

# Projet de recherche OPTTEER

## Observation et Prospective Territoriale Energétique à l'Echelle Régionale

Bilan Phase II  
Décembre 2007

ADEME



ThéMA  
UMR 6049  
CNRS - Universités de  
Franche-Comté et de Bourgogne

GREAT  
Groupe de recherche Gestion des Ressources et Approches Territoriales



## **Sommaire**

**Introduction**

**Rappels sur les grands principes et les objectifs à la base du projet OPTEER**

**L'outil OPTEER, objectifs et cahier des charges**

**Etat d'avancement du projet**

**Applications/validation**

**Synergies et collaborations autour du projet**

**La valorisation**

**Point financier à T+2**

**Programme de la phase III et perspectives**

**Conclusion**

**Remerciements**

**Glossaire**

**Annexes**

## Introduction

Sous l'impulsion combinée d'une révolution du domaine des technologies de l'information et de la communication et de la complexification des problématiques d'aménagement et de planification, se développent des projets de suivi, d'analyse et de prospective territoriales, articulés autour de problématiques ciblées (logement, emploi) ou plus transversales (développement territorial, économie, environnement, ...). Ces projets s'appuient sur la mise en œuvre de méthodes et d'outils de gestion et valorisation de données. L'objectif est de fournir une aide à la décision, fondée sur la mobilisation de nombreuses connaissances afin de comprendre les structures et les dynamiques propres à nos espaces et aux sociétés qui les peuplent. Le projet OPTTEER s'inscrit dans cette logique. Centré sur la thématique de l'énergie, il a pour ambition la mise à disposition pour les acteurs du domaine, d'un ensemble de connaissances et d'outils leur permettant de comprendre les enjeux énergétiques liés aux territoires, pour agir et décider. A cette définition, nous pourrions ajouter « décider ensemble » car le défi énergétique aujourd'hui est autant de se construire une représentation commune et de prendre des décisions concertées que de maîtriser la connaissance, socle de la décision.

Plus globalement, cette évolution conduit aujourd'hui à l'émergence et/ou à l'adaptation d'un certain nombre de concepts tels que ceux de gouvernance, de participation ou bien encore d'intelligence territoriale, qui investissent ou réinvestissent fortement le champ de l'action territoriale. Le vocabulaire employé est à ce titre révélateur et illustre parfaitement les axes privilégiés autour desquels s'articulent ces nouvelles pratiques :

- D'une part est mise en avant la dimension quasi sociologique tout autant que politique de l'action territoriale, faisant référence notamment à des processus de coopération, d'adaptation au sein d'espaces de conflits et d'intérêts. Les réflexions portent ainsi sur la sphère du collectif, dont il est nécessaire de cibler les différents acteurs, mais elles doivent également se tourner vers celle de l'individu dont les intérêts propres et les capacités socio-cognitives influent sur le comportement. La gouvernance énergétique, et plus largement la gouvernance, s'inscrivent dans cette lignée. En effet, celles-ci font référence à un mode de gouvernement incluant valeurs, notamment sociales et environnementales, règles, acteurs et processus, permettant d'atteindre des objectifs communs, légitimes, sur la base d'une sorte « d'autorité collective » dont les contours n'en demeurent pas moins flous.
- D'autre part, dans la logique de l'intelligence économique (IE), définie comme « ... *la capacité de comprendre l'environnement afin de posséder la bonne information qui, au bon moment, permettra de saisir une chance ou d'écartier une menace* »<sup>1</sup>, se développe le concept d'intelligence territoriale (IT). Il s'inscrit avant tout dans une logique informationnelle et technologique. L'idée mise en avant est celle d'une maîtrise de l'information par le biais de méthodes et d'outils dédiés, reprenant l'antique et néanmoins justifié adage voulant que l'information soit une véritable richesse à laquelle s'adossent la connaissance et le pouvoir. Pourtant, l'IT ne doit pas être perçue seulement à travers une vision trop marquée par l'efficacité et

---

<sup>1</sup> <http://www.intelligence-economique.gouv.fr/>

la compétitivité propres aux sphères économiques. L'IT se décline également en terme d'efficacité informationnelle mise au service de la gouvernance et de la société de la connaissance.

OPTEER s'articule autour de ces deux grands axes de recherche. D'un point de vue organisationnel et humain, il vise à décrire, comprendre et modéliser, à l'échelle de territoires de projets et d'action, les systèmes d'acteurs, d'aménités et de contraintes présents autour de la problématique de l'énergie. D'un point de vue technologique, il a pour objet de développer un ensemble de méthodes et d'outils dédiés à la connaissance des phénomènes énergétiques au sens large, de l'observation à la prospective en passant par la mise à disposition de fonctionnalités d'analyse.

## **1. Rappels sur les grands principes et les objectifs à la base du projet OPTEER**

### **1.1. Mise en contexte et principes de base**

La situation énergétique du monde d'aujourd'hui est caractérisée par une consommation largement dépendante des énergies primaires fossiles (pétrole, gaz, charbon), qui fournissent près de 90% de l'énergie totale consommée dans le monde, et du nucléaire pour ce qui est de certains pays occidentaux dont la France où il contribue à près de 78% de la production électrique et à 36% dans la consommation totale d'énergie<sup>2,3</sup>. Ces deux modes de productions à cycle ouvert sont largement controversés de par leurs effets sur l'environnement, avec une image plutôt défavorable au niveau de l'opinion public. Par ailleurs, plane sur l'offre d'énergies fossiles, la diminution prévue de la production qui, quelle que soit la date marquant un déclin certain<sup>4</sup>, impose de nécessaires réajustements.

L'offre provenant des énergies renouvelables est largement représentée par l'hydraulique, même si sa part dans la production globale électrique a chuté durant ces 30 dernières années (23% de la production mondiale d'électricité en 1970 et 18 % en 2001). L'offre provenant des autres sources (solaire, éolienne, biomasse, géothermie,...) n'arrive pas à décoller et reste marginale dans le bilan énergétique sauf dans quelques pays européens. Si l'on ne tient pas compte de l'hydraulique, la part des ressources renouvelables dans la consommation totale d'énergie primaire en 1999 est inférieure à 1% à l'échelle mondiale, elle est de 5,4 % en moyenne pour les pays de l'UE, 29 % pour la Suède, 9,5% pour le Danemark, et 7 % pour la France<sup>5</sup>. Même si elles bénéficient d'une bonne image sociale, elles souffrent essentiellement de la difficulté à les intégrer dans les schémas de production et de distribution actuels.

---

<sup>2</sup> DATAR, 2001, Schéma Collectif de l'Énergie, MEFI

<sup>3</sup> Braun, B. et Collignon, F., 2003, La France en Chiffres, Éditions Bréal

<sup>4</sup> Cochet, Y, 2005 (<http://www.espci.fr/esp/colloque/>)

<sup>5</sup> DGEMP, 2002, Statistiques Énergétiques de l'Europe, DGMPE- Observatoire de l'Énergie

Les systèmes de distribution aujourd'hui mis en œuvre, en Europe notamment, s'appuient sur le principe de l'ouverture à la concurrence des marchés de l'énergie, de l'électricité particulièrement. Ce choix contribue au développement de gigantesques réseaux de distribution interconnectés<sup>6</sup>, permettant de mettre en relation, au niveau européen, producteurs et consommateurs. Cette option n'est cependant pas sans conséquences en terme de sécurité d'approvisionnement, en contribuant à construire des « colosses aux pieds d'argile », fragiles parce que complexes et sous dimensionnés (tant au niveau des réseaux de distribution que des unités de production). En outre, l'éloignement entre lieux de production et de consommation engendre d'importantes pertes énergétiques et impose le développement d'infrastructures plus ou moins bien acceptées par les populations.

Enfin, la consommation énergétique ne cesse de croître par l'action combinée de la croissance démographique, du développement des activités et de l'augmentation du niveau de vie avec des taux maxima dans les pays émergents à fortes populations. Entre 1970 et 2000, le taux de croissance moyen mondial était de 1,8 % par an. Il était de 1,2 % dans les pays de l'OCDE, 3,6 % dans les pays en voie de développement et de 9 % pour la Chine. Cependant les disparités restent encore importantes entre le Nord et le Sud. Si l'on considère la consommation d'énergie par habitant (en kg équivalent pétrole) ; elle est de 6,29 pour les USA, de 3,2 pour l'Europe de l'Ouest, de 0,70 pour l'Asie (0,66 pour la Chine) et de 0,32 pour l'Afrique<sup>7</sup>. L'évolution positive de la demande est donc loin de ralentir.

Ce constat nous impose de relever un véritable défi et de proposer des solutions accessibles, économiques et écologiques, applicables à l'ensemble de la chaîne énergétique (production-distribution-consommation). Depuis quelques années déjà, de nouvelles approches se développent à l'échelle mondiale ou nationale<sup>1,2,8</sup>. Elles s'appuient sur des principes tels que le développement durable, l'aménagement du territoire, la gouvernance. Elles impliquent l'acceptabilité des projets par les populations et une participation active à leurs élaborations. Elles se manifestent notamment par des protocoles et conventions tendant à limiter ou réduire les émissions des gaz à effet de serre<sup>9</sup>, à promouvoir la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité, à améliorer le rendement et la sûreté des filières classiques (co-génération, centrales thermiques à cycle combiné, nouvelles générations de centrales nucléaires), à diminuer l'empreinte écologique due à la production et à la consommation énergétique, en favorisant notamment les économies. Dans le domaine nucléaire, par exemple, les efforts actuels déployés en France dans le cadre de la loi Bataille de 1999<sup>10</sup>, visent à concevoir des combustibles en cycle fermé et des technologies de gestion sûre des déchets nucléaires afin de donner à cette filière un réel avantage relatif sur les autres par le fait qu'elle soit faible émettrice de gaz à effet de serre.

Cependant, les solutions préconisées ou mises en œuvre se caractérisent par une absence quasi total d'interactions entre elles. En effet, chacune de ces approches est souvent mise en œuvre séparément des autres, avec des données et une méthodologie propres. De plus, ce sont toutes des démarches internationales ou nationales qui n'intègrent que très peu les spécificités régionales et locales. Ceci est dû principalement à un défaut de coordination entre les acteurs du secteur énergétique, dont le poids relatif a sensiblement changé depuis les vingt dernières années.

---

<sup>6</sup> Dans une logique ou extension du réseau rime avec compétitivité

<sup>7</sup> IEA, 2003, *Key World Energy Statistics* ([www.iea.org](http://www.iea.org))

<sup>8</sup> Ministère Délégué à l'Industrie, 2003, *Livre Blanc sur les Énergies*. ([www.industrie.gouv.fr/energie](http://www.industrie.gouv.fr/energie))

<sup>9</sup> Conférence de La Haye de mars 1989, Sommet de la Terre de Rio de Janeiro en Juin 1992, Convention cadre des Nations Unis sur le changement de climat complété par le protocole de Kyoto, en Novembre 1997

<sup>10</sup> Ngo C., 2002, *L'énergie*, Dunod, 2002

Les réponses à cette nouvelle crise énergétique née à la fin du siècle dernier, ne peuvent se concevoir sans une prise de conscience de la complexité de l'ensemble du système et une mutation organisationnelle du secteur énergétique, le tout fondé sur une diversification des ressources et une relocalisation de l'ensemble de la chaîne ainsi que sur une « révolution » culturelle et comportementale, sur la base d'une vision commune de ce que sont les systèmes énergétiques.

Dans ce contexte, nous proposons une approche articulée autour des quatre principes suivants :

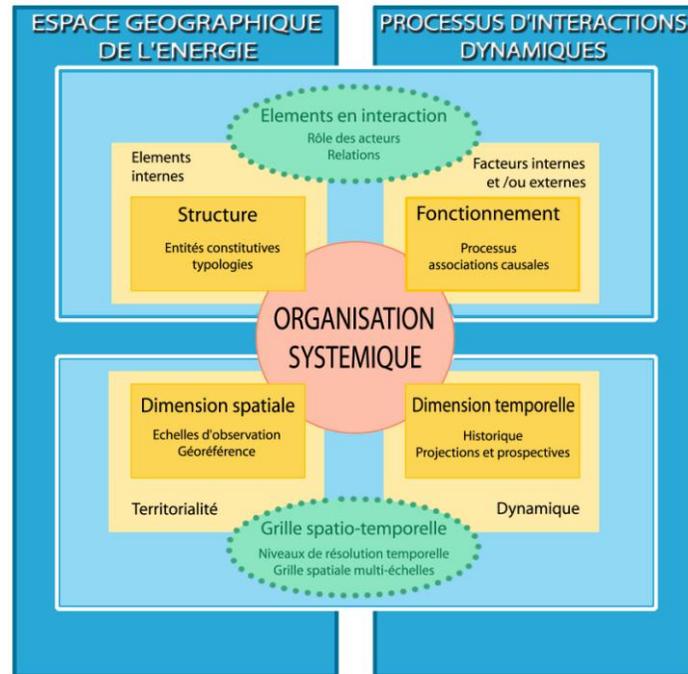
- La mutualisation et la diversification des ressources en fonction des potentiels locaux
- L'optimisation territoriale entre les structures de production, les structures de distribution et les profils de consommation
- L'approche par usages et non par consommation d'énergie finale faisant de l'énergie un service plus qu'un bien
- La prise en compte explicite des acteurs de l'énergie et donc la mise en œuvre d'une véritable gouvernance énergétique

L'ensemble de ces principes doit être fondé sur une réflexion multi-échelle, systémique et de long terme qui doit tendre vers un triple objectif :

- La diversification des ressources énergétiques, en mettant plus particulièrement l'accent sur les ressources renouvelables
- L'efficacité énergétique qui doit être une préoccupation constante quel que soit le domaine d'intervention (bâtiment, transport, ...)
- Les économies d'énergie que nous considérons comme le pivot autour duquel il faudra construire les solutions de demain (maîtrise énergétique).

Sur la base de ces grands principes, il devient possible de définir un ensemble de concepts sur lesquels appuyer les développements. Ces concepts constituent le socle de l'approche préconisée :

### 1.1.1. Le concept de système énergétique territorial



**Figure 1 : Le concept de système énergétique territorial**

Définition : Le concept de système énergétique territorial désigne l'ensemble des énergies, acteurs, influences, vannes de régulation et interactions à l'œuvre sur un territoire, dans un cadre systémique. Le système énergétique territorial n'est pas totalement fermé, sa frontière est poreuse et il existe des échanges avec d'autres systèmes énergétiques voisins par le biais des importations et des exportations, qui équilibrent la balance entre production et consommation. Sa connaissance nécessite le recours aux concepts de la systémique intégrant les notions de composantes et de relations, internes et externes. Par ailleurs, il s'inscrit, comme toute entité du monde réel dans un cadre spatio-temporel défini.

A ce titre, le système énergétique territorial est une composante du système territorial, qu'il est nécessaire d'appréhender dans son intégralité à travers ses structures et son fonctionnement (figure 1). A travers l'analyse du système énergétique, c'est le métabolisme<sup>11</sup> du territoire qui est appréhendé puisqu'il s'agit de comprendre les mécanismes de transformation de l'énergie et de la matière conditionnant la survie, le fonctionnement et au delà le développement du système territoire dans son ensemble. Quel est l'intérêt de ce concept et des éléments qu'il sous tend, en inscrivant notamment l'énergie dans une logique de système spatio-temporel ?

Les contraintes que nous imposent aujourd'hui la déplétion de la production d'énergies fossiles (notamment le pétrole) couplées aux problèmes d'environnement que connaissent nos sociétés imposent nous l'avons vu, une relocalisation des réflexions :

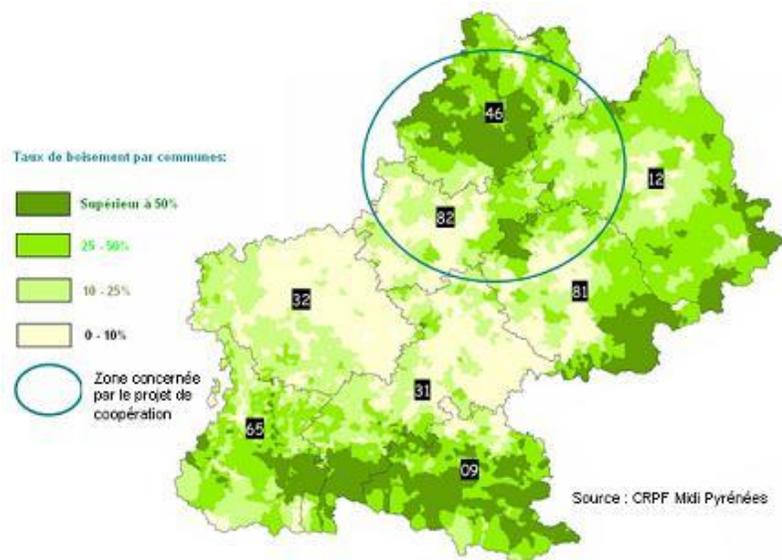
- autour des potentiels et des ressources énergétiques. Les énergies renouvelables apparaissent en effet, pour une partie d'entre elles, fortement dépendantes de caractéristiques territoriales tant en terme de potentiels que de ressources (localisation des gisements mais aussi contraintes et aménités autour de leur exploitation par exemple (figures 2 et 3).

<sup>11</sup> Métabolisme de base : dépense minimale d'énergie de l'organisme pour assurer sa survie.

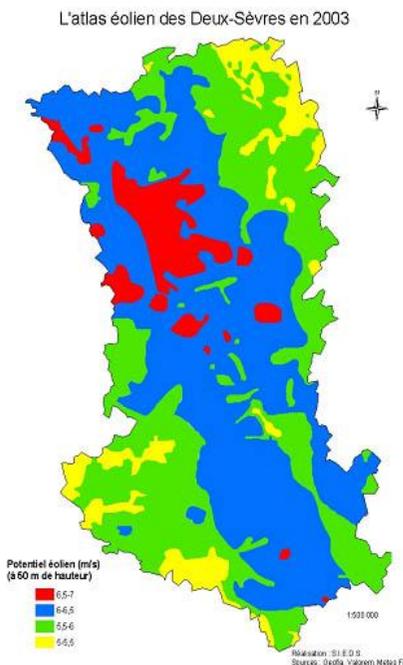
- par ailleurs, tout comme les structures de l'offre, celles de la demande sont également étroitement liées aux territoires et à leur organisation. Ainsi la répartition des pôles de consommation mais aussi la structure des réseaux de transport influenceront grandement sur le système énergétique notamment en terme d'efficacité énergétique et de propension à l'économie. Mais au delà, la configuration même des territoires influent notablement sur les consommations. A titre d'exemple, nous pouvons citer le phénomène des « îlots » de chaleur urbains dont l'existence a de fortes répercussions sur les consommations énergétiques des bâtiments, notamment du fait du recours massif à la climatisation en été (figures 4 et 5). Ce

phénomène propre aux structures urbaines est le fruit d'un certain nombre de facteurs combinés tels que la structure de la ville et notamment l'organisation des rues, mais aussi les matériaux, la présence/absence de végétation, le contexte climatique... Ses répercussions sur la température sont loin d'être négligeables. C'est ce que met en avant l'étude menée sur l'agglomération

d'Athènes, (sur la base de trois années de mesures heure par heure de trente stations entre 1996 et 1999) identifiant des intensités maximales<sup>12</sup> entre l'hyper centre et les zones rurales environnantes de près de 16 degrés<sup>13</sup> !



**Figure 2 : Taux de boisement par communes, Pays albigeois**  
[http://www.pays-albigeois-bastides.org/site/imgdyn/ressources\\_bois.JPG](http://www.pays-albigeois-bastides.org/site/imgdyn/ressources_bois.JPG)



**Figure 3 : Exemple de carte de potentiel éolien**

<sup>12</sup> L'intensité maximale désigne la différence entre la température urbaine la plus élevée et la température limite rurale

<sup>13</sup> Sources : Etude URBACOOL, financée par la communauté européenne, <http://www.ensmp.fr/Fr/Services/PressesENSMP/Resumes/cooling-1res.pdf>

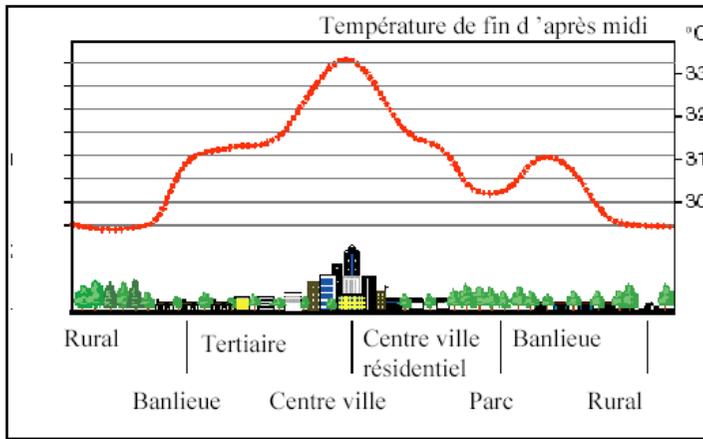


Figure 5 : Ilot de chaleur urbain à Marseille, à gauche simulation, à droite, données mesurées. Sources : Météo France, 2001

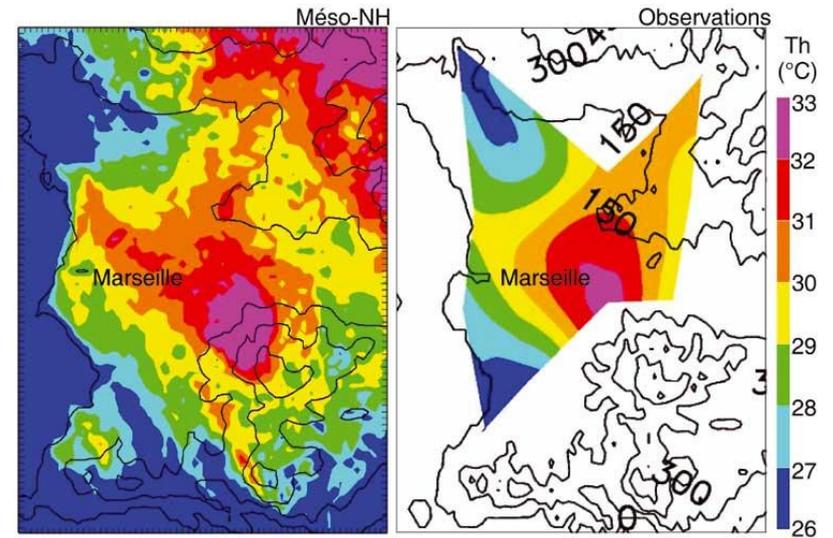


Figure 4 : Représentation d'un profil de température type d'îlot thermique urbain

(Source: Heat Island Group <http://eetd.lbl.gov/HeatIsland>)

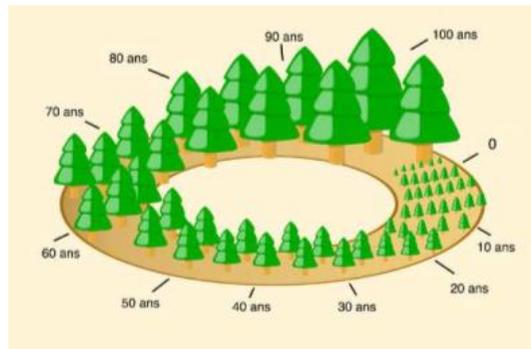


Figure 7 : Cycle de croissance de la ressource ligneuse

Le temps apparaît également comme un paramètre fondamental à la compréhension des systèmes énergétiques. Les ressources tout comme la demande sont marquées par des processus temporels cycliques imbriqués qu'il est nécessaire de comprendre (figures 6 et 7). Ces processus sont directement liés aux dynamiques des potentiels de ressources comme dans le cas du cycle de croissance des arbres. Ils découlent également, pour la demande par exemple, de temps sociaux tels que l'alternance des périodes d'activité, de loisirs ou de repos propres au fonctionnement de nos sociétés actuelles. Cet exemple illustre parfaitement la nécessité de replacer les



Source: <http://www.fludia.com/>

Figure 6 : Cycles de consommation énergétique

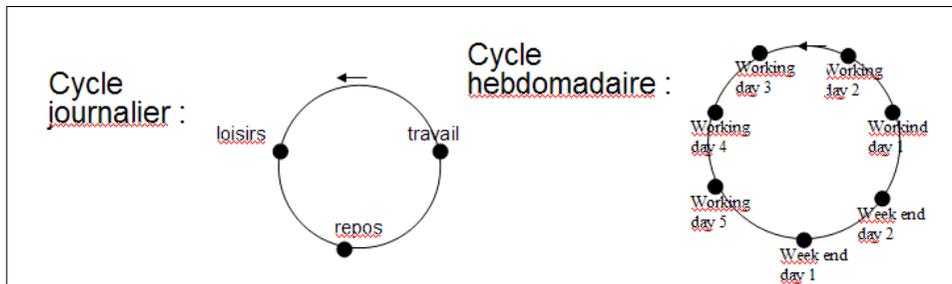


Figure 8 : Cycle des temps sociaux. Source : K. Ibrahim, 2007

questionnements dans leur contexte puisque, comme nous le voyons pour les temps sociaux (figure 8), les clés de compréhension des processus ne viennent pas spécifiquement du domaine de l'énergie mais davantage d'un environnement, en l'occurrence social, dont les modes d'organisation conditionne fortement les usages et les rythmes de consommation de l'énergie.

Ainsi, prétendre comprendre la problématique de l'énergie implique aujourd'hui d'appuyer le raisonnement sur une connaissance d'un système complexe, dont l'ensemble des éléments interagissent tout en étant largement ouvert sur l'extérieur. Le système énergétique n'est pas un « isolat ». Il ne peut être compris qu'en étant réinterprété dans son contexte économique mais aussi social et environnemental.

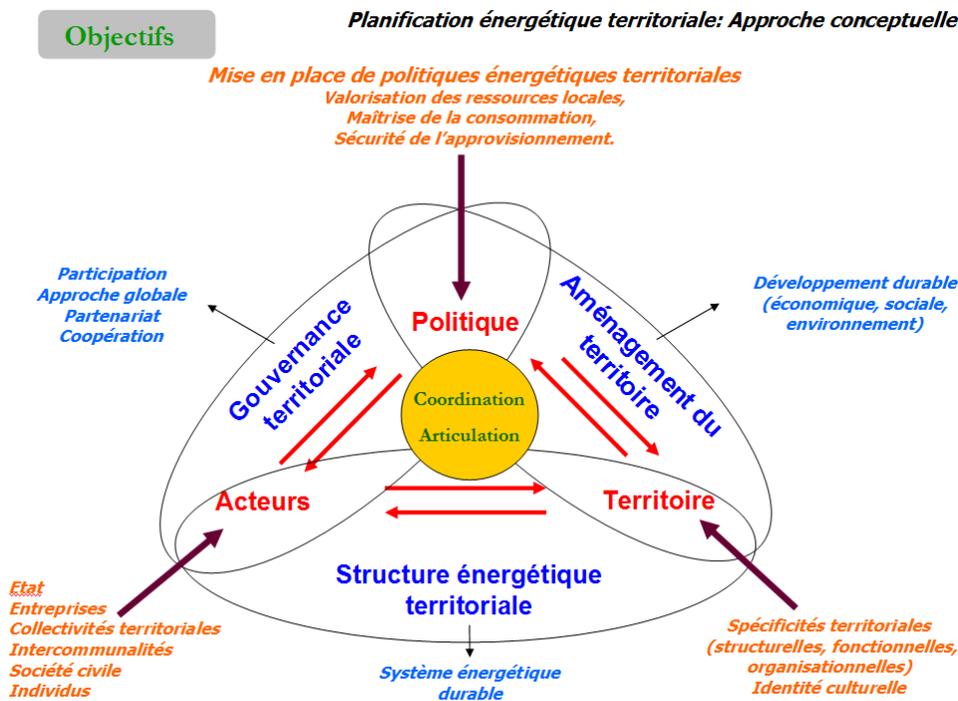


Figure 9: La planification énergétique territoriale, approche conceptuelle

Source : P. Imbert, 2007

## La gouvernance énergétique

La nécessité d'un recentrage « territorial » de la problématique énergétique, avec l'ambition d'un rapprochement des structures de consommation de l'offre énergétique ainsi qu'une plus grande prise en compte des contextes « locaux » ouvre la voix à une véritable gouvernance énergétique des territoires (Figure 9). Trop souvent encore aujourd'hui, la gouvernance dans le domaine de l'énergie est entrevue exclusivement à travers le prisme des Etats. Les enjeux semblent se dessiner uniquement au niveau étatique avec le cas échéant, la mise en œuvre de stratégies engageant le supra national alors même que l'ensemble des niveaux de décision est impliqué. Comme le souligne G. Magnin (2007) : « L'approche énergétique (quasi exclusivement) étatique, va progressivement s'ouvrir à d'autres niveaux de gouvernance : régions, intercommunalités, .... on devra en effet agir au plus près des lieux de consommation et, si le niveau étatique est adapté pour offrir un cadre réglementaire et fiscal vertueux à une politique énergétique durable (de même que pourvoir à la partie centralisée de l'offre, directement ou par biais d'entreprises

*privées), il ne l'est plus dès que l'on doit travailler dans le détail, dans le diffus, le dispersé, le foisonnement<sup>14</sup> ».*

P. Radanne (2004) va dans le même sens : « *L'énergie était depuis la Libération avant tout l'affaire de l'Etat, elle est maintenant celle de la société toute entière<sup>15</sup>* ». La maîtrise de l'énergie, tant en terme d'approvisionnement que de consommation passe par le citoyen consommateur, dont la prise de conscience de l'ampleur des défis à relever doit conditionner les mutations comportementales, qu'il s'agisse de comportements d'achat ou d'usage de l'énergie.

Dans ce contexte inédit, les solutions ne peuvent être trouvées que par une double approche :

- Au niveau national, européen et au delà, puisque, comme on le voit déjà aujourd'hui, les stratégies énergétiques de demain se discutent à ce niveau d'échelle. Par ailleurs, l'ouverture des marchés d'énergie, telle qu'elle est engagée aujourd'hui, impose une vision élargie. Pourtant, dans la majorité des cas, les décisions sont prises sans que soient vraiment impliqués les citoyens, les acteurs de la vie économiques, les associations, les collectivités. Pourtant, l'évolution du domaine nous prouve la montée en puissance des consommateurs, inquiets du nouveau paysage énergétique et favorables à un certain degré d'autonomie.
- Au niveau local, parce que les contraintes environnementales nous imposent aujourd'hui de fonctionner sur la base d'énergies propres dont la disponibilité et la faisabilité de l'exploitation s'appréhendent à l'échelle de territoires de projet. Mais aussi car en terme de consommation et d'efficacité énergétique, il est nécessaire de s'inscrire dans une nouvelle logique tournée vers la sobriété, faisant appel à une prise de conscience collective, à des mutations comportementales mais aussi à des décisions politiques locales visant à créer des structures territoriales induisant des modes de fonctionnement « économes », permettant d'éviter par exemple les déplacements individuels en voiture en planifiant le développement de zones commerciales excentrées et mal desservies par les transports en commun. On voit ici le rôle fondamental que seront amenées à jouer les politiques d'aménagement du territoire.

### **1.1.2. Les Systèmes d'Information territoriaux**

Le dernier concept qu'il nous semble nécessaire d'explicitier est celui de Système d'Information Territoriale. Un SIT est avant tout un Système d'Information (SI) c'est à dire un ensemble de ressources informationnelles, logicielles et matérielles ainsi qu'un ensemble de compétences fonctionnant de concert pour assurer le suivi, l'analyse, la gestion et la décision dans le cadre d'organisations complexes, qu'il s'agisse d'entreprises, de

---

<sup>14</sup> Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050, Point de vue d'Energie-Cités, ([www.energie-cites.eu](http://www.energie-cites.eu)), 09 octobre 2007

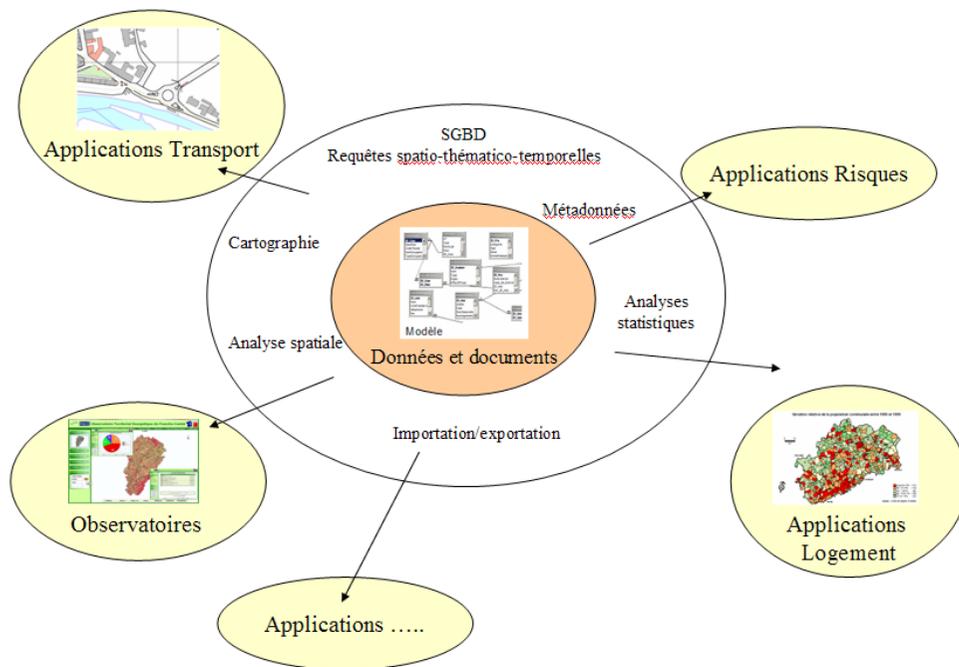
<sup>15</sup> La Jaune et La rouge 2004, <http://www.x-environnement.org/jr/JR04/radanne.html>

collectivités, etc. Dans le monde d'aujourd'hui, les SI sont la mémoire, le centre névralgique et stratégique des grandes entreprises, des administrations ainsi que de nombreuses collectivités territoriales.

Dans ce contexte, un SIT peut alors être défini comme un SI dont la vocation première est celle d'être la mémoire du **territoire** qu'il est censé décrire et ce, quelles que soient les thématiques abordées et la complexité des jeux d'acteurs impliqués.

Un SIT est donc théoriquement construit autour d'un certain nombre de ressources informationnelles et de composantes organisationnelles, méthodologiques et techniques (figure 10) :

### Le concept de Système d'Information Territorial



- Comme tout SI, un SIT intègre des ressources informationnelles (sous la forme de données brutes, traitées, de documents divers et de rapports, de productions cartographiques, photographiques, vidéo ...) qu'il est nécessaire d'organiser au sein de bases de données structurées. Cette maîtrise doit passer par la conception d'architectures de données appuyées sur des modèles conceptuels adaptés aux objectifs poursuivis et maîtrisant notamment la dimension spatio-temporelle propre aux données géographiques. Cette maîtrise est indispensable dans l'optique de l'observation et du suivi des territoires, pré-requis à toute tentative de compréhension et d'action.
- L'ensemble de ces données provient généralement de sources diverses. Leur production, leur exploitation et leur diffusion éventuelle sont donc conditionnées par les acteurs impliqués et le cas échéant, soumises aux exigences fixées par la CNIL. Le développement de SIT doit donc passer par des réflexions et une coordination organisationnelle qui peut prendre la forme d'accord inter-services, de convention entre les partenaires ou encore de chartes. Il doit également s'appuyer sur des connaissances juridiques permettant de maîtriser les problématiques liées à la propriété intellectuelle, aux droits d'auteurs et à la responsabilité. C'est essentiellement de cette

Figure 10 : Le concept de Système d'Information Territorial (outil).

Source : de Sède-Marceau, 2006

dimension organisationnelle et de ces aspects juridiques que dépendent la réussite des projets et l'efficacité des SIT. La complexité du développement de SIT impose la mise en œuvre de démarches de conception rigoureuse. Il n'existe pas aujourd'hui à proprement parler de méthodes spécifiques au développement de SIT. Cependant, les méthodes et outils de gestion de projet, d'analyse et de conception de bases de données, éprouvés dans le monde des SI peuvent être adaptés au contexte des SIT. En revanche, la maîtrise de l'information spatiale contenue dans les SIT impose le recours à des méthodes spécifiques (formalismes spatio-temporels, méthodes statistiques et d'analyse spatiale ...) encore peu diffusées en dehors des cercles restreints de spécialistes.

- D'un point de vue technique enfin, un SIT doit être capable de maîtriser aussi bien des données de type classiques que des données territoriales géoréférencées de nature vectorielle ou matricielle (*raster*). Cette exigence implique l'exploitation de logiciels de Système de Gestion de Base de Données (SGBD<sup>16</sup>) et de **SIG**. A ce noyau dur, il faut adjoindre selon les cas, des outils de cartographie, de statistique, voire de simulation, dans le cadre de projets complexes (dans le domaine des transports ou de la gestion environnementale par exemple). En outre, dans un contexte de mutualisation des données territoriales et selon les cas, de leur mise à disposition auprès du public, les technologies Internet apparaissent comme une composante technologique majeure.

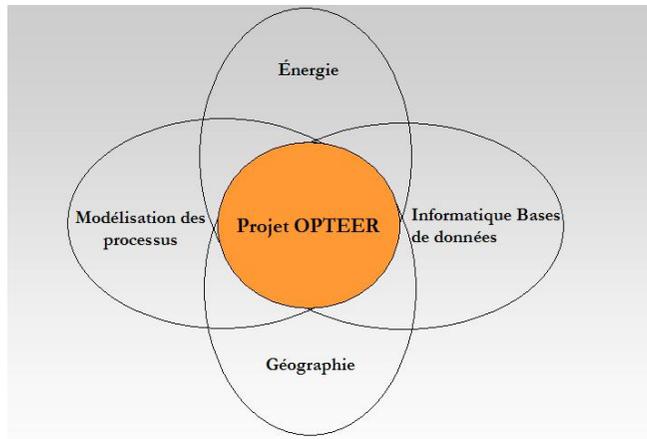
Les SIT apparaissent aujourd'hui comme de réels outils de connaissance et d'action territoriales, évolutifs et pérennes, accompagnant gestionnaires, chargés d'études et décideurs tant dans leurs tâches quotidiennes que lors d'études aux dimensions beaucoup plus stratégiques. Le contexte énergétique et environnemental d'aujourd'hui appelle au développement de ce type d'outils dont la mise en œuvre et l'exploitation doit favoriser l'accès à la connaissance autant que les pratiques de gouvernance.

---

<sup>16</sup> Un SGBD regroupe un ensemble d'outils dédiés au stockage, à la manipulation et la récupération de données contenues dans une base de données. Il contrôle notamment les procédures de saisie, de stockage, d'interrogation, d'accès, de modification, de traitement, de diffusion et de protection des données ainsi que les procédures d'indexation et de lecture/écriture multi-utilisateurs (adapté de Prélaz-Droux R. « *Systèmes d'Information et Gestion du Territoire ; Approche systémique et procédures de réalisation* ». Collection Méta, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 1995, 156 pages)

## 1.2. Objectifs du projet

Ils s'articulent autour de deux aspects fondamentaux :



**Figure 11 : Le projet OPTEER**

- La définition du nouveau paradigme énergétique que nous impose le contexte actuel, en mettant notamment à profit à la fois les apports d'une approche géographique de l'énergie, le potentiel de la modélisation dynamique de systèmes et les acquis des sciences et des technologies de l'information géographique pour proposer aux partenaires de la gestion et de la planification territoriale une approche holistique des systèmes énergétiques, des échelles locales à régionales (Figure 11).
- De façon plus pragmatique, développer un outil d'observation, d'analyse et de prospective énergétique territoriale à l'usage des collectivités aux échelles locales à régionales.

## 2. Le système OPTEER, objectifs et cahier des charges (de Sède-Marceau, 2007)

### 2.1. Philosophie/objectifs du système OPTEER :

Le système à développer est complexe car à travers les objectifs poursuivis, il s'adresse à des publics différents. L'idée de départ est de fournir un outil de connaissance et de suivi des systèmes énergétiques mais aussi à terme un système d'information permettant l'analyse et la prospective, notamment à travers des outils de simulation. Ce système, conçu comme un véritable système d'information territorial doit garantir la possibilité de fournir une vision spatiale et temporelle de la problématique énergétique aux niveaux locaux à régionaux (au sens géographique du terme et non au sens administratif).

Ainsi la complexité de l'outil OPTTEER se décline à travers différents points :

- **La complexité même du système que l'on cherche à appréhender** à travers les développements prévus ; le système énergétique territorial dans toutes ses dimensions (ressource (potentiel, exploitation), demande (consommation, usages)) le tout replacé dans un contexte spatio-temporel multi-échelles.
- **La complexité des objectifs poursuivis à travers le développement de l'outil avec :**
  - un objectif de valorisation de données existantes et « facilement accessibles » à travers le développement d'indicateurs prédéfinis, permettant un premier décryptage des systèmes énergétiques territoriaux. Mais aussi permettant l'accès à un ensemble de documents significatifs (documents du type « doc de référence » tels que ceux utilisés dans le cadre de l'application biogaz (cf. doc Région F-C), études menées par divers organismes (tel que le projet Solvay notamment), ...). Ces indicateurs peuvent être calculés en ayant recours à de la donnée énergétique mesurée et/ou de la donnée estimée à partir de données contextuelles et de valeurs de référence (par exemple évaluer une consommation énergétique moyenne pour un quartier en fonction de données de population, de données sur le résidentiel et de valeurs préétablies).
  - Un objectif d'analyse énergétique, ciblée sur des attentes d'experts ou tout du moins de personnes ayant des compétences énergétiques, nécessitant non plus la définition d'indicateurs prédéfinis mais plus la mise à disposition d'une boîte à outil permettant de construire des indicateurs plus complexes et plus fins pour lesquels il pourrait être nécessaire d'acquérir de la donnée spécifique, par le biais d'enquêtes notamment. Ces données viendraient bien évidemment enrichir l'ensemble du système en étant réintégrées dans la base. Cette phase de développement s'appuie sur l'analyse très poussée du système énergétique territorial développée lors de la phase I du projet dans le cadre des travaux de thèse de M. Khaled Ibrahim. En nous fournissant un inventaire détaillé de l'ensemble des indicateurs nécessaires à la mise en œuvre d'approches énergétiques fines et cohérentes mais nécessitant souvent des compétences de spécialistes, ce travail nous permet d'identifier précisément les données et les mécanismes de traitement permettant de répondre aux interrogations des énergéticiens et des aménageurs.
  - Un objectif de simulation/prospective impliquant le couplage entre des modèles de simulation énergétique (tant de la consommation que de la production) et une base de données alimentant ces modèles. Les résultats des simulations pourront être réintégrés dans la base de données, permettant ainsi enrichir l'ensemble du système d'information. Cette partie du travail de recherche est essentiellement abordée dans le cadre de la thèse de M. Yann Fléty.

▪ **La diversité des attentes et des compétences des utilisateurs potentiels.**

Il faut ici s'intéresser aux destinataires des travaux menés dans le cadre d'OPTEER. Qui pourra se réapproprier les résultats d'OPTEER ? La réponse, encore une fois n'est pas simple. Nous pouvons dès à présent identifier deux grandes « familles » d'utilisateurs potentiels :

- Les utilisateurs de type « chargés d'études », non spécialistes du domaine de l'énergie. Ceux-ci n'ont pas de compétences spécifiques dans le domaine de l'énergie et leurs préoccupations sont davantage tournées vers la gestion, l'aménagement et la planification territoriale. Ils sont situés sur le versant « territoire » de notre projet et sont généralement « contraints » par des attentes particulières, issues des directives ou tout du moins de la volonté de promouvoir un développement durable (dans le cadre de documents du type agenda 21, programmes divers...). Leurs besoins sont davantage tournés en direction d'un outil d'observation, disponible en ligne, convivial, fournissant des informations de qualité.

A titre d'exemple, nous pouvons identifier un projet pour lequel l'observatoire pourrait être intéressant : le projet en cours actuellement à l'AUDAB et en collaboration avec l'ADIL du Doubs. Ce projet a été initié suite à un travail d'étudiants de notre IUP « Génie des Territoires » visant à évaluer le coût de la localisation résidentielle en zone péri-urbaine. Dans le cadre de cette étude, doivent être évalués la consommation énergétique et bien sûr le coût de cette consommation. Pour ce faire, la méthodologie s'appuie sur le traitement d'un certain nombre de données, listées ci-dessous :

Données sur la composition des ménages

Données sur le logement (Maison individuelle 5 pièces comme base de réflexion)

Données issues de l'enquête mobilité de l'AUDAB (modes de transport, pérégrinations, ..)

Données financières (sur les prix du foncier (prix neuf, prix ancien), les taxes, les taux d'intérêt

Données de référence sur le coût de l'énergie

Toutes les données listées ne sont pas pertinentes dans le cadre d'une approche purement « énergétique » mais quelques-unes sont incontournables (enquêtes mobilité, données de référence sur le prix de l'énergie, ...).

Les fonctionnalités offertes dans l'observatoire actuellement en cours de développement, s'adressent en priorité à ces utilisateurs non experts pour produire des études d'aménageurs et de gestionnaires des territoires<sup>17</sup>. Ceux-ci sont désireux d'obtenir et/ou de déduire de l'information sur l'énergie mais ce sont des non spécialistes ni d'un point de vue de la thématique énergétique, ni d'un point de vue technologique. L'observatoire à construire doit donc être du type de ceux que nous développons pour les collectivités et/ou services de l'Etat (observatoire

---

<sup>17</sup> Exemple : le volet « énergie » de l'état initial de l'environnement sur le territoire de l'agglomération bisontine, tel qu'élaboré par l'AUDAB (voir document sur le site du Labo)

DRE). Les indicateurs proposés doivent s'appuyer sur des données facilement accessibles et régulièrement mises à jour (dans la mesure du possible)<sup>18</sup>, d'où la nécessité de passer des conventions avec les détenteurs/fournisseurs de données qu'elles soient contextuelles ou non.

- Les utilisateurs « experts » travaillant sur des problématiques énergétiques et devant répondre à des questions bien précises<sup>19</sup>. Leurs besoins seront alors davantage du ressort de l'analyse. Ce volet de la recherche est nettement plus complexe à mettre en œuvre car il impose un double défi :

1. Le défi méthodologique et technique de la production d'indicateurs construits à la demande, ce qui implique de posséder une bibliothèque « d'opérations » mais surtout en préalable de « décortiquer » les mécanismes de construction de ces indicateurs. Ce type de développement a déjà été évoqué dans le cadre d'autres projets (notamment avec la DRE Franche-Comté).
2. Le défi « informationnel » car dans bien des cas, il sera nécessaire d'intégrer des données acquises pour les études et spécifiques à celles-ci. De fait, il existe très peu de données produites régulièrement et répondant à ce niveau d'attente. Ces données viendront ensuite, comme mentionné précédemment, enrichir la base. Cette nécessaire souplesse induit la définition d'un modèle le plus générique possible, permettant de rattacher des données nouvelles à des entités de base. On est ici dans une logique de centre de ressource évolutif enrichi par l'ensemble des utilisateurs qui réinjectent dans l'outil les résultats de leurs travaux. On touche ici à la dimension participative du projet.

Les utilisateurs « chercheurs » désireux de faire de la prospective territoriale énergétique en s'appuyant sur des modèles de simulation énergétique, doivent selon nous être assimilés à des experts. Cependant, au delà de l'analyse, leurs attentes s'orientent davantage vers la modélisation. Cet objectif nous a déjà amené à poser un certain nombre d'hypothèses de travail, notamment le fait qu'il sera sans doute nécessaire de réfléchir au couplage entre la base de données et des outils de simulation et non au développement d'un outil totalement intégré. Par ailleurs, la finalité évoquée nous impose une connaissance approfondie du système énergétique territorial, tant au niveau de sa structure qu'en matière de processus.

---

<sup>18</sup> Les données à intégrer dans ce type d'étude sont, de manière non exhaustive, le fichier « détail logement » de l'INSEE, des fichiers de l'INRETS, des données du Panel Parc Auto, des données issues d'enquêtes « ménages – déplacements », ...

<sup>19</sup> Nous pensons ici entre autre à une discussion ayant eu lieu avec un collaborateur d'une collectivité demandant si notre système pourrait répondre à sa demande, à savoir : quelle est la pertinence de l'installation d'une chaufferie bois dans la communauté de commune x. Ses questionnements portaient à la fois sur une évaluation de la ressource potentielle, des modes d'exploitations possibles, de la concurrence avec d'autres usages et donc de ses effets, de la consommation... On est ici face à une problématique complexe qui ne peut-être résolue dans le cadre des fonctionnalités de l'observatoire et des indicateurs pré-établis qu'il proposera.

## 2.2. Descriptif du système OPTEER

### 2.2.1. Les fonctionnalités attendues

Selon la « philosophie » évoquée précédemment, l'outil OPTEER se décomposera idéalement en trois volets distincts, aux objectifs différents, s'adressant à des utilisateurs ciblés. Ces volets s'articulent autour des trois fonctionnalités que sont :

- L'observation
- L'analyse
- La prospective

#### a. L'observation

L'observation est organisée autour de deux aspects principaux :

- L'observation du système énergétique territorial permettant d'obtenir des indicateurs contextuels et énergétiques simples sur la base de données acquises régulièrement par de grands organismes producteurs et de données d'études en provenance de collectivités, associations, services de l'Etat, etc. Ces indicateurs sont variables selon le niveau d'échelle auquel le territoire est observé. Chacun d'entre eux est documenté, sous la forme d'une fiche métadonnées permettant de connaître les sources ayant contribué à leur calcul mais aussi les méthodes utilisées pour leur construction<sup>20</sup>. Ces indicateurs sont accessibles à partir de différentes entrées (contexte territorial, filière énergétique, chaîne, usages).
- L'observation des données de référence telles que l'évolution du prix des carburants, du prix du bois, les données de la Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières, etc., généralement acquises à des niveaux d'échelle régionaux, nationaux voir supranationaux. Ces données sont accessibles via un référencement par grands organismes producteurs de données (du type « Agence Internationale de l'Energie », « Direction Générale de l'Energie et de Matières Premières », ...) ou par niveau d'échelle (données internationales, nationales, régionales). En deçà du niveau régional, les données ne sont plus considérées comme données de référence et sont intégrées et accessibles directement à partir des fonctionnalités d'observation.

---

<sup>20</sup> Le concept de métadonnées a fait l'objet d'une présentation dans le rapport OPTEER, Phase I, 2006

Par ailleurs, l'observatoire devra, en toute logique, être doté de l'ensemble des fonctionnalités de mise à jour, de sécurisation, d'administration, etc., qui feront de cet outil un véritable système d'information partagé, capable de s'enrichir au fil du temps, convivial et évolutif. Au terme des trois années de recherche, les fonctionnalités d'observation devraient être disponibles au sein d'un Observatoire territorial énergétique à l'échelle de la Région Franche-Comté.

## **b. L'analyse**

Les fonctionnalités d'analyse proposées dans le cadre du système OPTEER sont à l'interface entre l'observation et la prospective. Elles ont pour objectif, comme nous l'avons vu, de fournir la boîte à outils nécessaire à l'élaboration d'indicateurs énergétiques mais également à la réalisation d'études portant sur une ou des composantes du système énergétique territorial. Les études énergétiques portant sur l'habitat social illustrent les attentes auxquelles doit répondre un outil de ce type.

### L'exemple de l'habitat social

L'habitat social de par son importance socio-économique, sa structure, son organisation, son fonctionnement et ses acteurs (occupants, propriétaires,...) apparaît comme un domaine stratégique en matière énergétique. Ces spécificités génèrent des attentes méthodologiques et technologiques fortes de la part de ces acteurs qui n'arrivent pas à planifier et à intégrer (en dehors d'actions volontaristes) des objectifs énergétiques sur la base de démarches strictement techniques mises à leur disposition (amélioration du comportement énergétique au niveau des enveloppes des bâtiments (parois, ouvrants, ponts thermiques, composants passifs,...) ou des installations et réseaux énergétiques).

Le secteur du logement social ne peut se satisfaire de solutions techniques standardisées. Une première analyse qualitative permet de faire ressortir les caractéristiques spécifiques de ce secteur, associées aux facteurs ou indicateurs suivants :

- Territorial : la majorité de ces logements est concentrée dans des ensembles en périphérie des agglomérations.
- Temporel : ces logements ont majoritairement plus de 30 ans d'âge.
- Social : ils sont occupés par des ménages à faibles revenus.
- Economique : ce sont des logements à loyers modérés bénéficiant d'investissements d'entretien et/ou de réhabilitation moyens ou faibles.
- Environnemental : ce sont des logements à faible qualité environnementale (notamment en isolation thermique).
- Politique : plusieurs organismes interviennent (offices HLM, structures sociales,...). Des programmes nationaux ou locaux sont principalement destinés ou fortement utilisés pour la réhabilitation de ces logements ou au soutien social aux occupants (PRH, SRU, ZUP, minima énergétiques subventionnés, APL...)

Une action sur un facteur isolé ou un ensemble de facteurs ne peut être efficace que si elle est associée à une étude globale. Chercher par exemple un nouveau mode de chauffage doit prendre en compte la situation territoriale du site et ses caractéristiques, la situation sociale des occupants, les implications économiques, la nécessité d'améliorer l'isolation thermique et d'associer les différents intervenants.

Dans ce contexte, afin de mettre à la disposition des décideurs et des acteurs du secteur les éléments de connaissance qui leurs permettront de comprendre l'ensemble du système et d'agir pour améliorer l'efficacité énergétique, des outils d'analyse sont nécessaires. Il doivent répondre aux besoins inhérents à une approche du couple « habitat-habitant » elle-même replacée dans son contexte territorial :

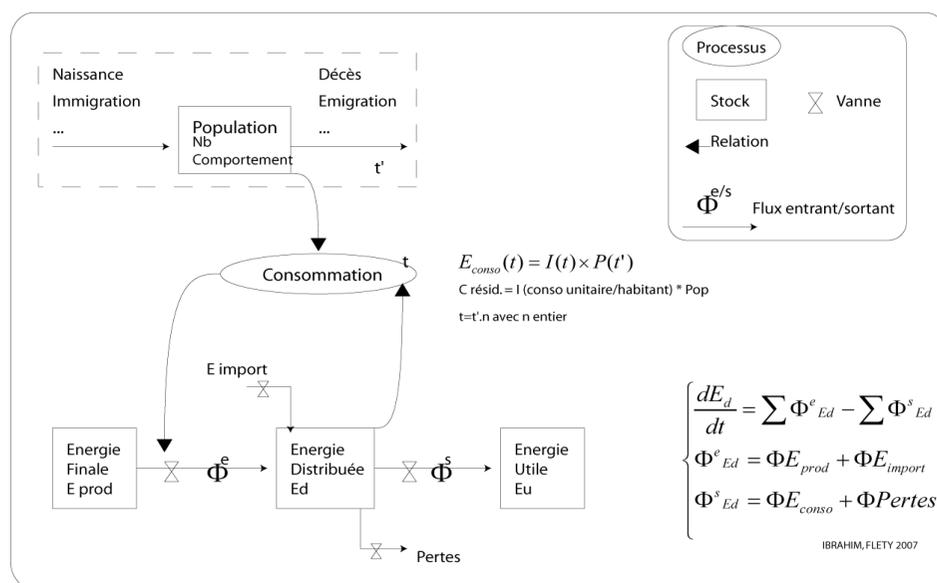
- Besoins d'évaluation et de suivi des performances énergétiques d'un parc de bâtiments
- Besoins de connaissance des caractéristiques socio-économiques des habitants
- Besoins d'aide à la décision pour l'amélioration des performances énergétiques et environnementales

Plus précisément, ils doivent permettre :

- La caractérisation des éléments du système par le biais d'une typologie des bâtiments :
  - Caractéristiques juridiques (propriétaires, gestionnaires, statut particulier...)
  - Caractéristiques spatiales des bâtiments (localisation, voisinage, environnement)
  - Caractéristiques techniques (architecturales, énergétiques)
  - Caractéristiques d'occupation (nature, mode)
- La mesure / estimation sur la base de la mise en place d'indicateurs :
  - Indicateurs typologiques : relatifs aux caractéristiques des bâtiments citées ci-dessus
  - Indicateurs énergétiques : mesures absolues et pondérées de la consommation énergétique (consommation absolue et relative (par occupant/m<sup>2</sup>, par utilisation finale...), types d'énergies utilisées et leur poids relatif,.....). Efficacité énergétique et impact économique et environnemental
  - Indicateurs socio-économiques : typologie des occupants des logements (revenus, CSP...), implication des occupants des bâtiments (intérêt, attente, nature et niveau d'engagement), implication des autres acteurs (propriétaires, collectivités territoriales,...)

Ces attentes sont propres à chaque étude particulière. Elles sont conditionnées par la grille d'analyse à travers laquelle est perçue la problématique de l'énergie. C'est pourquoi il est difficile de figer l'analyse en pré-définissant des indicateurs, sans permettre par ailleurs la construction de certains d'entre eux. Cette solution est celle que nous avons retenue pour développer les fonctionnalités d'analyse attendues. Elle impose cependant des développements techniques appuyés sur des objets et non plus sur des attributs dont la table relationnelle va définir l'identité. Elle appelle également la définition d'un ensemble d'opérateurs de base dont la combinaison permettra la construction des indicateurs attendus. Comme nous allons le voir, ces développements seront également nécessaires à la construction de module de prospective. Dans le paysage de la recherche en informatique appliquée, nous n'avons pas encore identifié de solution permettant de répondre à ces attentes. De ce fait, les propositions exprimées ici sont innovantes et nécessitent d'importants travaux de formalisation, avant même la mise en œuvre d'une phase de prototypage.

### c. La prospective (Fléty, Ibrahim, 2007)



**Figure 12 : Déclinaison du principe de modélisation à un processus élémentaire : le calcul de l'énergie distribuée**

Les capacités de perspectives du système d'information OPTTEER sont conditionnées par l'échange de données entre des bases de données spatio-temporelles et différents modèles prévisionnels numériques. Plutôt que de tenter de trouver quels modèles sont adaptés à quelles questions, notre problématique est davantage de trouver la combinaison de processus et opérations élémentaires adaptés à la question à traiter (Figure 12). Quelles seraient les méthodes (opérations) élémentaires à combiner pour répondre à telle question ? Il s'agirait d'identifier des familles de questions et de trouver l'assemblage de briques élémentaires (méthodes, opérations) à combiner permettant d'y répondre. Est-ce une comptabilité énergétique, une optimisation de localisation, une recherche de seuil ou de limites..., et à quelle échelle ? L'idée étant de tendre vers une bibliothèque de sous-routines<sup>21</sup> simulant des processus élémentaires (opérateurs ou énergétiques) couplée à des outils de pré/post traitement géomatiques. Il nous faut maintenant identifier et décrire aussi bien les familles et niveau de questions que ces processus élémentaires, qui combinés, permettront d'y répondre. Il nous faut aussi identifier les échelles pertinentes pour appréhender ces processus et identifier les variables à considérer en fonction du niveau d'échelle retenu. Un ensemble de travaux devrait nous permettre d'avancer sur les méthodes

<sup>21</sup> Une sous-routine est une portion de code qui réalise une tâche spécifique. Elle est comprise dans un programme plus large.

d'intégration et de couplage entre base de données et modèles. L'intégration de données consiste à mettre en commun les données des systèmes et de permettre l'appel de fonctions entre les différents systèmes afin de récupérer par exemple les données des BD spatio-temporelles dans les modèles de simulation.

La figure 12 (page précédente) décline le principe de modélisation précédant au facteur consommation. Seule la partie finale de la chaîne énergétique est représentée, elle figure les stocks d'énergie finale, distribuée et utile ainsi que les flux, imports et pertes. Le processus de consommation (période t) est en interaction avec d'autres systèmes (ayant leur propre période t') tel celui de la population ici présenté à titre illustratif. Un niveau de détail plus avancé pour ces systèmes connexes n'est sans doute pas nécessaire, mais il rappelle que nous étudions des systèmes complexes qu'il faut précisément border et qui évoluent sur des périodes de temps à discriminer. Dans un objectif de comptabilité énergétique, l'énergie consommée (ici par le secteur résidentiel) peut être une fonction liant consommation unitaire (par habitant) et population de l'élément (nombre d'habitants).

L'ensemble des principes et concepts fondateurs de la démarche adoptée dans le cadre du projet OPTTEER doit apparaître au travers des solutions techniques. C'est pourquoi nous proposons le développement d'une plateforme, cette dernière étant entendue comme une architecture constituée d'un noyau commun de connaissances et de méthodes, partagée par une base de données et des modèles numériques. Cette architecture propose un module central (représentation de la chaîne énergétique) autour duquel gravitent des modèles périphériques plus spécifiques (facteurs d'organisation et d'évolution) soit utilisables en eux-mêmes, soit qui font appel à une bibliothèque de modules élémentaires constitués de sous-routines. Ces derniers sont propres à une application, à un phénomène et peuvent être utilisés une ou plusieurs fois (figure 13).

### 2.2.2. L'architecture technique proposée pour l'observatoire (Thiam, 2007)

L'interopérabilité est une problématique stratégique pour les entreprises et organisations qui partagent des données spatiales ou attributaires par Internet. L'Open Geospatial Consortium (OGC)

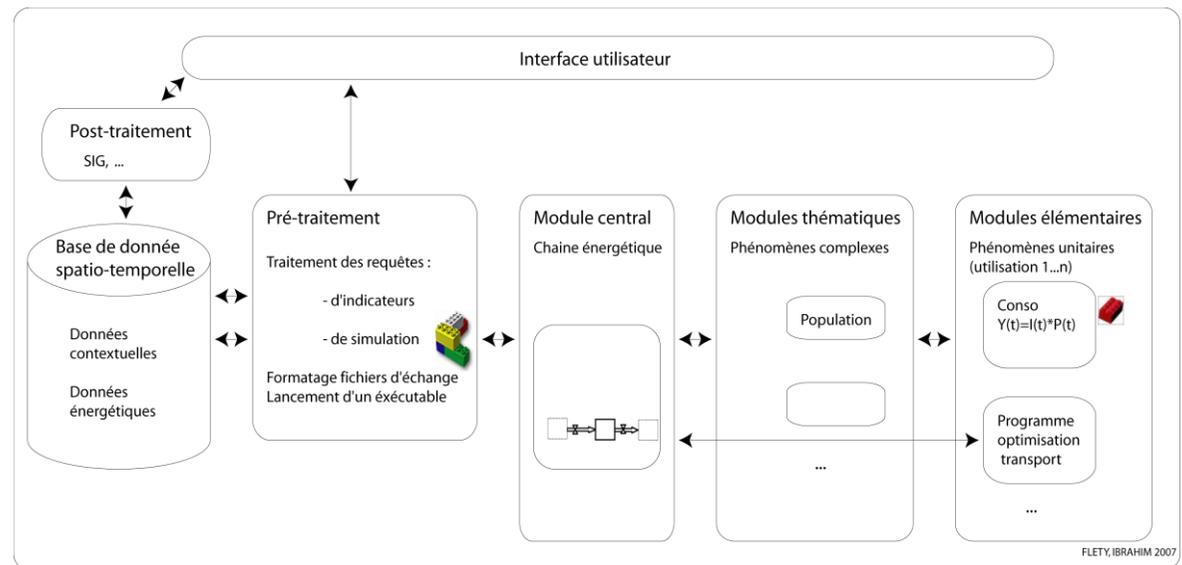


Figure 13 : Première ébauche d'architecture de plateforme

propose des standards pour les transferts de données par Internet. Nous proposons ainsi de développer l'observatoire territorial énergétique de Franche-Comté dans le respect des normes d'interopérabilité définies par l'OGC.

L'observatoire sera conviviale, simple d'utilisation, conçu dans le souci d'une compatibilité avec les grands standards du marché de développement d'applications informatiques. Il est indispensable de développer l'application dans un environnement qui permette une intégration aisée de l'ensemble des progiciels indispensables. Cette intégration doit permettre par ailleurs de réduire les temps de développement et d'assurer les délais de livraison.

La base de données pourra présenter une volumétrie importante. Pour effectuer une exploitation statistique et cartographique sur une telle base en respectant des délais de réponse convenable, il est important de prévoir une réorganisation des données (agrégats statistiques). Il convient alors de proposer une solution évolutive qui permettra d'adapter l'outil aux exigences et contraintes imposées par la volumétrie des données traitées.

#### **- Un environnement de développement en PHP**

Pour assurer l'exploitation statistique et cartographique de la base de données, nous proposons une architecture logicielle intégrée effectuant le lien entre la base de données et l'ensemble des progiciels proposés.

Les différents progiciels utilisés sont dépendants du langage de développement et du serveur d'hébergement.

Le langage de développement proposé doit tenir compte des connaissances et savoir-faire de la plupart des WebMaster et des développeurs Web et en particulier de l'équipe qui prendra en charge la maintenance de l'outil.

Il nous importe alors de choisir une technologie facilement portable et largement répandue.

Pour toutes ces raisons, la solution que nous proposons privilégie :

- Pour la machine : un ensemble de progiciels compatibles à des machines de type Windows, Unix ou Linux ;
- Pour le Serveur Web : un système de type Apache ;
- Pour le langage de développement : un environnement de développement en PHP (maîtrisé par la plupart des WebMaster ou développeur Web).

#### **- Une architecture logicielle**

L'architecture logicielle proposée doit être composée d'un ensemble de progiciels compatibles avec la technologie PHP (Figure 14).

Les composants de l'architecture proposés doivent permettre d'assurer une durabilité de la solution et être compatibles les uns avec les autres.

- *SGBD avec extension spatiale (PostgreSQL/PostGIS)*

PostgreSQL est un système de gestion de bases de données relationnelles objet (ORDBMS). POSTGRES est le SGBD libre le plus complet du marché. Il supporte une grande partie du standard SQL tout en offrant de nombreuses fonctionnalités modernes : requêtes complexes, clés étrangères, déclencheurs (triggers), vues, intégrité des transactions et contrôle des accès concurrents.

Son extension spatiale, PostGIS, est développée par un organisme spécialisé dans la mise en oeuvre de bases de données spatiales, l'intégration d'application et les transformations automatiques de données. Cet outil est actuellement le ORDBMS avec extension spatiale le plus utilisé par la communauté.

- *Progiciel de Cartographie (MapServer)*

Le module de cartographie dynamique que nous proposons pour l'observatoire s'appuie sur le Progiciel MapServer. C'est le serveur cartographique libre le plus utilisé par la communauté. Il respecte et supporte les normes de l'OGC (Open Geospatial Consortium, association d'industriels de la géographie numérique). Ce logiciel est aujourd'hui maintenu par un nombre grandissant de sociétés (approximativement 20 pour MapServer) répartis dans le monde entier. Ils sont soutenus par un groupe hétérogène d'organisations qui financent les développements et la maintenance.

Ce serveur cartographique supporte de nombreux formats de fichiers de données géographiques - qu'ils soient raster (TIFF géoréférencé) ou vectoriel (SHP de Esri, TAB de MapInfo, ...) – ainsi que des bases de données spatiales (PostGreSQL/PostGis, Oracle-Spatial). Pour construire une carte ces différents types de formats sont très souvent utilisés simultanément.

MapServer gère de nombreux standards qui permettent de publier des services de données d'une manière interopérable. Il implémente en entrée et sortie tous les services proposés par l'OGC : WMS, WFS, WCS,...

MapServer est capable de générer en sortie des cartes utilisables par n'importe quel navigateur à différents formats raster (JPG, PNG, GIF) ou vectoriel (SVG, PDF).

Grâce au langage de développement MapScript qui lui est associé, on peut aisément manipuler la carte (ex. zoom), mais aussi chacune des couches qu'elle contient.

- *Progiciel Graphique statistique (Artichow)*

Pour construire dynamiquement les graphiques statistiques, nous proposons le Progiciel libre Artichow. C'est une librairie PHP en constante évolution permettant de générer de façon simple tous les graphiques statistiques du type histogramme, courbe ou circulaire.

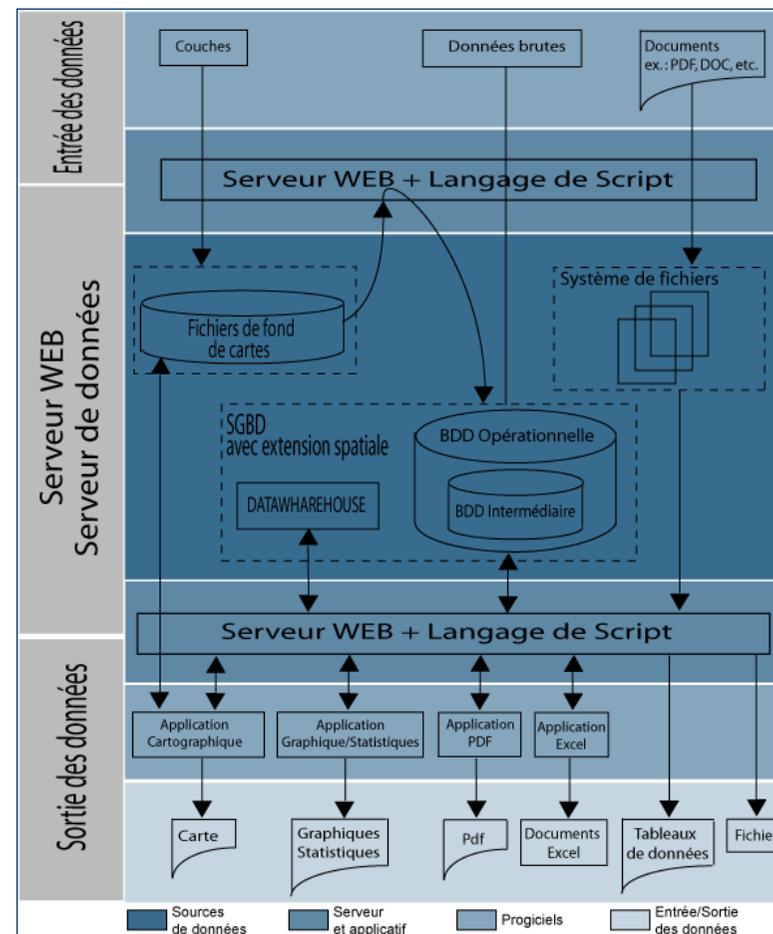


Figure 14 : Architecture technique de l'Observatoire

Pour communiquer avec le navigateur client (Internet Explorer ou Netscape par exemple), Artichow envoie une image (JPG, PNG, GIF, ...) ou un flux non stocké sur le serveur.

- *Application PDF (FPDF)*

FPDF est l'un des utilitaires de générateur de PDF les plus utilisés avec PHP. C'est une bibliothèque qui permet de créer en dynamique des fichiers PDF. Voici une liste de ses principales fonctionnalités :

- Choix des unités et des marges ;
- Gestion des en-têtes et pieds de page ;
- Saut de page automatique, saut de ligne automatique et justification ;
- Couleurs, compression des pages et images (JPEG et PNG) .

- *Application Excel (Spreadsheet\_Excel\_Writer)*

Spreadsheet\_Excel\_Writer est une bibliothèque PHP qui permet de générer des fichiers aux formats Excel (.xls).

- *Tableaux de données*

PHP dispose des outils nécessaires pour construire les tableaux de données. Aucun progiciel particulier n'est donc nécessaire.

L'ensemble des progiciels proposés permet un fonctionnement en parallèle et donc facilite le passage des données de l'un à l'autre. Cette possibilité de travailler en parallèle garantit le passage entre les différents modes de représentation (par exemple, d'une représentation cartographique à une représentation graphique).

### **2.2.3. Développement de l'application « observatoire »**

Dans les applications PHP classiques, l'ensemble du code html et les programmes sont regroupés dans une feuille, ce qui rend difficile les opérations de maintenance : lorsque l'on veut modifier l'interface homme machine (graphisme) par exemple.

Le développement de l'application que nous proposons sera effectué selon une méthode de programmation à trois couches. Cette méthode de programmation permet de changer l'interface sans changer la finalité de l'application. Nous distinguerons :

- **La couche de présentation des données** : elle contient les éléments de la charte graphique et de l'ergonomie de l'application Web ;
- **La couche de traitement des données** : elle contient l'ensemble des règles de gestion et de logique applicative (routines, calculs, etc.) ;

- **La couche d'accès aux données persistantes** : c'est le système de gestion de bases de données.

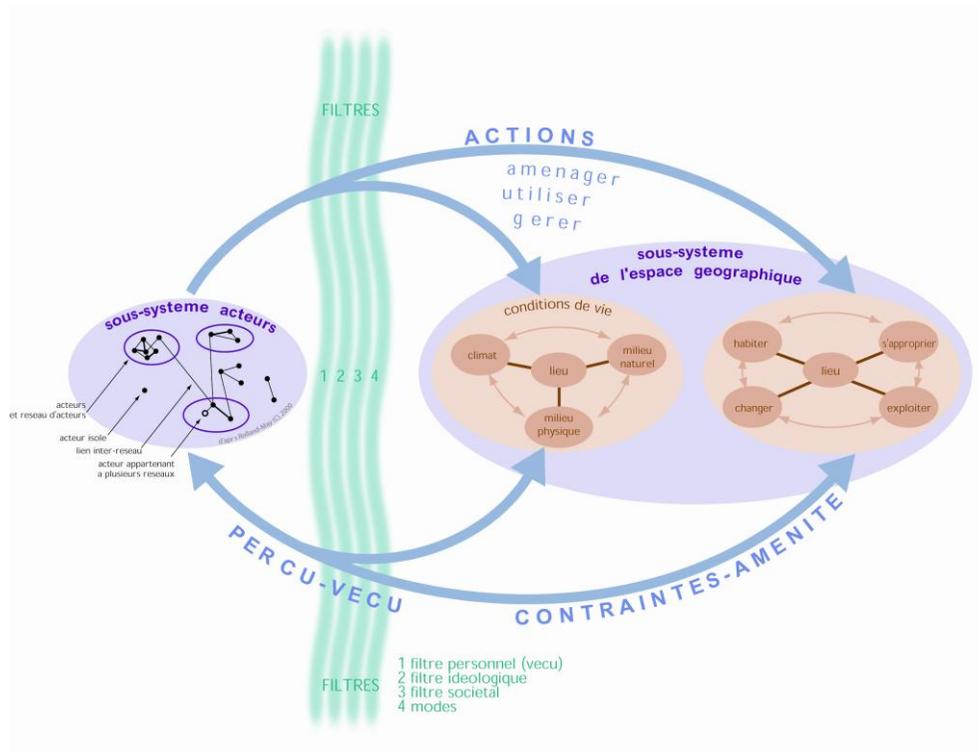
Ainsi, par exemple, il sera possible de faire évoluer la couche traitement sans toucher à la présentation des pages. Les avantages de cette méthode de programmation sont multiples :

- La maintenance des traitements est facilitée,
- La vision des traitements depuis la couche Présentation est simplifiée,
- Le portage d'un environnement graphique à un autre est très facile,
- Le travail en équipe est optimisé.

### 3. Etat d'avancement du projet

Le projet OPTEER, comme nous l'avons déjà mentionné, s'abreuve à de nombreux travaux de recherche menés autour du concept de territoire et des approches de modélisation d'une part ainsi que de la problématique de l'instrumentation en géographie d'autre part. Sans risquer de revenir sur des éléments déjà présentés, il est possible de brosser rapidement les acquis et l'avancement des réflexions d'ordre conceptuel et méthodologique nécessaires à l'aboutissement de ce projet.

#### 3.1. Les théories et les concepts



#### 3.1.1. Le socle territorial

Le territoire, vu comme un système liant acteurs et organisation de l'espace apparaît comme le concept intégrateur par excellence, favorisant la mise en œuvre d'approches des systèmes énergétiques dans leur complexité (Figure 15).

Ce socle conceptuel nous permet d'intégrer à la fois le versant organisationnel du projet, notamment à travers la mobilisation des concepts de gouvernance et de participation et le versant physique, articulé autour de contraintes et d'aménités.

Figure 15 : Le concept de territoire (Sources : A. Moine, 2006)

### 3.1.2. Les structures et les processus énergétiques

Comme nous l'avons évoqué, les systèmes énergétiques sont complexes. Ils sont constitués de multiples chaînes (Figure 16) et processus qui englobent les matières premières/gisements, les centres de production et les réseaux de distribution, avec des modes de régulation, de gestion, de localisation, de production, de distribution et de consommation spécifique. Nous pouvons distinguer quatre familles de mécanismes généraux régissant la dynamique d'un système énergétique:

- Structurels : caractérisant la structure énergétique des territoires (production/transformation, distribution, consommation),
- Fonctionnels : représentant les processus mis en œuvre,
- Spatiaux : caractérisant les fortes interactions territoriales,
- Temporels : régissant la dépendance temporelle du système.

Tant au niveau de son mode d'existence, de son fonctionnement que de son développement, un système énergétique territorial est modelé par la dynamique simultanée et interdépendante de ces quatre mécanismes. Ainsi, il se conforme aux caractéristiques d'un système complexe : il est à la fois ouvert et fermé (sa limite ou frontière est poreuse), il est défini par ses relations, il est arborescent, finalisé, il présente une grande variété et enfin il est auto-organisateur (Donnedieu G. et al., 2002).

A partir des acquis conceptuels et méthodologiques de la systémique et des apports de l'approche géographique, nous nous proposons de concevoir un modèle d'analyse d'un système énergétique territorial. Ce modèle est basé sur la description et l'analyse des mécanismes régissant la dynamique d'un système énergétique territorial : structurels, fonctionnels, spatiaux et temporels.

D'un point de vue méthodologique, il s'agit alors d'identifier :

- ✓ les entités composantes du système,
- ✓ les échelles d'observation et d'analyse pertinentes tant d'un point de vue spatial que temporel (on peut penser ici aux cycles temporels de production ou de consommation),
- ✓ le modèle des interactions à même de refléter la complexité et de satisfaire aux enjeux d'un tel système territorial.

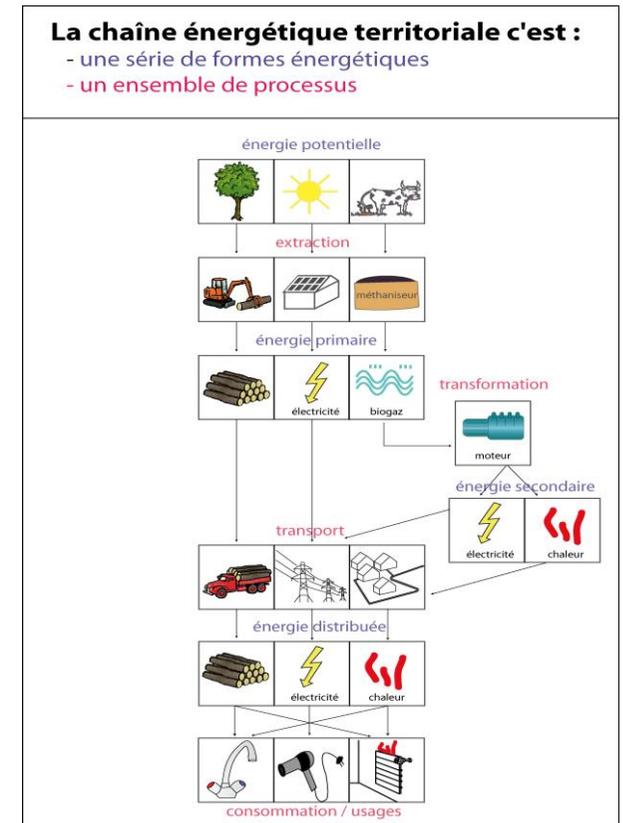


Figure 16 : Représentation de la chaîne énergétique

## 3.2. Les méthodes et les outils

### 3.2.1. L'observation et les observatoires, à l'interface entre réel et connaissance (de Sède-Marceau, 2007)

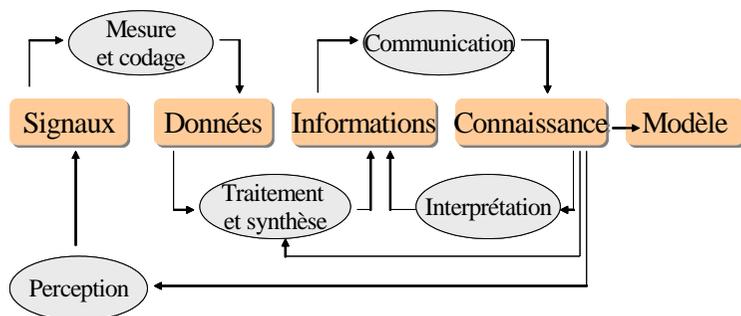


Figure 17 : Du réel à la connaissance (de Sède, 2002)

Le développement des observatoires, qu'il s'agisse d'observation du territoire, d'observation de phénomènes sociologiques ou bien encore économiques ou environnementaux est étroitement lié à trois phénomènes :

- la disponibilité de plus en plus grande de données d'une part ;
- la complexité croissante des jeux d'acteurs et de l'espace géographique utilisé, aménagé et géré ;
- la montée en puissance des attentes en matière de connaissance et d'évaluation des actions d'autre part.

Ainsi, d'un point de vue cognitif, la disponibilité des données, couplée à une diffusion beaucoup plus aisée de l'information rendue possible par les Technologies de l'Information et de la Communication (TIC), place la problématique de l'observation dans un contexte qu'il nous faut à présent préciser.

La démarche cognitive aboutissant à la création de connaissances peut-être schématisée sous la forme d'un continuum partant du réel (et dont nous percevons les signaux) pour aboutir à la connaissance voir au delà, à la modélisation<sup>22</sup> (figure 17).

L'acquisition de connaissances relatives au territoire, objectif majeur prévalant à la prise de décision, peut-être assimilée à une opération d'apprentissage c'est à dire une modification de la capacité à penser, représenter construire l'objet d'étude sous l'effet de données. Les recherches en sciences cognitives et en informatique mettent en avant le fait que la connaissance est le fruit non seulement de données externes à l'apprenant, d'interactions avec son environnement et enfin d'outils et d'informations internes à ce dernier, notamment des outils mémoriels. Comme le souligne Piaget (Piaget, 75) cité par Noucher, 07, « *l'intelligence n'est qu'une forme plus élaborée de l'adaptation biologique. Ainsi, les processus par lesquels les apprenants*

<sup>22</sup> La modélisation implique effectivement d'établir des modèles donc des représentations formalisées d'une réalité avec pour objectif de rendre compte de phénomènes en relation les uns avec les autres. Cette ambition implique évidemment la connaissance de cette réalité

*construisent leurs propres structures mentales se font en interaction avec l'environnement* ». L'observation s'inscrit donc dans ce paradigme<sup>23</sup> de la connaissance. Afin de mieux cerner les enjeux de l'observation, sa pertinence dans le cadre d'approches territoriales visant à la description, l'analyse et au delà l'aide à la décision, il est important de la situer dans ce continuum. Formellement, l'observation, considérée comme une attention soutenue portée à un sujet mais aussi comme un « outil de recueil de données » (Institut National des Télécommunications) se situe en amont du processus de génération de connaissance.

Intégrant la réception de signaux émanant du monde réel et la production de données, elle influe donc très largement sur la connaissance puisque c'est cette première étape qui va conditionner l'ensemble des propriétés et caractères propres aux données alimentant la prise de décision. Cette évidence pour tous, semble cependant bien vite oubliée dès lors que les projets d'observation prennent corps. De fait, combien sont-ils, décideurs ou plus largement chargés d'étude, techniciens, voire même chercheurs à se poser la question de la qualité de cette transmutation qui fait passer du monde du ressenti à celui plus formel de la donnée ?

Par définition donc, l'observation sous-tend la logique de la description. Ainsi, dans son acception la plus courante, la description consiste à rassembler les observations faites à propos de tel ou tel phénomène afin de fournir une image aussi cohérente et aussi complète que possible de celui-ci. En l'occurrence, dans le cadre d'observatoires territoriaux, il s'agira de représenter l'espace géographique en référence à des utilisateurs, aménageurs ou gestionnaires. La description doit conduire à une représentation aussi exacte que possible de la réalité. C'est une phase importante qui procède de l'observation et prépare à l'analyse. De la qualité de la description dépendront la qualité des résultats de l'analyse et donc des politiques d'aménagement ou de gestion mises en œuvre.

Il existe cependant une distorsion entre l'observation, telle qu'elle est définie et utilisée par l'ensemble des sciences (observation sociologique autant qu'observation de phénomènes physiques ou biologiques) et l'observation initiée et pratiquée par les acteurs territoriaux sur l'objet territoire.

- Cette distinction opère tout d'abord sur l'objet de l'observation lui-même. Alors que l'observation « scientifique » apparaît en effet comme une démarche extérieure à l'objet lui-même, l'observation territoriale s'avère beaucoup plus complexe puisque les « observateurs » sont également les « observés ». Nombreux, en effet, sont les observatoires développés par des institutions, des collectivités territoriales qui finalement se regardent elles-mêmes, à travers les mutations des territoires qu'elles ont plus ou moins directement initiées !
- En termes d'objectifs, une autre distinction s'impose. Alors que l'observation scientifique ambitionne plus un premier décryptage de l'objet en vue de sa description puis de sa compréhension, l'observation territoriale vise à travers la mutualisation des connaissances, à fournir des clés d'interprétation des systèmes complexes que représentent les territoires. Comme le souligne Christian Estrosi dans son allocution de

---

<sup>23</sup> Un paradigme désigne l'ensemble des problématiques propres à un objet d'étude et les techniques de cette étude.

présentation de l'observatoire des territoires de la DATAR<sup>24</sup> (DIACT aujourd'hui), "*En publiant son premier rapport, l'observatoire des territoires répond à plusieurs attentes et notamment à celle de mieux partager, dès maintenant, les connaissances disponibles sur les territoires, trop souvent dispersées ou connues des seuls spécialistes*"<sup>25</sup>. Dans ce contexte, il s'agit davantage de connaître pour comprendre certes mais surtout de connaître pour agir, pour décider, pour évaluer (figure 18).



**Figure 18 : De l'observation à l'action**

- En termes de méthodes, le développement d'observatoires ne répond toujours pas à l'heure actuelle à une démarche de mise en œuvre formalisée et validée. Les projets s'appuient tantôt sur des approches essentiellement organisationnelles dont les objectifs consistent à favoriser les partenariats autour des thématiques sur lesquelles portera l'observation. On peut alors assimiler « l'observatoire » à un dispositif organisationnel de type « service étude », partagé entre différentes organisations et dont les objectifs consistent à produire régulièrement des connaissances sur le territoire et/ou la thématique d'intérêt. Dans d'autres cas, les projets s'appuient explicitement sur la mise en œuvre d'un outil informatisé, de type base de données partagées, sur la base desquelles seront produits un ensemble de données synthétiques, support de connaissance des territoires.

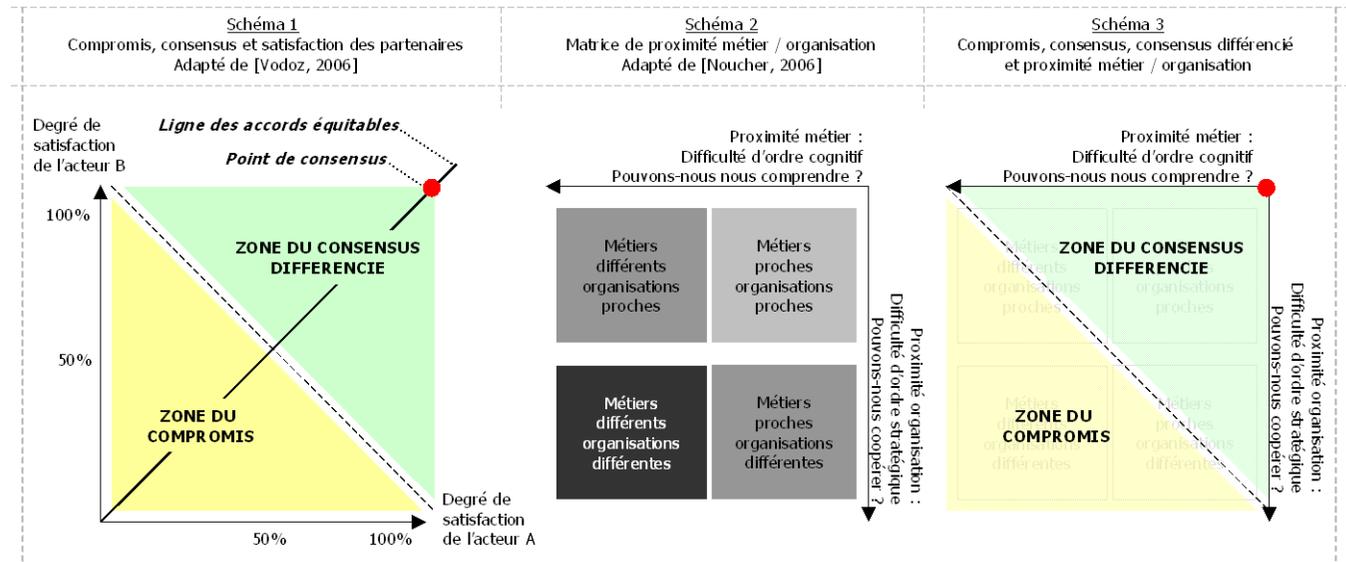
Dans tous les cas cependant, l'objectif est de produire ensemble ce qu'il serait impossible de produire seul. C'est en effet par l'intégration de données multi-sources et multi-thématiques que se révèlent les processus et caractères révélateurs de la complexité. Nous pouvons à ce titre citer l'intérêt de la combinaison de données socio-économiques et de données techniques sur les bâtiments pour développer des indicateurs comportementaux en matière de consommation énergétique (Ibrahim et al, 2007). Autre exemple, le recours à une combinaison de données financières, de données sur la mobilité ainsi que de données plus « classiques » caractérisant le profil des ménages (données de l'INSEE (Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques)) permettant d'évaluer des indicateurs renseignant sur le coût de l'éloignement pour les ménages péri-urbains<sup>26</sup>.

---

<sup>25</sup>Source : [http://www.premierministre.gouv.fr/information/actualites\\_20/presentation\\_rapport\\_observatoire\\_territoires\\_54646.html](http://www.premierministre.gouv.fr/information/actualites_20/presentation_rapport_observatoire_territoires_54646.html), décembre 2005.

<sup>26</sup> Cette étude est actuellement menée par l'Agence d'Urbanisme de l'Agglomération Bisontine (AUDAB), en collaboration avec l'Agence Départementale d'Information sur le Logement du Doubs (France)

Ainsi, les objectifs de l'observation des territoires s'apparentent alors à une certaine forme de coproduction de données dont les mécanismes ont été identifiés par Noucher (Noucher, 2007). Cette « filiation », entre observatoire et coproduction nous permet de préciser les conditions favorables au développement des logiques participatives indispensables dans le cadre de tels projets (figure 19). Comme dans tout mécanisme socio-cognitif, les enjeux sont alors de faire se comprendre des acteurs aux cultures et aux métiers différents et souvent par ailleurs, aux stratégies divergentes. Ainsi la gouvernance émergera-t-elle sur la base du partage des données et des réflexions sur les indicateurs partagés.



**Figure 19 : Conditions stratégiques et cognitives favorables aux différentes logiques participatives de coproduction de données géographiques. Sources : Matthieu Noucher, 2007**

### 3.2.2. Les modèles énergétiques (Fléty, 2007)

Un modèle est la représentation (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 figure suivante (figure 20)

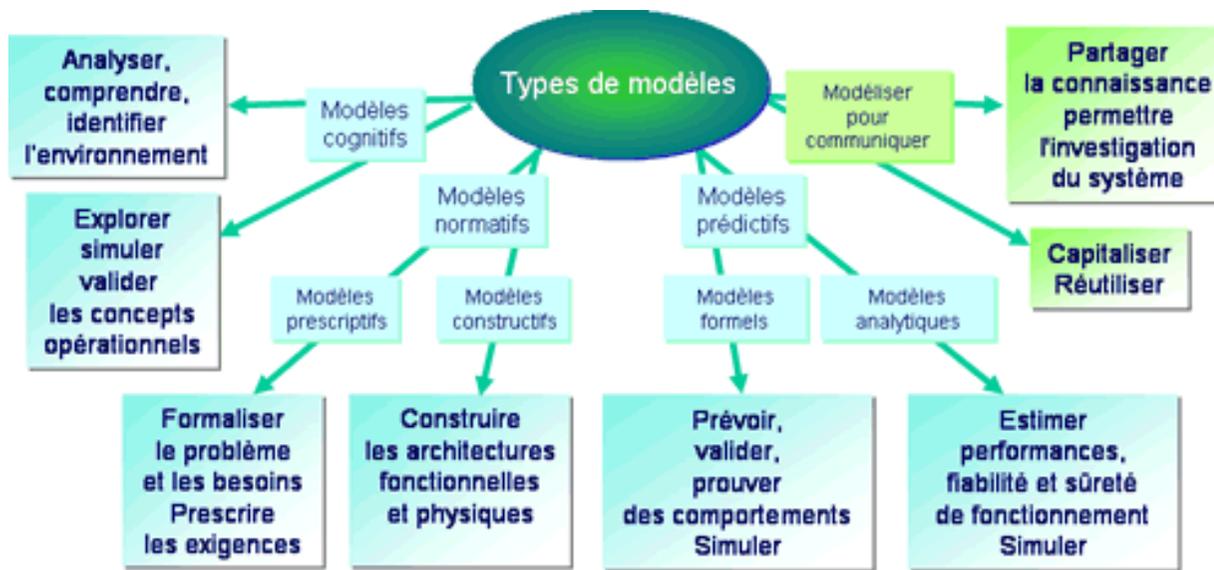


Figure 20 : Finalités de modèles génériques, AFIS 2006

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<sup>27</sup> (évolution), ou une combinaison des trois. De manière similaire mais en utilisant d'autres termes, les modèles d'état présentent la disposition d'un état du système à un moment spécifique. Ces modèles s'intéressent principalement aux structures du système. Les modèles de comportement, quant à eux, étudient les relations entre les différents états sur la base de processus. Ils expriment principalement le fonctionnement et l'évolution du système face à un stimulus.

### Les types de 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 un ensemble de composants. Ils sont ici proposés sans hiérarchisation. Ainsi nous pouvons distinguer :

- ✓ Les hypothèses à l'origine de la modélisation
- ✓ Le processus de modélisation
- ✓ Les outils de modélisation utilisés

<sup>27</sup> En systémique, la structure assure le fonctionnement qui maintient la structure.

- ✓ Les éléments constitutifs du modèle
- ✓ Les formalisations : syntaxe, langage et structure informatique
- ✓ La prise en compte du spatio-temporel
- ✓ La dimension « prévision/simulation »

## 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 modèles de prévision numérique énergétique. 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 par les auteurs illustrent cette diversité et les divergences conceptuelles et sémantiques associées aux intitulés des types et critères de classification. Nous nous intéressons ici aux grilles d'analyse (ensemble de critères) utilisées sur lesquelles se basent les classifications et non sur ces dernières.

- [WORLDBANK, 1991], propose une classification basée sur le rôle (finalité) 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 critères d'évaluation proposés des modèles sont décomposés en trois groupes généraux relatifs à la description, la classification et l'évaluation des modèles énergétiques. Ces groupes semblent reposer sur l'étendue des questions traitées et donc l'ampleur des modèles. Les modèles du premier groupe sont 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. (ENPEP MESAP (MESSAGE en fait partie), LEAP). Les modèles du second groupe sont plus compacts, bien qu'ils incluent aussi des sous modèles (ENERPLAN, TEESE). Les modèles du troisième groupe MARKAL, MEDEE ont été élaborés pour étudier respectivement la fourniture et la demande d'électricité.

- [BEECK (VAN), 1999 ; GRUBB, 1993]: Ces auteurs ont réalisé une classification dans le but de choisir parmi les modèles existant, le plus adapté à leurs besoins. VAN BEECK, se basant sur les travaux de GRUBB *et al*, 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-jacente (économétrique, équilibre, optimisation, simulation multicritère boîte à outil, backcasting). Ces points soulèvent de nombreuses questions quant à la distinction entre finalités, techniques et méthode 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] / [PHDUNGSILP, 2006]: Ces trois auteurs proposent une classification des types de modèles énergétiques déjà entrevue. Les explications relatives aux critères utilisées ne sont pas explicitées.
- [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).
- [JEBARA], 2006], a réalisé un inventaire non exhaustif de 252 modèles qu'il a classifié par thématiques et/ou vecteurs énergétiques).
- [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 Von. 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 filières intégrant une dimension spatiale à différents degrés.
- [LEFEVRE, 2005] réalise une classification de modèles relevant d'une approche économique à échelle nationale. Ses critères de classification sont les objectifs du modèle, l'approche modélisatrice retenue, l'horizon temporel et l'échelle d'application.

### **Contraintes et limites des modèles existants**

- Le premier écueil est 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. On trouve mis sur un même plan pour une typologie, des intitulés de modèles tels que modèles multicritère (techniques de mathématiques appliquées en aide à la décision), modèle boîte à outil (structure), modèle stochastique (relation de causalité entre variables) ou modèle global (lié aux considérations spatiales).
- Une première contrainte apparaît dans le choix de privilégier 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.

- Si la plupart des modèles existants se réclament d'échelle d'application nationale, aucune prise en compte de dimension spatiale 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, principalement à des fins de communication.
- Les données contextuelles : 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. Le contexte fait ici référence aux données ne relevant pas directement de la thématique énergétique, mais qui dans les modèles étudiés sont incontournables. Il semble même qu'elles soient quantitativement majoritaires. Une des faiblesses de la plupart des modèles énergétiques existants est que bon nombre de problèmes économiques, sociaux ou environnementaux très dépendants du contexte, ne sont pas traités de manière satisfaisante. Un exemple est que dans la plupart des modèles ascendants, la seule rentabilité économique constitue le principal indicateur de décision. Ceci est du principalement à la difficulté d'intégrer ces données contextuelles autrement que par leurs substitution en équivalents monétaires. En ce même sens, l'étendue des données nécessaires au fonctionnement des modèles n'est que très rarement décrite (exception faite du logiciel Long Range Energy Alternative Planning LEAP).
- La considération des usages, ou services énergétiques consommés [BEECK (VAN), 2000] nécessite le choix d'une logique ascendante pour expliciter les technologies utilisées lors de la modélisation. Les services énergétiques sont en effet la motivation de la demande énergétique. Nous souhaitons disposer d'électricité, non pas parce qu'il s'agit d'une forme noble d'énergie mais pour s'éclairer. De manière similaire, le besoin de chaleur répond à une demande de cuisson ou de chauffage. L'intérêt d'une entrée par services énergétiques permet d'estimer les capacités en terme de ressources locales, de maîtrise de la consommation ou d'économie de transport. Le terme de service énergétique ne doit pas être confondu avec l'usage économique qui en est fait d'offre de service.
- Enfin, le constat des limites des modèles énergétiques est dressé par plusieurs auteurs dans le sens où un modèle énergétique ne répond qu'à un objectif [FINON, 2003]. Si la construction d'un modèle pouvant répondre à toutes les questions est illusoire, nous pensons qu'une réponse peut être apportée par une plate forme de modélisation modulaire et évolutive.

### 3.3. La maquette OPTEER

Le maquettage a été effectué par IAD informatique en étroite collaboration avec l'équipe GREAT.

#### 1) Page d'accueil et structure générale de l'outil

The screenshot shows the homepage of the 'OBSERVATOIRE TERRITORIAL ÉNERGÉTIQUE DE FRANCHE-COMTÉ'. The page is structured into several sections, with red callout boxes numbered 1 through 7 pointing to specific elements:

- 2**: Points to the main navigation menu on the left, which includes 'OBSERVER', 'ANALYSER', and 'PROSPECTER'.
- 3**: Points to the top navigation bar containing links for 'Glossaire', 'Convertisseur d'unité', 'Liens utiles', and 'Partenaires'.
- 4**: Points to the main heading 'BIENVENUE SUR LE PORTAL D'OBSERVATION ET DE PROSPECTIVE TERRITORIALE ÉNERGÉTIQUE DE FRANCHE COMTÉ'.
- 5**: Points to the 'QUELQUES CHIFFRES CLÉS ...' section, which lists key statistics for the Franche-Comté region.
- 6**: Points to the search bar labeled 'rechercher dans l'observatoire...'.
- 7**: Points to the footer navigation bar containing links for 'Qui sommes-nous?', 'Contactez-nous', 'Plan du site', and 'Mentions légales'.
- 1**: Points to the main content area describing the system's objectives and the three main modules: 'Observer', 'Analyser', and 'Prospecter'.

**QUELQUES CHIFFRES CLÉS ...**

Indicateur	Valeur
Population (millier)	1126
Densité (hab/km <sup>2</sup> )	69
Production d'énergie primaire totale (ktep)	420
Consommation d'énergie finale (ktep)	9992

consultez la fiche complète +

La page d'accueil de l'outil permet de définir à l'aide de la zone de texte centrale (1), l'objectif de sa conception et les publics auxquels il s'adresse. Dans toutes les pages de l'observatoire, nous trouverons :

- Un lien **(2)** qui permet un accès constant à la page d'accueil ;
- Un menu horizontal **(3)** permettant d'accéder à plusieurs pages et fonctionnalités :
  - page de glossaire qui permet de proposer des définitions à l'ensemble des termes utilisés dans l'observatoire,
  - page de liens utiles qui donne un accès facile à plusieurs liens et sites Internet en rapport avec l'énergie
  - page de présentation des partenaires du dispositif.
  - un convertisseur d'unité qui permettra de convertir des valeurs d'une unité à une autre
- Un menu vertical **(4)** donne accès aux indicateurs rangés dans l'observatoire à travers des enjeux et thématiques mais aussi à un module d'analyse et de prospective dans le domaine énergétique ; Seul le module « Observer » fait ici l'objet d'une description détaillée. Les deux autres modules sont au centre de nos réflexions et travaux actuels.
- « Quelques chiffres clés » (population, densité de peuplement, production d'énergie primaire totale, production d'énergie final) sur la région de Franche-comté avec la possibilité d'ouvrir le tableau de bord complet **(5)**;
- La possibilité d'une recherche dans l'observatoire par mots clés est présente dans l'outil pour obtenir des définitions et/ou des liens permettant d'avoir plus d'informations sur le(s) mot(s) clé(s) recherché(s) **(6)**;
- Un pied de page qui contient des liens vers les pages **(7)**:
  - « Qui sommes-nous ? » qui présente l'équipe de recherche travaillant sur l'observatoire
  - « Contactez-nous » qui donne les informations permettant de contacter l'équipe
  - « Plan du site », récapitulant le contenu du site de l'observatoire
  - « Mentions légales » qui précisent les conditions d'accès applicables aux données diffusées, les dispositions légales ainsi que droits d'auteurs liés à l'observatoire

## 2) Entrée par filières énergétiques

**1**

**2**

**3**

**4**

**5**

Nom	Organisme
Superficie forestière	IFN
Volume sur pied	IFN
<b>Gisement brut issu des rémanents pour la production de bois plaquette</b>	<b>IFN</b>
Nombre d'exploitations forestières	AGRESTE
Production des exploitations forestières	AGRESTE
Nombre de scieries	AGRESTE
Production des scieries	AGRESTE

Année: 1990

Territoire d'étude: Région

Nom du territoire: Franche-Comté

Unité élémentaire d'observation: Département

Liste des illustrations disponibles: Carte, Graphe, Tableau

Documents liés à l'indicateur: Docs, Docs

A travers cette entrée, nous accédons à une liste de filières énergétiques (1). En cliquant sur une filière, l'utilisateur accède à la liste des indicateurs rangés dans cette filière (2) par organisme fournisseur de données. Le clic sur un indicateur, donnera à l'utilisateur la possibilité de choisir un territoire d'observation préétabli et de définir une période d'observation (3). L'utilisateur peut construire un territoire personnalisé (4), par exemple de projet, qui ne constitue pas un territoire administratif prédéfini (voir page suivante). Si l'utilisateur remplit l'ensemble de ces conditions, il pourra accéder aux illustrations disponibles (carte, graphique statistique, tableau) mais aussi aux documents pouvant lui donner plus de renseignements sur l'indicateur (5).

### 3) La construction d'un territoire personnalisé

The screenshot displays the 'OBSERVATOIRE TERRITORIAL ÉNERGÉTIQUE DE FRANCHE-COMTÉ' website. The main heading is 'CRÉATION D'UN TERRITOIRE PERSONNALISÉ'. Below the heading, there is a text block explaining the purpose of the module. The interface is divided into several sections:

- Navigation:** 'OBSERVER', 'ANALYSER', and 'PROSPECTER' tabs are visible on the left.
- Map:** A map of the Franche-Comté region shows several communes highlighted in orange, indicating they are selected for the territory. Labels on the map include JUSSEY, CHAMPAGNEY, LURE, HÉRICOURT, GRAY, and CHAMPLITTE. A legend indicates 'COMMUNES SÉLECTIONNÉES' (orange), 'HYDROLOGIE' (blue), and 'ROUTES' (red).
- List of Territories:** On the right, a section titled 'GÉRER MES TERRITOIRES' contains a text input for 'Nom du territoire' and a dropdown list with five entries: 'mon\_territoire1', 'mon\_territoire2', 'mon\_territoire3', 'mon\_territoire4', and 'mon\_territoire5'. Below the list are buttons for 'Ajouter', 'Enregistrer', 'Changer', and 'Supprimer'.
- Key Figures:** A sidebar on the left titled 'QUELQUES CHIFFRES CLÉS ...' provides statistics for the region: Population (1126), Density (69), Primary energy production (420), and Final energy consumption (9992).

Three red boxes with numbers 1, 2, and 3 are overlaid on the interface, with arrows pointing to specific elements: 1 points to the map, 2 points to the list of territories, and 3 points to the 'Ajouter' button.

Cette page permet la construction d'un territoire qui n'est pas administrativement prédéfini. Par exemple, un ensemble de 3 communes travaillant sur un projet peut être défini comme un territoire personnalisé. Cette interface autorise deux modalités de construction : la première est une sélection graphique (1), la seconde modalité est réalisée par sélection des unités territoriales dans une liste triée par nom (2). Dans les deux cas, un enregistrement (3) est nécessaire afin de pouvoir utiliser dans l'observatoire le territoire ainsi construit.

#### 4) Entrées par chaîne énergétique et contexte territorial

Les entrées par chaîne et contexte territorial présentent les mêmes fonctionnalités que l'entrée par filière. Si l'entrée par chaîne autorise l'accès aux thèmes Potentiel, Production, Consommation et Stocks, l'entrée contexte territorial présente des indicateurs dans les thèmes Population / Logement, Emploi / Activité, transport / Mobilité et milieu naturel.

#### 5) Entrée usage énergétique

**USAGE ÉNERGÉTIQUE**

Les usages constituent les services énergétiques consommés, ils sont la motivation de la demande énergétique. Par exemple, le besoin de chaleur répond à un usage de cuisson ou de chauffage. Tous les vecteurs énergétiques n'ont pas les mêmes rendements pour délivrer un service énergétique. Par exemple, l'utilisation de l'électricité pour du chauffage ne présente pas le meilleur rendement global.

Usages (FR 2001)	Mtep
Chaleur à basse température : chauffage, eau chaude	50
Electricité pour appareils courants : électroménager, informatique, machines	17
Force motrice pour les transports	50,50
Process industriels spécifiques : haute température, électrolyse, réactions chimiques	41
TOTAL	158,50

**Répartition par usage énergétiques en France en 2001**

- Chaleur à basse température : chauffage, eau chaude (31%)
- Electricité pour appareils courants : électroménager, informatique, machines (11%)
- Force motrice pour les transports (26%)
- Process industriels spécifiques : haute température, électrolyse, réactions chimiques (32%)

**QUELQUES CHIFFRES CLÉS ...**

Région : Franche-Comté

- Population (millier) : 1126
- Densité (hab/km<sup>2</sup>) : 69
- Production d'énergie primaire totale (ktep) : 420
- Consommation d'énergie finale (ktep) : 9932

consultez la fiche complète

Après avoir présenté succinctement les intérêts de cette entrée usage (2), les chiffres clés des usages énergétiques sont présentés sous la forme de tableaux (3) et graphiques (4). Ne figurent pour l'instant que les données nationales, les données régionales n'existent pas et nécessiteraient une étude spécifique.

6) Entrée références

**1** points to the navigation menu on the left, specifically the 'Références' section under 'OBSERVER'.

**2** points to the data table, specifically the 'Consommation Finale (CF) totale' section.

**3** points to the document links, specifically the '3 documents disponibles' link under the 'Charbon' section.

Liste des chiffres clés par rubrique			
<b>Consommation Finale (CF) totale</b>			
CF énergétique (Monde - 2005)	7912 Mtep	CF énergétique renouvelables (Europe - 2004)	49 Mtep
CF énergétique (Europe - 2004)	1140,90 Mtep	CF énergétique renouvelables (France - 2004)	9,90 Mtep
CF énergétique (France - 2004)	157,90 Mtep		
<a href="#">3 documents disponibles</a>			
<b>Biomasse</b>			
CF biomasse (Europe - 2004)	72274 Ktep	CF biomasse (France - 2004)	11927 Ktep
CF bois (France - 2002)	8,3 Mtep		
<a href="#">2 documents disponibles</a>			
<b>Electricité</b>			
CF électricité (Monde - 2005)	1292 Mtep	CF électricité (Monde - 2005)	16695 TWh
CF électricité (Europe - 2004)	227,9 Mtep	CF électricité (France - 2005)	483,23 TWh
CF électricité (France - 2004)	35,8 Mtep		
<a href="#">3 documents disponibles</a>			
<b>Charbon</b>			
CF charbon (Monde - 2005)	660 Mtep	CF charbon (Europe - 2004)	52,3 Mtep
CF charbon (France - 2004)	4,8 Mtep		
<a href="#">3 documents disponibles</a>			
<b>Pétrole</b>			
CF pétrole (Monde - 2005)	3431 Mtep	CF pétrole (Europe - 2004)	488,1 Mtep
CF pétrole (France - 2004)	74 Mtep		
<a href="#">3 documents disponibles</a>			

**QUELQUES CHIFFRES CLÉS ...**

Région	
Franche-Comté	
Population (millier)	1126
Densité (hab/km <sup>2</sup> )	69
Production d'énergie primaire totale (Ktep)	420
Consommation d'énergie finale (Ktep)	9992

A travers cette entrée, nous accédons à des valeurs ou des documents de références par thématiques ou institutions (1). Ces derniers nous renseignent sur des indicateurs pour des périodes données et des échelles territoriales supra-régionales (2). Pour obtenir les documents de références sur une thématique ou produit par une institution, il suffira de cliquer sur le lien (3) pour avoir accès à la liste des documents disponibles (voir page suivante).

## 7) Liste des documents disponibles

The screenshot displays the 'Observatoire Territorial Énergétique de Franche-Comté' website. The main content area is titled 'Liste des documents (Consommation Finale Totale : 3 documents)'. It lists three documents with their respective titles, authors, publication years, page counts, and descriptions. A search bar is located at the top right, and a navigation menu is on the left. A sidebar on the bottom left shows 'QUELQUES CHIFFRES CLÉS ...' for the 'Région Franche-Comté'.

Titre	Auteur	Année de parution	Nombre de pages	Description
L'énergie dans les régions, chiffres pour la Franche-Comté en 2002	Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières	2002	3	Fiche synthèse de la situation énergétique en Franche-Comté (production et consommation)
Energy and transport in figures 2006	European Union - Directorate-General for energy and transport	2006	188	Les chiffres-clés de l'énergie en Europe pour l'UE et les pays membres (production, consommation, prix...)
Concentrating solar power in Europe - From research to implementation	European Union - Directorate-General for energy and transport - Directorate-General for Research	2007	39	Rapport technique sur les technologies existant actuellement et sur l'avancée des recherches menées pour la production d'énergie solaire

**1** points to a document thumbnail. **2** points to the document metadata. **3** points to the 'Sélectionner une autre thématique...' dropdown menu.

Les documents disponibles sont listés en faisant apparaître une vignette (1) qui donne un aperçu du document. Le clic sur cette vignette permettra d'ouvrir en téléchargement le document associé. A côté de cette vignette, sont présentées quelques informations ou métadonnées du document (2). L'utilisateur peut accéder à d'autres documents en utilisant la liste déroulante des thèmes mise à cet effet (3).

8) Fiche de synthèse par territoire

**OBSERVATOIRE TERRITORIAL ÉNERGÉTIQUE DE FRANCHE-COMTÉ**

Glossaire | Convertisseur d'unité | Liens utiles | Partenaires

rechercher dans l'observatoire... ok

**OBSERVER** Observer Analyser Prospecter

- › Filière énergétique
- › Chaîne énergétique
- › Contexte territorial
- › Usage énergétique
- › Références

**ANALYSER**

**PROSPECTER**

**QUELQUES CHIFFRES CLÉS...**

Fiche de synthèse (Région : Franche-Comté) Imprimer Exporter

	Franche-Comté	France
Logement / Habitat		
Nombre total de logements	524 063	23 810 161
Nombre total de logements collectifs	32 514	1 492 950

**TAUX DE VARIATION DE LA POPULATION ENTRE 1990 ET 1999**

**LES DENSITÉS DE POPULATION EN FRANCHE-COMTÉ EN 1999 (en hab./km²)**

**QUELQUES CHIFFRES CLÉS...**

Région  
Franche-Comté

- Population (millier) 1126
- Densité (hab./km²) 69
- Production d'énergie primaire totale (Ktep) 420
- Consommation d'énergie finale (Ktep) 9992

consulter la fiche complète +

Sélectionner un autre territoire...

Territoire d'étude Région Nom du territoire Franche-Comté

Qui sommes-nous? Contactez-nous Plan du site Mentions légales

Cette fiche de synthèse est obtenue en cliquant sur le lien intitulé « consulter la fiche complète » (1). Elle est composée de chiffres clés (2) portant sur le territoire et la thématique mais aussi d'illustrations pouvant être graphiques, cartographiques ou tabulaires (3).

## 4. Applications/Validation

La validation des concepts proposés ainsi que leur mise en œuvre par le biais de méthodes et d'outils de suivi et d'analyse impose un important travail d'analyse basé sur l'étude de problématiques concrètes. Dans le cadre du projet OPTTEER, les réflexions se sont engagées autour de trois projets traitant respectivement :

- de la problématique du choix d'implantation d'une filière biogaz,
- de projets d'implantation d'installations « bois-énergie » pour la production de chaleur et la cogénération à l'échelle industrielle.

### 4.1. Le projet biogaz

Dans le domaine de la gestion énergétique, les bioénergies sous formes de biomasse recouvrent l'ensemble des vecteurs énergétiques issus de la matière organique. Cette dernière peut en effet être considérée comme un stockage de l'énergie solaire dans les plantes par le biais de la photosynthèse. La matière organique peut alors être utilisée directement (bois-énergie), après transformations chimiques (biocarburants) ou après méthanisation (biogaz). Il s'agit sans doute d'un des vecteurs énergétiques les plus dépendant de spécificités territoriales. Nous ne considérerons ici que le cas du biogaz. Présentant un fort potentiel sous-exploité, le biogaz se révèle être l'un des vecteurs énergétiques à envisager pour résoudre partiellement la crise énergétique actuelle. Ainsi « *la France, malgré un potentiel valorisable de 3 250 ktep (tout gisement de biogaz confondu), ne se classe qu'au 5e rang européen avec une production de 209 ktep (+ 2 ktep par rapport à 2004)* » (OBSERVER, 2006). A échelle régionale, la Franche-Comté dispose d'un potentiel en biomasse d'origine animale important. La structure agricole franc-comtoise est en effet tournée vers l'élevage bovin laitier et ses transformations (DRAF AGRESTE, 2006). Bien qu'il ne s'agisse pas de la biomasse la plus efficace en termes de pouvoir calorifique, la valorisation de cette dernière au vu du potentiel paraît intéressante (AJENA, 2001).

Comment valoriser de manière optimale le potentiel biogaz (représenté par une quantité de matière première produite par un nombre donné de sites de production de matière organique) ? Nous considérons cet optimum comme le meilleur schéma de valorisation de la matière première par rapport à des critères de faisabilité et d'impacts. Ainsi, le résultat final devrait présenter un schéma optimal de la filière énergétique de méthanisation, satisfaisant aussi bien certains critères environnementaux que socio-économiques (au vu d'objectifs fixés). Tendre vers une filière énergétique de méthanisation soutenable passe par une optimisation et une pérennisation de la filière incluant :

- L'adéquation entre structure de consommation et potentiel de production passe par une analyse territoriale : évaluation des potentiels, de la consommation et de la production énergétique.
- Une analyse multicritère pour une organisation optimale, en fonction de facteurs socio-économiques et environnementaux, visant l'évaluation et la localisation optimale d'une filière de méthanisation

L'objectif est d'élaborer un outil d'optimisation énergétique, territoriale, économique et environnemental pour la valorisation du potentiel en biogaz d'un territoire donné.

Une première application pourrait étudier le cas de la valorisation du potentiel biogaz dans une zone rurale à partir des matières organiques d'élevage. Ces limites en terme de potentiel et d'aire géographique ont été adoptées afin de permettre une étude détaillée et de valider notre démarche. Cependant, elles peuvent être levées à des étapes suivantes en considérant d'autres intrants (autres déchets agricoles, les déchets ménagers et industrielles, les autres déchets agricoles,...) sur la même trame de travail en incluant d'autres limites réglementaires notamment.

#### 4.1.1. Connaissances de base

##### Identification des types de biomasse

Si toutes les formes de biomasse ont pour caractéristique leur origine organique et des potentialités de valorisation énergétiques, elles revêtent différentes formes en fonction de leurs origines. Les types de biomasse envisagée sont présentés figure 21. L'humidité contenue dans la biomasse

Classification de la biomasse en fonction du secteur source et de son humidité relative (sèche, humide)

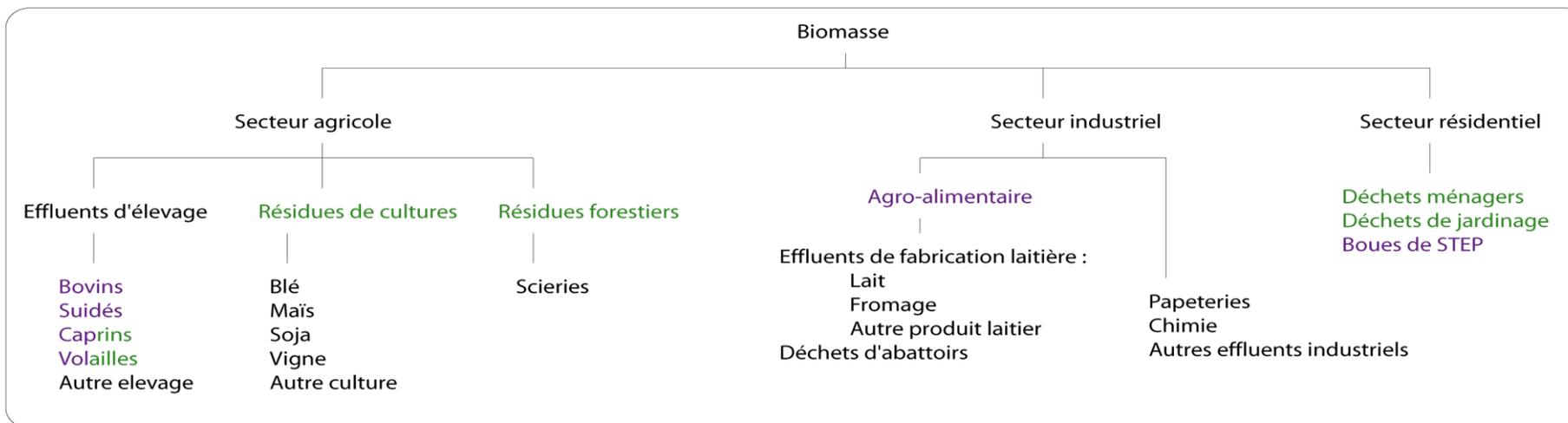


Figure 21 : Classification de la biomasse en fonction du secteur source et de son humidité relative

influence les potentialités de valorisation énergétique de la biomasse. Il s'agit donc de différencier la biomasse sèche de la biomasse humide puisque leurs modes de valorisation énergétique sont différents, respectivement par processus physiques et par processus biologiques.

### **Intérêt de la bio-méthanisation**

- \*Production d'énergie thermique et électrique : la valorisation énergétique du biogaz permet d'annuler une consommation ou de revendre l'électricité produite sur le réseau.
- \*Diminution des émissions de gaz à « effet de serre »: le méthane normalement produit est valorisé, le bilan CO2 est nul puisque considéré comme équivalent à celui séquestré lors de la constitution de la biomasse.
- \*Réduction des odeurs : un digesteur permet une forte réduction des odeurs par la consommation des acides organiques lors de la production de biogaz.
- \*Hygiénisation et diminution des charges polluantes : les populations d'agents pathogènes, les graines sont réduite en quelques jours permettant ainsi des économies en terme de
- \*Valorisation agronomique du digestat / Solution au stockage des effluents liquides
- \*Rentabilité et diversification énergétique

### **Type de valorisation (source : <http://www.lebiogaz.info>)**

Le biogaz est convertible en pratiquement toutes les formes utiles d'énergie. Certaines applications sont largement développées et l'offre industrielle et commerciale est solidement établie pour :

- l'utilisation directe en four
- la production de chaleur sous forme d'eau chaude ou de vapeur
- la production d'air chaud pour le séchage
- la production d'électricité par moteur à gaz, turbine à vapeur, turbine à gaz
- la production combinée d'électricité et de chaleur par cogénération
- gaz naturel après épuration
- carburant automobile après épuration et compression (Bus Lille)
- électricité produite par pile à combustible
- froid par machine à absorption à gaz

### **Dans la pratique : une limitation des usages par la présence de débouchés adaptés**

D'une manière générale, les valorisations thermiques nécessitent des **débouchés de proximité** : il peut s'agir de consommateurs externes au site de production (industries, réseaux de chaleur...) ou d'usages internes. Sur les stations d'épuration, une partie du biogaz produit est ainsi en

général utilisée pour maintenir le digesteur à la température de fermentation (généralement 37°C ou 55°C). Cette consommation interne du procédé représente environ 15 à 30 % de la production. L'énergie est parfois utilisée pour déshydrater les boues.

**Modes habituels de valorisation des excédents de biogaz (hors autoconsommation de chaleur interne au procédé de méthanisation\*) en fonction des sources.**

(\*) L'autoconsommation de chaleur pour le seul chauffage des digesteurs n'est pas considérée ici comme un mode de valorisation énergétique. Cependant, le bilan énergétique est positif si l'on compare la digestion à un autre mode de traitement des déchets qui, lui, aurait nécessité de fournir de l'énergie,

----->	Energie thermique seule	Energie électrique seule (sans usage de la chaleur)	Cogénération (usage interne de la chaleur)	Cogénération (usage externe de la chaleur)	Gaz naturel, carburant...
STEP urbaines					
STEP industrielles					
Centres d'enfouissement					
Digesteurs agricoles					
Installations centralisées					
Méthanisation des biodéchets					

par exemple un traitement aérobie ou du compostage.

	Rare
	Occasionnel
	Fréquent
	Majoritaire
	Dominant

**4.1.2. Rappel des objectifs et de la finalité du projet**

La finalité est d'élaborer un outil d'optimisation énergétique, territoriale, économique et environnemental pour la valorisation du potentiel en biogaz d'un territoire donné.

Pour ce faire, le travail considère successivement deux échelles :

- une première approche à petite échelle (cantonale, dictée par les données) permet d'identifier un territoire d'intérêt du point de vu des potentiels de production et de consommation. Cette identification présente une première limite. Si l'exploitation du potentiel se doit d'être optimale, le but n'est pas d'en exploiter un maximum mais de réaliser le meilleur compromis entre facteurs énergétique, économique et environnemental. Or le territoire retenu lors de cette première approche élimine des configurations susceptibles d'être optimales à échelle plus fine pour d'autres facteurs que les potentiels de production et de consommation.
- L'analyse multicritère sera réalisée à échelle plus fine sur le territoire identifié lors de l'étape précédente.

**4.1.3. Méthode : adéquation des potentiels de production et de consommation**

L'objectif décliné sur deux échelles est la mise en adéquation de potentiels biogaz issus d'effluents d'élevage et d'une consommation susceptible d'être satisfaite par cette filière. A l'échelle de la région Franche-Comté, quelle sont les territoires (administratifs ou non) présentant le plus grand intérêt ?

### Evaluation du potentiel pour la production de biogaz à échelle cantonale (figure 22)

Une première approche à petite échelle, permet d'identifier un territoire d'intérêt du point de vue des potentiels de production. A partir des données agricoles (Recensement Général Agricole) nous avons extrait des potentiels naturels (nombre d'UGB et quantité de boue d'épandage) pour la Franche Comté. Le niveau le plus fin est celui du canton, dictant ainsi pour une première approche, une échelle de travail. Au-delà, les données ne sont pas disponibles en tant que telles (secret statistique). Il faudrait à terme, se rapprocher des mairies qui publient chaque année la liste des agriculteurs, ou de la chambre d'agriculture du Doubs qui peut fournir des données détaillées anonymes à une échelle fine mais sur des espaces limités.

Les cantons d'intérêt identifiés sont les cantons de Levier, Vercel, Pierrefontaine les Varans et Maïche.

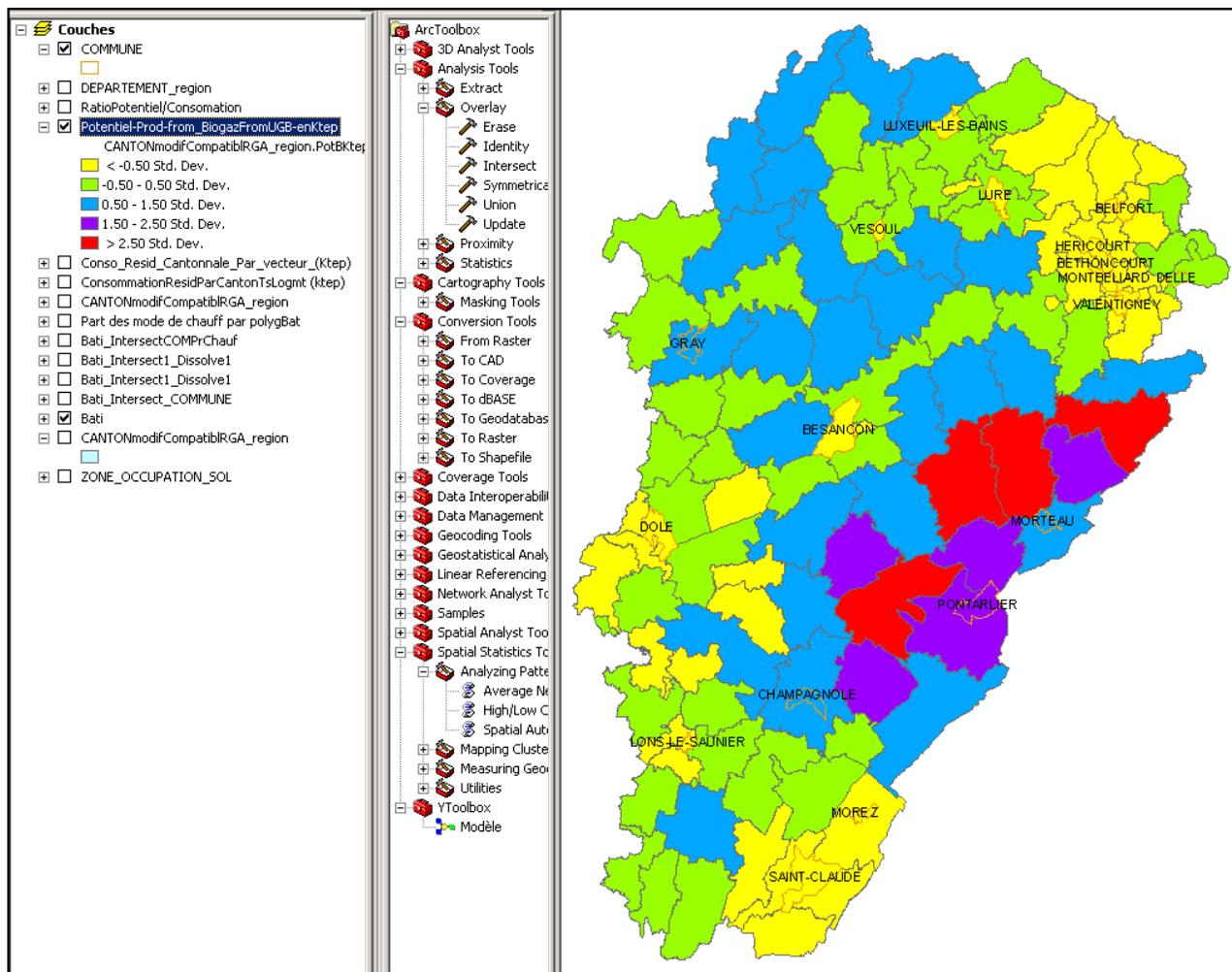


Figure 22 : Potentiel de Production de Biogaz à partir du nombre d'UGB (source : Fléty, Ibrahim K., 2007)

### Evaluation de la consommation énergétique susceptible d'être satisfaite par la filière biogaz à échelle cantonale (figure 23)

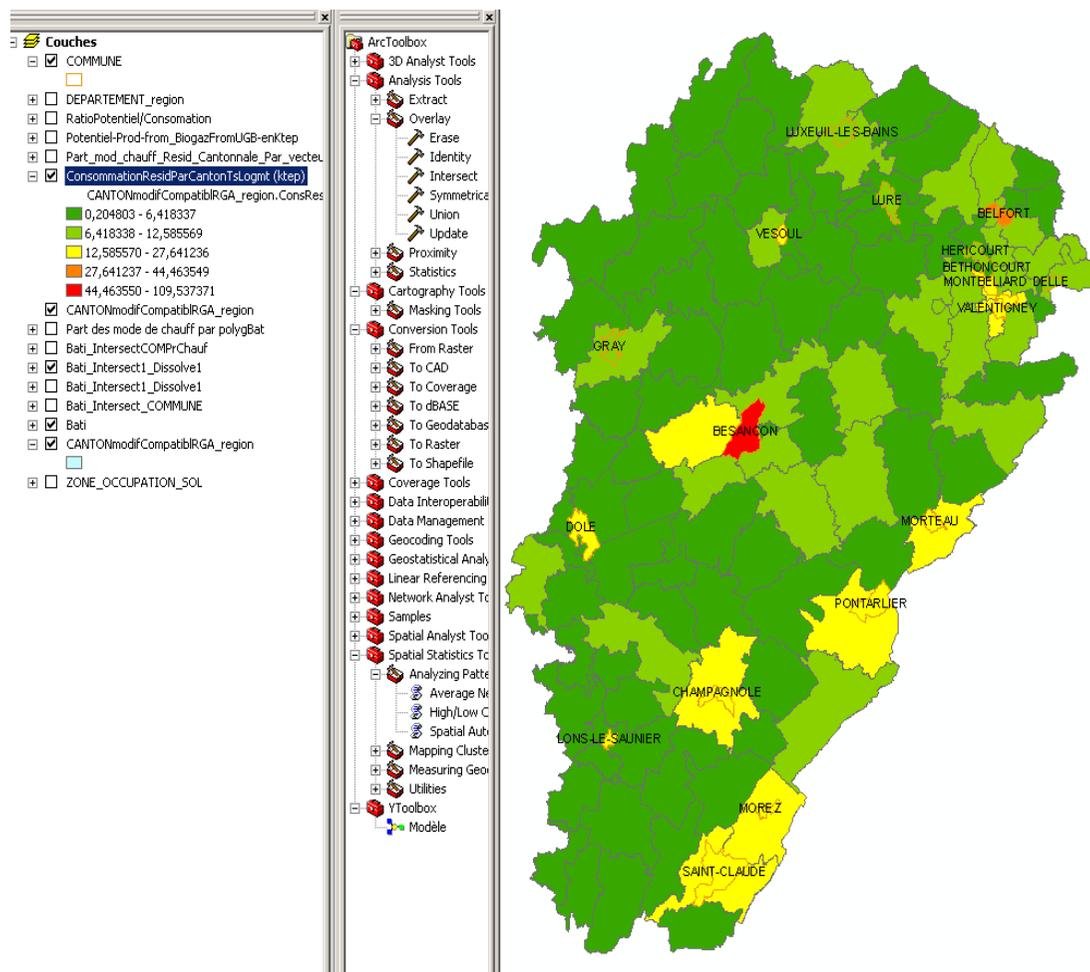
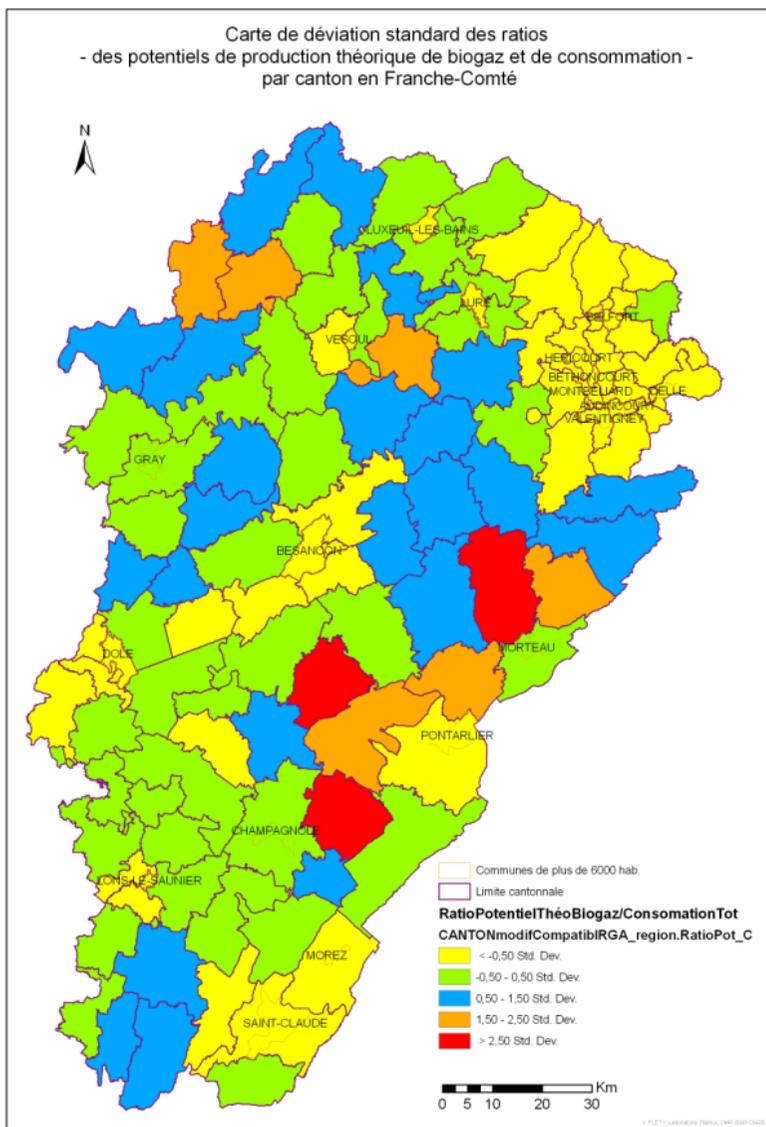


Figure 23 : Evaluation de la consommation résidentielle par canton tous vecteurs et usages confondus (source : Fléty, Ibrahim, 2007)

Étant données les caractéristiques de la filière biogaz, l'application la plus intéressante en terme de bilan énergétique est la production de chaleur ou la cogénération (production conjointe de chaleur et d'électricité). Dans les deux cas un réseau de chaleur doit être mis en place. Ceci implique une concentration de la consommation. Nous avons donc considéré les données IGN sur le bâti où chaque polygone correspond à un tissu urbain éligible, à priori, à un réseau de chaleur.

Nous n'entrerons pas dans les détails dans le cadre de ce rapport d'étape. A titre d'illustration, nous présentons quelques-uns des résultats obtenus dans le cadre de cette application (cf. cartes). Pour davantage d'information, il est conseillé de consulter le rapport intermédiaire de ce travail (Fléty Y., Ibrahim K., 2007)



Le calcul du ratio potentiel de production/ consommation permet d'accéder aux cantons présentant le plus d'intérêt suivant cette méthode (hypothèses et approximations posées) : Amancey, Nozeroy, et Pierrefontaine les Varans (figure 24).

Ce projet, actuellement en cours, illustre parfaitement l'intérêt de la mise en œuvre d'approches territoriales des systèmes énergétiques. Par l'appréhension de la complexité de la problématique du biogaz à l'échelle locale, il nous permet de définir la démarche, les méthodes et les données à mobiliser afin de répondre à un questionnement simple en apparence. Ce type d'analyse est nécessaire à la formalisation des méthodes et outils de prospective énergétique.

Figure 24 : Ratio potentiel de la production/consommation (source : Fléty, 2007)

## 4.2. Le projet 1000 chaufferies

**Contexte** : les communes forestières sont maîtres d'ouvrage de chaufferies bois et réseaux de chaleur et font gérer les forêts dont elles sont propriétaires. En ce sens, elles veulent poursuivre leur engagement en faveur du développement durable en multipliant les chaufferies bois qui valorisent leurs produits forestiers, sur leur territoire et dans le milieu rural en général.

À la suite du programme bois énergie 2000-2006 et pour accélérer le développement de la chaleur renouvelable en France, l'ADEME accompagne en particulier les projets de chaufferies bois de taille importante (> 1MW) avec réseau de chaleur. Elle agit également en faveur du regroupement de petites et moyennes chaufferies en milieu rural (approvisionnement, investissement, exploitation), action dans laquelle s'inscrit le programme avec la FNCOFOR<sup>28</sup>.

**Durée du programme** : 5 ans (2007/2012), renouvelable entre l'ADEME et la FNCOFOR.

**Objectif du programme** : faciliter la réalisation de chaufferies bois groupées, performantes sur le plan énergétique et environnemental, par les acteurs des territoires à l'échelle d'une Charte Forestière de Territoire, d'un pays, d'un Parc Naturel Régional ou d'une intercommunalité.

Ces projets s'inscriront dans le cadre des programmes bois-énergie engagés au niveau régional avec l'ensemble des acteurs (régions, départements ou autres collectivités locales intéressées).

L'ADEME et la FNCOFOR, avec cet accord, s'engagent à coordonner leurs efforts pour :

- assister les collectivités territoriales dans leurs projets bois énergie,
- sécuriser l'approvisionnement des installations par une meilleure connaissance des ressources forestières présentes dans les territoires et par une meilleure mobilisation de celle-ci.

**Le pays Loue-Lison** : dans le cadre du programme 1000 chaufferies bois, 5 régions-test ont été choisies en France, dont une dans le Doubs ; dans le but de mettre en œuvre des filières d'approvisionnement locales. L'une des orientations de la charte de pays est le soutien au développement d'une valorisation forestière durable, avec notamment le développement de la filière bois-énergie. L'orientation 1, mesure 4, objectif 3 témoigne d'ailleurs de cette volonté de mobilisation de la ressource locale pour la production de plaquettes forestière : *engager la mise en œuvre d'un programme de relance de l'activité forestière et de valorisation du bois*. Toutefois, malgré une emprise spatiale importante, la forêt souffre d'une sous-valorisation. Bien que des initiatives publiques et privées se structurent autour du bois-énergie dans le pays, le manque de cohésion territoriale et de vision globale sur le long terme met en péril leur crédibilité et leur pérennité.

---

<sup>28</sup> La FNCOFOR est la fédération nationale des communes forestières de France

Au vu de ce projet et dans un contexte d'une hausse de la demande en bois-énergie associé à une méconnaissance des potentiels énergisables et du manque d'infrastructures et d'équipement, les communes forestières ont entrepris de développer un outil d'aide à la décision via le PAT (plan d'approvisionnement territorial).

Les trois principaux objectifs de cet outil sont de :

- mettre en parallèle consommation et ressource mobilisable
- définir les équipements communs à mettre en place
- Cibler les investissements pour la mobilisation des bois.

Le PAT s'appuie sur les données suivantes :

- MNT : outil Arc GIS, spatial analyst
- Couverture forestière
- Réseau routier (BD carto IGN)
- Réseau intra forestier (numérisation des orthophotos → filaire → BD topo + bases de données dessertes de l'ONF avec les types de chemins et les types d'usages associés à ces chemins)
- Matérialisation des chaufferies et places de dépôt → à numériser.

Les objectifs poursuivis dans le cadre du programme « 1000 chaufferies bois » et l'outil développé pour ce projet s'inscrivent parfaitement dans la logique mise en avant dans le cadre d'OPTTEER. Il s'agit, en effet, de promouvoir une approche territoriale de l'énergie prenant en compte l'ensemble du système énergétique à l'échelle de territoires de projet. Il a donc été décidé d'initier une collaboration avec la FNCOFOR autour de compétences complémentaires, en terme d'approches territoriales et autour des aspects liés aux technologies de l'information pour Théma, et d'une très grande expérience en matière de gestion forestière couplé à une grande connaissance des acteurs intervenant autour de la problématique du bois-énergie pour la FNCOFOR. Le programme 1000 chaufferies, dans sa déclinaison dans le cadre du Pays Loue-Lison représente une réelle opportunité de validation et de mise en œuvre des concepts et propositions méthodologiques initiées par le projet OPTTEER. L'existence notamment d'un outil d'aide à la décision sur la base de l'élaboration de Plan d'Approvisionnement Territoriaux est particulièrement intéressante puisqu'elle nous permettra de compléter les réflexions déjà entamées sur le couplage entre les bases de données territoriales énergétiques que nous développons et un outil de simulation prospective existant et validé par les professionnels de l'exploitation forestière.

### 4.3. Le projet Solvay/Jura dolois

L'outil OPTEER a pour vocation de devenir un outil global pouvant s'adapter à des demandes ponctuelles.

La collaboration avec le Jura Dolois permettra la validation des recherches menées par ThéMA sur un territoire particulier et avec des acteurs ayant des attentes précises. En effet, l'équipe de recherche a besoin de travailler sur des projets concrets en collaboration étroite avec des acteurs « de terrain » pour pouvoir valider ses hypothèses et ses méthodes de travail. La disponibilité de données sur ce territoire de projet oriente notre collaboration en direction du développement d'un observatoire local de l'énergie.

Par ailleurs pour les différents interlocuteurs du Jura Dolois, cette collaboration aussi sera l'occasion d'une réflexion sur l'organisation du système énergétique du territoire, et plus particulièrement sur trois projets plus ou moins avancés.

#### **Les besoins du Jura Dolois**

Après avoir évoqué les différentes filières énergétiques présentes sur le territoire du Jura Dolois, trois pistes de collaboration émergent.

#### **La centrale bois-énergie de l'usine Solvay**

Suite à un appel d'offre national, l'usine Solvay (implantée à Tavaux) a proposé la construction d'une centrale bois, en collaboration avec Véolia. Celle-ci aura une puissance de 100 MW pour l'électricité et de 30 T/h pour la chaleur (par récupération de vapeur).

Pour fonctionner, une telle centrale doit être alimentée par 280 000 tonnes de bois. Il est prévu qu'une moitié soit issue de la valorisation des déchets biomasse originaires de déchetterie, de l'entretien d'espaces verts ou de résidus de scierie, et que, selon l'appel d'offre, l'autre moitié soit directement du bois-énergie. Alors que le réseau de collecte est déjà mis en place pour la filière « valorisation », il doit être mis en place pour la filière « bois-énergie ».

Il a été décidé que le bois-énergie utilisé pour alimenter la centrale ne serait pas issu d'une exploitation parallèle à celle déjà existante, mais serait au contraire dans la continuité de celle-ci car constitué des branchages laissés au sol. Le volume de ces rémanents a été évalué à 1 million de tonnes par an à partir des données de l'IFN (Inventaire forestier national) et de la DRAF (Direction régionale de l'agriculture et de la forêt) pour le bassin de gisement retenu.

Les limites du bassin de gisement ont été fixées pour permettre une exploitation à 20 ans, et en tenant compte des autres projets « bois-énergie » en cours ou potentiel. Il s'étend ainsi dans un rayon d'environ 200 km autour de l'usine de Tavaux (le territoire de collecte s'étend jusqu'au Morvan).

L'exploitation serait directement réalisée par les forestiers qui évacueront les rémanents issus de l'abattage en bordure de route comme ils le font déjà pour les troncs. L'entreprise Solvay participera financièrement à l'achat des machines de fagotage et rémunèrera le travail effectué par le forestier, l'achat du bois n'est actuellement pas à l'ordre du jour.

La plateforme de transformation ne sera pas installée sur le site de Solvay à Tavaux, mais le site de la commune de Pagny en Bourgogne est pressenti. Ceci permettra à la fois une proximité aux voies de communication (eau, fer et route) et une ouverture à d'éventuels autres utilisateurs (la commune de Tavaux envisage par exemple la construction d'une chaufferie-bois).

Pour ce projet, la collaboration avec le laboratoire ThéMA pourrait se traduire par une étude pour la création d'un plan d'approvisionnement sur d'autres ressources forestières que les rémanents, en particulier si d'autres projet « bois-énergie » sont mis en place.

### **La filière hydrogène**

Le Jura Dolois aimerait mettre en place une micro-filière hydrogène complète sur le pôle d'activité régionale Innovia. La principale entreprise industrielle de la région, Solvay, est en effet le premier producteur d'hydrogène français.

Plusieurs centres de recherche travaillant sur cette problématique pourraient être associés à ce projet :

- le CEA (centre de l'énergie atomique) de Valduc (Bourgogne) pour la pile à hydrogène,  
Contact : M. Farris
- l'UTBM (Université de technologie de Belfort-Montbéliard) pour la pile à hydrogène dans les transports,
- le FEMTO-ST (Franche-Comté Electronique, Mécanique, Thermique et Optique - Sciences et Technologies) pour le stockage,  
Contact : M. Perreux
- une entreprise de Haute-Saône pour le transport.

Le laboratoire ThéMA pourrait participer à ce projet de « territoire d'expérimentation » qui associerait des partenaires publics et privés, des chercheurs et des industriels, sur deux régions (Bourgogne et Franche-Comté), d'autant qu'il existe déjà une collaboration avec le FEMTO (M. Perreux). Ce projet ne pourra cependant pas exister sans un portage politique fort.

### **La géothermie**

Une partie du territoire du Jura Dolois possède une nappe à moins de 5 mètres de profondeur. Celle-ci pourrait être exploitée par les particuliers si un programme d'accompagnement est correctement mis en place.

Le Jura Dolois a déjà pris contact avec l'AJENA afin qu'il propose une information pour le public voulant installer un tel mode de chauffage.

## **5. Synergies et collaborations autour du projet**

Le projet OPTEER a d'ores et déjà donné lieu à des collaborations avec des organismes impliquées tant au niveau territorial notamment autour de problématiques d'aménagement du territoire qu'énergétique. Par ailleurs, les développements conceptuels et méthodologiques initiés dans le cadre du projet nous ont permis de tisser des liens avec des organismes de recherche préoccupés par cette dimension liée aux Technologies de l'Information Géographiques et de la Communication.

### **5.1. Collaborations universitaires**

Laboratoire FEMTO, Université de Franche-Comté. Contact : D. Perreux

Centre de Recherche de l'Ecole Navale de Brest. Contact : C. Claramunt

Laboratoire de Systèmes d'Information Géographique (LASIG), Ecole polytechnique de Lausanne. Contact : F. Golay

Laboratoire de Bases de Données (LBD, Ecole polytechnique de Lausanne. Contact : S. Spaccapietra

### **5.2. Collaborations institutionnelles et privées**

Association « Energie Cités ». Contacts : G. Magnin

AJENA

ASCOMADE

ASQUAB

Solvay, Tavaux. Contact. M. Michel

## 6. La valorisation

### 6.1. Publications/communications

Les travaux menés depuis le démarrage des réflexions autour des approches territoriales de l'énergie ont d'ores et déjà donné lieu à quelques publications/communications dans le cadre de colloques et conférences nationales et internationales. Nous pouvons citer :

- Flety Y., Ibrahim K., de Sède Marceau M.-H., 2007, Vers un outil de modélisation des systèmes énergétiques territoriaux : contextes, concepts et insertion dans une plate-forme de modélisation intégrée, XLIII<sup>e</sup> Colloque de l'ASRDLF Grenoble et Chambéry, Juillet 2007.
- Ibrahim K., M.-H. de Sède-Marceau (2007). « Pour une approche territoriale de l'énergie : Une réponse aux défis énergétiques et environnementaux du XXI<sup>e</sup> siècle » Communication présentée dans le cadre du 18<sup>ème</sup> Festival International de Géographie aura lieu du 4 au 7 octobre 2007 à Saint-Dié-des-Vosges sur le thème : *“La planète Terre en mal d'énergies”*.
- Ibrahim K., de Sède-Marceau M.H., 2005, Matrice d'évaluation d'un système énergétique locorégional, Colloque européen d'intelligence territoriale, Liège-Belgique.
- Ibrahim K., de Sède-Marceau M.H., 2005, Modèle d'analyse locorégional des systèmes énergétiques, 7<sup>ème</sup> Rencontres ThéoQuant, Besançon-France.
- Ibrahim K., 2006, Les systèmes d'information dynamiques : Outils pour la conception, la gestion et la planification des systèmes énergétiques territoriaux, 5<sup>ème</sup> Journée jeune recherche du Grand Est, Besançon-France.
- Ibrahim K., de Sède-Marceau M.H., 2006, Modélisation de la dynamique des systèmes énergétiques territoriaux, XLII<sup>e</sup> Colloque de l'association de science régionale de langue française (ASRDLF), Sfax-Tunisie.
- Ibrahim K., de Sède-Marceau M.H., 2007, Structure of social times and dynamics of the energy (electricity) consumption, 8<sup>e</sup> rencontres ThéoQuant, Besançon-France.
- Noucher M., M.-H. de Sède Marceau, F. Golay, H. Pornon (2006) : « Les technologies de l'Information Géographique : Aubaine ou obstacle pour produire ensemble des données sur le territoire ? ». Communication présentée à la conférence OPDE 2006, Université Paris Dauphine, Paris, France, 2 - 3 novembre 2006.
- de Sède M.H., S.Thiam, P. Marceau, A. Moine, 2006, « La problématique de l'observation territoriale : contexte, stratégies et enjeux » in : Actes du colloque internationale observation et analyse des territoires ruraux en Europe, I. Niculescu Simona (Ed., Editions SEDCOM LIBRIS, Roumanie, pp.43-71.

## 6.2. Enseignement/Travaux d'étudiants

### Thèses en cours

- Khaled Ibrahim : *Etude des systèmes énergétiques à l'échelle loco-régionale*. Thèse menée en collaboration avec l'ADEME (Agence pour De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) et la Région Franche-Comté.
- Yann Fléty : *Analyse, conception et développement d'outils de simulation de systèmes énergétiques (production, distribution consommation ) couplés à des bases de données spatio-temporelles à l'échelle régionale*. Thèse financé à 100% par une bourse de Docteur-Ingénieur du CNRS.
- Hélène Avocat : *La filière « bois énergie » en Franche-Comté. Etude et prospective*. Recherche menée en collaboration avec l'ADEME et la Région Franche-Comté.
- Camille Chanard : « *Planification et politiques énergétiques ; analyse des réseaux d'acteurs territoriaux et définition de territoires de pertinence* ». Recherche menée en collaboration avec l'ADEME et la Région Franche-Comté. Thèse financée à 50% par la région Franche-Comté et 50% par l'ADEME

### Travaux d'étudiants

- Bannwarth C. *et al.*, 2007, Comment envisager la mise en place d'une filière de méthanisation adaptée à une zone d'élevage ? Rapport final Projet tutoré IUP GTE/S2E, Besançon : Université de Franche-Comté.
- Chanard C., 2007 Doctorat en géographie – Laboratoire THÉMA – Université de Franche-Comté. Mémoire sur « *Planification et politiques énergétiques ; Analyse des réseaux d'acteurs territoriaux et définition de territoire de pertinence énergétique* » dirigé par Marie-Hélène De Sède-Marceau – Financement Ademe
- Chanard C. Sept. 2006 – juin 2007 Master 2 « *Structures et dynamiques spatiales*. Mémoire sur « *Une approche morphologique et fonctionnelle de l'énergie en milieu urbain* » dirigé par Marie-Hélène De Sède-Marceau – Laboratoire Théma – Université de Franche-Comté
- Chanard C. Sept. 2005 – juin 2006 Master 1 de géographie, Université de Franche-Comté. Mémoire sur la « *Construction de bilans énergétiques à l'échelle régionale* » dirigé par Mme De Sède-Marceau et M. K. Ibrahim
- Coulbault L. *et al.*, 2007, Structure de la consommation énergétique en milieu rural, Rapport final Projet tutoré IUP GTE/S2E, Besançon : Université de Franche-Comté.
- Dubois M. *et al.*, 2007, Bilan de l'utilisation des énergies renouvelables pour le chauffage résidentiel, Rapport final Projet tutoré IUP GTE/S2E, Besançon : Université de Franche-Comté.
- Florentin S. *et al.*, 2006, Bilan énergétique de l'habitat social : l'exemple du quartier de Planoise à Besançon, Rapport final Projet tutoré IUP GTE/S2E, Besançon : Université de Franche-Comté.
- Ibrahim K., 2004, Approche territoriale des systèmes énergétiques, DEA Méthodes et techniques nouvelles en sciences de l'homme et de la société, Besançon : Université de Franche-Comté.

- Imbert P., 2006, Conceptualisation d'outils d'évaluation et de gestion énergétique du bâtiment, Master I IUP Génie des territoires et de l'environnement, Besançon : Université de Franche-Comté / S2E.
- Jeannin A., 2007. Evaluer les consommations énergétiques du secteur des transports à l'échelle locorégionale, Mémoire de Master I de Géographie – Université de Franche-Comté

### **Enseignement**

Plusieurs interventions dans les formations de niveau Master, dispensées par notre département ont porté sur la problématique de l'énergie et les approches territoriales. Ces interventions ont concerné :

- La modélisation énergétique (Master Structures et dynamiques spatiales)
- L'observation des systèmes énergétiques (Master Intelligence Territoriale)

Par ailleurs, dans le cadre des nouveaux programmes en cours d'évaluation par le Ministère et prévus pour la rentrée 2008/2009, un module de 24 heures sur la problématique énergétique et les territoires est proposé.

## 7. Point financier à T+2

Le financement du projet OPTEER émane de trois partenaires que sont la Région Franche-Comté, l'ADEME, et la Communauté de Commune du Jura Dolois (aujourd'hui Communauté d'Agglomération). Il est géré sur la ligne 38AL par les services financiers de notre Université.

## 8. Programme de la phase III

### Calendrier des tâches

Date de début de réalisation : Automne 2005 – démarrage des financements, janvier 2006

Date prévisionnelle d'achèvement du projet : Automne 2008

Tâches	Janv-Avril 06	Mai-Août 06	Sept-Déc 06	Janv-avril 07	Mai-Août 07	Sept-Déc 07	Janv-Avril 08	Mai-Août 08	Sept-Déc 08
Etat de l'art									
Analyse du contexte									
Etude des besoins - définition des objectifs									
Identification des applications tests									
C.C. du méta système									
Tâches	Janv-Avril 06	Mai-Août 06	Sept-Déc 06	Janv-avril 07	Mai-Août 07	Sept-Déc 07	Janv-Avril 08	Mai-Août 08	Sept-Déc 08
Architectures de l'information et technique du méta-système									

Développement des modèles de simulation des processus									
Cahier des charges des applications de modélisation									
Architectures des applications de modélisation									
Acquisition des données des applications d'observation et modélisation									
Cahier des charges de l'application énergies renouvelables									
Architecture de l'application énergies renouvelables									
Acquisition des données de l'application énergies renouvelables									
Développement des interfaces de saisie, de requêtes, de simulation									
Identification des partenariats et de la structure organisationnelle									
Développement du système d'administration des bases et de gestion des accès, sécurisation, ...									
Phase de test									

Tâches	Janv-Avril 06	Mai-Août 06	Sept-Déc 06	Janv-avril 07	Mai-Août 07	Sept-Déc 07	Janv-Avril 08	Mai-Août 08	Sept-Déc 08
Rédaction du rendu intermédiaire (validation des objectifs et des cahiers des charges)									
Rédaction du rendu final (présentation des résultats (thématiques, techniques))									
Rédaction de publications									

	Tâches liées au projet global
	Tâches informatiques
	Tâches liées aux modules de simulation de processus dynamiques
	Tâches liées à la thématique « énergies renouvelables »
	Tâches de rédaction, diffusion, valorisation

## Echéancier

**Date de début de réalisation** : Juin 2005 (premiers financements obtenus en janvier 2006)

**Date d'achèvement du projet** : Décembre 2008

**Durée** : 36 mois financés

**Programme initial d'exécution du projet** :

- **Phase I** : Juin 2005 – Mars 2006 (10mois) Elaboration des grilles d'analyse, des procédures de modélisation et des cahiers des charges thématiques
- **Phase II** : Avril 2006- Juin 2007 (14 mois) Elaboration des modèles et des outils pour l'architecture des données et la dynamique des processus

- **Phase III :** Juillet 2007- Juin 2008 (12 mois) Tests, validation globale et mise en œuvre opérationnelle

La phase II est aujourd'hui décalée de 6 mois puisque nous terminons actuellement les travaux de modélisation et d'analyse des processus. La phase III débutant initialement en juin 2007 débutera donc à la rentrée 2008 pour se terminer en fin de la même année.

**Chaque phase est sanctionnée par :**

- Une validation
- La rédaction d'un compte rendu
- Des valorisations (diffusion, publications)

## 9. Conclusion et perspectives

Le projet de recherche OPTEER est ambitieux. Vouloir en effet développer, sur la base d'une approche territoriale des systèmes énergétiques, des outils d'observation et des méthodes d'analyse et de prospective impose comme nous l'aurons compris au terme de ce rapport, de s'engager sur de nombreux fronts :

- En tentant tout d'abord de consolider un concept encore mouvant, le concept de système énergétique territorial. Cette tâche, à laquelle nous avons consacré l'essentiel de notre première année de recherche nous permet aujourd'hui d'asseoir un certain nombre d'éléments à partir desquels il devient possible de construire de nouvelles approches. Parmi ces éléments, il nous faut citer l'importance des usages de l'énergie, incontournables aujourd'hui pour tenter de cerner les besoins. Il nous faut également mentionner la nécessaire maîtrise du concept de territoire, duquel découlent un certain nombre de caractéristiques des systèmes énergétiques. Cette maîtrise induit tout un arsenal théorique et méthodologique autour du temps et de l'espace dont nous avons pu cerner l'importance dès lors que l'on se préoccupe d'énergie. Elle implique également de se pencher sur le versant « acteurs » des territoires, domaine dans lequel encore aujourd'hui, les démarches sont peu formalisées.
- En se plongeant dans le monde complexe de la modélisation, et plus spécialement de la modélisation énergétique. Cette étape est nécessaire dans une optique de prospective et de simulation. Là encore, la tâche est ardue, notamment du fait de l'éloignement conceptuel, nous pourrions même dire philosophique entre la vision de l'énergie telle que nous la percevons et celles qui transparaissent à travers les modèles, généralement marquées par les versants économiques ou technologiques liés immanquablement au domaine énergétique.
- En développant des solutions conceptuelles et technologiques capables de relever le défi de la construction de véritables systèmes de connaissances, alimentés en permanence non seulement par des données d'observation de qualité mais surtout par des indicateurs élaborés, fruits de la mutualisation de données multi-sources. OPTEER, dont les objectifs s'inscrivent dans un spectre très large situé entre l'observation et la prospective nous amène à nous questionner sur les usages et la pertinence de ces instruments de connaissance. Dans un contexte de multiplication des dispositifs d'observation et autres systèmes d'information, ces interrogations replacent les problématiques et les acteurs au centre des préoccupations après qu'ils se soient plus ou moins effacés devant les technologies.
- Enfin, et pour faire suite au point précédent, en tentant de préciser les conditions d'une véritable démarche de gouvernance énergétique, impliquant non seulement l'ensemble des acteurs de l'énergie, tant producteurs que consommateurs mais tenant également compte des usages concurrentiels et ce quels que soient les niveaux d'échelles.

Le nouveau contexte énergétique nous impose donc de réviser le paradigme énergétique existant, articulé autour d'une lecture bipolaire d'un système d'offre et de demande traduit en terme de production-consommation, dont les leviers ont toujours été du ressort de la technologie et de l'économie et dont les acteurs étaient avant tout autre les états. Comme le souligne G. Magnin, « *la chose énergétique a besoin d'être davantage éclairée par son environnement sociétal*<sup>29</sup> ». Sans doute pouvons nous ajouter à cette remarque fort intéressante le terme de territorial, les systèmes énergétiques étant liés autant aux sociétés qui les construisent et qu'ils font vivre qu'aux territoires dont ils sont l'une des composantes majeures.

---

<sup>29</sup> Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050

## 10. Remerciements

Nous tenons à remercier, la Communauté de Commune du Jura Dolois, l'ADEME Franche-Comté et la Région Franche-Comté qui soutiennent financièrement ces travaux de recherche.

## 11. Glossaire thématique énergétique

De la définition de l'atome à celle de la ville, tout ou presque peut se rapporter à la thématique énergétique telle que nous la considérons. Une liste (évolutive) reprenant les termes figurant dans l'outil OPTTEER est donc présentée ici, accompagnée d'au moins une référence bibliographique. Ce glossaire est réalisé essentiellement à partir des sites Internet d'Enerdata, de l'Office fédéral suisse de l'énergie, de l'Office de l'efficacité énergétique du Canada, de la Direction générale de l'Energie et des Matières premières et de l'ouvrage de G. Sarlos *et al.*, « *Systèmes énergétiques* » (2003).

\* **Agent énergétique** : « *substance et flux servant à produire de l'énergie, directement ou après transformation* » (Sarlos et al., 2003).

\* **Agent énergétique primaire** : « *existe à l'état naturel. Quelques-uns sont utilisables directement, d'autres après transformation. Exemples: le bois, le charbon, le pétrole brut, le gaz naturel, la force hydraulique. Statistiquement, on assimile à cette catégorie la chaleur produite par un réacteur nucléaire ainsi que les ordures ménagères et les déchets industriels utilisés à des fins énergétiques* ». (Office fédéral suisse de l'énergie - Statistique globale suisse de l'énergie 2004)

\* **Agent énergétique secondaire** : « *s'obtient par transformation d'agents primaires ; l'opération ne va pas sans pertes. Exemples: le coke, l'électricité, l'essence, la chaleur produite à distance, etc.* ». (Office fédéral suisse de l'énergie - Statistique globale suisse de l'énergie 2004)

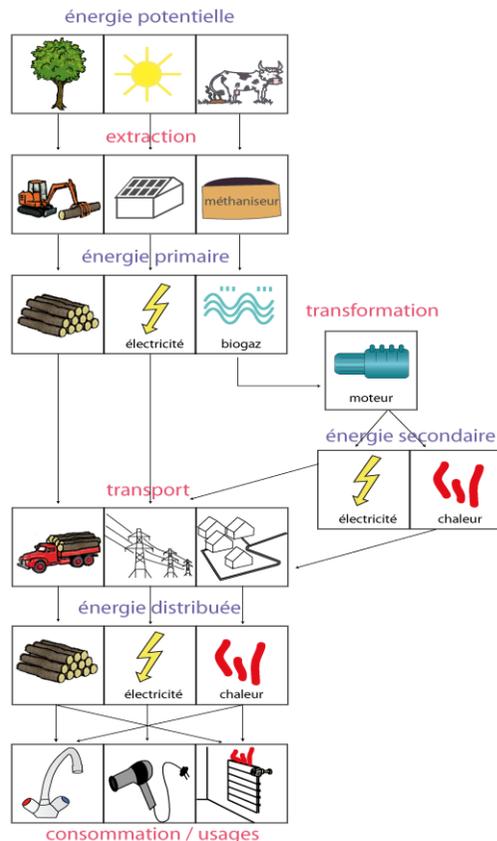
\* **Bilan carbone** : méthode de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre à partir de données facilement disponibles pour parvenir à une bonne évaluation des émissions directes ou induites par activité ou territoire. Elle s'applique à toute activité : entreprises industrielles ou tertiaires, administrations, collectivités et même au territoire géré par les collectivités (<http://www2.ademe.fr/>).

\* **Bilan énergétique** : Un bilan énergétique permet de comptabiliser le solde entre les énergies entrantes et sortantes, ou produites et consommées, en une période de temps donnée, sur une unité dont les frontières sont clairement définies.

\* **Biomasse** : regroupe l'ensemble des matières organiques pouvant devenir des sources d'énergie

## La chaîne énergétique territoriale c'est :

- une série de formes énergétiques
- un ensemble de processus



\* **Chaîne énergétique :** « succession des opérations qui font passer une forme d'énergie à une autre. Une chaîne énergétique complète part de l'énergie primaire pour aboutir à l'énergie utile » (Sarlos et al., 2003). L'approche par chaîne, est centrée sur les différents processus de production, consommation, transformation (dans le cas de l'observation par le biais des installations) voir chaîne énergétique territoriale

\* **Chaîne énergétique territoriale :** Succession des formes énergétiques conditionnées par les différents stocks et processus d'énergie présents sur un territoire, du potentiel de production à la consommation par usage. Voir chaîne énergétique

\* **Cogénération :** Production simultanée d'électricité et d'une autre forme d'énergie utile (telle que la chaleur ou la vapeur) à partir de la même source d'énergie. La chaleur ou la vapeur (qui serait autrement perdue) peut être utilisée dans les procédés industriels ou pour d'autres applications de chauffage ou de refroidissement. (Office de l'efficacité énergétique du Canada)

\* **Consommation d'énergie finale :** consommation d'énergie finale - nette des pertes de distribution (exemple : pertes en lignes électriques) - de tous les secteurs de l'économie, à l'exception des quantités consommées par les producteurs et transformateurs d'énergie (exemple : consommation propre d'une raffinerie). La consommation finale énergétique exclut les énergies utilisées en tant que matière première (dans la pétrochimie notamment). (DGEPM (direction général de l'énergie et des matières premières))

\* **Consommation d'énergie primaire (Primary energy use) :** Satisfaction des besoins globaux d'énergie, y compris l'énergie utilisée par le consommateur final (voir Consommation d'énergie secondaire), l'utilisation non énergétique, l'utilisation intermédiaire d'énergie pour transformer une forme d'énergie en une autre (p. ex., de la houille en électricité) et l'énergie

consommée par les fournisseurs pour approvisionner le marché en énergie (p. ex., combustible de pipeline). (Office de l'efficacité énergétique du Canada). Il s'agit donc de la consommation finale + pertes + consommation des producteurs et des transformateurs d'énergie (branche énergie). La consommation d'énergie primaire permet de mesurer le taux d'indépendance énergétique national, alors que la consommation d'énergie finale sert à suivre la pénétration des diverses formes d'énergie dans les secteurs utilisateurs de l'économie. DGEPM (direction général de l'énergie et des matières premières)

\* **Consommation d'énergie secondaire (Secondary energy use) :**

Satisfaction des besoins en énergie des utilisateurs finaux dans les secteurs résidentiel, agricole, commercial et industriel ainsi que dans le secteur des transports. Office de l'efficacité énergétique du Canada.

\* **Consommation d'électricité spécifique :** énergie utilisée pour faire fonctionner un appareil électrique, hors chauffage.

\* **Consommation de chauffage :** comptabilise tous les types d'énergie utilisés pour chauffer un bâtiment, y compris l'électricité.

\* **DGEMP :** [Direction Générale de l'énergie et des Matières Premières](#)

\* **Energie :** En physique, l'énergie est l'expression de l'action exercée par les quatre forces primordiales de l'univers : l'interaction nucléaire faible, l'interaction nucléaire forte, l'interaction gravitationnelle et l'interaction électromagnétique. Un Système ou un corps possède de l'énergie s'il peut fournir du travail ou de la chaleur. L'énergie « existe » sous différentes formes physiques

- Energie rayonnante : transportée par le rayonnement (énergie solaire par exemple).
- Energie électrique : produite par les forces d'attraction ou de répulsion des particules chargées ou par leur mise en mouvement.
- Energie nucléaire : concentrée dans les noyaux d'atomes, peut être libérée par des réactions nucléaires: fission, la fusion....
- Energie mécanique : énergie du mouvement présentant un double aspect d'énergie potentielle (chute d'eau) et d'énergie cinétique engendrée par le mouvement lui-même.
- Energie chimique : libérée ou captée grâce à des réactions chimiques (combustion des hydrocarbures) et/ou énergie emmagasinée par les plantes et les animaux grâce à la décomposition de leurs organismes (biomasse).
- Energie thermique : quantité de chaleur d'un corps (l'énergie thermique de la terre est la géothermie).

En géographie et en économie, l'énergie commercialisée est l'ensemble des sources et des formes d'énergie susceptibles d'être utilisées massivement, aussi bien pour produire de la chaleur que pour fournir du travail, qui permettent d'actionner des machines. Cette production est susceptible d'être réalisée par captation d'une forme d'énergie (vent, marée, courants de rivière, ...) ou par transformation d'une forme énergétique à une autre.

- \* **Energie distribuée** : énergie distribuée au consommateur (essence à la pompe, électricité au foyer,...) avant conversion en énergie utile pour sa consommation finale. *voir chaîne*
  
- \* **Energie potentielle** : totalité des énergies présentes à l'état naturel sur le territoire, exploitables ou non, exploitées ou non. *voir chaîne*
  
- \* **Énergie primaire** : L'énergie primaire est la première forme de l'énergie directement disponible dans la nature : bois, charbon, gaz naturel, pétrole, vent, rayonnement solaire, énergie hydraulique, géothermique... L'énergie primaire n'est pas toujours directement utilisable et fait donc souvent l'objet de transformations : exemple, raffinage du pétrole pour avoir de l'essence ou du gazole ; combustion du charbon pour produire de l'électricité dans une centrale thermique. *voir chaîne*
  
- \* **Énergie secondaire** : L'énergie secondaire est une énergie obtenue par la transformation d'une énergie primaire au moyen d'un système de conversion : par exemple, une centrale thermique produit de l'électricité (énergie secondaire) à partir de charbon (énergie primaire). Une énergie secondaire peut aussi résulter de la transformation d'une autre énergie secondaire ; c'est le cas d'une centrale thermique alimentée en gaz de haut fourneau. *voir chaîne*
  
- \* **Énergie utile** : L'énergie utile est l'énergie dont dispose le consommateur, après transformation par ses équipements (chaudière, convecteurs électriques, ampoule électrique). La différence entre l'énergie finale et l'énergie utile tient essentiellement au rendement des appareils utilisés pour transformer cette énergie finale. (Office fédéral suisse de l'énergie) *voir chaîne*
  
- \* **Filière énergétique** : L'approche par filière énergétique implique le suivi complet de l'ensemble des transformations subies par un type d'énergie durant toute sa durée de vie sur le territoire, en prenant en compte à la fois les entrées et les sorties, au niveau spatial ainsi qu'au niveau technique. Certaines filières énergétiques sont complètes sur le territoire (sources d'énergie, production, stockage, transport, transformation et utilisation ex : bois-énergie, éolien), d'autres ne commencent qu'avec l'arrivée du produit importé, plus ou moins transformé (pétrole, gaz...). *voir chaîne*
  
- \* **OPTEER** : Nom d'un projet et d'un outil d'observation, d'analyse et de prospective des systèmes énergétiques territoriaux *voir système énergétique territoriaux*
  
- \* **Processus** : « *séquence de phénomènes dynamiques (mouvements, réactions chimiques, activités, opérations techniques, actions ou comportements, interactions humaines) menant à des résultats déterminables. En analyse des systèmes : tout changement dans le temps de*

*matière, d'énergie ou d'information qui se produit dans le système, traitant ces variables d'entrée et les menant aux variables de sortie* ». Un processus est le chemin suivi par le système lors d'un changement d'état. (Réseau Intelligence de la Complexité, site Internet)

- \* **Rendement** : Rapport entre la quantité d'énergie disponible à la sortie d'un système et la quantité d'énergie fournie à l'entrée de ce même système. (Office fédéral de l'énergie suisse)
- \* **Stock d'énergie** : dans la chaîne énergétique, forme que prend l'énergie après avoir subi un processus de transformation (stock d'énergie potentielle, stock d'énergie primaire, etc.).
- \* **Système** : « *ensemble organisé d'éléments et d'interaction entre ces éléments, s'inscrivant dans un environnement particulier et évoluant dans le temps en fonction d'un but* ». (Lacoste, 2003)
- \* **Système énergétique** : ensemble des stocks, flux, processus et installations intervenant dans la chaîne de transformation-distribution-utilisation de l'énergie dans un contexte donné (pays, région, agglomération, usine, etc.).
- \* **Système énergétique territorial** : ensemble des énergies, acteurs, influences, vannes de régulation et interactions à l'œuvre sur un territoire. Le système énergétique territorial est en interaction avec d'autres systèmes énergétiques voisins par le biais des importations et des exportations qui équilibrent la balance entre production et consommation.
- \* **Usage** : ou services énergétiques consommés, sont la motivation de la demande énergétique. Par exemple, le besoin de chaleur répond à une demande de cuisson ou de chauffage. L'intérêt d'une entrée par services énergétiques permet d'estimer les capacités en terme de ressources locales, de maîtrise de la consommation ou d'économie de transport. Le terme de service énergétique ne doit pas être confondu avec l'usage économique qui en est fait d'offre de service.
- \* **Vecteur énergétique** : Moyen de transport de l'énergie. Le principal est l'électricité, mais il est également possible d'utiliser l'hydrogène ou bien des fluides dits caloporteurs, c'est à dire capables d'emmagasiner de la chaleur pour la restituer ensuite.
- \* **Watt (W)** : Unité de puissance correspondant à la consommation d'un joule par seconde.
- \* **Watt-crête (Wc)** : Unité de puissance d'un capteur photovoltaïque correspondant à l'ensoleillement maximal (1000 Watts par mètre carré) et une température idéale de référence (25°C).

## 12. Références bibliographiques

- ADAMCZEWSKI G. 2004. *Qu'est ce qu'un concept ?* Professeur à l'école Internationale des Sciences du Traitement de l'Information. Site personnel en ligne disponible sur <http://www.biblioconcept.com/textes/concept.htm>, consulté le 29/02/07.
- AFIS. 2006. Site de l'association française d'ingénierie système. En ligne disponible sur <http://www.afis.fr/praout/accueil/accueil.html>, consulté le 29/02/07
- Agence intergouvernemental de la francophonie, Institut de l'énergie et de l'environnement de la francophonie. 2003. Actes du colloque *Ville, énergie et environnement*. Beyrouth (Liban). 17,18 et 19 septembre 2003. 204 p.
- ALFSTAD T. 2005. *Development of a Least Cost Energy Supply Model for the SADC Region*. Master of Science in Engineering Thesis. Energy Research Centre, Faculty of Engineering and the Built Environment, University of Cape Town, South Africa. En ligne disponible sur [www.etsap.org/Docs/ERC%20SADC%20energy%20supply%20model.pdf](http://www.etsap.org/Docs/ERC%20SADC%20energy%20supply%20model.pdf), consulté le 29/02/07. 159p.
- ARMATTE M. 2005. *La notion de modèle dans les sciences sociales: anciennes et nouvelles significations*, in *Mathématiques et sciences humaines*. n° 172, Hiver 2005, spécial Modèles et méthodes mathématiques dans les sciences sociales : apports et limites. En ligne disponible sur [www.ehess.fr/revue-msh/pdf/N172R962.pdf](http://www.ehess.fr/revue-msh/pdf/N172R962.pdf), consulté le 29/02/07, 33p.
- AURAY J.P. et al. 1994. *Encyclopédie d'économie spatiale*. Editions Economica.
- BAILLY A. et al. 1984. *Les concepts de la géographie humaine*. Editions Masson.
- BAILLY A., BEGUIN H. 2001. *Introduction à la géographie humaine*. Editions Arman Colin/VUEF.
- BAITAILLE C., GALLEY R.. 1999. *L'aval du cycle nucléaire*. Office parlementaire des choix scientifiques et technologiques. Rapport de l'Assemblée Nationale. n°1359. France.
- BARRET C. et al. 2000. *Dictionnaire de géographie humaine*. Editions Liris.
- BAVOUX J.-J. 2002. *La géographie. Objet, méthodes, débats*. Arman Colin/VUEF.
- BEAUJEAN J.M., CHARPENTIER J.P., NAKICENOVIC N., 1977, *Global and international energy models: survey*, in *Annual review of energy* 2, pp 153-170.
- BEECK Van N., 2000, *A new method for local energy planning in developing countries* 796, Tilburg University, Faculty of Economics and Business Administration, en ligne le 29/02/07, <http://greywww.kub.nl:2080/greyfiles/few/2000/doc/796.pdf>, 17p.

- BEECK Van N., 1999, Classification of energy models: Research memorandum No.FEW 777, Faculty of Economics and Business Administration, Tilburg University, en ligne 29/02/07, <http://citeseer.ist.psu.edu/vanbeeck99classification.html>, 25p.
- BOBIN J.-L. et al. 2001. L'énergie dans le monde : bilan et perspectives. Société Française de Physique.
- BOUYSSOU D. et al, 2006, Concepts et méthodes pour l'aide à la décision Vol 1 Outils de modélisations, Coll. Informatique et systèmes d'information, Hermès Lavoisier, 400p.
- BRAUN B., COLLIGNON F. 2003. *La France en Chiffres*. Editions Bréal.
- BRUNET R. 1982. *Rapport sur la géographie*. L'Espace Géographique.
- BRUNET R. 1990. *Le déchiffrement du monde*, in Mondes nouveaux. Editions Hachette RECLUS. Géographie Universelle, vol.1.
- BRUNET R., FERRAS R., THERY H. 1993. *Les Mots de la Géographie, Dictionnaire Critique*. RECLUS-La Documentation Française.
- BRUNET R., 1999, Des modèles en géographie, sens d'une recherche www.doc conférence du 24 novembre 1999 et publiée dans le Bulletin de la Société de Géographie de Liège, 2000, n°2, pp.21-30
- BUNN D.W., LARSEN, E.R., 1997, Systems modelling for energy policy, Wiley, 342p.
- CHANARD C. 2006. *Bilans énergétiques territoriaux*. Mémoire de Master 1 Géographie et Territoire. Géographie. Besançon : Université de Franche-Comté. 115 p.
- CHEVALLIER M., RAVIGNAN A. mars 2006. Nucléaire ou pas ? *Alternatives Economiques*, n° 245, pp. 13-15.
- CIATTONI, VEYRET Y. 2003. *Les fondements de la géographie*. Editions Armand Colin.
- CLAVAL P. 2001. Epistémologie de la géographie. Nathan/VUEF.
- Commission Européenne. Directive 2002/91/CE du Parlement européen et du Conseil du 16 décembre 2002 sur la performance énergétique des bâtiments. Journal officiel des communautés européennes.
- CORMIO C. et al., 2003, A regional energy planning methodology including renewable energy sources and environmental constraints, in *Renewable and Sustainable Energy Review* 7 (2003) pp 99-130.
- CURRAN D.W. 1981. *La Nouvelle Donne Énergétique*. Editions Masson.
- DATAR. 2001. Schéma Collectif de l'Énergie. MEFI.

- DAUPHINE A. 2003. *Les théories de la complexité chez les géographes*. Coll Géographie, Economica. 248p.
- DAUPHINE A. 1986. *La simulation éco-énergétique*, in Revue d'analyse spatiale quantitative et appliquée. n°21. pp 29-46.
- DEHOTIN J. et al. 2005. *L'outil de modélisation hydrologique spatialisée Power : concepts scientifiques et insertion dans une plate-forme de modélisation intégrée*. En ligne le 29/02/2007, [lisc.clermont.cemagref.fr/.../resumes/J.Dehotin.Journées%20de%20la%20modélisation%20Presentation.ppt](http://lisc.clermont.cemagref.fr/.../resumes/J.Dehotin.Journées%20de%20la%20modélisation%20Presentation.ppt).
- DGMPE - Observatoire de l'Énergie. 2002. *Statistiques Énergétiques de l'Europe*.
- DGEMP - Observatoire de l'énergie. Oct. 2004. *20 ans de chauffage dans les résidences principales en France de 1982 à 2002*. [en ligne]. Disponible sur [http://www.industrie.gouv.fr/energie/statisti/se\\_stats14.htm](http://www.industrie.gouv.fr/energie/statisti/se_stats14.htm) consulté le 29 janvier 2007
- DUMOULIN A. 2001. *L'avenir du nucléaire militaire*. La documentation française. n°854. Collection dossiers d'actualité mondiale.
- DURAND-DASTES F, 1995, Les modèles en géographie, in Encyclopédie de géographie, ss la dir. d'A. BAILLY, pp 292-307.
- FAO, 1995, Wood Energy Planning, Wood Energy News, Vol 10 No 4, en ligne le 29/02/2007, [www.rwedp.org/acrobat/wen10-4.pdf](http://www.rwedp.org/acrobat/wen10-4.pdf), 20p.
- FAO, 1997, Data Collection & Analysis for Area-Based Energy Planning, A Case Study in Phrao District, Northern Thailand, Field Document No.48, May 1997, en ligne le 29/02/2007, <http://www.rwedp.org/fd48.html>, 73p.
- FINON D., 2003, Prospective énergétique et modélisation, identification de pistes méthodologiques, Notes au conseil scientifique de l'Institut Français de l'Énergie, en ligne le 29/02/07, [www.industrie.gouv.fr/energie/prospect/pdf/rap-finon.pdf](http://www.industrie.gouv.fr/energie/prospect/pdf/rap-finon.pdf), 38p.
- GICQUEL R., 2001, Systèmes énergétiques, Tome 2, Applications, Les Presses de l'École des mines, 330p.
- GIRAULT M., LECOUCVEY F. 2001. Projection tendancielle de la consommation énergétique des logements. Note de synthèse du SES. Sept-Oct. 2001. 8 p. [en ligne]. Disponible sur: <http://www.statistiques.equipement.gouv.fr> consulté le 9 mars 2007
- GRAILLOT D., ss la dir., 2006, Aide à la décision pour l'aménagement du territoire - Méthodes et outils, Traité IGAT Série Aménagement et gestion du territoire, Hermès Lavoisier, 436p.
- GRUBB M., et al., 1993, The Costs of Limiting fossil-Fuel CO2 Emissions: A Survey and Analysis, in Annual Review of Energy and the Environment, pp. 397-478.
- HAGGETT P., 1973, L'analyse spatiale en géographie humaine, Paris, Armand Colin, 390p.
- 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 de géographie, Université Rennes 2, 370p.

HOURCADE, J.C., ROBINSON, J. 1996, Mitigating factors: assessing the costs of reducing GHG emissions, in Energy Policy. 24 (10/11). pp. 863-873.

HOWELLS M.I. et al., 2002, Rural Energy Modelling, Energy Research Institute, University of Cape Town, South Africa, en ligne le 29/02/07, [http://iis-db.stanford.edu/evnts/3920/HOWELLS\\_paper.pdf](http://iis-db.stanford.edu/evnts/3920/HOWELLS_paper.pdf)

HILL D., 1993, Analyse Orientée Objets et Modélisation par Simulation, Addison-Wesley, 365p.

HIEATH, 2007, Decentralized energy planning: modelling and application, review, in Renewable and sustainable energy review. 11 (2007). pp 729-752.

IAEA. 2003. *Nuclear Reactors Directory*. Disponible sur [www.IAEA.org/worldatom/Books](http://www.IAEA.org/worldatom/Books)

IEA, 2000, Advanced Local Energy Planning (ALEP), A Guidebook, International Energy Agency, en ligne le 29/02/07, <http://www.ecbcs.org/annexes/annex33.htm#p>, 204p.

IBRAHIM K. 2004. *Approche territoriale des systèmes énergétiques*. Mémoire de DEA. Géographie. Besançon : Université de Franche-Comté. 24 p.

IBRAHIM K., SEDE-MARCEAU DE M.-H., 2005, Modèle d'analyse locorégional des systèmes énergétiques, communication au 7<sup>ème</sup> rencontres de Théo Quant janvier 2005, Besançon, 17p.

IBRAHIM K., 2005. *Nouvelle approche géographique de l'énergie*. Rapport interne état avancement thèse ThéMA. Université de Franche-Comté. 24p.

IBRAHIM K., DE SEDE M.-H. 2006. *Fondements et méthodologie pour une modélisation dynamique des systèmes énergétiques territoriaux*. Communication présentée au XLII<sup>ème</sup> Colloque de l'ASRDLF (Association de Science Régionale De Langue Française) – XII<sup>ème</sup> Colloque du GRERBAM (Groupe de Recherches sur les Espaces et les Réseaux du bassin Méditerranéen), sur le thème : « Développement local, compétitivité et attractivité des territoires ». SFAX, Tunisie. 4, 5 et 6 Septembre 2006.

IBRAHIM K., SEDE-MARCEAU DE M.H., 2007, Fondements et méthodologie pour une modélisation dynamique des systèmes énergétiques territoriaux, Séminaire interne des doctorants ThéMA, Besançon, Mars 2007.

IBRAHIM K., SEDE-MARCEAU DE M.H., LARCENEUX A., 2007, Résumé de communication pour le Festival International de Géographie (FIG) de St-Dié-des-Vosges 2007, 5p.

IEA, 2000, Advanced Local Energy Planning (ALEP), A Guidebook, International Energy Agency, en ligne le 29/02/07, <http://www.ecbcs.org/annexes/annex33.htm#p>, 204p.

IEA. 2003. *Key World Energy Statistics*. Disponible sur [www.iea.org](http://www.iea.org)

ISNARD H., RACINE J.-B., REYMOND H. 1981. *Problématiques de la Géographie*. P.U.F.

JEBARAJ S., INIYAN S., 2004, A review of Energy models, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews* Volume 10, Issue 4, pp 281-311.

KRUMDIECK S., DANTAS A., BURTON T., Supply and Demand is not Sustainable, in *Proceedings of International Conference Sustainability Engineering and Science*, Auckland, New Zealand 7-9 July 2004, en ligne le 29/02/07, [nzsses.auckland.ac.nz/conference/2004/Session5/22%20Krumdieck.pdf](http://nzsses.auckland.ac.nz/conference/2004/Session5/22%20Krumdieck.pdf)

LABBE M-H. 2000. *La grande peur du nucléaire*. Paris. Presses de Sciences Po.

LACASSAGNE S., SCHILKEN P., 2003, Les outils de planification énergétique territoriale, bonnes pratiques de villes européennes, *Energie Cités pour le compte de l'ADEME Valbonne*, 54p.

LE BERRE M. 1992. *Territoires*, in *Encyclopédie de Géographie*. Editions Economica.

LEFEVRE T., 2005, Classification of models for energy and environmental policy analysis, *Proceedings of the International Seminar for Sustainable Energy Development in Thailand: Options and Tools*, 11 November 2005, Bangkok, Thailand, en ligne le 29/02/07, [www.jgsee.kmutt.ac.th/new/announcement/27/08%20Thierry%20\(14.30-15.00\).pdf](http://www.jgsee.kmutt.ac.th/new/announcement/27/08%20Thierry%20(14.30-15.00).pdf)

LERBET-SERENI F., 2004, *Expériences de la modélisation, modélisation de l'expérience*, l'Harmattan, 174p.

Loi n°99-533 du 25 juin 1999 d'orientation pour l'aménagement et le développement durable du territoire. J.O n°148 du 29 juin 1999. Disponible sur [www.legifrance.gouv.fr](http://www.legifrance.gouv.fr)

LUGAN J.-C. 2006. *Lexique de systémique et de prospective*. Conseil économique et social Midi-Pyrénées, Section prospective. 97 p.

MACHERY, E., 2005, Doit-on se passer de la notion de concept ? *Conférence Proceedings, SOPHIA 2003*, en ligne le 29/02/07, <http://philosophiascientiae.free.fr/vol2/machery.pdf>

MAGNIN G. 2007. *Perspectives énergétiques de la France à l'horizon 2020-2050*. Point de vue d'Energie-Cités. Disponible sur [www.energie-cites.eu](http://www.energie-cites.eu), consulté en octobre 2007.

MARCONIS R. 1996. *Introduction à la géographie*. Editions Armand Colin.

MARTIN J.-M. 1992. *Economie et politique de l'énergie*. Editions Armand Colin.

MERENNE-SCHOUMAKER B., 1997, *Géographie de l'énergie*, Nathan Université, Coll. Géographie d'Aujourd'hui, Paris, 1997 (2e éd.), 192 p.

Ministère Délégué à l'Industrie. 2003. *Livre Blanc sur les Energies*. Disponible sur [www.industrie.gouv.fr/energie](http://www.industrie.gouv.fr/energie).

- MOIGNE Le J. L., 1990, La modélisation des systèmes complexes, AFCET Systems, Paris, Dunod, 178 p.
- MOINE A. 2006. Le territoire comme un système complexe : un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie. Espace géographique 2006-2. pp. 115-132.
- MONTRICHER N. 1995. *L'aménagement du territoire*. Editions La Découverte.
- NGO C. 2002. *L'énergie*. Editions Dunod.
- Office fédéral suisse de l'énergie (OFSE). [en ligne] Disponible sur <http://www.suisse-energie.ch> (consulté le 16 février 2006)
- PARENT C., SPACCAPIETRA S., ZIMANYI E., DONICI P., PLAZANET C., VANGENOT C., ROGNON N., GRAUSAZ P.-A. 1997. *MADS: un modèle conceptuel pour des applications spatio-temporelles*. Revue Internationale de Géomatique. vol.7, no 3-4, 1997.
- PERROUX F., 1964, L'économie du XXème siècle, Presses Universitaires de France, Paris, 2nde édition.
- PHDUNGSILP A., 2003, Energy and environmental modelling course A41613, lecture notes, en ligne 12/12/06, [www.energy.kth.se/courses/4A1613/EE2006-LEAPmodelling-notes.pdf](http://www.energy.kth.se/courses/4A1613/EE2006-LEAPmodelling-notes.pdf), 22p.
- POKHAREL S., 2004, Spatial model for wood energy analysis, in Int. J. Global Energy Issues, Vol.21, N.1/2, pp 79-98.
- 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, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, Suisse.
- PUMAIN D., SAINT JULIEN T. 2001. *Les interactions spatiales*. Editions Armand Colin.
- REVAZ J.-M. 2003. *La gestion énergétique d'une ville suisse : Martigny*. Actes du colloque *Ville, énergie et environnement*. Beyrouth (Liban). 17,18 et 19 septembre 2003. pp.21-27.
- DE ROSNAY J. 1996. *Une approche systémique de l'énergie*. Conférence FIFEL, Lausanne. 12 novembre 1996.
- ROUSSEAUX P., 2000, Valeur environnementale de l'énergie, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne, 186 p.
- RTE. [SD]. *Consommation française d'électricité. Caractéristiques et méthode de prévision*. [en ligne]. Disponible sur [http://www.rte-france.com/htm/fr/activites/previsions\\_consommation.jsp](http://www.rte-france.com/htm/fr/activites/previsions_consommation.jsp) consulté le 24 avril 2007
- SARLOS G., HALDI P.-A., VERSTRAETE P. 2003. *Systèmes énergétiques ; Offre et demande d'énergie : Méthodes d'analyse*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes. 874 p.

SEDE-MARCEAU (DE) M.H. et al., 2006, Projet de recherche OPTEER, Bilan phase 1 Septembre 2006, Rapport interne Laboratoire THEMA Université de Franche-Comté, Besançon, 70p.

SCHUMACHER E. F., 1973, *Small Is Beautiful: Economics As If People Mattered*. New York: Harper and Row, 142p.

SWISHER J.N. et al., 1997, Tools and methods for integrated resource planning. UNEP/CCEE, en ligne le 29/02/2007, [www.unepisoe.org/IRPManual/IRPmanual.pdf](http://www.unepisoe.org/IRPManual/IRPmanual.pdf), 270p.

THIAM S., DE SEDE M-H., PARENT C. 2003. *COBALT, A design tool for geographical databases development*. AGILE 2003: The science behind infrastructure, 6<sup>th</sup> AGILE Conference on Geographic Information Science. Lyon. 24-26 April 2003.

WALLISER, B., 1977, *Systèmes et modèles*, Ed Le Seuil, Paris, 247p.

WORLDBANK, UNDP, ESMAP, 1991, *Assessment of Personal Computer Models for Energy Planning in Developing Countries*, World Bank, Washington D.C., en ligne le 29/02/2007, [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](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), 90p.

YUE C.D.G., YANG G.L., 2007, Decision support system for exploiting local renewable energy sources: A case study of the Chigu area of southwestern Taiwan, *Energy Policy*, Vol. 35, Iss. 1, pp 383-394

YUE C.D.G., WANG S.S., 2006, GIS-based evaluation of multivarious local renewable energy sources: a case study of the Chigu area of southwestern Taiwan, *Energy Policy*, Vol 34, Iss.6, pp 730-742.

### 13. Liste des figures

<i>Figure 1 : Le concept de système énergétique territorial</i>	<i>p7</i>
<i>Figure 2 : Taux de boisement par communes, Pays albigeois</i>	<i>p8</i>
<i>Figure 3 : Exemple de carte de potentiel éolien</i>	<i>p8</i>
<i>Figure 4 : Représentation d'un profil de température type d'îlot thermique urbain</i>	<i>p9</i>
<i>Figure 5 : Ilot de chaleur urbain à Marseille, à gauche simulation, à droite, données mesurées</i>	<i>p9</i>
<i>Figure 6 : Cycle de croissance de la ressource ligneuse</i>	<i>p9</i>
<i>Figure 7 : Cycles de consommation énergétique</i>	<i>p9</i>
<i>Figure 8 : Cycle des temps sociaux</i>	<i>p10</i>
<i>Figure 9: La planification énergétique territoriale, approche conceptuelle</i>	<i>p10</i>
<i>Figure 10 : Le concept de Système d'Information Territorial</i>	<i>p12</i>
<i>Figure 11 : Le projet OPTEER</i>	<i>p14</i>
<i>Figure 12 : Déclinaison du principe de modélisation à un processus élémentaire : le calcul de l'énergie distribuée</i>	<i>p21</i>
<i>Figure 13 : Première ébauche d'architecture de plateforme</i>	<i>p22</i>
<i>Figure 14 : Architecture technique de l'Observatoire</i>	<i>p24</i>
<i>Figure 15 : Le concept de territoire</i>	<i>p27</i>
<i>Figure 16 : Représentation de la chaîne énergétique</i>	<i>p28</i>
<i>Figure 17 : Du réel à la connaissance</i>	<i>p29</i>
<i>Figure 18 : De l'observation à l'action</i>	<i>p31</i>
<i>Figure 19 : Conditions stratégiques et cognitives favorables aux logiques de coproduction de données</i>	<i>p32</i>
<i>Figure 20 : Finalités de modèles génériques</i>	<i>p33</i>
<i>Figure 21 : Classification de la biomasse en fonction du secteur source et de son humidité relative</i>	<i>P46</i>
<i>Figure 22 : Potentiel de Production de Biogaz à partir du nombre d'UGB</i>	<i>P49</i>
<i>Figure 23 : Evaluation de la consommation résidentielle par canton tous vecteurs et usages confondus</i>	<i>P50</i>
<i>Figure 24 : Ratio potentiel de la production/consommation</i>	<i>P51</i>

# 14. Annexes

## Posters présentés au Festival International de Géographie, St dié des Vosges, Octobre 2007



L'un des défis majeur du 21ème siècle est certainement la mise en œuvre de systèmes de gestion durable des ressources.

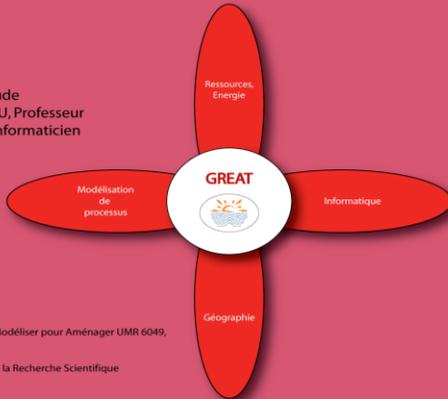
Ainsi, une équipe de recherche travaille au sein du laboratoire ThéMA sur cette problématique, aux échelles locale et régionale dans un objectif d'aide à la décision. L'essentiel des travaux porte actuellement sur des questionnements énergétiques.

Notre réflexion repose sur la construction de « systèmes énergétiques territoriaux » qui prennent en compte les caractéristiques du territoire tout en étant économiquement viables et se révélant sans préjudices environnementaux supplémentaires.

Comment valoriser les potentialités et ressources locales ?  
 Comment maîtriser les consommations énergétiques urbaines ?  
 Comment connaître et analyser les comportements énergétique d'un territoire ?  
 Quelle organisation mettre en œuvre pour limiter les impacts sur l'environnement ?  
 Comment satisfaire les besoins en énergie par une gestion raisonnée des ressources ?

**L'équipe du GREAT : Groupe de REcherche sur la Gestion des REssources et Approches Territoriales**

Hélène AVOCAT, doctorante  
 Camille CHANARD, doctorante  
 Yann FLETY, doctorant  
 Khaled IBRAHIM, ingénieur d'étude  
 Marie-Hélène de SEDE-MARCEAU, Professeur  
 Souleymane THIAM, ingénieur informaticien



GREAT fait partie du laboratoire ThéMA : Théoriser et Modéliser pour Aménager UMR 6049,  
 ThéMA est une Unité Mixte de Recherche associant  
 l'Université de Franche-Comté et le Centre National de la Recherche Scientifique

Les posters présentés introduisent ces recherches en géographie, liant énergie et territoire....

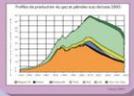


Les défis énergétiques et environnementaux qui se posent aujourd'hui nécessitent l'élaboration de concepts, méthodes et outils capables de traduire la complexité du système énergétique territorial.

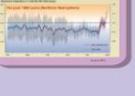
**Crise énergétique et environnementale**



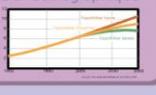
**Épuisement des ressources énergétiques fossiles**



**Réchauffement climatique**



**Défi démographique**



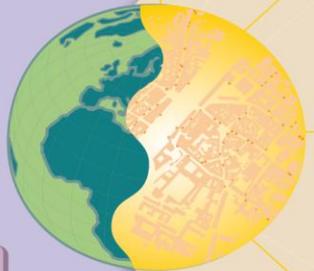
**Observation**  
 Suivi des phénomènes sur un temps "long"; pour connaître et analyser la structure et le fonctionnement des systèmes énergétiques

**Prospective**  
 Sur la base d'une accumulation des connaissances, développer des outils de simulation permettant  
 - d'établir des scénarii d'évolution (de l'offre, de la demande, ...)  
 - de construire des propositions en terme de planification par filière, par chaîne, ...

**Territoriale**  
 Prise en compte, au niveau de l'observation comme de la prospective, de la dimension territoriale des phénomènes, c'est-à-dire de leur inscription dans l'espace géographique et dans un système d'acteurs

**Energétique**  
 L'objectif du projet est de répondre à des problématiques ayant trait à l'énergie (offre, demande, usages, filières, chaînes) sur la base de données contextuelles et énergétiques

**Echelle Régionale**  
 C'est l'échelle privilégiée d'appréhension des phénomènes. Le terme région est entendu comme ensemble doté de caractères communs lui conférant sa cohérence, notamment d'un point de vue énergétique. La région ne recouvre donc pas nécessairement un territoire administratif





Observation et prospective territoriale énergétique à l'échelle régionale  
 Projet de recherche financé par l'ADEME, la Région Franche-Comté et le CNRS  
 Equipe GREAT, Laboratoire ThéMA - UMR 6049 CNRS - Université de Franche-Comté

# Le système énergétique territorial : Organiser la gestion soutenable des énergies

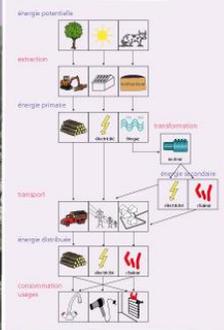
Face au défi énergétique mondial, le système énergétique territorial propose de recourir à l'exploitation des ressources renouvelables locales

Quelles sont les ressources ?  
Quels sont les besoins ?  
Quelles sont les contraintes ?

**Caractéristiques physiques**

Relief  
Climat  
Répartition spatiale des ressources

**La chaîne énergétique territoriale c'est :**  
- une série de formes énergétiques  
- un ensemble de processus



**Facteurs d'organisation et d'évolution**

Démographie  
Economie  
Technologie

**Acteurs**

Consommateurs  
Producteurs  
Distributeurs  
Elus  
Société civile

Le système énergétique territorial c'est :  
l'ensemble des ressources énergétiques,  
l'ensemble des consommations et des usages,  
à replacer dans un contexte local

Les caractéristiques du territoire déterminent la structure et le fonctionnement du système énergétique territorial

Potentiel de production  
Production et caractéristiques locales  
Distribution d'électricité et villes en France  
Consommation et population : exemple de deux régions françaises

Pour répondre de façon soutenable aux problèmes environnementaux et économiques tout en satisfaisant les besoins des populations, système énergétique et territoire ne peuvent être étudiés séparément

# La réhabilitation dans l'habitat collectif est-elle synonyme de performance énergétique ?

En France, le secteur résidentiel représente 46% des consommations d'énergie et 24% des émissions de gaz à effet de serre.

A priori, la réhabilitation urbaine suppose une amélioration de la performance énergétique. Mais la problématique semble plus complexe...

Différents éléments insistent ici sur la prise en compte du couple habitat/habitants pour des opérations de réhabilitation.

Dépenses mensuelles pour un T3 non réhabilité en HLM



→ D'importantes dépenses énergétiques dans l'habitat social

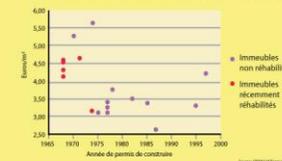
## Le quartier Planoise à Besançon

- une majorité d'habitat collectif HLM
- dont 74 % construits entre 1968 et 1981
- une prépondérance d'ouvriers et d'employés



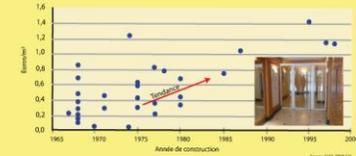
## Vers une performance énergétique accrue ?

Coût actuel du chauffage en fonction de l'année de construction



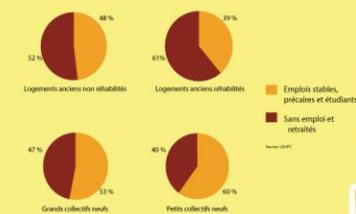
→ La réhabilitation ne privilégie pas une maîtrise de l'énergie.

Dépense en électricité des communs par m² en 2004



→ Des communs plus consommateurs d'énergie dans les immeubles neufs privilégiant le confort

## Des occupants plus présents dans les logements anciens (réhabilités ou non) ...



→ ... donc plus consommateurs d'énergie ?

## Une typologie sommaire deux types d'habitat

- Premier groupe :**
- immeubles anciens,
  - grands appartements,
  - temps de présence important des occupants,
  - faible dépense d'électricité des communs.

- Deuxième groupe :**
- immeubles récents,
  - mixité des types d'appartements,
  - dépense en chauffage plus faible,
  - forte dépense d'électricité dans les communs.

En plus d'intégrer urbanisme et architecture (habitat), la réhabilitation devrait considérer les caractéristiques socio-économiques des habitants afin d'optimiser les performances énergétiques.

Une territorialisation de la démarche permettrait d'adapter les politiques menées à l'espace considéré.



## L'équipe de recherche

- Hélène Avocat, Doctorante, titulaire d'un master II « Structures et Dynamiques Spatiales » mené à Besançon et Montréal. Compétences; gestion/planification des ressources naturelles (eau, forêt). Sujet de thèse: Approche Territoriale pour une exploitation durable du bois – énergie en Franche-Comté
- Camille CHANARD, doctorante, Titulaire d'un Master II « Structures et Dynamiques Spatiales », de l'Université de Franche-Comté, portant sur une étude sur les structures spatiales et la consommation énergétique. Sujet de thèse: Planification et politiques énergétiques: Analyse des réseaux d'acteur Territoriaux et définition de territoires de pertinence énergétique, actuellement bénéficiaire d'une bourse ADEME-Région Franche-Comté.
- Yann FLETY, doctorant, Titulaire d'un master recherche « Systèmes Territoriaux, Développement Durable Aide à la Décision » (STDDAD) de l'Université Joseph Fourier Grenoble I. Compétences : Modélisation : approche systémique, systèmes experts, géomatique. Actuellement bénéficiaire d'une bourse de docteur ingénieur (BDI) du CNRS (financement à 100%)
- Khaled IBRAHIM, doctorant-collaborateur de recherche, Dr. en physique, ayant une longue expérience professionnelle dans le domaine de l'énergie nucléaire.
- Marie-H. de SEDE, PhD, responsable du projet, géographe, diplômée en sciences de l'eau de l'Institut National de la Recherche Scientifique du Québec (CA), professeur de géographie, spécialiste du domaine des sciences et technologies de l'information géographique, notamment de la mise en œuvre de bases de données spatio-temporelles et de l'application des Technologies de l'Information Géographique à la gestion/planification des ressources.
- Souleymane THIAM, Ingénieur informaticien, titulaire du master « Théorie et ingénierie des bases de données » Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, gérant de la société [I@D](#) Informatique.

### Etudiants de Master I et II

- Angélique Jeannin, étudiante en Master II « structure et dynamiques spatiales ». Thème de recherche « énergie et mobilité »
- Maktoub Allou, étudiant en Master I « Géographie ». Thème de recherche « Systèmes énergétiques en milieu rural et urbain, étude comparative ».
- Mélanie Tessier, étudiante en Master I « Géographie ». Thème de recherche « Les énergies renouvelables en Franche-Comté »

## Curriculum Vitae des membres de l'équipe

**AVOCAT Hélène**  
48, rue du champ Melin 25 000 Besançon  
06 83 72 02 52 / 03 81 52 01 17



## FORMATIONS

2006/2007 : doctorat de géographie à l'Université de Franche-Comté (laboratoire ThéMA)  
2005/2006 : Master 2 Structures et dynamiques spatiales, en programme d'échange avec l'Université du Québec à Montréal (Mention Très Bien).  
2003/2004 : Maîtrise (Master 1) de géographie à l'Université de Franche-Comté (Mention Bien)  
2002/2003 : Licence de géographie mention enseignement obtenue à l'Université de Franche Comté (Mention Bien).  
Baccalauréat Littéraire, spécialité Mathématiques et Langue vivante 3 obtenu à Besançon en 2000 (Mention Assez Bien).

## LANGUES

Anglais, parlé et écrit.  
Italien, parlé et écrit.  
Allemand, parlé et écrit.

## EXPÉRIENCES PROFESSIONNELLES, STAGES :

2006 : collaborateur de recherche au laboratoire ThéMA. Mise en place d'une base de données spatialisées pour la Direction Régionale de l'équipement. Participation à la mise en place d'un observatoire socio-économique en réseau pour le compte de l'Agence Régionale de Développement (ARD)  
2004 : Stage de quatre semaines à la Communauté d'Agglomération du Pays de Montbéliard (CAPM) au service Infrastructures, spécialité gestion des eaux et mise en place de périmètres de protection autour des captages d'eau potable.  
2003/2004 : Bibliothécaire à la bibliothèque d'Histoire-Géographie de l'Université de Franche-Comté.

## CENTRES D'INTÉRÊT

Intérêt pour les problématiques d'aménagement du territoire en général, et de la gestion des ressources en particulier. Recherches en cours sur la gestion des ressources ligneuses en Franche-Comté. Intérêt pour la systémique, la modélisation des systèmes territoriaux (notamment énergétiques)  
Intérêt pour toutes les problématiques relatives à la gestion des eaux, aux enjeux et aux difficultés induites par le déficit hydrique.  
Mémoire de maîtrise consacré à l'analyse factorielle du déficit hydrique en zone urbaine.  
Suivi de cours d'hydrologie à l'UQAM et réalisation d'un travail portant sur l'intégration du bassin hydrographique des Grands-Lacs et du Saint-Laurent dans la politique de gestion et de partage des eaux à l'échelle nord-américaine (mémoire de Master 2)

## LOGICIELS CONNUS

Bureautique : Microsoft Office (Word, Exel, Powerpoint), Works, ClarisWorks  
Géomatique : MapInfo, Arc GIS, Idrisi  
Dessin assisté par ordinateur : Photoshop, Illustrator

**Camille CHANARD – née le 26 août 1984**  
**14 bis, rue Thiers – 90 000 Belfort**  
09 54 81 90 14 – 06 33 58 79 54  
camille.chanard@laposte.net

## **FORMATIONS**

---

- Depuis Sept.2007      Doctorat en géographie – Laboratoire ThéMA – Université de Franche-Comté  
Mémoire sur « *Planification et politiques énergétiques ; Analyse des réseaux d'acteurs territoriaux et définition de territoire de pertinence énergétique* »  
dirigé par Marie-Hélène De Sède-Marceau -- Financement Ademe
- Sept. 2006 – juin 2007      Master 2 « *Structures et dynamiques spatiales* » – mention assez-bien  
Mémoire sur « *Une approche morphologique et fonctionnelle de l'énergie en milieu urbain* » dirigé par Marie-Hélène De Sède-Marceau –  
Laboratoire Théma – Université de Franche-Comté
- Sept. 2005 – juin 2006      Master 1 de géographie – mention bien – Université de Franche-Comté  
Mémoire : « *Construction de bilans énergétiques à l'échelle régionale* »  
dirigé par Mme De Sède-Marceau et M. Ibrahim
- Sept. 2004 – juin 2005      Licence de géographie – mention bien – Université de Franche-Comté
- Juin 2002      Bac scientifique – Lycée Pasteur de Besançon (25)
- Bonne pratique de la langue russe (quatre séjours en Russie)  
Anglais lu, écrit et parlé  
Maîtrise de Word, Excel, Philcarto, Illustrator

## **EXPÉRIENCES PROFESSIONNELLES**

---

- Mai 2007      Saisie d'enquêtes pour l'Observatoire des étudiants  
Université de Franche-Comté
- Mai – juin 2006      Chargée d'une étude sur la consommation énergétique liée aux déplacements domicile – travail (stage de 6 semaines dans le cadre du master 1) avec l'AJENA (Association jurassienne pour la diffusion des énergies alternatives)
- Janv. 2006      Rapporteur pour la consultation des Conseils de quartiers dans le cadre du projet Besançon 2020 » - Ville de Besançon
- Sept. 2005 – juin 2007      Tuteur pour la filière géographie – Université de Franche-Comté  
Accompagnement des étudiants de licence dans leur cursus de formation
- Sept. 2005 – juin 2006      Présidente de l'association des étudiants en géographie : organisation de manifestations, montage de projet en équipe, gestion du budget
- Oct. 2004 – janv. 2005      Enquêtrice pour l'enquête ménage « *Déplacements des personnes dans l'agglomération bisontine en 2004* » – INSEE Franche-Comté  
Collecte de données par visite avec questionnaire papier (environ 60 ménages enquêtés)

## **ET AUSSI ...**

---

Voyages (Italie, Russie, Liban), Théâtre, Natation, Badminton

<b>INFORMATIONS PERSONNELLES :</b>
------------------------------------

Nom	<b>IBRAHIM</b>
Prénom	<b>KHALED</b>
Date de naissance	<b>07- 08- 1965 à Alger (Algérie)</b>
Situation familiale	<b>Marié, deux enfants</b>
Nationalité	<b>Algérienne</b>
Adresse	<b>45 avenue Clémenceau; 25 000 BESANÇON</b>
Tél	<b>03 81 80 78 48</b> <b>06 32 63 33 38</b>
Courriel	<b>kibrahim@univ-fcomte.fr</b>

<b>EXPERIENCE PROFESSIONNELLE</b>
-----------------------------------

Période	Depuis Mai 2006
Employeur	Université de Franche-Comté Laboratoire ThéMA 32 rue Mégevand, 25000 Besançon
Fonction occupée	Ingénieur de Recherche contractuel

Période	De 08-2005 à 04- 2006
Employeur	<b>S2E (Energie, Environnement)</b> 6 rue de Picardie 25000 Besançon
Fonction occupée	Gérant majoritaire

Période	De 04-2004 à - 07-2005
Employeur	<b>Bâtiment Sécurité Incendie</b> 06 ; bd. Diderot 25000 Besançon
Fonction occupée	Ingénieur Audits et développement

Période	De 11-1999 à 12-2003
Employeur	<b>Centre de Recherche Nucléaire d'Alger</b> <b>Commissariat à l'Energie Atomique</b> 02, Bd Frantz Fanon BP 399, Alger-Gare , Alger, ALGERIE
Fonctions occupées	<i><b>Chargé de Recherche</b></i> <i><b>Directeur de la Division de Sûreté (11-1999 à 04-2000)</b></i> <i><b>Secrétaire Général du Centre de Recherche Nucléaire d'Alger (04-2000 à 12-2003)</b></i>

Période	De 11-1997 à 11-1999
---------	----------------------

Employeur	<b>Centre de Radioprotection et de Sûreté Commissariat à l'Energie Atomique 02, Bd Frantz Fanon BP 399, Alger-Gare , Alger, ALGERIE</b>
Fonctions occupées	<b><i>Attaché de Recherche Chef du Laboratoire de Sûreté Nucléaire (01-1998 à 11-1999)</i></b>
Période	De 07 -1992 à 11-1997
Employeur	<b>Centre de Développement des Systèmes Energétiques BP 180, Ain-Oussera, Djelfa, ALGERIE</b>
Fonctions occupées	<b><i>Attaché de recherche Chef de la Division d'Analyse de Sûreté des Systèmes Energétiques (01 - 1995 - 11-1997).</i></b>

### FORMATION

Période	2004 - (fin 2007)
Diplôme	<b><i>Doctorat en Géographie et aménagement du territoire</i></b>
Thème	<b><i>Approche territoriale des systèmes énergétiques</i></b>
Etablissement	Laboratoire ThéMA, Université de Franche-Comté
Période	2003- 2004
Diplôme obtenu	<b><i>DEA Méthodes et Techniques Nouvelles en Sciences de l'Homme et de la Société ; Option : Géographie ; Mention Très Bien</i></b>
Thème	<b><i>Analyse loco-régionale des systèmes énergétiques</i></b>
Etablissement	Laboratoire ThéMA , Université de Franche Comté
Période	1988-1992
Diplôme obtenu	<b><i>Magistère (Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle) en Génie Nucléaire, option Sûreté Nucléaire ; Mention Très Honorable et les Félicitations du Jury</i></b>
Thème	<b><i>Analyses de Sûreté des systèmes énergétiques</i></b>
Etablissement	Centre de Développement des Systèmes Energétiques, Commissariat à l'Energie Atomique (Algérie). Service de Métrologie nucléaire. Université Libre de Bruxelles (Belgique)
Période	1984-1988
Diplôme obtenu	<b><i>D.E.S (Maîtrise) en Physique</i></b>
Option	Physique de la matière
Etablissement	Université des Sciences et de la Technologie, U.S.T.H.B , Bab-Ezzouar, Alger
Période	1984
Diplôme obtenu	<b><i>Baccalauréat; série : Mathématiques ; Mention : A.Bien</i></b>
Matières principales	Mathématiques - sciences physiques
Etablissement	Lycée Abane Ramdane -Alger

Yann FLETY  
Né le 26/06/1981 à Grenoble, célibataire  
Permis B par conduite accompagnée (obt. 99)

Le Bois de Thuellin 38630 Veyrins-Thuellin  
☎/Rep/fax 04.74.33.76.47.  
E-Mail : [flety.yann@free.fr](mailto:flety.yann@free.fr)

## *Environnement, géomatique*

### FORMATION UNIVERSITAIRE

---

- 2006-09 : Thèse de doctorat en Géographie : Analyse, conception et développement d'outils de simulation des systèmes énergétiques territoriaux. Univ. Franche-Comté, Ss la dir. Dr marie-helene.de-sede-marceau@univ-fcomte.fr
- 2005-06 : Master 2 Recherche Systèmes Territoriaux, Développement Durable, Aide à la Décision, Univ. J. Fourier GrenobleI, ENS Lyon, Mention TB. Mémoire de recherche : « Vers un instrument spatialisé de gestion des ressources pour la Réserve Nationale Naturelle de l'Aïr Ténéré, Niger : approches et outil », Ss la dir. Dr franck.giazzi@ujf-grenoble.fr .
- 2004 et 05 : Années internationales : Univ. of Wales Swansea (Pays de Galles) puis Wageningen Univ. (NL) : télédétection, S.I.G., algorithmique, data-mining, tous crédits validés.
- 2001-05 : Diplôme d'Universités Ingénierie de l'Espace Rural, Formation pluridisciplinaire dans le domaine de la gestion environnementale et des territoires, Univ. Lyon, Chambéry-Savoie, L.A Poisy.
- 1999-01 : Niveau D.E.U.G. Science de la Vie et de la Terre (Univ. Joseph Fourier GrenobleI).

### STAGES, EXPERIENCES PROFESSIONNELLES

---

- 2007 : 30h, Vacances à l'Université de Franche-comté, interventions en Master : Modélisation en dynamique de système : l'exemple des systèmes énergétiques territoriaux (3h), Observation des systèmes énergétiques territoriaux (2h), TD de bureautique niveau intermédiaire (24h).
- 2006 : 90h, Vacances à l'Ecole Normale Supérieure de Lyon, cartographie et statistiques européennes, Ss la dir. Dr Violette.Rey@ens-lsh.fr.
- 2005 : 4 mois, Wageningen Univ. Research Centre Geoinformation (NL), "Land cover change around Natura2000 sites" mémoire de maîtrise, EU program BIOPRESS. Ss la dir. Dr Monica.Wachowicz@wur.nl.
- 2004 : 5 mois, Natural Environmental Research Council Centre for Ecology & Hydrology Section Earth Observation (UK), mémoire de licence: « Potential ecological impacts of land cover change in the framework of the European SiberiaII project: carbon, biodiversity and sustainability». Acquisition et géoréférencement d'images satellites MODIS, SPOT, ATSR2, classifications et matrices de confusion, analyses et interprétations, S.I.G. en mode raster. Ss la dir. Dr Heiko BALZTER : hb91@leicester.ac.uk.
- 2002 : 2 mois, Conseil Général de Haute-Savoie Propositions cartographiques d'aménagements raisonnés.
- 2001, 02 : Séminaires avec le Centre International de Formation Européenne (C.I.F.E.). « Quelles politiques agricoles pour l'Europe ? », « Une Constitution pour l'Europe ? » Grainau et Berlin (DE).

### ACTIVITE SCIENTIFIQUE

---

- Flety Y., Giazzi F., 2007, The Aïr-Ténéré National Natural Reserve observatory: Territorial intelligence for sustainable development, 2nd international conference CAENTI, Huelva (SP), Oct. 2007.
- Flety Y., Ibrahim K., De Sede Marceau M.-H., 2007, Vers un outil de modélisation des systèmes énergétiques territoriaux : contextes, concepts et insertion dans une plate-forme de modélisation intégrée, XLIII<sup>e</sup> Colloque de l'ASRDLF Grenoble et Chambéry, Juillet 2007.

- George C., Balzter H., Flety Y., 2005, Using Endorsement Theory to Validate Annual Burnt Areas in Central Siberia. Proceedings Intern. Symposium on Rem. Sens. of Environment, St Petersburg, Russia. June 2005.

## INFORMATIQUE

---

- Géomatique-Téledétection : Mapinfo Formation CFPA, ArcGIS (diplôme VCC), PCI Geomatica.
- Modélisation : Modèles E/A, objet, initié UML. Perceptory, DevakiNextObjects, SmartElement.
- Divers : PaintShop Pro 6, Illustrator CS2; Autocad 2005, Micro station V8, Sphinx, utilisation avancée des logiciels de bureautique classique, d'Internet et de divers outils multimédias S.E. Unix, Mandriva, Open Office.

## TRAVAUX SAISONNIERS (HORAIRE CUMULES)

---

- 2003 et 00 : Mission prévention hydraulique EDF : Animations pédagogiques, cartographie 4 mois
- 2006, 2004, 2001 et 1999 : Animateur, organisateur de camp et moniteur de ski 5 mois, Services traiteurs, vaisselles quotidiennes en cantine scolaire, vendanges mois.

## DIVERS

---

- Anglais en environnement professionnel et privé, lu, parlé, écrit. Allemand, Russe, niveau lycée.
- B.A.F.A., A.F.P.S., macrophotographie, guitare, cornemuse, sports de montagne, badminton, course à pied.

## Table des matières

<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
<b>1. RAPPELS SUR LES GRANDS PRINCIPES ET LES OBJECTIFS A LA BASE DU PROJET OPTEER.....</b>	<b>4</b>
1.1. MISE EN CONTEXTE ET PRINCIPES DE BASE.....	4
1.1.1. <i>Le concept de système énergétique territorial.....</i>	7
1.1.2. <i>Les Systèmes d'Information territoriaux.....</i>	11
1.2. OBJECTIFS DU PROJET.....	14
<b>2. LE SYSTEME OPTEER, OBJECTIFS ET CAHIER DES CHARGES (DE SEDE-MARCEAU, 2007).....</b>	<b>14</b>
2.1. PHILOSOPHIE/OBJECTIFS DU SYSTEME OPTEER :.....	14
2.2. DESCRIPTIF DU SYSTEME OPTEER.....	18
2.2.1. <i>Les fonctionnalités attendues.....</i>	18
2.2.2. <i>L'architecture technique proposée pour l'observatoire (Thiam, 2007).....</i>	22
2.2.3. <i>Développement de l'application « observatoire ».....</i>	25
<b>3. ETAT D'AVANCEMENT DU PROJET.....</b>	<b>27</b>
3.1. LES THEORIES ET LES CONCEPTS.....	27
3.1.1. <i>Le socle territorial.....</i>	27
3.1.2. <i>Les structures et les processus énergétiques.....</i>	28
3.2. LES METHODES ET LES OUTILS.....	29
3.2.1. <i>L'observation et les observatoires, à l'interface entre réel et connaissance (de Sède-Marceau, 2007).....</i>	29
3.2.2. <i>Les modèles énergétiques (Fléty, 2007).....</i>	32
<b>4. APPLICATIONS/VALIDATION.....</b>	<b>45</b>
4.1. LE PROJET BIOGAZ.....	45
4.1.1. <i>Connaissances de base.....</i>	46
4.1.2. <i>Rappel des objectifs et de la finalité du projet.....</i>	48
4.1.3. <i>Méthode : adéquation des potentiels de production et de consommation.....</i>	48
4.2. LE PROJET 1000 CHAUFFERIES.....	52
4.3. LE PROJET SOLVAY/JURA DOLOIS.....	54
<b>5. SYNERGIES ET COLLABORATIONS AUTOUR DU PROJET.....</b>	<b>56</b>
5.1. COLLABORATIONS UNIVERSITAIRES.....	56
5.2. COLLABORATIONS INSTITUTIONNELLES ET PRIVEES.....	56

<b>6. LA VALORISATION .....</b>	<b>57</b>
6.1. PUBLICATIONS/COMMUNICATIONS .....	57
6.2. ENSEIGNEMENT/TRAVAUX D'ETUDIANTS.....	58
<b>7. POINT FINANCIER A T+2 .....</b>	<b>60</b>
<b>8. PROGRAMME DE LA PHASE III.....</b>	<b>60</b>
ECHEANCIER .....	62
<b>9. CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>	<b>64</b>
<b>10. REMERCIEMENTS .....</b>	<b>65</b>
<b>11. GLOSSAIRE THEMATIQUE ENERGETIQUE.....</b>	<b>65</b>
<b>12. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>	<b>70</b>
<b>13. LISTE DES FIGURES .....</b>	<b>77</b>
<b>14. ANNEXES .....</b>	<b>78</b>
POSTERS PRESENTES AU FESTIVAL INTERNATIONAL DE GEOGRAPHIE, ST DIE DES VOSGES, OCTOBRE 2007 .....	78
L'EQUIPE DE RECHERCHE.....	81
CURRICULUM VITAE DES MEMBRES DE L'EQUIPE.....	82
TABLE DES MATIERES .....	89