

Mobilités

Le transport des personnes est apparu comme l'un des postes d'émission principal de gaz à effet de serre (Figure 5-2). Parmi les quatre types de mobilités des personnes (Kaufmann, 1999, 7), la mobilité quotidienne désigne un mouvement d'un point à un autre interne à un bassin de vie, avec un retour dans la journée, dont les origines et destinations sont à l'intérieur d'un cercle de 80km à vol d'oiseau du domicile (Orfeuil, 1999). Elle représente la plupart des déplacements en nombre. Deux premiers constats généraux relatifs aux mobilités quotidiennes méritent d'être dressés (SOeS, 2011). Le premier est celui d'une forte croissance des distances de déplacement, avec une place prépondérante de la voiture individuelle, à l'exception parfois des centres villes. Le second est celui de la diffusion spatiale et temporelle de la demande de déplacement, et notamment la déconnexion entre les lieux de résidence et d'emploi.

Il existe une longue tradition de modélisation des mobilités quotidiennes, visant la compréhension de ses déterminants sociaux et spatiaux. En France, l'INRETS et l'ADEME ont depuis des années menés des recherches qui visaient l'établissement de méthodologies de calcul des impacts environnementaux imputables aux transports. Combinaison de consommations énergétiques établies à partir d'enquêtes ménages locales et d'émissions de polluants *via* des facteurs unitaires (Figure 5-5), ces méthodologies peuvent également viser à calculer pour un individu, ses consommations (Gallez, 1998, 14 et 50). Elles ont mis en évidence que pour des personnes comparables en termes de niveaux de vie, d'âges, etc., la consommation d'énergie pour la mobilité varie d'un rapport un à trois selon le type d'espace habité, bien desservi et équipé, ou au contraire peu dense et dépendant de l'automobile. De nombreux travaux (Nguyen-Luong, 2000) questionnent également les enjeux des déplacements, dans une approche centrée sur les transports et autorise l'évaluation des consommations liées aux transports de personnes en deux étapes²¹⁶. La première *via* des modèles de trafic, majoritairement dits à 4 étapes (Maizia, 2002), il s'agit essentiellement de modèle de choix modaux (CERTU, 1998 ; INRETS, 1988). Une fois les parts

²¹⁶ Nous avons spécifiquement travaillé sur ce point dans une perspective théorique (Fléty, 2011).

modales et distances calculées, la seconde étape d'évaluation des consommations et/ou émissions liées peut être approchée par des modèles spécifiques (COPERT ou IMPACT mentionnés précédemment).

2.3.1. Le couple mobilité/habitant

Des variables individuelles plus ou moins identifiées

La consommation d'énergie individuelle est une résultante directe des comportements de mobilité. Une corrélation entre les profils et donc caractéristiques des ménages, et les comportements de mobilité est soulignée par plusieurs études ; bien que la plupart se concentrent sur une ou quelques variables sans proposer de généralisation ou de cadre intégrateur. Ainsi, l'influence de différentes variables (Martel-Poliquin, 2012), relatives au nombre d'enfants ou d'actifs (Dieleman, 2002) a été démontrée sur le partage modal, tout comme l'âge moyen des individus sur les consommations énergétiques (Diepen (Van), 2001). L'effet des revenus du ménage est traditionnellement également reconnu comme prépondérant (Plateau, 2006). Pouyane (2004, 196) démontre quant à lui l'influence de la taille du ménage en fonction de la densité, sur le taux de motorisation pour l'agglomération Bordelaise : on assiste à une fuite du centre des ménages de grande taille, nouvelle localisation qui a des effets en termes de mobilité. Kaufmann (1999) décrit l'influence des caractéristiques individuelles sur la mobilité en s'intéressant aux styles de vie qui déterminent des pratiques de mobilités spécifiques. Les déterminants sont ainsi sans ordonnancement, l'âge, le revenu, le taux de motorisation ou encore la composition familiale dans le cycle de vie (nombre d'actifs, d'enfants) (Raux 2007, 105 ; (Néchet(Le), 2011). Plus précisément, selon l'indicateur de mobilité considéré (distance, nombre de déplacements, modes, etc.), les caractéristiques socio-économiques individuelles qui prévalent varient (Ewing, 2010).

Sensibilité environnementale : discours et pratiques

Selon les sociologues de l'environnement, si la sensibilité environnementale augmente avec le niveau de qualification, le constat d'une indépendance entre sensibilité environnementale des individus et pratiques de mobilité est également dressé (IFEN, 2007). Dans un travail d'enquête spécifique aux marges franciliennes à faible densité, Desjardins (2010, 138-148) démontre que les pratiques de mobilités sont indépendantes du degré de préoccupation environnementale. La préférence des ménages se tourne toujours vers des solutions internes au système automobile (effort pour une éco-conduite, organisation des déplacements, voir renoncement) : les contraintes imposées par le recours aux transports collectifs apparaissent inimaginables, même quand elles existent. Contrairement au logement pour lequel des solutions techniques, voir des modifications de

comportements sont envisageables et/ou réalisées, les changements semblent nettement moins nombreux en matière de mobilité quotidienne puisque cette dernière demeure indispensable à la réalisation des programmes d'activités, parmi lesquelles, le travail. Une étude de l'INSEE sur l'élasticité des dépenses énergétique (Clerc, 2009) confirme et affine ce constat en démontrant que la demande en énergie des ménages est assez sensible aux évolutions des prix, excepté pour le motif déplacement domicile-travail.

2.3.2. Formes urbaines et mobilités quotidiennes : densités, mixité fonctionnelle et centralités

Définition formes urbaines

La forme urbaine est le plus souvent définie²¹⁷ comme la configuration spatiale (la disposition dans l'espace) des éléments immobiles de l'urbain (Allaire, 2007, 61), elle est concrètement liée à deux dimensions que sont la répartition des densités d'emploi ou de population, et la mixité sociale et fonctionnelle. La préoccupation n'est pas nouvelle, Gilbert (1974) étudiait déjà les rapports entre « la demande de voyages » et la structure urbaine, avec pour éléments de réponse la « *répartition des usages de terrains dans les cités* » (mixité fonctionnelle). Les liens entre formes urbaines et mobilité quotidiennes sont largement discutés dans la littérature (Néchet (Le), 2011). Bien qu'exécutées dans des contextes différents, plusieurs études empiriques états-uniennes américaines, canadiennes ou chinoises ont démontrées que de nombreux éléments, tels les niveaux de vie, la situation géographique ou le type d'activité économiques (Larivière, 1999), et en particulier de fortes densités résidentielles, peuvent être corrélées d'une part, à un moindre recours à la voiture particulière (Fang, 2008 ; Peng, 2007 ; Brownstone, 2009 ; Bourdic, 2011), et d'autre part à une moindre consommation énergétique de l'ensemble du système urbain.

Densités et mobilité quotidienne

C'est sans doute pour la simplicité de la relation qu'elle exprime, que la courbe issue des travaux de Newman et Kenworthy (1989)²¹⁸ a connu un tel succès. Elle établit un lien entre densité et consommation de carburant pour les déplacements de personnes. Ces travaux ont fait l'objet de

²¹⁷ Les formes urbaines peuvent également être entendues dans une acception plus large, systémique, mêlant des aspects de fonctionnement (mobilités, activités) et d'occupation de l'espace, le « Settlement » anglo-saxon qui lui-même comporte deux dimensions : un contenant (cadre bâti, réseau morphologie, centralité) et un contenu (localisation et diversité des activités). Bien qu'elle en soit une caractéristique, l'étude des formes urbaines dans ce sens peut être applicable à tout type d'espace.

²¹⁸ Non lus, mais approchés *via* plusieurs articles.

nombreux débats (Desjardins, 2011, 9) ou d'adoptions simplistes malgré l'absence de prise en compte d'autres variables explicatives (taux de motorisation, niveau de vie, etc.). Les deux types de densité les plus significatifs par rapport aux comportements de mobilité sont la densité de population et la densité d'emploi. Une littérature abondante traite de ce lien entre densité et consommation d'énergie due aux déplacements, lien qui est admis et a été illustré au niveau intra-urbain comme inter-urbain (Ewin, 2010). Ces liens sont aujourd'hui revisités (Mindali, 2004 ; Safirova, 2007).

Les études empiriques traitant du lien densité-mobilité dans les cas français sont de moins en moins rares mais les travaux de thèse de Pouyanne (2004) font références pour le contexte urbain français (échantillon de 6 aires urbaines (Dijon, Grenoble, Lyon, Bordeaux, St Étienne, Aix-Marseille). Les résultats issus de ses travaux confirment le sens attendu de cette relation : la densité de population est inversement corrélée aux distances parcourues et à l'utilisation de l'automobile, et positivement associée à l'usage des modes doux. Noess (2005) s'intéresse à l'influence de la localisation résidentielle sur les comportements de mobilité en intégrant des aspects socio-économiques des habitants, des densités, des distances aux aménités et parvient à des conclusions similaires. Ainsi, les distances parcourues et la part modal de l'automobile décroissent avec la densité, bien que les distances parcourues deviennent indépendantes de la densité pour les communes les moins denses ou les plus éloignées. « *La plupart des études empiriques concluent à une influence significative de la densité sur les distances parcourues et le choix modal* ». « *Même si la densité et le choix modal sont indépendant pour 80% des communes étudiées, ce qui tend à signifier que les mesures de compaction ne peuvent avoir qu'un effet limité* ». Les formes urbaines compactes et denses induiraient cependant une diminution des distances et un plus grand recours aux modes doux. S'il s'agit ici de mobilités quotidiennes, nous n'abordons pas les questions de mobilités longues distances, qui présentent pourtant une part importante et croissante dans les bilans de consommations liées aux transports, faute de références/données²¹⁹. Les travaux de Aguilera (2007), Allaire (2007) ou Desjardins (2011) proposent d'excellentes synthèses relatives aux liens entre densités et consommations énergétiques et concluent que l'ensemble des travaux convergent vers des résultats similaires : dans les pays développés, en matière de mobilité quotidienne, la densité apparaît comme un élément favorable à une moindre utilisation de l'automobile et donc à de moindres consommations énergétiques.

²¹⁹ Quelques éléments de cadrage peuvent cependant être avancés (Plateau (2006, 12). La mobilité longue distance (80-100km selon les auteurs (ETHEL-Plateau), davantage liée aux loisirs, est en premier lieu déterminée par les revenus et dans une moindre mesure par la localisation résidentielle (Orfeuil, 2003 in Plateau, 2006) : « mais comme l'espace opère un tri social et générationnel des ménages, les liens entre consommations et positionnement dans l'espace sont complexes » et n'autorisent pas d'analyses générales.

Des limites et nuances quant à la densité

Steemers (2003) nuance les conclusions relatives aux densités au regard des contraintes qu'elles imposent sur l'orientation des bâtiments. Il revient sur les aspects de densité, et précise que si celle-ci est bénéfique d'un point de vue énergétique pour la fonction résidentielle en générale, elle ne l'est pas pour le tertiaire, notamment pour des questions de lumière naturelle et donc d'une part de chauffage et de refroidissement naturel. Différentes études démontrent le caractère variables des conclusions obtenues en fonction de contextes différents (Charron, 2006, Chapleau, 2003, Cooper, 2001). La typologie incluant des zonages urbains/rural à échelle nationale, fournie par le projet ETHEL est une des seules à mentionner des différenciations de consommations énergétique reposant sur des types d'espace (urbain, périurbain, rural, etc.).

De plus l'acceptabilité d'une densification est discutée par quelques auteurs (Allaire, 2007, 57). Ainsi, selon Gordon (2008), la densité ne peut être retenue comme levier d'action concernant les choix de localisation résidentielle parce qu'il va à l'encontre des aspirations des habitants, et que la modification des comportements de déplacements pour des raisons culturelles présentent des temporalités trop lentes au regard de l'urgence environnementale ; il s'agirait plus d'orienter les politiques en jeu sur la localisation des emplois et plus généralement sur les formes urbaines alors entendues comme réseaux de transport ou répartition des services et de l'emploi.

Morphologie, mixité fonctionnelle et mobilité

Si de petites modifications de la structure spatiale urbaine peuvent amener à d'importants changements de fonctionnement urbain (Batty, 2001), au critère de densité est alors ajouté celui de mixité fonctionnelle des territoires. Si le concept de Ville compacte vise la proximité de tout à tous pour diminuer les distances, l'idéal d'une « Ville cohérente » (Korsu, 2012) recherche la proximité de tous à leurs principales activités. Cette dernière mettrait en adéquation les origines et destinations des déplacements, notamment par une remise en cause du zonage, et une plus grande mixité fonctionnelle. La diversification sectorielle des espaces apparaît en effet comme un facteur de réduction de la consommation énergétique (Pouyanne, 2004). La diversité des fonctions sur un espace, quel que soit l'échelle considérée, semble compter plus que la densité, qu'elle que soit la façon de la mesurer (ratio habitants/emplois, mixité des fonctions, etc.) (Néchet (Le), 2011).

Centralité²²⁰

Les travaux ne permettent pas de trancher sur les avantages comparatifs d'une organisation polycentrique des activités par rapport à une organisation mono-centrique (Néchet (Le) (2011). L'effet de la polycentralité est ambiguë : si d'un côté elle serait à l'origine d'une croissance des distances de déplacements par la multiplication des pôles d'emploi, elle produit un fractionnement de l'aire urbaine en marchés locaux de l'emploi et du logement, créant ainsi un espace multi-mono-centrique (Pouyanne, 2004, 260). L'intégration des caractéristiques puis des usages du sol (multifonctionnalité) vient complexifier la donne. Cet auteur démontre ainsi que les comportements de mobilités, l'usage du sol et les caractéristiques des ménages interagissent, mais que ces interactions empêchent le passage d'une corrélation constatée à un lien de causalité (Pouyanne, 2004, 194). Il conclut à une interaction triangulaire (p201) entre les comportements de mobilité, les caractéristiques sociodémographiques et les formes urbaines (densités et mixité fonctionnelle et sociale).

Vers la considération d'un système complexe

Les recherches montrent donc que le levier principal est moins la densité ou quelques variables, que la manière dont s'agencent individus, réseaux et activités, soit la considération d'un système complexe sur lequel toute conclusion doit rester prudente. Le projet Énergie Transport Habitat Environnement (projet ETHEL cf. Raux, 2007), énonce dans son troisième rapport, que les écueils méthodologiques ne pourraient être évités que par une formalisation précise de l'ensemble de l'écosystème territorial qui seule, peut mettre en évidence la complexité et le nombre important d'interrelations entre les systèmes sectoriels. Or ces auteurs concluent qu'il semble impossible de proposer un tel modèle de système intégré qui présenterait l'ensemble des interrelations entre les processus concernant l'environnement, et les caractéristiques physiques ou socio-économiques du territoire²²¹. Mais la demande sociale forte pour la prise de décision précipite cette intégration et présente des risques : « *Ainsi la réalisation de tableau de bord reste discutable lorsqu'aucune confirmation sur les corrélations existant entre les processus n'est réalisée : en effet comment peut-on être sûr des valeurs obtenues pour deux ou plusieurs critères lorsqu'aucune vérification sur l'indépendance des variables n'a été réalisée, ce qui est la plupart du temps le cas* » (Maizia, 2002). Pouyanne (2004) va dans le même sens et soulève des problèmes de multi-colinéarités entre les variables traitées, et la difficulté d'inférer des liens causaux entre variables. Les travaux montrent

²²⁰ La dimension de centralité (monocentrique, polycentrique) prend une place particulière chez les économistes qui l'assimile à la définition même de formes urbaines (Modèle d'Alonso).

²²¹ Fusco (2001) propose en ce sens une approche reposant sur différents indicateurs.

pendant que la forme urbaine n'a qu'un rôle très limité sur les comportements de mobilité au regard de déterminants de nature socio-économique comme le revenu ou la composition des ménages (Néchet (Le), 2011).

En guise de conclusion

De façon similaire aux conclusions relatives aux logements, les acquis concernant les mobilités quotidiennes sont loin de conduire à un modèle général. Les conclusions sont contrastées : si les variables sont plus ou moins identifiées et quelques acquis précisés, les contextes font apparaître des nuances de taille. La plupart des travaux émane d'enquêtes et ne semblent pas généralisables. Quoiqu'il en soit, les recherches ne semblent suffisantes pour comprendre l'ensemble des liens entre mobilité quotidienne, formes urbaines et consommation énergétique (Desjardins, 2011). Pouyanne (2004, 255) conclut ainsi son travail de thèse dédié à ces questions, sur « *l'incapacité de trier l'importance relative des caractéristiques socio-économiques et des caractéristiques de l'environnement bâti pour expliquer les comportements de déplacement* ». Dans une perspective très relativiste, Desjardins (2011) questionne la pertinence et l'efficacité d'une réponse en matière d'aménagement du territoire pour traiter des questions énergétiques, au regard de solutions a-territoriales telles l'amélioration des moteurs ou une hausse des prix de l'énergie²²².

2.4. Des données énergétiques par définition contraintes

S'il est évident qu'une donnée est contrainte puisque récoltée pour servir un objectif, les données énergétiques revêtent plusieurs caractéristiques.

De la disponibilité de la donnée énergétique : statistiques françaises entre approches middle-top et secret statistique

Le domaine de l'énergie est caractérisé par l'absence de données de référence. Les données fournies sont en effet reliées à des problématiques de distribution qui distinguent l'énergie primaire de l'énergie finale. Ainsi, à titre d'exemple, l'établissement d'un bilan des consommations énergétiques portant sur l'énergie primaire n'est actuellement réalisé qu'à échelle nationale pour

²²² Les deux exemples de Desjardins peuvent sembler paradoxaux. Une diminution des consommations due à des améliorations techniques augmente les capacités de mobilité et baisse indirectement le coût. Dans l'hypothèse de la conjecture de Zahavi, ce type d'évolution favoriserait une augmentation de la mobilité, qui conjuguée à une augmentation de population conduiraient à des consommations plus importantes. Zahavi affirme en effet que les déplacements quotidiens sont réalisés à budget-temps constant et que leur portée spatiale est fonction de la vitesse de déplacement.

notamment intégrer les pertes du réseau de transport d'électricité (avec les erreurs relatives à la considération de cette échelle). La quantification énergétique locale (régionale et infra), porte donc sur les consommations d'énergie finale, répartie par produits et par secteurs. Ces données, disponibles niveau national et par région, sont au mieux ventilées par secteur : résidentiel-tertiaire, transports, industrie, agriculture. Dans cette approche statistique, les ménages n'existent pas. Dépassant le cadre strict de la disponibilité des données, Souami (2007, 10) mentionne une distorsion entre les enjeux énergétiques et les modes d'action sur le territoire. Il affirme l'existence d'espaces de références différents : les concepts techniques de l'énergie abordent le territoire comme un espace dans lequel circulent des flux dont l'origine importe moins que leur ordre de grandeur et leur bilan final. Si l'urbaniste voit son action fondée sur le sol et les découpages fonciers administratifs, il est difficile de faire le lien avec la représentation énergétique et technique du territoire. Les analyses de flux ne se rapportent que difficilement aux découpages fonciers.

Les écueils de la donnée énergétique aux échelles « locales »

Un paradoxe peut être souligné concernant la donnée au niveau national pour une action locale (infra régionale) :

« La demande des collectivités est frustrée quant à la précision des données (comportements...) » « Les collectivités locales veulent avoir des consommations par habitant, veulent ensuite se situer par rapport aux autres avec des données spécifiques à leurs territoires et pas en utilisant des moyennes nationales » (Radanne, 2009). Or « Aller vers de petites mailles ne donne pas des statistiques plus précises mais un niveau supplémentaire d'imprécision, sans compter les effets de bordure. Par exemple au sujet des stations-services de carburants, on connaît la quantité de carburant délivrée, mais les gens peuvent circuler sur des territoires plus larges que celui à la base de la comptabilité. On ne peut pas transformer des statistiques de consommation de carburant en consommations des véhicules d'un petit territoire [...] Nous avons aujourd'hui une asymétrie entre un système de gouvernance, de statistiques, de données et de méthode qui est traditionnellement national au niveau de sa représentation, et des acteurs locaux à qui on demande maintenant de s'engager de manière très déterminée, notamment au travers de la loi Grenelle 2 » (Radanne²²³, 2009).

Ce point reste très sérieusement problématique au vu de nos objectifs puisqu'il évacue une analyse des SET avec une granularité communale ou infra. Cette situation peut cependant évoluer, et quelques nécessités politiques ou actions volontaires ou volontaristes pourraient changer l'accès aux données et permettre d'intégrer des données à ce niveau de granularité. Ainsi, à titre d'exemple, les données kilométriques de chaque véhicule sont fournies lors des contrôles techniques

²²³ Pierre Radanne, ancien président de l'ADEME, est un spécialiste des politiques énergétiques.

centralisés en préfectures, les consommations des logements sociaux sont connues des bailleurs sociaux, etc.

« Depuis 2005, les données ne sont plus récoltées et donc fournies au niveau des postes de distribution de l'électricité » (ETD, 2009), elles restent en effet tributaires des découpages géographiques proposés par des organismes de recensement. Classiquement nous nous heurtons à plusieurs problèmes telle la diversité des découpages administratifs et statistiques, de diversité dans les formes géométriques des unités ou des critères spécifiques à la thématique : «*La mesure de la consommation des produits pétroliers peut être pertinente à l'échelle du département, pas en dessous et encore, pour des départements non-frontaliers* » (ETD, 2009). Les questions classiques liées à la pertinence de l'échelle d'appréhension des phénomènes réapparaissent, et avec elles, celles des découpages et niveau d'agrégation. Par exemple, si, relativement à une échelle globale, la consommation d'électricité peut paraître anodine à l'échelle d'une ville parce que cette électricité n'est pas produite en son sein, il n'en est pas de même à l'échelle du pays. L'obstacle classique de la disponibilité des données est ensuite avancé. La donnée énergétique la plus fine, disponible pour l'ensemble du territoire national, est fournie à l'échelle de la Région puisque la plupart des données détaillées sont propriétaires : les fournisseurs et distributeurs pourraient être mobilisés²²⁴ mais le contexte de concurrence les pousse encore logiquement à privilégier la protection de leurs marchés. Par ailleurs, la donnée énergétique est récoltée à des fins d'orientation d'une politique énergétique dans une perspective technico-économique dominante (cf. Chap. 1) Ainsi contrainte et orientée dès sa collecte, elle ne se trouve pas intégrée dans un cadre préalable d'appréhension sous la forme d'un système cohérent établissant des interrelations.

Conclusion de chapitre 5 – un cadre d'analyse contraint

Par un état de l'art, ce chapitre expose le cadre contraint de construction d'un indicateur territorial énergétique. Après avoir situé les enjeux en termes d'ordres de grandeurs, nous considérons les principaux postes de consommations sur lesquels des acteurs locaux peuvent avoir des marges de manœuvre dans le cadre d'une planification territoriale énergétique. Conscient de la nécessité d'une approche intégrée de la problématique énergétique sur le territoire, notre intérêt s'est cependant limité, dans le cadre de ce travail, au volet consommations énergétiques. Au vu des ordres de grandeurs et tendances présentés en matière de consommations énergétiques, deux secteurs caractéristiques de la planification territoriale retiennent particulièrement l'attention : le secteur

²²⁴ Cette situation évolue. Il est à noter que les distributeurs sont contraints de mettre à disposition des autorités concédantes, c'est-à-dire des communes, certaines informations, dont les chiffres de ventes du territoire concerné.

résidentiel et celui des transports. Nous avons décidé de nous concentrer uniquement sur la consommation d'énergie liées aux fonctions résidentielles²²⁵ et mobilités quotidiennes, activités consommatrices, mais sur lesquelles des leviers en matière d'aménagement peuvent être identifiés. Il s'agissait donc d'identifier, en lien avec la donnée disponible, les principaux déterminants d'une consommation énergétique territoriale en matière d'habitat et de mobilités pour la construction d'un indicateur. Cette approche se heurte à plusieurs verrous. Le constat de l'indigence des données à l'échelle fine a en effet été dressé. Le niveau de compréhension et de connaissance du système énergétique territorial, notamment des interactions en son sein, ne semble ensuite pas suffisant. Ainsi, l'évaluation de la consommation résidentielle se heurte à l'impossibilité d'une hiérarchisation des facteurs qui la déterminent et les conclusions quant aux liens entre formes urbaines et consommation énergétique restent ambiguës voire contradictoires. Ces verrous prennent ici une dimension particulière puisqu'ils imposent une double restriction qui va à l'encontre de l'approche systémique retenue : une première restriction d'ordre thématique d'une part, puisque ces verrous obligent à ne considérer que quelques dimensions de la consommation territoriale, et une seconde, méthodologique d'autre part, puisque l'analyse supprime les interactions, simplifiant au lieu de tenter d'approcher la complexité. Justifier et démontrer l'apport d'une prise en compte des spécificités des territoires pour une meilleure planification territoriale énergétique constituaient l'un des objectifs de ce travail. Si l'objectif reste valide, sa mise en œuvre est contrainte par la difficulté de capter, *via* des données, une complexité délicate à appréhender. Face à ces limites, la construction d'un indicateur territorial permettant de boucler la démarche de conception précédemment proposée, nécessite de développer une méthodologie spécifique. Nous proposons ainsi le développement d'un indicateur théorique normatif centré sur l'habitat et les mobilités quotidiennes sous la forme d'une Etiquette Énergétique Territoriale.

²²⁵ Nous excluons par avance les résidences secondaires en estimant que leur consommation d'énergie est faible comparée à celle de la résidence principale. Pour être complet, il faut mentionner l'« énergie grise », c'est-à-dire l'énergie qui a servi à fabriquer les différents produits que l'on trouve dans une habitation, que ce soit dans les appareils ou dans les murs. Il s'agit d'une problématique totalement différente de celle de la consommation directe d'énergie, et qui commence seulement à être étudiée. En outre le seul geste que peut poser aujourd'hui le consommateur par rapport à l'énergie grise est de ne pas acheter les produits, étant donné l'inexistence d'information claire à son sujet. La réalisation d'économies d'énergie par le choix de produits ayant nécessité moins d'énergie pour leur production obéit probablement à d'autres dynamiques que celles de la consommation directe et relève d'un choix extrêmement complexe, et qui doit d'abord être éclairci au niveau technique (Analyse des Cycles de Vie). Pour l'instant les outils développés présentent de très fortes disparités quant à leurs résultats.

Chapitre 6. Modalités de construction et intégration de l'indicateur Etiquette Énergétique Territoriale -mobilités quotidiennes

« Notre objectif est d'introduire la notion de performance de l'organisation urbaine en matière de maîtrise de l'énergie et d'émission de gaz à effet de serre. Pour cela, les élus et les responsables locaux ont besoin d'outils qui leur permettent d'éclairer leurs décisions. Ces outils nécessitent encore des travaux de recherche mais aussi des expérimentations [...] ». Philippe Van De Maele, Président de l'ADEME (in IEPF, 2010, 5).

Si la construction d'un indicateur ne représente qu'un exemple parmi d'autre de développement d'indicateur, elle vise un double objectif : obtenir un modèle conceptuel spécifique d'un indicateur et réaliser son intégration pour permettre ainsi de boucler la proposition de démarche.

La construction d'un indicateur territorial énergétique est contrainte, autant en termes de données que d'approche. Elle nécessite en ce sens de développer une méthodologie spécifique. Nous proposons ainsi d'étudier les possibilités d'élaboration d'un tel indicateur. Dans le cadre normatif des politiques associées aux objectifs de développement durable, la volonté de réduire les consommations énergétiques est aujourd'hui affirmée dans tous les domaines, qu'ils soient relatifs aux équipements ménagers, aux transports ou à l'habitat. L'idée d'ouvrir aujourd'hui cette volonté aux espaces urbanisés, et plus largement aux territoires, constitue le cœur de la problématique envisagée ici. Ainsi, ce chapitre expose les modalités de développement d'un indicateur théorique normatif centré sur l'habitat et les mobilités quotidiennes, sous la forme d'une « Étiquette Énergétique Territoriale », qui pourrait à terme, être intégrée dans certains documents réglementaires d'urbanisme.

Ce chapitre final est organisé en cinq sections. La première précise le contexte spécifique de cet indicateur et identifie sa problématique. La seconde section détaille quant à elle la méthodologie et les modalités de construction de l'indicateur en présentant les hypothèses « lourdes » effectuées. Elle est suivie de deux sections proposant respectivement des résultats-exemples d'étiquettes et une discussion sur les limites d'un tel exercice. La cinquième section propose enfin l'intégration de l'indicateur au sein de la démarche de conception proposée, avec d'une part l'obtention du modèle conceptuel spécifique à cet indicateur, et d'autre part, un premier enrichissement d'une ontologie de domaines territoire-énergie.

1. Préambule et problématique

Le chapitre précédent nous a permis d'identifier les secteurs de l'habitat résidentiel et de la mobilité quotidienne comme des secteurs particulièrement importants de la consommation énergétique sur lesquels il pourrait être intéressant de faire levier. L'idée de mettre au point une Etiquette énergétique pour les territoires part du constat que le changement climatique global est aujourd'hui à l'origine d'un objectif très concret de réduction des émissions de gaz à effets de serre, lui-même nécessairement corrélé à une réduction de la consommation énergétique globale.

La perspective d'une réduction de la consommation énergétique est associée à une volonté de lutte contre le changement climatique et ambitionne de réduire par quatre (facteur 4) les émissions françaises de gaz à effet de serre d'ici 2050. A ce premier objectif, s'ajoute un second, qui concerne également le moyen terme : l'augmentation des coûts annoncés des énergies fossiles va directement contraindre les comportements de mobilité actuels, et suppose de fait, de nécessaires questionnements en termes d'efficacité et d'économie d'énergie. Cette perspective se traduit par la définition d'objectifs en matière de maîtrise et d'amélioration de l'efficacité énergétique (Grenelle Environnement, Plan Climat, Directives européennes, etc.). Dans ce contexte, la performance énergétique devient un élément prégnant de la planification urbaine et plus généralement de la planification territoriale.

Pour parvenir à l'action, les acteurs de l'aménagement expriment aujourd'hui un besoin prégnant en outils d'aide à l'Observation²²⁶, à la gestion et la décision, relatifs aux thématiques énergétiques, notamment dans le contexte de la décentralisation de la planification énergétique, de l'organisation de l'intercommunalité et des collectivités territoriales.

La performance énergétique est aujourd'hui progressivement prise en compte, plus ou moins explicitement, dans de nombreux documents spécifiques de planification territoriale (Plu, Scot, Agenda 21, Schéma des services collectifs de l'énergie, etc.). Mais pour autant, les questions énergétiques n'y sont souvent considérées que par l'intermédiaire des émissions de polluants qui leurs sont associées, et n'apparaissent en définitive que comme des « sous-produits » de la question climatique globale. Pour y remédier, une des mesures proposées par le Grenelle Environnement vise désormais à mieux intégrer les préoccupations énergétiques dans les documents d'urbanisme (MEEDDAT, 2008). Or l'élaboration de ces documents, (Scot et Plu essentiellement) relève d'un jeu de décisions complexes, puisque soumises à un nombre conséquents de critères tant économiques que sociaux, esthétiques ou environnementaux. Ces décisions ont de fortes

²²⁶ Incluant une dimension diagnostic (cf. Chap. 3).

répercussions sur les consommations énergétiques des territoires. Pour ce faire, l'intégration des spécificités de chaque territoire semble incontournable pour évaluer leurs consommations énergétiques de manière différenciée, notamment dans les secteurs de l'habitat résidentiel et des mobilités quotidiennes qui comptent parmi les plus concernés. Aussi, l'ambition de cet indicateur consiste en une qualification énergétique associée à chaque zone de l'espace urbain, par l'intermédiaire d'une étiquette, c'est-à-dire d'un indicateur fondé sur une méthodologie reproductible.

Dans le cadre normatif du développement durable, la volonté d'une réduction des consommations énergétiques est affirmée dans tous les domaines, qu'ils soient relatifs à l'urbanisme, aux équipements ménagers, aux transports ou à l'habitat. Dans ces mêmes domaines, un indicateur semble émerger sous la forme d'une « étiquette » qui constitue un label pour l'action.

1.1. Les étiquettes, label et indicateur pour agir

Dans le cadre du passage aux actions concrètes pour la réduction des consommations énergétiques, deux volets ont été imaginés. Le premier volet, fiscal, est notamment relatif aux réflexions portées sur les écotaxes : taxe carbone, éco-pastille (bonus/malus) pour les automobiles, éco-redevance pour le transport routier, promotion de l'éco-construction et réhabilitation énergétique, crédits d'impôts. Le second volet qui nous intéresse plus particulièrement est informationnel et s'intègre dans des processus de labellisation sur critères, concernant aussi bien les appareils électro-ménagers que les bâtiments ou les collectivités (étiquettes énergétiques, campagne Display©, label Cit'ergie©). Parmi ces labels, les Etiquettes énergétiques (Figure 6-1) présentent un intérêt particulier pour plusieurs raisons identifiées ci-dessous :

Caractéristiques des étiquettes

Les étiquettes énergétiques intègrent un ensemble de critères et d'indicateurs tels que :

- les références de l'objet considéré ;
- des catégories de consommations énergétiques en fonction d'un découpage linéaire en sept classes (symbolisées par une couleur dans une palette du vert au rouge, et qui s'échelonnent de la lettre A à la lettre G) ;
- des informations connexes (dans le cas du lave-linge, le bruit et/ou la consommation d'eau, ou le besoin de chauffage et/ou les émissions de CO₂ pour le cas du bâtiment).

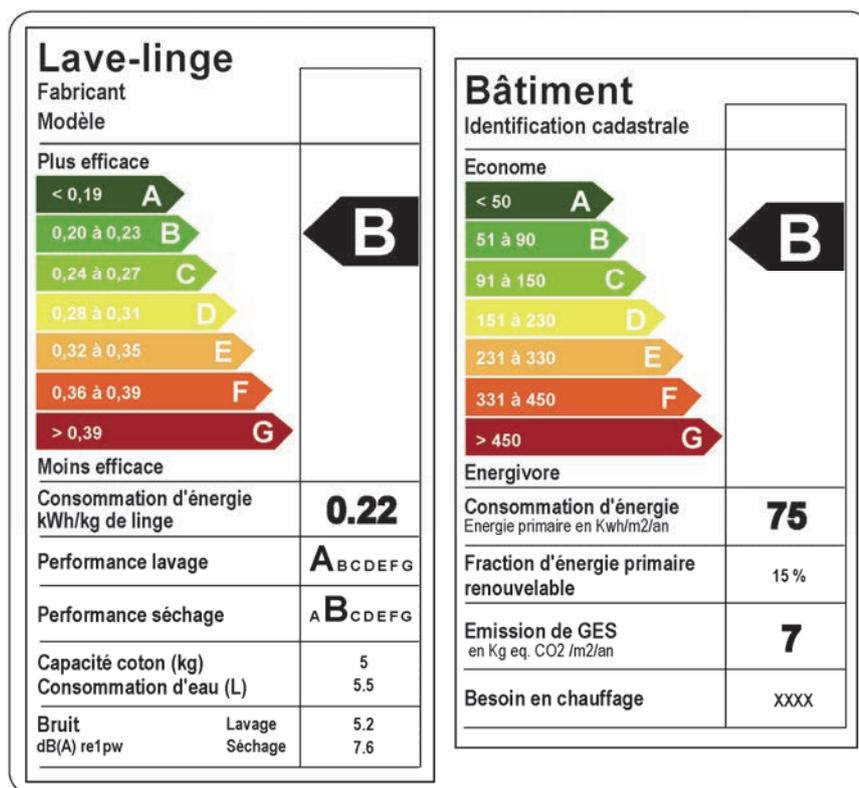


Figure 6-1 : Exemples d'étiquettes de produit électroménager (gauche) et de bâtiment (droite)

Il est à préciser un point important sur lequel nous reviendrons (cf. 1.2. ci-dessous) : les bornes de ces sept classes sont définies à partir d'une connaissance exhaustive des caractéristiques du parc de l'objet de l'étiquette. Enfin, l'ensemble de cette classification et les informations complémentaires fournies sur ces étiquettes sont les reflets d'une incitation guidée par des objectifs particuliers pour chacun des appareils ou des objets labélisés.

Objectifs des étiquettes

Ainsi, si l'étiquetage des appareils électroménagers apparaît comme un outil de comparaison pour l'acheteur, mis au point à partir de la connaissance du parc actuel d'une famille d'appareil (réfrigérateurs), un appareil particulier est classé pour sa consommation énergétique, dont l'étiquette est le symbole.

Cette finalité diffère toutefois légèrement si l'on considère l'étiquetage énergétique des bâtiments. Celui-ci est en effet annoncé comme un moyen d'information sur les travaux à réaliser pour réduire la facture d'énergie, et présenté comme un outil fortement incitatif dans le domaine de la rénovation de l'habitat : l'objectif visé est une consommation énergétique minimale par mètre carré d'habitation sous contrainte de coût (par exemple objectif de 50kWh/m²/an). Ainsi, le passage vers une classe supérieure au sein de l'étiquette énergétique d'un bâtiment est conditionné par la

réalisation d'un effort technique, telle une intervention en matière d'isolation, ou de changement de type de chauffage.

Par l'apposition d'une telle étiquette, ce processus de labellisation renvoie donc à la satisfaction de critères, et s'inscrit dans une finalité qui est celle de la performance énergétique, avec des objectifs de communication et de comparabilité. Dans ce contexte, la question centrale amenée ici est celle de l'intentionnalité : à quoi est-ce que l'on veut qu'une étiquette serve ? Quel est son objectif ? Quelle décision souhaite-t-on favoriser par son biais ?

1.2. Vers des étiquettes énergétiques « territoriales » ?

Compte tenu de la problématique de la volonté de réduction des consommations énergétiques, l'un des objectifs des étiquettes territoriales vise à intégrer la notion de performance énergétique aux documents d'urbanisme. La performance énergétique peut alors s'entendre comme une réduction des consommations d'énergie, à service rendu égal, qui vise à diminuer les coûts environnementaux, économiques et sociaux liés à la production et la consommation d'énergie. Mais pour autant, la problématique de la performance énergétique n'est pas systématiquement évoquée dans les documents et politiques de planification. Or, il semble que l'urbanisme, et plus largement la planification territoriale, soient en mesure de jouer un rôle important en matière énergétique (Grenier, 2007).

La délicate notion de territoire.

L'élaboration de telles étiquettes caractérisant la consommation énergétique des territoires se heurte toutefois à l'un des critères-objectifs des étiquettes précédemment évoqués : celui de la comparabilité liée aux valeurs et bornes des sept classes généralement retenues. A la différence des réfrigérateurs ou bâtiments, pour lesquels une certaine connaissance du parc existant et des consommations est admise, autorisant des comparaisons, la proposition d'étiquettes pour les territoires se heurte à une première difficulté. Il s'agit des différentes acceptions du terme territoire, qui en fonction de leurs définitions, excluent la connaissance en terme de consommation d'un « parc de territoires » et donc de valeurs de référence. En ce sens, ce travail s'inscrit nécessairement dans une démarche exploratoire, dans la mesure où l'étendue des consommations d'un hypothétique « parc de territoires » n'est actuellement pas connue²²⁷. Il s'agit d'un changement de référence : ainsi, les valeurs et bornes de classes prises par les étiquettes d'un territoire sont calculées sur la base de l'ensemble de ce territoire et ne peuvent en ce sens pas être directement comparées avec un

²²⁷ On peut imaginer à termes, la définition d'un bornage « absolu » fondé sur l'accumulation de données qualifiant de nombreux territoires.

autre territoire. Si à terme, les étiquettes peuvent y remédier, il s'agit donc dans un premier temps de différencier une comparabilité inter et intra-territoriale, et de ne considérer que cette dernière, à savoir une comparaison relative entre zones à l'intérieur d'un même territoire.

Une proposition

La construction de cet indicateur questionne la faisabilité et les modalités de mise en œuvre d'étiquettes énergétiques zonales pour des territoires, comme outils d'aide à la planification, intégrables dans les documents d'urbanisme : Est-il possible d'établir des étiquettes pour les espaces urbanisés ? Comment et à quelle(s) échelle(s) définir ces espaces ? Comment quantifier leurs consommations énergétiques et en quelle unité les exprimer ? Avec quel niveau de fiabilité et quelles informations complémentaires utiles à l'interprétation ? Comment ces étiquettes peuvent-elles constituer un outil pour l'aménagement du territoire : quels leviers d'action mettent-elles en évidence ?

La construction de cet indicateur repose sur un postulat de base affirmant que la localisation constitue un des facteurs clef des consommations énergétiques. Des éléments de méthodologie permettant une évaluation des mobilités quotidiennes sont ensuite avancés, tout en intégrant la composante habitat par des densités de logements. Ainsi, si certains leviers d'action sont identifiés par une méthodologie reproductible, il n'en reste pas moins que les étiquettes énergétiques ainsi définies restent un outil à manier avec précaution. Elles autorisent toutefois une première qualification énergétique des territoires mais nécessitent de poser des hypothèses « lourdes ».

2. Méthodologie

Le postulat affirmé ici pour asseoir la construction des étiquettes est le suivant : la localisation géographique au sein d'un territoire, d'un bâtiment dont les fonctions sont soit résidentielles, soit tertiaires, soit mixtes (résidentielles et tertiaires), induit nécessairement des « comportements » de consommation énergétique, au moins de deux manières :

- par le simple fait de la distance aux services, lieu de travail, ... que cette localisation induit (variables de mobilité) en considérant les déplacements ;
- par le jeu des conditions liées au contexte des bâtiments : tels les caractéristiques du bâtiment, le profil du ménage résidant, le couple habitat/habitant, les densités, etc. (variables de contexte du bâtiment). Pour différentes raisons avancées en 2.2. , ces aspects ne seront considérés qu'à travers des densités de logements.

De ce fait, l'intégration de spécificités territoriales semble incontournable pour évaluer la consommation énergétique différenciée de chaque territoire, notamment dans les secteurs de l'habitat résidentiel et des mobilités quotidiennes. Aussi, l'ambition de cet exemple vise à évaluer ces « comportements énergétiques territoriaux », et propose d'associer et de synthétiser au sein d'un indicateur unique, intitulé « Étiquette Énergétique Territoriale », deux éléments : une évaluation énergétique des mobilités associées à une zone et, des densités de logements conditionnant cette évaluation (Figure 6-2 ci-dessous).

2.1. Point de départ : la localisation induit des mobilités

S'agissant des mobilités, seules les mobilités quotidiennes sous la forme de déplacements routiers sont retenues, et plus particulièrement celles liées :

- aux déplacements entre le lieu de résidence et de travail (déplacement domicile-travail ou navettage)
- aux déplacements aux aménités (commerces et services) mais excluant ceux liés à l'activité de travail (exclusion des transits et des déplacements travail-travail).

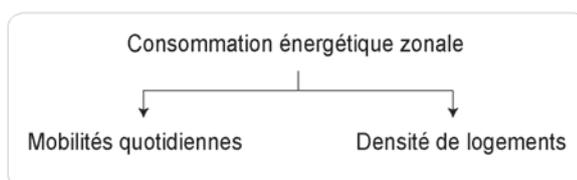


Figure 6-2 : Les facteurs retenus de la consommation énergétique zonale

Dans ce contexte, l'objectif peut alors consister à mesurer le potentiel théorique de déplacements que peut générer un espace, et par là d'évaluer des distances théoriques parcourues et consommations énergétiques associées. Cette évaluation de distances parcourues se décompose en deux postes que sont les déplacements liés à l'emploi et aux aménités, qu'elles soient de type urbain (commerces et services) ou rural (espaces naturels et de loisirs) (Figure 6-3). Faute de références en matière de fréquentations des aménités de type rural, seules les aménités de type urbain sont considérées dans un premier temps.

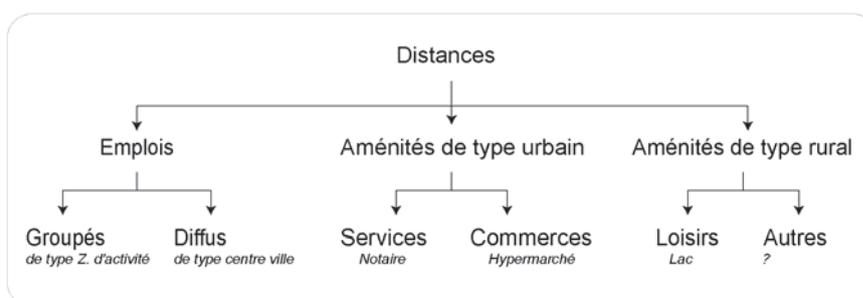


Figure 6-3 : Les distances à intégrer pour la définition des étiquettes

Après deux remarques préliminaires relatives à l'évaluation des consommations des bâtiments et l'intégration de comportements des habitants en fonction de types d'espace (2.3.), sont successivement présentées les étapes méthodologiques de la constitution de la base de travail cellulaire d'une part, et le calcul des étiquettes d'autre part. Cette base cellulaire consiste en l'intégration de l'ensemble des données nécessaires (2.4.) aux calculs des étiquettes (2.5.). Une synthèse de la méthodologie générale déployée est proposée en Figure 6-4.

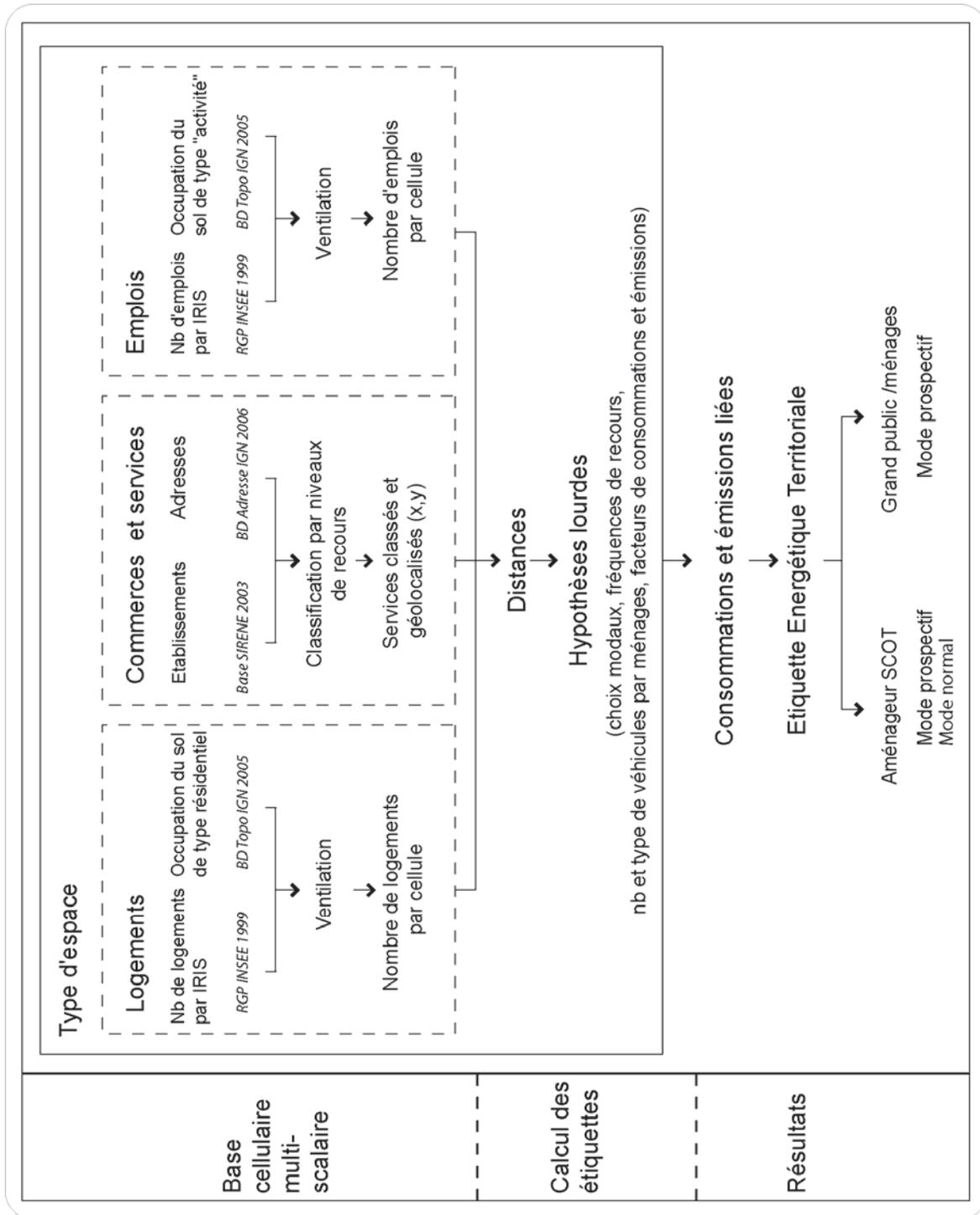


Figure 6-4 : Méthodologie générale de construction de l'indicateur EET

2.2. Un écueil : la consommation des bâtiments

En se fondant sur les déplacements liés aux localisations, les étiquettes énergétiques territoriales ont été imaginées, toujours dans une perspective de planification territoriale, comme la somme des consommations issues des bâtiments et de celles issues des mobilités.

La considération des consommations générées par un territoire, à l'échelle du bâtiment et de leurs occupants (dépendantes de caractéristiques aussi bien physiques, qu'environnementales (Mitchell, 2005 ; Sjogren 2007) ou sociales (Santamouris, 2007)), pourrait être ajoutée afin de compléter le volet « mobilité » de chaque étiquette par un volet « bâti ». Les Français consacrent en effet une part comparable de leur budget pour les dépenses énergétiques relatives à l'énergie domestique (chauffage, éclairage, etc.) et aux carburants (INSEE, 2008). L'intégration de cette dimension « consommation des bâtiments » se heurte toutefois à plusieurs obstacles qui conduisent à évacuer ce calcul.

En effet, comme détaillé dans le chapitre précédent, les calculs de consommations des bâtiments sont réalisés à partir de valeurs moyennes nationales agrégées, puis ventilées à l'échelle des bâtiments par l'utilisation de facteurs unitaires de consommation au *prorata* de leurs surfaces, du profil du ménage occupant, etc. (Plateau, 2006). De plus, la granularité de ces données socio-économiques est agrégée à l'échelle de la commune. Aussi, les résultats lissés issus de ces approches ne permettent pas de dégager d'écarts suffisamment fins de consommations entre les communes. De surcroît, ces variables (qui font par exemple intervenir le type de chauffage, le niveau d'isolation des fenêtres, l'état de la toiture, etc.) apparaissent fortement évolutives, et dépendent des rénovations envisagées dans le parc de logements, celles-ci étant souvent initiées à l'échelle individuelle ou de la copropriété, et donc difficiles à quantifier. Il est à noter toutefois que les consommations des bâtiments évaluées lors des Diagnostics de Performance Energétique, vont être systématiquement renseignées au sein d'une base de données centralisée dans le cadre de la loi Grenelle II ; ce qui pourrait à terme ouvrir des pistes intéressantes²²⁸.

Ensuite, tandis qu'une politique volontariste dans le logement permettrait de diminuer d'un facteur 2 les émissions de gaz à effet de serre correspondantes, la croissance des émissions dues aux transports dans les zones périurbaines et rurales annulerait ce gain (Raux, 2007). Pour un logement de 100 m² chauffé au gaz, un effort sur le bâti de 60kWh/m²/an (passage de la Réglementation Thermique 2005 au label Habitat Passif) est annulé par une distance parcourue en voiture particulière de 20km par jour et un véhicule utilisé 340 jours par an, émettant 180g de CO₂/km, ce qui est la moyenne française actuelle. Il ne s'agit toutefois ici en aucun cas d'exclure quelques formes d'actions volontaristes que ce soit, mais bien de ressituer l'importance relative des enjeux.

²²⁸ Malgré les réserves émises quant à leur fiabilité (cf. note de bas de page n°208 p. 255).

En ce même sens, et bien que le taux de renouvellement du parc ancien par le neuf avoisine les 1% par an en France (ADEME, 2005), il convient de noter que l'évolution des réglementations thermiques liées aux nouvelles constructions ainsi que les aspects techniques (isolations, modes de chauffage) visent aujourd'hui une efficacité énergétique optimale. Ainsi, et dans une optique prospective, l'habitat sous ses aspects techniques, ne sera à long terme qu'une variable faiblement significative. Dans quelques décennies, l'enjeu sera en effet sans doute moins de considérer des bâtiments énergivores (Réglementations thermiques, bâtiments passifs ou à énergie positive) que leur localisation sur le territoire, génératrice de mobilités²²⁹.

Au vu de ces arguments, le choix est ici fait de ne pas considérer les consommations liées aux bâtiments. L'étiquette énergétique d'un territoire peut alors se confondre avec son « potentiel de déplacements », qui peut être généré pour chaque zone en fonction des distances théoriques parcourues par les habitants, et des consommations énergétiques associées. Il ne s'agit d'approcher le secteur résidentiel que par une entrée territoriale se limitant à la prise en compte de densités de logements, conditionnant le nombre de déplacements effectués à partir d'une zone. En effet, l'ouverture (ou fermeture) de zones à l'urbanisation (augmentation ou diminution de la densité) est susceptible de bousculer « l'existant zonale » en termes de nombres de déplacements, et ainsi de modifier les valeurs de l'ensemble des étiquettes du territoire concerné (cf. la difficulté identifiée en 1.2.).

2.3. Des comportements différenciés par types d'espaces

L'indicateur développé ici s'inscrit dans une entrée résolument territoriale et considère en ce sens une différenciation de comportements de mobilité en fonction de types d'espace (projet ETHEL, Raux, 2005-2006 ; Morice, 2004). Ces comportements de mobilité, choix modaux, fréquences de déplacements, etc., peuvent en effet trouver des tendances déclinées par types d'espace. Ainsi, le nombre de déplacements et le nombre de véhicules possédés par un ménage de profil similaire résidant en périurbain ou en centre-ville diffèrent.

Un des objectifs visés par les étiquettes est de rendre conventionnel des comportements, par l'étude d'un « comportement normé » proche d'une réalité observée. Il s'agirait à terme de parvenir à la définition de « catégories de comportements », fonction de localisations et de types d'espace, permettant l'estimation de l'énergie nécessaire à la satisfaction de chacun de ces comportements. Si la définition de différents comportements n'a pas encore abouti dans ce travail, ce dernier propose déjà d'intégrer des types d'espaces (2.4. ci-dessous), basés sur le Zonage en aires urbaines et aires

²²⁹ Malgré le fait que les économies générées par la performance énergétique des bâtiments puissent être anéanties par effet rebond (Centre d'Analyse Stratégique, 2013).

d'emploi de l'espace rural (ZAUER²³⁰) proposé par l'INSEE, pour différencier (selon un type d'espace rural, urbain ou périurbain) ces comportements de mobilité et pouvoir dans un premier temps les tester. Le comportement ainsi normé d'un habitant standard sert pour l'instant de référence pour le calcul des déplacements potentiels à partir de chaque espace. Il est présenté sur la Figure 6-5 : pour chaque logement, il est considéré qu'un individu se déplace cinq jours par semaine vers son lieu d'emploi et vers un commerce ou un service de proximité, et recourt une fois par semaine à un supermarché pour ses courses hebdomadaires. Différents comportements pourraient être imaginés selon une typologie spatiale (espace de type rural, périurbain, centre-ville) et la construction de l'indicateur intègre déjà cette possibilité (Annexe 4).

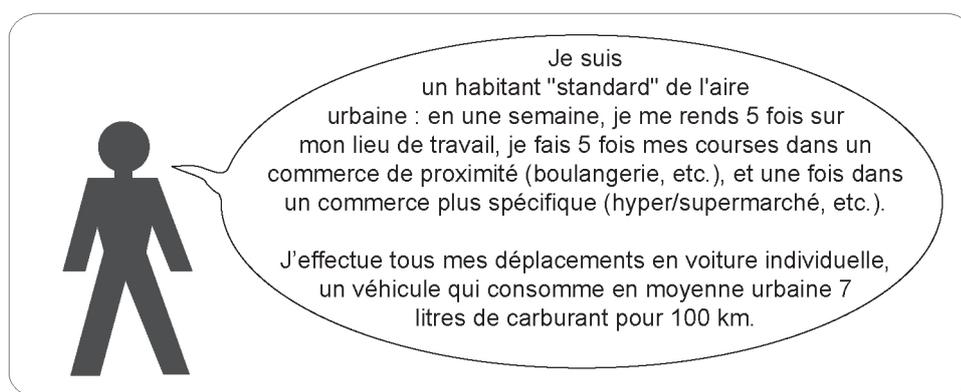


Figure 6-5 : Un comportement normé pour un individu standard pour un type d'espace

2.4. Un espace cellulaire pour l'intégration des données

Nous proposons donc de calculer des consommations liées aux mobilités quotidiennes en tenant compte des distances que la localisation de chaque zone demande de parcourir pour relier les zones d'emploi et les aménités urbaines (composées des services et des commerces) du territoire considéré. Si les données nécessaires sont identifiées, quel(s) espace(s) et quelle(s) échelles considérer pour qualifier énergétiquement les territoires ?

Pour commencer, la première question est induite par l'hétérogénéité scalaire des sources des données considérées comme nécessaires. Ainsi l'occupation du sol fournit par la BD Topo²³¹ de l'IGN, le contexte socio-démographique issu du RGP INSEE ou les activités inventoriées dans la BD SIRENE²³² se présentent chacun à une échelle différente. Ensuite, il est impératif de conserver la possibilité de considérer des bâtiments d'habitation individuelle dans une zone non encore

²³⁰ Zonage élaboré sur des critères relatifs au marché de l'emploi et la continuité du bâti (Nicot, 2005).

²³¹ La BD Topo est une base de données vecteur de référence qui, fournit une information en 3 dimensions à tous les acteurs de la gestion et de l'aménagement du territoire. Elle contient une description des éléments du paysage sous forme de vecteurs de précision métrique, classés selon une thématique.

²³² La base de données SIRENE est le Système Informatique pour le Répertoire des ENtreprises et des Etablissements mis à jour quotidiennement par l'INSEE.

ouverte à l'urbanisation, ce qui impose une échelle fine. Des changements d'échelles peuvent en ce sens avoir lieu et nécessitent donc la considération de plusieurs échelles. Pour faire face à cette double contrainte du multi-échelle et de l'intégration de données hétérogènes, les géographes ont régulièrement recours à un découpage de l'espace en une matrice à maille carrée, mise au point par une opération de carroyage (tessélation). Ainsi une approche cellulaire et multiscalaire a été retenue pour la construction de cet indicateur²³³. La contrainte de comparabilité intra-territoriale évoquée en 1.2. , trouve ainsi un élément de réponse par la définition de zones régulières (cellule). A titre d'exemple, la Figure 6-6 propose une représentation à la fois de cet espace cellulaire, de la figuration du bâti résidentiel et du réseau viaire, avec par exemple ici une maille de 100m pour un secteur au nord-ouest de l'agglomération de Besançon.

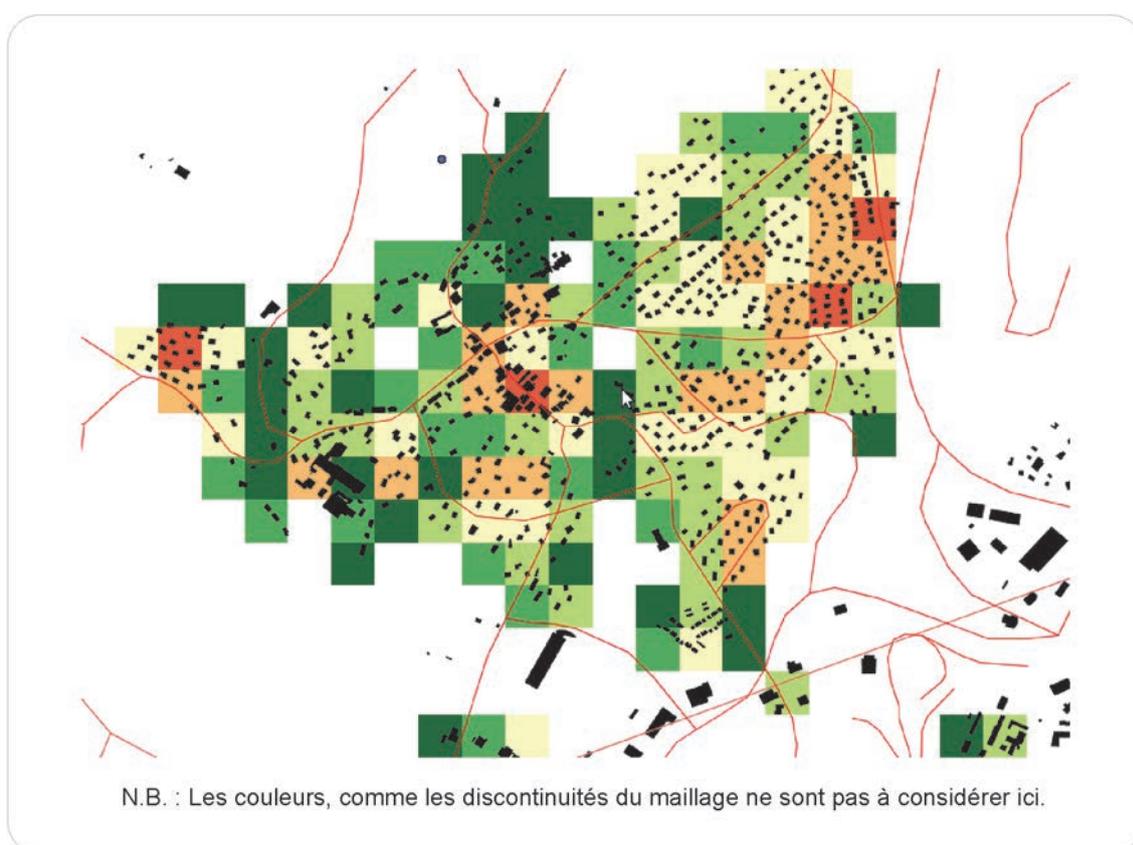


Figure 6-6 : L'espace cellulaire, exemple illustratif avec une maille de 100m

Les paragraphes suivants présentent l'intégration successive de l'ensemble des données nécessaires à la constitution de la base cellulaire et multi-scalaire de travail, à savoir, les types d'espace considérés, les logements, les services et commerces, et l'emploi.

²³³ Le recours à un espace cellulaire est un choix méthodologique effectué dans le cadre précis de la construction de cet indicateur particulier. Il n'est en aucun cas généralisable : d'autres indicateurs pourraient ne considérer pour leur construction que des formes vectorielles (polygones, point, etc.).

Types d'espace

Comme évoquée précédemment, la considération de types d'espace pour intégrer des comportements de mobilités a été retenue. Il s'agit donc de sélectionner un type de zonage pertinent au vu de notre problématique, liant aménité, habitat et emploi.

Le zonage en aires urbaines et aires d'emplois de l'espace rural (ZAUER de l'INSEE) décline le territoire en quatre catégories principales reposant essentiellement sur des critères relatifs au marché de l'emploi et au bâti. La première représente l'espace à dominante rurale (trois derniers codes du Tableau 6-1) qui comprend à la fois des petites unités urbaines et des communes rurales. Les trois autres constituent l'espace à dominante urbaine : ce sont les pôles urbains, les couronnes périurbaines et les communes multi-polarisées.

Code type d'espace	Type d'espace
1	communes appartenant à un pôle urbain
2	communes mono-polarisées ou couronne péri-urbaine
3	communes multi-polarisées
4	communes appartenant à un pôle d'emploi de l'espace rural
5	communes appartenant à la couronne d'une pôle d'emploi rural
6	communes hors espace urbain, rurales

Tableau 6-1 : Modalités des types d'espace retenus, le ZAUER INSEE

Ainsi, chaque logement générera un déplacement dont les caractéristiques (choix modaux, fréquences de recours à une aménité, etc.) seront spécifiques au type d'espace dans lequel ce logement se localise.

Logements

Le calcul des mobilités quotidiennes impose comme point de départ, des ménages, considérés dans notre cas par les logements. L'hypothèse ici considérée est qu'un logement abrite un et un seul ménage (ce qui semble assez réaliste mais surestime la population d'un quartier en ne tenant pas compte du fait que certains logements peuvent être vacants). Il est donc nécessaire de connaître la répartition du nombre de logements dans l'espace cellulaire évoqué précédemment, les logements constituant la principale variable de génération de déplacements. Dans ce cadre, l'enjeu est la ventilation du nombre de logements dans les bâtiments résidentiels, avec les problèmes que cela pose en termes de bâtiments à étages. Pour ce faire, l'occupation du sol détaillée (fournie par la BD Topo IGN) qui fournit entre autre la hauteur de chaque bâtiment, a été prise en compte.

L'occupation du sol est ainsi générée²³⁴ à partir des couches de la BD Topo de l'IGN, « bâtiment », « zone_arborée », « surface_eau », « surface_activité ». Le résultat peut être représenté cartographiquement par l'occupation du sol sur l'espace cellulaire évoqué précédemment, à différentes résolutions. Cette première étape étant réalisée, il est possible de ventiler les logements de la Communauté d'Agglomération du Grand Besançon (CAGB), dont le nombre est connu au niveau des IRIS ou des communes (RGP INSEE). Cette ventilation est réalisée en plusieurs étapes (Figure 6-8 p. 291) en considérant :

- Z_i : la surface de la zone i**
- n_i : le nombre de logements dans la zone i**
- B_j : la surface du bâtiment j**
- h_j : la hauteur du bâtiment j**
- C_k : la surface de la cellule k**
- a : fonction déterminant l'aire d'une surface**

Dans un premier temps, il s'agit de déterminer à quelle commune ou à quel IRIS appartient chaque bâtiment résidentiel de la couche « bâtiment » de la BD Topo IGN (un objet bâti appartient à une et une seule zone) :

$$p_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } Z_i \cap B_j = \max_k (Z_k \cap B_j) \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

Le volume total de bâtiments résidentiels dans chaque commune ou IRIS (v) est ensuite déterminé, ce qui nécessite de tenir compte de la hauteur (h) des bâtiments :

²³⁴ Avant de réaliser la décomposition proprement dite, un pré-traitement est effectué pour définir le plus finement possible la typologie des bâtiments. En effet la typologie fournie par la couche « bâtiment » de l'IGN est incomplète. Pour l'améliorer, nous proposons de croiser la couche « surface_activité » avec la couche « bâtiment ». Concrètement cela revient à créer une table « bati_activ » qui affecte une nouvelle catégorie à un « bâtiment » quand celui-ci intersecte une surface d'activité avec plus de 50% de sa surface. Suite à cette opération, il devient possible de créer une vue intermédiaire qui agrège les différents champs contenant une information sur le type de bâti (nature de la couche « bâtiment », catégorie de la couche « bâtiment », catégorie de la couche « surface_activité » renommée en « activité » dans la table « bati_activ »). Enfin, on crée la vue « bâti_catégorie » qui simplifie les différentes catégories pour ne retenir que les types « Logement résidentiel » et « Activité ».

Après ces prétraitements, la typologie est dans l'ensemble acceptable : les grandes zones industrielles et commerciales sont bien affectées. Il reste toutefois un problème dans le centre-ville où une bonne partie des bâtiments administratifs n'est pas déterminée. Pour y remédier, une correction manuelle a été effectuée en modifiant la nature des bâtiments suivants : la mairie, les centres des impôts, la faculté des lettres, le musée et le cinéma des beaux-arts, la citadelle, etc. Il reste néanmoins certains bâtiments mal affectés en centre-ville car un polygone bâti correspond parfois à un ensemble de bâtiments de différentes natures (une erreur due aux données sources, qui semble plus ou moins incompressible).

$$v_i = \sum_j p_{ij} \cdot h_j \cdot a(B_j)$$

A partir du volume dans chaque zone, il est possible de calculer la densité de logements de chaque bâtiment :

Densité volumique de la zone i :

Densité volumique du bâti j :

$$\rho Z_i = \frac{n_i}{v_i}$$

$$\rho B_j = \sum_i p_{ij} \cdot \rho Z_i$$

Pour terminer, le nombre de logements est calculé dans chaque cellule k :

$$N_{Ck} = \sum_j a(B_j \cap C_k) \cdot h_j \cdot \rho B_j$$

Le résultat peut être représenté cartographiquement par le nombre de logements dans chaque cellule, à différentes résolutions : 1000m, 100m, 50m. La Figure 6-7 propose une représentation de cette qualification du bâti résidentiel avec une résolution de 100m.

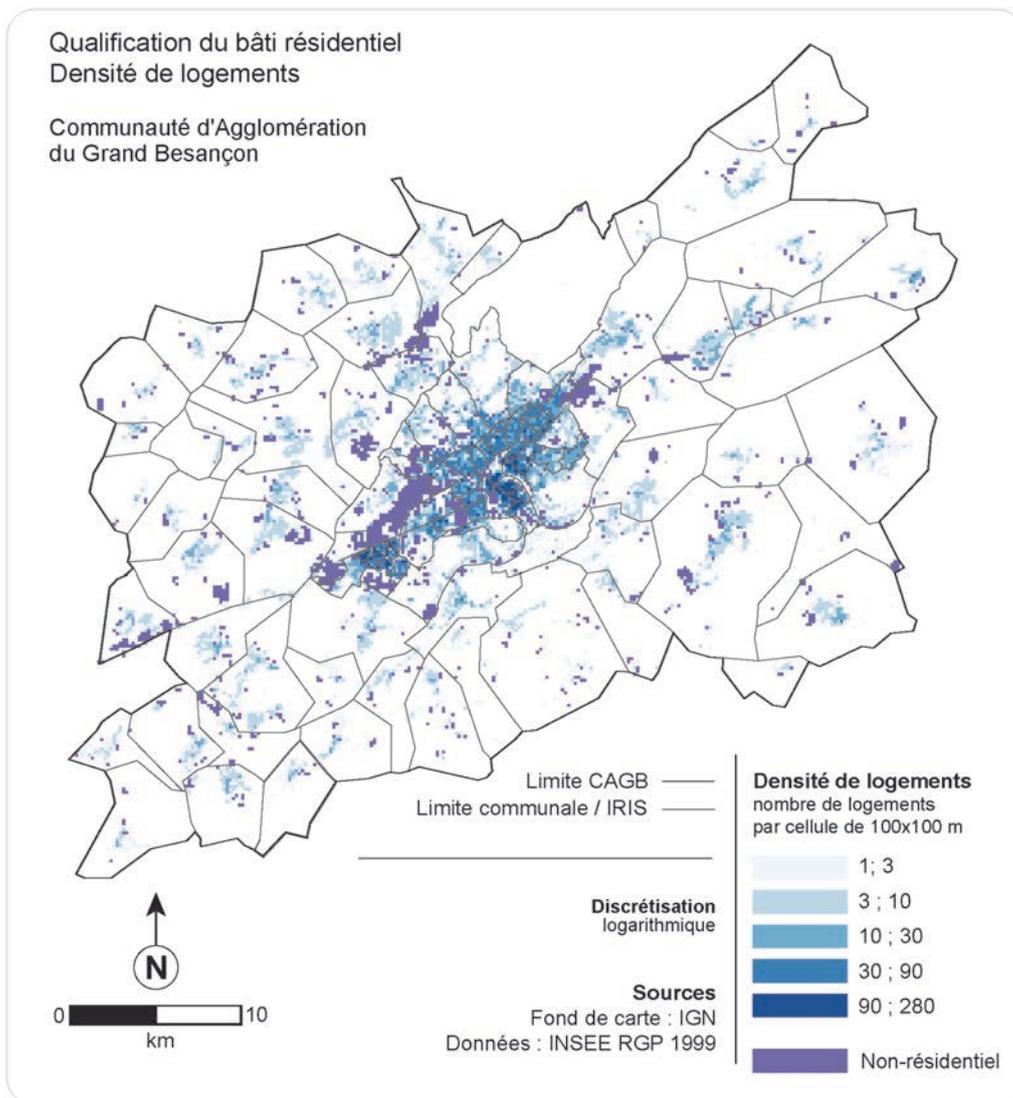


Figure 6-7 : Qualification du bâti résidentiel par les densités de logements

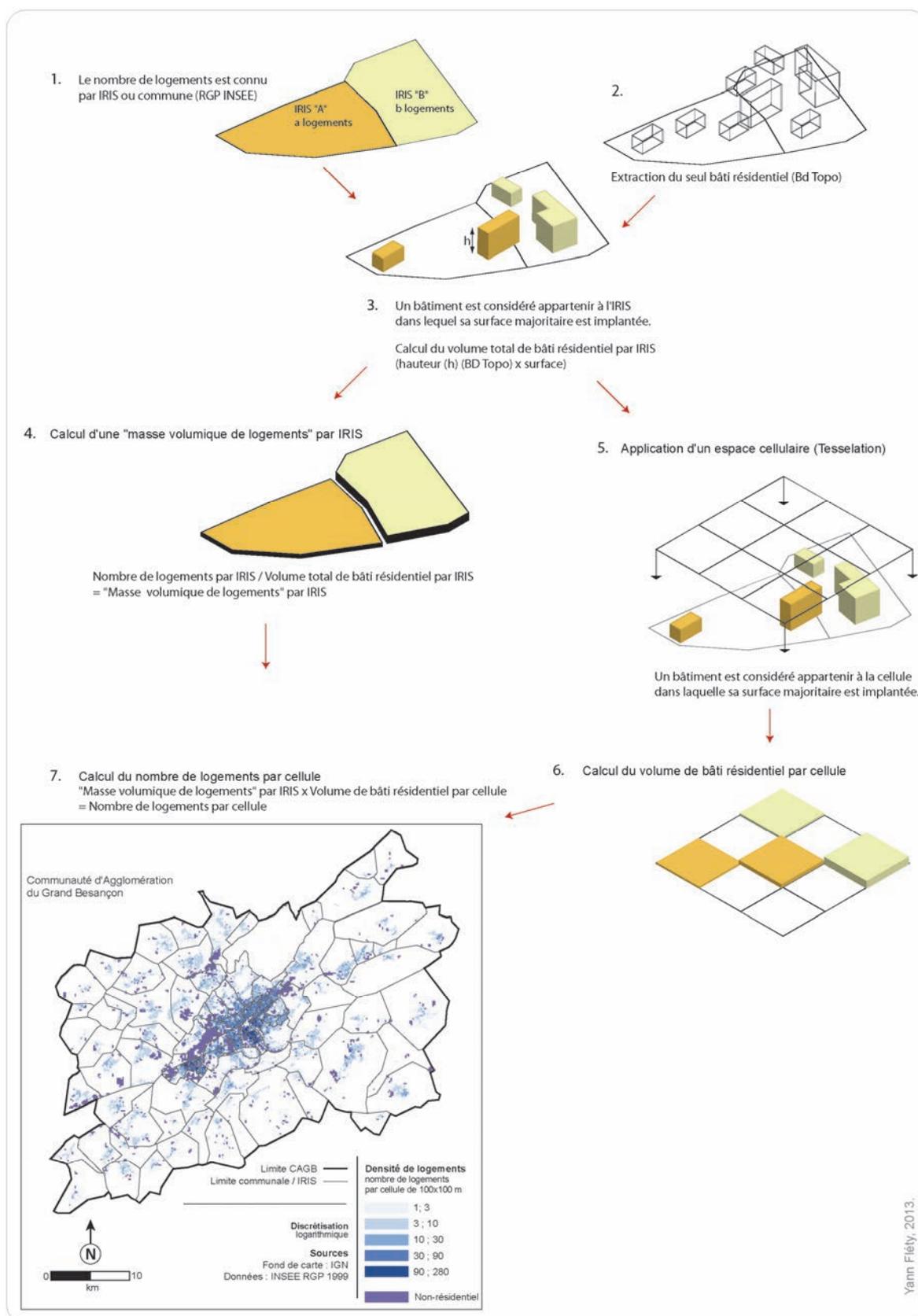


Figure 6-8 : Méthode de qualification du bâti résidentiel – calcul et tessellation

Les services et les commerces

Après avoir obtenu la variable génératrice de déplacements que constituent les logements, il s'agit maintenant d'intégrer les aménités de type urbain que sont les commerces et services dans l'espace cellulaire. Concernant la future évaluation des distances liées aux aménités, une différenciation par types d'aménités en tenant compte de leur fréquence de recours par les résidents est envisagée (Tableau 6-2 ; Annexe 5).

Fréquences de recours	Niveaux de services	Exemples
Quotidien	N1	Boulangerie, crèche
Hebdomadaire	N2	Distribution de carburant, hypermarché
Mensuel	N3	Commerce de détail, pôle emploi
Plus rare	N4	Magasin spécialisé, notaire

Tableau 6-2 : Classification des services par niveaux de fréquence de recours

En effet, le calcul d'une consommation ne peut être réalisé qu'en rapport à une durée (période de temps). Or le recours à certains services se fait plus fréquemment que d'autres, ayant donc une répercussion sur l'évaluation des consommations. L'étape présentée ici se limite donc, premièrement à l'obtention de services géolocalisés au sein de l'espace cellulaire, et ensuite, à la classification des commerces et services en niveaux de fréquentation pour autoriser une pondération dans l'estimation des déplacements effectués sur une période donnée.

Le fichier source est la base de données SIRENE (INSEE, 2003) qui recense les entreprises et leurs établissements, accompagnés de leurs adresses. Une liaison de ces dernières avec la BD-AdresseV1²³⁵ (2006) autorise une géolocalisation de ces services²³⁶. Il convient de préciser la double limite de ce géo-référencement, tout d'abord lié à la correspondance partielle des adresses SIRENE et de la BD-Adresse (Tableau 6-3), et ensuite à l'imprécision de la BD-Adresse (Tableau 6-4).

²³⁵ La BD ADRESSE, de l'IGN contient l'ensemble des adresses ponctuelles sur tout le territoire national, complété par un réseau routier 2D et ses attributs d'adressage, des toponymes de lieux-dits habités, les limites administratives.

²³⁶ Malgré les critiques susceptibles d'être portées à leur encontre, ces deux bases de données restent disponibles et homogènes sur l'ensemble du territoire national.

Liaison	Nb d'entreprises	Entreprises
Exact	5552	63%
Sans type	608	7%
Rue	1604	18%
Manuel	466	5%
Pas d'adresse	481	5%
Non localisé	150	2%
Total	8861	100%

Tableau 6-3 : Résultat de la liaison Répertoire SIRENE-BD Adresse2006

Si 70% des établissements sont reliés précisément, 23% sont localisés à la rue, et 7% le sont au centroïde de la commune.

Bonne		Moyenne	Mauvaise	
Tronçon route	Voie	Zone adressage	Commune	Total
4233	1235	189	3120	8777
48%	14%	2%	36%	100%

Tableau 6-4 : Evaluation de la localisation des établissements via la BD Adresse2006

Si 62% entreprises sont localisées finement (à l'adresse ou à la rue), 38% le sont au lieu-dit voir à la commune.

Les emplois

Le calcul du nombre d'emplois par cellule est réalisé de manière strictement analogue à celle des logements, à partir non plus de la catégorie de la couche résidentielle utilisée pour les logements, mais de la couche activité, obtenue en 2.4. Tout comme les logements, le nombre d'emploi par IRIS est fourni par le Recensement Général de la Population (RGP-INSEE). Cette ventilation fournit un nombre d'emploi par cellule, localisé dans du bâti classifié comme « activité ».

2.5. Calcul des étiquettes

Par la constitution de la base cellulaire, des logements et des emplois ont été obtenus par cellule, ainsi qu'une géo-localisation des aménités classifiées en niveaux de fréquence de recours. Un des objectif fixé consiste à mesurer un potentiel théorique de déplacement que peut générer un espace et par là, d'évaluer des distances parcourues et consommations énergétiques associées. Cette

évaluation de distances parcourues se décompose en deux postes que sont les déplacements liés aux aménités (commerces et services) et les déplacements liés à l'emploi. Il s'agit maintenant de s'intéresser aux modalités de calculs de ces différentes distances.

Distances aux aménités

Dans le contexte exploratoire de développement de cet indicateur, seuls les services et commerces de niveaux 1 et 2 de la classification ont été considérés, pour des raisons de poids relatifs (rapportés ici au 30 jours du mois, et donc considérés en 1/30ièmes) : si un service de niveau 1 (recours quotidien) pèse par exemple sur un mois 20/30ième, et un service de niveau 2 (recours hebdomadaire) 4/30ième, celui de niveau 3 ne comptera que pour 1/30ième et peut dans un premier temps être négligé.

Aussi, le calcul des distances (D) pour relier les aménités de type urbain est réalisé de la façon suivante : pour une cellule de centroïde p contenant le logement, la distance minimum à une aménité (service de niveaux 1 ou 2) va être calculée en parcourant dans un premier temps la distance la plus courte, dite « à vol d'oiseau », pour relier le réseau routier, puis en cheminant sur le réseau routier, puis en réutilisant la distance à 'vol d'oiseau' pour rejoindre la dite aménité (Figure 6-9).

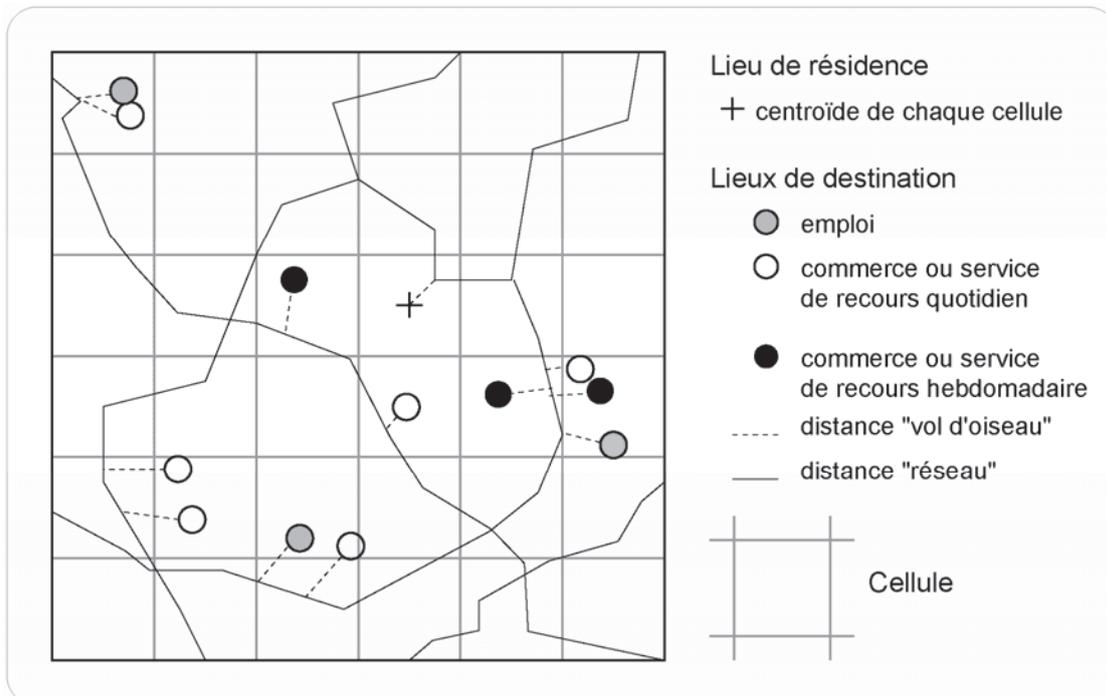


Figure 6-9 : Distances des cellules aux aménités urbaines (commerces, services, emplois)

Ce calcul ne va cependant pas être réalisé pour une aménité de niveau (n), mais pour la moyenne des x aménités de niveaux n les plus proches, puis pondéré par la fréquence de recours (f) des aménités concernées. La formalisation suivante est ainsi proposée:

$$D_j = f_1 \frac{1}{n} \sum_i^n dn1_i + f_2 \sum_i^n dn2_i$$

avec $f_1 + f_2 = 1$

Il est à noter que les fréquences de recours aux services pourraient être adaptées par type d'espace évoqué en 2.3. Ainsi, on pourrait supposer que la fréquence de recours hebdomadaire d'un habitant en zone rurale à un hypermarché est moindre que celle d'un habitant résidant en centre-ville à son supermarché. Ce paragraphe se conclut sur l'obtention de distances aux aménités.

Un modèle gravitaire pour l'emploi

Il s'agit ici d'appréhender et de quantifier les distances entre des lieux de résidences et d'emploi, avec la difficulté de ne pas connaître les origines et destinations individualisées permettant le calcul de ces distances. L'approche à laquelle recourt volontiers le géographe lorsqu'il s'agit d'estimer des flux de populations entre entités spatiales dans une perspective relationnelle, est un modèle gravitaire²³⁷. Les variables classiques de ces derniers sont de trois types : variables de génération, ici le nombre de logements, d'attraction, le nombre d'emplois et variable de résistance au déplacement, la distance.

Soit E_j le nombre d'emploi de la zone j et d_{ij} la distance entre la zone i et la zone j. L'attractivité I d'une zone j par rapport à une zone i :

$$I_{ij} = \frac{E_j}{d_{ij}}$$

Le flux F_{ij} de la zone i allant travailler à la zone j est exprimé par:

²³⁷ Le concept trouve son origine en physique et l'analogie peut être faite. Le comportement d'une molécule en fonction de la température est très aléatoire tandis que l'ensemble du gaz a un comportement d'ensemble qui peut être décrit par des lois bien déterminées. Ainsi, la résultante des comportements déterminés est aléatoire, tandis que la résultante des comportements aléatoires est surdéterminée. Cet exemple peut être décliné au niveau de la circulation et de l'interaction spatiale de manière générale. Ainsi, aux comportements individuels aléatoires où chacun se trouve régi par un motif, un itinéraire, un horaire, un espace et un mode différent, correspond une résultante d'ensemble qui peut être restituée par des modèles assez simples, moyennant une simplification de la réalité, comme le permet le modèle gravitaire.

$$F_{ij} = N_i * \frac{I_{ij}}{\sum_k I_{ik}}$$

avec N_i : le nombre de logements dans la zone i et k une cellule

La distance moyenne domicile-travail d'une zone i est quant à elle définie par :

$$D_i = \sum_k F_{ik} \cdot d_{ik}$$

Bien que discutable, le recours à un modèle gravitaire permet, à cette échelle de travail, une première approximation des distances pour relier une zone d'emploi en fonction de la localisation du logement.

Des distances aux consommations : choix modaux et parc automobiles

Après avoir obtenu pour chaque cellule des distances aux aménités et aux emplois, il s'agit maintenant de convertir ces dernières en consommations. Deux précautions doivent alors être prises ; elles sont relatives aux deux seuls choix modaux considérés dans ce travail, et concernent la marche à pied et le parc d'automobiles.

- Un seuillage Marche à Pied (MAP) selon une loi de probabilité

Pour tenir compte de la marche à pied, une modification de toutes les distances obtenues précédemment est réalisée par le biais d'une fonction logistique (Figure 6-10).

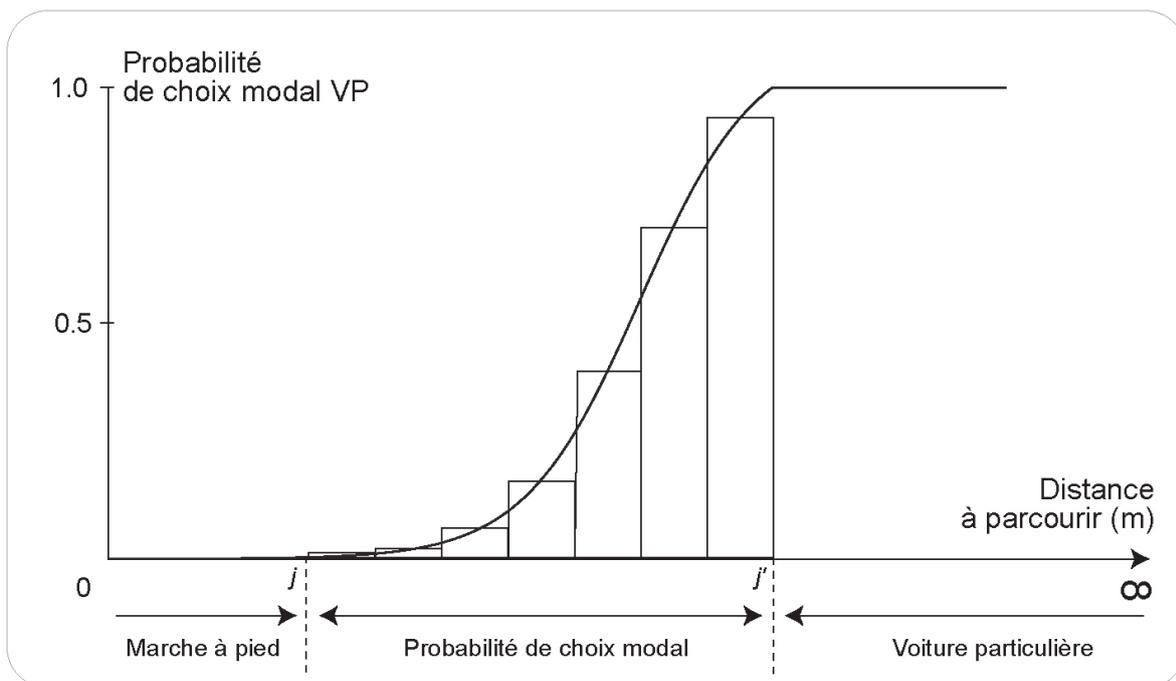


Figure 6-10 : Probabilité de choix modal entre la marche et la voiture particulière

Cette fonction logistique est formalisée de la manière suivante :

$$L(x) = \frac{K}{1 + \beta e^{\mu x}}$$

Les paramètres de la fonction ont été fixés tel que $\beta=10000$ et $\mu=0,012$, K étant un paramètre d'affinage. On définit K à partir de T, seuil limite à partir duquel tout le monde prend sa voiture.

$$K = T(1 + \beta e^{\mu T})$$

La fonction finale est définie en deux parties, la fonction logistique et une fonction linéaire $y=x$.

$$d'(d) = \begin{cases} d < T : T \frac{1 + \beta e^{\mu T}}{1 + \beta e^{\mu d}} \\ d \geq T : d \end{cases}$$

- L'intégration du parc automobile

Pour convertir les distances obtenues précédemment en consommation, outre le choix modal de la marche à pied, le parc automobile doit être considéré. La consommation unitaire va donc considérer des catégories de véhicule permettant d'intégrer des évolutions du parc (proportion de VP gasoil, électrique etc.). Ces proportions pourraient être fonction du type d'espace évoqué précédemment (4.3. et 4.4.1.). Ainsi, la consommation unitaire peut être formalisée :

$$C = C_a N_a + C_b N_b + \dots + C_n N_n$$

avec C_n : consommation (l/km) des véhicules de catégorie n
 N_n : nombre de véhicules de catégorie n (normes Euro)

Si les Enquêtes Nationales Transport permettent de disposer de données nationales de composition du parc automobile non différenciées par types d'espace, elles apportent cependant une complication inutile à ce stade dans ce travail exploratoire. La suite des calculs ne considère donc qu'un véhicule essence moyen par logement. Concernant les consommations et leurs émissions associées, et malgré les limites qu'il présente, le modèle COPERT²³⁸ et les tables d'émissions qu'il propose ont été retenus. En l'état, la conversion des distances en consommations revient donc à une simple règle de proportionnalité. Le réseau routier utilisé pour les calculs de distances, vectorisé avec des vitesses par tronçon, constitue une piste à suivre pour affiner ce modèle. Pour conclure, ces choix modaux et de parc peuvent être adaptés en fonction de types d'espace évoqués en 2.3.

²³⁸ Cf. chapitre précédent.

3. Exemples de résultats d'étiquettes énergétiques territoriales

L'application Étiquette Énergétique Territoriale (EET) a été programmée en Java par Gilles Vuidel. Son interface est présentée en Annexe 4. Quatre exemples de calcul d'étiquettes portant sur la Communauté d'Agglomération du Grand Besançon (CAGB), sont proposés en guise de résultats illustratifs.

Grâce à l'outil développé, de nombreuses simulations sont possibles sur différents territoires, sous réserve de disposer des données adéquates. Parmi ces simulations, quatre possibilités d'étiquettes énergétiques ont été retenues (Figure 6-11 à Figure 6-15). Elles montrent chacune des aspects différents des mobilités urbaines et des consommations d'énergie qui leur sont associées. Chacune d'entre elle s'oriente donc également vers une utilité particulière et se destine de ce fait à un public spécifique, qu'il s'agisse du ménage à la recherche d'une localité de résidence, du gestionnaire soucieux du fonctionnement du territoire dont il a la charge, ou de l'aménageur qui questionne de manière prospective les développements possibles d'une agglomération.

Mise à part les modalités spécifiques précisées dans chacune des légendes des cartes suivantes, les paramètres communs de simulation sont : la considération de cinq services avec fréquence de recours 0,8 pour N1 et 0,2 pour N2 (Frankauser, 2007), un seuillage marche à pied fixé à 1000m (CGDD, 2010, 79), un véhicule essence consommant 7l/100km en cycle urbain (AutomobileClub, 2011), et un pouvoir calorifique inférieur²³⁹ pour l'essence de 33kJ/l.

Une étiquette « Services et commerces »

La première proposition d'étiquette (Figure 6-11 ci-dessous) ne tient compte que des services et commerces. Le calcul des distances moyennes générées par les déplacements vers ces aménités est pondéré par une fréquence de recours théorique : un habitant va par exemple chaque jour acheter son pain dans une boulangerie, mais ne se déplace qu'une fois par semaine vers un supermarché qui lui permet de faire des courses hebdomadaires. Le calcul se fonde sur les distances qui séparent chaque cellule des cinq services et commerces de niveau 1 (recours quotidien) et les cinq services de niveau 2 (recours hebdomadaire) les plus proches. Ce type d'étiquette pourrait se destiner à un public de ménage cherchant à optimiser la localisation de leur résidence principale ou à un public d'aménageur ou de décideurs qui chercherait à implanter une nouvelle offre de commerces ou de services.

²³⁹ Utilisé pour la comparaison énergétique de combustibles, le pouvoir calorifique inférieur est l'énergie d'un combustible dans l'hypothèse d'une combustion complète de celui-ci ; la vapeur d'eau étant supposée non condensée et la chaleur non récupérée. L'énergie de vaporisation de l'eau dans le combustible et les produits de réaction ne sont pas récupérés. (Sarlos, 2003, 58).

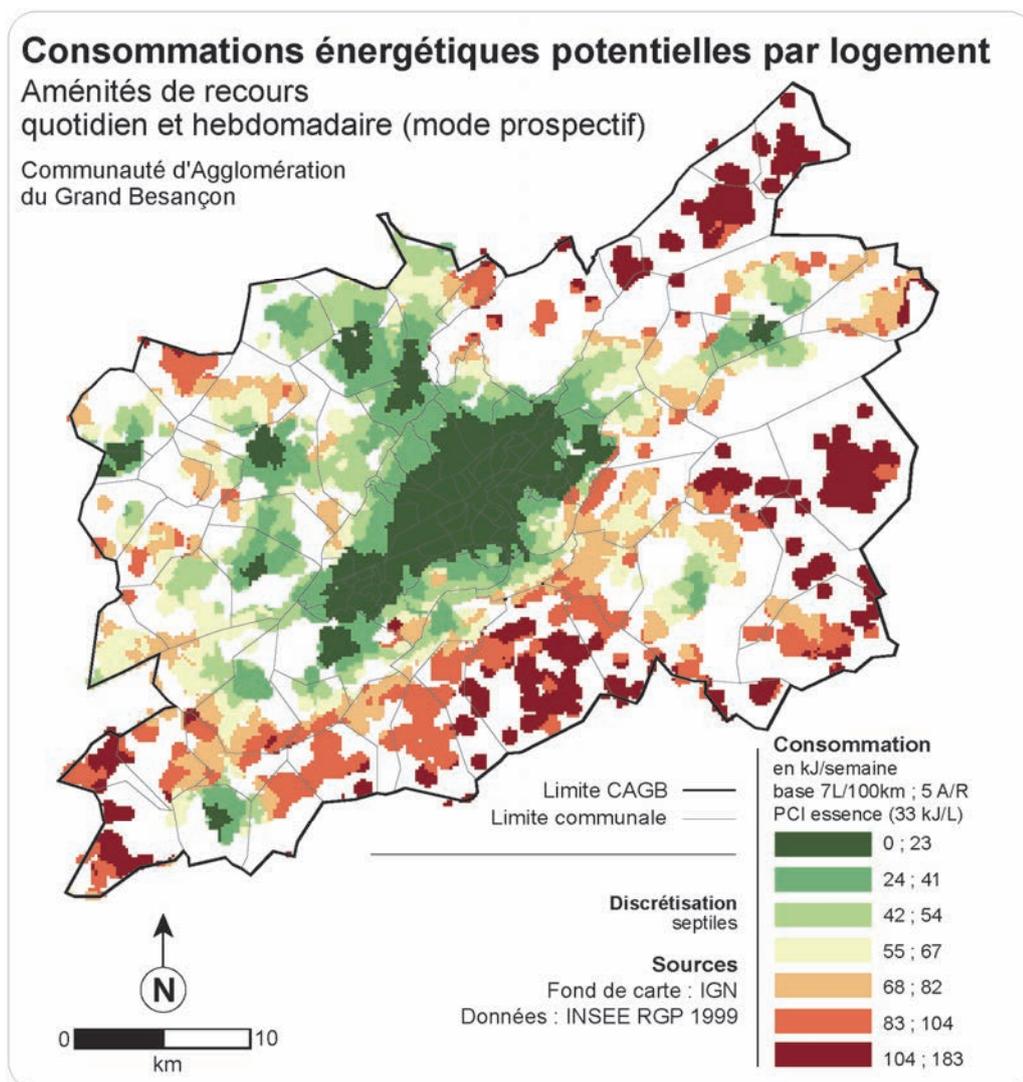


Figure 6-11 : Etiquette « Services et commerces » pour la CAGB en mode prospectif

Une étiquette « navettage-emplois »

La deuxième proposition d'étiquette (Figure 6-12 ci-dessous) ne considère que les déplacements liés au travail. Cette prise en compte nécessite d'associer chaque cellule, considérée comme un point de départ et associée à un espace résidentiel, à une autre cellule, considérée comme un point d'arrivée et associée à une zone d'emploi. Cette association se fait par un modèle gravitaire (de manière très simpliste pour l'instant), classique pour ce type d'opération. On considère que les individus se déplacent vers leurs lieux de travail cinq jours par semaine, et à raison d'un seul véhicule par ménage. Ce type d'étiquette pourrait se destiner à un public d'aménageurs ou d'élus soucieux de connecter les futurs espaces résidentiels aux futures zones d'activités, en tenant compte de l'existant.

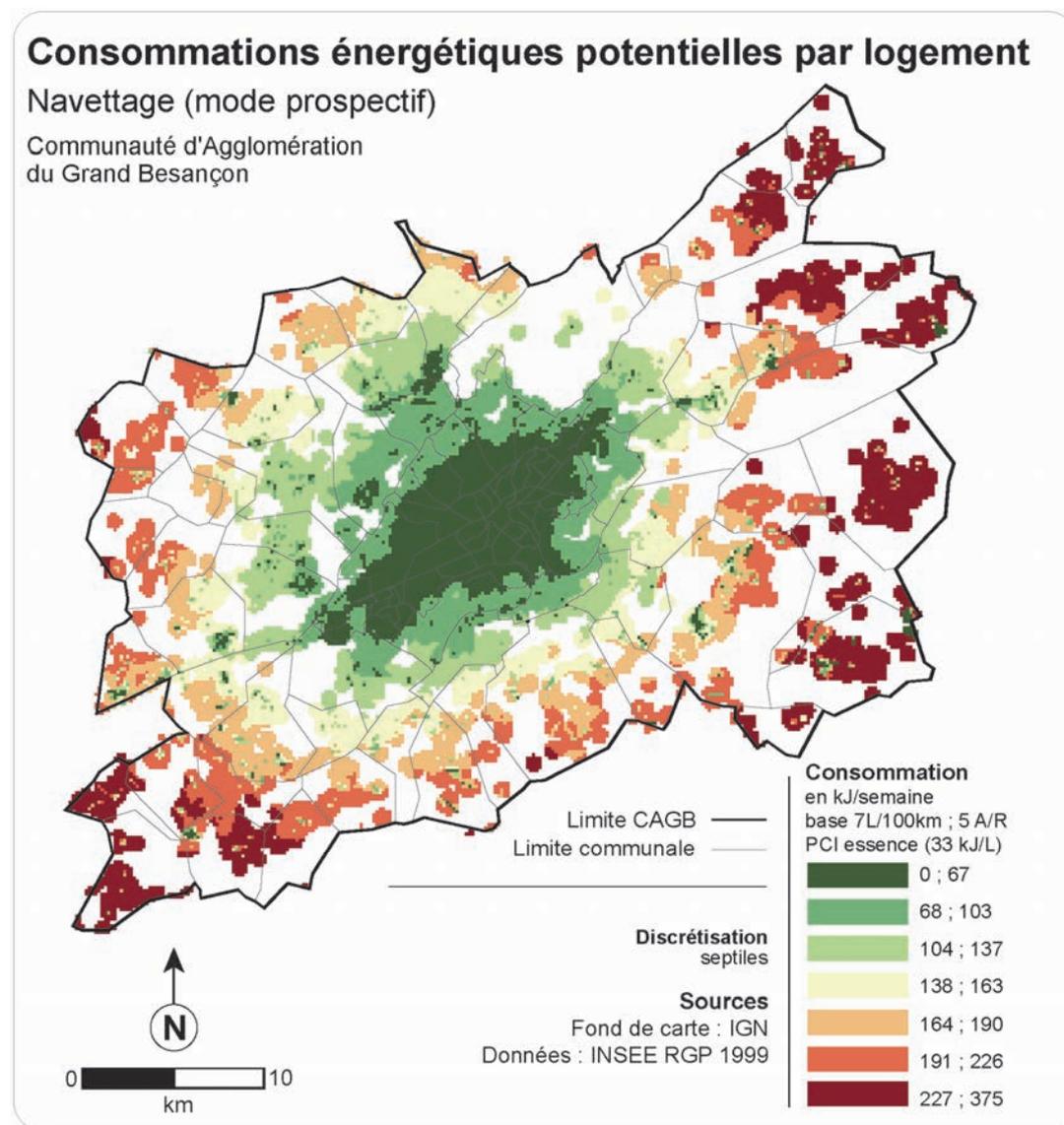


Figure 6-12 : Etiquette « navettage - emplois » pour la CAGB en mode prospectif

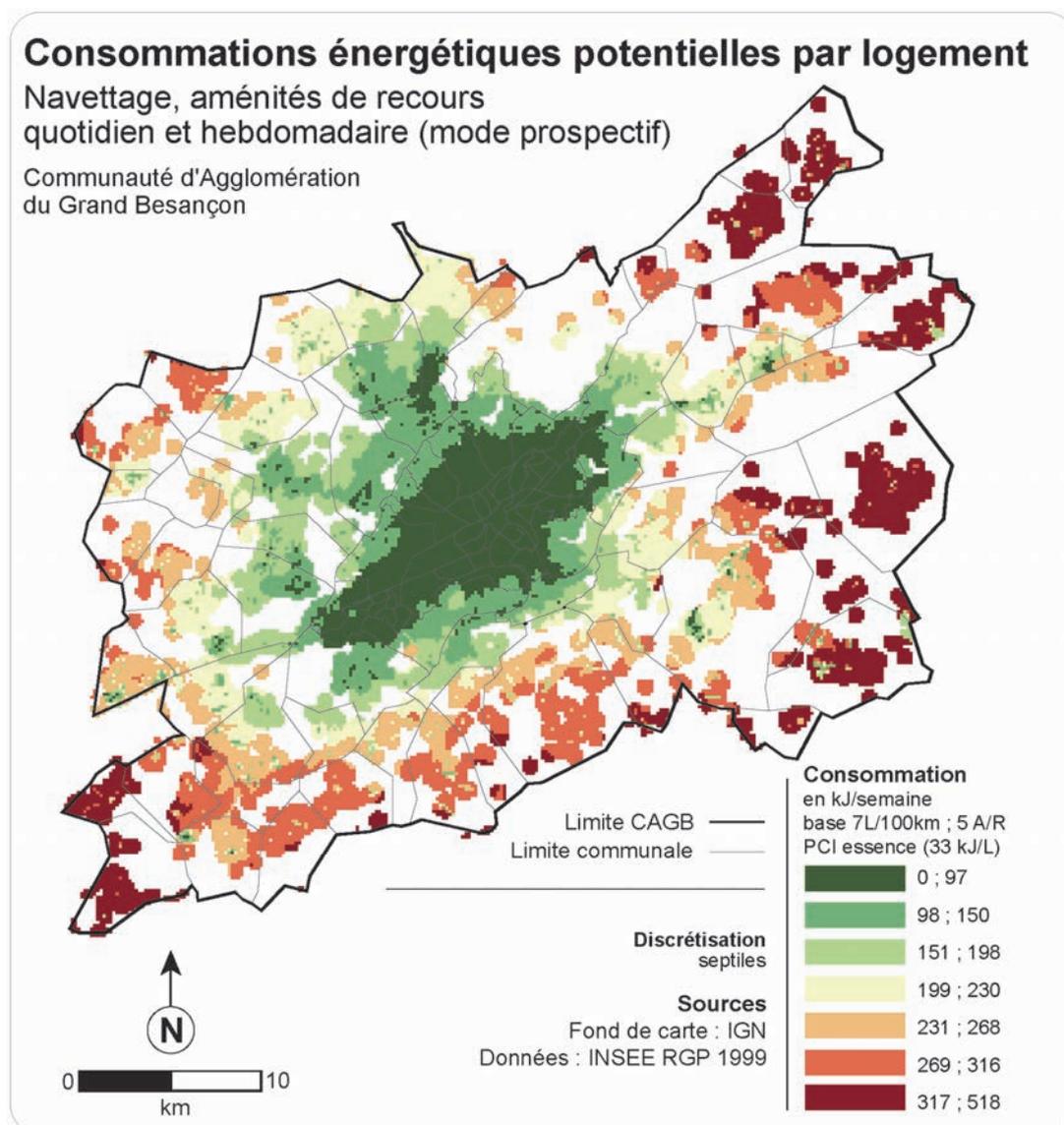
Étiquettes de synthèse « mobilités quotidiennes/habitat »

Figure 6-13 : Étiquette de synthèse « mobilités quotidiennes/habitat » pour la CAGB en mode prospectif

La troisième proposition d'étiquette (Figure 6-13 ci-dessus) additionne les distances moyennes parcourues vers les commerces et les services (Figure 6-11) et les distances domicile-travail parcourues quotidiennement (Figure 6-12). Toutefois, ce résultat peut se décliner en deux versions : dans la première, les distances sont considérées de manière brute dans un buffer de 200m autour du bâti existant (volonté prospective de maîtrise de l'urbanisation à venir ; Figure 6-13 ci-dessus), alors que dans la seconde, les calculs ne sont effectués que pour les cellules déjà bâties (Figure 6-14 ci-dessous). Ces deux étiquettes pourraient se destiner à un public de ménages cherchant à optimiser la localisation de leur résidence principale, en tenant compte de l'offre de commerces et de services et d'un déplacement domicile-travail pour au moins une personne du foyer.

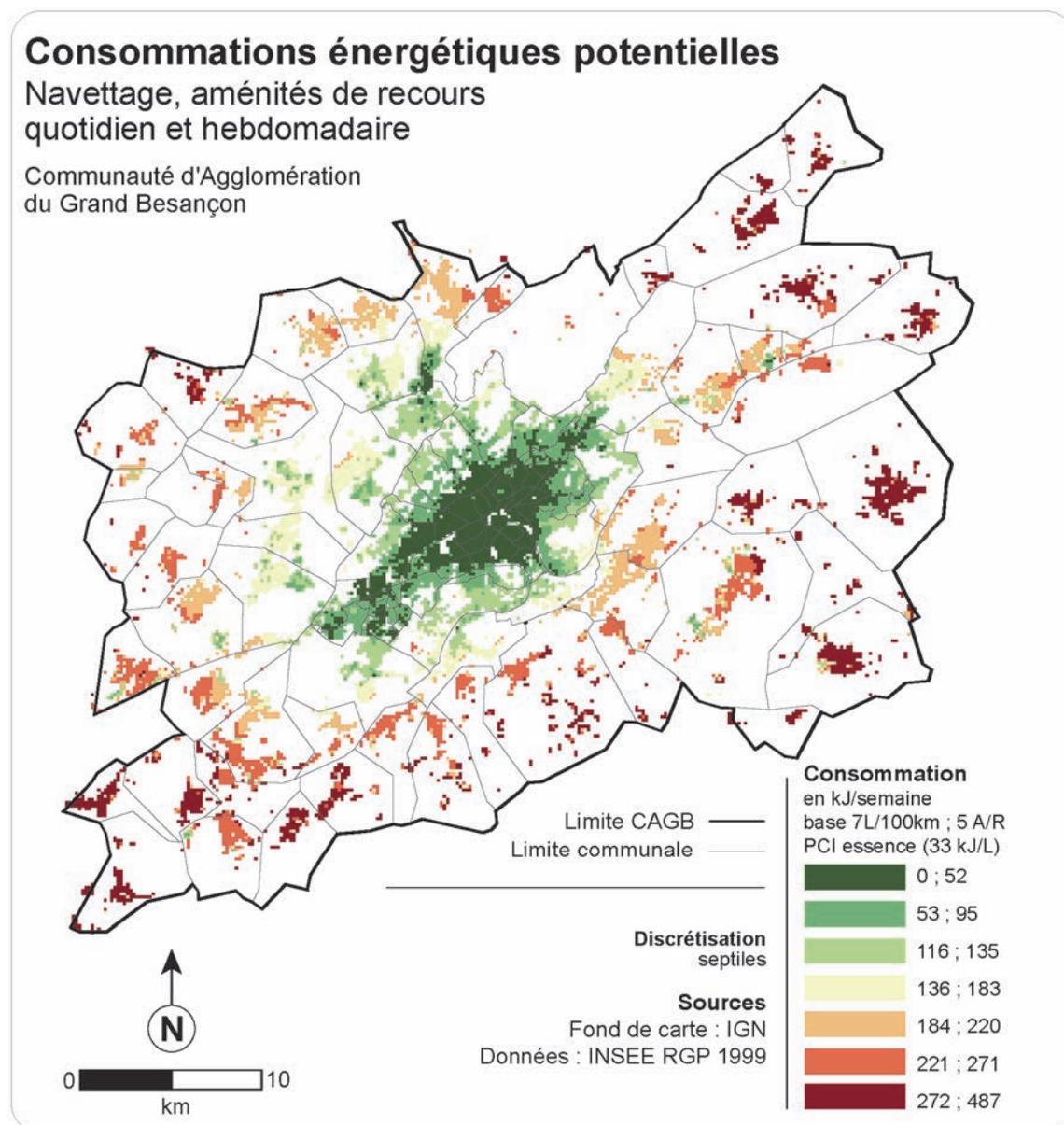


Figure 6-14 : Etiquette de synthèse « mobilités quotidiennes/habitat » pour la CAGB en mode normal

Une étiquette de synthèse pondérée par les logements

« Tout dépend de l'utilisation qui est faite des choses ». Ainsi, une voiture très énergivore ne consommera pas ou peu si elle ne roule pas ou que très rarement. De façon similaire, un espace éloigné des aménités n'est pas énergivore s'il n'est pas ou que peu densément habité et inversement, un espace proche des aménités est possiblement énergivore s'il est densément ou très densément habité.

Le postulat offrant un point de départ à la construction d'étiquettes énergétiques territoriales était que chacun des espaces que l'on peut différencier au sein d'une aire urbaine induit nécessairement des consommations énergétiques qui lui sont propres, et qui peuvent être différenciées de deux

manières au minimum : d'une part par la distance qui sépare cet espace des aménités et des zones d'emploi présentes dans l'aire urbaine ce qui a été fait jusqu'ici, et d'autre part par la densité de son habitat qui multiplie d'autant les consommations énergétiques, objet du présent paragraphe. Suivant cette idée, une étiquette énergétique propre à chaque territoire peut être définie comme un indicateur unique, permettant d'associer et de synthétiser l'évaluation énergétique des mobilités associées à chacune des zones et une pondération de cette évaluation par les densités des logements qu'elles contiennent. La considération des consommations brutes présentées jusqu'ici n'a en effet qu'un intérêt limité (excepté du point de vue d'un ménage). Il convient donc de considérer l'utilisation potentielle des distances moyennes jusqu'ici présentées, en les pondérant par le nombre de logements. Il s'agit donc de multiplier ces distances par la densité de logements calculée précédemment, en ajoutant une nouvelle hypothèse lourde : il n'y a qu'un véhicule effectuant ces trajets par logement. Ainsi, la consommation C' se formalise :

$$C'_i = N_i D_i$$

Avec N_i : nombre de logements par cellule

D_i : distance aux aménités

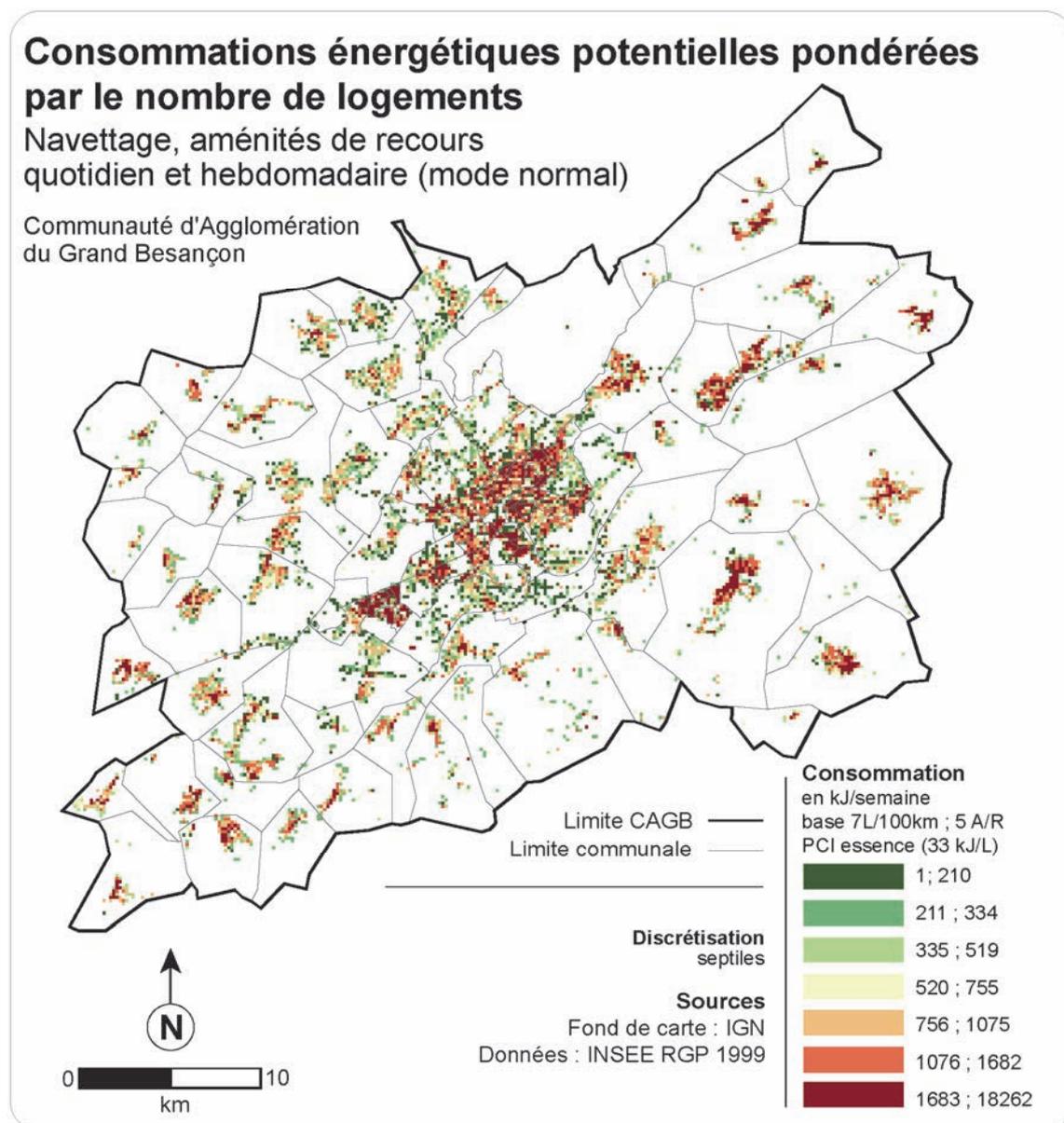
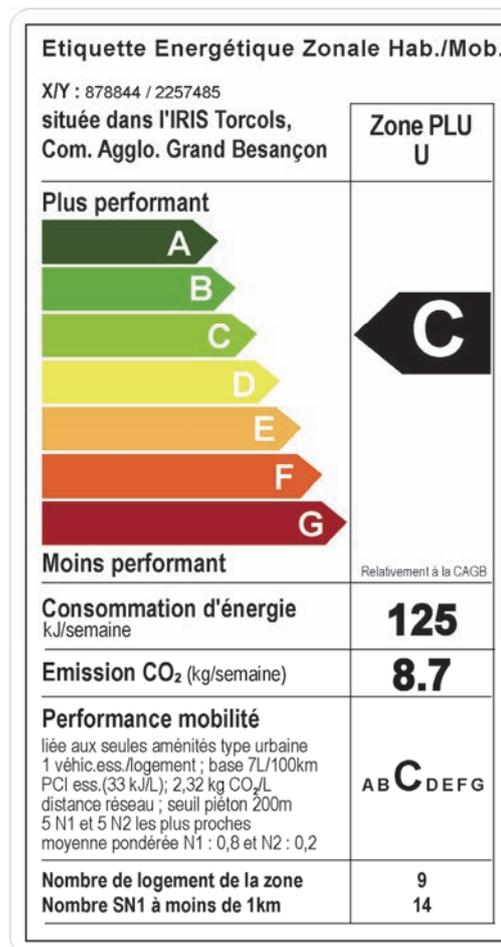


Figure 6-15 : Étiquette de synthèse « mobilités quotidiennes/habitat » pour la CAGB en mode normal avec une pondération par les logements

La quatrième proposition d'étiquette (Figure 6-15) présente les mêmes résultats que la troisième, mais multiplie les distances moyennes calculées pour chaque cellule par le nombre de logements qu'elle contient : on simule ainsi que chaque foyer effectue un déplacement moyen quotidiennement ou hebdomadairement. L'image résultante montre bien, dans ce contexte, que, compte tenu de la densité de population, les zones les plus énergivores se situent au centre en ville, même si, rapportée au logement, la consommation d'énergie est largement plus importante dans les périphéries et dans l'espace périurbain. Ce type d'étiquette pourrait se destiner à un public de techniciens du territoire ou de chercheurs, soucieux d'appréhender les mobilités et le fonctionnement urbains de manière globale, à une échelle macroscopique.

La Figure 6-16 ci-contre constitue l'illustration d'une proposition d'étiquette concernant une cellule particulière, « zone de territoire ». Elle présente les éléments identifiés sur la plupart des étiquettes déjà développées avec la particularité cependant de n'être relative qu'au territoire considéré (cf. 1.2.). Pour chaque étiquette proposée, le calcul des émissions de gaz à effet de serre est réalisé à partir de facteurs d'émissions unitaires proportionnelles aux distances, par exemple fournis par COPERT (cf. Chapitre 5).

Figure 6-16 : Proposition d'étiquette énergétique territoriale



4. Discussion sur l'indicateur EET

Au terme de cet exemple qui proposait une première approche pour la mise en place d'étiquettes énergétiques appliquées aux territoires et utiles aux problématiques d'aménagement dans le cadre de la volonté actuelle de réduction des consommations d'énergie, les résultats apparaissent plus ou moins opérationnels mais prometteurs. Ils demandent cependant à être complétés et affinés sur différents points, relativement complexes à appréhender.

Vers un outil pour aménager les territoires

Premièrement, les étiquettes territoriales présentées ici sont construites selon une méthode reproductible qui permet de considérer les consommations d'énergie en lien avec l'urbanisation et les mobilités urbaines des agglomérations françaises, indépendamment de leur localisation, de leur spécialisation sociodémographique et de leur taille. Les « Etiquettes énergétiques territoriales » apparaissent ainsi potentiellement comme :

- un outil construit pour chaque territoire, donc relatif et évolutif : les valeurs permettant de classer les territoires dans chaque catégorie ne sont pas des « absolus » mais dépendent au contraire uniquement du contexte local. Les résultats sont donc relatifs au contexte et aux configurations propres à chaque agglomérations, ce qui permet de gommer des différences de configurations de départ (entre des villes concentrées, étalées, polycentriques, industrielles, tertiaires, etc.) ;
- un outil pour qualifier les terrains ouverts à l'urbanisation : les valeurs de chaque cellule indiquent les mobilités potentielles qui lui sont essentielles et permettent de calculer les consommations énergétiques et les émissions de polluants qui en découlent ; l'ouverture ou *a contrario* la fermeture de certaines parcelles à la construction peut alors se concevoir selon une volonté d'optimiser les déplacements et de réduire les consommations d'énergie ;
- un outil à manier avec précaution : les valeurs de chaque zone ne sont données qu'à titre indicatif et font référence à un comportement normé pour les habitants (qui répond aux normes retenues pour le calcul d'autres étiquettes, notamment celles qui concernent les appareils électroménagers).

Dans un tel contexte, les étiquettes semblent donc compatibles avec les préoccupations de l'urbanisme règlementaire et peuvent permettre de qualifier les territoires, les espaces, les quartiers et les parcelles dans les Plu ou dans les Scot, en fonction de la consommation énergétique que leur urbanisation induit ou induirait (selon les comportements normatifs mis en exergue plus haut).

Deuxièmement, les étiquettes énergétiques territoriales apparaissent également comme un outil ouvert à la simulation et à l'aide à la décision, ce qui leur confère un rôle potentiel pour l'étude prospective de l'urbanisation et de la planification territoriale. Ici, trois leviers peuvent être identifiés, qui se traduisent en termes de propositions pour les projets d'urbanisme et d'aménagement :

- Proposer la création d'aménités dans certains secteurs pour les programmes de logements afin de réduire les distances moyennes, ce qui revient à influencer les programmes des projets d'architecture et d'urbanisme, en utilisant les Etiquettes comme autant d'indicateurs pertinents pour une simulation ;
- Proposer des degrés de densité de logements permettant d'optimiser le couple « localisation/densité de logements », ce qui comme précédemment revient à influencer localement les programmes de logements et à en simuler les conséquences sur l'agglomération et sa forme urbaine à un niveau global ;
- Simuler une évolution du parc automobile (et visualiser, par exemple, l'effet d'un parc électrique de 5%, 10%, 50%, etc.) dans la mesure où l'on peut supposer que celui-ci

évoluera dans le sens d'une diminution notable des consommations d'énergies et des émissions de polluants à moyen terme.

Une nécessité : affiner le paramétrage et la problématique de déplacement

La méthodologie proposée ici, bien que cohérente et adéquate, pose un certain nombre de questions qui ne trouvent pas de réponse immédiate, mais mériteraient des études et des recherches complémentaires. Parmi celles-ci, on peut citer les suivantes, qui conditionnent en grande partie les résultats obtenus :

- Quel est le niveau de recours des activités c'est à dire quelles aménités relèvent d'un niveau de recours quotidien, hebdomadaire, etc. ? Des enquêtes ne devraient-elles pas compléter les estimations utilisées ici et basées sur les travaux de Frankauser (2007) ?
- Quel est le nombre d'aménités de proximité qu'il faudrait considérer pour « normer » le comportement des individus et calculer les étiquettes qui en découlent ? Quelle est la signification thématique du nombre 5 retenu ici ?
- Quel seuil de distance de marche à pied faut-il retenir ? Ce qui revient à déterminer les seuils à partir desquels s'opèrent les différents choix modaux, qu'il convient de différencier en fonction de l'espace (urbain, périurbain, rural) dans lequel ils sont effectués.

Les questionnements soulevés ici appellent également à un approfondissement sur certains aspects de la problématique plus générale des déplacements. En effet, seuls les déplacements concernant l'emploi et le recours aux commerces et aux services ont été retenus. Il apparaît cependant évident que d'autres types de mobilités permettent de qualifier les déplacements urbains. Dans ce contexte, quid des mobilités liées au sport, aux loisirs, aux aménités de type rural ? Et comment qualifier ces dernières ? De même, les transports en commun ne sont pas intégrés mais pourraient être considérés, tant pour réviser les étiquettes énergétiques des territoires desservis que pour évaluer de manière prospective l'impact de l'implantation de nouvelles lignes. Autant de questions nécessitant d'être traitées pour le développement d'un indicateur territorial composite, mais qui pour l'objectif d'intégration fixé, peuvent se trouver temporairement écartées.

Parallèlement, les limites des simplifications méthodologiques effectuées, notamment celles relatives au modèle gravitaire, ou l'effet cumulé de ces simplifications restent à questionner. Comme dans tout outil d'aide à la décision, une analyse de sensibilité, une tentative de quantification de l'incertitude reste nécessaire avant toute utilisation (Béranger, 2006, 16). Par cette construction d'indicateur, et bien qu'il s'agisse d'un but recherché, nous ne perdons pas de vue que *« l'instrument induit une problématisation particulière, dans la mesure où il hiérarchise des variables et peut aller jusqu'à induire un système explicatif »* (Lascoumes, 2005). Cette première

approche de construction d'un indicateur a pour intérêt principal d'offrir un terrain d'application, des propositions conceptuelles et sémantiques de la démarche proposée.

5. *Intégration de l'indicateur au sein de la démarche proposée*

La construction de l'indicateur étiquette énergétique territoriale mobilité-quotidienne, outre son propre intérêt, visait un double objectif : obtenir un modèle conceptuel spécifique et permettre son intégration par un premier peuplement d'une ontologie.

Rappel

La proposition de démarche de conception peut être résumée comme suit : elle consiste à considérer des objets perçus, proposés par une lecture particulière des phénomènes *via* un métamodèle, et d'associer à ces objets perçus une lecture fonctionnelle « énergétique » (consommation, production...). La construction d'un indicateur, dépendant d'une problématique, nécessite dans notre démarche la définition d'un modèle conceptuel singulier pour cet indicateur. Les entités de ce modèle conceptuel sont ensuite intégrées sous forme de concepts au sein d'une ontologie de domaines. La donnée constitue alors l'instance d'une classe de l'ontologie (Figure 6-17). Une ontologie est utilisée pour son aspect intégrateur ; elle est extensible dans la mesure où elle peut d'une part intégrer, dans un ensemble cohérent, de nouveaux concepts attachés à de nouvelles données.

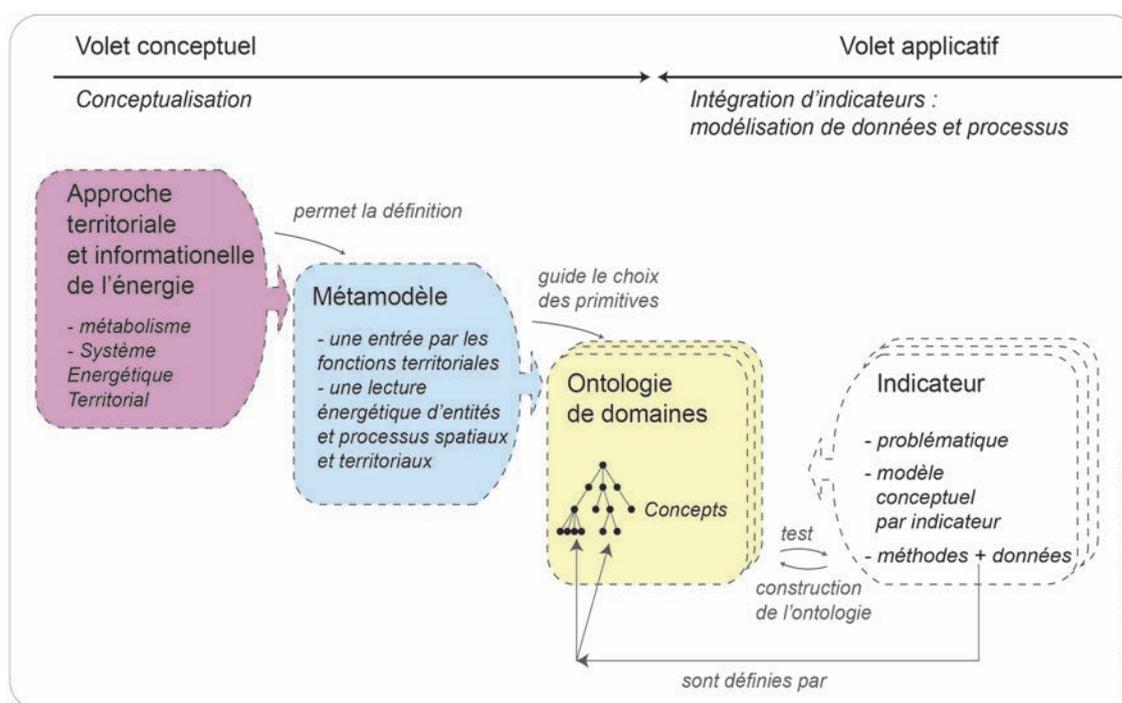


Figure 6-17 : Rappel synthétique de la démarche de conception

A cette étape du travail et sur la base des acquis de l'indicateur EET, nous pouvons à présent proposer et détailler les éléments de la démarche (Figure 6-18) (cf. Chap.4) qui n'ont pu l'être jusqu'ici, à savoir un modèle conceptuel spécifique à l'indicateur EET et une première instanciation (peuplement) de l'ontologie.

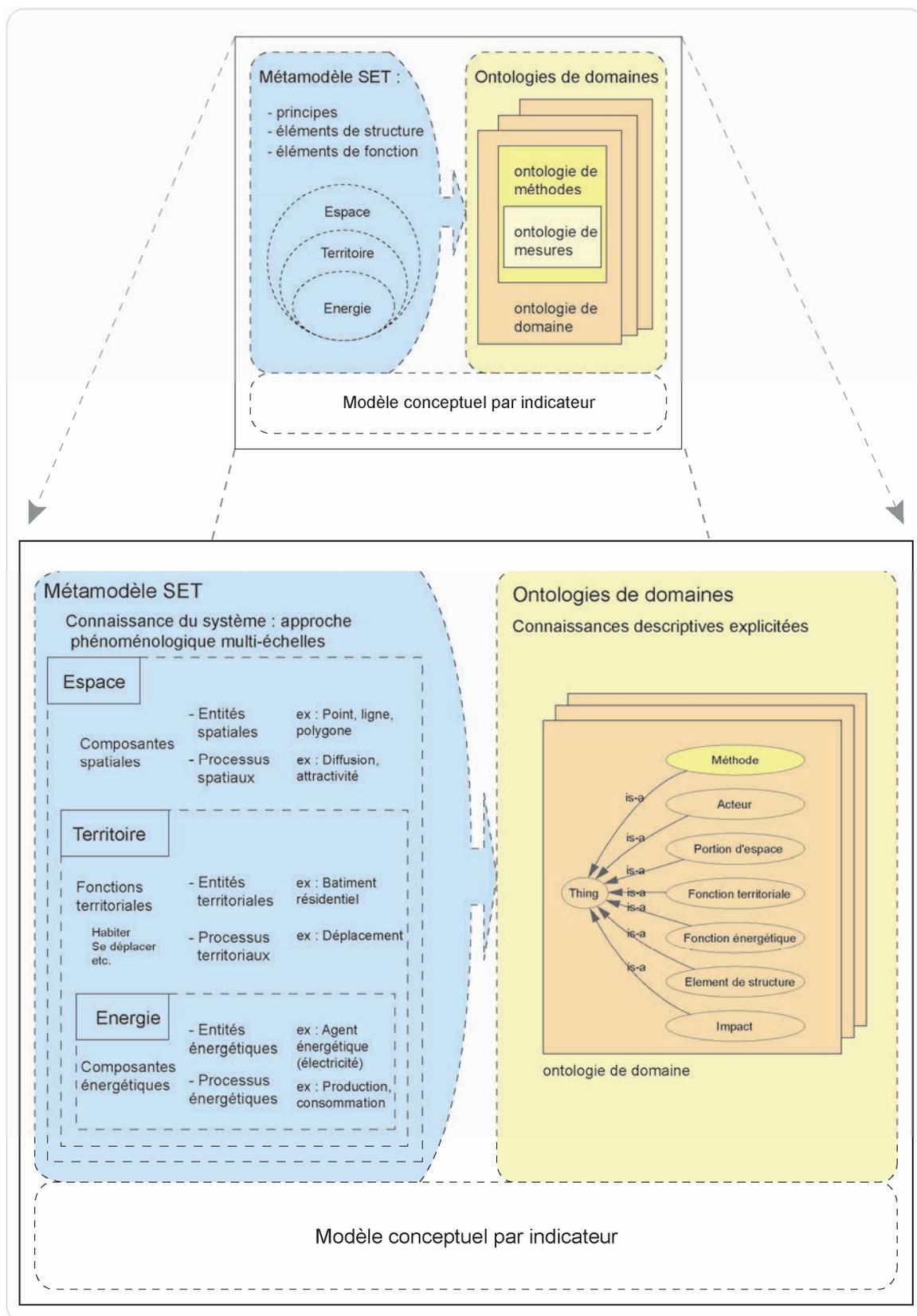


Figure 6-18 : Rappel détaillé de la démarche de conception

Le modèle conceptuel de l'indicateur étiquette énergétique territoriale (EET)

A partir des éléments exposés dans les sections précédentes, les entités mobilisées pour la construction de l'indicateur EET sont identifiées, qu'elles soient relatives aux domaines territorial d'application (conjonction de sous-domaines transport, urbain, etc.), énergétique, ou des méthodes et mesures (Figure 6-19).

Domaine	Exemples mobilisés dans les EET
Territorial	Logement ; densités ; utilisation du sol ; commune ; réseau viaire ; commerces; services ; zonage ; découpages administratifs, ...
Energétique	Consommation unitaire, énergie primaire, performance énergétique, ...
Méthodes et mesures	Matrice origine destination, cellule/maille, ventilation/agrégation, seuil, système de référence (coord., proj.), distances, buffer, tep, joule, ...

Figure 6-19 : Concepts mobilisés pour la construction de l'indicateur EET

Le modèle conceptuel spécifique de l'indicateur EET-mobilités quotidiennes, constituant par définition la représentation structurée de l'ensemble de ces entités, peut alors être construit. Il est proposé en Figure 6-20 ci-dessous.

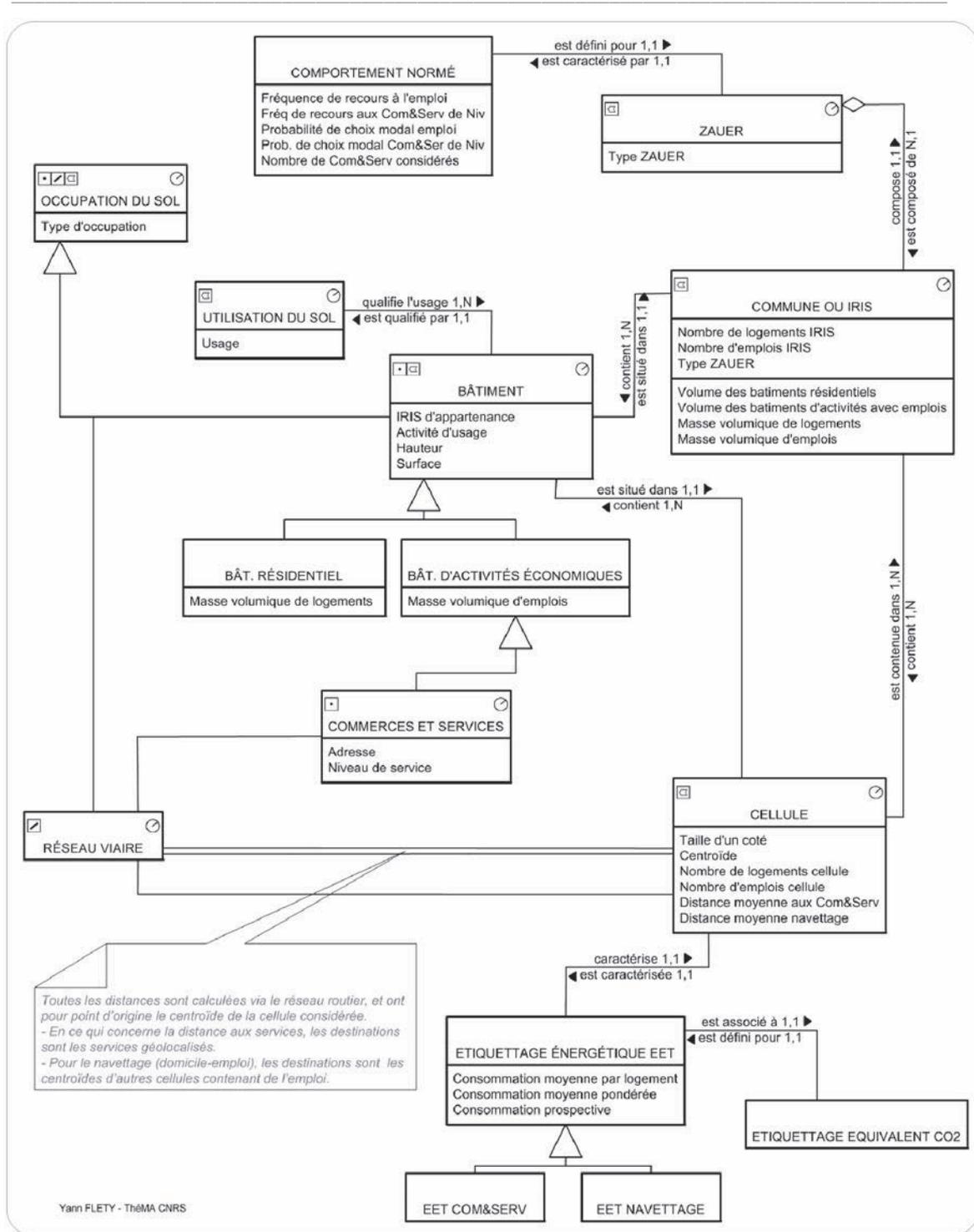


Figure 6-20 : Modèle conceptuel de l'indicateur Etiquette, formalisé en UML

Ces entités peuvent alors enrichir une ontologie de domaines territoire-énergie et en constituer un fragment.

Une première instanciation d'une ontologie

Le modèle conceptuel spécifique d'un indicateur mobilise des objets, instances de concepts. Mais en fonction d'un contexte d'utilisation (objectifs, échelles), les relations entre ces objets et donc concepts, vont changer. Considérons par exemple les entités de « Commune » et d'« IRIS » mobilisés dans l'indicateur étiquette : les définitions génériques respectives de ces deux entités sont pour la commune, « *la plus petite subdivision administrative française* », et pour l'IRIS, « *la brique spatiale élémentaire en matière de diffusion de donnée* » (INSEE, 2010). Ces définitions mèneraient alors au sein d'une ontologie de domaines, à généraliser l'entité de commune comme liée au concept de territoire administratif et celui d'IRIS au concept de territoire statistique. Mais pour l'application Étiquette, par exemple, la commune n'est considérée que comme la plus petite maille de recensement de statistiques en milieu rural, et les IRIS jouent ce rôle en milieu urbain. Dans cette configuration, IRIS et communes peuvent toutes deux être généralisées par le concept de territoires statistiques, et non plus administratif pour l'une et statistique pour l'autre. Les relations entre objets, instances de concepts, varient ainsi en fonction de leur contexte d'utilisation. Or une ontologie de domaines ne retient que la sémantique de chaque concept. C'est le contexte, c'est à dire l'objectif d'étude, l'échelle, qui définissent, au sein du modèle conceptuel de l'indicateur (Figure 6-20) les relations variables entre objets, ces derniers constituant alors les instances des concepts de l'ontologie. Deux conclusions essentielles sont à ce stade susceptibles d'être soulignées : il s'agit d'une part de l'impossibilité de parvenir à une ontologie unique et universelle indépendante des contextes, et d'autre part du rôle de médiation de l'ontologie, qui vise et oblige, dans le processus de représentation de connaissance, à l'explicitation de la sémantique des données et informations, inévitable dans une démarche d'observation territoriale.

En matière de formalisation et de représentation d'ontologies, différentes solutions peuvent être envisagées. Si le recours à des ateliers de génie logiciel (outils-CASE), pour une formalisation en UML, peut dans un premier temps, par leur souplesse d'utilisation, sembler un choix pertinent, quelques logiciels dédiés à la construction d'ontologies présentent, malgré leur rigidité, d'autres avantages. Le principal intérêt du développement d'une ontologie sous un logiciel spécialisé, tel le très répandu Protégé²⁴⁰, est de faire correspondre une insertion de type graphique (Figure 6-21 et Annexe 6) à des lignes de code en XML (Figure 6-22) ou autre format, potentiellement réutilisables dans les structures informatiques « observatoires » actuellement développées.

²⁴⁰ <http://protege.stanford.edu/>

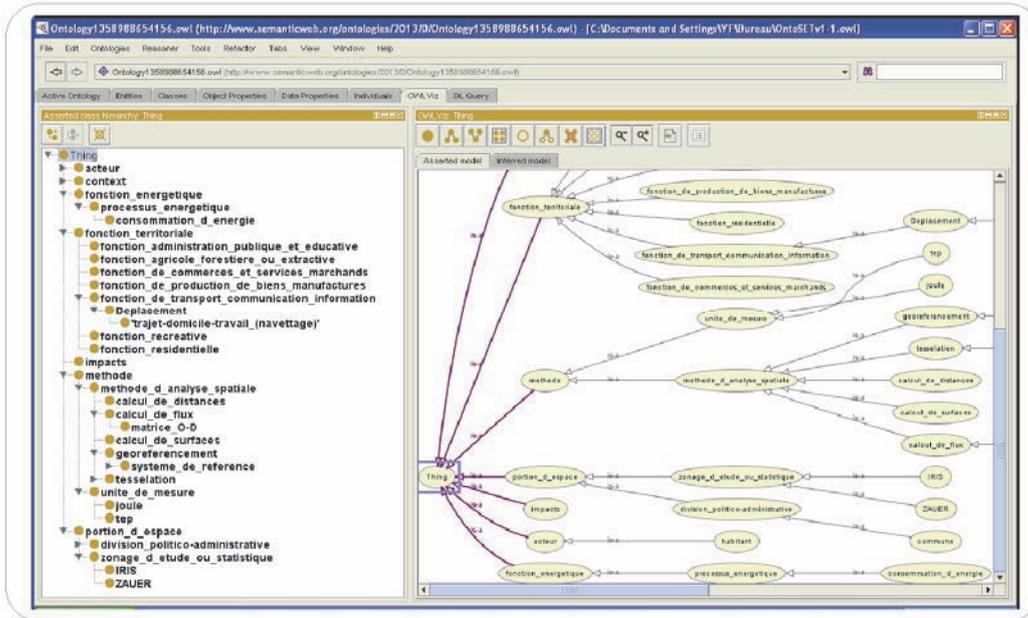


Figure 6-21 : Extrait « graphique » d'une portion d'ontologie de domaine sous le logiciel Protégé

```

19 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
20 <ontology xmlns="http://www.w3.org/2006/12/owl2-xml#"
21   xmlns:base="http://www.w3.org/2006/12/owl2-xml#"
22   xmlns:portion_d="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/ontology1358988654156:portion_d_"
23   xmlns:zonage_d="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/ontology1358988654156:zonage_d_"
24   xmlns:methode_d="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/ontology1358988654156:methode_d_"
25   xmlns:consommation_d="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/ontology1358988654156:consommation_d_"
26   xmlns:prix_de_l="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/ontology1358988654156:prix_de_l_#39;"
27   xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
28   xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
29   xmlns:owl2="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
30   xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
31   URI="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/ontology1358988654156.owl">
32   <SubClassOf>
33     <Class URI="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/ontology1358988654156:Deplacement" />
34     <Class URI="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/ontology1358988654156:Fonction_de_transport_communication_informations" />
35   </SubClassOf>
36   <Declaration>
37     <Class URI="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/ontology1358988654156:Deplacement" />
38   </Declaration>
39   <Declaration>
40     <Class URI="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/ontology1358988654156:IRIS" />
41   </Declaration>
42   <Declaration>
43     <Class URI="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/ontology1358988654156:zonage_d_etude_ou_statistique" />
44   </Declaration>
45   <Declaration>
46     <Class URI="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/ontology1358988654156:IRIS" />
47   </Declaration>
48   <SubClassOf>
49     <Class URI="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/ontology1358988654156:ZAUER" />
50     <Class URI="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/ontology1358988654156:zonage_d_etude_ou_statistique" />

```

Figure 6-22 : Extrait « version code XML » d'une portion d'ontologie de domaine

Apport et limite de l'exemple de l'indicateur EET pour la proposition de démarche de conception

Le chapitre 4 présentant le volet conceptuel de la proposition de démarche de conception était resté en suspend puisqu'il ne disposait pas encore d'un indicateur, de son modèle conceptuel et de ses concepts liés.

Le développement de l'indicateur EET ne prolonge pas le volet conceptuel (Figure 6-17), il ne constitue qu'un exemple parmi tant d'autres de construction d'un indicateur. Il a permis la validation de quelques points particuliers de la démarche proposée et la confirmation d'une difficulté. Tout d'abord, l'entrée par les fonctions territoriales, (ici fonction de transport-

déplacement par les mobilités quotidiennes) semble pertinente puisqu'elle détermine bien le niveau d'observation et l'échelle d'appréhension du phénomène mis sous observation : l'observation des mobilités quotidiennes « nécessite » un niveau d'observation compris entre la commune et l'aire urbaine. Ensuite, face à l'inexistence d'unité fonctionnelle de base pour l'énergie, à l'image du bassin versant pour l'hydrologue ou de la parcelle pour l'agronome, la proposition basique d'associer à des objets perçus (déplacement) une lecture fonctionnelle énergétique (consommation) semble pertinente.

Enfin, une difficulté majeure et précédemment identifiée est relative à la structuration de l'ontologie, autant dans le choix des primitives (concepts racines à retenir), que dans la multi-appartenance d'un objet, par exemple la commune, à différents concepts, territoire administratif ou/et statistique. Il s'agirait alors d'aller vers des ontologies plurielles. Les ontologies prennent tout leur sens au sein d'un observatoire sous l'aspect d'une double médiation : la première, par l'amélioration du processus de communication entre agents (humains ou machines) en facilitant le partage et la réutilisation de données et informations en utilisant leur aspect formel ; la seconde, par la négociation du sens accordé à la donnée et aux informations introduites dans l'observatoire que l'ontologie impose²⁴¹. Par rapport au modèle conceptuel, l'ontologie, entendue comme outil non prescriptif, présente l'avantage, par la classification qu'elle suscite, d'imposer le questionnement et donc la définition des objets et concepts (commune entendue comme territoire administratif et/ou statistique ?). Si l'intégration fournie par l'exemple des étiquettes reste insuffisante pour valider la proposition, les éléments immédiatement mentionnés peuvent être soulignés. Le recours à un métamodèle proposant une grille de lecture des liens territoire-énergie sous l'angle systémique, et à des fonctions territoriales définissant à l'usage un niveau d'observation, apparaît cohérent et utile pour une mise en observation des systèmes énergétique territoriaux au sein d'un observatoire.

Conclusion de chapitre 6 – un indicateur normatif

Ce chapitre final expose le volet applicatif de la démarche de conception proposée, par la construction d'un indicateur, avec un double objectif : obtenir un modèle conceptuel spécifique et permettre de réaliser un premier peuplement d'une ontologie. Face au cadre contraint identifié dans le chapitre précédent, l'idée d'élaborer un indicateur du métabolisme territorial, synthèse des modalités de consommations et productions d'un territoire, n'a pu aboutir. Après avoir ancré le développement d'un indicateur original dans une problématique, ses méthodologies et modalités de construction ont été avancées. Elles proposent d'intégrer des densités de logements et des mobilités quotidiennes aux aménités de type urbain et de navettage, pour construire une étiquette énergétique

²⁴¹ Avec, entre autre, le géographe comme médiateur ?

zonale. Inscrite dans la logique particulière des étiquettes existantes pour les appareils électroménagers ou les bâtiments, cette méthodologie considère un comportement normé de génération de déplacements différenciés par types d'espaces. Le choix a été fait de recourir à un espace cellulaire à des fins d'intégration de données. Le calcul de l'indicateur EET nécessite ainsi plusieurs étapes successives : l'établissement d'un nombre de logements par cellule, la géolocalisation des commerces et services, la définition d'un nombre d'emplois par cellule aux fins de calcul des distances parcourues, puis de leurs consommations énergétiques liées, afin de proposer différentes étiquettes selon les publics cibles identifiés. La construction de cet indicateur avance une méthodologie quasi-inerte, présentant une relative déconnexion du référent et des pratiques observées. Reposant sur un ensemble d'hypothèses lourdes, l'indicateur reste théorique et normatif et ses limites identifiées. Il autorise cependant une première qualification énergétique d'un territoire, tout comme l'identification de leviers d'action et de verrous de connaissances. La conclusion de notre proposition de démarche de conception mentionnait en effet que la construction de chaque indicateur et de son modèle conceptuel singulier autoriserait l'identification et la définition de nouveaux concepts à intégrer au sein d'une ontologie légère pré-consensuelle de domaines territoire-énergie. C'est ce qui a été fait avec la construction de l'indicateur étiquette énergétique territoriale mobilités quotidiennes.

Cet indicateur aurait pu être construit seul, hors du cadre de la proposition de démarche de conception. Il ne constitue qu'un exemple parmi d'autres²⁴². L'enjeu consiste en effet, dans le cadre des observatoires numériques territoriaux, à pouvoir développer d'autres indicateurs composites comme celui-ci. Dans le volet applicatif de la démarche de conception, cette construction était nécessaire afin de disposer d'un modèle conceptuel singulier, de permettre un premier peuplement de l'ontologie. Si l'exercice ne constitue pas à lui seul une démonstration, il permet tout de même une illustration de la démarche de conception proposée, et permet l'identification des apports et limites de celle-ci.

²⁴² A titre d'exemple, la proposition d'un indicateur de vulnérabilité énergétique intégrant mobilités, couple habitat/habitant, tout comme le contexte du quartier considéré ((re)localisation d'aménités) tel qu'avancé dans la partie perspective de la conclusion générale, semble pertinente.

Conclusion de partie 2

Cette seconde partie propose et illustre une démarche de conception pour la mise en observation des SET *via* des indicateurs territoriaux. Cette démarche, présentant un volet conceptuel et un volet applicatif, se concentre sur la proposition de construction d'un cadre de référence territorial et sémantique. Elle considère trois éléments : un métamodèle, une géo-ontologie de domaines et un modèle conceptuel singulier pour chaque indicateur construit. Si le métamodèle est défini sous la forme de « principes-guides », paradigmes pour une lecture territoire-énergie, les premiers éléments constitutifs d'une géo-ontologie légère pré-consensuelle de domaine territoire-énergie ont été proposés. Cette géo-ontologie est entendue à la fois comme représentation du SET et comme un système de référence sémantique pour l'information géographique. Dans le contexte singulier d'un observatoire territoire-énergie, et au vu de l'infinité des phénomènes (entités et processus), utilisateurs et niveaux d'observation à intégrer, seules les primitives d'une ontologie apparaissent. Si l'exhaustivité ne peut être visée, les bases méthodologiques de la démarche sont posées. La construction de chaque indicateur et de son modèle conceptuel singulier autorisera l'identification et la définition de nouveaux concepts à intégrer.

Toutefois, afin de tester, construire et illustrer cette démarche, la construction d'un indicateur est réalisée avec un double objectif : obtenir un modèle conceptuel spécifique et permettre de réaliser une première intégration et un premier peuplement d'une ontologie. Un indicateur s'inscrit nécessairement dans un contexte et une problématique donnée, et après en avoir justifié ces choix, une analyse thématique relatives aux consommations énergétiques territoriales a été réalisée : une fois les ordres de grandeurs situés, les enjeux des thématiques liées aux mobilités quotidiennes et à l'habitat ont été étudiés d'un point de vue territorial et énergétique. Une typologie des méthodes d'évaluation de ces consommations, le constat de l'indigence des données ou de l'existence de données fortement contraintes, ainsi qu'une analyse des principaux déterminants ont alors été dressés. De ces constats a émergé un indicateur aux limites identifiées. Ce dernier repose en effet sur un ensemble de propositions méthodologiques et hypothèses « lourdes ». Il propose une première mesure et qualification de la situation énergétique d'un territoire. Considérant les mobilités quotidiennes et les logements, cet indicateur théorique et normatif se présente sous la forme d'une « Étiquette Énergétique Territoriale », qui pourrait à terme, être intégrée dans certains documents d'urbanisme. Il permet toutefois une illustration des propositions conceptuelles impliquées dans la démarche de conception, et propose ainsi, dans son volet applicatif, un exemple de modèle conceptuel d'indicateur, ainsi qu'une première instanciation d'une géo-ontologie légère pré-consensuelle de domaine territoire-énergie.

Conclusion générale

Nous concluons cette recherche en proposant successivement sa synthèse, puis l'identification de ses limites, apports et perspectives.

En guise de synthèse

Disposons-nous de l'arsenal conceptuel et sémantique favorisant l'intégration informationnelle nécessaire à la compréhension du système complexe que constitue le système énergétique territorial ? Pouvoir agir sur un système implique de le comprendre et donc de le connaître. L'objectif de ce travail était de fournir un cadre général d'interprétation de l'information géographique ainsi qu'un canevas méthodologique sur lequel s'appuyer pour l'appréhension des liens territoire-énergie dans le contexte d'un Observatoire numérique territorial. Cette thèse s'est ainsi attachée à proposer une approche des liens territoire-énergie dans une logique de système d'information, à l'interface entre réel et connaissance, entre système de pilotage et système opérant. L'approche proposée a insisté sur la complexité des systèmes visés et s'est principalement déclinée sous formes de propositions conceptuelles et méthodologiques, centrées sur une dimension informationnelle et notamment sémantique.

Une caractérisation des planifications territoriale et énergétique nous a tout d'abord permis de dresser le constat du renouvellement de leur contexte, et d'évolutions similaires, en matière de décentralisation et de considérations environnementales notamment. Ce changement d'échelles de réflexion renouvelle les modes d'action publique et questionne la place du local. Les acteurs locaux se trouvent ainsi amenés à jouer un rôle central dans la traduction et la mise en œuvre concrète d'objectifs de politique énergétique dans leurs pratiques de planification territoriale. Dans ce contexte, de fortes attentes en matière de diagnostic et de prospective, et plus généralement de connaissance, sont exprimées par les collectivités en charge de piloter, à l'échelle de leur territoire de référence, une planification territoriale énergétique. Le constat réalisé sur l'étude des outils de planification énergétique ou territoriale conclut à la prédominance des approches technico-économiques ou sectorielles. Or il apparaît incontournable de passer d'états des lieux effectués par une comptabilité énergétique, à un niveau de compréhension des processus en jeu pour pouvoir identifier des leviers d'action. Cette perspective passe par une meilleure prise en compte du contexte et des spécificités territoriales. L'enjeu se concrétise alors sous la forme d'un défi de connaissance.

Pour parvenir à approcher cette énergie indispensable, omniprésente et organisatrice du territoire, une lecture systémique et territorialisée des liens territoire-énergie est proposée. Elle illustre l'importance des interactions entre un territoire et son système énergétique, et plus précisément, la dépendance réciproque des processus énergétiques et des processus territoriaux, traduisant ainsi le besoin de territorialiser l'énergie : assurer une planification et gestion déclinées et adaptées à un contexte local, appropriées par les acteurs du territoire. Pour ce faire, nous proposons de recourir à une approche, le métabolisme territorial, et à un concept, le Système Énergétique Territorial. A l'image du vivant, un territoire a besoin d'énergie pour son fonctionnement, énergie traduite sous forme structurelle (tel un bâtiment) et fonctionnelle (par exemple des activités socio-économiques) et « possède » un métabolisme, régulé et pilotable par de l'information. Le SET fournit, dans cette logique, un cadre théorique d'analyse des questionnements des acteurs dans un processus d'intelligence territoriale, entendu comme processus informationnel. La mise en observation territoriale des systèmes énergétiques, qui sous-tend des dimensions de diagnostic, d'analyse et de suivi, par et pour la définition d'indicateurs territoriaux énergétiques, semble pertinente. La diversité des acteurs en présence, aux enjeux et objectifs multiples, soulève en effet des questions relatives à l'appréhension et à la gestion de leurs perceptions et représentations internes ou externes.

Par un glissement et un décentrage de la question énergétique, et une prise en compte affirmée de la dimension territoriale, nous avons ainsi concentré nos travaux sur l'organisation de l'information géographique. Nous avons en ce sens proposé une démarche de conception d'un cadre d'analyse des liens territoire-énergie, démarche de modélisation conceptuelle du réel, notamment centrée sur des questions de sémantique. Cette démarche considère trois éléments : un métamodèle, une ontologie légère pré-consensuelle et des modèles conceptuels par indicateurs. Le métamodèle se présente, sous la forme de principes-guides, paradigmes pour une lecture territoire-énergie. Il permet une lecture spatiale et fonctionnelle énergétique d'entités perçues. Une géo-ontologie légère pré-consensuelle de domaines territoire-énergie constitue quant à elle le référentiel et l'outil de médiation sur lequel le modèle conceptuel singulier de chaque indicateur vient se rattacher. Cette géo-ontologie est entendue à la fois comme représentation du système considéré et comme un système de référence sémantique pour l'information géographique, en amont des démarches de modélisation liées au système d'information dont l'observatoire constitue une application. Cependant, dans le contexte singulier d'un observatoire territoire-énergie, et au vu de la multitude des entités et échelles à intégrer, l'identification et la définition des concepts et objets sont reléguées à la construction de l'indicateur qui les considère. Cette démarche est enfin illustrée par la construction et l'intégration d'un indicateur original portant sur le système mobilité-habitat.

Ce travail présente des limites identifiées, limites relatives à son contenu scientifique d'une part, et relatives à l'exercice de thèse d'autre part.

Les limites d'un point de vue scientifique et du contenu

- Un double verrou : données et connaissance

Un premier verrou, informationnel, est identifié. Il est sans doute issu de la relative rigidité de nos modes de diffusion de l'information et des données en France, délicat équilibre entre centralisme, qualité, protection de la vie privée, intérêt financiers et secret statistique. La question classique de l'indigence et de l'accès aux données disponibles est en matière énergétique particulièrement prégnante. S'agirait-il alors de distinguer un modèle idéal de données disponibles, de la réalité de celles-ci ? Nous pensons que l'identification et l'expression de besoins peuvent sans doute influencer sur ces disponibilités, en orientant les objectifs de récoltes de ces données, objectifs qui en conditionnent l'utilisation. De plus les évolutions autour des logiques ascendantes en matière de production de données, par la démocratisation des processus d'acquisition de données (information géographique volontaire/collaborative, capteurs (communicants²⁴³), externalisation ouverte²⁴⁴, etc.), apporteront sans doute de profondes évolutions. Des réflexions particulières doivent être menées sur l'accès et l'exploitation de ces données collaboratives ou issues de capteurs, réflexions déontologiques notamment, qui doivent accompagner leurs usages.

Un second verrou est quant à lui lié à nos modes d'appréhension du réel. La façon dont on aborde l'énergie encore aujourd'hui ne peut que mener à des frustrations. Outre l'évident et insatiable besoin d'acquisition de données à échelles fines, et le peu d'indicateurs composites définis à des échelons locaux fonctionnels, force est de constater les difficultés de parvenir à une vision intégrée de l'énergie sur les territoires. Les raisons peuvent être multiples. Elles nous semblent principalement liées à l'absence de cadre théorique ou conceptuel liant énergie et territoire, autre que le modèle de connaissance technico-économique, nécessaire mais non suffisant, en vigueur. Ce dernier implique la prédominance d'approches sectorielles qui restent également nécessaires pour l'action, mais qui devraient se voir complétées par des approches plus globales. Les questionnements et médiations qu'implique en amont une démarche d'observation territoriale, nous ont menés à une telle proposition. Nous nous sommes également attachés à montrer la nécessité de mettre en place des dispositifs d'observation territoriale à même de confronter, contextualiser et relier de l'information géographique.

²⁴³ « smart metering » : équivalent anglo-saxon couramment utilisé.

²⁴⁴ « crowd sourcing » : équivalent anglo-saxon couramment utilisé.

- Des ambitions nuancées

L'énergie reste essentiellement une question d'ordre de grandeur. Il convient alors de nuancer le rôle susceptible d'être joué par des réponses en matière d'aménagement et de planification des territoires, face aux aspirations et comportements individuels, aux contraintes ou avancées technologiques, aux réalités économiques et financières (prix) ou encore aux limites environnementales (potentiels, ressources, catastrophes). Si une entrée territoriale est à même d'apporter des éléments de compréhension des processus en jeu, et par là même de proposer des modalités d'action à plus ou moins long termes, ces dernières valent, dans les systèmes énergétiques actuels, essentiellement en matière d'identification et d'exploitation de gisements (entendus aussi les gisements d'économies d'énergie considérés comme une filière énergétique à part entière). Reste à savoir si une remise en cause, nécessaire, des systèmes énergétiques actuels est socialement et volontairement acceptable, ce qui questionne également le rôle accordé par nos sociétés aux solutions techniques.

Les limites du point de vue de l'exercice de thèse

- Du jargon

Ce travail de recherche recourt, malgré les tentatives systématiques de définition, à une palette de termes et notions mouvants, mots-valises et autres concepts disciplinaires en vogue. Il en va ainsi d'un jargon²⁴⁵ embrassant les termes de gouvernance, d'intelligence territoriale, d'observatoire, d'ontologie, de modèle conceptuel, etc., dont les définitions changent bien évidemment en fonction des contextes, mais qui de plus peuvent « appartenir » à des courants et écoles de pensées susceptibles d'être complémentaires ou contradictoires entre eux.

- La perspective d'une application de la démarche ?

Comment concrétiser cette fonction territoriale d'observation et de connaissance, la faire vivre, l'utiliser comme outil d'initiation et de dialogue et comme point de départ de la planification et de projets ? Ce travail reste par définition académique, non testé auprès des acteurs ou implémenté au sein d'un observatoire. Cette situation soulève la question du transfert, qui se joue sur un temps long, entre une activité de recherche, de conception et de développement, et une phase opérationnelle. Cette dernière est cependant entrevue avec la structure en charge du portage de la plateforme d'Observation et de Prospective Territoriale Énergétique à Echelles Régionales de Franche-Comté (OPTEER) développée jusqu'alors.

²⁴⁵ ... sans connotation négative, au sens « d'un langage particulier ».

Les apports et perspectives

Les résultats, apports et perspectives de ce travail concernent simultanément l'un ou plusieurs des trois concepts que nous avons tenté d'associer : territoire, énergie et information géographique.

Une des contributions de ce travail nous semble résider dans sa nature exploratoire. Nous avons en effet tenté d'approcher un système complexe au sens systémique, démontré la pertinence d'une approche territoriale de l'énergie, et notamment la nécessité d'intégrer des spécificités territoriales, spatiales comme organisationnelles, dans la planification énergétique. Nous avons en ce sens proposé une démarche de conception afin de transcrire le réel au sein d'un observatoire, pour la construction d'indicateurs *via* l'ébauche d'une ontologie légère pré-consensuelle de domaine territoire-énergie. Ainsi, l'ajout d'une couche de modélisation conceptuelle se révèle intéressante dans cette approche exploratoire : le métamodèle, accompagné d'une ontologie légère pré-consensuelle et des modèles conceptuels par indicateur, constitue un appareillage qui se situe à un niveau intermédiaire, entre le volet global du SET et celui descriptif des indicateurs. Cet appareillage ajoute d'une part des capacités d'explicitation et de transposition de concepts, et d'autre part constitue un objet de médiation dans le processus de construction de connaissance, qui dans le cadre d'un observatoire se révèle pertinent. Ces composantes conceptuelles se trouvent contrastées et concrètement déclinées dans une dimension plus analytique, par la construction d'un indicateur venant enrichir la construction de l'ontologie. Il convient de préciser que si le volet applicatif de la proposition est, -par contraintes administratives, historiques, législatives, informationnelles, etc.-, franco-français, la démarche, à savoir l'approche territoriale et informationnelle est, elle, générique. En outre, cette proposition peut s'appliquer dans de nombreux autres contextes territoriaux tels l'agriculture, la santé ou la gestion de l'eau.

- L'énergie, une « thématique » non géographique ? Une approche territoriale par le métabolisme

La thématique énergétique relève de la connaissance experte, et est donc bien évidemment restée l'apanage, des physiciens et énergéticiens, mais aussi des économistes et des écologues, considérant chacun des aspects propres à leur discipline : flux, techniques, ou économiques. L'énergie n'est *a priori* pas un concept spatial. Dans le domaine de la géographie de l'énergie, peu de géographes se sont intéressés ces vingt dernières années à inscrire l'énergie dans une nouvelle dynamique. Pourtant, chaque filière, chaque usage ou « sous-thématique » présente les caractéristiques d'un système complexe. L'énergie est un sujet « touche à tout » qu'il convient de bien définir, sur lequel chacun se forge un avis, des présupposés environnementaux, financiers et idéologiques liés. C'est une « thématique » qui nécessite des échelles plurielles, de l'interdisciplinarité (physique, économie, sociologie, géographie, etc.) multipliant les objectifs, problématiques et concepts en jeu. L'entrée par le métabolisme territorial, dans une perspective explicative en plus d'être descriptive, ne fait d'ailleurs plus de l'énergie une « thématique » mais, *via* le SET, propose un cadre d'analyse

des relations territoire-énergie. L'énergie apparaît dans cette perspective comme un des éléments majeurs des dynamiques spatio-temporelles. Nous avons ainsi avancé l'intérêt particulier d'une approche territoriale de l'énergie. Si cette dernière est, dans la littérature, majoritairement centrée autour de l'identification des acteurs et de leurs rôles, nous avons proposé une approche territoriale reposant sur les fonctions territoriales qui apparaissent comme l'une des clefs de compréhension des processus en jeu et permettent l'identification de leviers d'actions.

- Des ontologies prescriptives aux ontologies comme support de médiation et de négociation du sens

Le métamodèle proposé dans notre démarche contraint les entrées et concepts racines de l'ontologie. Il explicite ainsi des choix effectués pour définir une entrée particulière dans l'ontologie, ce qui ne correspond pas aux définitions les plus courantes du concept d'ontologie. Il s'agit alors d'insister sur l'intérêt d'ontologies entendues comme point de vue porté sur un système complexe, plutôt que d'ontologies qui se réclament universelles et génériques, quête à notre sens illusoire dans un contexte applicatif. Il s'agit dans le cadre de ce travail, de délaisser des ontologies strictement hiérarchiques de type méréologique à l'intérêt discutable en géomatique, pour tendre vers des ontologies comme paradigmes, reflet de choix et d'entrées singulières posées sur un système complexe. Ces dernières revêtent une importance particulière dans le contexte d'observatoires territoriaux multi-acteurs, aux représentations et objectifs variés. L'une des caractéristiques des indicateurs territoriaux énergétiques est en effet relative à leur inscription dans un contexte de coproduction de données. D'un point de vue thématique, les aspects de faisabilité, qualités, méthodologies doivent être abordés, tout comme les spécifications permettant leur mise en œuvre. Dans ce domaine, de nombreuses questions restent en suspens, notamment autour de l'intégration de référentiels techniques énergétiques et territoriaux pour la construction d'indicateurs alimentant les démarches de planification territoriale énergétique (questions d'échelles de temps et d'espace, sémantiques, etc.). Si l'élaboration de ce type d'ontologie peut mener à la construction de références et connaissances communes, elle impose *a minima*, par sa structure et son processus de catégorisation, une négociation du sens accordé aux concepts et données qui leurs sont liés. Les ontologies deviennent alors supports de médiation, de collaboration et de négociation. Si nous ne disposons pas en l'état, de la matière nécessaire pour approfondir la démarche proposée, la multiplication des terrains d'application pourra le permettre. Un prolongement évident de ce travail est donc relatif à la construction de nouveaux indicateurs territoriaux composites et par la même, au peuplement de(s) l'ontologie(s), confortant les systèmes d'information dans leur rôle de « donner à connaître », tout en les impliquant dans un rôle nouveau qui serait celui de « construction de connaissances ».

- Vers un indicateur de vulnérabilité énergétique ?

En réponse à « l'effet rebond²⁴⁶ », une hausse des prix de l'énergie peut notamment amener à des changements de comportements par ailleurs difficilement influençables. Dans cette perspective, il convient alors d'identifier les contextes territoriaux de vulnérabilité énergétique, susceptibles de faire basculer des ménages dans la précarité énergétique. La construction d'un indicateur intégrant mobilités, couple habitat/habitant, tout comme le contexte du quartier considéré ((re)localisation d'aménités, formes urbaines, etc.) semble pertinente.

- L'énergie pour « travailler les gouvernances »

Ce travail propose une combinaison et déclinaison de l'existant par une entrée singulière. Nous souhaitons nous être inscrit dans un des rôles du géographe qui peut être de construire des modèles de raisonnement et d'apprentissage, non plus spécifique d'un lieu, mais spécifique à un type de situation.

« Les géographes sont [... bien...] placés pour assurer ce rôle de passeur de savoirs géographiques : l'information géographique [...] n'est pas toujours d'un abord facile, ce qui requiert d'aller parfois au-delà de la simple information pour atteindre un certain degré de formation des citoyens comme des élus » (Dubus, 2010, 5).

Il s'agirait alors, comme le suggère Debie (2010, 184) de « *travailler les gouvernances : appréhender des pratiques d'aménagement territoriales et sectorielles autour d'objectifs transversaux* », parmi lesquels, des systèmes énergétiques territoriaux soutenables ?

²⁴⁶ Cf. note de bas de page n°65, p. 87

Synthèse (10 pages)

Vers une mise en observation des Systèmes énergétiques territoriaux - une approche géographique pour territorialiser l'énergie

1. Introduction-motivation

Les termes des équations énergétiques mondiale, européenne et française ont été maintes fois décrits (Mérenne-Schoumaker (2007), Battiau (2008), Durand (2007), Ngo (2008)). Le constat est partagé : la situation énergétique et environnementale, toutes échelles confondues, est préoccupante (Gicquel, 2001, 11).

Dans un contexte français de décentralisation et de transition énergétique, émerge depuis quelques dizaines d'années le besoin de guider les politiques publiques, notamment par le biais d'instruments de mesure et d'évaluation, en situant l'information au centre des processus d'aide à la décision (Sénécal, 2007). Les multiples initiatives de construction d'indicateurs, ou la diffusion des technologies de l'information géographique et des systèmes d'information, au-delà d'aspects techniques et informatiques, soulèvent toujours des questions d'ordres méthodologiques.

Les mutations liées à la conjonction de ces différents facteurs ont des conséquences qui tendent vers une implication accrue des acteurs locaux et régionaux : ces derniers sont demandeurs d'information, d'outils et méthodes de gestion et d'aide à la décision pour la mise en œuvre d'une planification territoriale énergétique intégrée et non plus sectorielle, à l'échelle de leurs territoires de référence (Magnin, 2011).

Dans ce contexte de mutations multidimensionnelles des systèmes énergétiques et des systèmes territoriaux, impliquant de fortes attentes en matière de diagnostic, de suivi et de prospective, le principal enjeu réside dans des besoins de connaissances des systèmes territoriaux, susceptibles d'être réalisés par l'observation territoriale (Sède-Marceau (de), 2011).

Pouvoir agir sur un système implique de le comprendre et donc de le connaître. La finalité vise ainsi à augmenter notre compréhension du fonctionnement des systèmes territoriaux et énergétiques ; c'est-à-dire maîtriser la description de connaissances et d'informations relatives à un domaine aussi vaste que celui constitué par les liens énergie-territoire. Un territoire résulte de la construction d'une réalité territoriale, et fait en ce sens l'objet d'enjeux et de représentations multiples (Lardon, 2001). Il en va de même pour l'énergie.

Ce contexte posé, disposons-nous de l'arsenal conceptuel et sémantique favorisant l'intégration informationnelle nécessaire à la compréhension du système complexe que constitue le système énergétique territorial ? L'objectif consiste alors ici à fournir un cadre général d'interprétation de l'information géographique ainsi qu'un canevas méthodologique sur lequel s'appuyer pour l'appréhension des liens territoire-énergie. Autrement dit, la finalité retenue consiste à favoriser l'intégration des informations relatives aux domaines énergétiques, non plus par une entrée technologique ou économique ou environnementale, mais sur la base d'une entrée territoriale. Il s'agit d'une démarche d'acquisition, d'intégration de connaissance et d'information, avec une dimension appliquée qui vise la mise en œuvre d'un Observatoire numérique territorial. Cette interrogation permet d'identifier deux facettes essentielles d'une même problématique, à savoir : comment appréhender les liens territoire-énergie dans un contexte d'aide à la décision ? - et - quelle approche cognitive et instrumentée proposer pour une lecture intégrée de l'énergie des territoires ?

Ainsi, nous proposons une approche des liens territoire-énergie dans une logique de système d'information. L'objectif réside d'une part dans une lecture particulière des liens territoire énergie par la construction et la mise en observation d'un objet géographique, le SET, - et d'autre part dans la proposition des moyens conceptuel et méthodologiques pour son instrumentation via une démarche de conception, et notamment la définition d'un cadre sémantique d'interprétation de l'information géographique.

2. Une approche territoriale de l'énergie : lecture systémique et informationnelle des liens territoire-énergie

2.1. La difficulté de mise en œuvre d'une connaissance des systèmes énergétiques sur le territoire

Une caractérisation des planifications territoriale (Loinger, 2004 ; Baudelle, 2005) et énergétique (Percebois, 2001 ; Boisson, 2002 ; Vaché, 2009) permet de dresser le constat du renouvellement de leurs contextes et d'évolutions similaires, notamment en matière de décentralisation et de considérations environnementales accrues. La vision étatique se dilue ainsi dans une gouvernance partagée, multipliant les échelles de décision, les acteurs et objectifs de planification. Ce changement d'échelles de réflexion renouvelle les modes d'action publique et questionne la place du local (Desjardin, 2007). Les acteurs locaux se trouvent ainsi amenés à jouer un rôle central dans la traduction et la mise en œuvre concrète d'objectifs de politique énergétique dans leurs pratiques de planification territoriale (SRCAE, PCET, SCoT) (Scoffoni, 2006 ; Souami, 2009). Dans ce contexte, de fortes attentes en matière de diagnostic, de suivi, d'évaluation et de prospective, et plus généralement de connaissance, sont exprimées par les collectivités en charge de piloter, à l'échelle de leur territoire de référence, une planification territoriale énergétique (Magnin, 2011) : « Quels impacts sur la mobilité et la consommation énergétique peut avoir l'ouverture d'une ligne de tram ? » peut par exemple constituer un exemple concret de questionnement.

Comprendre les fonctionnements des systèmes énergétiques et territoriaux nécessite une étude des outils utilisés pour leurs planifications. Du point de vu des territoires d'une part, cette étude des outils de planification territoriale conclut à l'intégration progressive des problématiques énergétiques dans ses documents opérationnels (Desjardin, 2007 ; CERTU, 2011). L'analyse de modèles énergétiques classiquement utilisés en planification énergétique d'autre part conclut quant à elle, à la prédominance des approches technico-économiques ou sectorielles, considérant des « flux hors-sols » (Jebaraj, 2006 ; Hiremath, 2007). Or il apparaît incontournable de passer d'états des lieux effectués par une comptabilité énergétique, à un niveau de compréhension des processus en jeu pour pouvoir identifier des leviers d'action. Cette perspective passe par une meilleure prise en compte du contexte et des spécificités territoriales impactant le comportement énergétique du système territoire. L'enjeu se concrétise alors sous la forme d'un défi de connaissance. En effet, malgré la multiplication et l'apparente abondance de données et informations disponibles, force est de constater les difficultés de parvenir à une vision intégrée des transformations structurelles et fonctionnelles des territoires et leurs liens à l'énergie, à différentes échelles.

2.2. La construction et la mise en observation des Systèmes énergétiques territoriaux

Pour parvenir à approcher cette énergie indispensable, omniprésente et organisatrice du territoire, une lecture systémique et territorialisée des liens territoire-énergie est proposée. Elle illustre l'importance des interactions entre un territoire et son système énergétique, et plus précisément, la dépendance réciproque des processus énergétiques et des processus territoriaux. L'importance de cette dépendances traduit ainsi le besoin de territorialiser l'énergie, c'est à dire assurer une planification et gestion déclinées et adaptées à un contexte local, appropriées par les acteurs du territoire (Debrie, 2010). Pour ce faire, nous proposons de recourir à une approche, le métabolisme territorial et à un concept, le Système Énergétique Territorial (SET).

Liant énergie et information, les travaux de Rosnay (de, 1996) ont ouvert des perspectives en établissant l'éco-énergétique. Le modèle de Schwarz (1997) lui succédant, illustre une vision systémique du territoire dans lequel les flux d'énergie sont régulés et pilotables par de l'information (Figure 1).

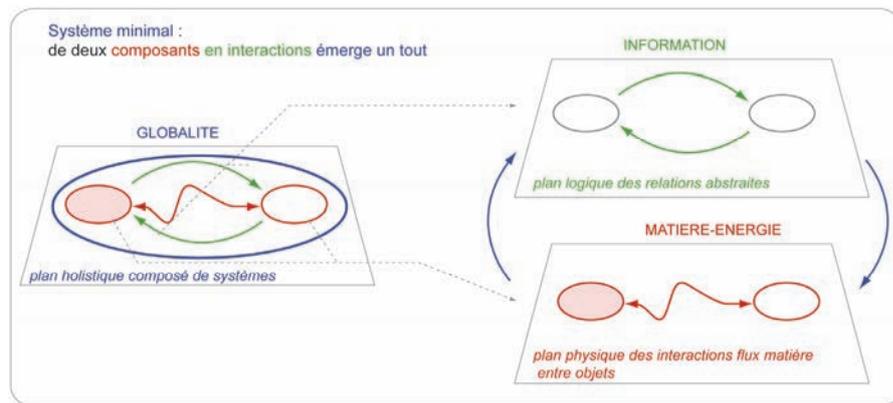


Figure 1 : Le métamodèle de Neuchatel (Schwarz, 1997)

Les structures et dynamiques d'un territoire, comme tout système, sont conditionnées par la disponibilité de matière, d'énergie et d'information sans lesquelles aucune activité n'est possible (Schenk, 2006). A l'image du vivant, un territoire a besoin d'énergie pour son fonctionnement, énergie traduite sous forme structurelle (tel un bâtiment) et fonctionnelle (par exemple des activités socio-économiques). Ce territoire « possède » un métabolisme, régulé et pilotable par de l'information, d'où la démarche proposée. A l'échelle d'un territoire, plusieurs approches du métabolisme sont réalisées, essentiellement par une analyse de flux quantifiés (Erkman, 2004 ; Barles, 2007 ; Nghiem, 2005). Bien qu'elle ne soit pas à exclure, l'objectif fixé pousse à compléter cette comptabilité et à entrer dans le détail de la compréhension des processus territoriaux, de leurs organisations, de leurs structures, de leur genèse et de leurs dynamiques. Pour ce faire, l'objet géographique Système énergétique territorial est ébauché ; il permet de passer de l'étude de la chaîne et des filières énergétiques (Brücher, 2001 ; Ibrahim, 2005) à une intégration des caractéristiques des territoires (composantes spatiales temporelles, jeux d'acteurs, spécificités locales) (Figure 2).

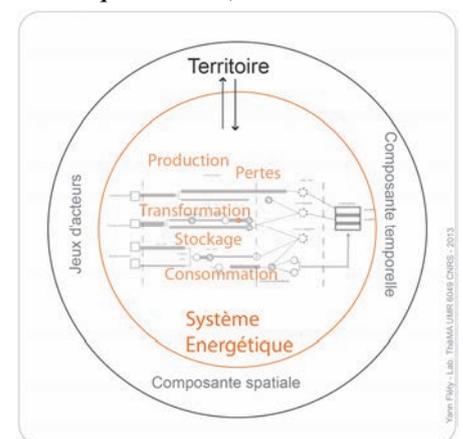


Figure 2 : Un premier niveau de représentation du SET

L'énergie conditionnant à la fois les structures et dynamiques territoriales (inscrites ou non dans l'espace), la connaissance des phénomènes énergétiques doit passer par le captage, l'organisation puis l'analyse des informations variées, décrivant tout autant les contextes économiques, socio-spatiaux, environnementaux, ce que nous nommons territorialiser l'énergie.

2.3. Territorialiser l'énergie : spatialiser et contextualiser le SET par une mise en observation

D'une thématique relative au lien territoire-énergie, nous sommes aux vus de nos objectifs, parvenus à avancer et ébaucher le glissement d'une approche énergétique des territoires (métabolisme) à une approche territoriale de l'énergie (le SET), qui nous a ensuite permis d'établir la nécessité d'une approche informationnelle des territoires et de l'énergie, c'est-à-dire du SET. Par un glissement et un décentrage de la question énergétique, et une prise en compte affirmée des dimensions territoriales et informationnelles, nous avons ainsi concentré nos travaux sur l'organisation de l'information.

La multiplicité des acteurs, et donc des représentations en présence, implique l'intégration de visions individuelles et sectorielles du territoire et de l'énergie. Ainsi, la mutualisation, l'organisation et l'appropriation de connaissances et d'information permettent l'émergence d'une intelligence territoriale (Bertacchini, 2007 ; Herbaux, 2007). Cette approche instrumentée et informationnelle s'adossant à des outils d'observation et de prospective vise à améliorer la

connaissance de la structure et du fonctionnement des territoires par les acteurs de leur évolution (collectivités, entreprises, ménages, etc.). Le recours aux technologies de l'information géographiques apparait en effet indispensable pour maîtriser l'ensemble des informations hétérogènes permettant de décrire et analyser les dynamiques territoriales. Ainsi, la mise en œuvre de système d'information, et plus particulièrement d'une de leur application que constitue les observatoires numériques territoriaux, permet la mutualisation de l'ensemble de ces informations pour la construction d'indicateurs (Sède-Marceau (de), 2011 ; Roux, 2011). Mais la diversité des acteurs en présence, aux enjeux et objectifs multiples, soulève des questions relatives à l'appréhension et à la gestion de leurs perceptions et représentations internes ou externes (Noucher, 2009 ; Souami, 2009). Si la donnée se trouve ainsi au cœur de ces représentations, il s'agit d'en comprendre la sémantique et le cycle de vie. L'enjeu de connaissance dévolu aux observatoires est alors entendu comme capitalisation de données et négociation du sens attribué à la donnée et aux indicateurs qui les concrétisent.

La mise en observation territoriale des systèmes énergétiques, qui sous-tend des dimensions de diagnostic, d'analyse et de suivi, notamment par et pour la définition d'indicateurs territoriaux énergétiques, porte donc sur les moyens, concepts et méthodes pour une mise en observation. Afin de concrétiser ce processus de mise en observation territoriale du SET, nous avançons une démarche de modélisation conceptuelle du réel et d'intégration de ses représentations multiples, notamment centrée sur des questions de sémantique.

3. Proposition méthodologique pour mettre en observation le Système énergétique territorial

Nous proposons dans un second temps une démarche de conception qui vise la formalisation du Système énergétique territorial, étape préalable à son instrumentation. Dans le contexte d'un observatoire numérique territorial, territorialiser l'énergie passe par la définition d'un cadre sémantique d'interprétation de l'information géographique via des ontologies.

3.1. Un processus de modélisation

Le processus de modélisation que constitue cette démarche s'intègre aux multiples approches de représentation de connaissances (Ducournau, 1996 ; Prélaz-Droux, 1995). Il vise la définition des modalités de passage entre le réel perçu en fonction d'objectifs (modélisation conceptuelle du réel) et l'objet informatique implémenté (modélisation de données) (Figure 3). Initiés par une problématique et des objectifs, différents niveaux de modélisation se succèdent. Le premier niveau, épistémologique, interroge notre rapport à la réalité et aux modalités d'appréhension des phénomènes du réel via les entités considérées (perceptions, faits et tout phénomène du « réel »). Le deuxième niveau relève d'une dimension sémantique : il consiste en une catégorisation du réel en construits, concepts et leur relations, pour fournir un modèle d'explication d'une portion de réalité. Le troisième niveau traite de la modélisation de données et des objets informatiques au sein de bases de données autorisant les traitements susceptibles de répondre à la problématique définie.

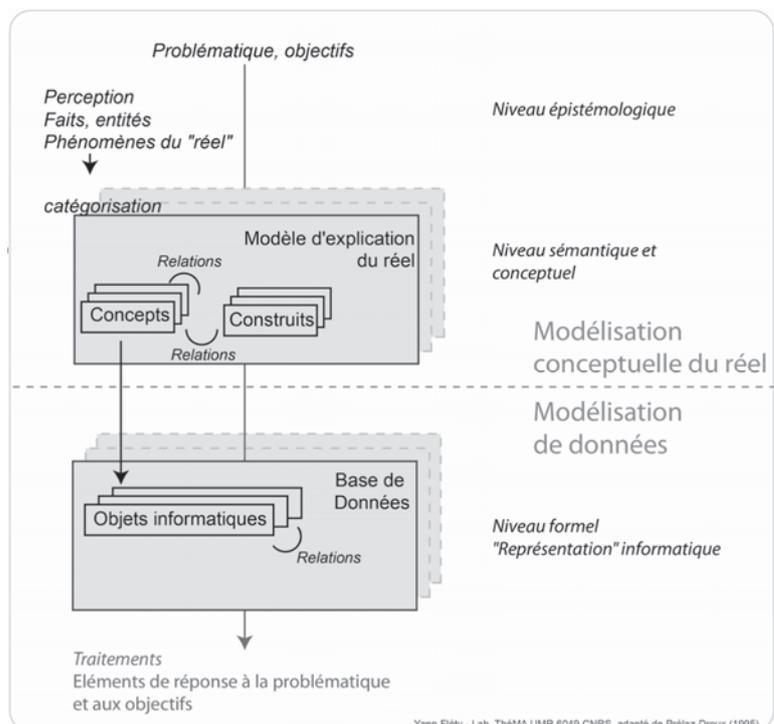


Figure 3 : Modélisation pour une mise en observation : de la modélisation

conceptuelle du réel à la modélisation de données (adapté de Prélaz-Droux, 1995)

Les bases de données sont un des éléments constitutifs d'un système d'information dont les observatoires numériques territoriaux sont une application. La phase amont des démarches de conception de bases de données, et donc de tout observatoire, concerne la modélisation conceptuelle du réel. Cette phase de modélisation nécessite de définir les phénomènes, entités et processus à considérer (Tardieu, 1987). Nous nous concentrons ici exclusivement sur cette phase de modélisation conceptuelle du réel relative aux liens territoires-énergie, en caractérisant les contextes et sémantiques des entités considérées. Pour ce faire, une démarche de conception est proposée, combinant un volet conceptuel et un volet applicatif. Les propositions conceptuelles sont ensuite testées, enrichies et validées dans le cadre d'une application portant sur l'intégration d'un indicateur énergétique territorial dans le modèle proposé.

3.2. Une démarche de conception

Le volet conceptuel de la proposition de démarche vise la construction d'un cadre d'analyse des liens territoire- énergie pour la formalisation du SET, et l'analyse de ce dernier via des indicateurs. Ce volet conceptuel considère successivement plusieurs étapes, reposant sur un métamodèle, une géo-ontologie légère pré-consensuelle de domaines et un modèle conceptuel singulier pour chacun des indicateurs construits (partie gauche de la Figure 4).

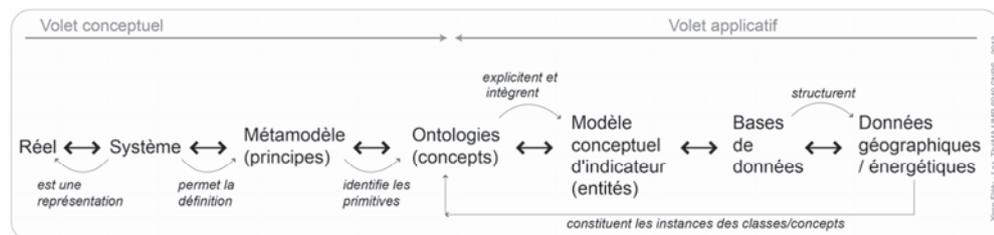


Figure 4 : Les éléments génériques de la démarche

Après avoir appréhendé un réel via le SET, un métamodèle est proposé sous la forme de « principes-guides » et permet concrètement l'identification des concepts racines d'une ontologie de domaine territoire-énergie : ce sont les fonctions territoriales et/ou les processus impliqués (se déplacer, habiter, etc.) qui conditionnent les entités (respectivement un déplacement, un bâtiment d'habitation, etc.) et donc les concepts à considérer dans une ontologie. Dans le contexte singulier d'un observatoire territoire-énergie, et au vu de l'infinité des phénomènes à considérer (entités et processus), utilisateurs et niveaux d'observation à intégrer, seules les primitives d'une ontologie apparaissent. Les acceptions du terme ontologie sont multiples (Guarino, 1998, Spaccapietra, 2004 ; Keita, 2007 ; Flety, 2009, Couclelis, 2010). Nous définissons cette géo-ontologie à la fois comme une représentation du système observé et comme un système de référence sémantique pour l'information géographique. Les ontologies sont donc ici considérées comme un pont sémantique entre le réel et la donnée au sein de la démarche proposée. Ces ontologies sont qualifiées de géographiques, parce qu'entendues comme système de référence sémantique pour l'information géographique ; légères, puisque semi-formelle ; et pré-consensuelles : ces ontologies, de construction, sont susceptibles de révéler des nuances ou contradictions.

Un indicateur implique préalablement la définition explicite ou implicite de son modèle conceptuel (volet applicatif, partie droite de la Figure 4). Dans notre démarche, nous proposons que chacune des entités considérées par ce modèle conceptuel, soit définie et rattachée à un concept structuré au sein d'une ontologie. Deux niveaux d'abstraction, qui sont successivement le Système Énergétique Territorial et un métamodèle, proposent une lecture du réel et contraignent la structure de ces géo-ontologies légères pré-consensuelles de domaine territoire-énergie. Les choix effectués dans ces deux niveaux d'abstraction (multi-échelles, entrée par les fonctions territoriales, etc.) permettent notamment l'identification des primitives de l'ontologie. Les données, stockées dans des bases de données, constituent alors les instances des classes de l'ontologie.

Ainsi, l'ajout d'une couche de modélisation conceptuelle se révèle intéressante dans cette approche exploratoire : le métamodèle, accompagné d'une géo-ontologie légère pré-consensuelle de domaines et des modèles conceptuels par indicateur, constitue un appareillage qui se situe à un niveau intermédiaire, entre le volet global du SET et celui descriptif des indicateurs. Cet appareillage ajoute d'une part des capacités d'explicitation et de transposition de concepts, et d'autre part constitue un objet de médiation dans le processus de construction de connaissance. Nous avançons qu'à une ontologie établie, conçue et validée par des experts, dans laquelle toute incohérence est idéalement chassée, répondraient des ontologies correspondant aux premiers stades de développement et que l'on peut qualifier de pré-consensuelles. Elles constituent une représentation support de médiation et de négociation non prescriptive. Sans renier les capacités d'intégration pour lesquelles elles sont le plus souvent mobilisées, le recours aux ontologies de domaines semble pertinent comme artefact cognitif, comme niveau d'intégration et de confrontation, discussion et appropriation de concepts dans la démarche collective et instrumentée que constituent les observatoires numériques territoriaux.

Nous proposons une démarche de conception, synthétisée en Figure 5, reposant sur la convergence entre un volet conceptuel et un volet applicatif : les propositions conceptuelles figurant en partie gauche sont ensuite testées et validées dans le cadre d'une application avec l'intégration d'un indicateur territorial. Cette démarche propose un cadre territorial et sémantique appuyé sur un métamodèle, une géo-ontologie de domaines et un modèle conceptuel singulier pour chacun des indicateurs (Figure 5).

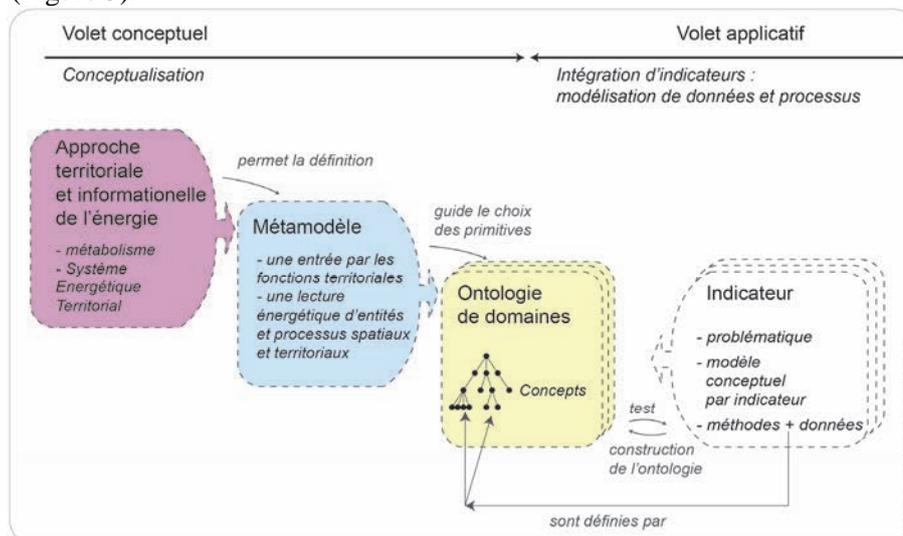


Figure 5 : Synthèse de la démarche pour une mise en observation des SET

Ainsi, la proposition avancée est d'associer des entités perçues, proposées par une lecture particulière des phénomènes via un métamodèle, à une lecture fonctionnelle «énergétique» (consommation, production, etc.) (Figure 6). Notre proposition est alors de faire correspondre à des entités spatiales perçues (objet du côté informatique tel un polygone, une maille/cellule ou un graphe/réseau), une valeur d'usage énergétique via une fonction territoriale : un bâtiment à une fonction territoriale (habiter : logement, travailler : industrielle ou commerciale, fonction à laquelle est rattachée une valeur d'usage énergétique (telle une production énergétique, une consommation énergétique, ou les deux). L'ensemble de ces entités sont définies sous forme de concepts dans une ontologie. Il s'agit donc d'une lecture fonctionnelle de l'entité, premièrement spatiale puis énergétique. Les fonctions territoriales permettent ainsi de faire le lien entre processus ou entités spatiales ou territoriales – et – processus ou entités énergétiques (Figure 6).

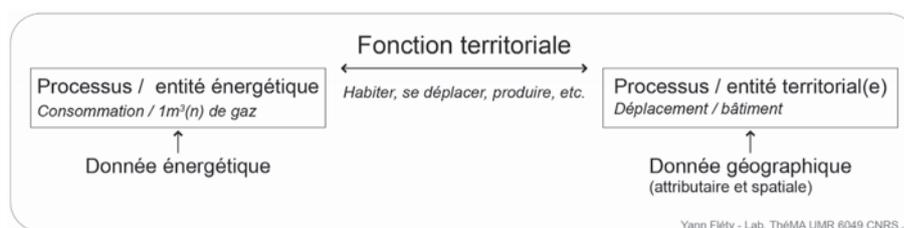


Figure 6 : Une entrée par les fonctions territoriales et une lecture énergétique d'entités territoriales

3.3. Construction et peuplement de l'ontologie avec un indicateur

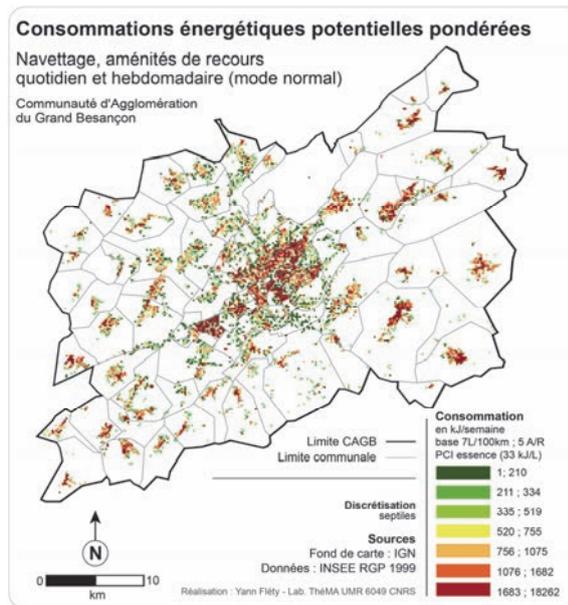
Complétant ce volet conceptuel, un volet applicatif considère que la construction d'indicateurs nécessite la définition de modèles conceptuels explicites à chacun d'eux. Les entités impliquées dans ces modèles sont définies sous formes de concepts au sein d'ontologies de domaines. La donnée constitue l'instance d'une classe (d'un concept) de l'ontologie. Inscrite dans une dynamique dans laquelle chaque nouvelle donnée est susceptible de contribuer au développement de nouveaux indicateurs, l'ontologie est utilisée pour son aspect intégrateur (Jean, 2007 ; Guarino, 1998 ; Roussey, 2011) : elle est extensible dans la mesure où elle peut intégrer, dans un ensemble cohérent, de nouveaux concepts attachés à de nouvelles données dans un processus itératif de construction et de test (droite de la Figure 5). Ainsi, si l'exhaustivité ne peut être visée, les bases méthodologiques de la démarche sont posées. L'intégration d'indicateurs existants et de leurs modèles conceptuels singuliers autorisera l'identification et la définition de nouveaux concepts à intégrer.

Précisons ici que raisonner autour de l'énergie implique des composantes dynamiques (processus, fonctions). Or il n'est pas nécessaire d'intégrer ces dynamiques dans ce volet conceptuel, mise à part sous la forme d'un concept au sein de l'ontologie, susceptible d'illustrer cette dynamique. La dynamique n'est pas modélisée en elle-même : il ne s'agit pas ici de modélisation de processus comme il sera question dans le volet applicatif plus après. Seule la référence de cette dynamique à son concept apparaît. A titre d'exemple, le fait de définir la mobilité ou un déplacement au niveau de l'ontologie est suffisant, pour ensuite, dans le volet applicatif, y accoler cette fois-ci la modélisation du processus sous forme mathématique qui, elle, intervient pour le calcul de l'indicateur construit.

La validité de la démarche et des propositions conceptuelles avancées est testée dans le cadre de l'intégration d'un indicateur territorial composite existant, l'Étiquette Énergétique Territoriale²⁴⁷ (EET) (Fléty, 2010). Reposant sur la logique singulière des étiquettes d'appareils électroménagers, l'indicateur étiquette propose le calcul d'une Étiquettes énergétique territoriale (EET) des différents espaces qui composent l'Aire urbaine ou la région étudiée. Pour chacun de ces espaces, considérés à travers une grille de cellules, l'indicateur permet d'évaluer les consommations énergétiques liées aux mobilités urbaines, quotidiennes et hebdomadaires, induites par le recours aux commerces et aux lieux d'emploi d'habitants dont le comportement est standardisé : cinq déplacements par semaine vers un lieu d'emploi et un commerce/service de proximité, un déplacement hebdomadaire vers un commerce/service plus important, etc. Deux modes de déplacement sont considérés : la marche à pied (en deçà d'une certaine distance à parcourir) et la voiture particulière (au-delà d'une certaine distance). L'indicateur qui en découle reprend les sept catégories classiques des «étiquettes énergétiques» (du vert au rouge en passant le jaune) (Figure 7).

²⁴⁷ Cet indicateur a été développé dans le cadre d'un projet en partenariat avec l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME).

Figure 7 : Exemple de carte résultat d'étiquette énergétique territoriale après habillage pour la Communauté d'Agglomération du Grand Besançon



Il permet donc non seulement une approche comparative des espaces les uns par rapport aux autres (du moins consommateur au plus énergivore), mais également de considérer le rôle de la forme urbaine, de l'implantation des aménités (commerces, services et lieux d'emplois) et de la densité de population sur les consommations énergétiques. Plus qu'une spatialisation de données, il s'agit de la construction d'un indicateur territorial composite.

Cet indicateur territorial composite ne représente qu'un exemple parmi d'autre ; son intégration vise cependant un double objectif :

identifier les entités en jeu, et permettre de boucler la démarche en réalisant une première construction et un premier peuplement d'une ontologie (partie inférieure droite de la Figure 5). L'intérêt lié à l'intégration de cet indicateur se situe donc au niveau de l'identification des concepts en jeu et manipulés. Ainsi, le modèle conceptuel spécifique d'un indicateur mobilise des entités qui constituent des instances de concepts dans l'ontologie. Pour l'indicateur EET par exemple, les entités 'IRIS', 'déplacement', 'consommation de carburant', etc.instancient les concepts racines (primitives) identifiés par aller-retour entre le méta-modèle et le modèle conceptuel de l'indicateur (respectivement 'portion d'espace', 'fonction de transport' et 'fonction énergétique' (Figure).

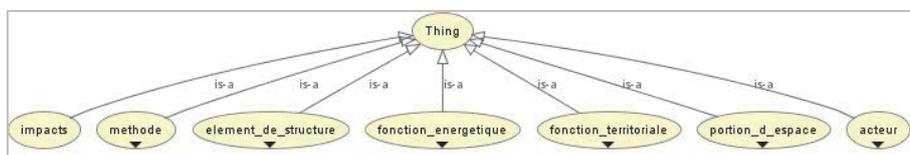


Figure 8 : Primitives liées à la première instanciation d'une ontologie territoire-énergie

Si une ontologie de domaines ne retient que la sémantique de chaque concept, les relations entre entités, instances de concepts, varient en fonction de leur contexte d'utilisation. Considérons par exemple les entités de « Commune » et d'« IRIS » mobilisés dans l'indicateur étiquette : les définitions génériques respectives de ces deux entités sont pour la commune, « la plus petite subdivision administrative française », et pour l'IRIS, « la brique spatiale élémentaire en matière de diffusion de donnée » (INSEE, 2010). Ces définitions mèneraient alors au sein d'une ontologie de domaines, à généraliser l'entité de commune comme liée au concept de territoire administratif et celui d'IRIS au concept de territoire statistique. Mais pour l'application Étiquette, par exemple, la commune n'est considérée que comme la plus petite maille de recensement de statistiques en milieu rural, et les IRIS jouent ce rôle en milieu urbain. Dans cette configuration, IRIS et communes peuvent toutes deux être généralisées par le concept de territoires statistiques, et non plus administratif pour l'une et statistique pour l'autre. Les relations entre objets, instances de concepts, varient ainsi en fonction de leur contexte d'utilisation. Le contexte, notamment l'objectif d'étude et l'échelle de travail, définit au sein du modèle conceptuel de l'indicateur des relations variables entre objets. Deux conclusions essentielles apparaissent et sont susceptibles d'être soulignées : il s'agit d'une part de l'impossibilité de parvenir à une ontologie unique et universelle indépendante des contextes, et d'autre part d'insister sur le rôle de médiation de l'ontologie, qui vise et oblige, dans le processus de représentation de connaissance, à l'explicitation de la sémantique des données et informations, inévitable dans une démarche d'observation territoriale.

L'objectif de cette recherche ne vise en effet pas directement à observer le système énergétique, ni à en sortir une compréhension d'un phénomène thématique. Il s'agit plutôt de donner la possibilité,

par une démarche ici illustrée, de réaliser une première validation de la proposition, en testant la capacité du cadre proposé (métamodèle – ontologie - modèle conceptuel par indicateur) à intégrer des données hétérogènes, multi-sources, issues de représentations variées. Cette démarche ouvre la voie à la mise en œuvre de systèmes d'information énergétiques territoriaux.

4. Discussion

Les apports de ce travail concernent simultanément l'un ou plusieurs des trois concepts que nous avons tenté d'associer : territoire, énergie et cognition.

4.1. L'énergie, une « thématique » non géographique ? L'intérêt d'une approche territoriale par le métabolisme

La thématique énergétique relève de la connaissance experte et est donc bien évidemment restée l'apanage, des physiciens et énergéticiens, mais aussi des économistes et des écologues, considérant chacun des aspects propres à leur discipline : flux, techniques, ou économiques. L'énergie n'est a priori pas un concept spatial. Dans le domaine de la géographie de l'énergie, peu de géographes se sont intéressés ces vingt dernières années à inscrire l'énergie dans une nouvelle dynamique : systémique et spatiale. Pourtant, chaque filière, chaque usage présentent les caractéristiques d'un système complexe. L'énergie est un sujet « touche à tout » qu'il convient de bien définir, sur lequel chacun se forge un avis, des présupposés environnementaux, financiers et idéologiques liés. C'est une « thématique » qui nécessite des échelles plurielles, de l'interdisciplinarité (physique, économie, sociologie, géographie, etc.) multipliant les objectifs, problématiques et concepts en jeu. L'entrée par le métabolisme territorial, dans une perspective explicative en plus d'être descriptive, ne fait d'ailleurs plus de l'énergie une « thématique » mais, via le SET, propose un cadre d'analyse des relations territoire-énergie. L'énergie apparaît dans cette perspective à la fois comme constitutive des systèmes territoriaux et comme un des éléments majeurs, moteur des dynamiques spatio-temporelles. Nous avons ainsi avancé l'intérêt particulier d'une approche territoriale de l'énergie. Si cette dernière est, dans la littérature, majoritairement centrée autour de l'identification des acteurs et de leurs rôles, nous avançons l'intérêt particulier d'une approche territoriale reposant sur les fonctions territoriales qui apparaissent comme l'une des clefs de compréhension des processus en jeu et permettent l'identification de leviers d'actions.

4.2. Des ontologies prescriptives aux ontologies comme support de médiation et de négociation du sens

Le métamodèle proposé dans notre démarche contraint les entrées et concepts racines (primitives) de l'ontologie. Il explicite ainsi des choix effectués pour définir une entrée particulière dans l'ontologie, ce qui ne correspond pas aux définitions les plus courantes du concept d'ontologie (Laurini, 2007 ; Balestrat, 2011). Il s'agit alors d'insister sur l'intérêt d'ontologies entendues comme point de vue porté sur un système complexe, plutôt que d'ontologies qui se réclament universelles et génériques, quête à notre sens illusoire dans un contexte applicatif. Il s'agit dans le cadre de ce travail, de délaisser des ontologies strictement hiérarchiques de type méréologique à l'intérêt discutable (Couclelis, 2010 ; Noucher, 2009), pour tendre vers des ontologies comme paradigmes, reflet de choix et d'entrées singulières posées sur un système complexe. Ces ontologies revêtent une importance particulière dans le contexte d'observatoires territoriaux multi-acteurs, aux représentations et objectifs variés. L'une des caractéristiques des indicateurs territoriaux énergétiques est en effet relative à leur inscription dans un contexte de coproduction de données. D'un point de vue thématique, les aspects de faisabilité, qualité, méthodologie doivent être abordés, tout comme les spécifications permettant leur mise en œuvre. Dans ce domaine, de nombreuses questions restent en suspens, notamment autour de l'intégration de référentiels techniques énergétiques et territoriaux pour la construction d'indicateurs alimentant les démarches de planification territoriale énergétique (questions d'échelles de temps et d'espace, sémantiques, etc.). Si l'élaboration de ce type d'ontologie peut mener à la construction de références et connaissances communes, elle impose a minima, par sa structure et son processus de

catégorisation, une négociation du sens accordé aux concepts et données qui leurs sont liés. Les ontologies deviennent alors supports de médiation, de collaboration et de négociation. Si nous ne disposons pas en l'état, de la matière nécessaire pour approfondir la démarche proposée, la multiplication des terrains d'application pourra le permettre. Un prolongement évident de ce travail est donc relatif à l'intégration de nouveaux indicateurs territoriaux composites et par la même, au peuplement de(s) l'ontologie(s), confortant les systèmes d'information dans leur rôle de « construction de connaissances ». Un des objectifs de la démarche est, à travers cette mise en observation, de donner la possibilité d'une intégration d'autres indicateurs, ainsi qu'une réappropriation des observatoires construits, réalisée dans des contextes variés. Face à la multiplication d'observatoires, cette réappropriation soulève en effet des questions d'interopérabilité. Cette réappropriation est dans notre cas en cours, notamment à travers des applications opérationnelles telle que la plateforme d'Observation et de Prospective Territoriale Énergétique à Echelles Régionales de Franche-Comté (OPTEER248).

4.3. Mise en œuvre et perspectives

Une phase opérationnelle est réalisée avec la structure en charge du portage de la plateforme d'Observation et de Prospective Territoriale Énergétique à Echelles Régionales de Franche-Comté (OPTEER) développée jusqu'alors, et qui s'appuie partiellement sur le socle conceptuel et méthodologique proposé. Cette plateforme offre aux partenaires de la gestion et de la planification territoriales un moyen de valoriser leurs données et de mutualiser leurs connaissances des systèmes énergétiques à l'échelle de leurs territoires de compétences et d'action : l'approche territoriale permet de tenir compte à la fois des caractéristiques des espaces étudiés (ressources énergétiques, consommations mais aussi contraintes, contextes socio-démographiques ou économiques, infrastructurels, ...) et des compétences de l'ensemble des acteurs concernés (institutions, entreprises, associations, ...). L'outil est conçu pour favoriser l'échange de données entre les acteurs du territoire. L'un des objectifs majeurs est de mutualiser les efforts d'acquisition de données et d'accumulation de connaissances pour mettre en place une véritable gouvernance énergétique. Cette mutualisation permet de construire des indicateurs composites mêlant informations énergétiques et contextuelles en provenance d'horizons divers. Les travaux concernant notamment le développement d'un indicateur de vulnérabilité énergétique, en identifiant les contextes territoriaux de vulnérabilité énergétique, susceptibles de faire basculer des ménages dans une précarité énergétique sont en cours. L'exploitation et l'évolution de l'outil OPTEER permettent ainsi aujourd'hui l'enrichissement et le peuplement du versant ontologie de la démarche proposée.

5. Conclusion

L'ambition de territorialiser l'énergie est une question complexe et peu abordée. Si l'énergie est consubstantielle des territoires, la complexité tient à la fois à l'objet appréhendé en tant que système complexe, et au captage de l'information s'y rapportant. Toutefois, il existe un impératif de connaissance et de compréhension face aux demandes des institutions et collectivités qui ne peuvent plus se contenter d'approches sectorielles pour parvenir à une transition énergétique. Pour ce faire, le développement d'outils d'information sous la forme d'observatoires apparaît pertinent : ces derniers constituent des mémoires (diagnostics, suivi des évolutions, etc.) d'un territoire, ouvrant la voie à des analyses transversales sur la base d'indicateurs énergétiques territoriaux.

Nous avons tenté d'approcher un système complexe au sens systémique, démontré la pertinence d'une approche territoriale de l'énergie, et notamment la nécessité d'intégrer des spécificités territoriales, spatiales comme organisationnelles, dans la planification énergétique. Après avoir formalisé un objet géographique capable d'intégrer les liens énergie et territoire (le SET), nous avons proposé une démarche de conception afin de transcrire le réel au sein d'un observatoire, pour

²⁴⁸ <http://www.opteer.org/>

l'intégration d'indicateurs, via l'ébauche d'une géo-ontologie légère pré-consensuelle de domaine territoire-énergie. Ainsi, l'ajout d'une couche de modélisation conceptuelle se révèle intéressante dans cette approche exploratoire : le métamodèle, accompagné d'une géo-ontologie légère pré-consensuelle et des modèles conceptuels par indicateur, constitue un appareillage qui se situe à un niveau intermédiaire, entre le volet global du SET et celui descriptif des indicateurs. Cet appareillage ajoute d'une part des capacités d'explicitation, d'intégration et de transposition de concepts, et d'autre part constitue un objet de médiation dans le processus de construction de connaissance. Ces composantes conceptuelles se trouvent concrètement déclinées avec l'intégration d'un indicateur venant enrichir la construction de l'ontologie. Parallèlement, et de manière plus générale, reste posée la question de l'accès et/ou de l'indigence des données énergétiques et territoriales à échelles fines, qui nécessiterait une réorientation de leur objectifs et modalités de récoltes.

Références

- Abadie N., Mustière S., 2010, *Constitution et exploitation d'une taxonomie géographique à partir des spécifications de bases de données*, Revue internationale de géomatique, 20(2), pp. 145-174.
- ADEME, 2004, *Energie et territoire - L'énergie, un thème à aborder en réseau : Les réseaux d'acteurs*, Retour d'expériences, Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie / Energie-Cités, 7p.
- ADEME, 2005, *Stratégie d'utilisation rationnelle de l'énergie – Chapitre II : les bâtiments*, Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie 8p.
- ADEME, 2006, *Atlas éolien du département de l'Isère*, Rapport d'étude, Préfecture de l'Isère, 20p.
- ADEME, 2008, *Le poids des dépenses énergétiques dans le budget des ménages en France*, Lettre Etude et Stratégie n°11 du 3 avril 2008, Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, [en ligne], consulté le 29/07/2008, disponible sur <http://www2.ademe.fr/servlet/list?catid=17390>.
- ADEME, 2009, *Construire et mettre en œuvre un plan climat territorial*, Guide méthodologique, Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, 226p.
- ADEME, 2012, *Energie et climat – Chiffres clés - Edition 2012*, Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie octobre 2012, 120p.
- Adoue C., 2007, *Mettre en œuvre l'écologie industrielle*, Presses Polytechniques et universitaires romandes, 106p.
- Advancity, 2010, *Vers une ville "post-carbone"*, conférence de l'académie des technologies MEDDM-ADEME-Ecole des Ponts, jeudi 9 septembre 2010, 151p.
- AERE, 2008, *Note méthodologique sur la réalisation d'un diagnostic énergétique de territoire*, Note méthodologique d'Alternatives pour l'énergie, les énergies renouvelables et l'environnement, 9p.
- AFIS, 2006, *Typologie des modèles en ingénierie système*, Page d'accueil, Association française d'ingénierie système, [en ligne], consulté le 29/02/2007, disponible sur <http://www.afis.fr/praut/accueil/accueil.html>.
- Aguiléra A., Mignot D., 2007, *Formes urbaines et migrations alternantes. Les enseignements d'une comparaison des aires urbaines de Lille, Lyon et Marseille*, ASRDLF. Les dynamiques territoriales : débats et enjeux entre les différentes approches disciplinaires - XLIII^e colloque de l'ASRDLF, 11, 12 et 13 juillet 2007, Grenoble/Chambéry, France, 16p.
- Akoka J. (dir), Comyn-Wattiau I., 2006, *Encyclopédie de l'informatique et des systèmes d'information*, Vuibert, 1941p.
- Akoka J., Comyn-Wattiau I., 2001, *Conception des bases de données relationnelles en pratique*, Vuibert, 269p.
- Albrecht J., Derman B., Ramasubramanian L., 2008, *Geo-ontology Tools: The Missing Link*, Transactions in GIS, 12(4), pp. 409-424.
- ALE, 2001, *Bilan énergétique de l'Agence Locale de l'Energie de l'agglomération grenobloise*, Agence locale de l'énergie - Méthode du bureau d'étude EXPLICIT, 52p.
- Alfstad T., 2005, *Development of a Least Cost Energy Supply Model for the SADC Region*, mémoire de Master, Faculty of Engineering and the Built Environment, University of Cape Town, South Africa, 159p.
- Allaire J., 2007, *Forme urbaine et mobilité soutenable : enjeux pour les villes chinoises*, Thèse de doctorat en Sciences économiques, Université Pierre Mendès-France - Grenoble II, 328p.
- Alterre-Bourgogne, 2007, *Consommation d'énergies – la vulnérabilité des territoires*, Repère n°44, 16p.
- Ambite J.-L., Arens Y., Hovy E., Philpot A., Gravano L., Hatzivassiloglou V., Klavans J., 2001, *Simplifying data access the energy data collection project*, Computers, pp. 47-54.
- AMETER, 2006, *L'efficacité énergétique dans l'aménagement du territoire*, Rapport InterregIIIa Aménagement du territoire et énergies renouvelables, Energies Environnement 74, Suisse Energie, Cité de l'énergie, Energie Bois Suisse, 72p.
- Antoni (Dir.) J.-P., 2010, *Modéliser la ville - Formes urbaines et politiques de transport*, Economica, 448p.
- APUR, 2007, *Consommations d'énergie et émissions de GES liées au chauffage des résidences principales parisiennes*, Rapport d'étude, Atelier Parisien d'Urbanisme, 48p.
- Aquino (D') P., Brunet R., 2002, *Débat. Le local, le territoire et la "planification ascendante"*, L'Espace Géographique, 31(1), pp. 37-48.

- Aquino(D') P., Seck S.M., 2001, *Et si les approches participatives étaient inadaptées à la gestion décentralisée de territoire ?*, Géocarrefour, 7(3), pp. 233-239.
- Arab R., Minelli F., Pirot F., 2005, *De la modélisation à l'implémentation : proposition d'une méthodologie pour le recensement des mares dans le Nord-Pas-de-Calais*, SIG'05 Conférence Francophone ESRI, Issy-Les-Moulineaux, France, 5-6 octobre 2005, 7p.
- AREC, 2010, *Site ressource du Réseau des Acteurs de la Pauvreté et de la Précarité Énergétique dans le Logement*, [en ligne], consulté le 03/12/2011, disponible sur <http://www.precarite-energie.org/-Etudes-et-analyses-territoriales-.html>
- ARENE, 2006, *Tableau de bord de l'énergie en Ile-de-France – évolution 1990-2002 des consommations et productions d'énergie et des émissions associées*, synthèse 2006, Agence régionale de l'environnement et des nouvelles énergies Ile-de-France, 12p.
- Armatte M., 2005, *La notion de modèle dans les sciences sociales : anciennes et nouvelles significations*, Mathematics and Social Sciences, 172(4), pp. 91-123.
- Arnaud A., 2009, *Valorisation de l'information dédiée aux événements de territoires à risque - Une application cartographique et géovisualisation de la couronne grenobloise*, Thèse de doctorat de géographie, Université Joseph Fourier Grenoble I, 532p.
- ARPE, 2001, *Diagnostic développement durable urbain – Tome 2- Les indicateurs, méthode de mise en place avec les réseaux des villes durables de Midi-Pyrénées*, Rapport d'étude de l'Agence régionale pour l'environnement Midi-Pyrénées (ARPE), 45p.
- Assoumou E., 2006, *Modélisation MARKAL pour la planification énergétique long terme dans le contexte français*, Thèse de doctorat en Economie et finance, Ecole des mines, Paris, 227p.
- Augustin J.-P., Bourdeau P., Ravenel L., 2008, *Géographie des sports en France*, Vuibert, 177p.
- Auriac F., 1983, *Système économique et espace : le vignoble languedocien*, Economica, 211p
- Automobile Club, 2011, *Budget de l'automobiliste français*, 32 p., [en ligne], consulté le 5/09/2012, disponible sur <http://www.automobile-club.org/voiture/budget-automobiliste.html>.
- Avocat H., 2011, *Approche géographique des processus d'approvisionnement en plaquettes forestières des chaufferies du secteur collectif/tertiaire*, Thèse de doctorat en géographie, Université de Franche-Comté, xxxp.
- AXENNE, 2006, *Diagnostic de la filière bois-énergie en Région Corse et élaboration de sa stratégie de développement*, Rapport d'étude pour l'Agence de Développement Economique de la Corse, 48p.
- Babeau A., 1966, *La planification comme processus de décision*, Annales. Histoire, Sciences Sociales, 21(5), pp. 1149-1151, [en ligne], consulté le 5/09/2012, disponible sur http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/ahess_0395-2649_1966_num_21_5_421467_t1_1149_0000_2.
- Babey N. Clivaz C., 2005, *La définition d'indicateurs du développement durable - d'un problème « technique » à une remise en cause des logiques politico-administratives – Le cas de la Ville du Locle (Suisse)*, Colloque « Développement urbain durable Gestion des ressources Gouvernance », Lausanne, 21-23 sept. 2005, 10p.
- Bachelard G., 2003, *Le nouvel esprit scientifique*, Presses Universitaires de France, 183p.
- Bachimont B., 2006, *Ingénierie des connaissances et des contenus - Le numérique entre ontologies et documents*, Hermès Science, 280p.
- Bachimont B., 2000, *Engagement sémantique et engagement ontologique - conception et réalisation d'ontologies en ingénieries des connaissances*, in Ingénierie des connaissances, évolutions récentes et nouveaux défis, Charlet J., Zacklad M., pp. 305-323.
- Badra F., 2005, *Utilisation de techniques de fouille de données pour enrichir une ontologie d'objets géographiques*, Mémoire de Master, Université Lumière Lyon 2, 42p.
- Baglioni M., Masserotti M.V., Renso C., Spinsanti L., 2007, *Building Geospatial Ontologies from Geographical Databases*, GeoSpatial Semantics, Springer, Lecture Notes in Computer Science, pp. 195-209.
- Bahedja I., 2008, *Maîtrise d'énergie, production d'électricité et développement socio-économique durable à Mayotte - Problématique appliquée aux territoires insulaires de petites dimensions*, Thèse de doctorat de géographie-aménagement, Université de Limoges, 361p.
- Bailly A. (dir), 2004, *Les concepts de la géographie humaine*, Armand Collin, 330p.
- Balaras C.A., Gaglia A.G., Georgopoulou E., Mirasgedis S., Sarafidis Y., Lalas D.P., 2007, *European residential buildings and empirical assessment of the Hellenic building stock, energy consumption, emissions and potential energy savings*, Building and Environment, 42(3), pp. 1298-1314.

- Balestrat M., 2011, *Système d'indicateurs spatialisés pour la gouvernance territoriale - application à l'occupation des sols en zone périurbaine languedocienne*, Thèse de doctorat de géographie, Université Paul Valéry Montpellier III, 402p.
- Balley S., 2007, *Aide à la restructuration de données géographiques sur le Web - vers la diffusion à la carte de l'information géographique*, Thèse de doctorat Sciences de l'information géographique, Université Paris-Est Marne la Vallée-IGN, 256p.
- Banos A., 2005, *La voie de l'étonnement - favoriser l'abduction dans les Systèmes d'Information Géographique*, in *Apport des SIG à la recherche*, Jean-Marie Fotsing (Dir.), Presses Universitaires d'Orléans, pp. 237-254.
- Barde J., 2005, *Mutualisation de données et de connaissances pour la gestion intégrée des zones cotières - application au projet SYSCOLAG*, Thèse de doctorat en informatique, Université Montpellier II, 287p.
- Bardet F., 1998, *Des observatoires avant la décentralisation - retour sur la genèse des observatoires économiques régionaux de l'INSEE*, Annales des Ponts et Chaussées n°88, pp 7-11.
- Bardet F., 2004, *L'expertise dans le diagnostic des problèmes publics. Ingénieurs et statistiques des politiques de transport en France*, Revue française de science politique, 54(6), pp. 1005-1023.
- Barles S., 2007a, *Ecologie urbaine, écologie industrielle, écologie territoriale : Etat des lieux et perspectives en France*, [en ligne], consulté le 5/05/2011, disponible sur <http://www.pirve.fr/wp-content/uploads/2010/10/SBecologieTerr2juill07.pdf>, 36p.
- Barles S., 2007b, *Le métabolisme parisien aujourd'hui*, Les Annales de la Recherche Urbaines n°103, pp. 64-72.
- Baron C., 2003, *La gouvernance - débats autour d'un concept polysémique*, Droit et société, 2(54), pp. 329-349.
- Barraqué B., Theys J., 1998, *Les politiques d'environnement, Evaluation de la première génération 1971-95*, Editions Recherche, 390p.
- Barraud R., 2007, *Vers un tiers paysage- Géographie paysagère des fonds de vallées sud-armoricains*, Thèse de doctorat en géographie, Université de Nantes, 412p.
- Barré B., Mérenne-Schoumaker B., 2011, *Atlas des énergies mondiales : Un développement équitable et propre est-il possible ?*, Editions Autrement, 95p.
- Bartiaux F., Vekemans G., Gram-Hanssen K., Maes D., Cantaert M., Spies B., Desmedt J., 2006, *Socio-technical factors influencing residential energy consumption (SEREC) - Part 1 - Sustainable production and consumption patterns*, Rapport de recherche, BELSPO, La politique scientifique fédérale belge, 223p.
- Barzman M., Caron P., Passouant J.-P., Tonneau J.-P., 2005, *Observatoire Agriculture et Territoires, Etude pour la définition d'une méthode de mise en place d'observatoires*, UPR SITER-UMR TETIS, CIRAD-TERA, n°29/05, 64 p.
- Batista F., Pardal J.-P., Vaz P., Mamede N., Ribeiro R., 2006, *Ontology construction: cooking domain*, Technical report, INESC-ID, Lisboa, 30p.
- Batsakis S., Petrakis E.G.M., 2010, *SOWL: spatio-temporal representation, reasoning and querying over the semantic web*, ACM (Eds), Proceedings of the 6th International Conference on Semantic Systems, New York, NY, USA, pp. 15:1-15:9.
- Battiau M., 2008, *L'énergie - Un enjeu pour les sociétés et les territoires*, Ellipses, 201p.
- Battjes J.J., 1999, *Dynamic modelling of energy stocks and flows in the economy : an energy accounting approach*, Thèse de doctorat de mathématique et sciences naturelles, University of Groningen (NL), 215p.
- Batty M., 2001, *Polynucleated urban landscapes*, Urban Studies, 38(4), pp. 635-655.
- Batzias F., Sidiras D., Spyrou E., 2005, *Evaluating livestock manures for biogas production: a GIS based method*, Renewable Energy, 30(8), pp. 1161-1176.
- Baudelle G., 2005, *Le polycentrisme en France : cheminement d'un concept*, Datar Analyse et Débat n°1 Mai 2005, pp. 89-101.
- Baulig H., 1948, *La géographie est-elle une science ?*, Annales de Géographie, 57(305), pp. 1-11.
- Beck H.-W., 2008, *Evolution of Database Designs for Knowledge Management in Agriculture and Natural Resources*, Journal of Information Technology in Agriculture, Vol.1, pp. 26-46.
- Beck U., 2001, *La société du risque*, Ed. Aubier, 520p.
- Bédard Y., Proulx M.J., Rivest S., *Enrichissement du OLAP pour l'analyse géographique : exemples de réalisation et différentes possibilités technologiques*, 1ère journée francophone sur les Entrepôts de Données et l'Analyse en ligne (EDA 2005), Lyon, Juin 2005; RNTI, Vol. B-1, Cépaduès, 20p.
- Beeck (Van) N., 1999, *Classification of energy models*, Research memorandum No.FEW 777, Faculty of Economics and Business Administration of Tilburg University, [en ligne], consulté le 29/02/07, disponible sur <http://citeseer.ist.psu.edu/vanbeeck99classification.html>.

- Beeck (Van) N., 2000, *A new method for local energy planning in developing countries*, Research Memorandum 796, Faculty of Economics and Business Administration of Tilburg University, 17p.
- Behar D., 2002, *De l'Europe au local - vers un partage de la souveraineté*, Les Cahiers du Management Territorial, n°12, pp. 6-12.
- Behar D., Estebe P., Vanier M., 2009, *Alléger le millefeuille territorial n'est pas la bonne recette*, Le Monde, pp. 13-14.
- Belhedi A., 2010, *Du déterminisme au probabilisme*, Site internet d'épistémologie de la géographie du professeur Amor Belhedi, Université de Tunis, [en ligne], consulté le 17/11/13, disponible sur <http://epigeo.voila.net/determinisme.htm>
- Belot C., Juillard J.-M., 2006, *Energies renouvelables et développement local : l'intelligence territoriale en action*, Rapport de commission, Sénat, 244p.
- Bennett B., 2002, *Geo-ontology*, Geo-ontology Ordnance Survey's workshop, 11p.
- Bera R., 2004, *L'adjacence relative - Une étude contextuelle de l'influence de l'environnement spatial dans l'appréhension de la notion de proximité*, Thèse de doctorat en informatique, Université de Rennes, 130p.
- Béranger S., Blanchard F., Archambault A., Allier D., 2006, *Utilisation des outils d'aide à la décision dans la gestion des mégasites*, Rapport final BRGM/RP-55223 Décembre 2006, 116p.
- Berdier C., 2011, *An Ontology for Urban Mobility*, Ontologies in Urban Development Projects, Springer London (Eds), Advanced Information and Knowledge Processing, pp. 189-196.
- Berdier C., Roussey C., 2007, *Urban Ontologies: the Townontology Prototype towards Case Studies*, Studies in computational intelligence, Vol.61, pp. 143-155.
- Berre (Le) M., 1992, *Territoire*, in Encyclopédie de la géographie, Bailly A., Ferras R., Pumain D. (Dirs), Economica, pp. 617-633.
- Bertacchini Y., 2007, *Intelligence Territoriale - Le Territoire dans tous ses Etats*, Presses Technologiques Toulon, 317p.
- Bertacchini Y., Girardot J.-J., Grammacia G., 2006, *De l'intelligence territoriale : théorie, posture, hypothèse, définition*, Actes du Vème colloque " TIC & Territoire, Quels développements ? ", Université de Franche-Comté, Besançon, 9-10 juin 2006, 7p.
- Bertacchini Y., 2004, *Entre information et processus de communication : l'intelligence territoriale*, Les Cahiers du Centre d'Etudes et de Recherche, Humanisme et Entreprise n°267, La Sorbonne Nouvelle, 16p.
- Bertrand C., 2002, *Une géographie traversière - l'environnement à travers territoires et temporalités -*, Ed Arguments, 330p.
- Bertrand F., 2004, *Planification et développement durable : vers de nouvelles pratiques d'aménagement régional ? L'exemple de deux Régions françaises, Nord-Pas-de-Calais et Midi-Pyrénées*, Thèse de doctorat en aménagement de l'espace et urbanisme, Université François Rabelais - Tours, 589p.
- Bettelheim C., 1951, *Géographie de l'énergie de P. George*, Revue Economique, 2(5), pp. 696-698.
- Bhattacharjee S., Reichard G., 2011, *Socio-Economic Factors Affecting Individual Household Energy Consumption : A Systematic Review*, Proceedings of the ASME 2011 5th International Conference on Energy Sustainability, ES2011, August 7-10, 2011, Washington-DC, USA, pp. 891-901.
- Biaggio (Del) C., Fall J., Jallon P., 2002, *Pour une approche géographique des pratiques territoriales des épileptiques*, Epilepsies, 14(3), pp. 187-191.
- Biberacher M., 2004, *Modelling and optimisation of future energy system using spatial and temporal methods*, Thèse de doctorat en Sciences naturelles, Institute for physics, experimental plasma physics, University of Augsburg, 144p.
- Billen R., Noguera-Iso J., López-Pellicer F.J., Vilches-Blázquez L.M., 2011, *Ontologies in the Geographic Information Sector*, Ontologies in Urban Development Projects, Springer London (Eds), Advanced Information and Knowledge Processing, pp. 83-103.
- Bitters B., 2005, *The geographical ontology page*, Page académique de présentation du projet VOTT, University of West Florida's Department of Environmental Studies, [en ligne], consulté le 03/11/2008, disponible sur http://vissim.uwf.edu/VOTT/VOTT_desc.htm.
- Bittner T., Donnelly M., Smith B., 2004, *Endurants and perdurants in directly depicting ontologies*, AI Communications, 17(4), pp. 247-258.
- Blanc (Le) F., 1998, *La consommation d'énergie dans le résidentiel et le tertiaire en 2010-2020*, Notes du SES, Groupe de Prospective du Commissariat général du Plan, Juillet-Aout 1998, 6p.
- Blasco Lucas I., Hidalgo E., Gomez W., Roses R., 2001, *Behavioral factors study of residential users which influence the energy consumption*, Renewable Energy, 24(3-4), pp. 521-527.

- Boisson P. (Dir.), Maillard D., 2002, *Pour la France - évolution du rôle de l'Etat dans la définition et la mise en œuvre d'une politique de l'énergie*, Rapport du séminaire énergie et société, 82p.
- Bonerandi E., 2002, *Le renouveau du local en géographie*, [en ligne], consulté le 5/09/2011, disponible sur http://www.cafe-geo.net/article.php?id_article=45.
- Bonnemaison J., 1981, *Voyage autour du territoire*, L'Espace géographique, n° 4, pp. 249-262.
- Bouchon S., 2006, *L'application du concept de vulnérabilité aux infrastructures critiques - quelles implications pour la gestion territoriale des risques ?*, Responsabilité & Environnement, n°43, pp. 35-42.
- Boulanger P.-M., 2003, *Modélisation et aide à la décision pour un développement durable – état de l'art et perspectives*, Rapport de l'action de support AS/F5/01, Institut pour un développement durable, 20 janvier 2003, 32p.
- Bourdic L., Salat S., 2011, *Urban density and private transport energy consumption: a fractal model*, 16th International conference of Hong Kong Society for Transportation Studies, 17-20 December 2011, 8p.
- Bournois F., Romani P.-J., 2000, *L'intelligence économique et stratégique dans les entreprises françaises*, Economica, 300p.
- Boutaud A., 2005, *Le développement durable - penser le changement ou changer le pansement ?*, Thèse de doctorat, Ecole nationale supérieure des mines et Université de St Etienne, 415p.
- Bouvier G., 2005, *Les collectivités locales et l'électricité - Territoires, acteurs et enjeux autour du service public local de l'électricité en France*, Thèse de doctorat de géographie, Université Paris 8, 538p.
- Bouyer J., 2009, *Modélisation et simulation des microclimats urbains - Etude de l'impact de l'aménagement urbain sur les consommations énergétiques des bâtiments*, Thèse de doctorat Sciences pour l'Ingénieur- Ambiances architecturales et urbaines, Ecole Nationale Supérieures d'Architecture de Nantes, 324p.
- Bovar O., 2010, *Des indicateurs du développement durable pour les territoires*, La Revue, SOeS-CGDD, n°Janvier 2010, pp. 43-54.
- Bovar O., Demotes-Mainard M., Dormoy C., Gasnier L., Marcus V., Panier I., Tregouet B., 2008, *Dossier - les indicateurs de développement durable*, L'Economie française édition 2008, Comptes et Dossier, INSEE, 71p.
- Bovar, O., Peyrony J., 2006, *Le cas français de l'Observatoire des territoires - L'évidence par la prospective ou par l'observation ?*, The planning Review - Evidence-based Planning (Special Issue), 42(165-2), pp.25-33.
- Boyé M., 1970, *La géographie est-elle une science ? Introduction aux problèmes de codification dans le traitement de l'information géographique*, Cahiers de géographie du Québec, 14(32), pp. 157-169.
- Bradshaw M., 2010, *Global Energy Dilemmas: A Geographical Perspective*, The Geographical Journal, 176(4), pp. 275-290.
- Brassac C., Ber (Le) F., 2008, *Observatoire des pratiques et pratiques d'observations*, Colloque « Observatoire Territorial des Pratiques Agricoles » (OTPA), Lyon 05/02/2008.
- Bretagnolle A., 2009, *Villes et réseaux de transport -Des interactions dans la longue durée (France,Europe,Etats-Unis)*, HDR de géographie, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 204p.
- Breuel G., Gilles E., 1997, *Towards an object-oriented framework for the modelling of integrated metabolic processes*, Bioinformatics, Springer Berlin / Heidelberg (Eds), Lecture Notes in Computer Science, pp. 88-98.
- Brezillon P., Pomerol J.-C., 2001, *Some comments about knowledge and context*, Rapport de recherche 2001-022 LIP6, Université Paris 6, 14p.
- BRGM, 2009, *Evaluation du potentiel géothermique très basse énergie sur le territoire de Nantes Métropole*, Rapport final, Bureau de Recherches Géologiques et Minières, 255p.
- Brizé N., 2007, *L'énergie, quelles nouvelles opportunités pour les territoires ?*, Assises « Energie et Territoires », pp. 23-26, [en ligne], consulté le 5/07/2008, disponible sur www.projetdeterritoire.com/index.php/content/download/8979/127222/file/synthese_energie_territoires.pdf.
- Brodhag C., 2001, *L'information au service des savoirs nécessaires au développement durable*, Liaison Energie-Francophonie, IEPF, N°51, pp. 9-19
- Brouant J.P., 2007, *PLU et énergie*, Synthèse, Groupement de Recherche sur les Institutions, le Droit de l'Aménagement, de l'Urbanisme et de l'Habitat GRIDAUH, Université de Reims, 20p.
- Brownstone D., Golob T.F., 2009, *The impact of residential density on vehicle usage and energy consumption*, Journal of Urban Economics, 65(1), pp. 91-98.
- Brücher W., 2001, *Geography of energy*, in International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences, Smelser N.J. & Baltes P.B. Elsevier, pp. 4520-4523.
- Brücher W., 2009, *Energiegeographie : Wechselwirkung zwischen Ressourcen, Raum und Politik*, Borntraeger, 280p.

- Brugge R.T., 1984, *Spatial structure in relation to energy production and consumption*, Tijdschrift voor economische en sociale geografie, 75(3), pp. 214–222.
- Bruillard E., 1997, *L'ordinateur à l'école – de l'outil à l'instrument*, in *L'ordinateur à l'école – de l'introduction à l'intégration*, Pochon L.-O., Blanchet A. (eds), IRDP, pp. 99-118.
- Brunet R., 2000, *Des modèles en géographie ? Sens d'une recherche*, Bulletin de la Société géographique de Liège, 39(2), pp. 21-30.
- Brunet R., Ferras R., Théry H., 2009, *Les mots de la géographie - dictionnaire critique*, 3ème Ed., La documentation française, 518p.
- Buccella A., Cechich A., Fillottrani P., 2009, *Ontology-driven geographic information integration: A survey of current approaches*, Computer & Geosciences, 35(4), pp. 710-723.
- Bucher B., 2002, *L'aide à l'accès à l'information géographique : un environnement de conception coopérative d'utilisations de données géographiques*, Thèse de doctorat en informatique, Université Paris 6, 207p.
- Bunn D.-W., Larsen E.-R., 1997, *Systems modelling for energy policy*, Wisley, 342p.
- Burrough P.A., McDonnel R.A., 1998, *Principles of geographical information systems*, Oxford University press, 333 p.
- Cagliioni M., Rabino G.A., 2007, *Theoretical approach to urban ontology: a contribution from urban system analysis*, in *Ontologies for Urban Development*, Teller J., Lee J-R., Roussey C. (Eds.), Springer, pp. 109-119.
- Cai G., 2007, *Contextualization of Geospatial Database Semantics for Human-GIS interaction*, GeoInformatica, Vol.11, pp. 217-237.
- Calame P. 2001, *La ville et le territoire au cœur de la gouvernance de demain*, Congrès de l'Association des Maires de Chine 23-24 juin 2001, [en ligne], consulté le 5/09/2011, disponible sur : <http://www.citego.info/?La-ville-et-le-territoire-au-coeur&lang=fr>.
- Calame P., 2008, *Gouvernance et territoires - les territoires comme rouages essentiels de la gouvernance pour le XXIème siècle*, in *Encyclopédie du développement durable 4D*, [en ligne], consulté le 5/09/2011, disponible sur : <http://encyclopedie-dd.org/encyclopedie/economie/4-3-territoires-et-amenagement/le-territoire-brique-de-base-de-la.html>.
- Calzonetti F. J., Solomon B. D. (Eds.), 1985, *Geographical dimensions of Energy*, D. Reider Publ., 516p.
- Camacho-Hubner E., 2009, *Traduction des opérations de l'analyse historique dans le langage conceptuel des SIG pour une exploration des processus morphologique de la ville et du territoire*, Thèse en Environnement, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 263p.
- Camossi E., Bertolotto M., Bertino E., Guerrini G., 2003, *Issues on modeling spatial granularities*, Conference on Spatial Information Theory: COSIT'03, Ittingen, Switzerland, 24-28 September 2003, 12p.
- Cardon A., 2005, *La complexité organisée – Systèmes adaptatifs et champs organisationnel*, Hermès-Lavoisier, 315p.
- Cariou R., (Le) S. Du, Ronez B., 2011, *Réseaux de chaleur et outils de l'urbanisme*, Rapport d'étude du CERTU, Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, 21p.
- Caro P., Dard O., Daumas J.-C. (dir), 2002, *La politique d'aménagement du territoire. Racine, logiques et résultats*, Presses universitaires de Rennes, 2002, 360p.
- Caroll L., 1872, *De l'autre côté du miroir*, Edition Ebooks libres et gratuits, [en ligne], consulté le 4/05/2013, disponible sur : http://www.ebooksgratuits.com/pdf/carroll_de_autre_cote_miroir.pdf
- Caron C., Roche S., 2001, *Vers une typologie des représentations spatiales*, L'espace géographique, 30(1), pp. 1-12.
- Caron P., Cheylan J.-P., 2005, *Donner sens à l'information géographique pour accompagner les projets de territoire : cartes et représentations spatiales comme supports d'itinéraires croisés*, Géocarrefour, 80(2), pp. 111-122.
- Carriere J.-P., 2005, *La mise en œuvre de systèmes d'indicateurs locaux du développement durable à partir d'une comparaison franco-allemande*, rapport du programme de recherche politiques territoriales et développement durable, Ecole polytechnique de Tours, 172p.
- Casanova L., 2008, *Proposition pour une approche renouvelée de l'évaluation territoriale*, Huitième rencontres de ThéoQuant, 10-12 janvier 2007, Besançon, 9p., [en ligne], consulté le 20/11/2011, disponible sur : <http://thema.univ-fcomte.fr/theoq/pdf/2007/TQ2007%20ARTICLE%2042.pdf>,
- Casteigts M., 2003, *Gouvernance et développement durable des territoires, entre coordination marchande, régulation institutionnelle et conventions territoriales*, Forum de la Régulation 9-10 octobre 2003, [en ligne], consulté le 29/02/2007, disponible sur http://webu2.upmf-grenoble.fr/regulation/Forum/Forum_2003/Forumpdf/RR_CASTEIGTS.pdf.

- Casteigts M., 2009, *Optimisation du développement durable et management territorial stratégique : de la gouvernance locale à la transaction sociale*, Vertigo revue électronique des sciences de l'environnement, [en ligne], consulté le 19/05/2011, disponible sur <http://vertigo.revues.org/8987?lang=en>, Hors Série n°6, 8p.
- Castells M., 2001, *L'ère de l'information (1) : La société en réseaux*, Fayard, 671p.
- Catrinu M., 2006, *Decision aid for planning Local Energy Systems : Application of Multi-criteria Decision Analysis*, Thèse de doctorat en technologie de l'information, mathématiques et ingénierie électrique, Norwegian University of Science and Technology, 198p.
- Cavailhès J., Joly D., Brossard T., Cardot H., Hilal M., Wavresky P., 2011, *La consommation d'énergie des ménages en France*, Rapport de recherche, CGDD, CNRS & INRA, 155p.
- CCE, 2008, *Plan d'Approvisionnement Territorial (PAT)*, Rapport de synthèse, Communauté de communes de l'Embrunais, 18p.
- Ceccaroni L., 2001, *ONTOWEDSS - An ontology based environmental decision support system for the management of wastewater treatment plant*, Thèse de doctorat en informatique, Universitat Politecnica de Catalunya, Barcelona, 286p.
- CEPT, 2005, *Planification*, Collège Européen de Prospective Territoriale DATAR, [en ligne], consulté le 13/01/2008, disponible sur <http://www.prospective-foresight.com>.
- CERTU, 1998, *Comportements de déplacement en milieu urbain - les modèles de choix discrets - vers une approche désagrégée et multimodale*, Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU), 142p.
- CERTU, 2008, *La planification territoriale en France -du schéma de développement de l'Europe Communautaire au plan local d'urbanisme*, Aménagement et Urbanisme, 61p.
- CERTU, 2011, *Le diagnostic énergie émissions des mobilités (DEEM)*, [en ligne], consulté le 22/11/2011, disponible sur http://www.certu.fr/IMG/pdf/Deem_presentation.pdf
- CERTU, 2011, *Réseaux de chaleur et outils de l'urbanisme - Panorama des interactions*, Rapport du CETE de l'Ouest, 21p.
- CERTU, 2011, *Schéma régional du climat, de l'air et de l'énergie (SRCAE)*, Synthèse, Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques, 3p.
- CERTU, Mercier J.-P., 2002, *Evaluation des politiques publiques : faut-il quantifier pour évaluer ?*, Compte rendu de la journée du 19/06/02 du réseau évaluation CETE/CERTU, CERTU, 78p.
- CESR, 2005, *L'énergie*, rapport du conseil économique et social régional de la Région Centre, 3 mai 2005, 183p.
- CGDD, 2010, *La mobilité des Français. Panorama issu de l'enquête nationale transports et déplacements 2008*, Commissariat général au développement durable, Service de l'observation et des statistiques, 228 p.
- CGDD, 2011, *Les indicateurs de développement durable – bibliographies du Centre de documentation*, Commissariat général au développement durable, Juin 2011, 17p.
- CGEDD, 2008, *TIC et Développement durable*, Rapport d'étude, Conseil général de l'environnement et du développement durable MEEDDAT, 96p.
- Chabert L., 1987, *Les transformations des communes nucléaires de la vallée du Rhône*, Revue de géographie de Lyon, 6(2-3), pp. 161-191.
- Chanard C., 2011, *Territoire et énergie - politiques locales, échelles d'intervention et instruments de mobilisation, de connaissance et d'action*, Thèse de doctorat de géographie, Université de Franche-Comté, 309p.
- Chanard C., Sède-Marceau (de) M.-H., Robert M., 2011, *Politique énergétique et facteur 4 : instruments et outils de régulation à disposition des collectivités*, Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie, 2(1), pp. 15.
- Chapleau R., 2003, *Mobilité urbaine et spatio-démographie : Une relation fine à explorer*, Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (Eds), Actes INRETS, Centre Jacques Cartier, Lyon, 2 et 3 dec. 2003, 247-275p.
- Chapman J.D., 1989, *Spatial energy analysis – Models for strategic decisions in an urban and regional context*, Economic Geography, 65(3), pp. 259-260.
- Chaput B., Benayache A., Barry C., Abel M.-H., 2004, *Une expérience de construction d'ontologie d'application pour indexer les ressources d'une formation en statistique*, Actes des XXXVIèmes journées de statistiques, Montpellier, France, 24-28 Mai 2004, 6p.
- Charbonnages-de-France, 2004, *50 années d'extraction, les charbonnages de France en chiffres*, Tableaux de synthèse, Charbonnages de France, 1p.
- Chardonnet J., 1962, *Géographie industrielle Tome I : Les sources d'énergie*, Sirey, 521pp.

- Charlier D., Risch A., 2012, *Evaluation of the impact of environmental public policy measures on energy consumption and greenhouse gas emissions in the French residential sector*, Energy Policy, Vol.46, pp. 170-184.
- Charron M., 2006, *La complexité des phénomènes spatiaux*, Cahiers de géographie du Québec, 50(141.) pp. 327.
- Chebroux J.-B., 2007, *Créer et animer un observatoire local*, Coll. Dossier d'experts Territorial Editions, 114p.
- Chebroux J.-B., 2011, *Les observatoires locaux – quelle méthodologie pour les conduire ?*, Socio-logos Revue de l'association française de sociologie, 14p.
- Cherqui F., 2005, *Méthodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier – méthode ADEQUA*, Thèse de doctorat, Université de la Rochelle, 202p.
- Chevriaux Y., 2008, *Une approche qualitative spatiale pour une description sémantique des reliefs*, Thèse de doctorat d'informatique de l'université de Rennes 1, 171p.
- Chrisment C., Genova F., Hernandez N., Mothe J., 2006, *D'un thesaurus vers une ontologie de domaine pour l'exploration d'un corpus*, Actes de la conférence de Veille Stratégique Scientifique & Technologique (VSST) 2006, Lille, France, 16-17 Janvier 2006, 18p.
- Cibick S., 2009, *Note sur la méthode ASPA de calcul des émissions*, Note de synthèse, Association pour la surveillance et l'étude de la pollution atmosphérique en Alsace (ASPA), 12p.
- CIPRA, 2010, *Territoires autosuffisants en énergie*, Compact n°6/2010, Rapport de synthèse de la Commission Internationale pour la Protection des Alpes, 28p.
- CITEPA, 2011, *Emissions dans l'air en France – Substances relatives à l'accroissement de l'effet de serre*, Rapport du Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique, Mai 2011, 25p.
- CITEPA-SECTEN, 2010, *Analyse des émissions de polluants atmosphériques en France – séries sectorielles et analyses étendues – format Secten*, Rapport national d'inventaire Avril 2010, Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique, 316p.
- Claval P., 2001, *Epistémologie de la géographie*, Nathan, 265p.
- Claval P., 2005, *Chroniques de géographie économiques*, L'Harmattan, 495p.
- Clément V., 2004, *Le développement durable, un concept géographique ?*, Site de ressources Géoconfluence de l'École Normale Supérieure de Lyon, [en ligne], consulté le 3/08/2010, disponible sur <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/doc/transv/DevDur/DevdurScient.htm#1>
- CLER, 2008, *Organisation territoriale de l'énergie*, COMOP n°10 Energies Renouvelables, Comité de Liaison Energies Renouvelables (CLER), 6p.
- Clerc M., Marcus V., 2009, *Elasticités-prix des consommations énergétiques des ménages*, rapport de la Direction des études et synthèses économiques, INSEE, 25p.
- Clignet R., 1998, *Une invitation à observer les observatoires*, in Clignet R., Observatoires du développement, observatoires pour le développement, Éd. Orstom, pp. 123-142.
- ClimactRegions, 2012, *Manuel sur l'observation des gaz à effet de serre*, rapport du programme Interreg IVC, Union Européenne, 47p
- Clusif 1997, *Démarche de conception d'un tableau de bord qualité appliqué à la sécurité*, rapport de la commission des méthodes, Club de la sécurité des systèmes d'information français, 30p.
- CNIS 2011, *Synthèse de l'inter-commission environnement durable et territoire*, Conseil national de l'information statistique, 5p.
- CNRTL, 2012, 2013 portail du Centre national de ressources textuelles et linguistiques informatisées CNRS, [en ligne], consulté le 14/01/2013, disponible sur <http://www.cnrtl.fr/definition/>
- COMMEND, 2011, *Logiciel LEAP Long Range Energy Alternative Planning*, Community for energy, environment, development, [en ligne], consulté le 08/07/2012, disponible sur <http://www.energycommunity.org/>.
- Cooper J., Ryley T., Smyth A., Granzow E., 2001, *Energy use and transport correlation linking personal and travel related energy uses to the urban structure*, Environmental Science & Policy, 4(6), pp. 307-318.
- COPERT, *logiciel de modélisation des émissions polluantes imputables aux transports routiers*, version 4, site officiel du projet [en ligne], consulté le 12/05/2009, disponible sur <http://lat.eng.auth.gr/copert/>
- Cormio C., Dicorato M., Minoia A., Trovato M., 2003, *A regional energy planning methodology including renewable energy sources and environmental constraints*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 7(2), pp. 99-130.

- Cortinovis J., Moreto F., Yahyaoui A., Sauvage A., Letinois L., *Élaboration d'un cadastre d'émissions interrégional pour la plate-forme de modélisation de prévisions cartographiques ESMEALDA*, Pollution atmosphérique, 48(189), pp. 79-98.
- Couclelis H., 1992, *People manipulate objects (but cultivate fields): Beyond the raster-vector debate in Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space (GIS)*, Frank A-U, Campari I. (Eds.), pp. 65-77.
- Couclelis H., 2009, *The abduction of geographic information science - transporting spatial reasoning to the realm of purpose and design*, Spatial Information Theory, 9th International Conference, COSIT 2009, (Eds.) K. Stewart Hornsby, C. Claramunt, M. Denis, and G. Ligozat, Springer, Berlin, 11p.
- Couclelis H., 2010, *Ontologies of geographic information*, International Journal of Geographical Information Science, 24(12), pp. 1785-1809.
- Coudel E., 2009, *Formation et apprentissages pour le développement territorial - regards croisés entre économie de la connaissance et sciences de gestion*, Thèse de doctorat en agroéconomie, Montpellier SUPAGRO, 443p.
- Courson (de) J., 2005, *L'appétit du futur – voyage au cœur de la prospective*, Ed. Charles Léopold Mayer, 121p.
- Coutard O., Rutherford J., 2009, *Les réseaux transformés par leurs marges: développement et ambivalence des techniques «décentralisées»*, Flux, 76-77(2), pp. 6-13.
- CRA-ADEME, 2009, *Cartographie du gisement éolien, des contraintes et servitudes en Aquitaine*, Rapport d'étude synthétique, Région Aquitaine, 28p.
- CRE, 2012, *Energies et territoires - une régulation, des régulations ?*, CRE (Eds), Energies et territoires - une régulation, des régulations ?, 86p.
- CREDOC, 2008, *Pour les ménages, la recherche du confort prime encore sur les économies d'énergie*, Consommation et Modes de Vie, n°210, 4p.
- Crevoisier O., 2008, *La pertinence de l'approche territoriale*, (Working paper). Groupement de recherche en économie territoriale (GRET), 20p. [en ligne], consulté en octobre 2010, disponible sur : http://www2.unine.ch/files/content/sites/socio/files/shared/documents/publications/workingpapers/wp_2008-02_f.pdf
- Cullot N., Parent C., Spaccapietra S., Vangenot C., 2003, *Des ontologies pour données géographiques*, Revue internationale de géomatique, numéro spécial "Les SIG sur le Web", 13(3), pp. 285-306.
- Cunha (Da), A., 2003, *Développement durable et aménagement du territoire*, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, 360p.
- Cunha (Da), A., 2005, *Enjeux du développement urbain durable - Transformations urbaines, gestion des ressources et gouvernance*, Presses Polytechniques Universitaires Romandes, 480p.
- Curran D.-W., 1981, *La nouvelle donne énergétique*, Masson, 204p.
- Dam (Van) K. H., 2006, *Distributed Energy Ontology*, Site personnel travail de Master, [en ligne], consulté le 3/11/2008, disponible sur www.koenvandam.com/energyontology/index.html.
- Dao H., 2004, *Représentation cartographique dans les SIG à base d'ontologie spatiale*, Revue internationale de géomatique, 14(2), pp. 259-283.
- Darmayan L., Cherix G., Cudilleiro M., Kuchler F., 2011, *PlanETer, Planification Energétique Territoriale - Approche territoriale pour définir une stratégie énergétique à l'échelle d'une collectivité locale*, Conférence francophone ESRI 5 et 6 octobre 2011, Versailles, France, [en ligne], consulté le 5/09/2012, disponible sur <http://sig2011.esrifrance.fr/planeter.aspx>.
- Dauphiné A., 1986, *La simulation éco-énergétique*, Revue d'analyse spatiale quantitative et appliquée, Vol.21, pp. 99-46.
- Dauphiné A., 2003, *Les théories de la complexité chez les géographes*, Economica, 248p.
- Davodeau H., 2003, *La sensibilité paysagère à l'épreuve de la gestion territoriale - Paysages et politiques publiques de l'aménagement en Pays de la Loire.*, Thèse de doctorat de géographie, Université d'Angers, 304p.
- Debarbieux B., 1999, *Le territoire - histoire en deux langues - a bilingual history of territory*, in Discours scientifiques et contextes culturels : Géographies britanniques et françaises à l'épreuve postmoderne, Chivallon C., Ragouet P., Samers M. (Dir.), Maison des Sciences de l'homme d'Aquitaine, pp. 33-34.
- Debarbieux B., Fourny M.-C., Vanier M., 2001, *La prospective est représentation*, Territoire 2020, n°3, pp. 27-43.
- Debarbieux B., 2004, *Présentation générale : de l'objet spatial à l'effet géographique*, in L'effet géographique : construction sociale, appréhension cognitive et configuration matérielle des objets géographiques, Debarbieux B., Fourny M.-C. (Dir.), CNRS- MSH-Alpes, pp. 11-33.
- Debarbieux B., 2007, *Territoire-Territorialité-Territorialisation : aujourd'hui encore, et bien moins que demain...*, Vanier M. et alii (eds.) (Eds), Actes des entretiens de la Cité des territoires, Université Joseph Fourier, Grenoble 7 et 8 juin, 11p.

- Debarbieux B., 2009, *Territoire-Territorialité-Territorialisation : aujourd'hui encore et bien moins que demain*, in *Territoire-Territorialité-Territorialisation : controverses et perspectives*, M. Vanier (Dir.), Presses Universitaires de Rennes, pp. 23-32
- Debrie J., 2010, *Contribution à une géographie de l'action publique - le transport entre réseaux et territoires*, HDR de géographie, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 209p.
- Deffontaines J.-P., Lardon S., Benoit M., Chevignard N. Maigrot, J.-L., Marshall E., Moisan H., Brunet, R., 1994, *Itinéraires cartographiques et développement*, INRA, 136p.
- Deffontaines J.-P., Marchepoil E., Moquav P., 2001, *Le développement territorial : une diversité d'interprétations*, in *Représentations spatiales et développement territorial*, Lardon S., Maurel P., Pivetau V. (Dir.), Hermès Sciences, 437p.
- Dehainsala H., 2007, *Explicitation de la sémantique dans les bases de données - Base de données à base ontologique et le modèle OntoDB*, Thèse de doctorat en informatique, Université de Poitiers, 290p.
- Dehainsala H., Pierra G., Bellatreche L., Ameer Y., 2007, *Conception de bases de données à partir d'ontologies de domaine : Application aux bases de données du domaine technique*, Journées Francophones sur les Ontologies (JFO-07), Sousse, Tunisie, 18-20 octobre 2007, 16p.
- Deneuil P.-N., 2008, *Développement social, local et territorial : repères thématiques et bibliographiques sur le cas français*, *Monde en développement* n°142, pp. 113-130.
- Déry S., 2006, *Réflexions théoriques sur l'organisation des niveaux géographiques*, *Cahiers de géographie du Québec*, 50(141), pp 337-345.
- Desjardins X., 2007, *Gouverner la ville diffuse - la planification territoriale à l'épreuve*, Thèse de doctorat en géographie, Université Paris I, 527p.
- Desjardins X., 2009, *Peut-on habiter au vert quand le pétrole devient cher ?*, *POUR*, n°199, pp. 116-122.
- Desjardins X., 2011, *Pour l'atténuation du changement climatique, quelle est la contribution possible de l'aménagement du territoire ?*, *Cybergeo : European Journal of Geography*, [en ligne], consulté le 27/06/2012, disponible sur <http://cybergeo.revues.org/23531?lang=en>.
- Desjardins X., Mettetal L., 2010, *L'amélioration énergétique du parc résidentiel francilien - L'habiter péri-urbain face à l'enjeu énergétique*, Rapport d'étude IAU-Idf, Institut d'aménagement et d'urbanisme Ile-de-France, 105-175p.
- Desrosière A., 1993, *La Politique des grands nombres - Histoire de la raison statistique*, La Découverte, 455p.
- Dessus B., Allemand S., 2007, *On ne peut compter sur les énergies renouvelables pour s'en sortir - le monde de l'après pétrole*, *L'Economie Politique* 33(1), pp. 18-26.
- Desthieux G., 2005, *Approche systémique et participative du diagnostic urbain - Processus de représentation cognitive du système urbain en vue de l'élaboration d'indicateurs géographiques*, Thèse de doctorat en Sciences et Ingénierie de l'environnement, Ecole Polytechnique fédérale de Lausanne, 237p.
- Desthieux G., 2009, *Projets énergétiques intégrés pour les collectivités, du quartier à l'échelle régionale - l'expérience du canton de Genève*, Suisse, 31p.
- Devalière I., 2009, *De l'inconfort thermique à la précarité énergétique, profils et pratiques des ménages pauvres*, *Informations sociales*, 155(5), pp. 90-98.
- Devillers R., 2004, *Conception d'un système multidimensionnel d'information sur la qualité des données géospatiales*, Thèse de doctorat Sciences de l'information géographique, Université Marne-La-Vallée et Université Laval, 166p.
- Dezert B., 1981, *La crise mondiale de l'énergie, ses implications géographiques*, C.D.U/Sedes, 192p.
- DGEMP, 2008, *Bilan énergétique de la France pour 2007*, Rapport annuel de l'Observatoire de l'Energie, MEEDDAT, Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières, 30p.
- Diamond J., 2009, *Effondrement : Comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie*, Folio essais, 873p.
- Dictionnaire des synonymes de l'Université de Caen, 2011, [en ligne], consulté le 28/03/2012, disponible sur <http://www.crisco.unicaen.fr/des/>.
- Dieleman F.M., Dijst M., Burghouwt G., 2002, *Urban Form and Travel Behaviour: Micro-level Household Attributes and Residential Context*, *Urban Studies*, 39(3), pp. 507-527.
- Diemer A., Labrune S., 2007, *L'écologie industrielle : quand l'écosystème industriel devient un vecteur du développement durable*, *Développement durable et territoires*, [en ligne], consulté le 21/10/2010, disponible sur <http://developpementdurable.revues.org/4121?>
- Diepen (Van) A., Voogd H., 2001, *Sustainability and planning: does urban form matter?*, *International Journal of Sustainable Development*, 4(1), pp. 59-74.

- DIREN, 2008, *Guide méthodologique pour l'implantation d'éoliennes en Franche-Comté*, Préfecture de la Région Franche-Comté, 85p.
- Donnadieu G., 2004, *Systémique et sciences des systèmes - Quelques repères historiques*, 24p [en ligne], consulté le 23/02/2007, disponible sur : <http://www.afsctet.asso.fr/HistoireSystemique.pdf>.
- Donnadieu G., 2008, *La carte n'est pas le territoire, mais ... Essai d'épistémologie systémique*, 7th Systems Science European Union Congress Proceedings Lisboa, Portugal, 8p.
- DRIRE, 2006, *Bilan énergétique et bilan des émissions de gaz à effet de serre en Rhône-Alpes - prospective à l'horizon 2020*, Synthèse des résultats, Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE), 40p.
- DTI, 2006, *Annexe 3-1 How lifestyles influence energy consumption Energy – its impact on the environment and society*, Department of Trade and Industry, United Kingdom, 48p.
- Dubois G., Ceron J.-P., 2010, *Les régions, des relais pour les politiques climatiques ?*, Pouvoirs Locaux, Vol.85, pp. 11-13.
- Dubois J.-L., 2004, *Les observatoires : quelques étapes historiques*, Notes pour le réseau Impact, [en ligne], consulté le 17/12/2011, disponible sur http://reseauimpact.org/IMG/pdf/note_observ_dubois_avril04.pdf.
- Dubois J.-L., Droy I., 2001 *L'observatoire, un instrument pour le suivi de la pauvreté*, Document de travail n°59 du Groupe d'Economie du Développement de l'Université Montesquieu, Bordeaux IV, 17p.
- Ducournau R., 1996, *Des langages à objets aux logiques terminologiques : les systèmes classificatoires*, Rapport de Recherche 96-030, Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier, 226p.
- Dufourt D., 2004, *Le développement durable - idéologie ou utopie ?*, Arabes Revue du GREPH-IEP de Lyon, n°1, pp. 107-114.
- Dupasquier X., 2009, *La conception des indicateurs - phase délicate de définition d'un observatoire*, Rencontre SIG La Lettre 2009 "Les observatoires urbains et thématiques", 29 p.
- Durance P., 2005, *Prospective territoriale : retours d'expériences*, Compte rendu Rapport DATAR, 30p.
- Durance P., 2008, *La prospective territoriale -Pour quoi faire ? Comment faire ?*, Cahier de recherche du LIPSOR, Série n°7 DIACT, 142p.
- Durand B., 2007, *Energie et environnement - Les risques et les enjeux d'une crise annoncée*, EDP Sciences, 329p.
- Durand-Dastès F., 1992, *Les modèles en géographie - Chap17*, in Encyclopédie de Géographie, Bailly & al. (Eds), Economica, pp. 311-325.
- Duret B., Mat N., Bonard A., Dastrevigne E., Lafraguette A., 2007, *Ecologie territoriale : une aide à la définition d'une politique énergétique – Comprendre l'économie physique des territoires*, Annales de la Recherche Urbaine, n°103, pp. 73-78.
- EDF-LEPTAB, 2005, *Bilan CO2 de Territoire de la Communauté d'agglomération de La Rochelle*, synthèse, 42p.
- EEA European Environmental Agency, 2005, *Core set of indicators*, technical report EEA n°1, 38 p.
- Egenhofer M.J., Mark D.M., 1995, *Naive Geography*, Frank and Kuhn, Springer-Verlag, Lecture Notes in computer science, pp. 1-15.
- Elissalde B., 2005, *entrée " territoire "* de l'encyclopédie électronique Hypergé, [en ligne], consulté le 15/11/2012, disponible sur <http://www.hypergeo.eu/spip.php?article285>
- ENA, 2002, *La maîtrise de l'énergie*, Rapport d'étude, Ecole Nationale d'Administration, 96p.
- Energie-Cités, 2009, *Regards croisés sur les territoires économes en énergie*, IMAGINE le futur énergétique de nos cités, 36p.
- ENERTER, outil de modélisation énergétique territoriale, Energie-Demain, [en ligne], consulté le 12/05/2009, disponible sur : <http://www.energies-demain.com/spip.php?article13>
- Erkman S., 2004, *Vers une écologie industrielle – comment mettre en pratique le développement durable dans une société hyper-industrielle*, Ed. Charles Léopold Mayer, 258p.
- Espinasse B., 2010, *Introduction aux ontologies*, Notes de support de cours, Université Aix-Marseille, 48p.
- Esposito-Fava A., 2010, *Territorialisations et actions agricole : Quelles ressources et dispositifs pour quelles gouvernance ?*, Thèse de doctorat de géographie, Institut de Géographie Alpine, Université Joseph Fourier Grenoble, 410p.
- ETD, 2006, *Les politiques énergétiques territoriales*, Les Notes de l'Observatoire, Entreprises Territoires et Développement, Juin 2006, 44p.

- ETD 2009, Pages dédiées au séminaire « Les données énergétique », Juillet 2009, Site internet du centre de ressources du développement territorial Entreprise Territoire Développement, [en ligne], disponible sur : <http://www.projetdeterritoire.com/index.php/Les-ressources/Donnees-energetiques>, consulté le 27/11/2012
- ETD, 2008, *Le contrat d'objectif territorial (COT)*, Fiche technique, Entreprises Territoires et Développement, 2p.
- ETD, 2009, *La prise en compte de l'énergie et du climat dans les SCoT*, Les Notes d'ETD, Entreprises Territoires et Développement, 28p.
- ETD, 2012, *Intégrer les questions énergétiques et la lutte contre le changement climatique dans les SCoT*, Les Notes ETD, Mai 2012, 42p.
- Ewing R., Certero R., 2010, *Travel and the Built Environment*, Journal of the American Planning Association, Vol.76/n°3, pp. 265-294.
- Fabre S., Villepontoux S., 2006, *Cahier n°3 - Demain, une énergie plus chère, quelles conséquences pour le territoire ?*, Rapport de recherche-action du projet Prospective des territoires en Languedoc-Roussillon 2030, Université Montpellier III, 30p.
- Fang H.A., 2008, *A discrete-continuous model of households' vehicle choice and usage, with an application to the effects of residential density*, Transportation Research Part B: Methodological, 42(9), pp. 736-758.
- Fankam C., Bellatreche L., Dehainsala H., Ameur Y., Pierra G., 2009, *SISRO, conception de bases de données à partir d'ontologies de domaine.*, Technique et Science Informatiques, Vol.28, pp. 1233-1261.
- FAO, 1995, *Wood Energy Planning*, Wood Energy News report, FAO, [en ligne], consulté le 29/02/2007, disponible sur : www.rwdep.org/acrobat/wen10-4.pdf.
- FAO, 2000, *Basics of Wood Energy Planning - A Manual - Regional wood energy development programme in Asia gcp/ras/154/net*, Draft, FAO of the United Nations, 104p.
- Farinos-Dasi J., 2009, *Le défi, le besoin et le mythe de la participation à la planification du développement durable territorial - à la recherche d'une gouvernance efficace*, L'information géographique, n°2, pp. 89-111.
- Faure A., 2002, *La question territoriale - Pouvoirs locaux, action publique et politiques*, Mémoire de HDR, Université Pierre Mendès France, Grenoble, 257p.
- Faure A., Leresche J.-P., Muller P., et al. (Dir.), 2007, *Action publique et changements d'échelles : les nouvelles focales du politique*, L'Harmattan, 378p.
- Fernandez-Lopez M., 1999, *Overview of methodologies for building ontologies*, Proceedings of the IJCAI99 on ontologies and problem solving methods, Stockholm, Sweden, 2 August 1999, 13p.
- Ferras R., 1995, *Niveaux géographiques, échelles spatiales chapitre 22*, in Encyclopédie de la géographie Bailly A., Ferras R., Pumain D. (Dir.), Economica, pp. 401-417
- Feyt G., 2006, *redistribution des pouvoirs, redistribution des cartes : la connaissance des territoires, enjeu inédit de l'action publique ?*, Journées d'étude "Les politiques publiques à l'épreuve de l'action territoriale, 15-16 juin 2006, Institut d'Etudes Politiques de Grenoble, 7p.
- Finon D., 2003, *Prospective énergétique et modélisation, identification de pistes méthodologiques*, Notes au conseil scientifique de l'Institut Français de l'Energie, Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie - DGEMP, [en ligne], consulté le 29/02/2009, disponible sur : www.industrie.gouv.fr/energie/prospect/pdf/rap-finon.pdf.
- Fléty Y., Antoni J., Vuidel G., 2011, *Module P22 - Choix Modal dans MobiSim*, Rapport de recherche MobiSim - PREDIT conv. 09MTC34, ThéMA UMR 6049 CNRS-Univ. de Franche-Comté, pp. 93-109.
- Flueler T., 2007, *Energy forecasts in search of today's society – some insights from social science to bridge the gap*, International Energy Workshop, Stanford, California, USA, 25-27 June 2007, 17p.
- FNCCR, 2007, *Les collectivités locales au défi de l'efficacité énergétique*, rapport de retour d'expériences, Fédération nationale des collectivités concédantes et régies, 132p.
- Fonseca F. T., 2001, *Ontology-driven geographic information systems*, Thèse de doctorat Spatial Information Science and Engineering, University of Maine, 131p.
- Fonseca F., 2007, *The double role of ontologies in information science research*, Journal of the American Society for Information Science and Technology, 58(6), pp. 786-793.
- Fonseca F., Davis C., Camara G., 2003, *Bridging Ontologies and Conceptual Schemas in Geographic Information Integration*, GeoInformatica, 7(4), pp. 355-378.
- Fonseca F., Rodriguez A., 2007, *From Geo-Pragmatics to Derivation Ontologies: New Directions for the GeoSpatial Semantic Web*, Transactions in GIS, 11(3), pp. 313-316.

- Forrester J.-W., 1982, *Principes de la dynamique des systèmes*, Presses Universitaires de Lyon, 354p.
- Fortin M.-J., Devanne A.-S., Floch (Le) S. Le, 2010, *Le paysage politique pour territorialiser l'action publique et les projets de développement : le cas de l'éolien au Québec*, Développement durable et territoires, [en ligne], consulté le 21/11/2012, disponible sur <http://developpementdurable.revues.org/8540?>, 1(2).
- Fouillée B.G., 1877, *Le tour de la France par deux enfants*, D.C. Heath & co., 332p.
- FragnièreE., Haurie A., Kanala R., Placci D., 1999, *MARKAL-LITE, an energy-environment model to access urban sustainable development policies*, Draft research report, Université de Lausanne, 26p.
- Frank A.U., 2003, *Ontology for Spatio-temporal Databases*, Spatio-Temporal Databases, Vol.2520, pp. 9-77.
- Frank A.U., 2009, *Geo-Ontologies Are Scale Dependent*, EGU General Assembly Conference Abstracts, 11p.
- Frankhauser P., Houot H., Tannier C., Vuidel G., 2007, *Vers des déplacements péri-urbains plus durable - propositions de modèles fractals opérationnels d'urbanisation*, Rapport final PREDIT n°01, Lab. ThéMA, UMR 6049 CNRS- Université de Franche-Comté, 115p.
- Frisch J.-R., Brendow K., Saunders R.. (Dir.) 1989, *Horizons énergétiques mondiaux 2000-2020*, Conférence Mondiale de l'Energie, Technip Ed., 196p.
- Furfari S., 2007, *Le Monde et l'énergie - Enjeux géopolitiques*, Technip, 458p.
- Fusco G., 2001, *Conceptual modelling of the interaction between transportation, land use and the environment as a tool for selecting sustainability indicators of urban mobility*, Cybergeog, [en ligne], consulté le 04/09/2009, disponible sur : <http://cybergeog.revues.org/1590>.
- Gaffiot F., 1934, *Dictionnaire latin-français*, Hachette, 1700 p.
- Gallez C., 2000, *Indicateurs d'évaluation de scénarios d'évolution de la mobilité urbaine*, rapport de convention DTT-INRETS, 144p.
- Gallez C., Hivert L., 1998, *BEED mode d'emploi - synthèse méthodologique pour les études « budget-énergie-environnement des déplacements »*, Rapport de recherche, ADEME-INRETS, 90p.
- Gandon F., 2002, *Distributed artificial intelligence and knowledge management : Ontologies and multi-agent systems for a corporate semantic web*, Thèse de doctorat en informatique, University of Nice and INRIA, 486p.
- Gangat Y., Courdier R., Payet D., 2009, *Démonstration: Aménagement énergétique d'un territoire - une approche par simulation multi-agents*, Journées Francophones sur les systèmes Multi-agents, 237-240p.
- Gangemi A., Guarino N., Masolo C., Oltramari A., Schneider L., 2002, *Sweetening Ontologies with DOLCE*, in *Knowledge Engineering and Knowledge Management: Ontologies and the Semantic Web*, Springer Berlin-Heidelberg, pp. 223-233.
- Garinet J.-Y., 2011, *Ontologie - La lettre critique littéraire et non sérieuse*, Les rencontres de SIG-La-Lettre, ENSG 17-19 Mai 2011, 7p.
- Garrido J., Requena I., 2011, *Proposal of ontology for environmental impact assessment: An application with knowledge mobilization*, Expert Systems with Applications, 38(3), pp. 2462-2472.
- Gavard-Perret M.-L., Gotteland D., Haon C., Jolibert A., 2008, *Méthodologie de la recherche*, Pearson, 400p.
- Gayte O., Libourel T., Cheylan J.-P., Lardon S., 1997, *Méthode de conception des systèmes d'information sur l'Environnement*, Hermès, 152p.
- George P., 1950, *Géographie de l'énergie*, M.-Th. Génin, 512p.
- Gesbert N., 2005, *Étude de la formalisation des spécifications de bases de données géographiques en vue de leur intégration*, Thèse de doctorat en informatique, Université de Marne la Vallée et IGN, 134p.
- Ghiotti S., 2006, *Les Territoires de l'eau et la décentralisation. La gouvernance de bassin versant ou les limites d'une évidence*, Développement Durable et Territoires, [en ligne], consulté le 11/12/2011, disponible sur <http://developpementdurable.revues.org/1742?> Vol.6 : Les territoires de l'eau, pp. 32.
- Ghosn R., 2009, *New Geographies 2: Landscapes of Energy*, Harvard Graduate School of Design, 152p.
- Gicquel R., 2001, *Systèmes énergétiques, Tome 2, Applications*, Coll. Les cours - École des mines de Paris - Les Presses de l'École des mines, 330p.
- Gilbert G., Dajani J.S., 1974, *Energy, urban form and transportation policy*, Transportation Research, 8(4-5), pp. 267-276.
- Girardot J.-J., 2008, *Le concept d'intelligence territoriale*, Moine A., support de cours de l'unité d'enseignement 420B, Université de Franche-Comté, pp. 31-70.

- Global Chance, 2003, *Petit mémento énergétique, les projections énergétiques françaises*, [en ligne], consulté le 04/09/2009, disponible : sur <http://www.global-chance.org/IMG/pdf/GCnHS1p18-19.pdf>.
- Godet M., 2004, *entrée "planification"* du glossaire du "Collège européen de prospective territoriale", [en ligne], consulté le 13/01/2007, disponible : sur www.prospective-foresight.com.
- Gomez-Perez A., 1999, *Ontological Engineering: A state of the Art*, Expert Update: Knowledge Based Systems and Applied Artificial Intelligence, 2(3), pp. 33-43.
- Goodchild M.-F., 2001, *Metrics of scale in remote sensing and gis*, in International journal of applied earth observation and geo-information, 3(2), pp. 114-120.
- Gordon I., 2008, *Density and the built environment*, Foresight Sustainable Energy Management and the Built Environment Project, 36(12), pp. 4652-4656.
- Graca J., Mourao M., Anunciacao O., Monteiro P., Pinto H.-S., Loureiro V., 2005, *Ontology building process - the wine domain*, Proceedings of the 3rd world congress of the European Federation for Information Technology in Agriculture, Food and Environment (EFITAWCCA 2005), Vila Real, Portugal, 25-28 July 2005, 8p.
- Graillet D., Waaub J.-P. (Dirs.), 2006, *Aide à la décision pour l'aménagement du territoire - méthodes et outils*, Hermès Lavoisier, 436p.
- Grand Dictionnaire Terminologique, Banque de fiches terminologiques rédigées par l'Office québécois de la langue française ou des partenaires de l'Office, [en ligne], consulté le 14/10/12, disponible sur : <http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/index.aspx>
- Grandgirard A., 2007, *De la gestion intégrée comme doctrine à l'intégration comme défi de gestion*, Thèse en Sciences de gestion, Ecoles des Mines de Paris - université paris IX Dauphine, 287p.
- GrandPoitiers, 2011, *Plan local d'urbanisme, 3^{ème} règlement révision R5*, Conseil de la communauté d'Agglomération du Grand Poitiers, 1^{er} avril 2011, 145p.
- Greenov, 2012, *Éléments de synthèse des interventions - usages de l'énergie dans les bâtiments, penser la transition*, Colloque des 19 et 20 janvier 2012, ESIEE, Paris, 11p.
- Grenier A., 2007, *Ville et Énergie, spécificité et complexité de la question en France*, Les annales de la recherche urbaine, n°103, pp. 129-136.
- GRIDAUH, 2009, *Planification et règles d'urbanisme*, Le Moniteur, 927p.
- Grimm N.B., Redman C.L., 2004, *Approaches to the study of urban ecosystems: The case of Central Arizona—Phoenix*, Urban Ecosystems, 7(3), pp. 199-213.
- Grubb M., 1993, *The Costs of Limiting fossil-Fuel CO2 Emissions: A Survey and Analysis*, in Annual Review of Energy and the Environment, N°1, pp. 397-478.
- Gruber T.-R., 1993, *A Translation Approach to Portable Ontology Specifications*, Technical report KSL 92-71, Knowledge systems laboratory, Stanford University, California, 27p.
- Grusbin D., 2003, *Approche économique de la consommation d'énergie par les ménages*, Séminaire Energie de l'Institut pour un Développement Durable IDD, 26 mai 2003, Gembloux, Belgique, [en ligne], consulté le 20/11/2012, disponible sur : users.skynet.be/idd/documents/energie/SE2P4.ppt.
- Guarino N., 1998, *Formal Ontology and Information Systems*, Proceedings of the international conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS), Trento, Italy, 6-8 June 1998, 13p.
- Guermond Y., 2005, *Modélisations en géographie: déterminismes et complexités*, Hermès Science Publications, 389p.
- Guigo M., Berre (Le) M., 1989, *Ecrire un modèle de simulation systémique. Impacts des aménagements sur le comportement de la nappe phréatique d'une plaine alluviale. Essai pédagogique*, Grenoble, Collection Grenoble Sciences, 102 p.
- Gumuchian H., Grasset E., Lajarge R., Roux E., 2003, *Les acteurs, ces oubliés du territoire*, Economica, 186p.
- Gumuchian H., Marois C., 2000, *Initiation à la recherche en géographie : Aménagement, développement territorial, environnement*, Anthropos, 434p.
- Guyot B., 2004, *Éléments pour une approche informationnelle dans les organisations*, Sciences de la société n°63, Systèmes d'information organisationnels ?, pp. 11-26.
- Haas R., Auer H., Biermayr P., 1998, *The impact of consumer behaviour on residential energy demand for space heating*, Energy and Buildings, N°27, pp. 195-205.
- Haberl H., 2001, *The Energetic Metabolism of Societies Part I: Accounting Concepts*, Journal of Industrial Ecology, 5(1), pp. 11-33.

- Haddad M., 2008, *Intelligence territoriale et observatoires socio-économiques et environnementaux - Un processus d'intelligence territoriale adapté (PITA) à l'observatoire de Menzel Habib au sud de la Tunisie*, Thèse de doctorat en sciences de l'information et de la communication, Université Paul Verlaine-Metz, 376p.
- Haddad H., 2009, *Une approche pour supporter l'analyse qualitative des suites d'actions dans un environnement géographique virtuel et dynamique - L'analyse « what-if » comme exemple*, Thèse de doctorat en informatique, Université Laval, 202p.
- Haggett P., 1973, *L'analyse spatiale en géographie humaine*, Armand Collin, 390p.
- Hall-Peter A. 1993, *Policy Paradigms, Social Learning, and the State*, *Comparative Politics*, 25(3), pp. 275-296
- Hamour N., 2008, *Les énergies - Défis d'hier et d'aujourd'hui*, Ellipses Marketing, 187p.
- Hanin Y., 2004, *Mutations spatiales et recompositions territoriales*, Faculté des Sciences Appliquées - Unité d'urbanisme et de développement territorial, Université catholique de Louvain, 290p.
- Harrati F., 2009, *Extraction de concepts et de relations entre concepts à partir des documents multilingues - approches statistiques et ontologique*, Thèse de doctorat en informatique, Institut national des sciences appliquées (INSA) de Lyon, 185p.
- Hart R., 2002, *Growth, environment and culture -encompassing competing ideologies in one " new growth model*, *Ecological Economics*, N°40, pp 253-267.
- Haverkort A.-J., Top J.-L., Verdenius F., 2006, *Organizing Data in Arable Farming: Towards an Ontology of Processing Potato*, *Potato Research*, Vol.49, pp. 177-201.
- Havranek (Ed) M., 2009, *Urban metabolism - measuring the ecological city*, Book of proceedings ConAccount2008, 444p.
- Heiple S., Sailor D. J., 2008, *Using building energy simulation and geospatial modelling techniques to determine high resolution building sector energy consumption profiles*, *Energy and Buildings*, n° 40, pp. 1426-1436.
- Henriksson R., Kauppinen T., Hyvonen E., 2008, *Core Geographical Concepts: Case Finnish Geo-Ontology*, Proceedings of the First International Workshop on Location and the Web (LocWeb 2008), Beijing, China, April 2008, 5p.
- Héon M., 2010, *Ontocase - Méthodologie et assistant logiciel pour une ingénierie ontologique fondée sur la transformation d'un modèle semi-formel*, Thèse de doctorat en informatique cognitive, Université du Québec à Montréal, 445p.
- Herbaux P., 2007a, *Intelligence territoriale*, repères théoriques, Paris, L'Harmattan, 194p.
- Herbaux P., Bertacchini Y., 2007b, *Part du construit sémiologique en intelligence territoriale*, Actes du VIème Colloque International " TIC & Territoire : Quels développements ? ", Université Jean Moulin, Lyon III, 14-15 juin 2007, 10p.
- Herbaux P., Masselot C., 2007, *Implication d'acteurs, pédagogie de la gouvernance*, in symposium of the Coordination Action of the European Network of Territorial Intelligence (caENTI), 24-27 Octobre 2007, Huelva, Spain, 8p.
- Hermès, 1999, *Cognition, communication, politique*, Hermès (25), CNRS Editions, 248p.
- Hermet G., Kazancigil A., Prud'homme J.-F., 2005, *La gouvernance - Un concept et ses applications*, KARTHALA Editions, 238p.
- Hernandez N., 2005, *Ontologie de domaine pour la modélisation du contexte en recherche d'information*, Thèse de doctorat en informatique, Université Paul Sabatier de Toulouse, 248p.
- Hickson A., Phillips A., Morales G., 2007, *Public perception related to a hydrogen hybrid internal combustion engine transit bus demonstration and hydrogen fuel*, *Energy Policy*, 3(4), pp. 2249-2255.
- Hilal M. et, 2005, *Maîtrise de la demande d'électricité en milieu rural : comment délimiter les bassins d'intervention ?*, *L'Espace géographique*, 34(1), pp. 29-48.
- Hill D., 1993, *Analyse orientée objets et modélisation par simulation*, Addison-Wesley, 365p.
- Hiremath R.B., Shikha S., Ravindranath N.H., 2007, *Decentralized energy planning; modeling and application—a review*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11(5), pp. 729-752.
- Hobbs J.R., Pan F., 2004, *An ontology of time for the semantic web*, *ACM Transactions on Asian Language Information Processing (TALIP) - Special Issue on Temporal Information Processing*, 3(1), pp. 66–85.
- Holden E., Norland I.T., 2005, *Three Challenges for the Compact City as a Sustainable Urban Form: Household Consumption of Energy and Transport in Eight Residential Areas in the Greater Oslo Region*, *Urban Studies*, 42(12), pp. 2145-2166.
- Houet T., 2006, *Occupation du sol et gestion de l'eau : Modélisation prospective en paysage agricole fragmenté : Application au SAGE du Blavet*, Thèse de doctorat en , Université de Rennes 2, 370p.
- Houi D., 2009, *Quel besoin de données pour mener une stratégie locale de maîtrise de l'énergie ?*, Intervention séminaire ETD-ADEME Energie-climat - Mardi 7 juillet 2009 Caisse des Dépôts, Paris, France, [en ligne], consulté le 28/09/2012,

- disponible sous forme vidéo sur : <http://www.projetdeterritoire.com/index.php/Les-ressources/Donnees-energetiques/Les-conditions-prealables-a-la-mise-en-place-d-une-demarche-de-quantification-des-consommations-d-energie>.
- Hourcade J.-C., Robinson J., 1996, *Mitigating factors - Assessing the costs of reducing GHG emissions*, Energy Policy, 24(10-11), pp. 863-873.
- Howells M., Alfstad T., Cross N. et al., 2002, *Rural Energy Modelling*, report, Energy Research Institute -University of Cape Town- South Africa, [en ligne], consulté le 29/02/2007, disponible sur : http://iis-db.stanford.edu/evnts/3920/HOWELLS_paper.pdf.
- Huang M., 2010, *On the concept of geographic ontology-from the viewpoints of philosophy ontology, information ontology and spatial ontology*, 2010 18th International Conference on Geoinformatics, 15p.
- Huang S.-L., Chen C.-W., 2005, *Theory of urban energetics and mechanisms of urban development*, Ecological Modelling, 189(1-2), pp. 49-71.
- Hypergé, l'encyclopédie géographique électronique en libre accès, [en ligne], consulté le 3/12/2012, disponible sur : www.hypergeo.eu/.
- Iacona E., Taine J., Tamain B., 2009, *Les enjeux de l'énergie*, Dunod, 240p.
- IAU, 2009, *La question énergétique dans l'habitat privé - le profil déterminant des ménages*, Note d'analyse n°476 - Juin 2009, Institut d'aménagement et d'urbanisme Ile-de-France, 4p.
- IAU-idF, 2008, *Contraintes énergétiques et mutations urbaines*, Les Cahiers de l'Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, 285p.
- IAU-idF, 2010, *L'amélioration énergétique du parc résidentiel francilien - les enjeux socio-économiques*, Rapport d'étude, Institut d'aménagement et d'urbanisme Ile-de-France, 178p.
- IAURIF, 2006, *Qu'est ce que le visioning peut apporter à la planification territoriale*, Rapport n°1-04-010, DUAT-IAURIF, 37p.
- Ibrahim K., Sède-Marceau (de) M.-H., 2005, *Modèle d'analyse locorégional des systèmes énergétiques*, Communication au 7ème rencontres de Théo Quant - Besançon, 26-28 janvier 2005, 17p., [en ligne], consulté le 04/05/2007, disponible sur : <http://thema.univ-fcomte.fr/theoq/pdf/2005/TQ2005%20ARTICLE%207.pdf>
- Ibrahim K., Sède-Marceau (de) M.H., Larceneux A., 2007, *Pour une approche territoriale de l'énergie - Une réponse aux défis énergétiques et environnementaux du XXIème siècle*, Festival international de Géographie de St dié des Vosges « La planète en mal d'énergie » octobre 2007, 5p.
- IEA, 2000, *Energy conservation in building and community systems - Advanced Local Energy Planning (ALEP) - a Guidebook*, Reinhard Jank (ed.), [en ligne], consulté le 20/11/2012, disponible sur : http://www.keawb.de/fileadmin/user_upload/pdf/ALEP_Guidebook.pdf
- IEPF, 2007, *Energie et environnement les risques et enjeux d'une crise annoncée - discours, réalités et perspectives*, IEPF Liaison Energie-Francophonie, n°23, 120p.
- IEPF, 2008, *Les systèmes d'information énergétique*, Dossier thématique « les politiques de maîtrise de l'énergie, Prisme, n°12, 8p.
- IEPF, 2010, *Energie et territoires – ou comment construire les territoires de demain face à la nouvelle donne climatique et énergétique*, numéro spécial de l'Institut de l'énergie et de l'environnement de la francophonie, n° 86, 176p.
- IFEN, 2007, *Les pratiques environnementales des français en 2005*, Institut Français de l'Environnement, 70 p.
- IFN, 2005, *Bois-énergie, les forêts ont de la ressource !*, L'IF, la revue de l'inventaire forestier national, n°9, 8p.
- Imbert P., 2011, *Simulation des impacts des actions de maîtrise de la demande en électricité - Amélioration de la résolution des paramètres d'entrée à l'échelle locale*, Thèse de doctorat en énergétique, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 190p.
- IMPACT, logiciel de modélisation des émissions de polluants et consommation liées à la circulation routière, version 2, [en ligne], consulté le 17/10/2012, disponible sur : <http://www2.ademe.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=96&m=3&catid=13708>
- INRETS, 1988, *Modèles désagrégés de choix modal – réflexions méthodologiques autour d'une prévision de trafic*, Institut national de la recherche sur les transports et la sécurité, 139 p.
- INSEE, 2002, *Carte des Territoires vécus - Organisation territoriale de l'emploi et des services* (Édition 2002), [en ligne], consulté le 5/09/2012, disponible sur : http://www.insee.fr/fr/themes/document.asp?reg_id=0&ref_id=tv2002
- INSEE, 2003, *SIRENE* ("Système Informatique pour le Répertoire des Entreprises et de leurs Établissements"), Base de données.

- INSEE, 2008, *consommation d'énergie – autant de dépenses en carburant qu'en énergie domestique*, INSEE Première N° 1176 – février 2008, 4p.
- INSEE, 2010, *Définition et méthodes*, [en ligne], consulté le 18/01/2013, disponible sur : <http://www.insee.fr/fr/methodes/default.asp?page=definitions/liste-definitions.htm>
- IPSOS, 2010, *Observatoire du bilan carbone des ménages - Enquête IPSOS/LBC*, Rapport d'étude, IPSOS institut de sondage, 58p.
- Izquierdo S., Rodrigues M., Fueyo N., 2008, *A method for estimating the geographical distribution of the available roof surface area for large-scale photovoltaic energy-potential evaluations*, Solar Energy, 82(10), pp. 929-939.
- Jacob S. (Dir.), 2007, *L'évaluation des politiques publiques au niveau régional*, Peter Lang, 218p.
- Jancovici J.M., 2004-2013, Manicore , site internet de J.-M. Jancovici, expert énergie-climat, [en ligne], consulté le 13/02/2013 disponible : sur <http://www.manicore.com/>.
- Jancovici 2011, *Vers une économie « décarbonée » ?*, Interview vidéo de J.-M. Jancovici, ingénieur expert énergie-climat, [en ligne], consulté le 16/11/12, disponible sur : http://www.xerficanal.com/emission/Jean-Marc-Jancovici_Vers-une-economie-decarbonee_39.html
- Jancovici J.M., 2012, *Commission d'enquête sur le coût réel de l'électricité*, Rapport de travaux de la commission du 20/03/2012, Sénat, 68p.
- Janda K.B., 2011, *Buildings don't use energy: people do*, Architectural Science Review, 54(1), pp. 15-22.
- Janowicz K., 2012, *Observation-Driven Geo-Ontology Engineering*, Transactions in GIS, 16(3), pp. 351-374.
- Jean S., 2007, *OntoQL, un langage d'exploitation de base de données à base ontologique*, Thèse de doctorat en informatique, Université de Poitiers, 306p.
- Jean S., Pierra G., Ait-Aimeur Y., 2006, *Domain Ontology - a database oriented analysis*, Proc. of Web Information Systems and Technologies (WEBIST'2006), Setubal, Portugal, 11-13 April 2006, 11p.
- Jebaraj S., Iniyar S., 2006, *A review of energy models*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 10(4), pp. 281-311.
- Jitkajornwanich K., Elmasri R., Li C., McEnergy J., 2011, *Formalization of 2-D spatial ontology and OWL/Protégé realization*, ACM (Eds), Proceedings of the International Workshop on Semantic Web Information Management, New York, NY, USA, pp. 9:1-9:7.
- Jobert A., Laborgne P., Mimler S., 2007, *Local acceptance of wind energy: Factors of success identified in French and German case studies*, Energy Policy, 35(5), pp. 2751-2760.
- Joerin F., Nembrini A., Billeau S., Desthieux G., 2005, *Indicateurs spatialisés : un instrument de participation en aménagement du territoire*, Revue internationale de géomatique, 15(1), pp. 33-61.
- Joerin F., Rondier P., Lebreton M., Desthieux G., 2006, *Des indicateurs aux systèmes d'indicateurs - Proposition méthodologiques basée sur l'approche systémique*, Présentation lors de l'Atelier « Les indicateurs socio-territoriaux », Université Laval, 42p.
- Joerin F., 2005b, *Decision aid for a new territorial management*, CRAD-Université Laval, 69p.
- Joerin F., 2008, *Information territoriale et processus de prise de décision*, Actes de la Conférence Internationale d'Intelligence Territoriale, Besançon, 17 octobre 2008, 21p.
- Joerin F., Nembrini A ; Rey M.-C. Desthieux G., 2001, *Information et participation pour l'aménagement du territoire - Rôle des instruments d'aide à la décision*, Revue Internationale de Géomatique, -spécial SIG et développement du territoire, 11(3-4), pp. 309-332.
- Joliveau T., 2001, *La participation à la décision territoriale : dimension socio-géographique et enjeux informationnels d'une question politique*, Géocarrefour, 76(6-3), pp. 273-279.
- Joliveau T., 2004, *Géomatique et gestion environnementale du territoire - Recherche sur un usage géographique des SIG*, Habilitation à Diriger des Recherches en géographie, Université jean Monnet Saint-Etienne/CNRS UMR 5600, 456p.
- Julien-Saint-Amand F., Moenner P.L., 2008, *Industrial Ecology, an Innovative Approach Serving Spatial Planning: the Example of the Tool PRESTEO (A Program to Research Synergies on a Territory)*, Papers on Tools and methods of Territorial Intelligence, MSHE, Besançon, 2008, 8p.
- Karetsos S., Haralambopoulos D., 2009, *An Ontology to Support Authoring Tools for Sustainable Energy Education*, International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems CISIS '09, 1144-1151p.

- Karetos S., Haralampopoulos D., Kotis K., 2011, *An Ontology-Based Framework for Authoring Tools in the Domain of Sustainable Energy Education*, International Journal of Agricultural and Environmental Information Systems, 2(1), pp. 40-62.
- Kassel G., 2001, *Ingénierie ontologique – Concepts, méthode, outils – Veille technologique*, [en ligne], consulté le 25/08/2010, disponible sur : <http://www.irit.fr/ASSTICCOT/GroupeIC/Ing-Onto.ppt>, 79p.
- Kaufmann V., 1999, *Mobilité et vie quotidienne, synthèse et questions de recherche*, Centre de prospective et de veille scientifique, DRAST, 57 p.
- Kavouras M., 2009, *Geonoemata Elicited: Concepts, Objects, and Other Uncertain Geographic Things*, In Research Trends in Geographic Information Science, Navratil G. (Ed.), Springer, pp. 17-25.
- Keirstead J., Samsatli N., Shah N., 2010, *SYNCITY, an integrated tool kit for urban energy systems modelling*, in Energy Efficient Cities: Assessment Tools and Benchmarking Practices, Rajnan K. (Ed.), World Bank Publications, pp. 21-42.
- Keita A.-K., Roussey C., Laurini R., 2006, *Un outil d'aide à la construction d'ontologies pré-consensuelles : le projet Townology*, XXIVème Congrès INFORSID, Hammamet, Tunisie, 31 mai - 4 juin 2006, 16p.
- Kemmler A., Spreng D., 2007, *Energy indicators for tracking sustainability in developing countries*, Energy Policy, 35(4), pp. 2466-2480.
- Klein J.-L., Laurin S., 1999, *L'Education Géographique: Formation Du Citoyen Et Conscience Territoriale*, Presses Universitaires du Québec, 269p.
- Klien E., Probst F., 2005, *Requirements for Geospatial Ontology Engineering*, 8th Conference on Geographic Information Science (AGILE 2005), Estoril, Portugal, 24-29 July 2005, 9p.
- Kohn R. C., Nègre P., 2003, *Les voies de l'observation – Repères pour les pratiques de recherche en sciences humaines*, L'Harmattan, 256p.
- Kokla M., Kavouras M., 2001, *Fusion of top-level and geographic domain ontologies based on context formation and complementarity*, International of Geographical Science, 15(7), pp. 679-687.
- Korsu E., Massot M.-H., Orfeuill J.-P., 2012, *La ville cohérente : Penser autrement la proximité*, La Documentation Française, 167p.
- Kouzmine Y., 2007, *Dynamiques et mutations territoriales du Sahara algérien, vers de nouvelles approches fondées sur l'observation*, Thèse de doctorat de géographie-aménagement, université de Franche-Comté, 423p.
- Kramar N., Pralong J.P., 2005, *La didactique des sciences - une chance pour les sciences de la terre*, In Vivre dans les milieux fragiles : Alpes et Sahel, Dambo L., Reynard E. (Eds.), Institut de géographie - Université de Lausanne, pp. 43-56.
- Krumdieck S., Dantas A., Burton T., 2004, *Supply and Demand is not Sustainable*, in Proceedings of International Conference Sustainability Engineering and Science, 7-9 July 2004, Auckland, New Zealand; 15p.
- Kucuk D., Salor O., Inan T., Cadirci I., Ermis M., 2010, *PQONT: A domain ontology for electrical power quality*, Advanced Engineering Informatics, Vol.24, pp. 84-95.
- Labelle S., 2008, *Société de l'information et aménagement documentaire du territoire : entre valorisation et saisie de l'action locale*, Sciences de la société, n° 75, pp. 126-139.
- Lacassagne S., Schilken P., 2003, *Les outils de planification énergétique territoriale, bonnes pratiques de villes européennes*, Rapport d'étude pour le compte de l'ADEME, Energie-Cités, 54p.
- Ladoucette (de) P., 2004, *Charbonnages et la société française*, Annales des mines, 13p.
- Lajoie G., 2007, *Recherches en modélisation urbaine Volume III*, Habilitation à diriger Des Recherches, Université de la Réunion, 345p.
- Lalande A., 2006, *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, PUF, 1323p.
- Lallier M., 2005, *L'énergie*, Rapport pour le Conseil Economique et Social de la Région Centre, 183p.
- Landelle P., 2008, *Le développement des sources d'énergie renouvelables et l'aménagement durable du territoire*, Thèse de Doctorat, Université de Limoges, 743p.
- Langlois P., 2007, *Pour une ontologie formelle et pluri-formalisée de la géographie*, séminaire COS-MA-GEMS – Strasbourg, France, 28 Mars 2007, 7p.
- Langlois P., 2010, *Simulation des systèmes complexes en géographie : fondements théoriques et applications*, Hermès-Lavoisier, 332p.

- Languillon R., Tabarly S., 2009, *Territoire de l'innovation et de la compétitivité en région PACA - le projet ITER, de l'international au local*, [en ligne], consulté le 5/11/11, disponible sur : <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/doc/territ/FranceMut/FranceMutDoc12.htm>.
- Lapèze J. (Dir), 2007, *L'apport de l'approche territoriale à l'économie du développement*, L'Harmattan, 244p.
- Lardon S., Maurel P., Piveteau V., 2001, *Représentations spatiales et développement territorial*, Hermès Science Publications, 437p.
- Lardon S., Piveteau V., Lelli L., 2005, *Le diagnostic des territoires*, Géocarrefour, 80(2), pp. 71-90.
- Lardon S., 2008, *Introduction : Dispositifs et outils de gouvernance territoriale*, Norois 4(209), pp.7-13.
- LaRevueDurable, 2010, *Energies : Les territoires sur la voie de la transition*, La Revue Durable, n°38, 22p.
- Lariviere I., Lafrance G., 1999, *Modelling the electricity consumption of cities: effect of urban density*, Energy Economics, 21(1), pp. 53-66.
- Lascoumes P., Galès (Le) P., 2004, *Introduction : L'action publique saisie par les instruments*, In Gouverner par les instruments, Lascoumes P., Le Galès P. (Dirs.), Presses de Science Po, pp. 11-44.
- Lascoumes P., 2007, *Les instruments d'action publique, traceurs de changement*, Politique et Sociétés, 26(2-3), pp. 73-89.
- Laurent M.-H., Barthel L., Traisnel J., Nibel S., 2006, *Le système énergétique des bâtiments résidentiels de demain*, Rapport de recherche, LTMU/CNRS/Paris8-CSTB-EDF, PUCA, 125p.
- Laurini R., 2007, *Pre-consensus Ontologies and Urban Databases*, Studies in Computational Intelligence, Vol.61, pp. 27-36.
- Lebreton J.-P., 2009, *La planification spatiale en Europe*, exposé présenté le 5 février 2009 au Collège aménagement urbanisme, habitat et mobilité, 8p.
- Lefevre T., 2005, *Classification of models for energy and environmental policy analysis*, Presentation, Proceedings of the International Seminar for Sustainable Energy Development in Thailand: Options and Tools, 11 November 2005, Bangkok, Thailand, [en ligne], consulté le 29/02/2007 disponible sur: [www.jgsee.kmutt.ac.th/new/announcement/27/08%20Thiery%20\(14.30-15.00\).pdf](http://www.jgsee.kmutt.ac.th/new/announcement/27/08%20Thiery%20(14.30-15.00).pdf).
- Leloup F., Moyart L., Pecqueur B., 2005, *La gouvernance territoriale comme nouveau mode de coordination*, Géographie Economie Société, Vol.7, pp. 321-332.
- Lemoisson P., Maurel P., Tonneau J.-P., 2011, *Observatoires et gouvernance territoriale- une approche par la co-construction de modèles*, Colloque «Fonder les sciences du territoire», 23-25 novembre 2011, Paris, 4p.
- Lepczyk C., Lortie C., Anderson L., 2008, *An ontology for landscapes*, Ecological complexity, 5(8), pp. 272-279.
- Lerbet-Sereni F., 2004, *Expériences de la modélisation, modélisation de l'expérience*, l'Harmattan, 174p.
- Leroux X., 2007, *Pour une géographie de la musique traditionnelle dans le Nord de la France*, Bulletin de la Société géographique de Liège, N°49, pp. 59-65.
- Levrel H., 2006, *Biodiversité et développement durable - quels indicateurs*, Thèse en économie écologique, Ecole des hautes études en sciences sociales, 406p.
- Levrel H., 2008, *Les indicateurs de développement durable - proposition de critères d'évaluation au regard d'une approche évolutionniste de la décision*, Revue Française de Socio-Économie, 2(2), pp. 199-222.
- Levy J. (dir), Lussault M., 2003, *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, Belin, 1033p.
- Lindeman R.L., 1942, *The trophic dynamic aspect of ecology*, Ecology, 23(4), pp. 399-417.
- Liu J., Wang R., Yang J., 2005, *Metabolism and Driving Forces of Chinese Urban Household Consumption*, Population & Environment, 26(4), pp. 325-341.
- Loinger G., Sphor C., 2004, *Prospective et planification territoriales - état des lieux et propositions*, rapport DRAST-DGUHC, 164 p.
- Longbin Z., 2007, *A system dynamics based study of policies on reducing energy use and energy expenses for Chinese steel industry*, University of Bergen, Departement of geography, 129p.
- Long-hua H., Junjie L., 2007, *Geo-information lake data service based on ontology*, Data Science Journal, 6(Supplement), pp. 884-888.
- Lorek S., Spangenberg J.H., 2001, *Indicators for environmentally sustainable household consumption*, International Journal of Sustainable Development, 4(1), pp. 101-120.

- Lorenz B., Ohlbach H J, Yang L., 2005, *Ontology of transportation networks*, Research deliverables for REWERSE : reasoning on the web, University of Munich, Germany, 49p.
- Lugan J.-C., 2006, *Lexique de systématique et de prospective*, Conseil Economique et Social Midi-Pyrénées, 97p.
- Ma K., 2012, *Système énergétique territorial face à la montée en puissance des énergies renouvelables - modélisation de la transition appliquée à la réunion*, Thèse de doctorat de géographie, Université de Rouen, 320p.
- Maby J. (dir), 2003, *Objets et indicateurs géographiques*, UMR Espace Université d'Avignon, A. Barthélémy, 316p.
- Macary F., Vernier F., 2005, *Indicateurs environnementaux pour le zonage de risque potentiel de transferts de pesticides à l'échelle de bassins versants - méthodologies pour un changement d'échelle*, Rapport de recherche Cemagref unité ADER, 8p.
- Madiot Y., 1993, *L'aménagement du territoire*, 2ème Ed. Masson, 221p.
- Maffezzini I., 2006, *De l'utilité des ontologies*, Génie Logiciel, n°78, pp. 47-57.
- Magnin G., 2006, *Action publique locale et énergie - la nécessité d'une nouvelle étape - « Pourquoi l'action publique ne contribue-t-elle pas autant qu'il le faudrait à une gestion plus durable des ressources et des services urbains ? »*, Urbia, Vol. 5, pp. 169-191.
- Magnin G., 2007, *Energie et Territoires - Idées forces*, Colloque « Energie et Territoire, Sénat, 20 juin 2007, 5p.
- Magnin G., 2007b, *Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050: Point de vue d'Energie-Cités*, 9octobre 2007, [en ligne], consulté le 8/07/2010, disponible sur : http://www.energie-cites.org/IMG/pdf/rapport_cas_opinion_energie_cites_oct_2007.pdf, 4p.
- Magnin G., 2009, *Les autorités locales sont les acteurs-clés du nouveau paradigme énergétique*, Encyclopédie du développement durable, n°80, 8p, [en ligne], consulté le date 11/02/2012, disponible sur : <http://encyclopedie-dd.org/encyclopedie/territoires/3-1-quels-choix-energetiques/les-autorites-locales-sont-les.html>
- Magnin G., 2011, *Energie et territoires: vers un concept « Energie 2.0 » avec les collectivités locales*, Annales des Mines - Responsabilité & Environnement, n°61, 8p.
- Maizía M., 2002, *Modélisation et systèmes urbains : une construction difficile*, Gestao urbana, pp. 1-10.
- Maizía M., 2007, *L'énergétique urbaine et la morphologie des villes*, Les annales de la recherche urbaine, N°103, pp. 79-85.
- Major W., 1999, *Approche de la concertation territoriale par l'analyse systématique et lexicale du discours des acteurs. Perspectives d'application aux systèmes d'information géographique*, Thèse de doctorat du département de génie rural, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, 202p.
- Manners G., 1964, *The geography of energy*, Hutchinson university library, 205p.
- Manzagol C., 1995, *Le retour de l'aménagement du territoire ?*, Cahiers de géographie du Québec, 39(107), pp 351-358.
- Marano F., 2008, *Applying semantically enhanced web mining techniques for building a domain ontology*, Tesi di Laurea in informatica, 103p.
- Marchal J., Lagandre E., 2008, *Modélisation des performances énergétiques du parc de logements - état énergétique du parc 2008*, rapport détaillé d'étude de l'ANAH, Agence nationale de l'habitat, 26p.
- Marchand G., 2010, *Un système d'indicateurs pour évaluer les impacts territoriaux des politiques de développement durable dans les zones rurales d'Amazonie brésilienne*, Thèse de doctorat de géographie, Université Sorbonne Nouvelle Paris 3, 457p.
- Marchetti N., 2005, *Les conflits de localisation - le syndrome NIMBY*, Rapports Bourgogne, Centre de recherche Quebécois CIRANO, 36p.
- Marconis R., 2006, *France : recompositions territoriales*, La Documentation française, 63 p.
- Maresca B., Dujin A., Picard R., 2009, *La consommation d'énergie dans l'habitat entre recherche de confort et impératif écologique*, Cahiers de Recherche, n°C264, pp. 87.
- Mark M.-D., Skupin A., Smith B., 2001, *Features, Objects, and other Things: Ontological Distinctions in the Geographic Domain*, in Spatial Information Theory : foundations of geographic information science, Montello D.-R., Springer, pp. 489-502.
- Mark M.-D., Smith B., Tversky B., 1999, *Ontology and Geographic Objects: An Empirical Study of Cognitive Categorization*, International Conference COSIT '99, Stade, Germany, 25-29 August 1999, in Lecture Notes in Computer Science, 283-298p.
- Martaud T., 2008, *Evaluation environnementale de la production de granulats naturels en exploitation de carrière - indicateurs, modèles, outils*, Thèse de doctorat en Sciences de l'univers, Université d'Orléans, 218p.

- Martel-Poliquin E., 2012, *Mieux comprendre les déterminants du choix modal*, mémoire de génie civil de l'Ecole Polytechnique de Montréal, 139p.
- Martin P., 1996, *Exploitation de graphes conceptuels et de documents structurés et hypertextes pour l'acquisition de connaissances et la recherche d'information*, Thèse de doctorat d'informatique, Université de Nice Sophia Antipolis, 102p.
- Martinand P., Barrière O., Benoit M., Dupraz P., Passouant M., Pech M., Ruelle P., 2008, *Apport des observatoires pour la gouvernance territoriale*, Colloque national projet COPT OAAT, « construire et mettre en réseau l'observation des activités et pratiques agricoles », 27-28 nov. 2008, Paris, 41p
- Massé P., 1965, *Le plan ou l'antihazard*, Gallimard, 253p.
- Mathian H., Sanders L., 1993, *Modélisation et système d'information géographique*, Mappemonde, N°4, 2p.
- Mathieu N., 2002, *Expériences et méthodologies des observatoires*, Conférence Observatoire de la condition de la femme en Tunisie CREDIF, Tunis, 21-24 Mai 2001, 31p.
- MEDD, 2004, *Plan Climat 2004 - face au changement climatique agissons ensemble*, Rapport de la Mission Interministérielle sur l'Effet de Serre, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, 88p.
- MEDDM, 2010, *Guide pour la co-élaboration des SRCAE*, Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de la Mer, Direction générale de l'énergie et du climat, 41p.
- MEDDTL 2011, *Guide méthodologique pour la réalisation des bilans d'émissions de gaz à effet de serre des collectivités*, Rapport du ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement, 23p.
- MEDSTAT, 2009, *Statistique de l'énergie*, rapport final du programme européen Medstat- coopération statistique euro-méditerranéenne, 45p.
- MEEDDAT, 2008, *Synthèse des principales mesures de la loi d'orientation Grenelle de l'environnement*, Rapport du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement Durable et de l'Aménagement du Territoire, 20p.
- MEEDM, 2009, *Construction et bâtiment - Chiffres clefs*, [en ligne], consulté le 4/03/2011, disponible sur : <http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/acces-thematique/activites-et-environnement/construction-et-batiments/construction-et-batiments.html>
- Mennis J.-L., Peuquet D.-J., Guo d., 2000, *A Semantic GIS Database Model for the Exploration of Spatio-Temporal Environmental Data*, 4th International Conference on Integrating GIS and Environmental Modeling (GIS/EM4): Problems, Prospects and Research Needs. Banff, Alberta, Canada, 2-8 September 2000, 7p.
- Méo (Di) G., 1991, *De l'espace subjectif à l'espace objectif : l'itinéraire du labyrinthe*, L'Espace Géographique, N°4, pp 359-373.
- Méo (Di) G., 2001, *Géographie sociale et territoires*, Nathan Université, 317p.
- Mérenne-Schoumaker B., 1997, *Géographie de l'énergie*, Nathan Université, 192p.
- Mérenne-Schoumaker B., 2007, *Géographie de l'énergie : Acteurs, lieux et enjeux*, Belin, 271p.
- Mericskay B., Roche S., *Cartographie et SIG à l'ère du Web 2.0 - vers une nouvelle génération de SIG participatifs*, SAGEO'10, Toulouse, 15p.
- Merlin P., Choay F., 2005, *Dictionnaire de l'aménagement et de l'urbanisme*, PUF, 964p.
- Metral C., Falquet G., Vonlanthen M., 2007, *An Ontology-based Model for Urban Planning Communication*, Studies in Computational Intelligence, Vol.61, pp. 61-72.
- Metzger J.-P., 2002, *Les trois pôles de la science de l'information*", Colloque MICSLEASS, Recherches récentes en sciences de l'information, convergences et dynamiques, 21-22 mars, pp. 17-28.
- Meyer V., 2006, *La communication organisationnelle en question : méthodes et méthodologies*, L'Harmattan, 215p.
- Michel M., 1994, *L'aménagement régional en France - du territoire aux territoires*, Masson, 235p.
- MIES, 2003, *Les collectivités territoriales engagées dans la maîtrise des émissions de GES*, Synthèse détaillée, Mission interministérielle de l'Effet de Serre, MEDD, 134p.
- Mignonneau F., 2006, *Pratiques agricoles et territoire – Vers une typologie des moyens d'observation*, Mémoire de fin d'études ESA Angers, CRA du Centre, 129p.
- Mihalakakou G., Santamouris M., Tsangrassoulis A., 2002, *On the energy consumption in residential buildings*, Energy and Buildings, 34(7), pp. 727-736.
- Minard A. L., 2008, *Recherche et analyse de ressources terminologiques liées à la topographie - Annexe état de l'art - Ontologies d'objet géographiques*, CoGIT-IGN, 100p + 57p.

- Mindali O., Raveh A., Salomon I., 2004, *Urban density and energy consumption: a new look at old statistics*, Transportation Research Part A: Policy and Practice, 38(2), pp. 143-162.
- Mirakyan A., Lelait L., Lewald N., Imbert P., 2008, *The dynamics of regional (subnational) integrated energy planning and requirements of methods and models*, International energy agency workshop, Juillet 2008, Paris, 31p.
- Mitchell G., 2005, *Urban development, form and energy use in buildings:- a review for the solutions project*, in EPSRC SUE SOLUTIONS consortium, University of Leeds, August 2005, 28p.
- Moigne (Le) J.-L., 1977 (réédit. 2006), *La théorie du système général : théorie de la modélisation*, PUF, 258p.
- Moigne (Le) J.L., 1992, *Les formalismes de la modélisation systémique*, Notes de recherche GRASCE, Université d'Aix Marseille III URA CNRS 935, 23p.
- Moigne (Le) J.-L., 1995, *Les épistémologies constructivistes*, Presses Universitaires de France, 127p.
- Moigne (Le) J.-L., 1999 et 2002, *La modélisation des systèmes complexes*, Dunod, 178p.
- Moine A., 2004, *Comprendre et observer les territoires - l'indispensable apport de la systémique*, mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches en géographie, Laboratoire ThéMA Université de Franche-Comté, 209p.
- Moine A., 2006, *Le territoire comme un système complexe : un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie*, L'Espace géographique, 35(2), pp. 115-132.
- Moine A., 2007, *Le territoire : comment observer un système complexe*, L'Harmattan, 178p.
- Moine A., Signoret P., 2007b, *How the local governance system is influenced by the creation of an observatory : the OSER 70 experiment*, 2ème conférence internationale d'Intelligence territoriale CAENTI, Université de Huelva, Espagne, 24-27 October 2007, pp. 246-257.
- Moine A., Sede (de) M. H., 2008, *L'observation : concept et implications*, in 6th annual conference of Territorial Intelligence (caENTI), Besançon, France, 15-18 Octobre 2008, 14p.
- Moison J.-C., 1997, *Du mode d'existence des outils de gestion : les instruments de gestion à l'épreuve de l'organisation*, Seli Arslan, 286 p.
- Moll H., Noorman K., Kok R., Engstrom R., Throne-Holst H., Clark C., 2005, *Pursuing more sustainable consumption by analyzing household metabolism in european countries and cities*, Journal of Industrial Ecology, 9(1-2), pp. 259-275.
- Montello D.-R., 2001, *Scale in geography*, in International encyclopedia of the social & behavioral sciences, N. J. Smelser & P. B. Baltes (Eds.), pp. 13501-13504.
- Montenegro N., Gomes J.C., Urbano P., Duarte J.P., 2012, *A Land Use Planning Ontology - LBCS*, Future Internet, 4(4), pp. 65-82.
- Moore A., Jones A., Sims P., Blackwell G., 2001, *Integrated Coastal Zone Management's Holistic Agency: An Ontology of Geography and GeoComputation*, in The 13th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Centre, University of Otago, Dunedin, New Zealand, 2-5 December 2001, 11p.
- Mor E., 2009, *Bibliographie Post-Carbone - Repenser les villes dans une société post-carbone ?*, Bibliographie avec résumés détaillés, Université du Maine ESO-GREGUM UMR 6590, 123p.
- Moral (Del) L., 2000, *Planification hydrologique et politique territoriale en Espagne*, Hérodote, N°102, pp. 87-112.
- Morel-Journel C., 1999, *De la construction du bassin aux enjeux de la mémoire minière : les territoires du charbon en région stéphanoise*, Thèse de doctorat en Géographie-Aménagement-Urbanisme, Université Jean Monnet-Saint-Etienne, 864p.
- Mori Y., Kikegawa Y., Uchida H., 2007, *A model for detailed evaluation of fossil-energy saving by utilizing unused but possible energy-sources on a city scale*, Applied Energy, 84(9), pp. 921-935.
- Morice N., Traisnel J. P., Delvert K., 2004, *Etat de l'art et synthèse en matière de prospective*, rapport de recherche R1, Projet ETHEL, Action Concertée CNRS – Ministère de la Recherche, LET, 67p.
- Morin E., 1977, *La méthode 1. La nature de la nature*, Seuil, 399 p.
- MSH-Aquitaine, 2010, *Les paysages de l'électricité. Perspectives et enjeux contemporains*, la Maison des Sciences de l'Homme d'Aquitaine et la Fondation EDF Diversiterre, Bordeaux 18-19 Novembre 2010.
- Mtibaa A., Jaziri W., 2007, *Ontologie de multi-représentation comme vue utilisateur pour la spécification des besoins multi-contexte*, Journée francophone sur les ontologies 2007 (JFO07), Sousse, Tunisie, 18-20 Octobre 2007, 17p.
- Muller J.-P., 2007, *Mimosa: using ontologies for modeling and simulation*, Proceedings of Informatik 2007, Bremeen, Germany, 25 September 2007, 3p.

- Mustière S., Abadie N., Aussenac-Gilles N., Bessagnet M.-N., Kamiel M., Kergosien E., Reynaud C., Safar B., Sallaberry C., 2011, *Analyses linguistiques et techniques d'alignement pour créer et enrichir une ontologie topographique*, Revue internationale de géomatique, 21(2), pp. 155-179.
- Nadaï A., Horst (Van der) D., 2010, *Introduction - Landscapes of energies*, Landscape Research, 35(2), pp. 143-155.
- Nadaud F., 2005, *Hétérogénéité spatiale d'un service de réseau, équité et efficacité collective - la distribution rurale d'électricité et la maîtrise de la demande*, Thèse de doctorat en économie, Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS), 494p.
- Nadi S., Delavar M.R., 2005, *Towards a general spatio-temporal database structure for GIS applications*, Proceedings of International Symposium on Spatio-Temporal Modeling, Spatial Reasoning, Analysis, Data Mining and Data Fusion, 27-29, Aug.2005, Peking University, China, 13p.
- Nanci D., Espinasse B., 2001, *Ingénierie des systèmes d'information : Merise 2ème génération*, Vuibert, (XXVIII-481 p.).
- Narcy J.-B., 2004, *Pour une gestion spatiale de l'eau : comment sortir du tuyau ?*, Peter Lang, 350p.
- Néchet (Le) F., 2011, *Consommation d'énergie et mobilité quotidienne selon la configuration des densités dans 34 villes européennes*, Cybergeog: European Journal of Geography, [en ligne], consulté le 6/10/2012, disponible sur : <http://cybergeog.revues.org/23634>.
- Noess P., 2005, *Residential location affects travel behavior--but how and why? The case of Copenhagen metropolitan area*, Progress in Planning, 63(2), pp. 167-257.
- Newman P.W.G., Kenworthy J.R., 1988, *The transport energy trade-off: Fuel-efficient traffic versus fuel-efficient cities*, Transportation Research Part A: General, 22(3), pp. 163-174.
- Newman P.W.G., 1999, *Sustainability and cities: extending the metabolism model*, Landscape and Urban Planning, 44(4), pp. 219-226.
- NEWRUR, 2004, *Le système français de document planification - régulation décentralisée et documents de planification*, Deliverable du projet urbaN prEssure on RURal areas NEWRUR - 5ème FPRD européen, CEMAGREF, 33p.
- Nghiem T., 2005, *Métabolisme territorial et développement durable*, in DATAR Territoire 2030 Changement climatique, énergie et développement durable des territoires, La documentation Française, pp. 35-46
- Ngô C., 2008, *L'énergie: Ressources, technologies et environnement*, Dunod, 3e édition, 174p.
- Nguyen-Luong D., 2000, *Recherche sur le choix modal en milieu urbain*, Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France (IAURIF), 74 p.
- Nicot B.-H., 2005, *Urbain-rural : de quoi parle-t-on ?*, Document de travail de l'Institut d'urbanisme de Paris, 11p.
- Nonn H., 2001, *Aménagement du territoire et planification spatiale en France*, Contribution à la réflexion de l'APR, [en ligne], consulté le 17/08/2009, disponible sur : <http://www.apr-strasbourg.org/detail-document-24-.html>, 18p.
- Noucher M., 2006, *Les technologies de l'information géographique : aubaine ou obstacle pour produire ensemble des données sur le territoire ?*, Actes de « Les Outils Pour Décider Ensemble » (OPDE), Paris Dauphine, 2-3 novembre 2006, 15p.
- Noucher M., François G., Sède-Marceau (de) M.-H.D., Pornon H., 2008, *Pas de décision collective sans appropriation individuelle*, Conférence OPDE 2008 (Les Outils pour Décider Ensemble), 23p.
- Noucher M., 2009, *La donnée géographique aux frontières des organisations : approche socio-cognitive et systémique de son appropriation*, Thèse de doctorat en sciences et ingénierie de l'environnement, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 225p.
- Nouveaux-Armateurs, 2008, *Enquête sur les consommations et comportements énergétiques des ménages de Poitou-Charentes dans l'habitat*, Rapport de l'OREGES, Observatoire régional de l'énergie et des gaz à effet de serre, 76p.
- Novak J., 2009, *Théorie qui sous-tend les cartes conceptuelles et la façon de les construire*, notes de séminaire de collaboration entre l'Université de Québec à Rimouski et l'Université Laval, 13p.
- Novarina G., 2008, *La planification territoriale : imaginer, anticiper et organiser*, introduction aux 4ème rencontre internationales de recherche en urbanisme de Grenoble 7-8 février 2008, Grenoble 10p.
- Noy N.F., Hafner C.D., 1997, *The State of the Art in Ontology Design - A Survey and Comparative Review*, Artificial Intelligence Magazine, 18(3), pp. 53-74.
- OCDE, 1993, *Corps central d'indicateur de l'OCDE pour les examens des performances environnementales*, Rapport de synthèse du Groupe sur les Etats de l'Environnement, 41p.
- Odum E.P., 1989, *Ecology and Our Endangered Life-Support Systems*, Sinauer Associates, 320p.
- Odum H.T., 1996, *Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making*, Wiley, 384p.

- Offner J.-M., 2007, *Introduction - Politique de déplacement et planification territoriale*, Flux 69(3), pp. 1-5
- OMG-UML, 1997-2012, « UML Resource Page » The Object Management Group (OMG), [en ligne], consulté : le 25/10/2012, disponible sur : <http://www.uml.org>
- Orain O., 2001, *Démarches systémiques et géographie humaine*, In Les causalités en géographie : déterminisme, possibilisme, approche systémique, Robic M.-C. (Ed.), CNED, 1-64p, [en ligne], consulté le 03/04/2007, disponible sur : http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/08/21/90/PDF/Sys_geohum2.pdf
- OrdnanceSurvey, 2002, *Real-world object catalogue*, OS MasterMap Catalogue, OrdnanceSurvey, 566p. non trouvé !
- OREMIP, 2012, *Caractérisation des ménages exposés à la précarité énergétique en Midi-Pyrénées selon une approche statistique*, Rapport de l'Observatoire régional de l'énergie de Midi-Pyrénées, 31p.
- Orfeuill J.-P., 1999, *Les stratégies de localisation des ménages et des services aux ménages dans l'espace urbain*, Rapport de recherche PREDIT, Institut d'urbanisme de Paris - Université Paris XII, 47p.
- Ouzilou O., 2000, *Aide à la décision pour la planification énergétique de quartier*, 2ème Assise de l'énergie 29-30 Novembre 2000, Dunkerque, 9p.
- Owens S., 1986, *Energy planning and urban form*, Pion Limited, 118p.
- OWL, 2004, *Web Ontology Language (OWL)*, Page de présentation du langage OWL, Web Ontology Working Group as part of the World Wide Web Consortium (W3C), [en ligne], consulté le 3/11/2008, disponible sur : <http://www.w3.org/2004/OWL/>.
- Pachet F., 2004, *Les nouveaux enjeux de la réification*, L'Objet, 10(4), pp. 33-60.
- Paegelow M., 2004, *Géomatique et géographie de l'environnement - De l'analyse spatiale à la modélisation prospective, Tome I*, Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Université Toulouse Le Mirail, 211p.
- Palla R., Plocque M., Tichit J., 2009, *Energie(s) et développement durable ?*, Compte rendu du 2ème salon international des Energies Renouvelables, EnerGaia, Déc. 2008, Montpellier, pp. 19.
- Pandey R., 2002, *Energy policy modelling: agenda for developing countries*, Energy Policy, 30(2), pp. 97-106.
- Panichelli L., Gnansounou E., 2008, *GIS-based approach for defining bioenergy facilities location: A case study in Northern Spain based on marginal delivery costs and resources competition between facilities*, Biomass and Bioenergy, 32(4), pp. 289-300.
- Parent C., Spaccapietra S., Zimanyi E., Donini P., Plazanet C., Vangenot C., Rognon N., 1998, *MADS, modèle conceptuel spatio-temporel*, Revue internationale de géomatique, 7(3/4), pp. 317-352.
- Parent C., Spaccapietra S., Zimányi E., 1999, *Spatio-temporal conceptual models: data structures + space + time*, ACM (Eds), Proceedings of the 7th ACM international symposium on Advances in geographic information systems, GIS '99 New York, NY, USA 26-33p.
- Passouant M., Ber (Le) F., Brassac C., Martinand P., Lemoisson P., 2008, *Conception de dispositif d'observation et retours d'expériences - les étapes de la construction d'observatoires*, Colloque national projet COPT OAAAT, « construire et mettre en réseau l'observation des activités et pratiques agricoles », 27-28 nov. 2008, Paris, 34p.
- PASTILLE Consortium, 2002, *Indicators Into Action - Local sustainability indicator sets in their context*, Final Report Deliverable 19 of the "Promoting action for sustainability through indicators at the local level in Europe" (PASTILLE) project, European Union FP5, 97p.
- Patlitziannas K.D., Doukas H., Kagiannas A.G., Psarras J., 2008, *Sustainable energy policy indicators: Review and recommendations*, Renewable Energy, 33(5), pp. 966-973.
- Pautard E., 2009, *Vers la sobriété électrique - Politiques de maîtrises des consommations et pratiques domestiques*, Thèse de doctorat en sociologie, Université Toulouse II Le mirail, 627p.
- Pecqueur B., 2009, *De l'exténuation à la sublimation : itinéraire d'une notion et de ses déclinaisons*, in Territoires, Territorialité, Territorialisations : controverses et perspectives, Vanier M. (Dir.), Presses universitaires de Rennes, pp. 205-209
- Pelissier M., 2009, *Etude sur l'origine et les fondements de l'intelligence territoriale : l'intelligence territoriale comme une simple déclinaison de l'intelligence économique à l'échelle du territoire ?*, Revue Internationale d'Intelligence Economique Vol.1, pp. 291-304.
- Pelle S., Piechocki L., 2001, *UML en français - UML, HBDS*, Rapport de synthèse, IGN-ENSG, 24p.
- Pena O., 1988, *Les sept piliers de la géographie*, Cahiers de géographie du Québec, 32(87), pp. 269-276.
- Peng H., Lu H., 2007, *Study on the Impacts of Urban Density on the Travel Demand Using GIS Spatial Analysis*, Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology, 7(4), pp. 90-95.
- Percebois J., 2001, *Énergie et théorie économique : un survol*, in Revue d'économie politique 111(6), pp. 815 860.

- Percebois J., 2006, *Dépendance et vulnérabilité, deux façons connexes mais différentes d'aborder le risque énergétique*, Cahier du Centre de Recherche en Droit et Economie de l'Energie (CREDEN) n°06.03.64, 21p.
- Péribois C., 2008, *Usages de l'information géographique dans la gestion participative du territoire*, Thèse de doctorat de géographie, université d'Angers, 375p.
- Petersen T., 1994, *Variation of energy consumption in dwellings due to climate, building and inhabitants*, Energy and Buildings, N°21, pp. 209-221.
- Peuquet D.J., 2002, *Representations of Space and Time*, The Guilford Press, 380p.
- Phdungsilp A., 2006, *Energy and environmental modelling course A41613*, lecture notes, KTH, [en ligne], consulté le 29/02/2007, disponible sur : www.energy.kth.se/courses/4A1613/EE2006-LEAPmodelling-notes.pdf.
- Pierra G., Dehainsala H., Ait Ameer Y., Bellatreche L., 2005, *Bases de données à base ontologique. Principe et mise en oeuvre*, Ingénierie des systèmes d'information, 10(2), pp. 91-115.
- Pignon H., 2000, *Energie, logique d'aménagement et d'urbanisme*, 2ème Assises nationales de l'énergie, Dunkerque, en ligne], consulté le 13/04/2008, disponible sur : <http://www.assises-energie.net/fr/editions-precedentes/2es-assises-habitat-demain/les-ateliers-1-a-3/index.html>
- Pinet F., 2012, *Entity-relationship and object-oriented formalisms for modeling spatial environmental data*, Environmental Modelling & Software, Vol.33, pp. 80–91.
- Pinet F., Lbath A., Vigier F., Schneider M., 2003, *Conception de systèmes d'information à référence spatiale (SIRS) communicants pour les agrosystèmes - Vers une approche méthodologique adaptée aux spécificités et aux nouveaux besoins du secteur agricole*, Revue Sciences Eau et Territoire La revue d'IRSTEA, pp. 143-155, [en ligne], consulté le 19/07/2008, disponible sur : <http://www.set-revue.fr/conception-de-systemes-dinformation-referance-spatiale-sirs-communicants-pour-les-agrosystemes-vers>
- Pinet F., Roussey C., Brun T., Vigier F., 2009, *The Use of UML as a Tool for the Formalisation of Standards and the Design of Ontologies in Agriculture*, In Advances in modelling agricultural systems, Pardalos P.-M., Papajorgii P.(Eds.), Springer-Verlag, pp. 131-147
- Pinter L., Cressman D.R., Zahedi K., 1999, *Capacity Building for Integrated Environmental Assessment and Reporting*, United Nations Environment Programme (UNEP-OECD), second Ed. 158p.
- Piponnier A., 2010, *Observer pour gouverner : information, prescription et médiation dans les observatoires numériques territoriaux*, Etudes de communication N°34, pp. 109-126.
- Piron M., 1996, *Systèmes d'information et observatoires en sciences sociales: quel impact sur les démarches de recherche?*, Cahiers des Sciences Humaines, 32(4), pp. 765-784.
- Pirot F., Saint-Gérand T., Labarthe H., Tran T., 2008, *Ontologie et ArcGis*, SIG 2008, La Conférence francophone ESRI, Versailles, Palais des Congrès, 1-2 octobre 2008, 10p.
- Pirotton G., 2005, *Introduction à la systémique*, Rapport de synthèse, Etopia, 26p.
- Piveteau V., 2011, *Ingénierie territoriale et prospective : conditions et configurations*, In L'ingénierie de territoire à l'épreuve du développement durable, Dayan L., Joyal A., Lardon S. (Dirs.), L'Harmattan, pp.261-261.
- Plateau, 2006, *Les émissions de gaz à effet de serre des ménages selon les localisations résidentielles – les exemples de la région Ile-de-France et de l'arrondissement de Lille*, Notes de synthèse du SESP, N°163 Juillet-décembre 2006, 12p.
- Plumejeaud C., Moiscu B., Bimonte S., Villanova M., Gensel J., 2009, *An Object-Oriented Model for the Sustainable Management of Evolving Spatio-temporal Information*, In Geocomputation and Urban Planning, Murgante B., Borruso G., Lapucci A. (Dirs.), Springer, pp. 167-186.
- Podobnikar T., 2012, *Universal Ontology of Geographic Space: Semantic Enrichment for Spatial Data*, T. Podobnikar & M. Ceh (Eds), IGI Global, 394p.
- Pokharel S., 2004, *Spatial model for wood energy analysis*, International Journal of Global Energy, Vol.21, pp. 79-98.
- Poli R., 2002, *Ontological methodology*, International Journal of Human-Computer Studies, Vol.56, pp. 639-664.
- Polombo N., 2009, *Les paysages de l'énergie : Aide à la décision pour l'implantation d'unités photovoltaïques dans le PNR du Haut Languedoc*, Rapport d'étude, PNR du Haut-Languedoc, 22p.
- Popy S., 2009, *Projet d'observatoire régional de la biodiversité en languedoc-Roussillon – synthèse sur les observatoires existants*, rapport Cemagref, 62p.
- Poquet G., Dujin A., 2008, *Pour les ménages, la recherche du confort prime encore sur les économies d'énergie*, CREDOC-Consommation et Modes de vie, N°210, pp. 4.

- Pornon H., 1998, *Systèmes d'information géographique, pouvoir et organisations : Géomatique et stratégies d'acteurs*, L'Harmattan, 256p.
- Pornon H., 2001, *Observatoires du territoire : comment faire ?*, Urb.AO, N°7 pp. 18-23.
- Pornon H., 2002, *Observer les territoires - Présentation et définition des observatoires du territoire*, Pages de l'universitaire et directeur du cabinet IETI consultant, [en ligne], consulté le 16/11/2012, disponible sur : http://www.ieti.fr/xoops/modules/xoopsfaq/index.php?cat_id=3.
- Pornon H., 2011, *SIG – La dimension géographique du système d'information*, Dunod, 271p.
- Pornon H., 2010, *Est-ce la qualité des données qui fait débat ou la compréhension des données et la définition des besoins ?*, In Rencontre SIG La Lettre, 5 mai 2010, [en ligne], consulté le 22/01/2012, disponible sur : <http://www.ieti.fr/xoops/modules/partners/>.
- Pouliot J., 1999, *Définition d'un cadre géosémantique pour le couplage des modèles prévisionnels de comportement et des SIG : Application pour les écosystèmes forestiers*, Thèse de doctorat en , Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, 173p.
- Poupeau F.M., 2007, *Les entreprises locales d'énergie. Un levier d'action pour certaines villes françaises*, Les annales de la recherche urbaine, N°103, pp. 155-160.
- Pouyanne G., 2004, *Forme urbaine et mobilité quotidienne*, Thèse de doctorat en sciences économiques, Université Montesquieu-Bordeaux IV, 314p.
- Prelaz-Droux R., 1995, *Système d'information et gestion du territoire : approche systémique et procédure de réalisation*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 156 p.
- Prévost G., 2005, *Modélisation d'écosystèmes multi-niveaux par des approches mixtes*, Thèse de doctorat en informatique, Université du Havre, France, 190p.
- Priou D., Gallic Le J.-M., Pelle S., Richard D., 2004, *UML et Java pour les données géographiques - Volume 1 - Notions de base*, Hermès, 468p.
- Provitolo D., Dubos-Paillard E., Müller J.-P., 2011, *Vers une ontologie des risques et des catastrophes : le modèle conceptuel*, XVI èmes rencontres de Rochebrune -Ontologie et dynamique des systèmes complexes, perspectives interdisciplinaires -, Du 19 au 23 janvier 2009, Rencontres interdisciplinaires sur les systèmes complexes naturels et artificiels, 1-16p.
- PUCA, 2006, *Elaboration d'indicateurs pour un système de suivi évaluation du développement durable - Principe et méthodologie de construction de référentiel*, Rapport d'étude, PUCA-Université Paul Cézanne Marseille III, 87p.
- PUCA, Querrien A., Mattei M. F. (Dirs.), 2007, *La ville dans la transition énergétique*, Les annales de la recherche urbaine, N°103, 224p.
- Pumain D., 1997, *Pour une théorie évolutive des villes*, L'Espace géographique, N°2, pp. 119-134.
- Pumain D., 2011, *Dynamique des entités géographiques et lois d'échelle dans les systèmes complexes*, Mathématiques et sciences humaines, N°191, pp. 51-63.
- Pumain D., Paquot T., Kleinschmager R., 2006, *Dictionnaire de la ville et de l'urbain*, Economica, 320p.
- Pumain D., Saint-Julien T., Sanders L., 1989, *Villes et auto-organisation*, Economica, 191p.
- Pundt H., Bishr Y., 2002, *Domain ontologies for data sharing—an example from environmental monitoring using field GIS*, Computer and Geosciences, Vol.28, pp. 95-102.
- Querrien A., Mattei M. F. (Dirs.), 2007, *La ville dans la transition énergétique*, Les annales de la recherche urbaine, N°103, 224p.
- RAC, 2011, *Plan Climat-Energie Territorial - L'engagement des territoires dans la lutte contre les changements climatiques*, Rapport technique, Réseau Action Climat France, 12p.
- RAC, 2012, *Les émissions importées- le passager clandestin du commerce mondial*, Note d'analyse, Réseau Action Climat France, 5p.
- RAC, 2013, *Quelle gouvernance territoriale pour la transition énergétique?*, Rapport d'étude, Réseau Action Climat France, 32p.
- Rad F., 2010, *Application of Local Energy Indicators in Municipal Energy Planning- A New Approach Towards Sustainability*, ACEEE summer on energy efficiency in buildings, 12p.
- Radanne P., 2009, *Quel besoin de données pour mener une stratégie locale de maîtrise de l'énergie ?*, Intervention séminaire ETD-ADEME Energie-climat - Mardi 7 juillet 2009 Caisse des Dépôts, Paris, France, [en ligne], consulté le 03/09/2012, disponible sous forme vidéo sur : <http://www.projetdeterritoire.com/index.php/Les-ressources/Donnees-energetiques/Les-conditions-prealables-a-la-mise-en-place-d-une-demarche-de-quantification-des-consommations-d-energie>.

- Raffestin C., 1986, *Ecogenèse territoriale et territorialité*, Espaces, jeux et enjeux, Auriac F., Brunet R. (Dirs.), Fayard & Fondation Diderot, pp. 175-185.
- Ramachandra T.V., 2009, *RIEP: Regional integrated energy plan*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(2), pp. 285-317.
- Ramachandra T.V., Shruthi B.V., 2007, *Spatial mapping of renewable energy potential*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 11(7), pp. 1460-1480.
- Ramos-Martín J., Cañellas-Boltà S., Giampietro M., Gamboa G., 2009, *Catalonia's energy metabolism: Using the MuSIASEM approach at different scales*, Energy Policy, 37(11.) pp. 4658-4671.
- Randet, P., 1994, *L'aménagement du territoire : genèse et étapes d'un grand dessein*, Ministère de l'intérieur et de l'aménagement du territoire, La Documentation française, 147p.
- RARE, 2002, *Bilan énergétique régional, Cahiers techniques 1 à 3*, Réseau des agences régionales de l'énergie et de l'environnement, 10+26+22p.
- RARE, 2004, *Les observatoires régionaux de l'énergie*, propositions de reconnaissance des observatoires, Réseau des agences régionales de l'énergie et de l'environnement, 4p.
- RARE, 2011, *Coordination des niveaux d'observation*, fiche ressource n°2, Réseau des agences régionales de l'énergie et de l'environnement, 8p.
- Raux C., Traisnel J. P., Nicolas J. P., Maizia M., Delvert K., 2005, *Bilans énergétiques Transport-Habitat et méthodologie BETEL*, rapport de recherche R2, Projet ETHEL, Action Concertée CNRS – Ministère de la Recherche, LET, 138p.
- Raux C., Traisnel J. P., Pochet P., Maizia M., Croissant Y., Bagard V., Peguy P.-Y., 2006, *Analyse et modélisation des comportements transports-habitat-localisations*, rapport de recherche R3, Projet ETHEL, Action Concertée CNRS – Ministère de la Recherche, LET, 141p.
- Raux C., Traisnel J.P., 2007, *Un outil pour répondre à la problématique transport-habitat*, Lettre Techniques de l'Ingénieur - Energies, N°9, pp. 3-4.
- Reitsma F., Bittner T., 2003, *Scale in Object and Process Ontologies*, COSIT 2003, spatial information theory : foundations of geographic information science, Kartause-Ittingen, Suisse, 24-28 September 2003, 18p.
- Reliant C., 2004, *L'expertise comme outil de territorialisation d'une politique publique ? Fonctions et usages de l'expertise socio-économique dans la politique d'aménagement des zones inondables en France et en Angleterre*, Thèse de doctorat en Sciences et Techniques de l'Environnement, Ecole nationale des Ponts et Chaussées, 480p.
- Repetti A., 2004, *Un concept de monitoring participatif au service des villes en développement approche méthodologique et réalisation d'un observatoire urbain*, Thèse de doctorat en sciences et ingénierie de l'environnement, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, 220p.
- Requier-Desjardins D., 2009, *Territoires - Identités - Patrimoine : une approche économique ?*, Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie, Dossier 12, [en ligne], consulté le 8/07/2012, disponible sur : <http://developpementdurable.revues.org/7852>.
- Rey-Valette H., Pinto M., 2012, *Guide pour la mise en œuvre de la gouvernance territoriale*, Rapport de recherche, CEMAGREF-CNRS-INRA-CIRAD, 155p.
- Rézeau J., 2001, *Médiatisation et médiation pédagogique dans un environnement multimédia – Le cas de l'apprentissage de l'anglais en Histoire de l'art à l'université*, Thèse de doctorat en didactique de la langue, Université Bordeaux II, 617p.
- Richer C., 2008, *Questions vives pour la géographie de l'intercommunalité*, L'Information Géographique, 4(72), pp. 56-77.
- Rifaieh R., 2004, *Utilisation des ontologies contextuelles pour le partage sémantique entre les systèmes d'information dans l'entreprise*, Thèse de doctorat en informatique, Institut national des sciences appliquées (INSA) de Lyon, 228p.
- Riopel M., 2009, *Epistémologie et enseignement des sciences*, Pages du Pr. Riopel, Département d'éducation et de pédagogie, Université du Québec, [en ligne], consulté le 14/08/2012, disponible sur : http://classiques.uqac.ca/contemporains/riopel_martin/epistemologie_ens_sciences/epistemologie.html.
- Roche C., 2005, *Terminologie et ontologie*, Langages, 39(157), pp. 48-62.
- Roche E., 2011, *Les effets territoriaux des « ratés » de la participation*, Journée d'étude du GIS démocratie et participation : « Les effets de la participation du publics au processus décisionnels », EHESS Paris, 21 octobre 2011, 15p.
- Roche S., Hodel T., 2004, *L'information géographique peut-elle améliorer l'efficacité des diagnostics de territoires ?*, Revue Internationale de Géomatique, 14(1), pp. 9-34.
- Roche S., Kiene B., 2007, *GEODOC – nouvel outil d'accompagnement du diagnostic de territoire*, actes du colloque international SAGEO'07, Clermont-Ferrand, France, 19-20 juin 2007, 20p.

- Roche V., 2000, *Impacts de l'incertitude et de l'ambiguïté sur la pratique des SIRS - Exploration à l'aide d'études de cas en assainissement industriel*, Thèse de doctorat ENSM-Saint-Etienne, 355p.
- Ropivia M.-L., 2007, *Manuel d'épistémologie de la géographie : Ecocide et déterminisme anthropique*, L'Harmattan, 140p.
- ROSE, 2008, *Répertoire bibliographique des sites internet dédiés à l'énergie et au gaz à effet de serre, Elaboration d'une maquette de SIG dédié à l'énergie et aux GES en ile-de-France dans le cadre du Réseau d'observation statistique de l'énergie*, rapport du projet ROSE-IAU-IdF, 67p.
- Rosemberg M., 2003, *Contribution à une réflexion géographique sur les représentations et l'espace*, Geocarrefour, N°78, pp. 71-77.
- Rosnay (de) J., 1996, *Une approche systémique de l'énergie*, Conférence FIFEL Lausanne, Suisse, 12 novembre 1996, 8p.
- Rousseaux P., 2000, *Valeur environnementale de l'énergie*, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 186p.
- Roussey C., Laurini R., Beaulieu C., Tardy Y., Zimmermann M., 2004, *Le projet Towntology*, Revue Internationale de Géomatique, 14(2), pp. 216-237.
- Roussey C., Soullignac V., Champomier J.-C., Abt V., Chanet J.-P., 2010, *Ontologies in agriculture*, International conference on Agricultural Engineering Ageng 2010, Cemagref ed. Clermont-Ferrand, 10p.
- Roussey C., Pinet F., Kang M.A., Corcho O., 2011, *An Introduction to Ontologies and Ontology Engineering*, Ontologies in Urban Development Projects, Falquet G., Métral C., Teller J., Tweed C., Springer, pp. 9-38, [en ligne], consulté en novembre 2012, disponible sur : http://oa.upm.es/10381/1/An_Introduction.pdf
- Roux (Le) S., 2008, *Energie et développement urbain durable - Analyse des stratégies locales et essai de prospective pour les villes moyennes européennes*, Thèse de doctorat de géographie, Université de Limoges, 420p.
- Roux E., Feyt G. (Dirs.), 2011, *Les observatoires territoriaux : Sens et enjeux*, La documentation française, 107p.
- RTE, 2011, *Bilan prévisionnel de l'équilibre offre-demande d'électricité en France*, rapport de Réseau de transport d'électricité, 144p.
- Rumley P.-A., 2002, *L'aménagement du territoire entre changement et continuité*, DISP n°148, pp 19-23.
- Rumpala Y., 2008, *Le « développement durable » appelle-t-il davantage de démocratie ? Quand le « développement durable » rencontre la « gouvernance »...*, Vertigo, 8(2), 20p, [en ligne], consulté en juin 2010, disponible sur : <http://vertigo.revues.org/4996>
- Safirova E., Houde S., Harrington W., 2008, *Spatial Development and Energy Consumption*, Resources For the Future (RFF), 47 p., [en ligne], consulté en octobre 2010, disponible sur : <http://www.rff.org/rff/Documents/RFF-DP-07-51.pdf>
- Safonov P., Comar V., Ortega E., 1999, *Energy and Emergy Based Dynamic Modeling of Brazil: Conceptual Considerations and Scenarios for Sustainable Development 1*, in Introduction to ecological engineering with Brazilian case studies, Safonov P. (Ed), UNICAMP, 20p.
- Safonov P., Comar V., Ortega E., 1999, *Energy and Emergy Based Dynamic Modeling of Brazil: Conceptual Considerations and Scenarios for Sustainable Development 1*, CiteSeerX, 20 p., [en ligne], consulté en janvier 2010, disponible sur : <http://www.ulb.ac.be/ceese/STAFF/safonov/Brazil.pdf>
- Sais F., 2007, *Intégration sémantique de données guidée par une ontologie*, Thèse de doctorat en informatique, Université Paris-Sud XI, 238p.
- Salles M., 2009, *Ontologie pour la définition d'indicateurs d'évaluation des politiques économiques régionales*, Colloque Veille Stratégique Scientifique et Technologique (VSST 2009), Nancy, 30-31/03/2009, Bernard Dousset (Eds.), 16p.
- Santamouris M., Kapsis K., Korres D., 2007, *On the relation between the energy and social characteristics of the residential sector*, Energy and Buildings , N°39, pp. 893-905.
- Sapru R.K., 2010, *Public policy : Art and craft of policy analysis*, PHI learning private limited, 444p.
- Sarlos G., Haldi P.A., Verstraete P., 2003, *Systèmes énergétiques : Offre et demande d'énergie : méthodes d'analyse*, presses polytechniques et universitaires romandes, 874 p.
- Saunders H.D., 1992, *The Khazzoom-Brookes postulate and neoclassical growth*, The Energy Journal, 13(4), pp. 131-148.
- Schenk N., 2006, *Modelling energy systems : a methodological exploration of integrated resource management*, Thèse de doctorat en mathématiques et Sciences Naturelles, Groningen (NL), 162p.
- Scherrer F., 2000, *Retour sur un réquisitoire : le zonage en aménagement et ses effets pervers*, Annales des Ponts et Chaussées, N°93, pp. 16-22.
- Schwarz E., 1991, *Une introduction à l'approche systémique*, Support de cours du Centre inter-facultaire d'études systémiques, Université de Neuchâtel, 19p.

- Schwarz E., 1997, *Summary of the main features of a holistic metamodel to interpret the emergence, the evolution and the functioning of viable self-organizing systems*, Wilby J.M. (Eds), Proceedings of the 40th Annual Meeting of the International Society for the Systems Science, Budapest 1996, 16p.
- Scoffoni A., 2006, *Elaboration d'une politique énergétique départementale*, Rapport d'étude, Conseil Général de l'Essonne, 10p.
- Sède-Marceau (de) M.-H., 2002, *Géographie, territoires et instrumentation : état des lieux, réflexions épistémologiques et perspectives de recherche*, HDR de géographie, Laboratoire ThéMA, Université de Franche-Comté, 219p.
- Sède-Marceau (de) M.-H., 2009, *La problématique de l'observation territoriale – contexte, stratégies et enjeux de l'instrumentation*, Support de cours du module « observatoire » du Master ITISA, Laboratoire ThéMA, Université de Franche-Comté, 143p.
- Sède-Marceau (de) M.-H., Ibrahim K., Thiam S., 2006, *Projet de recherche OPTER Bilan phase 1*, Rapport interne, Laboratoire ThéMA, Université de Franche-Comté, 70p.
- Sède-Marceau (de) M.-H., Moine A., 2008, *L'observation : concept et implications*, 6th annual international conference of Territorial Intelligence – caENTI, October 2008, Besançon, 14p.
- Sède-Marceau (de) M.-H., Moine A., 2009, *Observation : concept and implications*, in International Conference of Territorial Intelligence, Besançon, 2008. Papers on Tools and methods of Territorial Intelligence, MSHE, Besançon, 2009, [en ligne], consulté le 24/10/2012, disponible sur : <http://www.territorial-intelligence.eu/index.php/besancon08/De-Sede-Marceau>
- Sède-Marceau (de) M.-H., Moine A., Thiam S., 2011, *Le développement d'observatoires territoriaux, entre complexité et pragmatisme*, L'Espace géographique, 40(2), pp. 117-126.
- Sénécal G., 2007, *L'esprit de la mesure et l'incertitude métropolitaine*, in Les indicateurs socio-territoriaux : Perspectives et renouvellement, Sénécal G. (Dir.), Presses de l'Université de Laval, pp.1-6.
- Sencebe Y., 2003, *Territorialisation des politiques publiques et construction des pays : reconnaissance ou compétition des territoires ?*, Bulletin d'information du CREA Bourgoigne, N°223 (février), 7p.
- Sfez L., 2004, *La décision*, Que sais-je ?, PUF 4eme Ed., 128p.
- Shah N., Chao K.-M., Zlamaniec T., Matei A., 2011, *Ontology for Home Energy Management Domain*, in Digital Information and Communication Technology and Its Applications, Hocine C. (Ed.), Springer e-books, pp. 337-347
- Shannon, C.E., 1948, *A mathematical theory of communication*, Bell System Technical Journal, vol. 27, pp. 379-423.
- Sheppard E. (Dir.), McMaster, 2004, *Scale and Geographic Inquiry: Nature, Society, and Method*, Wiley, 292p.
- Sheppard E., McMaster R.B., 2008, *Scale and Geographic Inquiry: Contrasts, Intersections, and Boundaries*, In Scale and Geographic Inquiry : nature, society, and method, Sheppard E., McMaster R-B (Eds.), Blackwell Publishing, pp. 256–267.
- Shimoda Y., Asahi T., Taniguchi A., Mizuno M., 2007, *Evaluation of city-scale impact of residential energy conservation measures using the detailed end-use simulation model*, Energy, 32(9), pp. 1617-1633.
- Signoret P., 2011, *Territoire, observation et gouvernance - outils méthodes et réalités*, Thèse de Doctorat de géographie et aménagement, Université de Franche-Comté, Besançon, 383 p.
- Silva (da) A.N.R., Costa G.C.F., Brondino N.C.M., 2007, *Urban sprawl and energy use for transportation in the largest Brazilian cities*, Energy for Sustainable Development, 11(3), pp. 44-50.
- Sjogren J., Andersson S., Olofsson T., 2007, *An approach to evaluate the energy performance of buildings based on incomplete monthly data*, Energy and Buildings, N°39, pp. 945-953.
- Smith B., 2001, *Geographical categories: an ontological investigation*, International journal of geographical information science, 15(7), pp. 591-612.
- Smith B., 2004, *Beyond concepts: ontology as reality representation*, Proceedings of the International Conference on Formal Ontology and Information Systems FOIS 2004, Turin, Italy, 4-6 November 2004, 12p.
- Smith B., Mark D.-M., 1998, *Ontology and geographic kinds*, Proceedings of the International Symposium on Spatial Data Handling, Vancouver, Canada, 12-15 July 1998, 12p.
- Smith B., Welty C., 2001, *Ontology : Towards a New Synthesis*, Proceedings of the international conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS), Ogunquit, Maine, USA, October 17-19 2001, 8p.
- SOeS 2010, *La consommation d'énergie et les émissions de CO2 dans l'habitat - évolution des consommations et usages résidentiels*, Site du SOeS - Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, [en ligne], consulté le 23/01/2013, disponible sur : <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/essentiel/ar/340/1207/consommation-denergie-emissions-co2-lhabitat.html>

- SOeS, 2010, *Une expertise de l'empreinte écologique*, Commissariat général au développement durable (Etudes & documents ; N°16), 74 p.
- SOeS, 2011, *Chiffres clés de l'énergie (Edition 2011)*, Repères décembre 2011, Service de l'observation et des Statistiques, Commissariat général au développement durable, 40p.
- SOeS, 2011, *Indicateurs de développement durable pour les territoires*, Commissariat général au développement durable (Etudes & documents ; N°57), 180p.
- SOeS, 2012a, *Chiffres clés de l'énergie*, Repères, Service de l'observation et des Statistiques, MEDDTL, Décembre 2012, 40p.
- SOeS, 2012b, *Chiffres clés du climat France et Monde*, Repères, Service de l'observation et des Statistiques, MEDDTL, 48p.
- SOeS, 2011, *Consommation des ménages et environnement*, Repères, Service de l'observation et des Statistiques, MEDDTL, Mars 2011, 56p.
- Solomon B.D., Pasqualetti M. J., 2004, *History of energy in geographic thought*, in *Encyclopaedia of Energy*, Cleveland C.J.(Ed.), Oxford, Vol. 2, pp. 831-842.
- Solomon B.D., Pasqualetti M.J., Luchsinger D.,A.,2006, *Energy geography*, In *Geography in America at the Dawn of the 21st Century*, Gaile G-L., Willmott C-J. (Eds), Oxford University Press, pp. 302-313.
- Sorre M., 1948, *Les fondements de la géographie humaine - Tome II - Les fondements techniques - Partie I - Les techniques de la vie sociale, les techniques et la géographie de l'énergie, la conquête de l'espace*, A. Collin, 608p.
- Souami T., 2007, *L'intégration des technologies énergétiques dans l'action urbaine. Eclairage théorique d'expérience européenne*, Les annales de la recherche urbaine, N°103, pp. 6-17.
- Souami T., 2009, *Conceptions et représentations du territoire énergétique dans les quartiers durables*, Flux, 76/77(2-3), pp. 71-81.
- Soubrier R., 2000, *Planification : aménagement et loisir*, Presse de l'Université du Québec, 411p.
- Soudoplatoff S., 1996, *Information territoriale et complexité - Pour une symbolique du territoire*, Revue internationale de géomatique, 6(1), pp. 51-59.
- Sowa J., 1999, *Level Ontological categories*, International Journal on human computer Studies, 43(5), pp. 669-685.
- Spaccapietra S., Parent C., Cullot N., Vangenot C., 2004, *On using conceptual modeling for ontologies*, Proceedings of the International Workshop on Intelligent Networked and Mobile Systems, Track 1: Ontologies for Networked Systems (ONS), WISE 2004 Workshops, Brisbane, Australia, November 22-24, 2004, 22-33p.
- StatCan, 2003, *Enquête sur l'utilisation de l'énergie par les ménages (EUEM)*, Rapport d'étude, Statistique Canada, 17p.
- Stemers K., 2003, *Energy and the city: density, buildings and transport*, Energy and Buildings, 35(1), pp. 3-14.
- Sterman J.D., 1991, *A skeptic's guide to computer models*, In *Managing a Nation : The Microcomputer Software Catalog*, Barney, G. O. Kreutzer W.B. and Garrett M.J. (eds.), Westview Press, pp. 209-229.
- Sufian M.A., Bala B.K., 2006, *Modelling of electrical energy recovery from urban solid waste system: The case of Dhaka city*, Renewable Energy, 31(10), pp. 1573-1580.
- Suganthi L., Samuel A.A., 2012, *Energy models for demand forecasting : A review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(2), pp. 1223-1240.
- Surjan G., Szilagy E., Kovats T., 2006, *A pilot ontological model of public health indicators*, Special Issue on Medical Ontologies, 36(7-8), pp. 802-816.
- Swan L.G., Ugursal V.I., 2009, *Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 13(8), pp. 1819-1835.
- Swisher J., Jannuzi G.M., Redlinger R., 1997, *Tools and Methods for Integrated Resource Planning*, Earth Print, 270p.
- Syrota J., Bergougnoux J., Tuot T., Hirtzman P., 2007, *Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050*, Rapport de synthèse de la commission énergie du Centre d'Analyse Stratégique, La Documentation française, 326p.
- Teller J., Billen R., Cutting-Decelle A.-F., 2010, *Bringing Urban Ontologies into Practice*, Journal of information technology in construction, Vol.15, pp. 108-118.
- Teller J., Lee J.R., Roussey C., 2007, *Ontologies for urban development*, Springer, 232p.
- Teller J., Keita A.K., Roussey C., Laurini R., 2007, *Urban Ontologies for an improved communication in urban civil engineering projects*, Cybergeog : European Journal of Geography, [en ligne], consulté le 19/11/2012, disponible sur <http://cybergeog.revues.org/8322>.

- Terrier C., 2011, *La valeur des données géographiques*, L'espace Géographique 40(2), pp.103-108.
- TETIS, 2009, *Partie II - projet scientifique 2011-2014 - UMR TETIS*, Projet scientifique, Unité Mixte de Recherche Territoire, environnement, télédétection, information spatiale (TETIS) - Cemagref, Cirad, AgroParisTech, 57p.
- Thenail C., Hubert-Moy L., Bockstaller C., Ruelle P., 2008, *De l'observatoire des pratiques à la conception d'indicateurs de durabilité des activités agricoles*, Colloque national projet COPT OAAT, « construire et mettre en réseau l'observation des activités et pratiques agricoles », 27-28 nov. 2008, Paris, 24p.
- Thenot A., 2007, *Modèles de données pour l'appréhension et la gestion des risques à Nouakchott (Mauritanie) - Une capitale contre vents et marées*, Thèse de doctorat de géomatique, Université Paris I, 538p.
- Thériault M., 1995, *Système d'information géographiques : concepts fondamentaux*, Notes et documents de cours LASIG, numéro 12, LATIG, Département de géographie, Université Laval, Sainte-Foy, Québec, G1K-7P4, [en ligne], consulté le 3/05/2009, disponible sur :<http://www.unites.uqam.ca/dgeo/geo7511-2001/hm/guide.htm>
- Thériault M., Claramunt C., 1999, *La modélisation du temps et des processus dans les SIG : Un moyen d'intégration pour la recherche interdisciplinaire*, Revue Internationale de Géomatique, 9(1), pp. 67-103.
- Theys J., 2002, *L'aménagement du territoire face au développement durable : sens et limite d'une intégration. Quelle capacité pour le développement durable à déplacer les enjeux de l'aménagement du territoire ?* in Recherche et développement régional durable, Larrue C. (dir), Actes du 3ème colloque européen, 18-19 déc. 2000, Tours, Université de Tours, pp. 27-42.
- Theys J., 2002, *L'approche territoriale du " développement durable " : condition d'une prise en compte de sa dimension sociale*, in Développement durable et territoires, [en ligne], consulté le 12/08/2009, disponible sur : <http://developpementdurable.revues.org/index1475.html>
- Thiery O., Amos D., 2002, *Modélisation de l'utilisateur, systèmes d'informations stratégiques et Intelligence économique*, La Lettre d'ADELI, N°47, pp. 28-37, [en ligne], consulté en avril 2010, disponible sur : http://www.adeli.org/webfm_send/284
- Thuillier E., Paran F., Roche V., 2002, *Les agendas 21 locaux- un difficile passage du savoir à l'action*, VertigO - La revue en science de l'environnement, 3(3), pp. 1-13.
- Tretyakov O., 2008, *Estimation du potentiel énergétique des déchets agricoles comme source d'approvisionnement décentralisé pour l'espace rural (l'exemple de la région de Kharkiv, Ukraine)*, Cybergeo : European Journal of Geography, [en ligne], consulté le 29/02/2009, disponible sur : <http://cybergeo.revues.org/20573?lang=en>.
- Tricot C., 2006, *Cartographie sémantique : des connaissances à la carte*, Thèse de doctorat en informatique, Université de Savoie, 278p.
- Tritz Y., 2009, *Co-construction d'un projet énergétique local et de son territoire. Etude du cas du projet de méthanisation du lycée agricole d'Obernai*, 18p.
- Turco A., 1997, *Aménagement et processus territoriaux: l'enjeu sémiologique*, Espaces et sociétés, 90(2), pp. 231-254.
- Uitermark H., 2001, *Ontology based geographic data set integration*, Thèse de doctorat Sciences informatiques, Universiteit Twente, NL, 155p.
- Upham P., Shackley S., Waterman H., 2007, *Public and stakeholder perceptions of 2030 bioenergy scenarios for the Yorkshire and Humber region*, Energy Policy, 35(9), pp. 4403-4412.
- Uschold M., King M., 1995, *Towards a methodology for building ontologies*, Workshop published by the University of Edinburgh from the 1995 International Joint Conference on AI, Montreal, Canada, 20-25 August 1995, 15p.
- USEPA, 2005, *Environmental accounting using emergy - evaluation of the state of West-Virginia*, Research report, U.S. Environmental Protection Agency, 116p.
- Vaché I., 2009, *L'émergence des politiques énergétiques en Pays de Loire (France) - Effets de contextes, potentiels et jeux d'acteurs*, Thèse de doctorat de géographie, Université du Maine, 476p.
- Vacher B., 2009, *articulation entre communication, information et organisation en SI*, Les enjeux de l'information et de la communication, 2009(1), pp. 119-143.
- Vangenot C., 2001, *Représentation multiple dans les bases de données géographiques (n°2430)*, Thèse de doctorat en informatique, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse, 166p.
- Vangenot C., 2004, *Les ontologies spatiales - Editorial*, Revue internationale de géomatique, 14(2), pp. 141-142.
- Vannier M. (Dir.), 2009, *Territoires, territorialité, territorialisation : controverses et perspectives*, Presses Universitaires de Rennes, 228p.
- Vera I., Langlois L., 2007, *Energy indicators for sustainable development*, Energy, 32(6), pp. 875-882.

- Veyrenc T., 2010, *Un nouveau paradigme pour la politique énergétique européenne ?*, Question d'Europe Fondation Robert Schuman, N°152, 9p.
- Victor J.-C., 2006, *Les indicateurs*, notes, [en ligne] consulté le 29/05/2008, disponible sur : www.jcvictor-environnement.com/pdf/doc_1238926392.pdf, 11p.
- Viejo Garcia P., Keim C., 2008, *Simulation model of heat and power demand in a German region until 2030 - Stuttgart Metropolitan Region as case study*, Design & Decision Support Systems in Architecture and Urban Planning, 14p.
- Vie-Publique, 2005, *L'Etat et la politique de l'énergie les structures administratives*, Vie publique, site internet de la Direction de l'information légale et administrative, [en ligne], consulté le 6/08/2008, disponible sur : <http://www.vie-publique.fr/politiques-publiques/politique-energie/intervention-etat/>
- Vivien F.-D., 2005, *Les théories énergétiques de l'écologie*, Ecorev' : Revue critique d'écologie politique, N°20 : énergie : à contre-courant, 88p.
- Vues, 2005, *Dossier - système d'information géographique et action publique*, Vues Sur La Ville, Université de Lausanne UNNIL, N°14, pp. 8.
- Wallenborn G., Rousseau C., Thollier K., Aupaix H., 2006, *Détermination de profils de ménages pour une utilisation rationnelle de l'énergie*, Rapport de recherche, BELSPO, La politique scientifique fédérale belge, 106p.
- Walliser B., 1977, *Systèmes et modèles*, Le Seuil, 247p.
- Wang H., Li L., Song P., 2008, *Design of geo-ontology based on concept lattice*, in The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXVII Part B2, pp. 709-714.
- Wang Y., Meng H., 2009, *Hierarchical Ontology on Multi-scale Road Model for Cartographical Application*, International Conference on Environmental Science and Information Application Technology, 2009. ESAT 2009, 330-333p.
- Wellen C., 2008, *Ontologies of Cree Hydrography : formalization and realisation*, department of geography thesis, McGill University of Montreal, 134p.
- Wiesenfeld B., 2005, *L'énergie en 2050 : Nouveaux défis et faux espoirs*, EDP Sciences, 244p.
- Winter S., 2001, *Ontology - buzzword or paradigm shift in G.I. science?*, International Journal of Geographical Information Science, Vol.15, pp. 587-590.
- WorldBank, UNDP, ESMAP, 1991, *Assessment of Personal Computer Models for Energy Planning in Developing Countries*, review report, World Bank, Washington D.C., [en ligne], consulté le 29/02/2007, disponible sur : http://www.worldbank.org/external/default/main?pagePK=51187349&piPK=51189435&theSitePK=305439&menuPK=64187510&searchMenuPK=305467&theSitePK=305439&entityID=000009265_3980313101929&searchMenuPK=305467&theSitePK=305439.
- Xie N., Wang W., Yang Y., 2008, *Ontology based agricultural knowledge acquisition and application*, in Computer and Computing Technologies in Agriculture, Vol.1, pp. 349-357.
- Yahia E., 2011, *Contribution à l'évaluation de l'interopérabilité sémantique entre systèmes d'information d'entreprises - application aux systèmes d'information de pilotage de la production*, Thèse de doctorat en génie informatique, Université Henri Poincaré Nancy 1, 161p.
- Yamamoto H., Yamaji K., Fujino J., 1999, *Evaluation of bioenergy resources with a global land use and energy model formulated with SD technique*, Applied Energy, 63(2), pp. 101-113.
- Yohanis Y.G., Mondol J.D., Wright A., Norton B., 2008, *Real-life energy use in the UK: How occupancy and dwelling characteristics affect domestic electricity use*, Energy and Buildings, 40(6), pp. 1053-1059.
- Yue C., Wang S., 2006, *GIS-based evaluation of multifarious local renewable energy sources: a case study of the Chigu area of southwestern Taiwan*, Energy Policy, 34(6), pp. 730-742.
- Zelem M.-C., 2007, *Les difficultés des petites collectivités à intégrer la notion d'efficacité énergétique*, Les Annales de la Recherche Urbaine, N°103 (La ville dans la transition énergétique), pp. 170-179.
- Zvoleff A., Kocaman A.S., Huh W.T., Modi V., 2009, *The impact of geography on energy infrastructure costs*, Energy Policy, 37(10), pp. 4066-4078.

Annexes

ANNEXE 1 : ANALYSE DE QUELQUES MODELES ENERGETIQUES	369
ANNEXE 2 : LES OBSERVATOIRES REGIONAUX DE L'ENERGIE.....	370
ANNEXE 3 : QUELQUES ONTOLOGIES RELATIVES A L'ENERGIE ET AU TERRITOIRE.....	373
ANNEXE 4 : PRESENTATION SUCCINCTE DE L'APPLICATION ETIQUETTE ENERGETIQUE TERRITORIALE - MOBILITES QUOTIDIENNES DEVELOPPEE	376
ANNEXE 5 : CLASSIFICATION DES COMMERCES ET SERVICES PAR NIVEAUX DE FREQUENTATION	380
ANNEXE 6 : ONTOLOGIE TERRITOIRE-ENERGIE SOUS FORME GRAPHIQUE ET EN XML.....	386

Annexe 1 : Analyse de quelques modèles énergétiques

La multitude de modèles énergétiques ne permet pas d'en dresser une liste exhaustive. Au cours de ces travaux, les modèles cités les plus fréquemment ont cependant fait l'objet d'une analyse particulière (Tableau A1-1), et, par aller-retours successifs entre la littérature ainsi que d'autres classifications, ont permis la définition de la grille de lecture proposée en début de chapitre 3.

Nom	Echelle spatiale	Horizon temporel	Thématique	Approche privilégiée	Type	Famille
ENERPLAN	Nationale	Moyen terme	Demande (spécial. secteur transport)	Ascendante et descendante	Optimisation	Technico-économique
ENPEP-BALANCE	Macro-Régionale*, nationale	Moyen et long termes	Offre et demande	Descendante	Simulation	Macro-économique
LEAP	Macro-Régionale* à locale	Journalière, Court et moyen termes	Offre et Demande	Ascendante	Simulation	Technique/ End use
MARKAL	Macro-Régionale*, nationale	Moyen et long termes	Offre et demande	Ascendante et descendante	Optimisation	Macro-économique
MEDEE	Macro-Régionale*, nationale	Moyen et long termes	Demande /sectorielle	Ascendante	Simulation	Technico-économique
MESSAGE	Macro-Régionale*, nationale	Moyen et long termes	Offre et demande	Descendante	Optimisation	Macro-économique
MESAP	Macro-Régionale*, nationale	Moyen et long termes	Offre et demande	Descendante	Simulation	Macro-économique
RETSCREEN	Macro-Régionale*, nationale	Annuelle	Offre	Ascendante	Simulation	Technico-économique
SESAM	Macro-Régionale*, nationale	Annuelle	Offre et Demande	Ascendante et descendante	Simulation	Macro-économique
TEESE	Nationale	?	Demande	Descendante	Optimisation	Macro-économique
TIMES (adaptation de MARKAL)	Macro-Régionale*, nationale	Moyen et long termes	Offre et Demande	Ascendante et descendante	Simulation	Macro-économique/Technique

* L'adjectif « regional » concerne en anglais des « Macro-régions internationales » (Europe du Nord, Asie du sud-est, etc.) et se différencie donc d'un niveau régional qui pourrait être compris en français comme l'échelle de la Région administrative, c'est-à-dire d'une application « locale ».

Tableau A1-1 : Analyse de quelques modèles numériques de planification énergétique

Annexe 2 : Les observatoires régionaux de l'énergie

Complétant un premier recensement effectué par le RARE (2004), le Ministère de l'Ecologie (MEDDM, 2010) identifiait dans son guide pour la co-élaboration des Schémas Régionaux Climat Air Energie (SRCAE), dix-sept observatoires régionaux de l'énergie (ORE) en septembre 2010. Une revue comparative des seuls observatoires en ligne à été réalisée²⁴⁹. Le premier écueil lié au recensement de ces observatoires tient à leur dénomination variable, empruntant un ou plusieurs mots parmi les termes « énergie, climat, environnement, gaz à effet de serre ». Ces structures « observatoire régional », quand elles existent, proposent de répondre aux objectifs suivants :

- rassembler et produire une information au niveau régional sur les différentes composantes de la production/consommation d'énergie et d'émission des gaz à effet de serre. A la demande ou pour certains domaines énergétiques, cette information pourra être déclinée à un niveau plus fin (département, agglomération), en partenariat avec les acteurs de ce niveau géographique ;
- assurer la liaison, l'échange et la cohérence de ces informations entre le niveau régional et le niveau national ;
- mettre en place un suivi de cette connaissance avec des outils et des indicateurs permettant d'évaluer l'impact des politiques mises en œuvre ;
- engager des études spécifiques, y compris sous la forme de prospectives, sur les ressources énergétiques locales, les besoins et les déterminants de la consommation ;
- être un lieu d'échange de toutes les informations relatives à l'énergie et les gaz à effet de serre et mettre en œuvre la diffusion de ces informations.

Pour mener à bien ces missions, ces observatoires reposent sur des partenariats plus ou moins riches. Apparaissent ainsi potentiellement la DREAL, l'Ademe, les Agences de surveillance de la qualité de l'air (AASQA), les distributeurs et fournisseurs d'énergie (RTE, EDF, GDF, GRDF), Union française de l'électricité (UFE) et des industries pétrolières (UFIP), des associations environnementales, etc.

La grille de lecture utilisée pour approcher les deux volets des observatoires, à savoir organisationnel et contenu, a été la suivante :

- En matière d'identification, les nom de la structure et adresse Internet, modalités de portage et d'animation, ainsi que les partenaires²⁵⁰ ont été relevés.
- En matière d'analyse des contenus, les thématiques et présentation (énergie seule, climat/GES, ou l'énergie apparait comme une thématique spécifique parmi un ensemble de thématiques environnementales), les données disponibles (consommation/production/contexte, etc.), les niveaux d'information (données brutes indicateur prédéfinis/ personnalisables, carte (interactive), et enfin les niveaux d'observation et de granularité (Région/commune, dynamique...) ont été identifiés et détaillés.

²⁴⁹ Recherche effectuée avec les mots clefs « Observatoire + énergie », puis « Observatoire + énergie + *Nom de la Région* », puis pour les sans réponses, recherche plus approfondie avec les mots clef « climat et environnement ».

²⁵⁰ Le nombre de partenaires pourrait servir de révélateur du fonctionnement de telle structure mais il n'indique en rien la dynamique et le niveau de collaboration, raison pour laquelle nous ne l'avons pas conservé.

Item	Nom de l'observatoire et accès	Energie seule, ou comme thématique parmi d'autres	Animation/ portage	Données disponibles				Niveau d'observation le plus fin				Niveau d'information							
				bilan détaillé (prod. (Enr), conso.)	G. E. S. (nb. d'hab., etc.)	contexte (nb. d'hab., etc.)	données produites	données brutes	cartes (x si dynamiques)	autres documents (études liées, etc.)	données brutes	cartes (x si dynamiques)	autres documents (études liées, etc.)						
Région																			
Alsace	Page générique DREAL http://www.alsace.developpement-durable.gouv.fr/energie-air-climat-119.html																		
Aquitaine	Observatoire Régional Energie Changement Climatique Air en Aquitaine (ORECCA) http://www.orecca.fr/	seule	ORRECA (Asso.)	x	x	x	-		x	x							x		
Auvergne	Page générique DREAL http://www.auvergne.developpement-durable.gouv.fr/energie-air-climat-1443.html																		
Basse-Normandie	Observatoire Basse Normandie de l'énergie et du Climat (OBNEC) http://www.biomasse-normandie.org/basse-normandie-observatoire-energies-renouvelables_22_fr.html	seule	Biomasse Normandie (Asso.)	Résultats sous forme de rapport (2010)						x								-	
Bourgogne	http://www.alterre-bourgogne.org/article.php?laref=1	thématique	Alterre bourgogne (Asso.)	x	x	x	-											x	
Bretagne	Portail de l'information environnementale en Bretagne - observatoire de l'énergie et des GES http://www.bretagne-environnement.org/Qui-sommes-nous/Objet-et-missions/Observatoire-de-l-energie-et-des-gaz-a-effet-de-serre	thématique	GIP Bretagne	Résultats sous forme de rapport (2011)															x
Centre	Observatoire de l'énergie Région Centre www.observatoire-energies-centre.org	seule	Conseil Régional - Etat Ademe	x	x	x	-											-	
Champagne-Ardenne	Pas de structure dédiée, lié au Plan Climat http://www.cr-champagne-ardenne.fr/?SID=722	-	Conseil Régional	Résultats sous forme de rapport (2010)															x
Corse	Pas de structure dédiée http://observatoire.oec.fr/RisquesLiens_page_139_3_204.htm#	-	-	-	-	-	-												-
Franche-Comté	Observatoire territorial énergie-climat air de la région Franche comté http://www.opteer.org/	seule	ATMO-FC (Asso.)	x	x	x	-												x

Yann Flety, 2012

Item	Nom de l'observatoire et accès	Energie seule, ou comme thématique parmi d'autres	Animation/ portage	Données disponibles				Niveau d'observation le plus fin	Niveau d'information						
				bilan détaillé (prod. (Em), conso.)	G. E. S. (nb. d'hab., etc. lurs)	données produites	indicateurs		données brutes	cartes (x si dynamiques)	autres documents (études liées, etc.)				
Région															
Haute-Normandie	Observatoire Climat-énergies Haute-Normandie http://www.climats-energies.hautnormandie.fr/ACCUEIL/PUBLICATIONS/Etat-des-lieux-Climat-Air-Energie-de-HN	seule	Région/DREAL	x	x	-	Région	x	-	-	-	-	-	-	
Ile-de-France	Observatoire de l'énergie et des gaz à effet de serre d'Ile-de-France (ROSE) http://www.roseidf.org/ et http://www.arenoidf.org/fr/Tableau_de_bord_de_l_energie_en_ile_de_france-262.html	thématique	ARENE (Asso.)	Résultats sous forme de rapport (2012)										x	
Languedoc Roussillon	Pas de structure dédiée, lié au SRCAE http://www.languedoc-roussillon.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Diaporama_Profil_et_observatoire_energie_cle714e73.pdf	-	Région/DREAL/Ademe	Résultats sous forme de rapport (2011)										-	-
Limousin	Page générique DREAL préparation SRCAE http://www.limousin.developpement-durable.gouv.fr/diagnostic-a761.html	-	-	-	-	-							-	-	
Lorraine	OREL structure partenariale seule (sans portail)	-	-	-	-	-							-	-	
Midi-Pyrénées	Observatoire Régional de l'énergie Midi-Pyrénées (OREMIP)	seule	ARPE (Asso.)	x	x	x	Commune	-	-	x	x	x	-	x	
Nord-Pas-de-Calais	Observatoire Climat Nord-Pas de Calais http://www.cerdd.org/IMG/pdf/1eres_donnees_observatoire_climat_bdef-1.pdf	seule	GIP CERDD	x	x	-	Région	-	x	-	-	-	-	x	
Pays de Loire	Page générique DREAL http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/observatoire-de-l-energie-a1659.html	-	-	-	-	-							-	-	
Picardie	Pas de trace	-	-	-	-	-							-	-	
Poitou-Charentes	Observatoire régional de l'environnement http://www.observatoire-environnement.org/OBSERVATOIRE/+-Energie-+-.html	thématique	ORE-Poitou Charente (Asso.)								x(x)				
Provence-Alpes-Côte-d'Azur	Observatoire régional de l'énergie PACA http://ore.regionpaca.fr/	seule	L'ORE (Asso.)	x	x	-	Commune	x	x	x	x(x)	x	x	x	
Rhône-Alpes	Observatoire de l'énergie et des GES http://www.oreges.rhonealpes.fr/home.seam	seule	Rhônealpenérgi Environnement (Asso.)	x	x	-	Commune	x	x	x	x(x)	x	x	x	

Yann Flety, 2012

Tableau A2-1 : Contenu des observatoires régionaux de l'énergie en France métropolitaine (Nov. 2012)

Annexe 3 : Quelques ontologies relatives à l'énergie et au territoire

Le recensement des ontologies concernant l'un ou plusieurs des domaines territoire-énergie ne peut et ne nécessite pas d'être exhaustif: il est non nécessaire parce qu'une ontologie est le résultat d'une modélisation construite pour répondre à un objectif identifié, et n'est en ce sens jamais réutilisable en l'état (Bachimont, 2000) ; il est ensuite impossible puisque les ontologies s'insèrent dans des projets aux objectifs et envergures divers, dont les productions ne sont pas systématiquement accessibles. Les ontologies étudiées ont ainsi une double origine : issues de la littérature et de publications premièrement, et issues de requêtes *via* un moteur de recherche sur internet pour celles concrétisées par un fichier informatique ensuite.

Ainsi, seules quelques ontologies ont été recensées, avec un double objectif : d'une part celui de constituer des exemples méthodologiques, notamment en matière de construction, et d'autre part celui d'être potentiellement exploité pour le peuplement de celle que nous construisons.

Nous avons tout d'abord porté une attention particulière à plusieurs ontologies de domaines thématiquement liées au territoire (agriculture, hydrologie, urbanisme, etc. : cf. note de bas de page n°170, p.221), pour ensuite étudier plus particulièrement celles en lien avec l'un ou plusieurs des domaines territoire et/ou énergie.

Concernant les ontologies relevant de la thématique territoire-énergie, les requêtes internet reposaient sur plusieurs principes : le mot ontologie et ses formes déclinées '((géo)ontologies', '(geo)ontology)' devaient apparaître, évinçant tout autre type de modélisation²⁵¹. Les mots clefs ensuite, étaient ceux directement en lien avec le domaine recherché, en français et en anglais : pour la partie géographique (territoire, espace), notre travail a notamment consisté à compléter celui de Minard (2008) visant à recenser les ontologies traitant d'objets géographiques, à l'aide des mots clefs 'territoire', 'espace (géographique)', 'place', 'territory', mais aussi ceux de 'planification (territoriale)' et 'planning', 'd'utilisation du sol' et donc 'land use' ainsi que 'd'urbain' ('urban'). Enfin, en lien avec le domaine énergie, les termes 'energie' et 'energy', '(natural) ressources' ont été utilisés.

Outre la dimension d'apprentissage permise par la lecture attentive de ces ontologies, non objectivable et descriptible ici, leur analyse a porté successivement sur leurs objectif, domaine, structure, nombre de concepts et de niveaux de profondeur.

²⁵¹ Différents types de modélisation qui, au gré des recherches, ont cependant retenus notre attention (VOTT de Bitters, 2005 ; CityGML de L'open Geospatial consortium 2012 pour l'intégration de niveau scalaire, tout comme Advancity (2010, 120), OrdnanceSurvey Place and building.owl, Eurovoc, etc.) et ont fait parti de l'apprentissage évoqué plus bas.

Aperçu de quelques ontologies existantes

Dans le cadre de la gestion de données gouvernementales américaines relatives à l'énergie, Ambite (2001) propose un projet d'ontologie pour simplifier l'accès à ces données. La construction de l'ontologie repose sur une approche ascendante, ayant pour sources l'ensemble des pages internet, fichiers informatiques, etc. Procédant par extraction de concepts, l'ontologie finale s'articule avec l'ontologie de haut niveau SUMO et comprend 700 concepts hiérarchisés uniquement par des relations de type « est-un ».

Henriksson (2008) vise l'exposition des concepts fondamentaux de la « finish geo-ontology » destinés à l'indexation pour la recherche de documents à références géographiques. Face à la difficulté d'identification des objets au sein d'une dualité physique/social, il propose de partir de la considération d'objets géométriques approchés par le concept géographique qui les incluent : les primitives de l'ontologie sont alors 'region', 'place' (place type, multilinguages places names), 'area', 'coordinate reference system'.

L'INSEE²⁵² a construit une ontologie de domaine des codes officiels géographiques au format RDF qui vise à décrire les événements de création ou modification de cinq niveaux de territoires « administratifs », de la Région à la Commune (échange de parcelles, modification cantonale, changement de nom, fusion, etc.). Cette ontologie comporte au total une hiérarchie de trente classes réparties avec une profondeur maximale de cinq niveaux.

Marano (2008) propose une ontologie du domaine énergétique avec des concepts économiques classiques d'offre/demande, ontologie qui affiche six primitives : 'Country' (liste de pays), 'Energy security' (dépendance, autonomie, etc.), 'Energy sources' (classification des sources primaires, renouvelables, fossiles, etc.), 'Energy use' (secteur économique d'application : résidentiel, agriculture, etc.), 'Environmental consequences' (émissions, climat) et 'infrastructures' (réseau essentiellement). L'ontologie développée dans le cadre d'un travail universitaire à partir de dires d'experts et de la littérature (texte mining), comprend 53 concepts hiérarchisés en 3 niveaux de profondeur. Dans une perspective similaire, Dam ((Van), 2006) propose une ontologie des systèmes énergétiques urbains regroupant 57 classes hiérarchisées au maximum par trois niveaux de profondeur. Les primitives de cette ontologie sont les acteurs ('households', 'producers', etc.), les conditions du marché ('prices', etc.), les vecteurs énergétiques ('biomass', 'electricity', etc.) et les technologies de transformation ('boiler', 'electric heater', etc.).

²⁵² http://www.insee.fr/fr/nom_def_met/xml_rdf.htm

Karetsos (2009) propose la construction d'une ontologie pour l'éducation aux systèmes énergétiques durables. Mis à part l'identification des concepts économiques des systèmes énergétiques déjà aperçus dans les deux ontologies précédentes, Karetsos (2009) fait le choix de contraindre les primitives de son ontologie par une entrée particulière, le cadre d'analyse causale DPSIR. Ainsi, chacune de ces quatre primitives est peuplée au maximum par trois niveaux hiérarchiques totalisant une cinquantaine de concepts identifiés à partir d'une analyse de la littérature : 'Driving forces' ('energy consumption/prices', 'population', etc.), 'Pressures' ('emissions', 'ressource depletion', etc.), 'States' ('energy mix', 'deforested land area'), 'Impacts' ('on air/soil pollution', etc.), 'Responses' (Ø).

Le projet de recherche Synthetic City (SynCity) repose sur de la simulation multi-agent. Il a pour objectif de constituer une boîte à outils de modélisation des éléments du système énergétique urbain. L'ontologie construite dans ce cadre vise la description de ces objets, centrée sur les technologies. Considérée comme un modèle de donnée pour la constitution d'une base de données, cette ontologie propose de fixer des définitions communes des concepts utilisés. De structure hiérarchique, son prototype comporte cinq primitives : 'resources', 'proceses', 'technologies', 'spaces' et 'agents' (Keirstead, 2010).

Le projet de recherche Towntology a pour finalité l'organisation de la connaissance du milieu urbain, faciliter la communication entre différents acteurs manipulant les mêmes types d'objets mais avec des objectifs différents, et à recueillir des données à partir de sources hétérogènes. Si quelques éléments éparses apparaissent aux cours des publications successives du projet, dans Keita (2006), Teller (2007 et 2010), Berdier (2007 et 2011) ou Montenegro (2012), une ontologie des éléments urbains a donc été construite. Elle regroupe dans sa version complète 97 concepts structurés uniquement par les relations qu'ils entretiennent.

Salles (2009) présente un prototype d'ontologie lié à la construction d'indicateurs de développement économique territorial. Les réflexions autour de la considération des « doxas » proposent de ne pas multiplier les ontologies mais d'intégrer « ces points de vues » dans l'ontologie : un territoire peut ainsi simultanément faire référence à un espace de ressources humaines, naturelles, documentaires, etc.

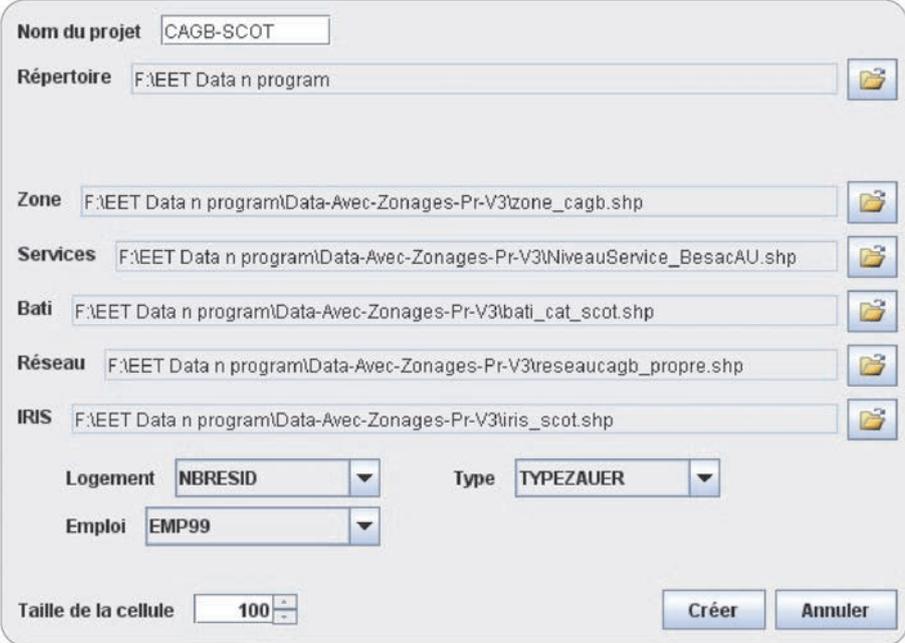
Annexe 4 : Présentation succincte de l'application Étiquette Énergétique Territoriale - mobilités quotidiennes développée

L'application Étiquette Énergétique Territoriale (EET) a été programmée en langage Java par Gilles Vuidel²⁵³, pour le calcul des étiquettes. Quatre exemples de ces dernières, portant sur la Communauté d'Agglomération du Grand Besançon (CAGB), sont proposés en guise de résultats illustratifs.

Une présentation de l'application développée est proposée ici en trois étapes, reprenant les choix du menu de l'application, que sont successivement l'insertion des données d'entrée (Figure A4-1), les choix relatifs aux modalités de simulation (Figure A4-2) et les aspects liés à la géo-visualisation (Figure A4-4).

Insertion des données d'entrée

Dans les boîtes de dialogue du programme Étiquette Énergétique Territoriale (EET), l'ouverture d'un nouveau projet nécessite la définition des données d'entrée (Figure A4-1). A partir de fichiers contenant des données géométriques et attributaires (fichier SIG au format ESRI Shapefile) relatives à la zone d'étude, aux services, au réseau routier, au bâti, aux logements et emplois, cette première étape vise la constitution d'une série d'images en mode matriciel, couches sources et supports de la simulation.



The image shows a dialog box titled 'EET' for data entry. It contains several fields and dropdown menus:

- Nom du projet**: CAGB-SCOT
- Répertoire**: F:\EET Data n program
- Zone**: F:\EET Data n program\Data-Avec-Zonages-Pr-V3\zone_cagb.shp
- Services**: F:\EET Data n program\Data-Avec-Zonages-Pr-V3\NiveauService_BesacAU.shp
- Bati**: F:\EET Data n program\Data-Avec-Zonages-Pr-V3\bati_cat_scot.shp
- Réseau**: F:\EET Data n program\Data-Avec-Zonages-Pr-V3\reseaucagb_propre.shp
- IRIS**: F:\EET Data n program\Data-Avec-Zonages-Pr-V3\iris_scot.shp
- Logement**: NBRESID
- Type**: TYPEZAUER
- Emploi**: EMP99
- Taille de la cellule**: 100

Buttons: Créer, Annuler

Figure A4-1 : Boite de dialogue EET relative à l'insertion des données d'entrée

²⁵³ Ingénieur en développement d'applications scientifiques au laboratoire ThéMA, Besançon.

Il s'agit tout d'abord de considérer une zone d'intérêt plus large que la seule zone d'étude afin de se prémunir d'indésirables « effets de bords ». Il convient ensuite d'indiquer le fichier contenant les services, préalablement géo-référencés à l'adresse et classés selon leur niveau de fréquence de recours (N1: fréquence de recours quotidienne, N2: hebdomadaire). Le réseau routier, numérisé en mode vecteur, et le bâti contenant les polygones individualisés du seul bâti résidentiel, sont également requis. La couche IRIS au sens INSEE, doit présenter trois champs qu'il convient de sélectionner, proposant respectivement les données relatives au nombre de logements par IRIS, celles relative aux emplois, ainsi que la classification des IRIS par type d'espaces. Si l'ensemble du projet repose sur la considération d'un espace cellulaire, il convient de spécifier une taille de cellule de travail, autrement appelée maille.

Si les simulations ont été réalisées sur l'Aire Urbaine de la ville de Besançon (Franche-Comté), avec comme périmètre et zone d'intérêt le SCOT du Grand Besançon, la zone d'étude et les résultats liés ne concernent cependant que la Communauté d'Agglomération du Grand Besançon (CAGB).

Paramétrage de la simulation

La seconde étape est relative au paramétrage de la simulation (Figure A4-2) sous la forme de quatre encarts qu'il convient de détailler :

The dialog box is titled 'Mode de simulation' and 'Choix modal'. It contains several sections:

- Mode de simulation:**
 - Normal
 - par logement
 - Prospective
 - Rayon:
- Choix modal:**
 - Théorique
 - Dist. max: β μ
 - Empirique
 -
- Services:**
 - Commerce et service

Type	Nb Service	Freq N1	Freq N2
1	8	0,8	0,2
2	8	0,8	0,2
3	8	0,4	0,1
6	8	0,4	0,1
- Employment:**
 - Emploi
 - Exp. distance
 - Fréq. de recours

Buttons:

Figure A4-2 : Boîte de dialogue EET, des modalités de simulation

- L'encart propose deux modes de simulation liés à la considération du bâti résidentiel. Si la première option, mode normal, ne considère que le bâti existant, la seconde, dite prospective, propose d'étendre cette évaluation sur une zone tampon supposée urbanisable dont le rayon peut être déterminé par rapport au bâti résidentiel existant. Par défaut, le rayon de cette zone tampon est fixé à 200m ;
- L'intégration des choix modaux est proposée en deux alternatives. La première option propose une évaluation théorique des choix modaux selon les distances parcourues le long d'une fonction logistique déterminant une répartition modale progressive entre le recours à la marche à pied et l'usage d'un véhicule particulier : le seuil de distance maximum effectué à pied est personnalisable et exprimé en mètres.

La seconde option concerne l'intégration de choix modaux zonaux empiriques (Figure A4-3), à partir d'étude(s)²⁵⁴, par la modification d'une matrice. Il est ainsi possible d'intégrer les probabilités de recours pour chaque mode et pour chaque type d'espace en fonction de distances parcourues : en type d'espace 1, IRIS appartenant à un pôle urbain, 20% des personnes utilisent leurs véhicules pour parcourir une distance de 600m alors que 80% des personnes habitant en type d'espace 3, rural, ont recours à leur véhicule pour effectuer cette même distance.

Mode	0	100	200	400	600	800	1000	1200	1500	1800	2000
1	0	0	0	0	0,2	0,4	0,8	1	1	1	1
2	0	0	0	0	0,2	0,4	0,8	1	1	1	1
3	0	0	0,2	0,4	0,8	1	1	1	1	1	1
6	0	0	0,2	0,4	0,8	1	1	1	1	1	1

Figure A4-3 : Matrice des ratios modaux par type d'espace

- L'encart « commerce et service » considère les aménités de type urbain. Il convient de préciser le nombre de services les plus proches considérés pour chaque niveau de service (N1, N2) ainsi que leurs fréquences de recours, et ce pour chaque type d'espace ;
- Si le nombre d'emplois par IRIS constituait une donnée d'entrée, l'affectation d'un déplacement à un lieu d'emploi est effectuée par le recours à un modèle gravitaire comme aperçu précédemment. En ce sens, le paramétrage de l'exposant de la distance, présente au numérateur de ce mode de calcul, est paramétrable, tout comme le niveau de fréquence de recours à l'emploi.

²⁵⁴ « Enquêtes Ménages Déplacement », par exemple.

Géovisualisation

Après avoir réalisé la simulation, des capacités de visualisation, discrétisation et d'export, que ce soit de cartes, de couches de données individuelles ou d'histogrammes, sont offertes à travers des formats autorisant l'interopérabilité. Une illustration de l'interface est proposée en Figure A4-4.

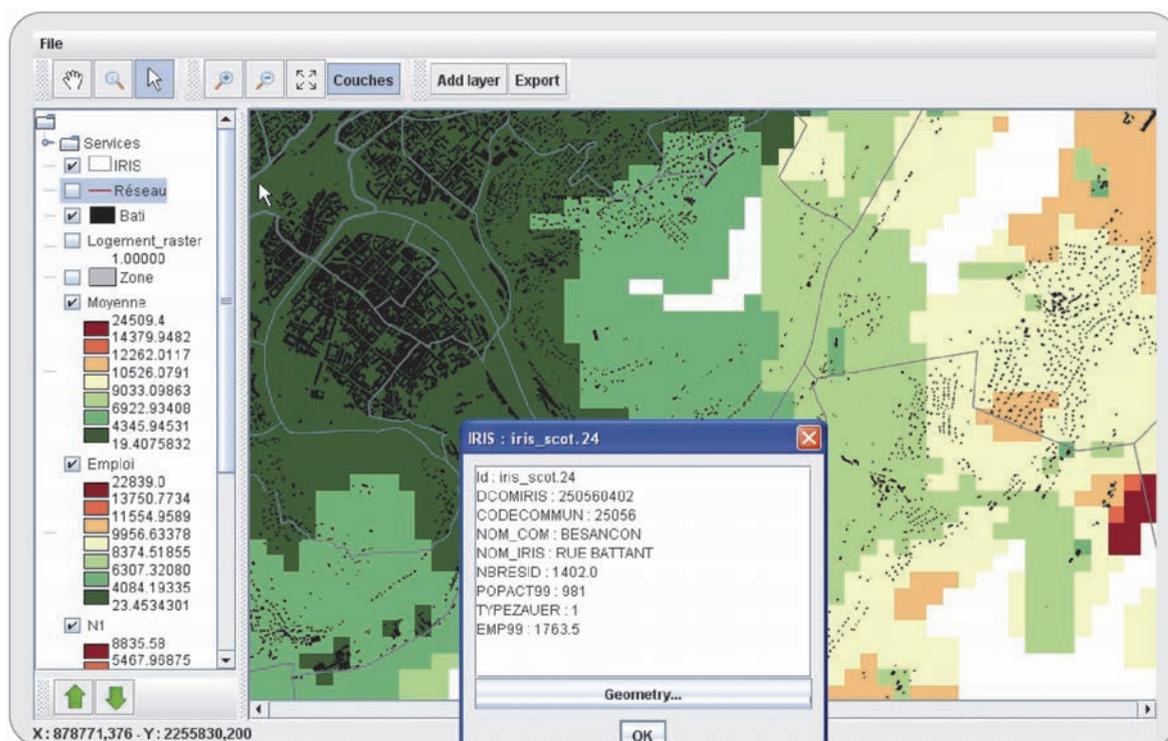


Figure A4-4 : Interface de géo-visualisation des EET, des capacités de visualisation, discrétisation et export

Annexe 5 : Classification des commerces et services par niveaux de fréquentation

Objectifs

Le calcul des étiquettes énergétiques consiste à mesurer un potentiel théorique de déplacement que peut générer un espace et par là, d'évaluer des distances parcourues et consommations énergétiques associées. Cette évaluation de distances parcourues se décompose en deux postes que sont les déplacements liés à l'emploi et aux aménités, qu'elles soient de type urbaines (commerces et services) ou rurales (espaces naturels et de loisirs). Concernant l'évaluation des distances liées aux aménités, une différenciation par types d'aménités en tenant compte de leur fréquence de recours par les résidents, a été envisagée. L'étape détaillée ici se limite à la classification des commerces et services en niveaux de fréquentation, pour une pondération dans l'estimation des déplacements effectués.

Données sources

Le fichier source est la base de données Sirene (INSEE, 2003). Il propose par une géo-localisation à l'adresse, la liste des entreprises et établissements pour l'aire urbaine de Besançon. Bien que l'aire d'étude se limite à la CAGB, il semble pertinent de conserver les données à l'échelle de l'Aire Urbaine pour une connaissance des marges de cette aire d'étude (effets de bord). Le fichier Sirene présente entre autre, la nomenclature d'activités française (NAF rév, 1, 2003), constituant la référence statistique nationale d'activités en 700 classes qui se substitue depuis le 1er janvier 2003 à la NAF1993. Un changement de nomenclature a de nouveau été effectué entre 2003 et 2008 donnant naissance à la NAF2008. Le champ « APEN700 » de la BD Sirene, dont le domaine est constitué des 700 classes de la NAF2003, alloue un code NAF2003 à l'établissement considéré. C'est à partir de ce dernier qu'une classification en quatre niveaux de fréquentation a été définie. Ce travail de classification des commerces et services a tout d'abord été effectué sur le fichier de l'inventaire communal (INSEE, 1998) pour lequel nous empruntons la classification en quatre niveaux proposée par Frankhauser (2007, 34).

Classification en quatre niveaux

Quatre niveaux de commerces et services ont ainsi été retenus (Frankhauser, 2007, 34), en tenant compte du contexte de zones urbaine et périurbaine que constitue une capitale régionale française comme Besançon.

Si le 'niveau 1' de cette classification catégorise des commerces et services de fréquence de recours quotidiens ou pluri-hebdomadaires, le 'niveau 2' identifie ceux d'une fréquence de recours hebdomadaire ; le niveau 3' mensuel et le 'niveau 4' les aménités de fréquence de recours plus rare. Le Tableau A5-1 illustre la répartition de ces modalités concernant l'inventaire communal, modalités conservées et appliquées aux établissements Sirene (Tableau A5-2). Les très nombreuses activités ne concernant pas les particuliers se sont vues attribuer la valeur 0 et ne figurent pas dans ce tableau.

A1 GENDA ; Gendarmerie nationale ou commissariat de police	4
A1 PERCE ; Trésorerie; notaire	4
A1ANPE ; ANPE	3
A2VETER ; Vétérinaire	4
A2RELI ; Lieu de culte ou de prière	2
A3GARA ; Garage	2
A3CARBU ; Distribution de carburant	2
A5HYPER ; Hypermarché	2
A5SUPMA ; Supermarché	1
A5SUPET; Supérette	2
A5GRSUN ; Grande surface non alimentaire	3
A6ALIMG ; Alimentation générale, épicerie, Permanences régulières d'épicerie	2
A6ALSU ; Alimentation générale ou supérette	1
A6BOULA ; Boulangerie, pâtisserie, Permanences régulières de boulangerie, pâtisserie	1
A6BOUCH ; Boucherie, charcuterie	1
A6SURGE ; Commerce de produits surgelés Permanences régulières de produits surgelés	2
A7BURP0 ; Bureau de poste et agence postale	1
A7GBANQ ; Banque ou Caisse d'Epargne ou Banque spécif. Ou dans un autre commerce	3
A7GBANPE ; Permanences régulières de Banque, Caisse d'Epargne	3
A8VETEM ; Magasin de vêtements, de chaussure, Librairie, papeterie	3
A8ELECM ; Magasin d'électroménager, de meuble, droguerie, quincaillerie	3
A9COIFF ; Salon de coiffure beauté	2
A9CAFE ; Café, débit de boissons	2
A9TABAC ; Bureau de tabac	1
A9RESTA ; Restaurant	3
A9MARCH ; Nombre de marchés de détail par mois	2
A1 ISERP ; Guichet unique pour formalités administratives	3
A1 IPHOC ; Photocopies	3
A11 DISB ; Distributeur de billets	1
F1MAT ; Ecole maternelle	1
F1ENF ; Classe enfantine	1
F1 MAT1 ; Ecole maternelle ou classe enfantine	1
F1 PRIM ; -existence d'une classe	1
F1 PRICU ; -une classe unique	1
F1 PRICM ; -plusieurs classes	1
F1 PRIUM ; -classe unique ou plusieurs classes	1
F1 PRIUM ; Classe primaire unique ou multiple (sans regroupement pédag.)	1
F1 PRIME ; Ecole primaire publique ou privée	1
F1 PRIMES ; Présence d'une classe primaire publique ou privée	1
F2MAT ; Structure d'accueil d'enfants de moins de 6 ans	1
F2PRIM ; Ecole primaire privée	1
G1 HOSNS ; Etablissement de santé	4
G1 CMS ; Centre médico-social, dispensaire et centre de soins	4
G2DENTI ; Dentiste	4

G2LAB0 ; Laboratoire d'analyses médicales, Dentiste, Med. spécialiste kinésithérapeute	4
G2MG ; Médecin généraliste	2
G2PHARM ; Pharmacie	2
G4CRECF ; Crèche familiale, Crèche collective, mini-crèche, halte-garderie	1
H3ECOMU ; Ecole de musique (hors fanfare)	2
H3CINEM ; Salle de cinéma, de spectacle	3
H3BIBLI ; Bibliothèque fixe	2
H3CENTC ; Centre culturel, socioculturel	3
H3SPOLY ; Foyer rural ou salle polyvalente	4
H3DISCO ; Lieu de rassemblement et de distractions	4
H3CENTA ; Centre aéré, musée	3
H4AS ; Association sportive, Groupe musical, de théâtre, fanfare	2
H4CLUB3 ; Club du troisième âge	2
J30FTOS ; Office de tourisme ou syndicat d'initiative, agence de voyage, immobilière	4

Tableau A5-1 : Affectation d'un des 4 niveaux de fréquentation en fonction du type de service pour l'inventaire communal

Classification appliquée à la base de données Sirene :

APEN70	Intitulé	NivServ
151F	Charcuterie	1
158B	Cuisson de produits de boulangerie	1
158C	Boulangerie et boulangerie-pâtisserie	1
158D	Pâtisserie	1
521C	Supérettes	1
521D	Supermarchés	1
522A	Commerce de détail de fruits et légumes	1
522C	Commerce de détail de viandes et produits à base de viande	1
522E	Commerce de détail de poissons, crustacés et mollusques	1
522G	Commerce de détail de pain, pâtisserie et confiserie	1
522L	Commerce de détail de tabac	1
554A	Cafés tabac	1
641A	Postes nationales	1
802C	Enseignement secondaire technique ou professionnel	1
803Z	Enseignement supérieur	1
502Z	Entretien et réparation de véhicules automobiles	2
505Z	Commerce de détail de carburants	2
521B	Commerce d'alimentation générale	2
521E	Magasins populaires	2
521F	Hypermarchés	2
521H	Grands magasins	2
522J	Commerce de détail de boissons	2
522P	Commerces de détail alimentaires spécialisés divers	2
523A	Commerce de détail de produits pharmaceutiques	2
526D	Commerce de détail alimentaire sur éventaires et marchés	2
553B	Restauration de type rapide	2
554B	Débits de boissons	2
804A	Ecoles de conduite	2
851C	Pratique médicale	2
930D	Coiffure	2
930L	Autres soins corporels	2
158K	Chocolaterie, confiserie	3
504Z	Commerce et réparation de motocycles	3
521A	Commerce de détail de produits surgelés	3

523E	Commerce de détail de parfumerie et de produits de beauté	3
524A	Commerce de détail de textiles	3
524C	Commerce de détail d'habillement	3
524E	Commerce de détail de la chaussure	3
524F	Commerce de détail de maroquinerie et d'articles de voyage	3
524H	Commerce de détail de meubles	3
524J	Commerce de détail d'équipement du foyer	3
524L	Commerce de détail d'app. électroménagers, de radio et de télévision	3
524N	Commerce de détail de quincaillerie	3
524P	Commerce de détail de bricolage	3
524R	Commerce de détail de livres, journaux et papeterie	3
524T	Commerce de détail d'optique et de photographie	3
524U	Commerce de détail de revêtements de sols et de murs	3
524V	Commerce de détail d'horlogerie et de bijouterie	3
524W	Commerce de détail d'articles de sport et de loisir	3
524X	Commerce de détail de fleurs	3
524Z	Commerces de détail divers en magasin spécialisé	3
526E	Commerce de détail non alimentaire sur éventaires et marchés	3
553A	Restauration de type traditionnel	3
745B	Travail temporaire	3
804C	Formation des adultes et formation continue	3
804D	Autres enseignements	3
921J	Projection de films cinématographiques	3
925C	Gestion du patrimoine culturel	3
926A	Gestion d'installations sportives	3
927C	Autres activités récréatives	3
930B	Blanchisserie - teinturerie de détail	3
930E	Soins de beauté	3
222E	Reliure	4
SO1Z	Commerce de véhicules automobiles	4
521J	Autres commerces de détail en magasin non spécialisé	4
522N	Commerce de détail de produits laitiers	4
523C	Commerce de détail d'articles médicaux et orthopédiques	4
525Z	Commerce de détail de biens d'occasion	4
527A	Réparation de chaussures et d'articles en cuir	4
527C	Réparation de matériel électronique grand public	4
527D	Réparation d'appareils électroménagers	4
527F	Réparation de montres, horloges et bijoux	4
527H	Réparation d'articles personnels et domestiques n.c.a.	4
551A	Hôtels touristiques avec restaurant	4
551C	Hôtels touristiques sans restaurant	4
551E	Autres hôtels	4
552C	Exploitation de terrains de camping	4
552E	Autre hébergement touristique	4
554C	Discothèques	4
5-SSD	Traiteurs, organisation de réceptions	4
633Z	Agences de voyage	4
701F	Marchands de biens immobiliers	4
703A	Agences immobilières	4
711 A	Location de courte durée de véhicules automobiles	4
711 B	Location de longue durée de véhicules automobiles	4
741A	Activités juridiques	4
741 C	Activités comptables	4
742A	Activités d'architecture	4

742B	Métreurs, géomètres	4
743A	Contrôle technique automobile	4
748A	Studios et autres activités photographiques	4
851A	Activités hospitalières	4
851E	Pratique dentaire	4
851G	Activités des auxiliaires médicaux	4
851H	Soins hors d'un cadre réglementé	4
851K	Laboratoires d'analyses médicales	4
851L	Centres de collecte et banques d'organes	4
852Z	Activités vétérinaires	4
853D	Accueil des personnes âgées	4
853K	Autres formes d'action sociale	4
900A	Collecte et traitement des eaux usées	4
923F	Manèges forains et parcs d'attractions	4
923K	Activités diverses du spectacle	4
930H	Pompes funèbres	4
930N	Autres services personnels	4

Tableau A5-2 : Affectation d'un des 4 niveaux de fréquentation en fonction du type d'activité pour le fichier Sirene

Choix effectués

Un nouveau champ « NivServ » pour « niveau de service », a été ajouté à la BD Sirene. Il contient une des quatre valeurs décrites précédemment. Les activités ne se déroulant pas à l'adresse indiquée par le Sirene (siège de gestion, Ex : 926C autres activités sportives : lieu d'activité nécessitant le déplacement différent de celui de la réservation) n'ont pas été considérées et se sont vues affecter une valeur nulle « 0 » dans le champ « NivServ ».

De manière générale, un aperçu des descriptions des classes proposées par l'INSEE suffit à déterminer le niveau de fréquentation au regard de la classification que nous nous sommes fixés avec la nuance suivante qui tient à l'objectif de la constitution de cette base. A la différence de l'inventaire communal identifiant services et commerces, la BD Sirene agrège les établissements par domaine d'activité. Ainsi, et à titre d'exemple, si les médecins généralistes se voyaient affecter un niveau de fréquentation « 2 », et les chirurgiens « 4 », l'ensemble de ces praticiens se trouvent regrouper sous une même activité dans la NA2003. Nous avons fait le choix d'affecter un niveau de fréquentation en fonction de la majorité d'un des types pour cette activité. Par exemple, on trouve dans cette activité « Pratique médicale 851C » une très large majorité de médecins généralistes relativement à un petit nombre de chirurgiens, le niveau de fréquentation alloué est alors de « 2 », correspondant aux médecins généralistes, largement majoritaires.

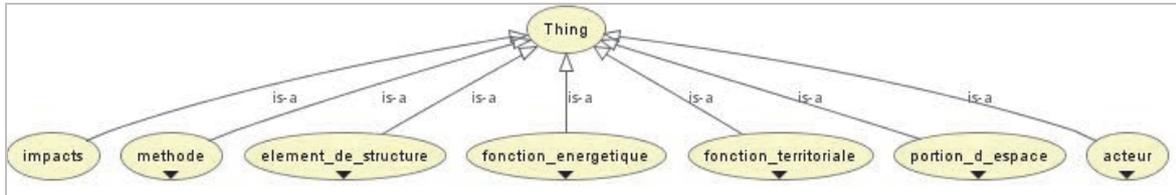
Relevé d'incohérences

Quelques incohérences apparaissent au sein de cette base, comme l'inadéquation des champs « NOMET » et « APEN700 » (Exemple pour les postes et agences postales). De plus, les banques

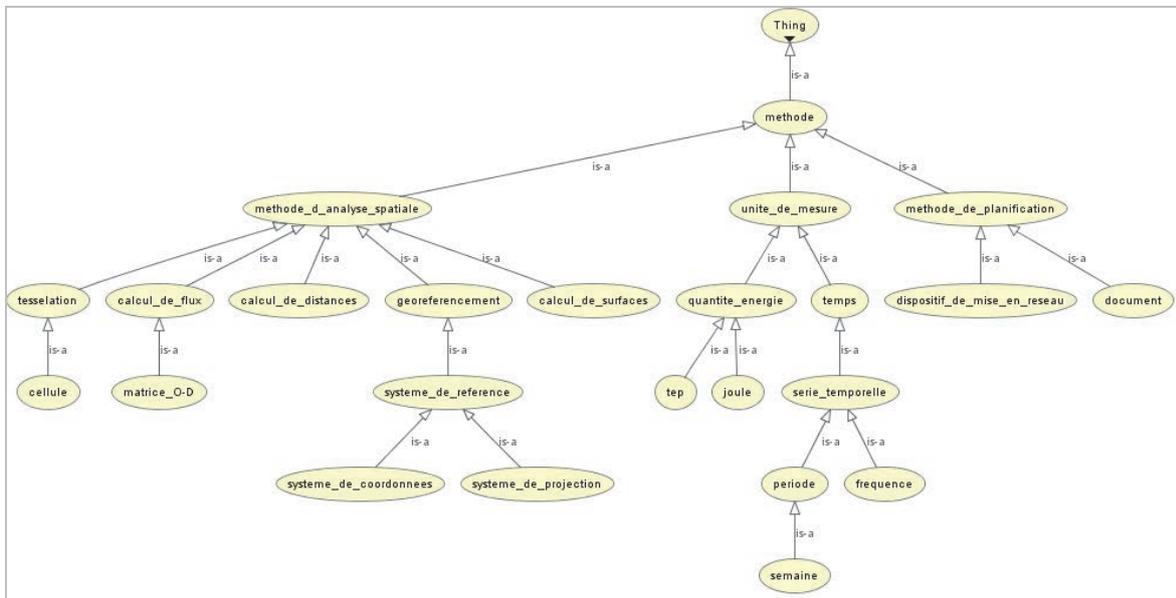
(651 C NAF2003) sont absentes de cette base. Enfin, de nombreuses adresses (env. 17%) sont incomplètes ou non renseignées.

Annexe 6 : Ontologie territoire-énergie sous forme graphique et en XML

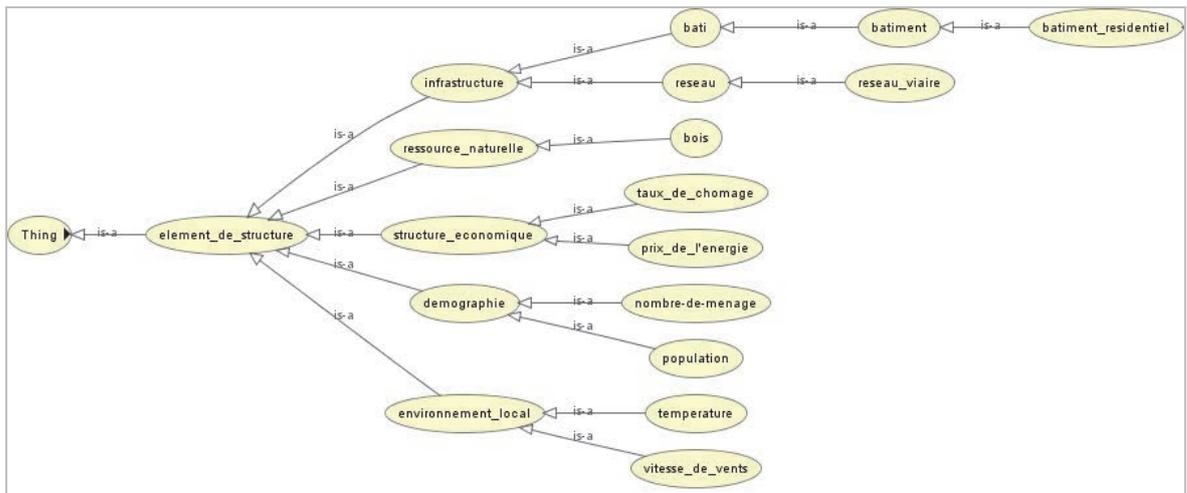
Ontologie territoire-énergie sous forme graphique : primitives et détails après une première instanciation



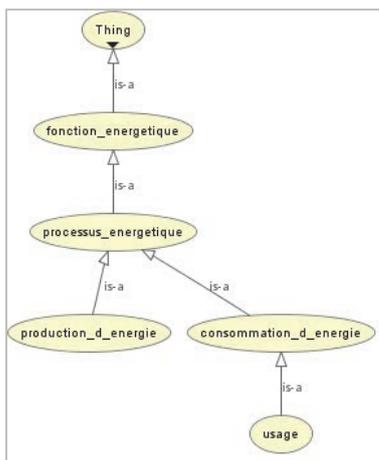
Primitives liées à la première instanciation d'une ontologie territoire-énergie



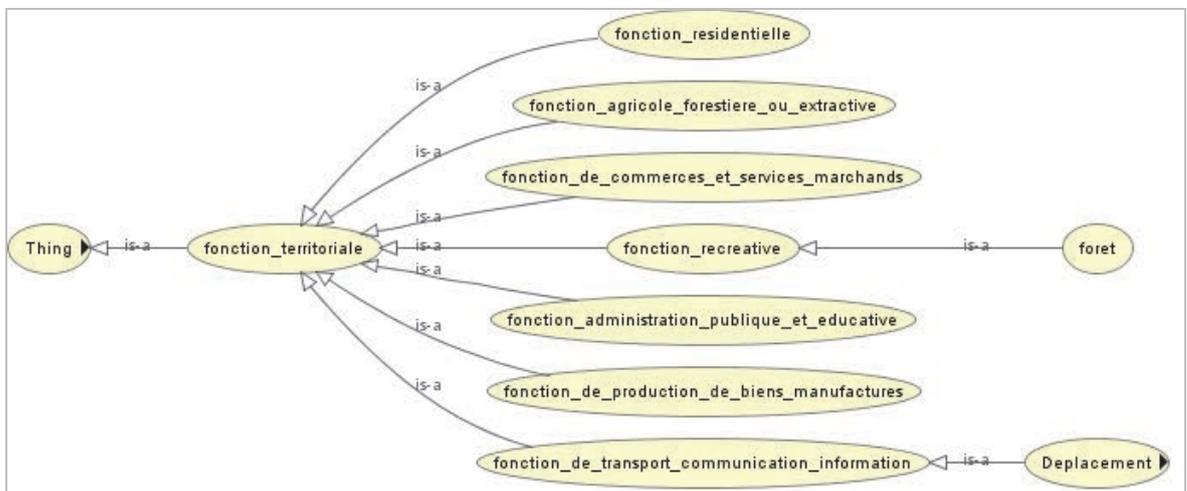
Concepts liés à la première instanciation de la classe 'méthode'



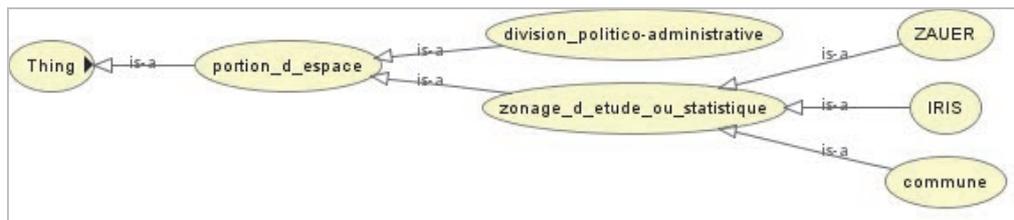
Concepts liés à la première instanciation de la classe 'élément de structure'



Concepts liés à la première instanciation de la classe 'fonction énergétique'



Concepts liés à la première instanciation de la classe ‘fonction territoriale’



Concepts liés à la première instanciation de la classe ‘portion d’espace’

Ontologie territoire-énergie en code XML

```

<?xml version="1.0"?>
<!DOCTYPE Ontology [
  <!ENTITY owl "http://www.w3.org/2002/07/owl#" >
  <!ENTITY xsd "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#" >
  <!ENTITY owl2xml "http://www.w3.org/2006/12/owl2-xml#" >
  <!ENTITY rdfs "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#" >
  <!ENTITY rdf "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#" >
  <!ENTITY Ontology1358988654156
    "http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/Ontology1358988654156.owl#" >
  <!ENTITY zonage_d "http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/Ontology1358988654156.owl#zonage_d_" >
  <!ENTITY methode_d "http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/Ontology1358988654156.owl#methode_d_"
    >
  <!ENTITY portion_d "http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/Ontology1358988654156.owl#portion_d_" >
  <!ENTITY prix_de_l
    "http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/Ontology1358988654156.owl#prix_de_l&#39;" >
  <!ENTITY consommation_d
    "http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/Ontology1358988654156.owl#consommation_d_" >
]>
<Ontology xmlns="http://www.w3.org/2006/12/owl2-xml#"
  xml:base="http://www.w3.org/2006/12/owl2-xml#"
  xmlns:portion_d="&Ontology1358988654156;portion_d_"
  xmlns:zonage_d="&Ontology1358988654156;zonage_d_"
  xmlns:methode_d="&Ontology1358988654156;methode_d_"
  xmlns:Ontology1358988654156="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/Ontology1358988654156.owl#"
  xmlns:consommation_d="&Ontology1358988654156;consommation_d_"
  xmlns:prix_de_l="&Ontology1358988654156;prix_de_l&#39;"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl2xml="http://www.w3.org/2006/12/owl2-xml#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  URI="http://www.semanticweb.org/ontologies/2013/0/Ontology1358988654156.owl">
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;Deplacement"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_de_transport_communication_information"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;Deplacement"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;IRIS"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;zonage_d_etude_ou_statistique"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;IRIS"/>
  </Declaration>

```

```

<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;ZAUER"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;zonage_d_etude_ou_statistique"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;ZAUER"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;acteur"/>
  <Class URI="&owl;Thing"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;acteur"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;bati"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;infrastructure"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;bati"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;batiment"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;bati"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;batiment"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;batiment_residentiel"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;batiment"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;batiment_residentiel"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;calcul_de_distances"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;methode_d_analyse_spatiale"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;calcul_de_distances"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;calcul_de_flux"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;methode_d_analyse_spatiale"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;calcul_de_flux"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;calcul_de_surfaces"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;methode_d_analyse_spatiale"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;calcul_de_surfaces"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;cellule"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;tesselation"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;cellule"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;commune"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;zonage_d_etude_ou_statistique"/>
</SubClassOf>

```

```
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;commune"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;consommation_d_energie"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;processus_energetique"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;consommation_d_energie"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;demographie"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;element_de_structure"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;demographie"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;division_politico-administrative"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;portion_d_espace"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;division_politico-administrative"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;element_de_structure"/>
  <Class URI="&owl;Thing"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;element_de_structure"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;environnement_local"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;element_de_structure"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;environnement_local"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_administration_publique_et_educative"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_territoriale"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_administration_publique_et_educative"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_agricole_forestiere_ou_extractive"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_territoriale"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_agricole_forestiere_ou_extractive"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_de_commerces_et_services_marchands"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_territoriale"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_de_commerces_et_services_marchands"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_de_production_de_biens_manufactures"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_territoriale"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_de_production_de_biens_manufactures"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
```

```

    <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_de_transport_communication_information"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_territoriale"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_de_transport_communication_information"/>
  </Declaration>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_energetique"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_recreative"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_territoriale"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_recreative"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_residentielle"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_territoriale"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_residentielle"/>
  </Declaration>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_territoriale"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;frequence"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;serie_temporelle"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;frequence"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;georeferencement"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;methode_d_analyse_spatiale"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;georeferencement"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;habitant"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;acteur"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;habitant"/>
  </Declaration>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;impacts"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;infrastructure"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;element_de_structure"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;infrastructure"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;joule"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;quantite_energie"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;joule"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;logement"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;batiment_residentiel"/>
  </SubClassOf>

```

```
</SubClassOf>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;logement"/>
  <ObjectAllValuesFrom>
    <ObjectProperty URI="&Ontology1358988654156;est-une-partie-de_(mereologie_composition)"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;batiment_residentiel"/>
  </ObjectAllValuesFrom>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;logement"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;matrice_O-D"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;calcul_de_flux"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;matrice_O-D"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;methode"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;methode_d_analyse_spatiale"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;methode"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;methode_d_analyse_spatiale"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;nombre-de-menage"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;demographie"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;nombre-de-menage"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;periode"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;serie_temporelle"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;periode"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;population"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;demographie"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;population"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;portion_d_espace"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;prix_de_l&#39;energie"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;structure_economique"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;prix_de_l&#39;energie"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;processus_energetique"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;fonction_energetique"/>
</SubClassOf>
<Declaration>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;processus_energetique"/>
</Declaration>
<SubClassOf>
```

```

    <Class URI="&Ontology1358988654156;quantite_energie"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;unite_de_mesure"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;quantite_energie"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;reseau"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;infrastructure"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;reseau"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;reseau_viaire"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;reseau"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;reseau_viaire"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;ressource_naturelle"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;element_de_structure"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;ressource_naturelle"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;semaine"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;periode"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;semaine"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;serie_temporelle"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;temps"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;serie_temporelle"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;structure_economique"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;element_de_structure"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;structure_economique"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;systeme_de_coordonnees"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;systeme_de_reference"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;systeme_de_coordonnees"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;systeme_de_projection"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;systeme_de_reference"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;systeme_de_projection"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;systeme_de_reference"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;georeferencement"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>

```

```

    <Class URI="&Ontology1358988654156;systeme_de_reference"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;taux_de_chomage"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;structure_economique"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;taux_de_chomage"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;temperature"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;environnement_local"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;temperature"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;temps"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;unite_de_mesure"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;temps"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;tep"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;quantite_energie"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;tep"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;tesselation"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;methode_d_analyse_spatiale"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;tesselation"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;trajet-domicile-travail_(navettage)"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;Deplacement"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;trajet-domicile-travail_(navettage)"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;unite_de_mesure"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;methode"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;unite_de_mesure"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;vitesse_de_vents"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;environnement_local"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;vitesse_de_vents"/>
  </Declaration>
  <SubClassOf>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;zonage_d_etude_ou_statistique"/>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;portion_d_espace"/>
  </SubClassOf>
  <Declaration>
    <Class URI="&Ontology1358988654156;zonage_d_etude_ou_statistique"/>
  </Declaration>
  <InverseObjectProperties>
    <ObjectProperty URI="&Ontology1358988654156;a_pour_partie"/>
  </InverseObjectProperties>

```

```
<ObjectProperty URI="&Ontology1358988654156;est-une-partie-de_(mereologie_composition)"/>
</InverseObjectProperties>
<Declaration>
  <ObjectProperty URI="&Ontology1358988654156;a_pour_partie"/>
</Declaration>
<ObjectPropertyDomain>
  <ObjectProperty URI="&Ontology1358988654156;est-le-resultat-de"/>
  <Class URI="&Ontology1358988654156;tesselation"/>
</ObjectPropertyDomain>
<Declaration>
  <ObjectProperty URI="&Ontology1358988654156;est-le-resultat-de"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty URI="&Ontology1358988654156;est-un_(subsomption)"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty URI="&Ontology1358988654156;est-une-partie-de_(mereologie_composition)"/>
</Declaration>
<Declaration>
  <ObjectProperty URI="&Ontology1358988654156;permet"/>
</Declaration>
</Ontology>
<!-- Generated by the OWL API (version 2.2.1.1138) http://owlapi.sourceforge.net -->
```

Liste de figures

Figure I-1 : Vue synoptique de l'organisation du rapport de thèse	17
Figure 1-1 : Le système territoire (Kouzmine, 2007, 278)	26
Figure 1-2 : Système énergétique de référence, une approche fluxiale et technologique (IEA, 2000, 45).....	38
Figure 1-3 : La chaîne énergétique, un ensemble de stocks, flux et processus énergétiques	40
Figure 1-4 : Bilan énergétique de la France en 2010 (Mtep), SOeS, 2011, 6.....	42
Figure 1-5 : Energie et développement, évolution de l'intensité énergétique (Sarlos, 2003, 79).....	47
Figure 1-6 : Contexte sociétal et législatif des domaines de la décentralisation et de l'énergie	48
Figure 1-7 : Les usages énergétique, motivations de la demande (Beeck (Van), 2000, 10)	53
Figure 1-8 : Energie primaire et usages.....	54
Figure 1-9 : La planification territoriale énergétique, un processus de décision reposant sur des bases génériques (Mirakyan in Imbert, 2012)	65
Figure 1-10 : Les différents outils susceptibles d'être mobilisés au cours du processus cyclique de décision territoriale (Joerin, 2006)	66
Figure 1-11 : Les dispositifs de planification opérationnelle territoire-énergie (CERTU, 2011).....	69
Figure 2-1 : L'intégration des spécificités territoriales pour la mise en œuvre d'une filière éolienne	84
Figures 2-2 : Boucle générique de rétroaction située au niveau du contrôle d'un flux à l'échelle d'un système complet à gauche, et exemple de rétroaction positive amplificatrice entre deux éléments d'un sous-système transport routier à droite	92
Figure 2-3 : Le méta-modèle de Neuchatel (Schwarz, 1997).....	95
Figure 2-4 : Identification de complémentarités d'activité dans le cadre du métabolisme territorial à différentes échelles : de l'Etat de West Virginie (USEPA, 2005, 2-14) et Éco-cycle de Hammerby valorisant les complémentarités entre activités urbaines et eau-déchets-énergie (PUCA, 2007, 39)99	
Figure 2-5 : Métabolisme territorial (Nghiem, 2005, 36).....	100
Figure 2-6 : Interactions entre politiques, socio-économie, conditions spatiales et la chaîne énergétique (Brücher, 2001, 4521).....	101
Figure 2-7 : Un modèle d'analyse du Système Energétique Territorial (Ibrahim, 2005).....	102
Figure 2-8 : Un premier niveau de représentation du SET	103
Figure 2-9 : Exemples de composantes temporelles, cycle de croissance de la ressource ligneuse et cycle hebdomadaire de consommation électrique	104
Figure 2-10 : Lien entre données, information et connaissance (Sède-Marceau (de), 2002, 61)...	115
Figure 2-11 : L'information géographique, la triade de Peuquet (2002).....	116
Figure 2-12 : Les acteurs de l'énergie et leurs principales influences, adapté de Flueler (2007) et Catrinu (2006)	118
Figure 3-1 : Finalités de modèles génériques (AFIS 2006).....	127
Figure 3-2 : Un modèle de la modélisation (Durand-dastès, 1992).....	129

Figure 3-3 : Situation de différents modèles dans le processus de modélisation au regard de leur degrés de formalisation.	131
Figure 3-4 : Quelques classifications de modèles énergétiques.....	135
Figure 3-5 : Espaces sémantiques par défaut du verbe « observer » (gauche) et de son substantif « observation » (droite) (Dictionnaire des synonymes de l'Université de Caen, 2011).....	143
Figure 3-6 : Des vocations plurielles pour l'Observation territoriale (d'après Roux, 2011, 32) ...	146
Figure 3-7 : Les étapes du diagnostic (territorial).....	148
Figure 3-8 : L'Observation territoriale, une démarche outillée, adapté de Sède ((de) 2009) et (2002, 61)	150
Figure 3-9 : Observer les observatoires - la prolifération des observatoires, (Jean Duverdier).....	152
Figure 3-10 : Positionnement des observatoires dans le champ de la connaissance (Brodhag, 2001, 10).....	156
Figure 3-11 : La place du dispositif observatoire dans l'Aide à la décision territoriale (Joerin, 2001)	157
Figure 3-12 : Démarche de conception, de mise en œuvre et de développement d'un observatoire (Passouant, 2008).....	158
Figure 3-13 : L'information, de la données brutes disponible, à l'indice (Thenot, 2007, 34)	161
Figure 3-14 : Les indicateurs comme médiateurs dans le processus d'aide à la décision (adapté de Joerin, 2005b).....	163
Figure 3-15 : Roue des contraintes lors de la phase délicate d'élaboration d'indicateur au sein d'un observatoire (Dupasquier, 2009, 27).....	164
Figure 3-16 : Des objectifs aux indicateurs, l'observatoire comme médiateur d'apprentissage s'appuyant sur de la donnée (Barzman, 2005, 19)	173
Figure 3-17 : Pertinence relative de l'indicateur « taux de valorisation des déchets ménagers et assimilés » selon le niveau d'observation (échelle spatiale), projet ITDD (MEDDTL, 2011).....	187
Figure 4-1 : Synthèse de la proposition de démarche pour une mise en observation du SET	200
Figure 4-2: Modélisation du territoire pour une mise en observation: de la modélisation conceptuelle du réel à la modélisation de donnée (adapté de Prelaz-Droux, 1995).....	202
Figure 4-3 : Le triangle sémiotique (adapté de Martin, 1996, 88)	205
Figure 4-4 : Etapes théoriques dans le cadre spécifique de la conception de bases de données (Akoka, 2001)	207
Figure 4-5 : Le défi sémantique (adapté de Rifaieh, 2004, 4).....	210
Figure 4-6 : Spectre du degré de formalisation d'une ontologie (Smith, 2001).....	212
Figure 4-7 : Fragment illustratif d'ontologie de l'INSEE « territoires administratifs français » ...	213
Figure 4-8 : Ontologie, cycle de développement (Gandon 2002).....	217
Figure 4-9 : Les deux principaux types de relations au sein d'une ontologie (adapté de Uitermark, 2001, 25).....	218
Figure 4-10 : Consensus et ontologies (adapté de Keita, 2007, 44).....	220
Figure 4-11 : Fragments de géo-ontologie de domaine « urbain » de type taxonomie (Baglioni, 2007)	222
Figure 4-12 : Fragment de géo-ontologie de domaine 'domaine skiable' de type « descriptive » (Cullot, 2003).....	223

Figure 4-13 : Thèmes et points de vue utilisateur à l'origine d'ontologie différenciées (Metral, 2007, 67).....	226
Figure 4-14 : Synthèse des éléments de la démarche de conception proposée pour un cadre d'analyse territorial, spatio-temporel et sémantique territoire-énergie - niveau de détail 0.	231
Figure 4-15 : Un métamodèle pour l'intégration de différents domaines - niveau de détail 1.....	232
Figure 4-16 : Premier principe du métamodèle, une entrée par les fonctions territoriales et une lecture énergétique d'entités territoriales	234
Figure 4-17 : Métamodèle - niveau de détail 2.....	236
Figure 4-18 : Un métamodèle contraignant les ontologies.....	237
Figure 4-19 : Ontologies de domaines – niveau de détail 1	237
Figure 4-20 : Primitives (concepts racines) d'une ontologie de domaine - niveau de détail 2.....	238
Figure 4-21 : Les éléments génériques pour une démarche du réel à l'indicateur.....	239
Figure 4-22 : Synthèse détaillée de la proposition de démarche de conception pour une mise en observation des SET.....	240
Figure 4-23 : Synthèse de la proposition de démarche de conception pour une mise en observation	241
Figure 5-1 : Panorama énergétique français (SOeS, 2012 a et b).....	245
Figure 5-2 : Postes d'émissions des ménages en dioxyde de carbone (ADEME, 2008)	247
Figure 5-3 : Typologie des méthodes et approches d'évaluation des consommations énergétiques	250
Figure 5-4 : Evolution des consommations d'énergie par usage dans le résidentiel (SOeS, 2010)	256
Figure 5-5 : Analyse comparée de plusieurs méthodes de quantification des consommations d'énergie et GES (Adapté de Roux ((Le), 2008, 108) ; Cortinovis (2006, 11) ; DRIRE, (2006, 28))	259
Figure 5-6 : Consommations énergétiques dans les logements et émissions de dioxyde de carbone, en fonction du type et de la date de construction (Plateau, 2006 à gauche) (IAUIDF, 2010, 15 à droite)	261
Figure 5-7 : Consommation énergétique primaire moyenne dans les logements en fonction du type et de la date de construction (Marchal, 2008)	261
Figure 6-1 : Exemples d'étiquettes de produit électroménager (gauche) et de bâtiment (droite) ..	278
Figure 6-2 : Les facteurs retenus de la consommation énergétique zonale	281
Figure 6-3 : Les distances à intégrer pour la définition des étiquettes	281
Figure 6-4 : Méthodologie générale de construction de l'indicateur EET	282
Figure 6-5 : Un comportement normé pour un individu standard pour un type d'espace.....	285
Figure 6-6 : L'espace cellulaire, exemple illustratif avec une maille de 100m	286
Figure 6-7 : Qualification du bâti résidentiel par les densités de logements	290
Figure 6-8 : Méthode de qualification du bâti résidentiel – calcul et tessellation	291
Figure 6-9 : Distances des cellules aux aménités urbaines (commerces, services, emplois)	294
Figure 6-10 : Probabilité de choix modal entre la marche et la voiture particulière	296
Figure 6-11 : Etiquette « Services et commerces » pour la CAGB en mode prospectif	299
Figure 6-12 : Etiquette « navettage - emplois » pour la CAGB en mode prospectif.....	300

Figure 6-13 : Etiquette de synthèse « mobilités quotidiennes/habitat» pour la CAGB en mode prospectif.....	301
Figure 6-14 : Etiquette de synthèse « mobilités quotidiennes/habitat» pour la CAGB en mode normal	302
Figure 6-15 : Etiquette de synthèse « mobilités quotidiennes/habitat» pour la CAGB en mode normal avec une pondération par les logements	304
Figure 6-16 : Proposition d'étiquette énergétique territoriale	305
Figure 6-17 : Rappel synthétique de la démarche de conception.....	308
Figure 6-18 : Rappel détaillé de la démarche de conception	310
Figure 6-19 : Concepts mobilisés pour la construction de l'indicateur EET	311
Figure 6-20 : Modèle conceptuel de l'indicateur Etiquette, formalisé en UML	312
Figure 6-21 : Extrait « graphique » d'une portion d'ontologie de domaine sous le logiciel Protégé	314
Figure 6-22 : Extrait « version code XML » d'une portion d'ontologie de domaine	314
Figure A4-1 : Boite de dialogue EET relative à l'insertion des données d'entrée	377
Figure A4-2 : Boite de dialogue EET, des modalités de simulation	378
Figure A4-3 : Matrice des ratios modaux par types d'espaces	379
Figure A4-4 : Interface de géo-visualisation des EET, des capacités de visualisation, discrétisation et export	380

Liste de tableaux

Tableau 2-1 : Elément de synthèse comparative et complémentaire des approches analytique et systémique (Adapté de Schwarz, 1991)	90
Tableau 2-2 : Exemples de catégories de zonage d'après Le Gléau in Nadaud (2005, 295)	111
Tableau 3-1 : Caractéristiques des approches modélisatrices ascendante et descendante, Beeck ((Van), 1999).....	137
Tableau 3-2 : Comparaison des niveaux d'apprentissage chez Bateson et Reboul d'après Rézeau (2001, 37)	175
Tableau 3-3 : Exemples d'indicateurs territoriaux énergétiques (adapté de AMETER, 2006, 10)	187
Tableau 6-1 : Modalités des types d'espace retenus, le ZAUER INSEE.....	287
Tableau 6-2 : Classification des services par niveaux de fréquence de recours.....	292
Tableau 6-3 : Résultat de la liaison Répertoire SIRENE-BD Adresse2006.....	293
Tableau 6-4 : Evaluation de la localisation des établissements <i>via</i> la BD Adresse2006.....	293
Tableau A1-1 : Analyse de quelques modèles numériques de planification énergétique	370
Tableau A2-1 : Contenu des observatoires régionaux de l'énergie en France métropolitaine	373
Tableau A5-1 : Affectation d'un des 4 niveaux de fréquentation en fonction du type de service pour l'inventaire communal	383
Tableau A5-2 : Affectation des niveaux de fréquentation selon le type d'activité du Sirene	385

Table des matières

REMERCIEMENTS	5
SOMMAIRE	7
CONVENTIONS : CHOIX TYPOGRAPHIQUES, DOCUMENTS ET RENVOIS	8
SIGLES, ACRONYMES ET ABREVIATIONS	10
INTRODUCTION GENERALE	13
PARTIE 1 TERRITORIALISER L'ENERGIE : LE CHOIX DE L'OBSERVATION TERRITORIALE POUR UNE PLANIFICATION TERRITORIALE ENERGETIQUE	18
CHAPITRE 1. PLANIFICATION TERRITORIALE ET ENERGETIQUE, L'HEURE DU RENDEZ-VOUS ? CONTEXTES, PARADIGMES ET MOYENS	20
1. <i>Des contextes de planifications renouvelés</i>	21
1.1. La planification territoriale, de l'Etat aux contextes locaux	22
1.1.1. Le matériau de la planification : du territoire au système territoire	24
1.1.2. De la planification « traditionnelle » du territoire à la planification stratégique locale des territoires : analyse rétrospective et enjeux	27
1.2. La planification énergétique, une politique publique technico-économique	35
1.2.1. Les enjeux d'une politique énergétique : maîtriser l'énergie	35
1.2.2. Planification énergétique : analyse rétrospective et enjeux	44
2. <i>La planification territoriale énergétique</i>	52
2.1. Organiser le territoire sous contraintes énergétiques	52
2.2. Les enjeux d'une convergence non aboutie : limites et paradigmes ?	57
2.2.1. Des approches sectorielles	57
2.2.2. Organiser la gouvernance : la difficulté d'un travail commun dans un cadre de « développement durable »	60
2.3. Les instruments d'objectifs et d'actions de la planification territoriale énergétique	64
2.3.1. Le processus de planification territoriale énergétique comme processus de décision	65
2.3.2. L'intégration progressive de l'énergie dans les outils de planification territoriale	66
CHAPITRE 2. TERRITORIALISER L'ENERGIE AUX ECHELLES INFRAREGIONALES, UNE NECESSITE	71
1. <i>La dépendance réciproque des processus territoriaux et énergétiques</i>	72
1.1. La géographie de l'énergie : des évolutions au gré des courants disciplinaires géographiques	72
1.2. La dépendance des structures spatiales et processus territoriaux à l'énergie	77
1.3. La dépendance des processus énergétiques aux caractéristiques territoriales	82
2. <i>Une représentation du Système Energétique Territorial</i>	88
2.1. La construction de l'objet géographique : un ancrage systémique	88
2.2. Energie et information, éléments vitaux pour les territoires : métabolisme et écologie territoriale	95
2.3. De la chaîne et des filières énergétiques, au Système Energétique Territorial	101
3. <i>L'Intelligence Territoriale, un processus intégrateur pour territorialiser l'énergie</i>	106
3.1. Territorialiser l'énergie, première définition : spatialiser et contextualiser par le partage d'information à échelles fines	107
3.2. Intelligence territoriale : une approche informationnelle et instrumentée comme élément d'appréhension de la complexité ?	113
3.3. Intelligence territoriale : l'émergence de nouvelles représentations et l'invention de nouvelles méthodes d'organisation au sein des systèmes d'acteurs ?	116
CHAPITRE 3. LES OUTILS DE CONNAISSANCES EN MATIERE DE PLANIFICATION TERRITORIALE ENERGETIQUE : LE CHOIX D'UNE APPROCHE INFORMATIONNELLE REPOSANT SUR L'OBSERVATION	124
1. <i>Les éléments constitutifs des modèles énergétiques : le territoire absent</i>	125
1.1. Modèles énergétiques, vers une définition	125
1.2. Les grilles d'analyse et typologies existantes en modélisation énergétique	134
1.3. Critères pour une typologie des modèles énergétiques	136
1.4. Contraintes et limites des modèles existants	139
2. <i>Vers l'observation instrumentée du territoire</i>	141
2.1. L'Observation territoriale : une démarche pour rendre compte d'une réalité complexe	142
2.2. Les observatoires territoriaux : une diversité de dispositifs pour intégrer les spécificités des territoires dans un contexte multi-acteurs	151
2.2.1. Les observatoires numériques territoriaux, vers une définition	151

2.2.2. Les enjeux génériques autour des observatoires numériques territoriaux : de l'outil au produit socio-technique.....	168
2.3. Les observatoires autour de la thématique énergétique, le territoire absent.....	179
2.3.1. Les observatoires énergétiques existants - état des lieux	179
2.3.2. Les indicateurs proposés au sein des observatoires existants : une mise en œuvre indissociable de la donnée énergétique	181
2.4. Vers des indicateurs territoriaux énergétiques personnalisés.....	186
2.4.1. Les indicateurs territoriaux énergétiques, une mise en œuvre indissociable de la donnée territoriale : donnée énergétique et de contexte	186
2.4.2. Mettre en observation le SET : le choix d'une approche informationnelle et sémantique.....	191
CONCLUSION DE PARTIE 1	194
PARTIE 2 PROPOSITION D'UNE DEMARCHE DE CONCEPTION POUR UNE MISE EN OBSERVATION DES SYSTEMES ENERGETIQUES TERRITORIAUX	196
CHAPITRE 4. PROPOSITION D'UNE DEMARCHE METHODOLOGIQUE POUR UNE MISE EN OBSERVATION DU SET	198
1. <i>Cadres conceptuels de la démarche</i>	199
1.1. Synthèse de la démarche de conception d'un cadre territorial et sémantique pour la mise en observation du SET	199
1.2. Du réel à ses représentations	202
1.2.1. De la perception au concept : le défi sémantique.....	203
1.2.2. Des fondements inscrits dans une démarche classique de conception de base de données.....	206
1.3. Les ontologies : mise en perspective pour l'observation	211
1.3.1. Eléments de définitions	211
1.3.2. Géo-ontologies de domaines et système d'information	221
2. <i>Mobilisation des concepts dans la démarche de mise en observation : principes et application.</i>	231
2.1. Eléments intervenant de la démarche de conception	231
2.2. Premier élément : un métamodèle sous la forme de principes-guides, contraignant les ontologies.....	232
CHAPITRE 5. UNE ETAPE D'ANALYSE PREALABLE A UN INDICATEUR DE QUALIFICATION ENERGETIQUE DES TERRITOIRES	243
1. <i>Une contextualisation pour la conception d'un indicateur énergétique territorial</i>	243
1.1. Des ordres de grandeurs et tendances.....	244
1.2. Justification de l'entrée « consommation » retenue pour le développement d'un indicateur.....	248
2. <i>Etat de l'art des méthodologies d'évaluation et des déterminants des consommations relatives aux logements et aux mobilités</i>	250
2.1. Typologie des approches en matière d'évaluation de consommations énergétiques	250
2.2. Secteur résidentiel et consommation énergétique :.....	255
2.3. Consommations liées aux mobilités quotidiennes	265
2.3.1. Le couple mobilité/habitant.....	266
2.3.2. Formes urbaines et mobilités quotidiennes : densités, mixité fonctionnelle et centralités	267
2.4. Des données énergétiques par définition contraintes.....	271
CHAPITRE 6. MODALITES DE CONSTRUCTION ET INTEGRATION DE L'INDICATEUR ETIQUETTE ENERGETIQUE TERRITORIAL -MOBILITES QUOTIDIENNES	275
1. <i>Préambule et problématique</i>	276
1.1. Les étiquettes, label et indicateur pour agir	277
1.2. Vers des étiquettes énergétiques « territoriales » ?.....	279
2. <i>Méthodologie</i>	280
2.1. Point de départ : la localisation induit des mobilités	281
2.2. Un écueil : la consommation des bâtiments	283
2.3. Des comportements différenciés par types d'espaces	284
2.4. Un espace cellulaire pour l'intégration des données.....	285
2.5. Calcul des étiquettes.....	293
3. <i>Exemples de résultats d'étiquettes énergétiques territoriales</i>	298
4. <i>Discussion sur l'indicateur EET</i>	305
5. <i>Intégration de l'indicateur au sein de la démarche proposée</i>	308
CONCLUSION DE PARTIE 2	317
CONCLUSION GENERALE	318
SYNTHESE (10 PAGES)	325
REFERENCES	336

ANNEXES	368
ANNEXE 1 : ANALYSE DE QUELQUES MODELES ENERGETIQUES	369
ANNEXE 2 : LES OBSERVATOIRES REGIONAUX DE L'ENERGIE	370
ANNEXE 3 : QUELQUES ONTOLOGIES RELATIVES A L'ENERGIE ET AU TERRITOIRE	373
ANNEXE 4 : PRESENTATION SUCCINCTE DE L'APPLICATION ÉTIQUETTE ÉNERGETIQUE TERRITORIALE - MOBILITES QUOTIDIENNES DEVELOPPEE.....	376
ANNEXE 5 : CLASSIFICATION DES COMMERCES ET SERVICES PAR NIVEAUX DE FREQUENTATION	380
ANNEXE 6 : ONTOLOGIE TERRITOIRE-ENERGIE SOUS FORME GRAPHIQUE ET EN XML	386
LISTE DE FIGURES.....	396
LISTE DE TABLEAUX.....	400
TABLE DES MATIERES.....	401

Vers une mise en observation des Systèmes Énergétiques Territoriaux – une approche géographique pour territorialiser l'énergie

Pouvoir agir sur un système implique de le comprendre et donc de le connaître. L'objectif de ce travail est de fournir un cadre général d'interprétation de l'information géographique, ainsi qu'un canevas méthodologique sur lequel s'appuyer, pour l'appréhension des liens territoire-énergie dans le contexte d'un observatoire territorial. Une caractérisation des planifications territoriale et énergétique nous a tout d'abord permis de dresser le constat du renouvellement de leurs contextes et évolutions similaires, en matière de décentralisation et de considérations environnementales notamment. Ce changement d'échelles de réflexion renouvelle les modes d'action publique et questionne la place du local. Les acteurs locaux se trouvent ainsi amenés à jouer un rôle central dans la traduction et la mise en œuvre concrète d'objectifs de politique énergétique dans leurs pratiques de planification territoriale. Dans ce contexte, de fortes attentes en matière de diagnostic et de prospective, et plus généralement de connaissance sont exprimées par les collectivités en charge de piloter, à l'échelle de leur territoire de référence, une planification territoriale énergétique. En effet, les fonctions territoriales (habiter, travailler, se déplacer,...) sont elles-mêmes à l'origine des formes et des structures territoriales dont la dimension prospective ne peut se dissocier des questions d'aménagement du territoire et d'énergie. Pour parvenir à approcher cette énergie indispensable, omniprésente et organisatrice du territoire, une lecture systémique et territorialisée des liens territoire-énergie est proposée *via* le concept de Système Énergétique Territorial. Elle illustre l'importance des interactions entre un territoire et son système énergétique, et plus précisément, la dépendance réciproque des processus énergétiques et des processus territoriaux, traduisant ainsi le besoin de territorialiser l'énergie. Nous avons en ce sens proposé une démarche de conception d'un cadre d'analyse des liens territoire-énergie, démarche de modélisation conceptuelle du réel notamment centrée sur des questions de sémantique. Cette démarche considère trois éléments : un métamodèle, une ontologie légère pré-consensuelle et des modèles conceptuels par indicateurs. L'exemple d'intégration d'un indicateur original, les « Étiquettes Énergétiques Territoriales mobilités quotidiennes-habitat » permet un premier peuplement de l'ontologie. Si qualifier les liens Territoire-Énergie n'a rien d'évident notamment au regard de la multitude des processus, échelles ou contraintes liées aux données, une difficulté supplémentaire demeure dans la manipulation de chacun de ces deux concepts aux acceptions multiples. Ainsi, l'apport de ce travail réside dans la démonstration de la pertinence d'une approche territoriale de l'énergie, ainsi que la proposition d'une démarche géographique de conception pour une mise en observation des Systèmes Énergétiques Territoriaux.

Mots-clés : géographie, approche territoriale, énergie, indicateur, ontologie légère de domaine.

Towards the observation of Territorial Energy Systems – a geographical design approach for energy territorialisation

Having an effect on a system calls for a thorough knowledge of it. The main goal of this research is to provide a general framework for the interpretation of geographic information, as well as a methodological framework to understand the interrelations between territory and energy in the context of a territorial observatory. A literature review of energy planning on the one hand and spatial planning on the other reveals similar developments in the two fields, in particular in terms of decentralisation and environmental concerns. The change of geographical scale chosen for the analysis brings new possibilities for public intervention. In this context, therefore, local authorities have a key role to play in implementing energy policy goals in their planning practices. They need analysis and prospective studies, as well as basic knowledge to carry out territorial energy planning. Indeed, the socio-spatial functions (living, travelling, working, etc.) are themselves at the root of spatial layout, urban forms and settlement structures. Those functions cannot be disassociated from questions of land use and energy. So, to understand energy which is vital, ubiquitous, and responsible for the organisation of territory, a systemic approach is proposed: the Territorial Energy System. It illustrates the importance of the interactions between a territory and its energy system, and more precisely, the interdependence between energy processes and territorial ones. We propose a design approach in the context of an observatory, and more precisely conceptual models, to analyse the territory-energy interrelations, especially with a focus on semantic dimensions. This approach combines three elements: a meta-model, a light and pre-consensus domain ontology, and individual conceptual data models for each indicator. An original indicator is then used for a first ontology population: the territorial energy label. Characterising the interrelations between territory and energy is non-trivial, dealing with the variety of processes, scales or data constraints and the numerous meanings of those two concepts. The main contributions of this research is firstly to demonstrate the relevance of a territorial perspective on energy, as well as presenting a geographical design approach to conceptualising the observation of territorial energy systems in a territorial observatory.

Key words: geography, territory, energy, indicators, domain ontology.