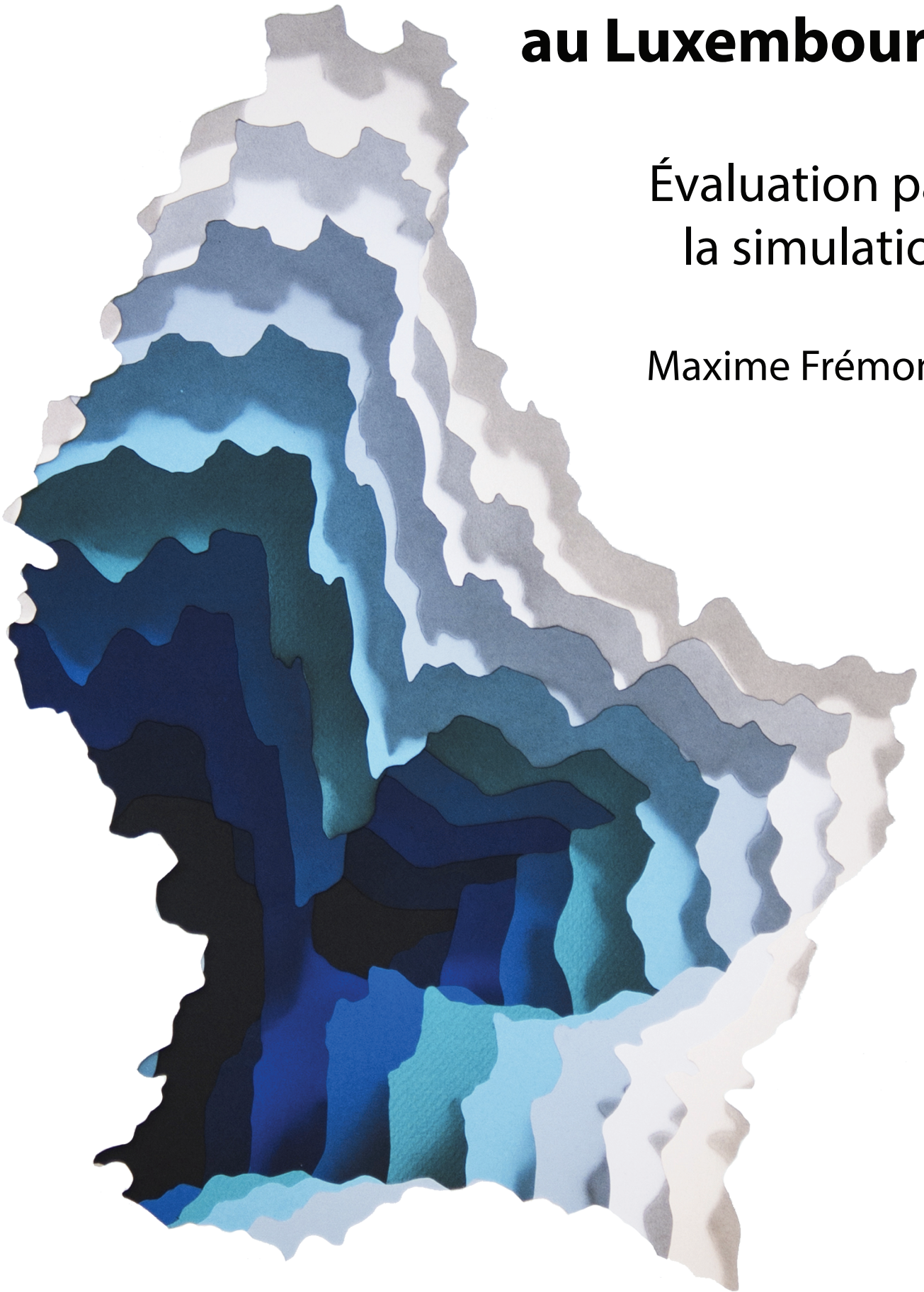


Une approche normative de l'aménagement au Luxembourg

Évaluation par
la simulation

Maxime Frémond



UNIVERSITÉ DE FRANCHE-COMTÉ

ÉCOLE DOCTORALE « LANGAGES, ESPACES, TEMPS, SOCIÉTÉS »

Thèse en vue de l'obtention du titre de docteur en

GÉOGRAPHIE ET AMÉNAGEMENT

UNE APPROCHE NORMATIVE DE L'AMÉNAGEMENT AU LUXEMBOURG

ÉVALUATION PAR LA SIMULATION

Présentée et soutenue publiquement par

Maxime FRÉMOND

Le 6 novembre 2015

Sous la direction de Cécile Tannier, Philippe Gerber et Pierre Frankhauser

Membres du jury :

Jean-Philippe Antoni, Professeur à l'université de Bourgogne

Eric Charmes, Directeur de recherche à l'université de Lyon, ENTPE, Rapporteur

Yves Crozet, Professeur Émérite à l'université de Lyon, IEP de Lyon, Rapporteur

Pierre Frankhauser, Professeur à l'université de Franche-Comté

Cyrille Genre-Grandpierre, Maître de Conférence HDR à l'Université d'Avignon et des pays de Vaucluse

Philippe Gerber, Chargé de recherches au Luxembourg Institute of Socio-Economic Reseach (LISER)

Cécile Tannier, Chargée de recherche CNRS

Crédits de l'illustration de couverture :

Abyss_52, peinture acrylique sur papier découpé à la main, 55,88 x 41,91 cm

Par 1010, Hashimoto Contemporary, San Fransisco.

Merci à l'artiste de son aimable autorisation et à Megan du Hashimoto Contemporary pour l'envoi.

*À mon grand-père,
Charles Decaen (1924 - 2001)*

Avant-propos

Cette recherche doctorale a été financée par le Fond National de la Recherche Luxembourgeoise (COSMELUX, COunter urban Sprawl in the METropolitan area of LUXembourg : a spatial modeling application to reduce car dependence - AFR MARP n° 18).



Résumé

Une approche normative de l'aménagement au Luxembourg.

Évaluation par la simulation

Au Luxembourg, les pratiques de mobilité quotidienne des frontaliers et des résidents engendrent une forte dépendance à l'automobile. Ce processus favorise l'étalement urbain alors même que le pays a pour objectif de répondre à une demande en logements conséquente tout en limitant la consommation foncière. Dans ce contexte, l'objectif central de cette thèse est de donner de nouveaux éclairages sur la relation entre les formes du développement résidentiel et les mobilités quotidiennes qui y sont associées. Pour y parvenir, une démarche normative d'aménagement a été adoptée. Celle-ci consiste à proposer de nouvelles normes d'aménagement, en fonction d'un objectif donné. Des règles quantitatives sont les instruments de mise en application des normes.

L'application d'une telle démarche normative se fait en trois étapes dans la thèse : i) la conception de scénarios de développement résidentiel à l'horizon 2030. L'introduction d'une règle d'urbanisation fractale permet la simulation de formes de développement résidentiel réalistes ; ii) la simulation des scénarios de développement résidentiel, à l'aide de la plateforme de simulation MUP-City et iii) l'évaluation des configurations spatiales simulées en termes d'accessibilité spatiale aux aménités rurales et urbaines (calculs SIG), et de durabilité des comportements de mobilité quotidienne (simulations au moyen de la plateforme MobiSim).

Dans la plupart des scénarios, l'accessibilité spatiale à un large panel d'aménités (commerces, services, espaces verts et de loisirs, stations de transports en commun) est améliorée par rapport à la situation initiale observée en 2010. Les données de simulation des mobilités quotidiennes, par la prise en compte des comportements individuels des agents dans le modèle, confirment l'intérêt des scénarios simulés. La part modale de la voiture, qui est de 70% en 2010, diminue en effet dans tous les scénarios. Elle atteint 58% en 2030 pour l'un des scénarios. Parallèlement, les distances et le budget temps accordés à la marche à pied augmentent fortement.

Les résultats de ce travail de thèse montrent l'intérêt d'une démarche normative appliquée aux questions d'aménagement du territoire, notamment en ce qui concerne le développement résidentiel. Les résultats soulignent également l'intérêt d'une modélisation fractale des formes urbaines, tant au niveau local (quartier, commune) que global (région urbaine).

Mots-clés : aménagement, planification, mobilité quotidienne, formes urbaines, et simulations spatiales

Abstract

A normative planning approach for the Luxembourg.

Assessment based on spatial simulation

In Luxembourg, daily mobility patterns of both cross-border workers and residents lead to a strong car dependence. This process encourages urban sprawl. Meanwhile the country is faced to increasing housing needs but has to reduce land consumption. Within this context, the main objective of this thesis is to throw light about the relation between residential growth patterns and daily mobility behaviors. In this way, a normative planning approach has been adopted. This approach proposes new planning norms for achieving a series of planning objectives. Quantitative rules are the tools used to apply the norms.

Three steps have been done : i) conception of residential growth scenarios for 2030. By applying a fractal rule, we obtain realistic residential development patterns; ii) spatial simulation of residential growth scenarios, with the MUP-City platform and iii) assessment of simulated spatial configurations regarding both the spatial accessibility to rural and urban amenities (GIS calculations) and the sustainability of daily mobility behaviors (simulations with the MobiSim platform).

In most of the scenarios, spatial accessibility to a various range of facilities (retails, services, green spaces, leisures and public transport stations) is increased compared to the initial state observed in 2010. Simulated daily mobility, by taking into account individual behaviors of agents in the model, confirms the interest of the proposed scenarios. The modal share of car use, which was 70% in 2010, decreases in all cases. It reaches 58% in 2030 for one scenario. Simultaneously, the distances and the time-budget of pedestrians strongly raise.

This doctoral research shows the interest of a normative approach applied to spatial planning issues, particularly in terms of residential development. The results obtained also underline the interest of fractals for modelling urban forms, both at local (neighborhood, municipality) and global (urban region) scales.

Keywords : planning, prospective, daily mobility, urban forms, spatial simulation

Remerciements

Si d'aucun ont des aventures, il est possible d'affirmer que la thèse est une aventure. Le résultat de ce (long) parcours et qui fait l'objet des quelques pages suivantes n'aurait jamais pu ressembler à ce qu'il est sans les personnes et les évènements dont j'aimerais faire part ici.

Le projet de cette thèse est né lors de mon stage chez Roger White à Terre-Neuve, a pris forme à Besançon avant un départ pour le Luxembourg à Differdange, puis Esch-sur-Alzette, suivi d'un double aller-retour Thionville - Besançon - Thionville - Besançon. La fin de la rédaction, et ces derniers mots ont vu le jour à Paris.

Je tiens à remercier tout particulièrement Cécile Tannier, pour avoir cru en moi dès le début du projet, pour ses encouragements et la transmission de sa rigueur scientifique. Je remercie Philippe Gerber pour avoir bien voulu de moi au Luxembourg, et qui s'est occupé du suivi quotidien tout en permettant de précieux moments de réflexions ferroviaires. Je remercie également Pierre Frankhauser, pour son intérêt toujours grandissant pour mes travaux et sa hauteur de vue. Avec trois directeurs tels que vous, on peut vraiment dire que j'ai eu un encadrement fractal.

Je remercie Éric Charmes et Yves Crozet d'avoir accepté de relire cette thèse et d'avoir bien voulu être les rapporteurs de ce travail, tout comme Cyrille Genre-Grandpierre qui a bien voulu assurer la présidence du jury.

Je tiens à saluer Jean-Philippe, qui m'a accompagné dans cette bataille comme dans d'autres auparavant, et qui je l'espère, sera de celles à venir.

Je tiens également à remercier l'ensemble de mes collègues du LISER, anciennement CEPS/INSTEAD, tant au niveau de l'administration (Patrick, Evelyne, Mireille et Sonia) que Gaby pour ces précieux services, l'équipe MOBIL-T (Olivier, Sylvain, Marc), et mes camarades doctorants grand-ducaux (Omar, Nadja, Julien, Nora, Pierre et Jocelyn). Je pense également à l'équipe du projet MOEBIUS et à l'ensemble des partenaires du projet.

J'aurais également de nombreux remerciements à adresser à mes amis de ThéMA, premier laboratoire de France. Je pense notamment à Jean-Christophe aka John-Christopher Crazyhead, notre raïs à nous, à FP, pour son accueil à mon arrivée de Normandie et ses précieux conseils, et à Thomas pour les précieux moments de sagesse. Je salue bien bas ma famille bisontine (Emilie, Vincent,

Mehdi, Valentine, Yohan, Marc et Sophie). J'en profite pour embrasser l'AGFC et toute la clique des géographes comtois et bisontins. Au sein de ce joyeux petit monde, une grosse bise est adressée à mes partenaires de bureau, Joanne et Nicolas, parce que la bomba délivrée.

J'adresse mes pensées les plus sincères aux camarades aixois, à Samuel, Seb, Fred, Yohan, Lionel, Joël, Guillaume, Adèle, Claire et Marion. Je n'oublie pas non plus mes amis normands, vous me manquez bien souvent.

Je remercie Geoffrey Caruso pour les bons moments et les échanges passionnants au Luxembourg, en France ou en Italie. Je ne remercierai jamais assez Cyrille pour le coup de pouce salvateur.

Je remercie profondément Gilles, sans qui rien de tout cela ne serait possible.

J'aimerais partager une partie de ce travail avec Guillaume, mon ami, mon frère, pour sa force de tout instant et la passion qui a animé nos échanges.

Cette thèse n'aurait pas été possible sans le recours incessant aux CFL, à la SNCF, à la RATP et à l'ensemble des AOT de France et de Navarre. Elle n'aurait pas été possible non plus sans la fréquentation de certains bars, de leurs patrons, personnels et consommateurs, parmi lesquels le Kanal Bar, l'Excelsior, le Shamrock, le 1802 et le Bar de l'U.

J'aimerais enfin saluer mes proches, qui m'ont aidé, toujours soutenu, guidé et supportés dans mon parcours et dans mes choix. Merci à Claire et Jean-Baptiste, aux loulous Clément(ine), à Éliane et Léone, à mes parents et à mes sœurs, Marjolaine et Clarisse.

Mes derniers vœux, les plus sincères, les plus chaleureux et aussi mes plus plates excuses vont à Constance.

Table des matières

| | Page |
|--|-------------|
| Avant-propos | 4 |
| Résumé | 5 |
| Abstract | 6 |
| Remerciements | 7 |
| | |
| INTRODUCTION GÉNÉRALE | 19 |
| | |
| PREMIÈRE PARTIE : POUR UN AMÉNAGEMENT NORMATIF | 43 |
| | |
| Introduction de la première partie | 43 |
| | |
| Chapitre 1. Objectifs, normes et règles dans l'aménagement urbain | 45 |
| | |
| 1. La norme, entre l'objectif et la règle | 47 |
| 1.1. L'objectif : un but | 48 |
| 1.2. La norme : une construction socio-historique | 49 |
| 1.3. La règle : un outil | 52 |
| 1.4. La mesure de l'objectif, les indicateurs | 53 |
| 2. Objectifs, normes, règles dans les utopies urbaines | 55 |
| 2.1. La cité antique | 58 |
| 2.2. L'utopie industrielle et le mouvement hygiéniste | 62 |
| 2.3. La cité-jardin ou la ville à la campagne | 68 |
| 2.4. L'idéal libertaire | 75 |
| 2.5. Chez Le Corbusier | 78 |
| 2.6. La Nouvelle Economie urbaine | 81 |
| 2.7. <i>Transit-Oriented Development</i> | 84 |

| | | |
|--|--|------------|
| 2.8. | <i>Smart Growth</i> et Nouvel Urbanisme | 91 |
| 3. | La ville fractale, un modèle normatif | 100 |
| 3.1. | La notion de fractalité | 100 |
| 3.2. | La fractalité des villes | 101 |
| 3.3. | Description du modèle de la ville fractale | 103 |
| 4. | Conclusion du chapitre 1 | 110 |
| | | |
| Chapitre 2. Le Grand-Duché de Luxembourg et les particularités de son développement résidentiel | | 113 |
| 1. | Présentation du Grand-Duché de Luxembourg | 114 |
| 1.1. | La géographie physique du Luxembourg | 114 |
| 1.2. | La géographie administrative du Luxembourg | 116 |
| 2. | L'aménagement du territoire au Luxembourg, un bref historique | 119 |
| 3. | Les grands objectifs de l'aménagement du territoire au Luxembourg | 123 |
| 3.1. | Répondre à la demande en logements | 123 |
| 3.2. | Limiter la consommation foncière | 136 |
| 3.3. | Réduire la dépendance à l'automobile | 145 |
| 4. | Les normes et les règles dans les documents de planification au Luxembourg | 153 |
| 4.1. | Le découpage territorial et la hiérarchie des centres | 153 |
| 4.2. | L'intégration du transport et du développement urbain ou rural | 157 |
| 4.3. | La qualité de vie et l'accessibilité aux aménités | 159 |
| 4.4. | La politique de développement local | 159 |
| 4.5. | Une nouvelle politique de mobilité durable | 162 |
| 5. | Conclusion du chapitre 2 | 167 |
| Conclusion de la première partie | | 169 |
| | | |
| DEUXIÈME PARTIE : SIMULATION DE SCÉNARIOS DE CROISSANCE RÉSIDEN- | | |
| TIELLE | | 173 |
| Introduction de la deuxième partie | | 173 |

| | |
|---|------------|
| Chapitre 3. Conception de scénarios de croissance résidentielle pour le Luxembourg : | |
| proposition méthodologique..... | 175 |
| 1. Les projections démographiques | 180 |
| 2. La densité bâtie | 183 |
| 3. Forme urbaine globale et forme urbaine locale | 184 |
| 3.1. Forme urbaine locale | 184 |
| 3.2. Forme urbaine globale | 185 |
| 4. L'accessibilité aux aménités | 186 |
| 5. Les restrictions de construction | 187 |
| 6. Conclusion du chapitre 3 | 187 |
| | |
| Chapitre 4. Modélisation fractale et normative de la croissance résidentielle | 189 |
| 1. Positionnement du modèle MUP-City par rapport aux modèles existants | 190 |
| 1.1. La recherche d'une solution optimale à l'aide d'analyses multicritères | 191 |
| 1.2. Simulation des changements d'occupation du sol à l'aide d'automates cellulaires, les <i>LUCC</i> | 194 |
| 1.3. Le choix de MUP-City | 196 |
| 2. MUP-City, un outil d'aide à la décision basé sur l'application de normes d'aménagement à différentes échelles spatiales | 197 |
| 2.1. MUP-City, un modèle cellulaire | 198 |
| 2.2. Un modèle multi-échelles | 199 |
| 3. La transcription des normes d'aménagement en règles dans le modèle | 200 |
| 3.1. La règle d'urbanisation fractale | 202 |
| 3.2. La règle de proximité aux espaces non-bâti | 203 |
| 3.3. La règle de proximité à la route | 205 |
| 3.4. La règle d'accessibilité aux commerces et services de fréquentation quotidienne, N1 | 206 |
| 3.5. La règle d'accessibilité aux commerces et services de fréquentation hebdomadaire, N2 | 210 |
| 3.6. La règle d'accessibilité aux commerces et services de fréquentation mensuelle ou plus rare, N3 | 213 |

| | | |
|---|---|------------|
| 3.7. | La règle d'accessibilité aux transports en commun | 214 |
| 3.8. | La règle d'accessibilité aux aménités vertes et de loisirs, de fréquentation quotidienne N1, hebdomadaire N2 et mensuelle ou plus rare N3 | 215 |
| 3.9. | L'agrégation des différentes valeurs d'accessibilité en une valeur synthétique d'évaluation | 217 |
| 4. | Les données nécessaires pour la simulation de scénarios de croissance résidentielle | 220 |
| 4.1. | Les données géographiques de base | 221 |
| 4.2. | Les données liées aux aménités | 222 |
| 5. | La résolution spatiale | 228 |
| 6. | La simulation de formes urbaines réalistes | 230 |
| 7. | Mise en œuvre informatique | 231 |
| 8. | Conclusion du chapitre 4 | 233 |
| | | |
| Chapitre 5. Évaluation de la pertinence des règles d'aménagement au regard des objec- tifs visés | | 235 |
| 1. | Evaluation de la situation initiale (2010) : accessibilité des bâtiments résidentiels aux aménités urbaines et rurales | 236 |
| 2. | Les tests des règles de MUP-City | 238 |
| 2.1. | Influence de la dimension fractale sur les cellules potentiellement urbanisables | 238 |
| 2.2. | Influence des règles d'accessibilité sur les cellules identifiées comme potentiellement urbanisables | 241 |
| 2.3. | Influence de la règle de proximité aux espaces non-bâti sur l'évaluation des cellules potentiellement urbanisables | 243 |
| 2.4. | Influence de la règle de proximité au réseau routier sur l'évaluation des cellules potentiellement urbanisables | 244 |
| 2.5. | Influence des règles d'accessibilité aux commerces et services sur l'évaluation des cellules potentiellement urbanisables | 247 |
| 2.6. | Influence de la règle d'accessibilité aux transports en commun sur l'évaluation des cellules potentiellement urbanisables | 251 |
| 2.7. | Influence de la règle d'accessibilité aux aménités vertes et de loisirs sur l'évaluation des cellules potentiellement urbanisables | 254 |

| | | |
|------|---|------------|
| 3. | Synthèse de l’Influence de la modification des seuils de distance acceptable sur l’évaluation des cellules potentiellement urbanisables | 259 |
| 4. | Sensibilité des résultats de simulation à différentes priorités dans les règles d’accessibilité | 262 |
| 4.1. | Favoriser l’accessibilité aux commerces et services | 263 |
| 4.2. | Favoriser l’accessibilité aux transports en commun | 264 |
| 4.3. | Comparaison des deux séries de pondérations | 265 |
| 5. | Conclusion du chapitre 5 | 268 |
| | | |
| | Chapitre 6. Le Grand-Duché de Luxembourg à horizon 2030 : différents scénarios de croissance résidentielle | 271 |
| 1. | Les scénarios de croissance résidentielle simulés avec MUP-City | 273 |
| 1.1. | Le scénario IVL, dit scénario « de référence » | 273 |
| 1.2. | Le scénario FOD - <i>Fractal Oriented Development</i> | 276 |
| 1.3. | Les scénarios de variation des projections démographiques | 280 |
| 1.4. | Le scénario de la densité | 284 |
| 1.5. | Les scénarios de modification de la répartition par commune de la croissance résidentielle | 287 |
| 1.6. | Le scénario de la disponibilité foncière | 292 |
| 2. | Les scénarios issus du projet MOEBIUS | 295 |
| 2.1. | Les 5 variables des scénarios MOEBIUS | 296 |
| 2.2. | Les scénarios de croissance résidentielle de MOEBIUS | 297 |
| 2.3. | Synthèse des résultats issus des scénarios MOEBIUS | 299 |
| 3. | Conclusion du chapitre 6 | 301 |
| | | |
| | Conclusion de la deuxième partie | 305 |
| | | |
| | TROISIÈME PARTIE : COMPARAISON ET ÉVALUATION DES SCÉNARIOS DE CROISSANCE RÉSIDENTIELLE | 309 |
| | | |
| | Introduction de la troisième partie | 309 |

| | |
|---|------------|
| Chapitre 7. Comparaison des scénarios à l'aide d'indicateurs d'accessibilité spatiale | 313 |
| 1. L'accessibilité spatiale pour comparer les scénarios de croissance résidentielle | 313 |
| 1.1. La distance de chaque cellule potentiellement urbanisable à l'aménité la plus proche | 315 |
| 1.2. Le nombre moyen d'aménités localisées à une certaine distance de chaque cellule potentiellement urbanisable | 324 |
| 1.3. La distance moyenne minimale de chaque cellule à un ensemble d'aménités différentes | 330 |
| 2. Comparaison avec les résultats obtenus à partir des scénarios MOEBIUS | 337 |
| 2.1. La distance minimale à la gare ferroviaire la plus proche | 337 |
| 2.2. Le nombre d'arrêts de bus localisés à moins de 1 000 mètres de chaque cellule potentiellement urbanisable | 339 |
| 2.3. La distance moyenne minimale de chaque cellule à chaque type d'aménité . | 340 |
| 3. Conclusion du chapitre 7 | 343 |
| | |
| Chapitre 8. Comparaison des scénarios à l'aide d'indicateurs de mobilité quotidienne | 347 |
| 1. Application d'un modèle économique d'allocation résidentielle | 348 |
| 1.1. Le choix résidentiel | 348 |
| 1.2. Principes de la maximisation de l'utilité d'une localisation résidentielle à l'aide d'un modèle d'enchère | 349 |
| 1.3. Description méthodologique du modèle | 352 |
| 2. Résultats du modèle d'allocation résidentielle | 358 |
| 2.1. Le scénario IVL | 359 |
| 2.2. Le scénario FOD | 361 |
| 2.3. Le scénario des 23 communes | 363 |
| 3. Application d'un modèle de simulation des mobilités quotidiennes, MobiSim - MQ . | 365 |
| 3.1. Génération, répartition temporelle et distribution des déplacements | 366 |
| 3.2. La distribution des déplacements selon les motifs | 367 |
| 3.3. Choix modal | 374 |
| 3.4. Affectation des déplacements et calibrage du modèle de mobilité quotidienne | 375 |

| | | |
|------|--|------------|
| 4. | Les résultats de la comparaison des scénarios en matière d'indicateurs de mobilité quotidienne | 380 |
| 4.1. | Le nombre de trajets | 380 |
| 4.2. | Le partage modal | 381 |
| 4.3. | Les distances parcourues | 388 |
| 4.4. | Le budget-temps moyen (par agent) | 389 |
| 4.5. | La vitesse moyenne en voiture | 393 |
| 5. | Conclusion du chapitre 8 | 396 |
| | Conclusion de la troisième partie | 399 |
| | CONCLUSION GÉNÉRALE | 403 |
| | ANNEXES | 413 |
| | LISTE DES ILLUSTRATIONS | 426 |
| | LISTE DES TABLEAUX | 437 |
| | BIBLIOGRAPHIE | 441 |

INTRODUCTION GÉNÉRALE

PENSER la ville d'aujourd'hui, c'est caresser un idéal dans un futur incertain. Depuis des millénaires, pratiquement dès l'apparition du phénomène urbain, la conception urbaine, dans sa forme et dans son fonctionnement, fait l'objet de profondes réflexions et de remises en cause. Pourtant, à l'heure où désormais plus de 50% de la population mondiale vit en ville¹, il semblerait qu'aucune théorie de la ville ne fasse suffisamment l'unanimité pour asseoir des convictions quant au devenir des espaces urbains et à leur croissance. La ville s'est transformée au cours des grandes périodes de l'histoire, devenant tour à tour : néolithique, antique, médiévale, moderne, contemporaine voire futuriste ; elle prend des aspects différents selon les continents : africaine, asiatique, américaine, européenne, océanique. Souvent, on lui prête volontiers des couleurs : blanche (Tel-Aviv en Israël, La Rochelle en France, Essaouira au Maroc, Lisbonne au Portugal, Alger en Algérie, Casablanca au Maroc), bleue (Johdpur en Inde, Concarneau en France, Kōkeqota en Chine, Juzcar en Espagne), rose (Erevan en Arménie, Jaipur en Inde, Toulouse en France), noire (Angers² et Clermont-Ferrand en France), rouge (Le Mans et Limoges en France, Bologne en Italie, Marrakech au Maroc), jaune (Izamal au Mexique, Jaisalmer en Inde), grise (Brest en France, Hanovre en Allemagne, Aberdeen en Écosse) ou bien verte (Besançon en France, Vienne en Autriche, Bursa en Turquie, Brazzaville au Congo, Sarh au Tchad).

La ville porte une multitude d'adjectifs se rattachant ou non à des notions et des concepts géographiques : adaptable, carrée, circulaire, close, compacte, connectée, créative, creuse, dense, désirable, diffuse, disloquée, émergente, émietée, éphémère, étalée, éternelle, étudiante, fantôme, fédérale, fermée, fertile, fonctionnelle, fortifiée, franchisée, frugale, générique, globale, idéale, intelligente, invisible, impériale, jardin, jumelles, lumière, malléable, merveilleuse, miniature, mobile, moche, moderne, monocentrique, morte, musée, nature, neuve, nouvelle, nuage, numérique, optimale, oubliée, parfaite, passante, périphérique, polycentrique, poreuse, post-carbone, radieuse, reine, ronde, royale, sainte, satellite, sensible, sensuelle, sonore, souterraine, tampon, technologique, tentaculaire, tridiastatique, végétale, verte, verticale, vide, vierge...

Pour l'heure, il semblerait que la ville se développe essentiellement selon un modèle libéral montrant ses limites (Bourdin, 2010), de telle sorte qu'une crise de l'urbanisme semble émerger

1. Même si pour Paola Viganò (2013), il s'agit surtout d'une urbanité diffuse.

2. Angers est également surnommée ville verte et ville blanche.

(Gossé, 1998 ; Bourdin, 2010 ; Taveau, 2013). La production de la ville serait en panne, parce que les normes sur lesquelles elle s'appuie ne sont pas ou plus les bonnes. Fabriquer la ville passe par la mise en place de règles, et force est de constater qu'il n'en existe aucune qui ne fasse l'unanimité. Depuis la publication du rapport Bruntland en 1987, et surtout le sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992, l'objectif est pourtant clair, il faut atteindre la ville durable. La durabilité appliquée à l'urbanisme, appuyée par les travaux précurseurs de l'écologie urbaine découlant de l'École de Chicago au début du XX^{ème} siècle (Grafmeyer et Joseph, 1979), évolue même vers un paradigme. Le développement durable devient alors l'objectif principal, décliné en objectifs intermédiaires qui forment un relatif consensus : réduction des émissions de gaz à effets de serre, préservation des ressources naturelles ou encore limitation de la consommation foncière. Toutefois, de nombreux débats animent la communauté scientifique et l'ensemble de la société sur les conditions de réalisation de l'objectif de durabilité. La planification spatiale, « soutenue par une forte volonté de qualifier l'espace urbain » (Da Cunha *et al.*, 2005), se doit d'apporter des éléments de réponse aux problèmes soulevés par le modèle actuel de développement urbain et notamment résidentiel.

Dans cette introduction générale, nous reviendrons justement sur les déterminants de la croissance résidentielle actuelle, avec une attention particulière accordée au monde occidental et à la France plus particulièrement. Ceci nous conduira à détailler brièvement les problèmes engendrés par le modèle urbain dominant. Dans un second temps, un éclairage portera sur le lien entre la ou les formes de ce développement résidentiel et le fonctionnement de la ville. Enfin, le dernier volet de cette introduction présentera le questionnement adopté pour cette recherche doctorale, explicitera le positionnement scientifique retenu à l'aune de ce questionnement, pour finir sur une proposition méthodologique en vue de répondre, ou tout au moins de fournir des arguments, de manière à nourrir ces interrogations.

Les déterminants de la croissance résidentielle

Croissance démographique et augmentation du nombre de ménages

L'élément fondamental sur lequel repose la croissance résidentielle est l'augmentation de la demande en logements. Cette demande en logements provient de l'accroissement constant du nombre de ménages au cours des dernières décennies. La hausse du nombre de ménages est due à deux phénomènes principaux.

D'abord, une partie des pays européens ont une croissance démographique, en raison d'une balance positive des soldes naturels et migratoires. Pour la France ou l'Irlande, la croissance démographique est majoritairement due à une forte natalité. Pour un pays comme le Luxembourg, la croissance démographique provient d'un solde migratoire nettement excédentaire, du fait d'un attrait toujours fort pour la main-d'œuvre émigrée d'origine essentiellement européenne.

D'autre part, depuis la fin des années 1960 et le début des années 1970, la société connaît un certain nombre de changements qui conduisent inexorablement à la baisse généralisée de la taille des ménages et à l'explosion de leur nombre. L'espérance de vie a fortement progressé ; le taux de mortalité diminuant, le nombre de ménages comportant des personnes âgées, seules ou en couples, grandit. La diminution des taux d'union combinée à la hausse des taux de séparation génère un nombre plus important de ménages composés d'une seule personne ou de familles monoparentales (Barbieri, 2011). Les taux de fécondité, du fait du développement des méthodes contraceptives, baissent et les couples ont moins d'enfants qu'auparavant.

L'ensemble de ces dynamiques démographiques constitue donc le moteur de la demande en logements, toujours plus conséquente.

L'habitat individuel, une préférence des ménages

En France en 2006, 56,3% des logements étaient des maisons individuelles (Castéran et Richroch, 2008). D'après une enquête menée par le CREDOC en 2008 sur les *Conditions de vies et Aspirations des Français*, le pays compte 49% de propriétaires, la moyenne européenne surpasse ce seuil avec 65% de propriétaires et près de 80% dans les pays de l'est (Roumanie, Lituanie, Slovaquie...) (Eurostat, 2007). Près de la moitié (47%) des locataires et des logés à titre gratuit aspirent à la propriété individuelle. 83% de ces aspirations se tournent vers l'habitat individuel et pour une minorité, en faveur des logements collectifs. Aux États-Unis, l'idéal de la maison individuelle, avec un large terrain situé dans les zones périphériques est toujours préféré par une majorité de citoyens américains (Malizia et Exline, 2000).

Derrière la notion de propriété, et a fortiori d'une maison individuelle, se cache des comportements sociétaux, comme la volonté d'accéder à un statut social, ou l'accomplissement personnel (ou du ménage) au travers d'un mode de vie. On peut affirmer que cette préférence est "absolue", dans la mesure où les ménages n'effectuent pas vraiment d'arbitrage en tenant compte d'autres paramètres, tels que les coûts de transports, la proximité à des commerces ou service ou l'éloignement

potentiel au réseau social (Bonnet *et al.*, 2013).

Depuis les années 1980, les surfaces habitables moyennes augmentent constamment, de 82m² en 1984 à 91m² en 2006. Cette hausse est essentiellement à mettre au crédit de la hausse des surfaces en maisons individuelles (de 96 à 111m² entre 1984 et 2006), alors que la surface des appartements est restée stable (65-66m²) (Castéran et Richroch, 2008). Comparativement, la surface moyenne habitable est de 85m² au Royaume-Uni, de 115m² aux Pays-Bas et de 137m² au Danemark (Royal Institute of British Architects, 2011).

De l'autre côté de l'Atlantique, le livre de Sarah Susanka et Obolensky (1998), *The Not So Big House*, pose la question de la surface des logements aux États-Unis, en affirmant que vivre bien ne signifie pas vivre grand. La publication de cet ouvrage sera même suivie d'un mouvement éponyme, puis de son extension *Not So Big Life*, sorte de vision à l'encontre de la démesure et du consumérisme nord-américain.

Or, l'accession à la propriété en périphérie des villes, notamment en France, a encouragé le processus d'étalement urbain (David, 2013). Cette accession résulte d'une suite de mécanismes institutionnels qui conduiront peu à peu à un désengagement étatique dans la localisation des logements et la production de logements sociaux. Déjà en 1919, la loi Cornudet, en définissant les « plans d'aménagement, d'embellissement et d'extension » fixait le cadre juridique du lotissement. La loi Loucheur de 1928 a ensuite permis aux ménages les moins aisés d'accéder à des logements bon marchés (les HBM). Entre 1956 et 1964, le salaire des ouvriers augmentait de 25% et le salaire des employés de 32%. En 1969, Alain Chalandon, alors ministre de l'Équipement, fort d'un sondage sur les aspirations résidentielles des ménages intitulé *les désirs des Français en matière d'habitation urbaine*, qui ont accordé leurs faveurs à la maison à 72%, lance ce qui deviendra le Concours Chalandon. Ce concours national a pour objectif principal de « libérer l'urbanisme » afin d'augmenter le rythme de construction, de satisfaire un maximum de citoyens tout en diminuant les coûts de logements. Le résultat de cette opération se solde par un échec relatif et l'érection de seulement 70 000 maisons³, les *chalandonnettes*, mal jugées plus tard pour leur mauvaise qualité malgré une architecture moderne pour l'époque. La réussite du projet résidera tout de même dans la dynamisation du plan épargne logement, et constituera donc une possibilité supplémentaire pour les ménages d'accéder à la propriété.

3. Contre une attente de plusieurs centaines de milliers.

En 1995, l'instauration du prêt à taux zéro, nouveau mécanisme financier instauré de manière institutionnelle, facilitera l'accession à la propriété des ménages les plus modestes. Ces nouvelles localisations des ménages s'effectueront aux marges des villes (Renard, 2006) voire du « front périurbain » (Charmes, 2011), à l'encontre de l'effet de revitalisation des centres qui était escompté.

Contrairement à la pensée proudhonienne, la propriété ne constitue pas un problème en soi face à la question du développement résidentiel. La surface dédiée à l'urbanisation (en hectares par habitant) a pratiquement triplé depuis 1970 (Orfeuill, 2000), ce qui amène à penser que ce type de développement résidentiel consomme plus d'espace que nécessaire. L'autre enjeu majeur du processus de dispersion de la ville dans la campagne, formant un *tiers espace* (Vanier, 2005) communément appelé périurbain, réside dans les modes de vie qui accompagnent ce mode d'habiter (Stock, 2004).

Parallèlement, on peut constater un certain nombre de conflits d'usages, par exemple entre les agriculteurs et les néo-ruraux, qui conduisent à la perte des identités villageoises ou l'avènement de la culture de l'entre-soi. Dans la campagne du sud de la France, entre Aix-en-Provence et Marseille, Pinson et Thomann (2000) ont même affaire à de véritables « colons », car ces arrivants ne partagent pas le même mode de vie ni les mêmes valeurs que ceux qui les précédaient.

Un mode de vie automobile

L'*homo-suburbanus* (Le Jeannic, 1997) base son mode de vie sur une utilisation intensive de l'automobile, son logement étant loin de ses destinations quotidiennes : travail, commerces, services ou loisirs. Les espaces périurbains sont en effet généralement dépourvus de commerces ou services (Youssofi, 2011). Cause et conséquence de l'usage de l'automobile, la ville devient alors le siège d'une individualisation des comportements. Cet individualisme s'exprime dans les pratiques spatiales (Ramadier, 2007), il fait partie intégrante du *pack périurbain* (Cailly, 2008). L'individualisation des comportement avait déjà été observé par le sociologue Georg Simmel à la fin du XIX^{ème} siècle, mais il était davantage dû au mode de vie urbain qu'à la voiture.

Les pratiques associées au mode de vie périurbain (Gerber et Carpentier, 2013) nécessitent presque obligatoirement l'usage de l'automobile (Sajous, 2004), entraînant le phénomène de dépendance automobile (Dupuy, 1999). Cette dépendance est à la fois une cause et une conséquence de la dispersion spatiale des lieux d'activités, dans la mesure où le modèle résidentiel caractérisé par l'étalement urbain résulte d'une fabrication par et pour la voiture. L'avènement de l'automobile comme

moyen de transport entretient les conjectures de Zahavi (1979) et Marchetti (1991) qui, à partir d'une analyse des budgets-temps de transports, permettent d'affirmer que les temps passés dans les déplacements quotidiens n'augmentent pas depuis des décennies, voire des siècles. Ils totalisent en moyenne une heure, que ce soit à pied, à cheval, en bicyclette, en transports en commun ou en voiture. Ce sont les distances parcourues quotidiennement qui augmentent considérablement, de quelques centaines de mètres ou quelques kilomètres jusqu'à la première moitié du XX^{ème} siècle, la distance moyenne parcourue quotidiennement en France atteint 19 kilomètres et aux États-Unis près de 43 kilomètres (Joly, 2003). On assiste donc à une dilatation de l'espace-temps, par la quête de la vitesse dans les déplacements qui pousse les individus à aller toujours plus loin, plus vite et plus souvent (Crozet et Joly, 2003 ; Raux *et al.*, 2010 ; Amar, 2010), tout en élargissant leurs champs des possibles (Massot, 2010). Le résultat final de l'équation spatiale et temporelle des familles périurbaines consiste en un éclatement des espaces de vie (David, 2013), accentué par un zonage fonctionnel des territoires.

D'ailleurs, l'automobile est plus qu'un mode de déplacement. Aux États-Unis, où le taux de motorisation est le plus élevé du monde, la voiture forme le marqueur de la réalisation individuelle, de l'idéal de liberté, de l'autodétermination et de la maîtrise de l'espace et du temps (Seiler, 2014). L'automobile est source d'accomplissement. Avant l'apparition du covoiturage et de l'auto-partage, la voiture est une propriété, prolongement de l'habitat. En France, l'automobile constitue le deuxième poste de dépenses des ménages après le logement (Lannoy, 2005). C'est aussi un objet de fierté, de conquête, qui poussera Jean-Pierre Orfeuill à affirmer : « Je suis l'automobile, ce formidable outil sans lequel les villes, leur image et leur pollution, les vacances et la redécouverte de la nature, les rêves des petits garçons comme les symboles notabiliaires des directeurs de tout acabit ne seraient pas ce qu'ils sont » (Orfeuill, 1994). La voiture est également un loisir, une passion comme le montre le nombre d'activités qu'elle suscite : collection, tuning, courses de vitesse ou de régularité, rallye, l'entretien, la mécanique, les vacances itinérantes le long d'un parcours routier, etc.

Comme le développement résidentiel pavillonnaire, la dépendance automobile a longtemps profité d'un soutien institutionnel indéfectible, le temps du tout *bagnole*. Dès 1963 aux États-Unis, le rapport Buchanan conclut que la ville doit s'adapter à la voiture et non l'inverse. Cette affirmation formera par la suite le point de départ et de justification de l'urbanisme de dalle, dans lequel le niveau 0, le sol « naturel » est accordé à la voiture, les cheminements piétons ou les infrastructures de transports en commun se répartissant dans la verticalité. Toujours aux États-Unis, le réseau routier a intégralement fait l'objet de financements par l'État fédéral, ce qui tend à prouver une forme de soutien étatique du mode de transport individuel. En France, si les conditions de financement

ne sont pas aussi simples, la loi de désenclavement, incluse dans la loi Pasqua de 1995, constitue un symbole de l'engagement gouvernemental à faciliter les déplacements automobiles. Le premier paragraphe de l'article 17 de la loi n° 95-115 du 4 février 1995 d'aménagement et de développement du territoire stipule : « en 2015, aucune partie du territoire français métropolitain continental ne sera située à plus de 50 kilomètres ou de 45 minutes d'automobile d'une autoroute ou d'une route expresse à deux fois deux voies en continuité sur le réseau national [...] ».

Ce type de dispositifs a fait émerger l'idée d'une France à vingt minutes (Benoit *et al.*, 2002) qui, partant de l'idée louable de desservir le plus de population possible dans un minimum de temps (surtout vrai pour les équipements publics et de santé), entraîne également le mirage d'une quasi-ubiquité, en encourageant les déplacements longs et rapides pour rejoindre un maximum de lieux dans un temps de plus en plus réduit.

Avec le caractère inéluctable de la croissance résidentielle (à moins d'instaurer une politique contre la natalité ou une fermeture totale des frontières) et le modèle actuel de développement résidentiel (fondé sur les deux piliers que constituent l'habitat individuel et l'automobile), apparaissent de nombreuses conséquences dont le caractère néfaste devient de plus en plus unanime.

Les problèmes posés par la croissance résidentielle actuelle

Les principaux enjeux soulevés par les questions de croissance résidentielle sont multiples : sociaux, économiques ou environnementaux (Fischler, 2002). En ce sens, les conséquences de la production contemporaine du développement résidentiel touche aux trois sphères du développement durable.

Les conséquences environnementales

Les premières conséquences, probablement les plus irrémediables, concernent l'environnement (Jenks et Burgess, 2000). Le développement résidentiel, accompagné des infrastructures de transport, induit des pertes de connectivité écologique en modifiant l'habitat naturel d'un grand nombre d'espèces animales, bouleversant ainsi leurs cycles de vie, de reproduction ou d'alimentation, et perturbant par la même occasion une partie non négligeable de la chaîne alimentaire (Tannier *et al.*, 2012a ; Foltête *et al.*, 2014). De plus, le mitage urbain se localise principalement dans les

franges rurales des agglomérations, et engendre des pertes d'espaces naturels, forestiers et agricoles.

Les conséquences de la circulation en ville sur la qualité de l'air sont indéniables (Willens, 1970) ; désormais, il ne fait aucun doute que l'étalement urbain aggrave ce phénomène (Wilson et Chakraborty, 2013). La pollution de l'air, notamment par les émissions de gaz à effet de serre et de particules fines engendre également des impacts de plusieurs niveaux. Les espèces vivantes, y compris les humains, en surface sont touchées par les gaz, non mortels instantanément mais provoquant de graves maladies respiratoires sur le long terme. Les gaz à effet de serre, parmi lesquels le CO₂, sont aussi à l'origine des changements climatiques constatés depuis plusieurs années. La présence de ces gaz dans l'atmosphère accentue également les effets des îlots de chaleur urbains, provoquant ainsi des hausses locales de températures ayant des conséquences climatiques à l'échelle régionale (Wilson et Chakraborty, 2013).

La forme du développement résidentiel demeure fortement associée aux consommations énergétiques qui en dépendent. L'usage massif de la voiture par une grande partie de la population induit une production et une consommation de matières fossiles grandissante. En plus des matériaux nécessaires à la production des automobiles et des réseaux routiers, les besoins en carburants à l'échelle mondiale ne cessent de croître, malgré les innovations technologiques consacrées à l'amélioration du moteur à combustion et le développement de moteurs alternatifs (électrique, hybride, hydrogène...). Des formes urbaines plus compactes et plus denses conduiraient à des consommations énergétiques moindres (Newman et Kenworthy, 1989 ; Ewing, 2008), même si des résultats contradictoires lient la question des formes urbaines et des mobilités qui y sont associées et viennent modérer les avantages de la densité urbaine (Breheny, 1997 ; Burton, 2000 ; Jenks et Burgess, 2000 ; Neuman, 2005).

De même, les besoins sans cesse grandissant de confort spacieux (Gerber, 2000) des logements ne facilitent pas les économies d'énergie, en gaz et en électricité notamment : malgré des normes de constructions de plus en plus drastiques, le marché du logement occasionne des rejets de gaz à effet de serre. Ainsi l'industrie manufacturière, la construction et le résidentiel tertiaire représentent un cinquième des sources d'émissions de gaz à effet de serre dans l'Union Européenne (European Environment Agency, 2014).

Enfin, le développement résidentiel possède des impacts conséquents sur les réseaux hydrographiques (Wilson et Chakraborty, 2013). D'abord, la croissance urbaine nuit à la qualité des eaux de surface et des eaux souterraines en provoquant des rejets de polluants. Un développement urbain

dispersé conduit automatiquement à une artificialisation des sols plus grande, ce qui bouleverse le cycle de l'eau en perturbant le ruissellement et en déviant le cours naturel des réseaux hydrographiques.

Les conséquences économiques

Le développement résidentiel a un coût économique qui ne semble pas être minimisé dans le cadre d'une urbanisation diffuse (Gordon et Wong, 1985). L'étalement urbain pourrait toucher à l'efficacité, voire l'efficience, de ce qui concerne le bon fonctionnement de la ville. Ces effets sont relativement difficiles à démontrer, mais quelques travaux, notamment d'économistes, arrivent à approcher les bienfaits des économies d'agglomération sur les coûts de transports (individuels et de marchandises), tant pour les ménages que pour les entreprises (Le Boennec, 2014). L'allongement des distances parcourues augmente mathématiquement les consommations énergétiques et l'usure des véhicules dans les déplacements.

Il existe également un coût économique issu des politiques publiques à mener dans le but d'offrir un niveau satisfaisant de services à la population. Le coût de ces infrastructures pourrait croître à mesure de l'éloignement au centre (Guengant, 1992), ce qui touche un grand nombre d'aspect de la vie quotidienne : réseaux routiers, électriques, d'assainissement, d'adduction en eau potable, enlèvement des ordures ménagères, transports publics et ramassage scolaire. Ces services étant en partie financés par les contribuables, le coût croissant de ces services diminue par répercussion le budget des ménages. Castel (2006) nuance ce propos en affirmant que les ménages des zones périurbaines paient davantage de taxes locales et assument donc une grande partie du différentiel économique des infrastructures.

Même s'il existe des déterminants économiques à l'étalement urbain de la part des ménages (Piron, 2007), le calcul reste cependant difficile à effectuer.

Un récent rapport américain, publié par l'organisme New Climate Economy (2015) chiffre le coût total annuel de l'étalement urbain à mille milliards de dollars pour les États-Unis. Cette valeur, résolument symbolique, agite les sphères médiatiques et scientifiques dans l'optique de juger de la véracité des calculs. Il semblerait que l'absence de point de comparaison, du fait de l'absence de référentiel⁴, souligne la difficulté de l'exercice.

4. Il n'existe pas de deuxième pays strictement identique en tout point qui applique un modèle inverse.

Dans une moindre mesure, l'excès de trafic automobile génère des inconvénients d'ordre pratique, consommateurs de temps et donc susceptibles d'avoir un impact sur le fonctionnement économique, tels que la congestion et les problèmes de stationnement.

Les conséquences sociales

Les conséquences d'un développement résidentiel mal maîtrisé se mesurent aussi au niveau social. La différence de prix des loyers et des biens immobiliers entre la ville centre, accessible aux plus aisés, et l'appel de la périphérie pour des raisons économiques, génère ostensiblement de la ségrégation socio-spatiale (Borja et Castells, 1997 ; Charmes, 2011). Cette ségrégation s'exprime géographiquement par l'absence de mixité sociale et la précarisation des ménages les plus éloignés de leurs lieux d'activités du fait d'une plus grande sensibilité aux coûts de transports et l'obligation pour les ménages où les deux actifs doivent être le plus souvent bi-motorisés.

Les dérives les plus importantes de ces processus ont fait l'objet de plusieurs travaux, notamment sur des cas aux États-Unis de *gated communities*⁵, où la ségrégation est poussée à son paroxysme dans la recherche d'un entre-soi maximal. Ces formes résidentielles pourraient représenter 10 à 30% des nouvelles constructions aux États-Unis (Le Goix, 2005). Si ces villes-forteresses demeurent marginales en Europe, les exemples se multiplient depuis la fin des années 1990, comme dans le sud de la France autour des agglomérations de Toulouse et de Cannes (Charmes, 2011).

Le choix de la forme urbaine conditionne aussi les questions d'équité et de justice sociale. En effet, la tradition d'égalité territoriale appliquée en France sous la forme d'une amélioration de l'accessibilité aux infrastructures routières, n'est pas toujours synonyme d'égalité sociale. Les personnes dans l'incapacité d'accéder à la voiture individuelle, pour des raisons économiques ou de santé, se retrouvent peu à peu écartées d'une offre territoriale en équipements, commerces, services ou loisirs qui est de plus en plus localisée en périphérie. Cet aspect forme le revers de la dépendance automobile, c'est-à-dire l'incapacité pour des individus ou des ménages d'accéder à la même offre que les individus ou les ménages motorisés (Dupuy, 1999).

Les conséquences sur la santé et la qualité de vie

L'augmentation de la circulation automobile conduit à d'autres effets inhérents à la qualité de vie et à des questions de santé parmi lesquels : l'accidentologie (proportionnelle au volume du tra-

5. Communautés fermées

fic), les nuisances sonores (Pujol *et al.*, 2012) ou le lien établi entre le surpoids et l'obésité (notamment infantile) et la forme du développement résidentiel (??).

Les aspects esthétiques

Finalement, le développement résidentiel pavillonnaire peut générer une forme d'uniformisation paysagère, du fait d'un manque de variété architecturale dans les constructions. Dès 1953, Peter Blake, célèbre architecte américain, prônait une approche régionaliste de la construction, dans un pays où le patrimoine architectural contemporain est presque entièrement importé d'Europe. Ainsi, en France, dans une allocution datant du 20 octobre 1977, Giscard d'Estaing, alors président de la république, défendait une politique nationale de l'architecture tenant compte des spécificités locales du bâti (Le Couédic, 2012). La fin des années 1970 en France marque alors le début d'une vague néo-régionaliste, avec la reprise d'éléments symboliques et identitaires dans les détails architecturaux des habitations (colombages normands, maisons basques aux volets rouges).

Au niveau individuel, la recherche d'une intimité paysagère se matérialise souvent par la plantation de haies autour du terrain de manière à abriter le jardin de la vue des personnes extérieures à l'habitation. Cette même recherche d'intimité peut cependant être satisfaite par d'autres formes paysagères. Par exemple un arbre au premier plan visuel de l'habitation offre une impression de protection tout aussi appréciable. Ces formes paysagères alternatives, valorisées d'un point de vue esthétique (Kaplan, 1987 ; Hur *et al.*, 2010), nécessitent un soutien, une incitation et une anticipation de la part des pouvoirs publics.

La relation entre forme du développement résidentiel et fonctionnement urbain

La question de la forme urbaine est primordiale dans l'appréhension du fait urbain. Pour autant, l'expression *forme urbaine* revêt un caractère polysémique (Genestier, 1988 ; Raynaud, 1999). Certains auteurs abordent la forme par le contenant, d'autres en considérant à la fois des aspects relevant du contenu et du contenant. Dans cette thèse, le parti pris est de considérer le contenu comme relevant non de la forme, mais du fonctionnement urbain.

La forme urbaine, éléments de définition

La forme pour les mathématiciens est géométrie, c'est-à-dire la description des relations topologiques entre différents éléments. Albert Lévy (1988) définit ainsi l'analyse de la forme par l'analyse de la complexité du plan des villes. Les physiciens utilisent la notion de forme afin de décrire les arrangements des atomes dans les molécules ou les molécules entre elles. Les économistes ont une vision assez abstraite et souvent peu détaillée de la forme urbaine, en l'assimilant par exemple au gradient centre-périphérie de la densité de population ou de revenus par commune.

En géographie, la forme urbaine revêt un caractère multi-scalaire. Les matériaux de construction, la pierre, le béton, le goudron, les métaux, le bois et les végétaux sont les éléments constitutifs des bâtiments (des maisons, des appartements, des bureaux, des usines), des routes et des espaces verts (jardins et parcs) (Kamps, 2013). Agencés ensemble, les bâtiments, les routes et les espaces verts délimitent des allées, des rues, des avenues. Un ensemble de voies constitue un îlot et plusieurs îlots dessinent un hameau, un village ou une ville voire une mégalopole. On considère donc que l'unité minimale de la forme urbaine est le bâtiment, entouré par son espace vert, ou le tronçon routier dans le cadre d'analyses morphologiques du réseau. À partir des années 1950, et en provenance d'Italie, l'étude de la forme urbaine a débouché sur la morphologie urbaine (Merlin et Choay, 1988). De fait, les chercheurs ont enrichi les approches architecturales par l'ajout des notions de site et de situation, ajoutant ainsi une dimension multi-échelle à la forme urbaine. La composition de la forme urbaine varie selon les auteurs. Progressivement, une théorie de la forme urbaine est apparue. Desmarais (1992) en décrit les objectifs en déclarant que « la démarche de la théorie de la forme urbaine consiste donc à concevoir un niveau d'organisation abstraite sous-jacent à celui des formes architecturales observables ». Pour autant cette définition est assez controversée, et certains chercheurs tendent à nuancer les positions à adopter vis-à-vis de de la forme urbaine. Cette dernière ne serait peut-être pas une théorie, mais tout au plus un concept, que l'on pourrait redéfinir comme la structure spatiale (Borie *et al.*, 2006). La théorie (si elle existe) de la forme urbaine revêt un caractère assez normatif des patterns qui la compose contrairement à une approche qui en est purement descriptive.

Pour Allain (2004), la forme urbaine se compose de cinq éléments : le plan (la macro-forme ou le maillage, suivant l'échelle), le parcellaire, le site, le bâti et l'usage du sol. La forme urbaine caractérise donc ce qui relève du contenant. Salat (2011) ajoute à sa définition de la forme des aspects de contenu, la forme urbaine comprend alors six éléments : les personnes et les activités, l'interaction sociale, le réseau de rues et les mailles viaires, le parcellaire, la topographie et le relief du site, l'usage du sol et la troisième dimension (vent, soleil, polluants, température...). Si un cer-

tain nombre d'items sont communs aux deux définitions (parcellaire, site, usage du sol), il subsiste des différences significatives. La forme urbaine telle que décrite par Salat semble comprendre plus d'éléments "extérieurs", puisqu'il ajoute les personnes et leurs liens, ainsi que des variables climatiques et naturelles. Il ne faut pas confondre non plus forme urbaine et tissu urbain. La forme induit la question de l'armature, du squelette, tandis que le tissu fait référence à la fois au contenant (tissu bâti), ou au contenu⁶ (tissu social). En ce sens le tissu urbain est un phénomène tandis que la forme reste un élément qui caractérise ce phénomène.

On constate donc que la notion de forme urbaine est vaste et qu'un certain flou existe dans sa définition. Peut-être que l'expression la plus à même de décrire l'objet de notre étude est celle que les anglos-saxons appellent le *design urbain* (Barnett, 1982) et que Merlin et Choay (1988) ont défini, de façon un peu radicale, comme une réflexion autour d'une possible « mauvaise répartition et usage défectueux des ressources foncières ». Nous admettons ainsi que nos recherches en matière de forme urbaine revêtent un aspect normatif.

Le fonctionnement de la ville

Si la forme urbaine se définit comme le contenant, le fonctionnement doit être vu comme le contenu de cette forme. Le contenant induit, permet, engendre des fonctionnements qui dépendent des caractéristiques de la forme urbaine.

La définition de la forme urbaine, telle que formulée par Kevin Lynch (1981) introduit directement la question du fonctionnement ; « la forme urbaine résulte de l'organisation spatiale d'individus effectuant des activités, des flux spatialisés de personnes, de biens et d'informations qui en découlent, et des aspects physiques visant à contraindre ces actions, comme des clôtures, des revêtements, des voies, des atmosphères ou des objets⁷ ».

Mangin et Panerai (2006) traitent de la construction de la ville (dans sa forme) dans ce qu'ils définissent comme un manuel du projet urbain. Ils soulignent, au travers de leur définition de l'urbanisme, l'enjeu principal de la création de formes urbaines en lien avec les modes de vie des résidents. « À l'échelle urbaine, c'est moins la forme des bâtiments ou leur style qui compte mais leur capacité à créer des tissus urbains compatibles avec [...] ce que nous savons des pratiques qui s'y

6. On se rapproche ici davantage de la définition donnée par Salat, qui est celle du tissu urbain, avec ses activités.

7. Traduction faite de « [...] settlement form is the spatial arrangement of persons doing things, the resulting spatial flows of persons, goods, and information, and the physical features which modify space in some way significant to those actions, including enclosures, surfaces, channels, ambiances, and objects ».

rattachent ». Pour les deux architectes, sans négliger le contenant, c'est surtout le contenu qui importe, le lien entre forme et fonction apparaît non sans une certaine subtilité.

Les sociologues urbains font partie des premiers à avoir intégré ce lien entre la forme et le fonctionnement. Lefebvre (1974), dans son ouvrage *La production de l'espace* affirme que « l'espace social est un produit (social) », puis plus loin, il ajoute que « la pratique spatiale d'une société secrète son espace, elle le pose et le suppose dans une interaction dialectique. Elle le produit entièrement et sûrement en le dominant et en se l'appropriant ». En écrivant cela, Lefebvre prend le parti d'une pratique spatiale, d'un fonctionnement qui dépasse la forme, la transcende. On rejoint ici les théories anglo-saxonnes de la relation entre *space*, l'espace contenant, et *place*, le lieu intégrant à la fois le contenant et le contenu. Dix ans plus tard, son homologue Raymond Ledrut (1984), dans un livre intitulé *La forme et le sens dans la société*, semble moins catégorique, il s'interroge : « la forme reçoit-elle un sens ou donne-t-elle un sens ? » Si la dualité des deux notions ne pose pas de problème majeur, la difficulté réside dans la capacité à définir précisément cette relation et mieux encore, à mesurer son intensité. Le couple *ville offerte / ville pratiquée*, tel que défini par Ostrowetsky et Bordreuil (1975), résume assez bien la différence entre le potentiel, une accessibilité à un service, proche de son domicile, et le fait de s'y rendre suffisamment fréquemment pour en déduire une pratique.

Le point de départ de la *Space Syntax* Hillier et Hanson (1984) réside dans la conceptualisation de ce lien entre la société urbaine et l'espace qu'elle occupe. Il y a un déterminisme des trajets effectués par les individus résultant de leur angle de vision. Le triangle de Brotchie (1984), représente le rapport de l'intensité des interactions spatiales en fonction de la dispersion des activités dans l'espace et en fonction des caractéristiques des réseaux. Les auteurs suggèrent donc une approche de l'interaction entre transports et occupation du sol qui passe par les moyens technologiques de déplacements à disposition. La boucle de rétroaction de Wegener et Fürst (1999) détaille à nouveau ce lien entre transports et urbanisme, sans pouvoir donner des pistes afin de mesurer ce lien. En guise de synthèse sur ce point, Salingaros (1999) déclare « Nous tentons de trouver des lois pour l'urbanisme. Ce qui est clair jusqu'à maintenant est que les voies, les espaces et le dessin des bâtiments dépendent tous d'une certaine connectivité. Ces connexions essentielles sont très difficiles à décrire. ⁸ »

8. Traduction effectué par Tannier (2009) de : « We are trying to find laws for urban design : what is clear so far is that paths, spaces, and the design of buildings all depend on some type of connectivity. These essential connections are very difficult to describe. »

Dans notre cas, on limite la relation entre forme et fonctionnement au rapport de la répartition des activités urbaines (le développement résidentiel) et les pratiques spatiales qui en découlent, au travers de l'accessibilité spatiale ou des comportements de mobilité quotidienne. Nous avons vu plus haut que la conceptualisation de la forme urbaine induit une certaine normativité. Nous intégrons ce principe normatif au lien étudié entre la forme du développement résidentiel et le fonctionnement urbain. Ce positionnement implique une réflexion autour de la notion d'aménagement normatif.

Approche normative de l'aménagement

L'aménagement normatif dans le monde anglo-saxon

L'aménagement normatif, expression rarement utilisée en français, a déjà fait l'objet de quelques définitions, et constitue le sujet de plusieurs publications marquantes en aménagement dans le monde anglo-saxon (Klosterman, 1978 ; Hudson *et al.*, 1979 ; Naess, 1994 ; Talen, 2000). D'après l'introduction faite par Watson dans son article de 2002, il existe trois théories normatives de l'aménagement : la *communicative planning theory*, *The Just City*, et la *Multicultural theory*. Nous nous appuyerons essentiellement sur la première, les deux suivantes n'étant que des déclinaisons plus ou moins radicales de ce courant. Ces mouvements, pour la plupart émergeant dans les années 1990, viennent en réponse à la vision de l'aménagement technocratique, rationalisante, et d'ingénierie des années 1950 et 1960 (Watson, 2002). L'aménagement était souvent politisé, puisqu'il s'agissait pour les aménageurs⁹ de convaincre les acteurs locaux du bien-fondé de leur démarche et de faire valider leurs plans (Klosterman, 1978). L'aménageur est un maillon de la chaîne d'acteurs impliqués dans la prise de décision. En conséquence, il est possible d'affirmer que l'aménageur tient une part de responsabilité dans le traitement de certains problèmes sociétaux (Klosterman, 1978). Norton Long (1959) avait déjà identifié ce processus, en écrivant que « la question n'est pas de savoir si l'aménagement possède une dimension politique mais plutôt de savoir quelles sont les politiques appliquées [...]. Les plans sont en fait des programmes politiques [...] au sens large, puisqu'ils représentent des idéologies politiques, des moyens de mettre en place différentes conceptions d'une vie meilleure »¹⁰. Être aménageur, c'est de toute façon faire de la politique puisqu'il participe à la décision de « qui obtient quoi, quand et comment » (Klosterman, 1978). Healey (1999) prolonge en affirmant que le travail de l'aménageur est de combler la distance entre les élus politiques et la so-

9. L'aménageur est employé ici au sens général, c'est-à-dire qu'il englobe tout ou partie du système d'acteurs en charge de l'aménagement (chercheurs, techniciens, lotisseurs, bureaux d'études, urbanistes, etc.).

10. Traduction de « The question is not whether planning will reflect politics, but whose politics will it reflect. [...] Plans are in reality political programs. [...] In the broad sense they represent political philosophies, ways of implementing different conceptions of the good life. »

ciété civile. L'aménageur est un expert, comme le médecin qui guérit, ou le magistrat qui défend la loi; il y a derrière l'aménagement, l'idée de prescription. On retiendra ici la définition de l'aménageur donnée par Friedmann (1993), qui dit que « l'aménagement est le métier dont l'objectif majeur est de lier les connaissances théoriques avec les politiques publiques sur le terrain »¹¹.

Pour aller plus loin, d'après la *communicative planning theory*, le but de l'aménageur est d'arriver à faire discuter les individus autour d'une problématique, de générer de la discussion, et de permettre l'émergence d'un consensus, tant sur l'objectif que sur les moyens d'y parvenir. L'importance de la communication en aménagement est liée à l'existence d'un paradigme théorique, même si ce point de vue fait l'objet de contestations (Watson, 2002). L'approche normative constitue donc une solution à condition de résoudre certaines questions d'ordre éthique (Habermas, 1990). Selon Habermas, et comme nous le verrons en introduction du premier chapitre, l'approche normative renvoie aux valeurs, à l'idée d'un bon, d'un bien ou d'un mieux (Leleux, 1998). En s'inspirant des travaux en science de la communication d'Habermas, John Forester a établi que la communication est l'élément essentiel de l'aménagement (Forester, 1999 ; Watson, 2002). Le dialogue entre les différents acteurs semble être une solution afin de parvenir à des objectifs communs, par la forme d'un consensus. Pour obtenir ce consensus, il faut avoir le même système de références, partager les mêmes mots, phrases ou expressions ainsi que s'accorder sur les notions pouvant prêter à des interprétations différentes selon le contexte (Healey, 1992). Par exemple, la démarche de construction de scénarios d'aménagement forme un outils fondamental dans la communication entre les acteurs. Dans un souci d'objectivité, les instruments sont des outils à disposition des aménageurs qui permettent d'étayer leur proposition. Les modèles (économiques, économétriques, géographiques), les statistiques, la cartographie ou encore les systèmes d'information géographique sont autant de moyens que l'aménageur peut utiliser. Ils peuvent à la fois servir de support de discussion (produire de l'information pour faire réagir le public visé), d'outils d'aide à la décision, ou être directement source de décision. Pour autant, le choix et le paramétrage des outils n'est pas neutre et nécessite une justification de la part du scientifique ou de l'aménageur qui les utilise (Galloway et Mahayni, 1977). Comme le rappelle Klosterman (1978) *value-free planning is impossible*, l'aménagement « objectif » est impossible à atteindre.

11. Traduction de : « Planning is that professional practice that specifically seeks to connect forms of knowledge with forms of action in the public domain. »

L'aménagement normatif en Belgique

En langue française, l'aménagement normatif est une expression notamment utilisée en Wallonie¹². Elle désigne, par opposition à l'aménagement opérationnel, l'ensemble des normes et des règles qui « encadrent l'initiative humaine sur le territoire ». L'aménagement opérationnel (ou actif) désigne quant à lui « l'ensemble des mesures permettant aux pouvoirs publics d'agir [...] sur des parties du territoire qui nécessitent une intervention à caractère prioritaire », comme la rénovation urbaine, la reconversion des anciens sites industriels ou le développement rural¹³. Dans son ouvrage de 2004, Hagelstein prolonge l'idée législative du cadre normatif. « On peut définir la notion de réglementation d'urbanisme comme l'ensemble des mesures à caractère normatif qui régissent l'organisation et la composition spatiale du milieu urbanisé ; on se centrera ici sur la réglementation urbaine se rapportant principalement aux agglomérations et aux ensembles bâtis des villes et des villages. La réglementation d'urbanisme englobe par conséquent l'ensemble des règles et des plans qui régissent la composition urbaine. Mais elle inclut aussi les textes législatifs généraux qui instaurent l'urbanisme comme outil d'une action normative collective » (Hagelstein, 2004). À l'aide de cette définition appliquée à la réglementation belge, Hagelstein relie l'aménagement normatif à la question de la forme urbaine et du contenant.

Les conditions d'application d'une démarche normative en aménagement

La vision de l'aménagement, a fortiori normative, ne saurait se résumer à l'application de textes officiels. La première étape de l'aménagement normatif est de définir l'objectif à atteindre, qui doit faire l'objet d'un consensus. Si la quête d'un développement durable ne laisse que très peu de place à la contestation, les moyens pour y parvenir ne semblent pas unanimes. L'aménagement normatif doit également contenir une part d'utopie critique. Partant du constat d'un essoufflement du modèle actuel de croissance résidentielle, notamment en ce qui concerne la production de logements et la planification de leur localisation, il s'agit de proposer une vision alternative. Cette dernière n'est pas forcément située en opposition totale face aux processus déjà en cours, mais doit au moins compléter le modèle existant dans une compensation d'une ou plusieurs de ses faiblesses observées. Parallèlement, l'aménagement normatif doit reposer sur l'utilisation d'instruments, d'outils, de mesures. Si l'aménageur doit être le plus objectif possible, il doit également justifier son ou ses propos par des données, indicateurs, statistiques ou cartes. L'emploi de tels outils implique forcément des choix, de paramètres, de modélisation, ce qui rend le travail d'expertise non neutre et

12. L'aménagement normatif constitue le premier livre du Code wallon de l'aménagement du territoire, de l'urbanisme et du patrimoine, mise en œuvre par le Département de l'Aménagement du territoire et de l'Urbanisme.

13. Définitions données par l'Union des Villes et des Communes de Wallonie, www.uvcw.be

orienté. Même si l'aménageur n'est pas à l'origine de la définition des objectifs, des normes et des règles, il y participe du fait de son expertise. L'aménageur n'est pas élu, donc ne décide pas mais doit tenir compte, dans son travail, de la demande sociale et des aspirations politiques. La mise en place effective d'une démarche normative d'aménagement nécessite donc la participation et la prise en compte de l'avis du plus grand nombre d'acteurs impliqués dans le projet et ne peut donc se concevoir sans communication ni démarche participative.

L'application d'une démarche normative en aménagement doit être l'objet d'une volonté politique forte, du moins pour la définition de l'objectif (des objectifs). Les responsables politiques de la mise en place de la durabilité doivent être élus démocratiquement, tout en étant mandatés par leurs électeurs (Naess, 1994). Le changement de normes ou leur redéfinition n'est pas un acte anodin et pose réellement la question du problème à résoudre et des moyens mis en œuvre pour résorber ce (ou ces) problème(s). Ces moyens peuvent être de nature législative ou financière mais peuvent également tenir du discours et des éléments de langage (voir le paragraphe sur les règles). L'adoption d'une approche normative doit se faire dans le respect des textes législatifs en vigueur et ne doit pas compromettre les droits civiques ou toute autre liberté fondamentale. Si l'aménagement normatif fait l'objet d'une politique nationale, voire internationale (pour l'objectif de durabilité), les normes et les règles peuvent différer d'un pays à un autre, ou d'une région à une autre. En effet, le choix de la forme urbaine (locale, pour le volet morphologiques, et global, dans le choix des zones à urbaniser en priorité) ne peut s'effectuer qu'en tenant compte des spécificités géographiques, sociales, politiques, religieuses ou institutionnelles de l'espace considéré. D'un cas à l'autre, la topographie, les infrastructures, les pratiques et comportements peuvent différer et nécessiteront la mise en place de règles spécifiques. L'approche normative appliquée à l'aménagement du territoire, et plus particulièrement à la croissance résidentielle, pose alors la question de la transposabilité spatiale des objectifs, des normes et des règles. La spécificité des sites et situations des villes rend l'emploi d'une règle unique tout à fait impossible (Couch *et al.*, 2011). Toutefois, il est possible de tenir compte des normes locales, en adaptant les règles et les seuils. Par exemple, dans la plupart des pays occidentaux, la circulation en automobile est une norme, mais elle est assez différente entre la banlieue de Detroit aux États-Unis, où l'usage de la voiture est indispensable et par conséquent intensif, et le centre d'Amsterdam aux Pays-Bas, où la possession d'une voiture n'est pas à exclure mais son usage peut être moins indispensable au quotidien.

Critiques de l'approche normative

Depuis les années 1960, les démarches d'aménagement ont fait l'objet d'une profonde remise en cause, tant sur le plan théorique que pratique, pour leur rationalité trop normative (Labussière, 2010). Fondées, ces critiques ont motivé l'émergence de pensées alternatives de la planification (Berdoulay et Soubeyran, 1994 ; Tewdwr-Jones et Allmendinger, 1998 ; Allmendinger et Tewdwr-Jones, 2002), allant parfois jusqu'à rejeter le principe normatif au profit d'autres modèles d'action prétendument plus ouverts à l'expérimentation et laissant plus de temps aux débats, au travers des démarches participatives (Berdoulay et Soubeyran, 1994 ; Labussière, 2010). Ainsi, rapportant les propos de Lévy, Merlin (1988) révèle les inquiétudes de l'architecte suisse face aux discours basés sur les modèles de villes ou les utopies normatives essentiellement fondées sur un retour à la ville du XVIII^{ème} siècle. Lévy (1988) pense que certains objectifs de la croissance urbaine « doivent être replacés à l'intérieur d'une théorie de la composition urbaine pour éventuellement déboucher sur des propositions normatives constructives ». Pourtant, il est possible qu'il n'existe aucune « théorie globale de la morphologie urbaine capable d'offrir une base conceptuelle pour l'application à la planification » (Whitehand, 1981). En d'autres termes, il est probable qu'une « bonne » forme de ville existe, mais elle n'a pas encore été trouvée.

Proposition d'un modèle normatif du développement résidentiel

Comme le montre le schéma de la figure 1, l'adoption d'une politique normative d'aménagement doit être à même de satisfaire les besoins et les aspirations des ménages tout en répondant aux objectifs de l'aménagement du territoire, notamment en matière de durabilité. Dans les pays occidentaux, cette charge est déléguée aux grands groupes du secteur de la construction, aux bâtisseurs, qui n'ont pas pour but de concilier aspirations résidentielles et politique durable d'aménagement. Il existe des préconisations de formes de villes ; ce sont les utopies urbaines (Wunenburger, 1979). Ces utopies nourrissent à la fois la pensée urbanistique et les aspirations sociales des individus, en se plaçant dans un contexte social, historique, technologique, institutionnel ou religieux donné. Entre utopies urbaines, aspirations des ménages et préconisations d'aménagement, une approche normative de l'aménagement urbain peut jouer un rôle d'interface (cf figure 1).

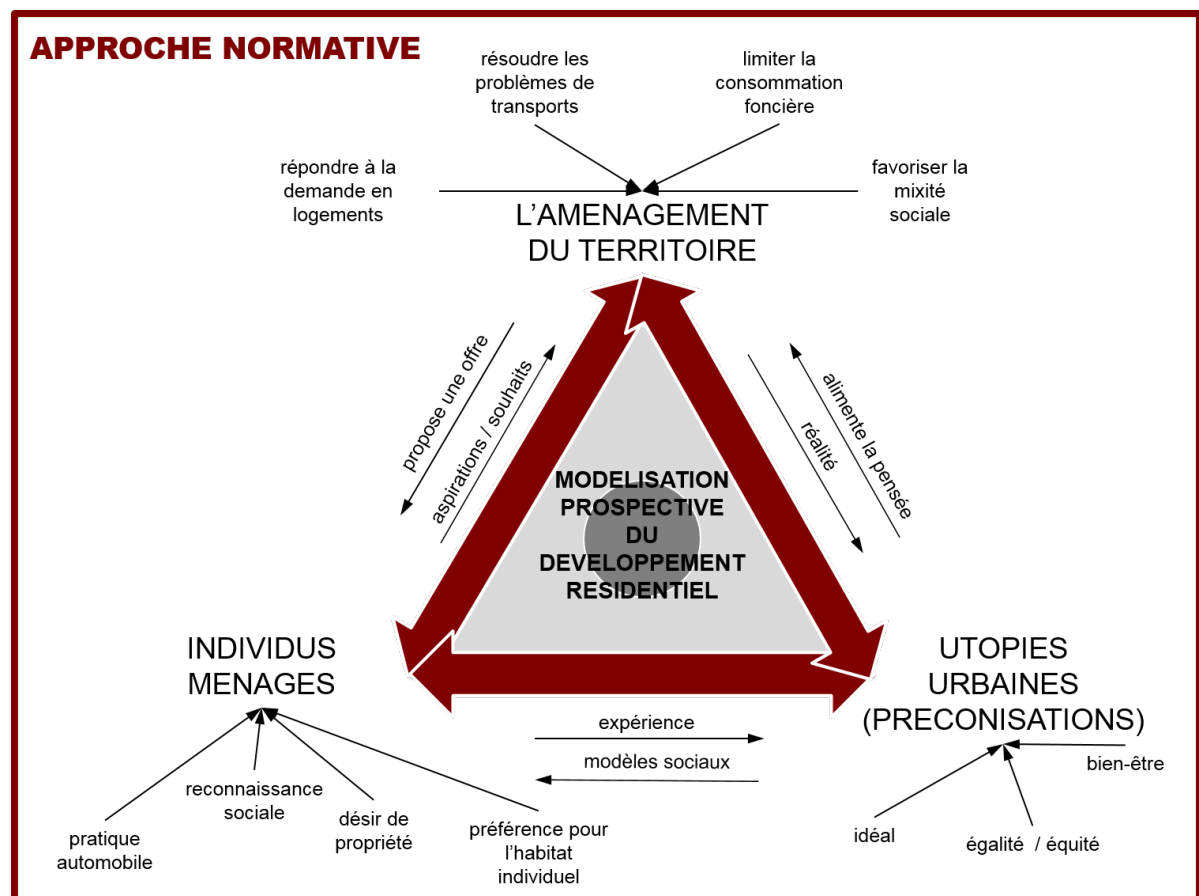


FIGURE 1 – L'approche normative, une interface entre les aspirations individuelles, les politiques d'aménagement et les préconisations de formes de villes

En combinant certaines normes et règles contenues dans les utopies urbaines et certaines préconisations actuelles d'aménagement, il est possible de faire des propositions alternatives de formes

de développement résidentiel dans une démarche prospective. L'imagination et la mise à l'épreuve de ces futurs possibles s'effectuent au travers d'une méthodologie basée sur la simulation spatiale. Une telle démarche s'inscrit dans l'idée que, de l'utopie à la prospective, il n'y a qu'un pas (Antoni, 2003).

Il existe un grand nombre d'utopies urbaines et de modèles de villes théoriques, dont certains seront décrits dans le premier chapitre de la thèse (cité antique, utopies industrielles, utopies hygiénistes, cité-jardins, *Transit-Oriented Development...*). Parmi eux, le modèle de la ville fractale (Frankhauser, 1994) synthétise, de manière originale, différentes normes et règles d'aménagement a priori contradictoires. La ville fractale est multi-dimensionnelle, du fait de sa géométrie bien sûr, mais aussi par les multiples aspects dont elle tient compte. Le polycentrisme, dont le modèle s'inspire fortement au travers de la théorie des lieux centraux, permet la mise en place d'un modèle global en intégrant une hiérarchie urbaine faite de villes, d'agglomérations, de villages et de hameaux. Avec l'interpénétration des espaces bâtis et des espaces naturels environnants, le modèle fractal évite le caractère « fermé » des utopies traditionnelles (limitées par l'usage du cercle, de l'ellipse ou du carré). La ville fractale offre un accès aisé à une grande variété d'aménités (commerces, services, loisirs), tout en favorisant le report modal vers la marche à pied ou les transports en commun. Il est alors possible de répondre à une diversité de préférences des ménages en matière de choix résidentiels et de modes de vie.

La démarche de simulation prospective de scénarios de développement résidentiel adoptée dans la thèse nous permet de tester différentes normes et différentes règles d'aménagement, tentant de répondre aux enjeux de développement auxquels le Luxembourg doit faire face. Du fait de sa taille restreinte, de son organisation spatiale et politique, mais surtout des dynamiques démographiques qui le caractérisent, le Grand-Duché est un exemple intéressant sinon idéal, pour l'application de l'approche normative de l'aménagement adoptée dans notre recherche doctorale. Sur le plan méthodologique, cette démarche comporte deux grandes étapes : 1) la simulation de scénarios de développement résidentiel conçus sur la base d'un schéma conceptuel de construction de scénarios et 2) l'évaluation de ces scénarios en matière de fonctionnement urbain, d'une part au travers de mesures spatiales d'accessibilité et d'autres part d'indicateurs de mobilité quotidienne calculés à partir de simulations individu-centrées de ces comportements, à l'aide de la plateforme MobiSim.

**PREMIÈRE PARTIE : POUR UN
AMÉNAGEMENT NORMATIF**

Introduction de la première partie

« Si il n'y a pas de règle, le désordre s'installe, la nature égoïste prend le dessus et la vie devient une épreuve de force. »

Préambule du règlement intérieur du comité ouvrier du
logement de Pessac, 1949

NOUS venons de voir en introduction que la relation entre la forme urbaine et son fonctionnement pouvait être l'origine de nuisances de natures diverses et variées. Certaines de ces nuisances seraient causées par une inadéquation entre la localisation résidentielle des individus et la localisation de leurs autres activités (travail, loisirs...). Autrement dit, le mode d'habiter (Stock, 2004) d'un certain nombre d'habitants ne serait compatible avec leur mode de vie qu'au prix d'impacts négatifs sur l'environnement. Il s'agirait surtout des résidents de certains pays occidentaux, dont les déplacements quotidiens sont source de congestion, d'émissions importantes de gaz à effet de serre, de problèmes de stationnement... La remise en cause des modes de vie contemporains est d'ailleurs loin d'être récente. Les relations entre l'homme et son environnement, ainsi que les problèmes sous-jacents ont constitué un objet pour des géographes de la fin du XIX^{ème} et du début de XX^{ème} siècle, de Friedrich Ratzel à Paul Vidal de la Blache. Plus tard, ces analyses dépassent le cadre universitaire. Le rapport Meadows *et al.* (1972) interroge la limite de la croissance démographique, économique et industrielle au regard de la taille limitée de notre écosystème (Boutaud, 2005). En France, ces conclusions sont également soulevées par l'ouvrage de Joël de Rosnay, *Le Macroscopie*, publié en 1970. De Rosnay fait état d'un système global (la Terre) dont l'humanité serait une partie et dont le fonctionnement perturbe l'équilibre de l'écosystème terrestre (De Rosnay, 1970). Ces premières constatations forment les bases d'un nouvel objectif, le développement durable, qui sera formalisé en 1992 à la conférence de Rio. Rapidement, la ville, sa forme et son fonctionnement, deviendront une des préoccupations de la critique du développement telle que formulée dans les années 1970.

Dans les années 1980, la question de la forme urbaine est abordée dans le cadre de débats sur l'aménagement du territoire, avec l'intérêt croissant pour une ville durable d'un point de vue environnemental (Williams, 2000 ; Sorensen, 2001). Les flux automobiles croissants, l'allongement des distances parcourues puis les émissions de polluants et les consommations de carburants constituent une préoccupation majeure. La question de la ville durable semble plus souvent abordée par la question des transports (voiture électrique, transports en commun, péages urbains...) que par celle des générateurs de trafic. Autrement dit, et nous en avons déjà parlé en introduction, la réponse aux problèmes liés à l'aménagement des territoire est souvent « technicienne ». Elle vise à résoudre les problèmes de transports par les transports, en changement de technologie (amélioration du moteur à combustion, moteur électrique, moteur hybride ou encore à hydrogène), par les politiques en faveur des transports en commun (le développement de nouvelles lignes et infrastructures, le retour du tramway dans les centres-villes), des politiques tarifaires (péages, stationnement). Sans sous-estimer l'importance de ces mesures, il est légitime de s'interroger sur la localisation des générateurs de trafic, plutôt que sur le trafic à proprement-dit. Nous considérons ici que la localisation des extensions résidentielles est une source de trafic importante, sans omettre qu'elle ne soit pas la seule (activités industrielles, commerciales, touristiques).

Dans la quête d'une « bonne forme urbaine » et d'un point de vue historique, avant la ville durable, nombre de modèles de ville ont été pensés conçus et parfois mis en œuvre, notamment au travers des utopies. Après quelques nécessaires éléments de définitions, le premier chapitre de cette thèse sera consacré à une lecture de différents modèles de ville. Cette analyse s'effectuera selon une grille composée de trois éléments que sont : le ou les objectifs à atteindre dans le contexte donné, les normes induites par le modèle de ville étudié et les règles à mettre en place afin d'atteindre le modèle de ville voulu et ainsi répondre à l'objectif fixé au départ. L'utopie urbaine est justifiée par la volonté de changer la norme, au travers du changement d'objectif. Elle est également, nous le verrons, l'occasion de définir de nouvelles règles.

Le deuxième chapitre ponctuera cette première partie par une présentation du terrain étudié, le Grand-Duché de Luxembourg. Notre grille d'analyse (objectifs, normes, règles), sera conservée afin d'identifier les objectifs et les grands enjeux de la croissance résidentielle au Luxembourg. Ce regard sera complété par l'analyse des documents de planification en vigueur au Luxembourg.

Chapitre 1

Objectifs, normes et règles dans l'aménagement urbain

« Comme si tout grand progrès de l'humanité n'était pas dû à de l'utopie réalisée! Comme si la réalité de demain ne devait pas être faite de l'utopie d'hier et d'aujourd'hui [...] ? »

André Gide, *Les Nourritures Terrestres*, 1897

DANS le contexte de la ville dite durable, la fonction principale de l'aménagement consiste à changer, ou du moins proposer des changements afin de régler tout ou partie des problèmes induits par l'inadaptation de la forme et du fonctionnement d'une ville face aux comportements des individus qui composent la société. Les défis posés à l'aménageur soulèvent deux questions. Tout d'abord, existe-t-il un consensus sur les problèmes à régler? La définition du problème à résoudre soulève celle de l'objectif global à atteindre, du but. Si le développement durable, bien qu'employé de façon intensive et parfois abusive n'entraîne pas vraiment de débat sur sa portée générale, il n'y a pas forcément de consensus sur les moyens d'y parvenir, comme le relève Theys dans un ouvrage de 2002, « on a déjà évoqué la faible capacité des recherches théoriques actuelles à dégager des règles normatives pratiques pour un aménagement durable » (Theys, 2002). Le récent éditorial de Berger *et al.* (2014) dans la revue *Journal of Environmental Policy & Planning* va également dans le sens d'une vision partagée de l'objectif de durabilité, mais un manque d'automatismes et de règles en matières de politiques publiques. De fait, la deuxième question subsidiaire à la première est celle des moyens à disposition pour régler ces problèmes. Cette double interrogation explique peut-être l'existence d'un des paradoxes du développement durable. Le développement durable est finalement un « principe normatif sans normes », ce qui forme probablement « une des raisons essen-

tielles qui explique l'influence [...] encore très modeste du développement durable sur l'aménagement du territoire» (Larrue, 2010). Dans la quête de la ville durable, il existe une contradiction entre le partage de l'objectif global et les divergences multiples sur les moyens à disposition et à mettre en œuvre afin d'y parvenir. Sur la question des moyens, il est également possible de s'interroger sur le coût financier de certaines opérations d'aménagement. Même si le problème à résoudre (figure 1.1) est clairement identifié, et les leviers d'actions partagés, qu'est-ce qui peut parfois justifier une telle dépense monétaire, a fortiori d'argent public ? Il existe donc un arbitrage entre les différentes règles afin de parvenir à l'objectif.

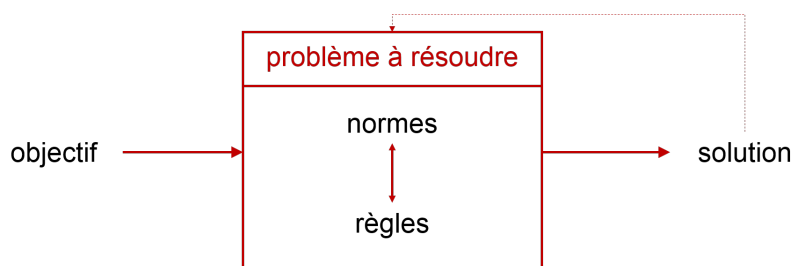


FIGURE 1.1 – Le problème à résoudre

La démarche proposée ici est d'appliquer un modèle normatif à la croissance résidentielle, de façon à reconsidérer les normes de production des extensions résidentielles. Du point de vue de l'aménageur, il ne s'agit pas de désigner directement les lieux de résidences des habitants potentiels ou existants. Nous proposons une démarche de planification normative, en définissant les localisations potentielles du développement résidentiel. L'aménageur peut également avoir une influence sur la forme locale de ces extensions en matière de densité de construction, de hauteur des bâtiments, de rapport entre densité bâtie et non bâtie (le coefficient d'occupation du sol dans la réglementation française). À l'heure où le marché du logement est saturé par les normes de construction (dimensionnement des bâtiments, couverture, isolation...), il n'existe pas ou plus de politique normative de l'aménagement, notamment en ce qui concerne la planification de la croissance résidentielle. Il semble que l'un des défis de l'aménagement soit justement de résorber ce fossé entre des normes techniques très (trop ?) strictes et l'absence de plan d'ensemble, et ce, malgré l'existence de documents de planification. À l'échelle de l'Union Européenne, une telle approche a déjà été envisagée. Par exemple, un rapport de l'ESDP (European Spatial Development Perspective)¹ indique « la mise en œuvre d'une approche normative du concept de ville polycentrique, basé sur l'argument que c'est une forme de développement spatial préférable est un principe fondateur dans l'accom-

1. L'ESDP est une structure en charge de définir, à l'échelle de l'Union Européenne, les principaux objectifs en matière d'aménagement. Dans cette optique, elle édicte certains principes sur lesquels devraient reposer ce développement. C'est également la structure à l'origine d'ESPON, l'observatoire européen des dynamiques spatiales.

plissement d'un développement régional équilibré à l'échelle de l'Union Européenne » (Davoudi, 2003)².

1. La norme, entre l'objectif et la règle

Avant d'aborder spécifiquement la question de la norme appliquée à l'aménagement, il convient de s'interroger précisément sur sa définition, depuis l'origine du mot jusqu'à son application et son utilisation au sein des sciences sociales. La norme se situe entre l'objectif, qui est global et unanimement partagé, et la règle qui définit la manière de mettre en pratique les normes afin de répondre à l'objectif donné. L'aménagement normatif se positionne explicitement au niveau de la définition des normes et, seulement dans un deuxième temps, de règles. La relation entre les normes et les règles conduit à s'interroger sur la question des moyens, qui permettent ou non l'application des normes. L'articulation de ces éléments est présentée sur la figure 1.2, ci-dessous.

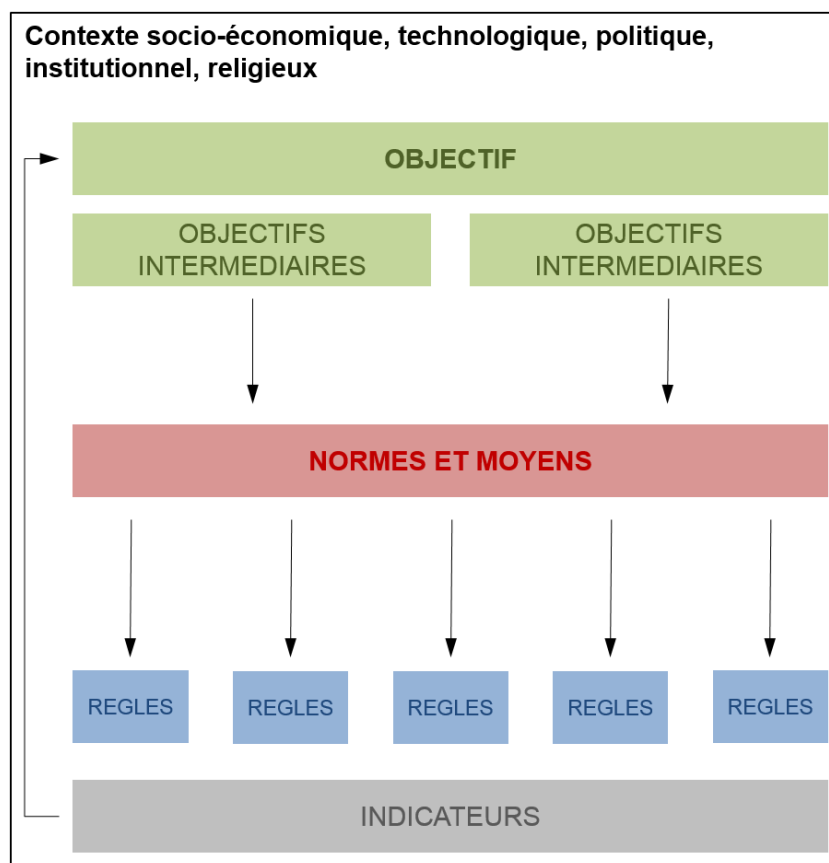


FIGURE 1.2 – De l'objectif aux règles, les normes

2. Traduction faite par l'auteur de « The ESDP takes a normative approach to the concept of polycentricity, advocating it as a preferred pattern of spatial structure and as a chief guiding principle for achieving regionally balanced development across the E.U. »

1.1. L'objectif : un but

D'après le Larousse (consulté en ligne), la notion d'objectif fait appel à l'idée d'un résultat vers lequel doit tendre l'action d'un groupe. Le groupe que l'on considère est la société dans son ensemble. Par conséquent, l'objectif est une notion d'ordre général, qui implique un consensus. Il ne peut être l'objet de débats, même si dans le cadre du développement durable, la définition d'un objectif commun est le fruit d'une longue concertation et d'une construction d'ordre historique. De fait, on a assisté à la création de ce que certains théoriciens appellent une *valeur nouvelle* (Boutaud, 2005). La notion d'objectif est directement liée à celle des valeurs dans la mesure où ces notions réfèrent à l'idée de partage. Contrairement aux valeurs, qui font l'objet de jugements personnels via les perceptions individuelles (bon / mauvais, bien / mal), les normes peuvent prétendre à une *validité universelle* (Leleux, 1998).

À ce titre, la quête de la ville durable est un objectif. Il est communément admis et n'est source d'aucune contestation (ce qui n'exclut pas des divergences sur sa définition et le moyen d'y parvenir). Il y a derrière la question de la ville durable, l'idée d'un intérêt général, d'un objectif rationnellement défendable et vérifiable empiriquement (par l'intermédiaire, entre autres, d'indicateurs) (Klosterman, 1978). À la suite de la conférence de Rio de Janeiro en 1992, la ville est devenue la *ville durable*. L'objectif global est de parvenir à un développement économique et social tout en préservant l'environnement (les trois sphères du développement durable). Le développement durable est « un objectif à atteindre à l'échelle mondiale », comme le souligne le rapport Brundtland (1987). Derrière ce que l'on peut considérer comme un nouveau paradigme (Atkinson, 1992), se cache une déclinaison d'objectifs, notamment ceux dont la ville est le sujet. Si la ville durable forme un objectif difficilement contestable de part sa définition, il est néanmoins possible de s'interroger sur les objectifs locaux (nationaux ou régionaux par exemple) nécessaires pour atteindre l'objectif global de la durabilité.

La notion d'objectif est sujette à la relativité de l'échelle à laquelle on se place. Contrairement aux espaces urbains, « le développement durable n'est pas fractal » (Godard, 1996). Autrement dit, il est vain d'essayer de compenser localement des impacts environnementaux spatialement distants, ce qui compte, c'est l'objectif global. Cependant, si la ville durable peut être considérée comme un objectif presque planétaire (tous les pays à de rares exceptions près sont confrontés au phénomène urbain et aux questions soulevées par l'urbanisation grandissante), la Terre n'est peut-être pas la meilleure des échelles d'intervention et d'observation. C'est aussi ce que rappelle Zuindeau (2010) dans son ouvrage sur le développement durable : « sur un plan spatial, la durabilité pure prend sens tout particulièrement à l'échelon global. En revanche, sur un territoire limité, l'enjeu de dura-

bilité renvoie essentiellement à des normes sociales » (Zuindeau, 2010). La pollution traversant les frontières, les grandes opérations de déforestations, les menaces chimiques ou technologiques, la raréfaction des ressources naturelles ou la diminution de la taille du biotope (par exemple) sont des problèmes globaux. Plus localement, il s'agit davantage de questions de justice sociale, de redistribution des ressources ou encore de mesures compensatoires (Zuindeau, 2010).

1.2. La norme : une construction socio-historique

Le mot norme serait d'abord apparu en Angleterre au début du XIX^{ème} siècle sous sa forme actuelle *norm* (Oxford Dictionary). Le mot est issu du latin *norma* qui peut se traduire par un précepte, une règle, et désigne également l'équerre du charpentier. D'après le Larousse (consulté en ligne), la norme est une règle, un principe, ou un critère auquel se réfère tout jugement, par exemple « *se fonder sur la norme admise dans une société* ». Le Larousse va plus loin que le dictionnaire anglais en introduisant une définition sociologique de la norme qui est « l'ensemble des règles de conduite qui s'imposent à un groupe social ». Le dictionnaire historique de la langue française (2012) combine bien ces deux aspects de la définition. Dans cet ouvrage, la norme est à la fois une forme de « conformité au modèle majoritaire et de règle qu'il convient de suivre ». Il existe pourtant une distinction entre les notions de normes et de règles.

On rejoint ainsi la définition anglaise de la norme usuelle (*usual norm*), qui est un standard, une modalité, dans le cas d'un comportement social, qui est caractéristique ou même attendu, comme le fait de bien se comporter en société. La norme peut aussi inclure l'idée d'un pré-requis, d'un niveau à atteindre (l'alphabétisation, l'emploi, l'accès à l'eau potable, aux ressources numériques...). La norme se doit d'être rationnelle, c'est-à-dire fondée en raison (Fritsch, 1992).

Sur le plan sociologique, et avant de faire l'objet de nombreuses publications et de devenir un courant de sociologie à part entière³, le terme de norme a été repris et diffusé à partir de la fin du XIX^{ème} siècle, notamment dans les travaux de Durkheim. Il définit la norme à partir de ce qui peut être sanctionné moralement, puisque n'appartenant pas au système collectif de règles (1893). En sociologie, la norme serait donc établie, « par négatif », par ce qui n'est pas normal. D'ailleurs, la définition de la norme donnée par Christian Ruby et Michel Lussault (Lévy et Lussault, 2013) est orientée en ce sens puisque la norme est pour eux un « ensemble de règles et de prescriptions sociales, plus ou moins formalisées, engagées dans les pratiques des opérateurs sociaux, servant à

3. La sociologie des normes au même titre que la sociologie urbaine, la sociologie de la famille, du travail, du droit, etc.

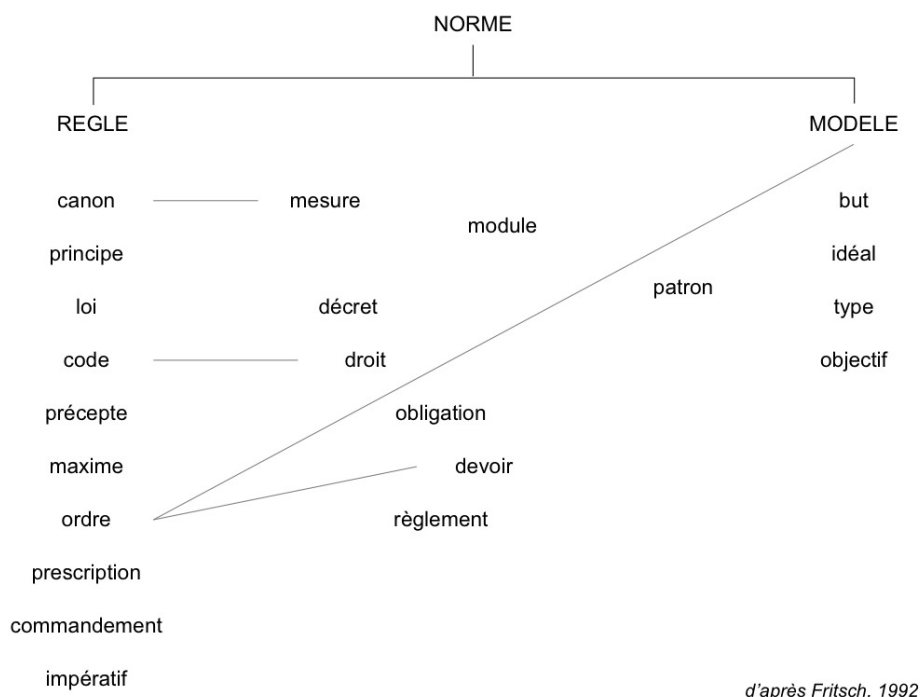


FIGURE 1.3 – Champ sémantique de la norme

discriminer des objets ou des attitudes ». La norme n'existerait donc que pour définir son contraire, l'anormal, le pathologique, et non comme un moyen d'appréhender des phénomènes. C'est aussi l'idée comprise dans la définition de norme dans les *100 mots de la sociologie*, où le normal n'y est défini que par l'anormal, qui peut être sanctionné ou non (Clair, 1999). Dans le cadre du déterminisme social, les actions individuelles sont gouvernées par les normes sociales, qui sont sources de certaines obligations (Coleman, 1988). C'est pourquoi la transgression systématique ou répétée des normes peut conduire à la notion de déviance. La norme est donc une manière de faire, de se comporter ou de penser, souvent majoritaire, socialement définie et sanctionnée selon un système de référence implicite (dans le cas de l'idéologie ou des valeurs). Derrière cette définition riche de sens, se cache l'idée que la norme est quelque chose d'externe à l'individu, mais plus ou moins intériorisé (Dubois, 2002). La norme constitue donc la traduction concrète dans la réalité d'une valeur, partagée par un groupe donné.

Les normes sont nécessaires au bon fonctionnement de la société. Elles « [...] assurent essentiellement un rôle de coordination entre les acteurs » (Walliser, 2003). Les droits civiques ou encore les libertés individuelles de notre société contemporaine sont basés sur des normes et codifiés par des textes (le Code Civil, le Droit du Travail...). Il existe pourtant une différence entre la norme et le droit, même si la notion de norme est employée dans le contexte juridique (Micoud, 1992). La norme juridique serait, au même titre que la norme technique, une déclinaison formelle (rédigée

et explicite) de la norme sociale (qui est implicite). À ce stade de la réflexion, il semble important de distinguer comme le fait Fritsch dans son ouvrage *L'activité sociale normative*, la production de normes qui est le fruit d'un processus de normalisation de la société, et la norme comme un résultat de cette production. De fait, « la production de normes est une activité sociale, qu'elle soit affaire de "gourous", de prêtres ou de philosophes, de médecins, de juristes ou de politiques, ou plus généralement, qu'elle mobilise des experts et leurs savoirs scientifiques ou techniques » (Fritsch, 1992). Dans son rôle d'expert, l'aménageur participe au processus de normalisation de certains aspects de la société inclus dans son domaine de compétence et d'intervention.

Dans la conception des normes, et comme le rappelle Françoise Choay dans son ouvrage *L'urbanisme, utopies et réalités*, il existe l'arbitraire (Choay, 1965). Cette précision est essentielle car elle rappelle que la norme, définie ou construite socialement par un groupe d'individus est avant tout un seuil. La limite statistique du plus grand nombre, ou de la majorité, forme la norme (Fritsch, 1992 ; Dubois, 2002). Au delà de ce seuil, on retrouve ce qui est anormal, déviant, presque contre-nature. La norme est donc une « standardisation des façons d'agir ou de réagir, partagées généralement par les membres d'une même communauté » (Fritsch, 1992). Appliquées à la ville (à sa forme notamment) ou aux comportements des individus, les notions de normes, de normalité, ou d'anormalité sont assez difficiles à manipuler. On peut se demander qu'est-ce que *la* ville normale, ou au moins *une* ville normale ? Qu'est-ce qu'un comportement normal ? D'après les sociologues, la norme est « ce que font et pensent la plupart des membres d'un collectif » (Dubois, 2002). La norme renvoie donc aux notions d'usages, de coutumes, mais surtout d'habitudes sociales⁴, tout en apportant un jugement de valeur de l'ordre du « bon », du domaine de la prescription (Dubois, 2002). Il y a derrière la norme, la question de la désidérabilité sociale. De fait, la norme, c'est le comportement du plus grand nombre avec la contrainte de l'utilité (Dubois, 2002), c'est-à-dire que les intérêts de l'individu et du groupe social auquel il appartient doivent être orientés dans le même sens⁵. L'individu cherche à augmenter son utilité (personnelle : le bonheur, l'argent...), mais ne doit pour cela pas nuire à l'intérêt collectif, et écarter le groupe dans lequel il s'inscrit de l'objectif global vers lequel tend la société. La définition donnée par Germon et Marano (1983) va dans le même sens puisque la norme serait « la manifestation écrite du résultat d'un choix collectif raisonné en vue de servir de base d'entente pour la solution de problèmes répétitifs »

La norme est ancrée temporellement, elle n'est valable que pour un groupe donné d'individus à un instant précis, ce qui la rend mouvante. Au gré des évolutions sociales, les normes peuvent

4. On peut voir ici un lien avec *l'habitus* développé par Bourdieu

5. On retrouve ici l'idée de bien-commun, qui est commune avec la notion de l'objectif.

évoluer, parfois très rapidement, en quelques années. Par exemple, l'avènement des technologies de l'information et de la communication a permis la généralisation de l'usage des téléphones possédant un accès à Internet. Petit à petit, cet usage se démocratise (à l'heure actuelle près de la moitié de la population française est équipée de ce type d'appareil), ce qui change la conception de la société, dans la façon de communiquer, d'interagir avec son environnement (applications touristiques, paiement numérique, billetteries en ligne...), et donc la norme devient la possession et l'usage de ce type de terminal. Il est possible de rompre avec la norme, parce que l'objectif a changé ou parce que la manière d'y parvenir, c'est-à-dire les règles qui ont été appliquées, ne conviennent plus.

Cette question relève des moyens mis en œuvre pour mettre en application de nouvelles normes. En effet, la norme fixe la limite entre le souhaitable (l'objectif), le possible, qui est dans les moyens, et l'impossible, qui ne peut pas être atteint. Par exemple, les questions financières sont du ressort des moyens. Le budget des ménages est un cadre normé, entre ce à quoi le ménage peut avoir accès (comme moyen de transport ou possibilité de localisation résidentielle) ou ne peut pas. Là encore, les moyens, comme les normes, peuvent varier dans le temps. Ce qui était une contrainte, hors de moyen il y a des années, ne l'est peut-être plus à l'heure actuelle. La norme, comme moyen ou levier d'incitation, est reconnue ou acceptée dans une société donnée, à un moment donné.

1.3. La règle : un outil

Toujours en repartant de la définition générale du dictionnaire Larousse (consulté en ligne), la règle désigne « une prescription, de l'ordre de la pensée ou de l'action, qui s'impose à quelqu'un dans un cas donné ». La règle peut également être « propre à une science, une technique, une activité déterminée et qu'il importe de suivre ». D'après le dictionnaire historique de la langue française (2012), le mot « règle » tire son étymologie du mot latin *regula*, qui désigne « l'instrument servant à mettre d'équerre » ou encore « l'étalon permettant de juger, de corriger ». On retrouve ici un lien assez évident avec la *norma*, les deux constituant finalement les deux outils du charpentier. Dans notre cas, la règle est considérée comme l'outil à disposition de l'aménageur, qui permet de définir les modalités d'application de la norme en vue d'atteindre l'objectif qui est fixé. En ce sens, la règle appartient au domaine du possible.

Les règles, autrement dit les mécanismes de régulation, de la croissance résidentielle sont nombreux et dépendent du contexte géographique de l'espace considéré. À partir des travaux publiés par Bengston *et al.* (2004), basés sur l'expérience des États-Unis en matière de maîtrise de la crois-

sance urbaine, on peut relever quatre types d'outils à disposition des politiques publiques. D'abord, les mécanismes de régulation forment le levier d'action principal. Ils découlent de la législation et de la planification. Le texte de loi, et son ou ses décrets de mise en application, permettent d'influer sur les possibilités ou les interdictions en vigueur sur le territoire. À ce titre, les règlements, comme les cartes communales et les plan locaux d'urbanisme en France, sont les outils majeurs de l'aménagement du territoire. Ensuite, les documents de planification stratégiques sont également importants. Aussi, l'acquisition ou la réquisition d'un terrain ou d'un ensemble de terrains est un mécanisme qui permet la réalisation d'un projet, ou la conservation d'un espace vert. Les incitations financières aux propriétaires, la subvention ou la contrepartie sont aussi des moyens de forcer ou de contraindre la réalisation d'un projet. Enfin, l'information, la communication et la sensibilisation du public forment une autre règle à disposition des aménageurs pour sensibiliser les individus et leurs représentants face à des enjeux territoriaux, qu'ils soient locaux ou globaux.

L'un des problèmes des règles résiderait dans la multiplicité des acteurs qui les dessinent et les appliquent. La plupart du temps, les garants de la législation sont élus, députés ou sénateurs pour le cas français. Comme dans de nombreux régimes parlementaires, les scrutins directs ou indirects sont fondés sur le principe de la majorité, qu'elle soit absolue ou des 3/5^{ème}. Sans rentrer dans le détail du fonctionnement de nos institutions, il est assez aisé de comprendre que leur fonctionnement repose généralement sur une forme de consensus. Pour qu'un texte de loi soit adopté, qu'une réforme soit mise en place, ou qu'un décret d'application soit promulgué, il est nécessaire d'avoir une majorité de voix au sein de l'assemblée en question. Pour obtenir cette majorité, et donc « plaire au plus grand nombre », il convient d'adopter des textes relativement mesurés afin de rallier un maximum d'élus à la cause défendue, indépendamment des jeux politiques de coalitions ou d'oppositions. De fait, les interactions entre les différents acteurs limitent leur action, et génèrent le plus souvent de la stabilité, c'est ce qui formerait l'un des principes de la gouvernance (Moine, 2006). Mécaniquement, plus les acteurs sont nombreux, entre l'instance législative et l'autorité qui détient la compétence de son d'application, plus grand est le jeu d'acteur et plus le consensus croît. Dans ce contexte, la mise en place de règles strictes peut s'avérer plus compliquée.

1.4. La mesure de l'objectif, les indicateurs

L'objectif se doit d'être tangible, se mesurer (avec plus ou moins de facilité) afin d'en déterminer l'accomplissement. C'est le rôle de l'indicateur. D'après Boutaud (2010), un indicateur est « la traduction d'un concept ou d'un phénomène sous la forme d'un signal ou d'un chiffre ». La portée du signal ou du chiffre est fortement dépendante du niveau d'agrégation de l'indicateur. Partant

de la donnée brute (matériau de l'expert), on peut obtenir un indicateur simple, plutôt destiné aux décideurs, ou par agrégation, un indicateur synthétique, afin d'informer ou de sensibiliser le grand public (Boutaud, 2010). Il existe une certaine différence entre, par exemple, le nombre de véhicules circulant sur un tronçon routier dans une journée, et certains indicateurs de développement, tels que l'HWI (*Human Well-Being Index*) ou encore l'indicateur de bien-être économique et social. Ces deux derniers sont construits sur la base de nombreuses variables et suscitent régulièrement des interrogations quant à leur construction et leurs applications (Boulanger, 2004).

L'indicateur sert à quantifier l'évolution d'un phénomène ou d'un processus. Par exemple, la réduction de la dépendance à l'automobile peut se mesurer en termes de kilomètres parcourus quotidiennement, ou encore en nombre de trajets journaliers effectués par un individu ou un groupe. La limite de la consommation foncière peut se mesurer en surface consommée. Les émissions de polluants peuvent également être déterminées à l'aide de capteurs.

Un même indicateur permet plusieurs actions. Il est possible de suivre une population (au sens statistique) dans le temps et dans l'espace. De même, l'indicateur apporte des informations quantitatives sur cette population tout en fournissant des repères sociaux et spatiaux. Souvent, un indicateur est utile aux autorités dans la mesure où il fournit une lecture, une grille de lecture, une aide à la décision des politiques menées ou à mener. L'indicateur possède un rôle dans le pilotage des politiques publiques voire de leur gestion. De manière diachronique ou prospective, l'indicateur est un moyen d'évaluer ces politiques publiques. De part sa construction et les choix qui en résulte, un indicateur possède une dimension subjective variable.

Comment mesurer le développement durable? Comment mesurer le degré de durabilité d'une ville? Le caractère multi-dimensionnel du développement durable doit nécessairement passer par la construction d'un indicateur composite, ne serait-ce qu'au regard des différentes dimensions du développement durable (économique, sociale et environnementale). La construction d'un tel indicateur fait l'objet de choix, dans la méthode de construction, les variables retenues, les seuils définis... De fait, la mesure d'un objectif pose la question des données à disposition et des indicateurs à même de rendre compte de sa réalisation. La collecte, la production et l'analyse de données quantitatives relatives à de nombreux aspects de la vie quotidienne sont indispensables afin d'évaluer et de quantifier l'atteinte ou non d'un ou plusieurs objectifs.

2. La déclinaison spatiale d'objectifs, de normes ou de règles dans des modèles de villes ou des utopies urbaines

L'objectif ici n'est pas de dresser un inventaire exhaustif et chronologique des utopies urbaines (travail effectué à plusieurs reprises, notamment par Françoise Choay (1965), mais aussi par Michel Ragon (1986), Michel Anthony (1995) et bien d'autres), mais d'interroger les utopies « anciennes » au regard de notre questionnement. Il s'agit de comprendre dans leurs fondements, le contexte qui a poussé le ou les auteurs à proposer un objectif différent, un changement de norme ou encore de nouvelles règles à adopter. L'utopie urbaine doit être comprise dans ce sens, une critique du modèle en vigueur (de fabrication de la ville, des modes de vies) et la recherche d'un « idéal » dans une démarche prospective. L'idéal se doit d'être un *possible*, conformément à la définition de l'objectif donnée précédemment.

Les utopies urbaines viennent en réponse à un objectif qui peut varier dans le temps et dans l'espace. Si la ville modèle n'existe pas, les utopies contribuent à l'avancée de la pensée scientifique, et à l'évolution de la société dans son ensemble. La notion d'utopie a été formulée par Thomas More dans son ouvrage *L'Utopie* publié en 1516. Dans ce récit fondateur, l'auteur imagine une société égalitaire et insulaire, critique de la société anglaise de l'époque. Il en profite pour donner sa vision de la cité idéale, régie par des lois mathématiques. Dès le départ, le terme d'utopie possède une définition ambivalente. Etymologiquement, le mot est formé du préfixe grec *u* et de *topos*, le lieu. Le *u* peut être interprété de deux façons différentes. Il peut se traduire par *eu*, pour former *eutopia*, un lieu agréable, c'est-à-dire la volonté pour l'auteur d'accéder à un monde meilleur, en tous cas meilleur que celui dans lequel il vit. Le *u* peut également être compris comme le préfixe *ou*, privatif de lieu, qui voudrait dire de nul part. Toutefois, comme le rappelle Reinhold Martin « l'utopie doit être prise au sens littéral du terme, comme le "non-lieu", contrairement à ses origines étymologiques que sont le nulle-part non parce que elle est idéale et inaccessible, mais parce qu'au contraire, elle est "partout" »⁶. D'après Baumont et Huriot (1997), J.-J. Wunenburger « définit l'utopie par ses limites, inférieure, qui est le mythe, et supérieure, formée par le projet ou la prospective urbanistique. Dans cet intervalle, l'utopie est la quête du possible » (Wunenburger, 1979). Cette dualité est également présente dans la définition donnée par Thierry Paquot (2013) où l'utopie est « un territoire imaginaire, parfaitement organisé, où règne la concorde entre les habitants ; par extension, modèle et/ou projet révolutionnaire, audacieux et idéal ». Dans notre cas, nous retiendrons davantage le deuxième aspect de la définition, en insistant moins sur le côté fictionnel et idéaliste et

6. Traduction de la phrase originale suivante : « *Utopia must be read literally, as the "non-place" written apart into its etymological origins that is "nowhere" not because it is ideal and inaccessible, but because, in perfect mirrored symmetries, it is also everywhere.* » (Martin, 2005)

en privilégiant davantage l'idée d'un modèle alternatif. En effet, l'utopie se traduit par une volonté de rompre avec l'ordre établi, et le souhait d'une transformation profonde de la société. De fait, il s'agit d'une proposition afin de modifier les objectifs à atteindre, les valeurs auxquelles la société se raccroche. Souvent, le passage par la fiction littéraire, le roman, a été utilisée afin de ne pas ancrer l'utopie spatialement (retour à la définition première de Thomas More) et temporellement (d'où un usage de l'anticipation). Il y a derrière l'utopie, l'idée d'une situation « dans une abstraction du temps et de l'espace, au delà de l'ici et du maintenant » (Racine, 1993). L'utopie peut être comprise comme la définition d'un modèle (social, urbain...) en rupture avec les normes du cadre dans lequel elle s'inscrit. L'utopie peut également être l'objet ou comporter de nombreuses règles, comme les principes mathématiques avancés par Thomas More.

Dans les utopies, la volonté de redéfinir l'objectif ou la norme est variable dans la mesure où elle peut être portée par différentes idéologies. Les objectifs principaux des utopies changent plus ou moins radicalement d'un auteur à un autre, et d'un mouvement, d'une époque à une autre. À ce titre, *L'utopie* de Thomas More est basée sur une égalité parfaite entre les citoyens, égalité rendue possible par l'usage intensif des mathématiques. Le bien-être, l'ordre, la logique ou l'esthétisme sont autant de buts à atteindre des auteurs d'utopies. Ainsi, l'utopie de Charles Fourier résulte de l'alliance de trois associations (Antony, 1995) que sont : le beau et le bon, autrement dit, l'agréable (qui est un besoin naturel) et l'utile ; le besoin individuel et le besoin collectif ; la ville et la campagne, en alliant les plaisirs de la ville dans un cadre champêtre⁷.

Contrairement au sens populaire répandu, l'utopie n'exclut pas la réalisation. Déjà au cours de l'Antiquité, la *Cité idéale* de Platon traduisait le passage d'une élaboration conceptuelle à une construction matérielle. L'utopie urbaine s'est souvent traduite par des expériences communautaires qui ont eu un réel apport sur la pensée urbaine (Paquot, 1996). L'installation de la colonie de New-Harmony (États-Unis), par Owen, à partir de 1824 et jusqu'à 1828, a permis d'expérimenter ses théories sur le changement social. Au XIX^{ème} siècle, les États-Unis forment encore une terre relativement « vierge » et éloignée, propice à l'installation de communautés et à l'expérimentation. Victor Considérant, fort de l'expérience fouriériste de Condé-sur-Vesgres (1832) a également profité des terres américaines pour fonder une communauté phalanstérienne (nommée *Réunion*) à côté de ce qui deviendra la ville de Dallas (qui compte 300 habitants en 1854). Financé en partie par Godin, Considérant a contribué à l'exportation et à l'expérimentation du modèle de Fourier. Plus tard, en URSS, le régime soviétique a pu permettre la mise en place d'utopies urbaines socialistes.

7. Cette dualité ville/campagne ou plutôt d'une ville à la campagne s'orienterait aussi vers une quête de plaisir par les sens, au nombre de douze chez (Fourier, 1849).

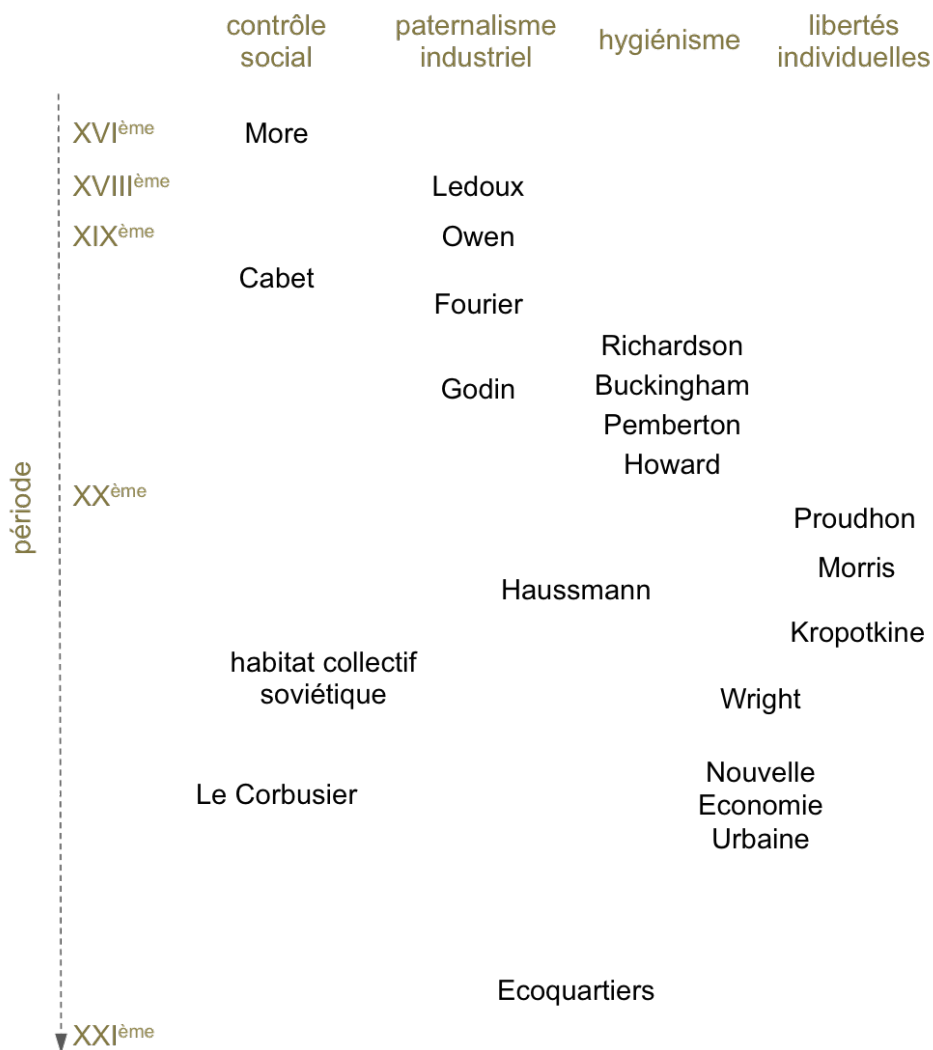


FIGURE 1.4 – Repères historiques de quelques auteurs et utopies

Parfois, les utopies urbaines sont définies de façon explicite par des règles spatiales strictes. Il s'agira alors d'identifier les conséquences spatiales de telles règles, et de ce qu'elles apportent dans notre quête actuelle de la ville durable. Nous verrons que la question de la limite de la ville est un enjeu majeur de l'utopie. Très souvent, le dessein utopique est limité, dans le temps et / ou dans l'espace, parce que porté par une définition concise du projet. Ces limites dans les modèles utopiques sont de nature démographiques (une quantité de population maximale) et spatiales (une emprise, par nature délimitée). Les utopies nous permettent de questionner une approche normative de la limite de la ville. Les utopies urbaines sont le plus souvent des projets conscrits, comme si la quête du bien-être, du bonheur ou de l'avenir radieux n'était réservé qu'à un nombre restreint d'individus ou à une portion restreinte de territoire. Dans les faits, les théories déployées par les auteurs sont naturellement bornées pour faciliter le raisonnement et la pédagogie.

Un grand nombre de modèles décrits sont basés sur la rationalité mathématique, et donc sur un usage intense du nombre ou de la géométrie. Dans les textes, tout est mesure ; le nombre d'habitants, le nombre de personnes dans le ménage, la taille de la maison, celle de ses fenêtres et l'inclinaison de son toit. L'analyse de ces règles nous permet de comprendre le cheminement des auteurs dans leur proposition pour une ville nouvelle, ce en quoi elles diffèrent du cadre établi, et en quoi ces règles de disposition et de construction définissent de nouvelles normes de fonctionnement urbain.

Si on retrouve des règles de taille ou de distance dans de nombreuses utopies, la séparation des fonctions est bien souvent une autre des caractéristiques fondamentales des modèles de cités idéales. La délimitation de la ville en zones aux fonctions bien définies a peut-être été employée à des fins pédagogiques afin d'appuyer la démonstration faite par leurs auteurs. Toutefois, il ressort des textes que la dissociation des activités anthropiques dans l'espace est source de bon fonctionnement ce qui, à l'heure actuelle de la mixité fonctionnelle, peut soulever quelques interrogations.

Les huit points suivants seront consacrés à la présentation de différents exemples, qui ont été sources d'objectifs, de normes et de règles. Même si dans les textes, ou dans les analyses qui ont été faites à la suite de ces mouvements, cette déclinaison n'a pas toujours été explicitée comme telle, c'est la grille de lecture qui a été retenue. Cette grille mettra en perspectives notre problématique du contexte historique conséquent en matière de recherches et d'expériences urbaines.

2.1. La cité antique

Les conditions d'apparition de la cité antique sont complexes et font encore l'objet de nombreuses études, complétées par les découvertes archéologiques. Il est possible d'affirmer que c'est au cours de l'Antiquité, aux alentours des VI^{ème} et V^{ème} siècles avant J.-C. que la civilisation romaine est confrontée au phénomène urbain. Ce dernier résulte d'une concentration inédite d'individus et de fonctions. Du fait d'une nouvelle organisation sociale, politique et religieuse, la cité s'est formée à la suite d'un regroupement des familles en phratries, puis en tribus. C'est la fusion de deux tribus qui a donné naissance à la cité, en tant que groupe humain partageant les mêmes croyances religieuses et la même organisation politique (de Coulange, 1864). La ville antique naquit ainsi, et il a fallu, du fait de cette nouvelle organisation sociale et religieuse, réfléchir à la forme de ces nouvelles villes. Le caractère programmé de la cité antique vient du fait que les villes sont créées de toute pièce, sans processus d'agglomération dans la durée (une ville n'est pas un gros village). Quand deux tribus venaient à fusionner, il fallait décider de l'implantation de la cité et jeter les bases de cette nouvelle

ville.

La notion de site semble donc prédominante dans l'établissement humain au cours de l'antiquité. Les Grecs et les Italiens croyaient à l'inspiration divine et à l'oracle dans le choix de localisation de leur ville (de Coulange, 1864). Pourtant l'analyse des textes de l'architecte romain Vitruve par Ragon (1985) nous indique une réelle réflexion dans le choix des sites destinés à accueillir une ville, laissant peut-être moins de place à la volonté divine. Vitruve, dans l'un de ses *Dix Livres d'architecture* s'interroge sur la « particularité des emplacements », et aussi sur le « choix des emplacements pour l'usage commun de la population », ou encore la « disposition pour que les souffles nuisibles des vents soient évités ».

Concernant les questions de forme urbaine, au V^{ème} siècle avant notre ère, Hippodamos propose un plan rectiligne composé de rues orthogonales pour la construction de Milet, sa ville grecque natale, comme le montre la figure 1.5. La cité idéale se compose de 10 000 citoyens, « répartis en trois classes correspondant à trois fonctions : les artisans, les agriculteurs et les guerriers ». De même, l'espace est divisé en trois catégories : « le sacré, domaine des dieux, [...], le public, réservé aux guerriers [...] et le troisième est privé, attribué aux agriculteurs » (Blanquart, 1997). On assiste ici à ce qui peut ressembler à un zonage fonctionnaliste. Cette quête de la rationalité, reprise et documentée par Aristote, conduira à l'utilisation du *cardo* et du *decumanus* dans les plans des villes romaines. L'intersection de cette croix, d'orientation nord-sud et est-ouest formerait le centre de la cité. La ville romaine (mais aussi dans une grande partie du monde antique), est donc « ordonnée suivant un schéma simple de voies établies orthogonalement » (Bayard et Massy, 1983). La limite de la ville, le *pomoerium*, est une notion qui apparaît dans les textes évoquant la fondation de Rome par Romulus et Remus. Romulus aurait tracé un sillon circulaire⁸ à la charrue établissant ainsi un périmètre sacré infranchissable (de Coulange, 1864). Les Etrusques ont peuplé une partie du Nord de l'Italie selon les principes hérités d'Hippodamos. En plus du plan en damier, ils ont ainsi fixé la limite démographique de la ville entre 8 000 et 12 000 habitants, afin de rentabiliser les infrastructures liées à l'adduction et à l'évacuation des eaux (Desmarais, 2005). La ville occupait alors une surface comprise entre 1 et 2,5km², ce qui conduit à une densité de 100 habitants par hectare, ce qui est relativement élevé, surtout pour l'époque considérée. La question du plan en damier serait également la construction dominante en Chine dans la même période. On y retrouve l'utilisation des quatre points cardinaux, l'orientation des voies de circulation, ainsi que leur intersection à angle droit (Lagopoulos, 1995).

8. Bien que le carré fut plus souvent utilisé dans le plan des villes romaines (Desmarais, 2005).

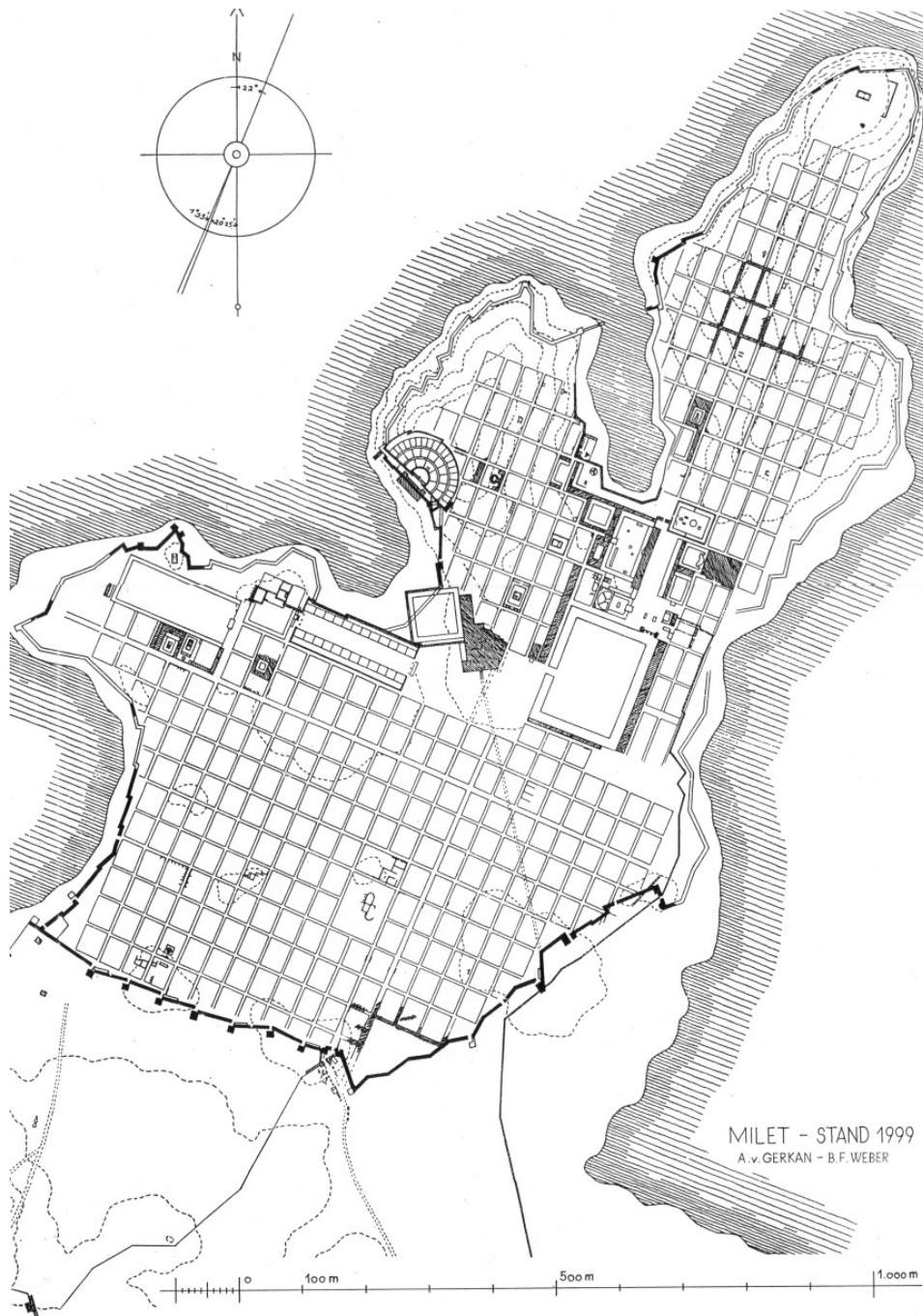


FIGURE 1.5 – Le plan de Milet par Hippodamos, illustration de B.F. Weber, 1999, d'après un original de À. von Gerkan, 1935

Avec ce premier exemple de la genèse de la cité antique, et à l'aide de notre grille de lecture, on peut constater l'apparition d'un nouvel objectif, celui d'une nouvelle cité permettant le bon fonctionnement d'un nouveau groupe d'habitants. Cette dernière découle à la fois d'un changement de structure sociétale (le passage de la famille à la cité), mais aussi d'un changement de croyances (religieuses), et la forte croissance des échanges marchands. Le résultat de ces changements est le

dessin de nouveaux modèles, plus ou moins théorisés⁹, mais qui ont en commun une volonté de rationalité. Cette dernière devient ainsi une norme, et des règles relativement strictes concernant l'établissement de ces villes apparaissent. Leur taille démographique est contrôlée, tout comme leur plan, leur orientation et sans nul doute leur localisation géographique. Aujourd'hui encore, certaines villes européennes ou asiatiques portent des marqueurs de leur développement ancien, notamment en ce qui concerne l'organisation du bâti et de la voirie, ce que certains appellent la ville *palimpseste* (Mongin, 2005).

| | |
|-----------------|--|
| Objectif | Créer une nouvelle cité permettant le bon fonctionnement économique, religieux et politique du groupe humain considéré |
| | Importance du site |
| Normes | Séparation des fonctions |
| | Recours à la géométrie rectiligne (absence de courbes) |
| | Choix « divin » du site |
| | Trois fonctions : le sacré, le public, le privé |
| Règles | Frontière de la cité marquée par une enceinte |
| | Limite de population fixée entre 8 000 et 12 000 habitants |
| | Orientation des rues principales sud-est - nord-ouest et plan en damier |

Tableau 1.1 – Objectif, normes et règles de la cité antique

9. Le caractère ancien des textes antiques confère aux théories une certaine subjectivité qui découle de l'interprétation des textes, de leur traduction et de leur contextualisation.

2.2. L'utopie industrielle et le mouvement hygiéniste

Les utopies industrielles ou hygiénistes, ont également abordé la question de la forme urbaine et posé, souvent de façon très franche, la question de la limite entre l'urbain et le rural. L'objectif premier a souvent été de tendre vers un monde meilleur et de proposer le bonheur individuel au plus grand nombre. À cette époque, il est probablement difficile de parler d'urbanisme, le terme d'*urbanisme* étant postérieur à son œuvre, puisqu'il a été inventé dans la deuxième moitié du XIX^{ème} siècle à partir de l'*urbanización* de Cerda en 1867. L'urbanisme désigne une « discipline nouvelle, la science de l'organisation spatiale » (Choay, 2005). Les premiers signes de l'apparition de la discipline remonteraient à la Renaissance, avec le traité d'Alberti (publié en 1485), mais ne concerne que quelques rares travaux jusqu'à la fin du XIX^{ème} siècle (Choay, 2005 ; Lévy et Lussault, 2013).

« La moitié des ouvriers du *Strand* sont déjà obligés de faire une course de deux milles¹⁰ pour se rendre à leur atelier » (Marx, 1867). Le constat de Marx sur l'Angleterre du XIX^{ème} siècle justifie à l'époque une partie de l'intérêt pour les utopistes d'améliorer les conditions de vie des habitants. Cette quête du bien-être, parfois chapeautée de paternalisme industriel (avec plus ou moins de bienveillance), pose la question de l'accessibilité, aux lieux de travail et de loisirs, et de la forme urbaine en général. À la moitié du XIX^{ème} siècle, la révolution industrielle bat son plein, notamment en Europe occidentale. Les paysans français et anglais sont nombreux à quitter la misère rurale pour travailler dans les nouvelles industries, localisées à proximité des grandes villes (Ragon, 1986). Très vite, les conditions de logements de ces ouvriers se dégradent, du fait du caractère insalubre de beaucoup de logements, et d'une surpopulation dans certaines constructions. La main-d'œuvre est concentrée dans les espaces urbains et la production de logements n'a pas été en adéquation avec cette explosion démographique. Parfois, le caractère urbain de certaines agglomérations (Le Creusot ou Uckange pour la France) provient de la concentration des ouvriers et de la production.

La construction des habitations est laissée à l'initiative des industriels, dont l'objectif premier est de minimiser les coûts de la production industrielle (Blanquart, 1997). L'amélioration des conditions de logements des ouvriers est également importante pour éviter le départ de ces derniers vers d'autres lieux de production. La naissance du prolétariat, et un accroissement du sentiment de révolte des ouvriers vont conduire les employeurs à trouver des solutions pour limiter les mouvements sociaux, tout en gardant une forme de contrôle social. C'est dans ce contexte que sont nées les utopies industrielles dont les exemples suivants sont issus. Nous verrons comment les archi-

10. Soit à peine plus de 3 kilomètres, une valeur qui semble loin des distances parcourues aujourd'hui pour se rendre sur son lieu de travail. Sachant que cette distance était le plus souvent parcourue à pied, à une vitesse approximative de 4 km/h, il fallait tout de même jusqu'à 3/4 d'heures de marche aux ouvriers pour se rendre sur leur lieu de travail.

tectes, urbanistes, ingénieurs, médecins et penseurs, dès le XVIII^{ème} siècle, ont proposé des utopies en grande partie basées sur une nouvelle forme urbaine. Les objectifs pouvaient être multiples : simple quête du bonheur universel, organisation harmonieuse des activités humaines, amélioration de la condition ouvrière, mais aussi participation à l'ordre public et au contrôle social. Certains industriels ont aussi utilisé les utopies afin d'apaiser les tensions sociales grandissantes tout en garantissant le maintien de la production industrielle. Si les normes varient entre les différents projets (industriels ou hygiénistes), la limite nette entre ville et campagne est une des règles communes à ces utopies.

2.2.1. Les utopies industrielles

Au sujet de Claude Nicolas Ledoux, Michel Ragon (1986) parle de « l'art d'aménager les villes »¹¹. Son projet pour la Saline Royale d'Arc-et-Senans est intéressant, tant dans la forme que dans la démarche de construction. En 1774, à proximité de la vaste forêt de Chaux (en Franche-Comté), Arc-et-Senans doit accueillir la Saline Royale. Ledoux propose alors un projet au Roi Louis XV, qui en accepte la réalisation. Nous sommes ici aux prémices de la première révolution industrielle et ce projet est d'une envergure considérable pour l'époque. L'architecte conçoit ce qu'on pourrait appeler l'une des premières cité ouvrière, en rassemblant sur un même site, géométriquement délimité (un demi cercle de 370 mètres), la production, la direction de l'usine (le symbole central de la Maison du Directeur) et le logement des ouvriers (voir le plan général sur la figure 1.6). L'objectif principal de ce projet est de rationaliser le travail des ouvriers à l'usine afin d'en augmenter la productivité et de réduire au minimum le temps nécessaire aux déplacements entre la ville et l'usine. On peut également y voir une forme de contrôle social par la mise en place d'une architecture facilitant la surveillance par la formation d'un espace « clos ». Il y a aussi derrière le projet de Ledoux un objectif d'inscrire la ville dans son environnement, comme en témoigne la ceinture verte qui délimite le tracé.

Un demi-siècle plus tard, Robert Owen, utopiste précurseur, a proposé un modèle de ville basé sur le regroupement de 500 à 3000 personnes. Dans son projet de ville idéale, le plan est régulier et composé de carrés, semblables à des quartiers et pouvant accueillir jusqu'à 1 200 habitants. Les carrés sont découpés selon l'emplacement des édifices publics. La ville proposée par Owen est bien délimitée, puisque « derrière les maisons, tout autour des carrés, on trouve des jardins, entourés par des routes ». Cette délimitation est probablement inspirée de l'*Utopia* de Thomas More, dont les habitants logent dans des maisons identiques, avec « une entrée sur la rue et un jardin à l'ar-

11. Bien qu'il soit parfois difficile de devoir positionner la discipline entre la science et l'art...

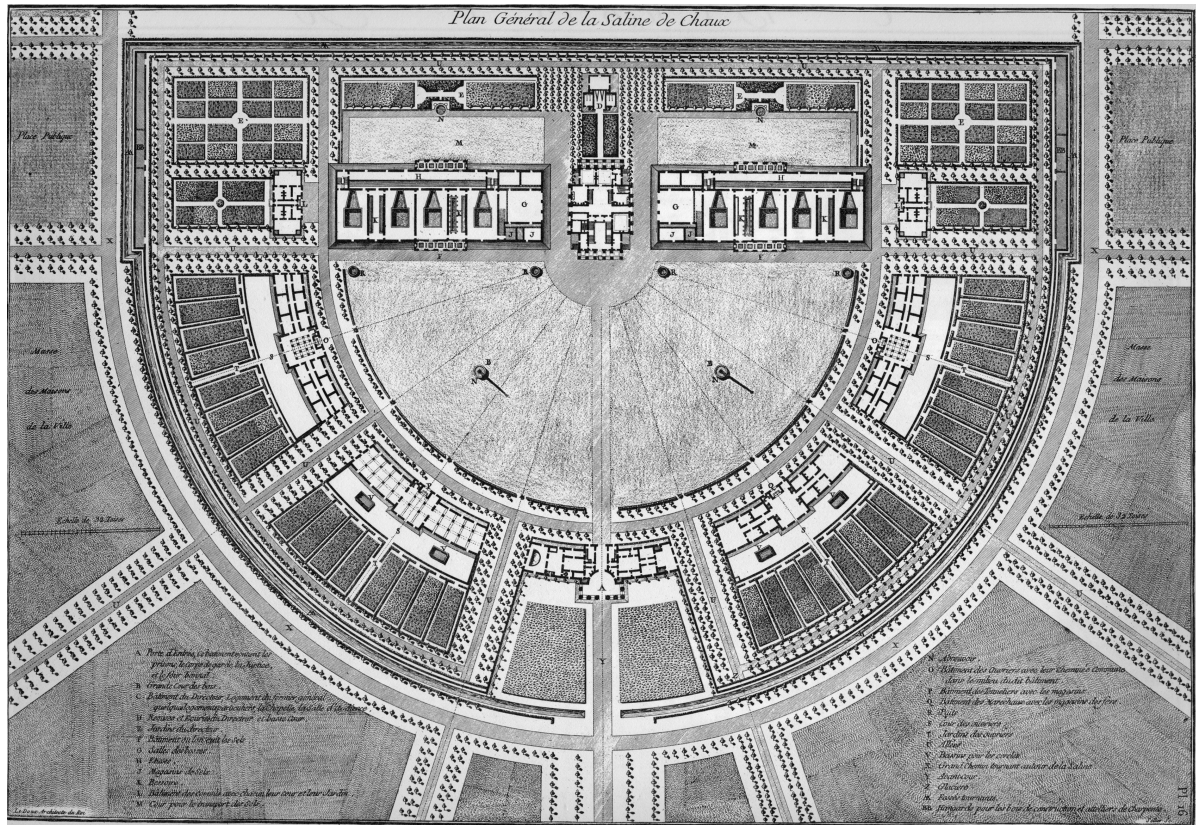


FIGURE 1.6 – Plan Général de la Saline Royale de Chaux, à Arc-et-Senans, par Claude Nicolas Ledoux, 1774, les éléments de légendes, non lisibles, détaillent les fonctions des bâtiments.

rière » (Paquot, 1996). Fort de son expérience avec l'usine textile de New Lanark, qu'il a entièrement remodelée, Owen décide de fonder en 1824 une expérience communautaire aux États-Unis, *New Harmony*. Cette utopie ne durera que quatre ans et n'aura rassemblé que 800 habitants au maximum.

De ces deux premiers exemples d'utopies industrielles, on retiendra leur caractère fortement délimités et les règles que leurs mises en place nécessitent.

Dans ses travaux du début du XIX^{ème} siècle, Charles Fourier trace une limite nette entre la ville et les communes environnantes. L'œuvre du philosophe peut être vue comme une proposition pour un système de peuplement à deux unités : la ville et la phalange. La ville est composée de trois enceintes : la cité centrale, les faubourgs et grandes fabriques, et les avenues et la banlieue. Chacune de ces enceintes doit être séparée par « des palissade, gazons et plantations ». Chaque maison qui compose la cité doit avoir « au moins autant de terrain vacant qu'elle en occupe en surface de bâtiment ». Dans la deuxième couronne, cet espace vacant sera double, et triple dans la troisième couronne. On obtient ainsi un gradient décroissant de densité de construction. Chaque construction se doit d'être isolée, sans mitoyenneté, afin de satisfaire des critères de salubrité. Cependant, l'isole-

ment de l'habitat (dont le détail des règles d'espacement et de construction en hauteur et en largeur est très précis) est compensé par le souci d'économie collective, de telle sorte que chaque maison doit permettre d'accueillir une centaine de ménages, soit 500 personnes environ. D'après Fourier, le regroupement d'une centaine de ces maisons serait à même de susciter l'émulation économique de la ville, qui totaliseraient donc 50 000 habitants. Si les changements de la ville préconisés par Fourier sont drastiques, c'est dans les campagnes que le bouleversement serait le plus grand. Derrière le concept sociétaire de la phalange, il propose une réorganisation du « chaos de maisonnettes » qui compose les bourgades en un édifice régulier pour chacune d'entre elles, le phalanstère¹². Ce dernier est à même de loger 1620 habitants (précisément 830 hommes et 790 femmes). Le phalanstère est organisé autour d'une cour d'honneur, d'un bâtiment central et de deux ailes latérales. Son étendue est fixe (bien qu'extensible ponctuellement), avec 600 toises¹³ de largeur et 150 toises de longueur pour les ailes, soit une surface approximative de 25 hectares (voir figure 1.7). En considérant la surface du phalanstère et sa population, on obtient une densité de population d'environ 64 habitants à l'hectare. L'idée du phalanstère, reprise par Godin, industriel, ou Considérant, philosophe, a fait l'objet de nombreuses applications en France et aux États-Unis avec une réussite relative qui n'a pas souvent résisté aux épreuves du temps.

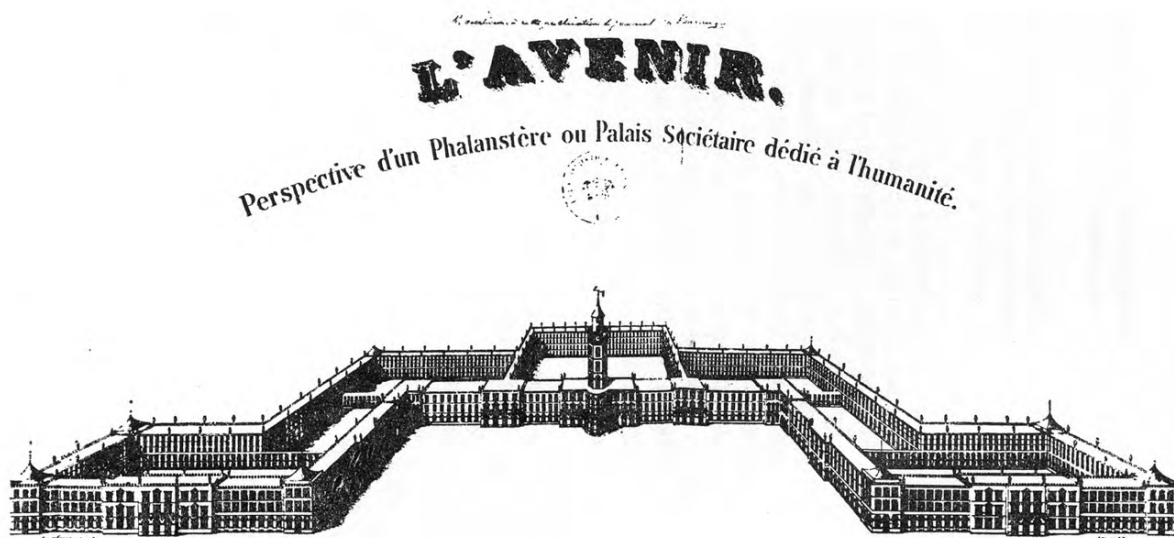


FIGURE 1.7 – Vision d'ensemble du projet de Phalanstère, par Charles Fourier, 1876

L'Icarie de Cabet (1845), décrite par le narrateur du récit, est une « ville presque circulaire ». Sur l'île imaginaire, où règne la symétrie et les objets rectilignes, la cité est traversée par un cours d'eau endigué de façon rectiligne et possédant une île « artificielle » en son milieu (cet îlot a une vocation

12. Pour une description minutieuse du phalanstère, voir l'œuvre de Victor Considérant, auteur d'une perspective du phalanstère.

13. Une toise contient six pieds, soit 1,80 mètre environ.

de centralité symbolique). Le plan est découpé selon cinquante rues parallèles et cinquante rues perpendiculaires, et la ville est composée de soixante quartiers. Les rues sont en tous points identiques et on y dénombre seize maisons de chaque côté de la rue. Le plan en damier a également été repris par Cabet, qui va plus loin dans la description des rues de son île utopique. La centaine de rues que comporte *Icarie* est classée : les noires sont les boulevards bordés d'arbres, les dix grandes rues rouges sont des « rues de fer » (pour relier les ateliers aux grands magasins par des trains), les jaunes sont des « rues à ornières artificielles » (pour faciliter la circulation des voitures à cheval et limiter la poussière), et les bleues des « rues à canaux ».

| | |
|-----------------|--|
| Objectif | Loger les ouvriers à proximité de leur travail, garantir une forte production industrielle et limiter les tensions sociales |
| Normes | <p>Hiérarchie entre la ville, la cité industrielle et la campagne, notamment pour Fourier</p> <p>Recours à la géométrie par le cercle (Cabet), l'ellipse (Ledoux) ou le carré (Owen et Fourier)</p> <p>Habitat collectif (Ledoux, Fourier) ou individuel (Owen)</p> <p>Minimiser les distances à parcourir, à pied pour les déplacements domicile - travail (Ledoux, Owen et Fourier), en train, en cheval ou en bateau entre les différents lieux de production, (Cabet)</p> |
| Règles | <p>Espace clos pour faciliter le contrôle social (notamment chez Ledoux), enceintes chez Fourier</p> <p>Rues rectiligne et orthogonales (Owen et Cabet)</p> <p>Limite de population (1 200 hab. pour Owen, 1 620 pour Fourier)</p> <p>Nombreux espaces verts (Owen, Fourier), de surfaces équivalents aux surfaces construites</p> <p>Densité de 65 hab./ha, soit 20 logts./ha en moyenne pour le phalanstère de Fourier et selon un gradient décroissant de densité dans la ville</p> |

Tableau 1.2 – Objectif, normes et règles de l'utopie industrielle

2.2.2. Le mouvement hygiéniste

Parmi les symboles de l'utopie urbaine au XIX^{ème} siècle, le mouvement hygiéniste avait pour objectif principal de fournir au plus grand nombre un logement « décent » pourvu de lumière, de circulations d'air et où la distribution d'eau potable et l'évacuation des eaux usées étaient facilitées (Barles, 1999). Cette vision est à mettre au regard des conditions de logement dans les villes du XIX^{ème} siècle, où les ouvriers s'installent en masse dans des cités vites devenues insalubres. Afin de lutter contre la prolifération des maladies et d'améliorer les conditions de logements, un certain nombre d'ingénieurs et de médecins vont s'associer pour proposer de meilleures conditions de logements aux travailleurs.

La ville hygiéniste du médecin anglais Benjamin Ward Richardson (1876), *Hygeia*, comporte 100 000 habitants répartis dans 20 000 maisons individuelles (Cassedy, 1962). La surface occupée par la ville est de 4 000 acres (16 km²), ce qui donne une densité de 25 habitants par acre, soit 10 habitants par hectare. En moyenne, chaque maison devrait occuper 800m² avec son terrain, ce qui fait une ville très aérée. Les bâtiments, d'une hauteur de 3 à 4 étages maximum ne peuvent dépasser 60 pieds (moins de 20 mètres) afin de lutter contre l'insalubrité causée par la densité extrême et les grandes hauteurs. Richardson suggère même la construction d'un hôpital pour 5 000 habitants. Au cœur d'*Hygeia*, la séparation fonctionnelle est à l'œuvre. Richardson préconise des « zones spéciales » dans la ville pour héberger les artisans, afin « d'isoler la famille du travail ». Il y a derrière cette volonté de séparation, deux objectifs principaux que sont : le souci d'hygiène (isoler le ménage des nuisances sonores, des poussières, des saletés, induites par l'activité) et une question de repos du corps et de l'esprit, en dissociant lieu de travail et lieu domestique. Le projet de Richardson ne sera pas réalisé mais a eu le mérite de théoriser précocement les travaux hygiénistes sur quoi s'appuieront de nombreux autres travaux.

| | |
|-----------------|--|
| Objectif | Loger les ouvriers en préservant leur santé |
| Normes | Bonne circulation de la lumière, d'air, de l'eau et l'évacuation des déchets |
| | Ville monocentrique |
| | Habitat individuel |
| Règles | Séparation des fonctions urbaines (habiter et travailler) |
| | Seuil de population de 100 000 habitants |
| | 800m ² de jardin par maison |
| | Densité de construction faible, 10 hab/ha |
| | Petites hauteurs de construction (moins de 20 mètres) |
| | Un hôpital pour 5 000 habitants |

Tableau 1.3 – Objectif, normes et règles du mouvement hygiéniste

2.3. La cité-jardin ou la ville à la campagne

Le mouvement des cités-jardins ont par la suite prolongé certaines tendances hygiénistes tout en permettant l'interpénétration entre ville et campagne. À la fin du XIX^{ème} et du XX^{ème} siècle, les premières formes de lotissement apparaissent, la propriété individuelle se développe pour les ouvriers qui acquièrent de petites maisons pourvues de jardins à proximité des usines. L'objectif de ce courant, toujours initié par les industriels, est multiple. L'objectif principal est sûrement de loger de façon décente les ouvriers et d'apaiser les tensions sociales naissantes. En fournissant un jardin privatif aux ouvriers, les responsables d'entreprises pensent ainsi défendre l'ordre social, en occupant le temps libre des travailleurs, et en empêchant le rassemblement ouvrier par un retour à l'individualisme centré autour du foyer domestique. Aussi, le potager cultivé permet au ménage de s'approvisionner en fruits et légumes, ce qui permet aux employeurs d'alléger les salaires (Blanquart, 1997).

Dès la fin du XVII^{ème} siècle, William Penn, fondateur de la province de Pennsylvanie (qui deviendra plus tard l'état américain éponyme), propose avec Thomas Holme, géomètre, un découpage de la région en comté, cantons et terrains. Sur sa carte de 1682 (voir figure 1.8), Holme propose également un plan pour la capitale Philadelphie. L'intention de Penn était de ne surtout pas reproduire la ville de Londres, qui connaît durant cette période de grandes épidémies et des incendies dévastateurs. Encadrée par les deux rivières (la *Schuylkill river* à l'ouest et la *Delaware* à l'est), la ville est

rectangulaire, de dimension assez modeste (3,5 kilomètres de longueur et la moitié en largeur), et pourvue de larges voies de circulation (d'une trentaine de mètres de largeur). Les terrains ont vocation à être assez grands (entre 2 et 4 000 m²), afin d'y aménager des espaces verts. Pour des questions de spéculation foncière, ce plan ne sera que partiellement adopté, les terrains ayant été découpés afin d'y construire davantage d'habitations (Reps, 1956). La différence majeure entre le projet de Penn et le mouvement hygiéniste décrit précédemment se situe au niveau de la limite entre la ville et la campagne. L'idée de Penn était de fournir plus qu'un logement aux nouveaux migrants américains, mais de construire un mode de vie partagé entre la ville et la campagne.

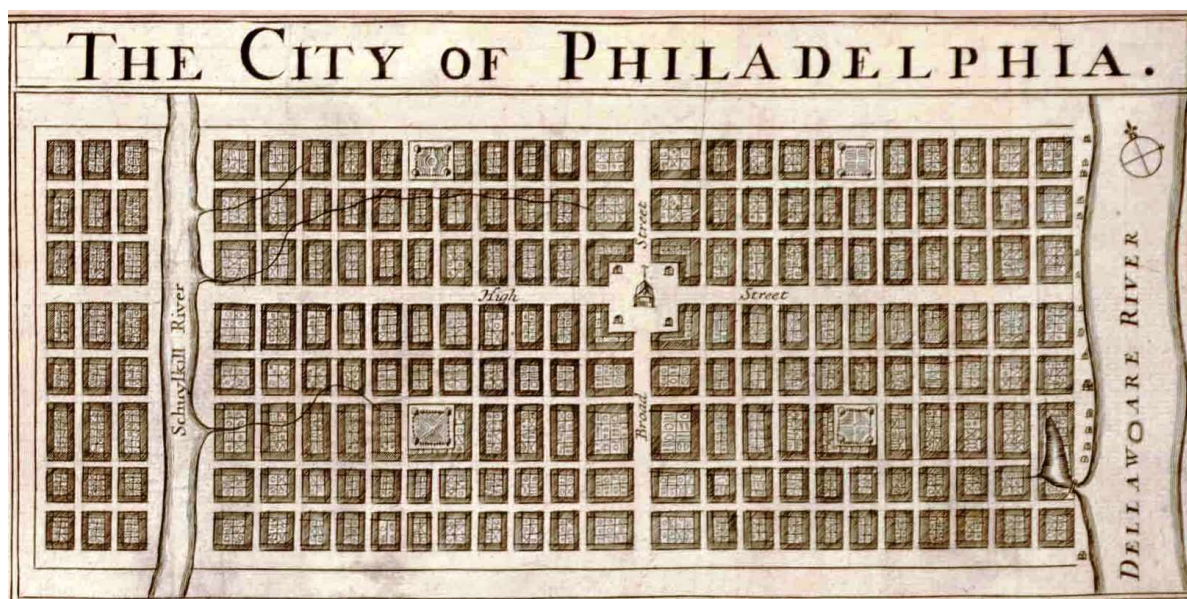


FIGURE 1.8 – Plan pour la ville de Philadelphia, par Thomas Holme, 1682

Inspiré par les utopies d'Owen et de Fourier, James Silk Buckingham, dans son ouvrage *National Evils and Practical Remedies, with The Plan of a Model Town*, de 1849, imagine lui les contours de la ville de *Victoria*¹⁴. Le plan de la ville est géométrique, carré et symétrique (verticalement, horizontalement et dans les diagonales, voir figure 1.9). Elle permet d'accueillir 10 000 habitants sur 400 hectares, ce qui en fait une ville assez peu dense avec 25 habitants à l'hectare¹⁵. Chaque côté du carré mesure précisément un mile (1,6 km)¹⁶. Toute rangée d'habitations est séparée par l'alternance de « bandes » de 30 mètres : de jardins, d'une galerie couverte et vitrée et à nouveau de jardins. Plus on s'approche du centre (occupé par une grande place à colonnades), plus les dimensions des bâtiments et l'importance architecturale des constructions augmentent. Une large place est faite à

14. En hommage à la souveraine, la Reine Victoria.

15. Avec 25 logements à l'hectare la ville de Buckingham se situe à mi-chemin entre le phalanstère de Fourier et le plan d'Hygeia de Richardson.

16. Pour un commentaire détaillé du plan de *Victoria*, voir l'analyse du Pr. Reps, disponible à l'adresse suivante : <http://urbanplanning.library.cornell.edu>

la voirie qui sépare chaque « bande » et découpe le plan en huit parties à l'aide d'avenues radiales à 45 degrés. En détaillant le prix des loyers des bâtiments résidentiels, croissant vers le centre, Buckingham propose une séparation socio-économique des habitants. Avec son cadre bucolique, propre aux textes classiques de l'Angleterre de l'époque (Moret, 2008), et le souhait de mettre les ouvriers à proximité de leur travail et de la campagne, *Victoria* devient l'une des premières ville à la campagne. Dans la cité modèle de Victoria, le plan carré ne tient pas compte de l'industrie et des activités agricoles, exclues du projet de Buckingham et repoussées par delà les limites de la ville. On assiste donc à une séparation fonctionnelle de l'espace. Dans son utopie *Victoria*, l'auteur exprime également le souhait de maximiser l'accessibilité aux commerces et services qui sont présents dans la ville (Moret, 2008), ce qui constitue une norme nouvelle au regard des projets décrits précédemment. En abordant un grand nombre de thématiques encore très actuelles et en définissant des règles assez strictes tant sur le plan de la forme urbaine que de l'organisation sociale¹⁷, la proposition de Buckingham, bien que n'ayant pas aboutie, demeure un texte inspirant dans le cadre de notre réflexion sur la ville contemporaine.

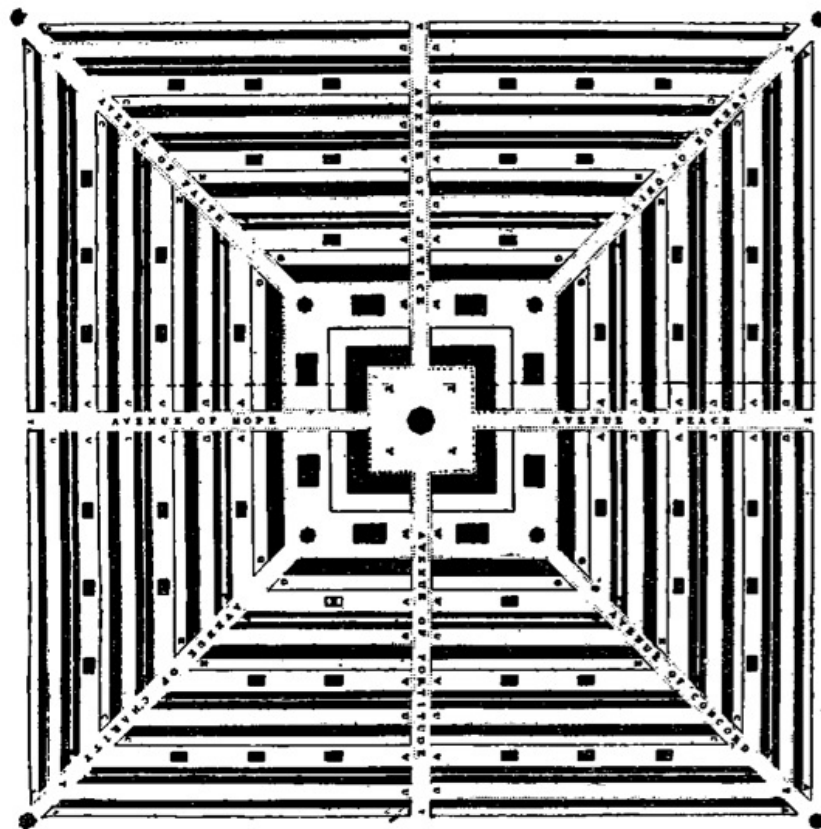


FIGURE 1.9 – *Victoria, Plan for a Model Town*, par James Silk Buckingham, 1849

En 1854, Robert Pemberton écrit *The Happy Colony*, qui est l'exact reflet de l'influence de ses

17. Les deux aspects étant très liés dans l'œuvre de Buckingham selon Moret (2008)

pays de résidence (la France et l'Angleterre), puisque son plan, bien que circulaire découle très fortement de l'ovale de Chauvignac imaginé par Ledoux, et des idées d'Owen¹⁸. Si la *New Harmony* de ce dernier était de conception rectangulaire, Pemberton réfute les angles droits au profit des courbes, qu'il juge plus adaptées à « l'harmonie du mouvement ». Le projet de l'anglais est ambitieux, et doit s'établir en Nouvelle-Zélande, où le prix du terrain est abordable, pour loger des ouvriers migrants britanniques. Pemberton projette la création de 10 districts de 20 000 acres chacun (soit 80 km² par district). La ville modèle est composée d'un centre (*Queen Victoria Town*), qui concentre une ferme miniature, quatre collèges universitaires ainsi que d'autres services. De là partent huit avenues radiales afin de desservir les autres cercles, jusqu'au dernier formé par le parc et d'une largeur de trois miles (5 km environ). L'auteur n'est pas très explicite sur les conditions de logement de ses habitants mais la volonté de « concentrer travail, art, science et éducation »¹⁹ en harmonie avec la nature en fait une utopie de la ville à la campagne à part entière (Antony, 1995).

Née de l'esprit de son fondateur, le socialiste anglais Ebenezer Howard, la cité-jardin (ou *garden-city*) est un projet très détaillé. À partir d'un ouvrage paru en 1898, *À Peaceful Path to Social Reform*²⁰, le mouvement est devenu l'Association des Cités-jardins. Les réalisations sur les communes britanniques de Letchworth et de Welwyn (à proximité de Londres) peuvent être vues comme des cités-jardins. Basée sur le principe du magnétisme entre la ville et la campagne, la cité-jardin combine « les avantages de la vie de ville la plus active et toute la beauté et les délices de la campagne »²¹. La description donnée par Howard est géométriquement très précise dans son dimensionnement. Le projet se doit d'être réalisé sur une superficie de 2 400 hectares, sachant que la cité, la *Ville-Jardin* en occupe 400 hectares. La forme « de préférence » circulaire²², possède un rayon de 1 130 mètres (soit 3/4 de mile environ), de sorte que tous les habitants de la ville soient localisés à moins de 550 mètres du parc public central. Ce dernier d'une surface de 2 hectares, est délimité par le *Crystal Palace*, large galerie d'arcades vitrées qui permet à la population de s'abriter des intempéries. La Cité-Jardin fait l'objet d'une forte séparation fonctionnelle. Si les bâtiments publics sont localisés au centre, les logements sont situés autour jusqu'à la limite de la ville car sur la ceinture extérieure de la ville, s'échelonne des manufactures, des magasins, des marchés. Au delà de la voie ferrée circulaire, s'étendent les espaces cultivés ainsi que les grands espaces naturels. Sur le plan de la voirie, la Cité-Jardin se compose de six boulevards radiaux, d'une largeur de 36 mètres, qui découpent la ville

18. Pemberton se situe, au même titre que Buckingham, dans le prolongement des idées d'Owen (Antony, 1995 ; Rosenau, 1974)

19. <http://quadralectics.wordpress.com>

20. Réédité en 1902 sous le titre *Garden Cities of Tomorrow*

21. On rejoint ici quelque peu les préceptes de la ville de Pemberton, qui pourrait être une des sources d'inspiration d'Howard (Rosenau, 1974).

22. Dans son esquisse originale du plan de la Cité-Jardin, E. Howard avertit le lecteur du caractère indicatif de ce plan, la version finale ne pouvant être dessinée qu'après sélection du site.

circulaire en 6 quartiers et donnent sur un espace vert de 2 hectares. Autour de cet espace central, on retrouve les « plus grands bâtiments publics : hôtel de ville, salle de concert et de lecture, théâtre, bibliothèque, musée, galerie de peinture et hôpital. La position des commerces et des industries, en bordure urbaine mais à proximité de la voie ferrée circulaire, facilite le chargement et le transport de marchandises, tout en évitant le "fret" dans la partie centrale de la ville ».

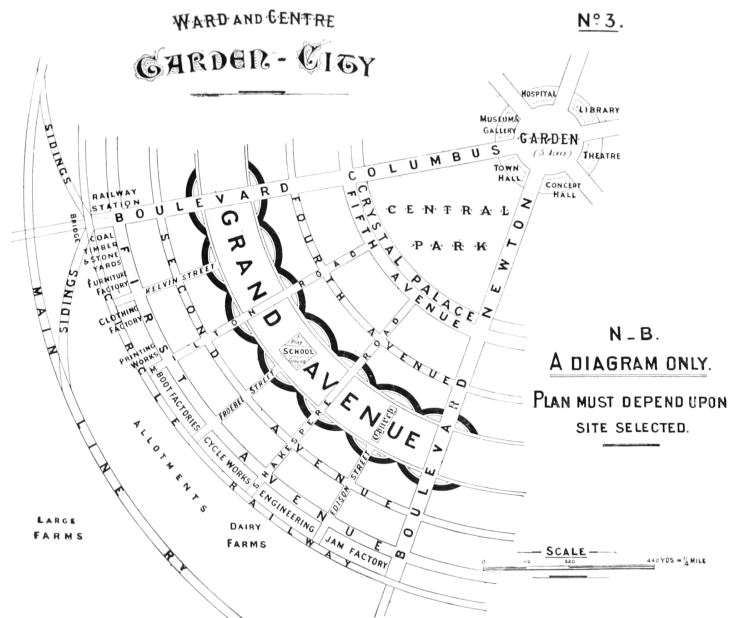


FIGURE 1.10 – Garden-City, Grand Avenue, par Ebenezer Howard, 1902

Les maisons qui composent le centre sont posées sur de « spacieux terrains », et orientées sur les boulevards ou sur les avenues, qui sont concentriques²³ (voir l'illustration 1.10). Le nombre d'habitants de la Cité-Jardin est fixe, dépendant du rayon du cercle délimitant le projet et de la taille des 5 500 terrains à construire. Sur ce point, Howard fait une fois encore preuve d'une grande rigueur puisque les dimensions minimum sont fixées à 6,5 mètres x 33 mètres et la moyenne à 6,5 mètres x 44 mètres. Avec une surface de terrain de moins de 300m² par habitation, la ville est relativement dense. Elle permet de loger 30 000 habitants dans la ville et 2 000 dans les fermes alentours. La ville aurait donc une densité de 75 habitants à l'hectare, ce qui en fait un projet assez dense pour l'époque. Cette densité correspond à environ 45 logements par hectare, d'après les calculs de l'URBED²⁴ (Rudlin *et al.*, 2013). Cette valeur est en tout cas supérieure au 64 logements à l'hectare du phalanstère fouriériste. À l'inverse, la campagne est très peu dense, puisque les 2 000 habitants de l'espace rural sont dispersés au sein des 2 000 hectares restants, soit une densité d'un habitant à

23. Il est d'ailleurs notable que la distinction entre avenue et boulevard soit légèrement inversée selon la dénomination usuelle française, où les avenues sont généralement radiales, boisées et mènent à des places ou monuments, et les boulevards concentriques de façon à faciliter la circulation entre les quartiers tout en évitant le centre.

24. L'URBED est une fondation britannique qui désigne l'*Urban and Economic Development Group*

l'hectare.

Toujours très complet dans la description de son utopie, Howard interroge son modèle au regard d'une possible croissance urbaine. Catégorique, il réfute l'idée d'une « périurbanisation » qui viendrait empiéter « sur la zone des terrains agricoles ». La propriété des terrains est communautaire pour éviter ce qu'il appelle un « résultat désastreux si le terrain entourant la ville était, comme le terrain autour de nos villes actuelles, propriété individuelle d'hommes soucieux d'en tirer profit. Car alors, dès l'instant où la ville serait bâtie, le terrain agricole se trouverait "mûr" pour la bâtisse ». La mise en place d'un mécanisme financier de régulation foncière constitue une nouvelle règle qui vient en opposition avec l'économie industrielle et les prémisses du capitalisme moderne.

À propos de la croissance des villes, il ajoute qu'elle est comparable à celle « d'une fleur, d'un arbre ou d'un animal qui, à chaque étape de leur croissance, doivent posséder une unité, une symétrie, une intégralité, que la croissance ne doit jamais pouvoir détruire, mais lui donner un sens plus grand, de ne pas atténuer cette symétrie, mais au contraire de la renforcer »²⁵. La norme suggérée par ces écrits est donc de s'appuyer sur une croissance naturelle des villes, harmonieuse, à même de permettre un bon fonctionnement urbain.

Howard suggère donc de ne pas étendre la ville une fois le seuil des 32 000 habitants atteints, mais d'en construire une deuxième, reliée par un « moyen rapide de transport ». Ce principe a vocation à être maintenu jusqu'à l'obtention d'un groupe de villes, une région urbaine, comme le montre la figure 1.11. L'ensemble de ville qui forme la région urbaine est relié par des voies ferrées.

Raymond Unwin et Barry Parker seront les constructeurs des cités-jardins en Angleterre. Entre 1903 et 1904, ils dessinent les plans et fondent trois communes : Hampstead Heath, Welwyn et Letchworth, situées respectivement à 8, 40 et 60 km du centre de Londres. L'architecte Unwin, dans son ouvrage *Town planning in Practice* publié en 1909, relate son expérience et interroge la limite de la ville. Il juge d'ailleurs difficile de combiner le charme de la ville et de la campagne, les principaux essais ayant conduit à la destruction des deux (Unwin, 1909). Il prolonge l'idée du seuil d'habitants d'Howard en affirmant qu'il ne faut plus limiter la ville par des murs (comme dans la ville médiévale), mais qu'aux franges des villes on doit trouver des ceintures vertes, composées de « parcs, terrains de jeux ou même de zones agricoles » (Unwin, 1909) et ce, afin d'éviter « cette marge irrégulière d'amas, de décombres et de masures qui déshonore les banlieues de presque toutes les villes mo-

25. « À town, like a flower, or a tree, or an animal, should, at each stage of its growth, possess unity, symmetry, completeness, and the effect of growth, should never be to destroy that unity, but to give it greater purpose, nor to mar that symmetry, but to make it more » (traduction fait par l'auteur de la thèse).

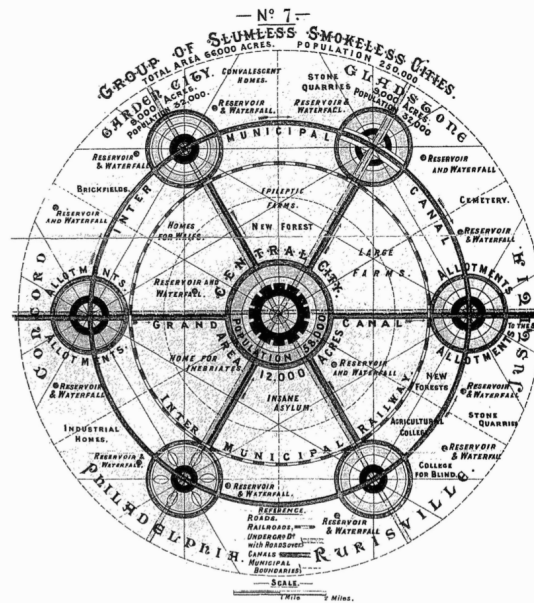


FIGURE 1.11 – *Garden-City*, Organisation schématique d'un groupe de villes, une région urbaine, par Ebenezer Howard, 1902

dernes » (Choay, 1965).

Avec les réalisations belges²⁶, britanniques, françaises²⁷ et autres de la suite du XX^{ème} siècle, la cité-jardin perd peu à peu son caractère utopique (en tant que projet global) pour ne former que des extensions résidentielles, « des lotissements modèles, par leur faible densité, étroitement dépendants de la ville centre, insérés dans les mailles du tissu urbain » (Magri et Topalov, 1987).

26. Les cités-jardins du Logis et de Floréal, à Bruxelles, ont été réalisées par l'architecte paysagiste Van der Swaelmen (Dubost, 2014).

27. On pense notamment aux cités-jardins de Suresnes ou de Champigny-sur-Marne, de 1921 à 1956, créées sous l'impulsion du maire Henri Sellier (pour le compte de l'Office public d'habitations à bon marché) et avec l'aide des architectes Alexandre Maistrasse, Julien Quoniam, Félix Dumail et Léon Bazin.

| | |
|-----------------|---|
| Objectif | Loger les ouvriers, les agriculteurs et apaiser les tensions sociales |
| Normes | <p>Ville monocentrique (Penn, Buckingham) ou polycentrique, sous forme de régions urbaines (Pemberton, Howard)</p> <p>Recours à la géométrie, rectangle (Penn), carré et symétrie (Buckingham), « courbes » (Pemberton et Howard)</p> <p>Accès à la propriété individuelle</p> <p>Accès à un jardin privatif (potager) et à des espaces verts public</p> |
| Règles | <p>10 districts autour d'un centre (Pemberton), 6 villes autour d'un centre (Howard)</p> <p>Surfaces de ville assez restreinte, 6km² pour Penn, 4km² pour Buckingham et Howard</p> <p>Artères radiales chez Buckingham et Howard</p> <p>Seuil de 10 000 habitants (Buckingham) à 32 000 habitants (Howard)</p> <p>25 logts / ha pour Buckingham, 45 hab. / ha pour Howard (environ 25 log. / ha également)</p> <p>Grands jardins de 2 à 4 000² chez Penn</p> |

Tableau 1.4 – Objectif, normes et règles de la cité-jardin

2.4. L'idéal libertaire

À l'opposé du modèle progressiste et industriel, on trouve les idées des libertaires qui ont également une certaine idée de la cité idéale. Même si l'objectif principal est avant tout l'accomplissement individuel et le bonheur personnel, il transparaît parfois dans les écrits des règles assez précises quant à un changement de politique de planification. En effet, deux modèles de ville se font face dans les idées libertaires. Certains auteurs n'hésitent pas à parler de ce que Ragon (1986) repris par Antony (1995) appellent le *désurbanisme*, autrement dit l'absence totale de planification, comme nouvelle norme dans la production de la ville²⁸. Ces idées viennent en réaction à un État qu'ils jugent trop centralisateur. À contrario, quelques auteurs (plutôt minoritaires) prônent comme nouvelle norme une planification forte, non sans une certaine contradiction avec les libertés sociales qu'ils défendent. Il est curieux de voir que l'absence de modèle, leitmotiv des libertaires, se transforme parfois en une sorte « d'urbanisme rural », c'est-à-dire la création de logements dans la campagne (afin de rapprocher l'homme de la nature), selon des règles bien précises.

28. On rejoint ici les idées anarchistes telles que celles de Fortuné Henry, dont le géographe Elysée Reclus s'est inspiré.

Parmi les premiers défenseurs d'un modèle alternatif de la ville, Proudhon, en 1865, défend l'idée d'une agglomération de « mille petits propriétaires logés chez eux »²⁹. Dans ses écrits, il se positionne contre l'idée de l'habitat en ville, lui préférant les attributs bucoliques du monde rural. À ce titre, toujours en 1865, il écrit, « je donnerai le musée du Louvre, les Tuileries, Notre-Dame [...] pour être logé chez moi, dans une petite maison faite à ma guise, que j'occuperai seul, au centre d'un enclos d'un dixième d'hectare, où j'aurais de l'eau, de l'ombre, de la pelouse et du silence ». Conformément aux conclusions établies par Michel Ragon (1985) à propos de Proudhon, on peut dire qu'il défendait surtout une utopie pavillonnaire, où la norme est une réelle absence de planification.

Contre tout modèle, le géographe anarchiste russe Pierre Kropotkine critique vivement l'ensemble des modèles d'utopies urbaines, surtout lorsqu'à l'instar de *L'icarie* de Cabet, ils se veulent régulés jusqu'à l'intérieur des habitations (Choay, 1965). Pour Kropotkine, les établissements humains doivent s'établir le plus naturellement possible et sans limite de taille ou de durée. Dans cette optique, l'habitat collectif est une aberration, seules des maisonnettes regroupées au sein de villes sont à même de fournir un épanouissement personnel indispensable à l'individu. La forme urbaine ainsi défendue se rapproche davantage de la pensée de Proudhon que du modèle collectif des utopistes industriels. Les homologues de Kropotkine, Boukharine et Préobrajensky vont dans ce sens au lendemain de la révolution russe (1919). Sans proposer concrètement de solution, les deux militants affirment que les nouvelles constructions devront « contribuer à la dispersion des citadins dans les banlieues et ne plus permettre l'entassement de millions de gens [...] ». Contre les règles trop contraignantes des modèles, le russe Kropotkine est l'un des premiers utopistes à défendre une certaine idée de la mixité fonctionnelle. Pour lui, l'agriculture et l'industrie doivent être localisées à proximité l'une de l'autre, afin que la première bénéficie d'une croissance de la mécanisation notamment.

Le phalanstère de Fourier est critiqué peu de temps après sa conception (1891) par William Morris, lequel reproche à l'œuvre de Fourier de n'être qu'une solution temporaire à la pauvreté, notamment rurale. Morris prône à la fois une ville compacte, dense et bien limitée (donc planifiée) tout en faisant l'apologie de la suppression de la limite entre la ville et la campagne. Selon Morris, le bonheur et la réussite pourraient être atteints en adoptant un mode de vie rural, notamment par une population ayant « l'esprit alerte des gens élevés dans les villes ». Même si pour Friedrich Engels, le

29. Cette conception de la propriété d'un logement va d'ailleurs à l'encontre de l'héritage de sa pensée, Proudhon ayant déclaré « la propriété, c'est le vol » (Trausch, 2012)

problème du logement à la fin du XIX^{ème} siècle n'est qu'une des conséquences du capitalisme bourgeois, il milite également dans le sens d'une suppression de la limite entre la ville et la campagne.

Le modèle de la *Broadacre City*, imaginée en 1935 par Frank Lloyd Wright constitue sans nul doute le paroxysme de la suppression de la limite entre ville et campagne. Bien qu'il ait défendu auparavant l'extrême densité avec une proposition d'un immeuble d'une hauteur symbolique d'un mile anglais (1,6 km), Wright se ravise peu à peu et imagine ce qu'il appelle « la cité naturelle de la liberté dans l'espace ». La cité est d'ailleurs sans limite, puisque l'architecte américain l'imagine très vite recouvrir le pays tout entier, puis le monde. Réfutant le principe du modèle, Wright est pourtant un utopiste et désigne quelques règles, comme celle du minimum d'un acre par habitant de la cité (4 000m²), et parle souvent d'unité(s) : unité urbaine, unité fonctionnelle, unité de logements. Ces unités, son fameux plan en damier, sa vision de la ville idéale forment une pensée assez paradoxale au regard de ses convictions. Il serait ce qu'Helen Rosenau (1974) appelle un *planificateur anarchiste*. De même, Wright, qui propose déjà de disperser les résidences dans l'espace, est favorable à une certaine mixité fonctionnelle. Le travail peut être localisé à proximité de l'habitation (en ce qui concerne les ateliers ou les bureaux individuels) mais aussi être regroupé en « petits centres spécialisés » (Choay, 1965).

L'idéal libertaire, qui s'est manifesté au XIX^{ème} siècle, s'est poursuivi au XX^{ème} siècle, notamment avec la mise en place des mouvements urbanistiques utopiques de la démocratie participative. À ce titre, l'exemple de Porto Allegre, dont le premier budget participatif a été voté en 1989, constitue un bon exemple.

| | |
|-----------------|--|
| Objectif | Accomplissement individuel, quête du bonheur |
| Normes | Selon les auteurs, planification ou absence de planification |
| | Interpénétration de la ville dans la campagne |
| | Selon les auteurs, mixité fonctionnelle (Kropotkine, Wright) ou non (Morris) |
| Règles | Habitat individuel (Proudhon, Kropotkine, Wright), rarement collectif (Morris) |
| | Plan en damier pour Wright |
| | Pas de séparation ville / campagne, pas d'enceinte, mur, ou de limite à la ville |
| | Pas de seuil de population maximale |
| | Terrain individuel de 1 000 m ² pour Proudhon, 4 000 ² pour Wright |

Tableau 1.5 – Objectif, normes et règles de l'idéal libertaire

2.5. Chez Le Corbusier

D'après les textes publiés sur la forme de la Charte d'Athènes (Le Corbusier, 1971), il existe une « bonne forme urbaine », universelle, susceptible d'apporter le bonheur, le soleil et l'air pur dans des Cités Radieuses, pour l'Homme Nouveau du Meilleur des Mondes (Salat, 2011). Cette affirmation, formulée sous la forme d'un postulat, constitue le point de départ de l'œuvre de Charles-Edouard Jeanneret dit Le Corbusier. De par son travail, notamment celui, plus théorique, qu'il décrit dans ses ouvrages, Le Corbusier peut être vu comme un héritier des utopistes du XIX^{ème} siècle. À ce sujet, Ragon (1986) affirme même que la *Ville Radieuse* du Corbusier est une sorte de « projection verticale » de la pensée de Fourier et de son *phalanstère*.

Auteur de nombreux plans directeurs, Le Corbusier a conçu en 1922 un plan « pour une ville contemporaine de trois millions d'habitants ». Cette ville se compose de 24 grattes-ciel de 60 étages, qui peuvent contenir de 10 000 à 50 000 employés. Plus tard, cette utopie est devenue le *Plan Voisin de Paris* (1925). Les hauteurs sont encore plus radicales puisqu'en lieu et place de l'actuelle capitale, Le Corbusier propose l'érection de 18 tours de 200 mètres de haut.

L'archétype du fonctionnalisme urbain est sans aucun doute à mettre au crédit de Le Corbusier, qui définit quatre fonctions urbaines : « habiter, travailler, se recréer [...], circuler » (Le Corbusier, 1971). Pour lui, « le cycle des fonctions quotidiennes sera réglé par l'urbanisme dans l'économie

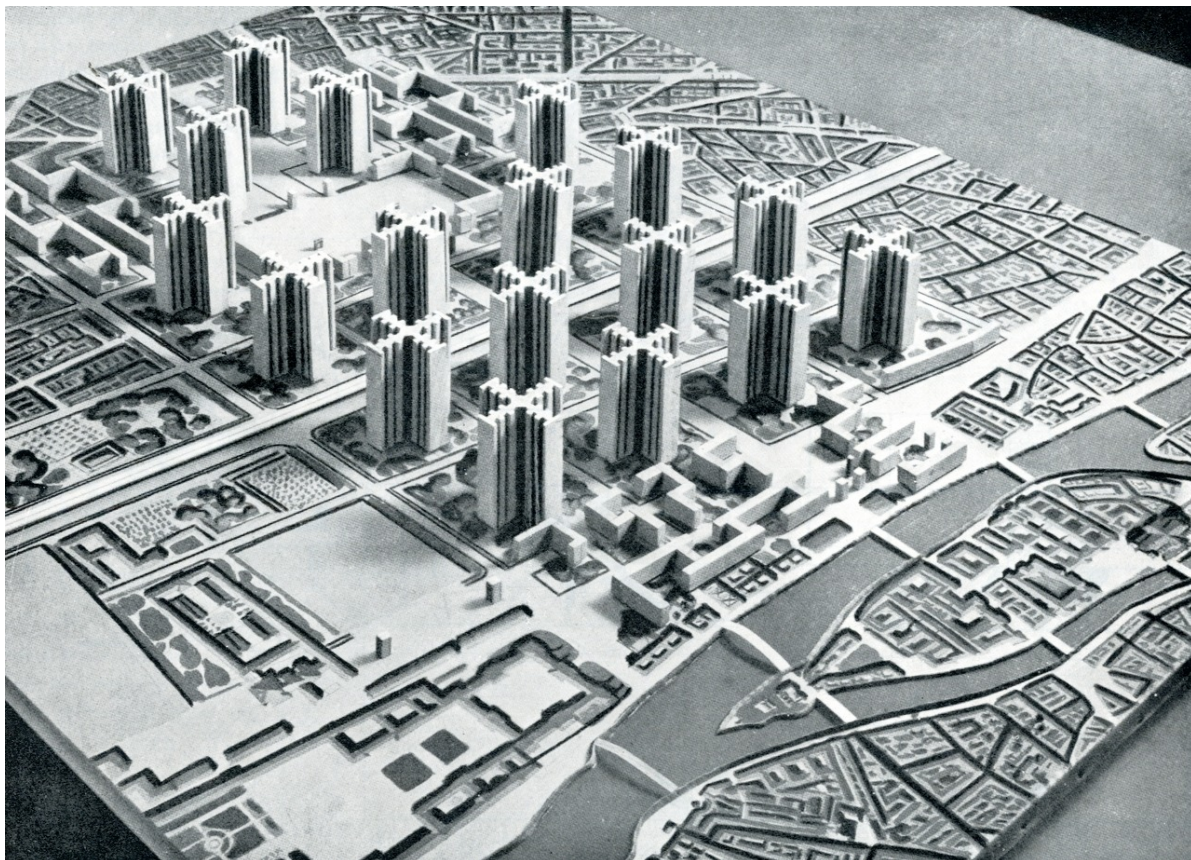


FIGURE 1.12 – *Le plan Voisin de Paris*, par Le Corbusier (1925), maquette du site d'implantation, Fondation Le Corbusier, Paris

de temps la plus stricte », c'est-à-dire que la fonction « circuler » sera suffisamment optimisée pour permettre le bon fonctionnement des trois autres activités. La Charte d'Athènes (1933), où il est stipulé que le zonage est consisté à « attribuer à chaque fonction et à chaque individu sa juste place » conduira d'ailleurs Le Corbusier à publier en 1941 son ouvrage *La ville fonctionnelle*. La séparation des fonctions urbaines sera aussi un des piliers de la cité industrielle de Tony Garnier qui sépare la cité en trois espaces, l'usine, la ville et les établissements pour malades³⁰ (Choay, 1965). Pour Le Corbusier, les déplacements peuvent nuire au quotidien dans la mesure où ils empêchent de profiter du temps libre, la circulation se doit d'être optimisée et l'accessibilité renforcée. La ville *corbusienne* est donc dessinée pour le déplacement, avec de très larges artères, destinées à la circulation automobile. Des hélicoptères et des pistes d'atterrissage sont même développées dans de multiples points de la ville, l'architecte ayant pour vision le développement et la démocratisation des transports aériens. À l'inverse de l'apologie des déplacements motorisés, la construction d'immeubles sur pilotis traduit la réflexion de Le Corbusier sur les déplacements piétons. En plus de la séparation fonctionnelle de la ville, Le Corbusier sépare les modes de déplacements dans l'espace.

30. On peut constater ici les influences industrielles (Fourier, Ledoux...) et hygiéniste avec l'importance accordée aux établissements de soins.

Même si les projets urbanistiques de Le Corbusier ont davantage vu le jour sous la forme de réalisations ponctuelles que de grands plans d'ensemble, il y a derrière le radicalisme de son propos des éléments intéressants quant à la production de nouvelles normes. Son objectif principal était la quête de la rationalité à tous points de vue. Probablement à cause de sa vision globale de la société, Le Corbusier a souvent été diabolisé par ses détracteurs. Malgré de très nombreuses réalisations ponctuelles (de la maison au lotissement en passant par des édifices publics), et la reprise du plan de Chandigarh, aucun autre de ses plans de ville ou d'agglomération n'a été intégralement appliqué. Toutefois, sa pensée fait encore aujourd'hui l'objet de nombreuses publications ou expositions.

| | |
|-----------------|--|
| Objectif | Quête du bonheur collectif par la rationalité des comportements individuels |
| Normes | Bonne circulation de la lumière, d'air |
| | Habitat collectif |
| | Facilité de circulation pour différents modes de déplacements, notamment individuels : aérien (hélicoptères ou avions), automobile, piéton |
| | Séparation des fonctions (habitat, travail, loisirs, circulation) |
| Règles | Immeubles sur pilotis |
| | Immeubles de très grande hauteur (entre 180 et 200m) et peu nombreux (une vingtaine) |
| | Grande largeur des artères de circulation |
| | Zonage strict de la ville |

Tableau 1.6 – Objectif, normes et règles de la ville du Corbusier

2.6. La Nouvelle Economie urbaine

Les utopies urbaines ont souvent proposé de nouvelles règles afin de définir les limites ou le plan de la ville, la distribution des fonctions urbaines ou encore les règles d'accessibilité, et ce dans l'optique de changer les normes en vigueur et avec un objectif donné. Le courant de la nouvelle économie urbaine s'est également intéressé aux mécanismes de production de l'espace urbain et il semble intéressant de voir à quel point les modèles issus de cette discipline intègrent également des normes (et des règles) et s'en inspirent. Il n'est pas question dans cette section de refaire l'histoire complète de l'économie urbaine. Néanmoins, il semble intéressant de s'interroger sur les apports de cette discipline à la réflexion sur la ville et à notre propre questionnement.

L'objectif principal de la Nouvelle Economie Urbaine est plus ou moins directement la quête du bonheur individuel. Ce bonheur est considéré comme la capacité des individus à acquérir des biens économiques, souvent résumée par la notion de maximisation de l'utilité (Fujita, 1989). La notion d'utilité est largement antérieure au courant de la Nouvelle Economie Urbaine puisque dès la fin du XVIII^{ème} siècle, Jeremy Bentham (1789) écrit ; « Par le principe d'utilité, on entend ce principe qui approuve ou désapprouve toute action quelle qu'elle soit, selon la tendance qu'elle semble présenter d'augmenter ou de diminuer le bonheur de celui ou de ceux dont l'intérêt est en jeu ; en d'autres termes, de promouvoir ce bonheur ou de s'y opposer ». Il y a également un intérêt à identifier les structures spatiales et les tailles de villes efficaces, autrement dit qui permettent de maximiser l'utilité globale, de telle sorte à analyser les règles qui permettent de parvenir à cet objectif (Fujita, 1989).

Avec un modèle circulaire et une séparation fonctionnelle relativement marquée, on constate qu'Alonso (1964) et ses successeurs sont les héritiers de Von Thünen (1826), même si certaines ruptures entre les travaux ont été identifiées (Baumont et Huriot, 1996). Von Thünen, dès la première moitié du XIX^{ème} siècle, cherchait le moyen d'organiser de manière optimale et théorique l'espace agricole autour d'un centre. Avec sa tentative de définition d'un modèle d'équilibre général, Alonso défend une organisation concentrique de la ville basée sur le comportement individuel d'optimisation de l'ensemble des acteurs (ménages, agriculteurs, promoteurs, entrepreneurs) (Baumont et Huriot, 1996). À l'aide de démonstrations mathématiques et le calcul des dérivées de l'utilité et du revenu, Alonso a réussi à mettre en évidence les conséquences spatiales du comportement d'optimisation dans le cadre d'une ville monocentrique (Bailly, 1973). La norme principale qui est défendue par le modèle de la Nouvelle Economie Urbaine passe par la mise en application de la fonction d'utilité qui résulte d'un arbitrage des individus entre les coûts de transports et l'accessibilité à différentes aménités. Le résultats de cet arbitrage s'exprime par la capacité des individus à acheter des

biens économiques, le panier du ménage. Des pondérations sont possibles entre les différents coûts inclus dans le modèle, par exemple en fonction des types de ménages (aisés ou en situation de précarité économique).

Une expérience basée sur le test de différents comportements d'optimisation a également été effectuée par Brueckner *et al.* (1999). Les conclusions des auteurs montrent qu'il est possible d'effectuer une comparaison entre les villes américaines et européennes, alors même qu'elles sont organisées selon des logiques spatiales radicalement différentes. Aux États-Unis, les ménages aux revenus les plus élevés sont localisés en périphérie tandis qu'en Europe, les ménages aux revenus supérieurs habitent généralement à proximité du centre de la ville. Il existe pourtant un modèle, basé sur la maximisation de l'utilité qui explique cette différence de localisation, en intégrant en plus de la proximité au centre-ville et de la superficie occupée, les aménités. Brueckner définit trois types d'aménités : naturelles (les cours d'eau et les espaces boisés principalement) ; historique (les monuments ou curiosités architecturales), et les aménités dites sociales (restaurants, équipements sportifs...). La forte présence d'aménités au centre de Paris, notamment historiques, dont la valeur décroît fortement avec la distance, conduit les ménages les plus aisés à habiter à proximité du centre-ville. En revanche, à Detroit, les aménités sont surtout localisées en périphérie, où leur valeur décroît peu en fonction de la distance, d'où une localisation des ménages aisés dans ces mêmes espaces périphériques. Le voisinage social joue donc un rôle important dans la localisation et le maintien des ménages au sein d'un espace. Cet effet « pair » est une norme. Les ménages tiennent compte d'une qualité de vie dans leur choix de localisation. La qualité de vie peut être symbolisée par la présence d'aménités pouvant alors accroître l'attractivité d'un lieu (Brueckner *et al.*, 1999).

L'organisation spatiale de la ville de la Nouvelle Economie Urbaine émerge des comportements des individus. Ces derniers forment le niveau de définition des objectifs, normes et règles. Cette intégration au niveau individuel s'appelle l'*individualisme méthodologique*. C'est sur l'interaction entre les individus dans l'espace que reposent les fondements de l'économie urbaine (Gilli, 2001). La notion d'interaction fait appel ici à la notion de proximité, primordiale en géographie³¹, et en économie. « La proximité géographique [...] suscite l'apparition d'une autre forme de proximité, dite "relationnelle", entre les agents, qui apporte une meilleure qualité des contacts. En effet, la proximité géographique permet l'émergence de règles, normes ou conventions formelles et informelles qui régulent la concurrence et la coopération [...] » (Guillain, 1999). Le résultat de ce jeu de concurrence et de coopération est visible sous la forme d'un arbitrage. En effet, comme le rappelle Jean

31. Comme le souligne la première loi de géographie, selon laquelle « Tout interagit avec tout, mais deux objets proches ont plus de chances de le faire que deux objets éloignés » (Tobler, 1970).

Cavailhès, le processus de localisation résidentielle est le fruit d'un « arbitrage entre l'accessibilité à la ville (emplois, services, biens publics), le coût du logement (qui diminue avec l'éloignement) et la présence de nuisances ou d'aménités » (Cavailhès *et al.*, 2007).

Dans la Nouvelle Economie Urbaine, l'espace est vu au travers du prisme de la formalisation mathématique, il est souvent de forme circulaire, mais peut également être considéré par une simple droite, ou un carré. La rationalité géométrique est au service du raisonnement formel et de l'organisation socio-économique (Gilli, 2001). Comme le rappellent Baumont et Huriot (1997), « la représentation circulaire et monocentrique de l'espace urbain est liée d'une manière particulière à la recherche d'une explication micro-économique de la ville ». La formalisation de l'espace par la géométrie est un point commun entre les modèles de la Nouvelle Economie Urbaine et les utopies traditionnelles des XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècle. Cette analogie s'établit tant d'un point de vue spatial (dans la construction des modèles) que d'un point de vue formel (l'agent économique rationnel et l'idée de maximisation de l'utilité). Il serait donc possible de faire un parallèle entre des modèles urbains plutôt issus de l'économie et des modèles de ville spatialisés, tels que décrits par certains utopistes (Anas *et al.*, 2007 ; Gilli, 2001 ; Tannier *et al.*, 2012b). La ville circulaire d'Alonso (1964) ne serait-elle pas le pendant économique de l'*Utopia* de More, ou encore l'Atlantide de Platon (Derycke *et al.*, 1996), à savoir une île théorique, entourée d'eau ? Ce parallèle pose d'ailleurs la question des limites géographiques et des frontières, des délimitations. La ville vue par les économistes n'a pas de limite a priori, la frontière apparaît à la lumière d'une différence entre la rente urbaine et la rente agricole (Gilli, 2001), dans un système fermé de la ville.

Ce qui change entre la Nouvelle Economie Urbaine et les utopies industrielles, c'est l'angle sous lequel la rationalité est abordée. Là où More, Cabet et les autres cherchaient dans la rationalité une meilleure organisation sociale, la Nouvelle Economie Urbaine défend surtout une approche individuelle, centrée sur l'individu. Dans cette optique, le concept d'*homo-economicus* a émergé. Par son comportement rationnel, il symbolise l'idée de maximisation, et permet de modéliser sous la forme d'équations mathématiques, une utilisation optimale des ressources. Même si depuis, un grand nombre d'économistes ont remis en cause cette approche et l'utilisation de l'*homo-economicus*, il s'avère que cet objet demeure fort utile dans l'appréhension et l'explication de processus décisionnels complexes réalisés à l'échelle individuelle.

La maximisation de l'utilité individuelle est certes le modèle dominant en économie, mais il n'est pas le seul. Des modèles alternatifs existent. Par exemple, le bien-être social (*social welfare*) est également une notion importante en économie. Ce bien-être découlerait de la somme des utilités

individuelles, et la maximisation de cette somme d'utilités individuelles formerait l'objectif collectif (Tannier *et al.*, 2012c). Cette approche relève également de l'individualisme méthodologique mais intègre, au niveau individuel, une norme de recherche du bien-être collectif. C'est le cas par exemple dans les modèles économiques de fiscalités locales où le comportement des élus est modélisé dans l'objectif global d'augmenter le bien-être de leur population (Tannier *et al.*, 2012c).

| | |
|------------------|---|
| Objectifs | Maximisation de l'utilité individuelle sous contrainte budgétaire |
| | Dans certains cas, recherche du bien-être collectif |
| Normes | Ville mono-centrique (Von Thünen, Alonso) et parfois polycentrique |
| | Comportement d'optimisation, rationalité de l'agent |
| Règles | Séparation fonctionnelle (Von Thünen, Alonso) |
| | Pas de limite a priori de la ville : émergence |
| | Rentes différents à la ville et à la campagne |
| | Arbitrage entre accessibilité, coûts de transports et coût de logement (avec ou sans pondération) |
| | Le bonheur se mesure par le résultat de cet arbitrage, la capacité à acheter des biens |

Tableau 1.7 – Objectif, normes et règles de la Nouvelle Economie Urbaine

2.7. *Transit-Oriented Development*

Le *Transit-Oriented Development*, couramment désigné par son acronyme TOD, est un modèle de ville décrit par Peter Calthorpe en 1993, dans son ouvrage *The Next American Metropolis*, sous-titré *Ecology, Community, and the American Dream*. Dans cet ouvrage, Calthorpe part du constat d'un dysfonctionnement de la ville contemporaine aux États-Unis, pour arriver à une nouvelle proposition de forme urbaine³². Pour lui, la ville doit s'organiser autour de trois grands principes. Tout d'abord, le niveau urbain régional (qui comporte plusieurs agglomérations), doit suivre la croissance du réseau ferroviaire ou bus express (le *transit*), et arborer une forme plus compacte que celle observée. Ensuite, il faudrait remplacer le zonage monofonctionnel (séparation des principales fonctions urbaines, habiter, travailler, se déplacer, faire des achats, des loisirs) par une mixité

32. À ce sujet, Calthorpe déclare d'ailleurs que la Seconde Guerre Mondiale marquerait la fin des utopies (Le Corbusier, Wright...) pour conduire à des recommandations de développement (*guide development patterns*).

des usages, tout en favorisant la marche à pied (*walkable neighborhoods*). Enfin, à un niveau plus local, cette mixité fonctionnelle s'appuie sur l'architecture en étant davantage tournée vers les espaces publics et en se rapprochant de l'échelle humaine, plutôt que d'être tournée vers la sphère privée (habitat individuel et voiture particulière) et dessinée par et pour l'automobile. À ce titre, la généralisation et la démocratisation de l'usage de la voiture forme un changement social fondamentale dans l'approche urbaine. Comme chez Le Corbusier, la pensée de Calthorpe est multi-échelle, dans la mesure où la conception du TOD intègre le niveau régional avec l'extension des villes existantes, l'émergence de villes nouvelles et le niveau local, avec la prise en compte des mobilités piétonnes.

Au niveau régional, le plan de la ville doit être pensé au regard de la limite de l'espace urbain. Si les infrastructures de transports, notamment les autoroutes, ont sans cesse repoussé cette limite, il semble indispensable pour l'auteur de reconsidérer l'avancée du front urbain. Calthorpe recommande donc, à l'aide d'une vision à long-terme des besoins de croissance urbaine, de s'appuyer sur des limites physiques de l'environnement (versants de montagnes, grandes plaines agricoles, cours d'eau et plaines inondables...), comme le montre la figure 1.13. Dans sa réflexion sur la création des villes nouvelles, un rapprochement est possible avec la pensée d'Howard. En effet, le développement (de population et d'emplois) peut ne pas être absorbé par une ville existante si ce processus est susceptible de nuire à son caractère de petit bourg. Il faudra donc dans de rares cas, recourir à la création d'une ville nouvelle, suffisamment éloignée de la ville existante afin de maintenir une ceinture verte. De même, un équilibre dans la répartition des emplois et des habitants devra être trouvé.

Une partie de l'ouvrage de Calthorpe forme un guide de recommandation pour la création et l'extension de tissus urbains à une échelle plus locale. L'ensemble de ces recommandations sont composées de règles relativement détaillées et illustrées qui concernent un certain nombre d'aspects que l'aménageur doit prendre en compte (densité résidentielle, mixité fonctionnelle, réseaux de transports, mais aussi protection de l'environnement, parcs urbains...). Sans rentrer dans le détail de chacune d'elles, il semble intéressant de présenter et de commenter certaines règles.

Peter Calthorpe définit le TOD comme « un espace de mixité fonctionnelle, situé à une distance approximative de 600 mètres d'un noeud de transport en commun et d'un noyau commercial. Le TOD mélange du résidentiel, des commerces, des bureaux, des espaces ouverts et des espaces publics dans un environnement piéton, le rendant pratique d'accès en transports en commun, bicyclette, à pied ou en voiture pour les résidents et les employés ». Le caractère piéton et la proximité

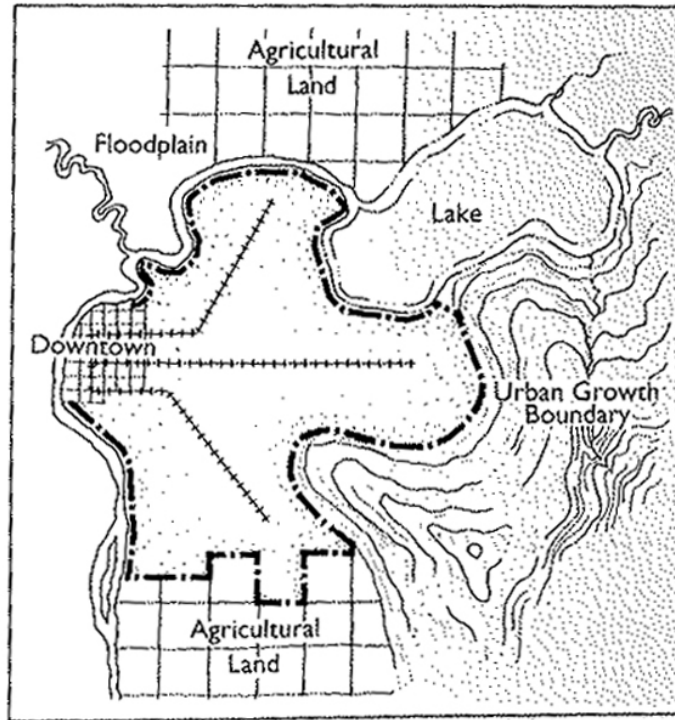


FIGURE 1.13 – Forme régionale du TOD, par Peter Calthorpe, 1993

sont les éléments clés du TOD, et font suite aux réflexions menées dans le cadre de la poche piédestre (*pedestrian pocket*), initiées à la fin des années 1980 (Calthorpe et Mack, 1989). Le seuil de 600 mètres correspond à une distance jugée acceptable en marche à pied pour une grande partie de la population (environ 10 minutes), mais il est possible de le faire évoluer en fonction des sites, de leurs contraintes topographiques ou climatiques.

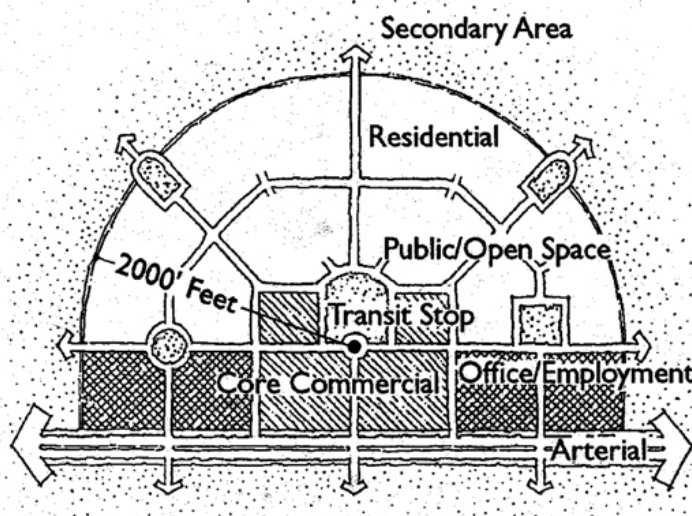


FIGURE 1.14 – Plan général du TOD « urbain », par Peter Calthorpe, 1993

Deux niveaux de TOD sont possibles, le TOD « urbain » (figure 1.14) et le TOD « de voisinage », qui respecte sensiblement le même plan que le premier, tout en ayant une dimension plus restreinte. En effet, le TOD « de voisinage » est destiné aux arrêts de bus moins importants des lignes collectrices, c'est-à-dire conçues pour rabattre le trafic sur le réseau principal. Les densités (de population, d'emplois) sont moindres mais permettent aussi des coûts de logements plus réduits, facilitant ainsi la mixité sociale. Ces différents niveaux de TOD permettent une certaine adaptation du modèle selon les sites d'implantation et les contextes locaux.

Les noyaux commerciaux forment une composante essentielle du TOD. Ces noyaux doivent être localisés à proximité immédiate de l'arrêt de transports en commun. Au minimum, comme pour le TOD « de voisinage », cet ensemble de commerces doit contenir un ou plusieurs commerces de proximité (une épicerie par exemple), et quelques services (distributeur de billets, poste...). Au niveau urbain, le noyau commercial peut contenir des surfaces plus importantes, un supermarché, des bars, restaurants, cinémas. Ces espaces dédiés à la mixité fonctionnelle sont également à même d'accueillir des bureaux ainsi que de l'industrie légère.

Les espaces résidentiels sont répartis tout autour de l'arrêt de transport en commun, avec un double gradient décroissant, de mixité avec les activités commerciales et de densité de construction. Peter Calthorpe propose une densité de construction moyenne de 7 logements par hectare, avec 10 logements par hectare au plus près du centre et une densité décroissante jusqu'à 4 logements par hectare. Il faut bien entendu replacer ces seuils de densité dans le contexte de la ville nord-américaine de la fin des années 1990. Comme le montre la figure 1.15, une densité de 4 log/ha correspond à une prédominance de maisons individuelles tandis qu'une densité de 10 log/ha se rapproche davantage des maisons de villes, comme dans les années 1930 aux États-Unis. Quoiqu'il en soit, la densité n'est pas le seul levier d'action au niveau très local et la forme des habitations joue également un rôle prépondérant. Ainsi, Calthorpe recommande de varier la nature des constructions, en mêlant maisons individuelles, maisons jumelées, immeubles en copropriétés et autres appartements.

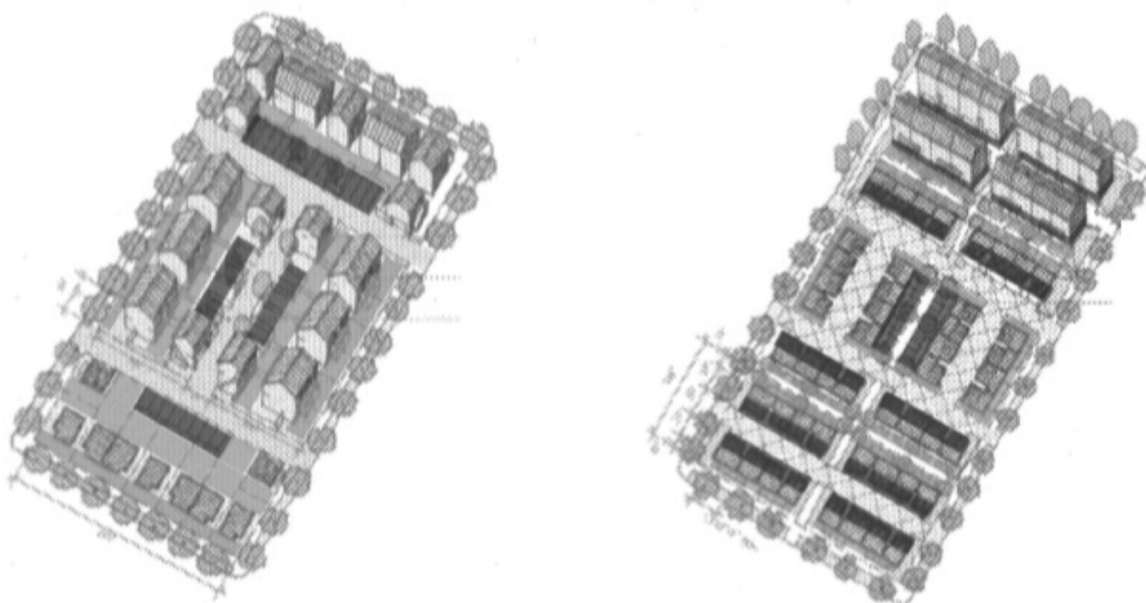


FIGURE 1.15 – Exemple de deux densités de construction. À gauche, 4 logements par hectare. À droite, 10 logements par hectare, illustrations de John Ellis

Les espaces publics ont également un rôle important dans le TOD. Le modèle de ville recommande le développement d'espaces verts, de pelouses, de bâtiments publics afin d'améliorer le lien social et la convivialité. Dans cette optique, un parc doit être situé à proximité du centre, de commerces ou encore d'une bibliothèque, tout en étant bien visible depuis la rue. Les parcs ne sont pas des interstices, ou l'espace entre la rue et une construction, mais le fruit d'une démarche volontaire d'aménagement. De même que pour la densité, des recommandations de seuils sont données, l'ensemble des espaces verts devant rassembler 10 à 15% de la surface totale du projet.

Le TOD a rapidement eu un certain succès, notamment dans les pays anglo-saxons. De nombreux travaux visent à prolonger le guide de recommandations de Calthorpe par des retours d'expériences³³. Le TOD fait donc partie intégrante des documents de planifications de Montréal (Canada), Calgary (Canada), Melbourne (Australie), San Diego (Californie, États-Unis), Sacramento (Californie, États-Unis), Portland (Oregon, États-unis), mais aussi Curitiba (Brésil) ou encore Stockholm (Suède).

Depuis la publication de l'ouvrage et les premières recommandations, il semblerait que les densités de construction de certaines réalisations soient plus élevées que ces seuils. Le Plan Métropolitain d'Aménagement et de Développement (PMAD) de l'agglomération de Montréal au Canada a pour objectif de localiser 40% des nouveaux ménages dans des zones TOD³⁴ (Communauté métro-

33. Pour une revue de littérature complète sur le TOD, le rapport du *California Department of Housing and Community*.

34. Soit près de 200 000 ménages d'ici 2030

politaine de Montréal (CMM), 2011). Le gradient de densité proposé pour Montréal va de 30 à 150 logements à l'hectare, tout en conservant le principe de densité décroissante au fur et à mesure de l'éloignement au centre.

Le TOD semble avoir connu un réel essor en Californie, si bien qu'il existe même sur Internet un moteur de recherche qui permet d'identifier les projets pouvant appartenir à ce modèle³⁵. Toutefois, la multiplication des projets et les effets de mode conduisent inévitablement à une perte de la substance originale. En l'absence de label officiel certifiant la dimension TOD du projet, les principes et recommandations de Calthorpe sont peu à peu adaptées, voire modifiées. Des projets urbains sont identifiés par des étiquettes *Transit-Based Development* ou *Transit-Adjacent Development* et sont parfois confondues avec du TOD en raison d'une proximité à une ou plusieurs infrastructures de transports en commun. Ces projets, assez éloignés du modèle théorisé par Calthorpe, ne peuvent pas être considérés comme apparentés au TOD.

35. <http://transitorienteddevelopment.dot.ca.gov/>

| | |
|-----------------|--|
| Objectif | <p> limiter l'étalement urbain et favoriser les modes doux ou les transports en commun</p> |
| Normes | <p> Hiérarchie entre la région, la ville et le quartier (multi-échelle)</p> <p> Deux niveaux de TOD possibles (urbain et voisinage)</p> <p> Mixité fonctionnelle</p> <p> Accès aisé aux commerces et services, à pied ou en transports en commun selon la fréquence de recours</p> <p> Diversité des types d'habitations et des coûts de logements (de l'individuel au collectif)</p> <p> Accès aisé aux espaces verts, à pied ou en transports en commun selon la fréquence de recours</p> |
| Règles | <p> Limiter la ville à l'aide des contraintes géographiques</p> <p> Équilibre nombre d'habitants / nombre d'emplois</p> <p> Distance de 600 mètres d'un nœud de transports en commun et d'un noyau commercial</p> <p> Fréquence de recours des commerces ou services en fonction du niveau de TOD</p> <p> Gradient décroissant de densité de construction (de 4 à 150 log/ha, soit de 10 à 450 hab/ha)</p> <p> Gradient décroissant de mixité fonctionnelle</p> <p> 10 à 15% d'espaces verts par projets</p> |

Tableau 1.8 – Objectif, normes et règles du *Transit-Oriented Development*

2.8. *Smart Growth* et Nouvel Urbanisme

La *Smart Growth* que l'on pourrait traduire par « croissance intelligente », est un mouvement américain issu du monde des aménageurs en réponse aux conséquences néfastes de l'étalement urbain dans les années 1990 (Downs, 2005). Les objectifs principaux de la *Smart Growth* (dont l'intitulé forme l'objectif global) sont multiples. Tout d'abord, il faudrait limiter l'extension urbaine en adoptant une croissance plus compacte pour préserver les espaces naturels. Il semble également important d'augmenter les densités à la fois dans les nouvelles constructions et dans les quartiers existants. Parallèlement, une augmentation de la mixité fonctionnelle en favorisant les mobilités piétonnes devraient permettre de minimiser l'usage de la voiture pour les courtes distances. La *Smart Growth* encourage aussi la redistribution des coûts publics d'infrastructures en augmentant les frais en direction des principaux bénéficiaires, c'est-à-dire les propriétaires des terrains visés par un urbanisme plus compact. Il est également question de développer les infrastructures de transports en commun pour limiter l'usage de l'automobile. Enfin, il est question d'une revitalisation des quartiers anciens déjà existants (Downs, 2005). Les défenseurs de la *Smart Growth* suggèrent donc qu'une réflexion sur les formes du développement résidentiel permettrait de réduire les effets négatifs de l'étalement urbain (Grant, 2009). Il s'agirait, par le biais de nouvelles règles concernant l'aménagement et l'urbanisme, d'aboutir à une densification « bien faite » (*well-designed*) (Gaffikin et Sterrett, 2006). Dans cette optique, un code des bonnes pratiques a été rédigé, *The Smart Growth Manual* (2010). Une charte reprenant ces principes a également été ratifiée par l'*American Planning Association*³⁶ en 2002 et éditée dix ans après (American Planning Association, 2012).

Le Nouvel Urbanisme (*New Urbanism*) est aussi une alternative contemporaine au modèle prédominant de croissance résidentielle des villes américaines. C'est un mouvement formalisé, organisé autour d'une institution (*the Congress for New Urbanism*) qui regroupe plus de 2 500 membres, et qui tient régulièrement des conférences. Les principes du Nouvel Urbanisme sont rassemblés autour d'un ouvrage fondateur : the Charter of the New Urbanism, qui n'est pas sans rappeler la Charte d'Athènes et le mouvement des CIAM (Day, 2003). Si des projets antérieurs ont été définis comme appartenant à ce courant, l'expression *New Urbanism* a été employée pour la première fois en 1991, avec la publication des Principes d'Awahnee³⁷ (Al-Hindi et Till, 2013). Le Nouvel Urbanisme serait donc, dans sa formulation, légèrement antérieure au TOD. Le Nouvel Urbanisme prend sa source dans les années 1980, suite aux travaux du cabinet d'architectes *DPZ*, formé d'Andres Duany et d'Elizabeth Plater-Zyberk, conjointement au travail de Peter Calthorpe (Al-Hindi et Till, 2013). Une influence croissante de ce mouvement a été identifiée au cours des années 2000 (Pya-

36. L'Association des Aménageurs Américains

37. En anglais *Awahnee Principles*, d'après le nom d'un hôtel dans le parc national Yosemite

tok, 2000 ; Talen, 2001). Ce mouvement peut être considéré comme une approche post-moderne de l'architecture avec pour point de départ les premières conséquences néfastes de l'étalement urbain, notamment aux États-Unis. La solution proposée pour endiguer le phénomène est l'application d'une approche néo-traditionnelle de l'urbanisme (Al-Hindi et Till, 2013). Le Nouvel Urbanisme provient de deux approches traditionnelles de l'aménagement : l'esthétique urbaine et l'utopie socialiste (McCann, 1995). D'une part, il s'agit de retrouver une forme de culture du « beau », comme le suggère Talen (2000), la mixité fonctionnelle requiert une certaine approche pragmatique dans la recherche d'une harmonie architecturale. Autrement dit, il ne s'agit pas de juxtaposer spatialement des maisons et des commerces pour faire de la mixité, mais il faudrait tendre à un ensemble cohérent. D'autre part, le Nouvel Urbanisme s'insère pleinement dans la mouvance des utopies socialistes, telles que déjà proposées par Owen, Fourier ou Howard. L'un des enjeux majeurs du mouvement serait de replacer l'homme dans un contexte davantage naturel que celui dans lequel il évolue (Calthorpe, 1993 ; Till, 2001). Cette relation harmonieuse entre l'homme et son environnement aurait déjà existé, d'où la dénomination néo-traditionnelle (Calthorpe, 1993). Les principes³⁸, sur lesquels repose le Nouvel Urbanisme sont : la mobilité piétonne³⁹, la connectivité (notamment écologique), la diversité et la mixité fonctionnelle, la mixité sociale, la qualité architecturale et le design urbain, une structure traditionnelle locale, une augmentation de la densité de construction, des modes de transports doux et finalement la qualité de vie. Comme indiqué sur la couverture de la première édition de la Charte, la pensée du Nouvel Urbanisme est multi-échelle. Elle peut s'établir au niveau régional, métropoles, villes et localités, à l'échelle du quartier, district ou corridor, et d'un niveau encore plus fin (l'îlot, la rue et le bâtiment).

2.8.1. La fusion de la *Smart Growth* et du Nouvel Urbanisme

Bien que d'origine légèrement différentes (sur le plan des acteurs défendant les idées), la *Smart Growth* et le Nouvel Urbanisme ont assez rapidement fusionné (Grant, 2009). Dans un objectif de durabilité, les aménageurs, architectes et universitaires ont combiné la sensibilisation environnementale et sociale contenue dans le Nouvel Urbanisme avec les pratiques suggérées dans le *Smart Growth Manual*. Il n'y aurait donc plus de réelle différence entre *Smart Growth* et Nouvel Urbanisme, le premier désignant plutôt le courant dans son ensemble et le second un concept d'urbanisme (Handy, 2005a). Ces réflexions ont été récemment rassemblées au sein du SmartCode (Duany *et al.*, 2012), édité la première fois par le CATS (Center for Applied Transect Studies). C'est un ouvrage libre de droit et disponible sur Internet⁴⁰. Les exemples de règles qui suivront sont issues de

38. Liste obtenue sur www.newurbanism.org

39. En l'absence de traduction possible de *walkability*

40. www.smartcodecentral.org et www.transect.org

la version 9.2, publiée en 2012. Ces exemples seront analysés conjointement à quelques règles issues du Nouvel Urbanisme, et décrites dans la Charte (Talen, 2013). Pour cela, nous utiliserons les différentes échelles abordées dans les textes, la région, le quartier et la rue ou le bâtiment.

2.8.2. Normes et règles à l'échelle régionale

Le niveau régional est utile dans la mesure où c'est le niveau des objectifs et de la mise en place des politiques publiques. À ce sujet, la Charte indique que « les stratégies et la coordination régionale doivent guider les politiques pour une diminution du changement climatique, un contrôle de la pollution, une préservation des ressources naturelles, le développement économique, le logement et le transport » (Talen, 2013). Le *Smart Growth Manual* synthétise les principes d'aménagement régional en quinze points que sont : 1) l'inévitabilité de la croissance⁴¹, 2) adopter une politique d'aménagement régional, 3) impliquer les résidents, 4) utiliser la logique de transect dans la planification⁴², 5) planifier intégralement l'ensemble des quartiers, 6) définir des priorités pour les investissements, 7) tendre vers un logement plus abordable, 8) localiser à l'échelle régionale les infrastructures ayant un impact négatif sur l'environnement résidentiel, 9) faire en sorte de maintenir une agriculture de proximité, 10) distribuer équitablement les revenus des taxes foncières, 11) faire le lien entre les politiques nationales et les politiques locales en étant le niveau intermédiaire, 12) identifier les politiques nationales qui nuisent à la lutte contre l'étalement urbain, 13) légiférer pour faciliter la mise en place de la *Smart Growth*, 14) prendre en compte l'accès à la ressource à l'eau potable dans la localisation des extensions urbaines et enfin 15) intervenir dans la planification des villes qui se dépeuplent⁴³ sous l'effet de la crise économique.

Le transect est un plan défini à l'échelle régionale qui établit un lien entre l'organisation de l'agglomération et le contenu des différents quartiers. Le transect est une approche transversale de l'espace, du rural vers l'urbain. Il s'agit d'établir une séquence de différents types d'espaces, allant de l'espace naturel (et agricole) à l'espace urbain le plus central, comme le suggère l'exemple de la figure 1.16. Le transect est une approche issue de l'écologie et qui permet d'analyser conjointement une succession d'habitats aux caractéristiques (végétation, espèces) différentes (Duany *et al.*, 2012). Appliqué à l'aménagement, le transect permet de définir une échelle d'intervention où les règles de composition doivent être cohérentes. À l'intérieur d'une même zone, les règles de densité, mixité, de ratio d'espaces verts sont identiques. Les espaces suburbains (T3 sur la figure 1.16), sont

41. Aux États-Unis, la plupart des projections démographiques indiquent une croissance démographique de 30 millions d'habitants d'ici à 2035.

42. Cette démarche, fondamentale dans ces modèles de villes, sera présentée par la suite

43. Les *shrinking cities*

mono-fonctionnels et dotés d'une densité moyenne de 7 logements par hectare, principalement des maisons individuelles. À l'inverse, les centres urbains (T5 sur la figure 1.16) contiennent des bâtiments collectifs résidentiels (26 logements par hectare) et commerciaux.

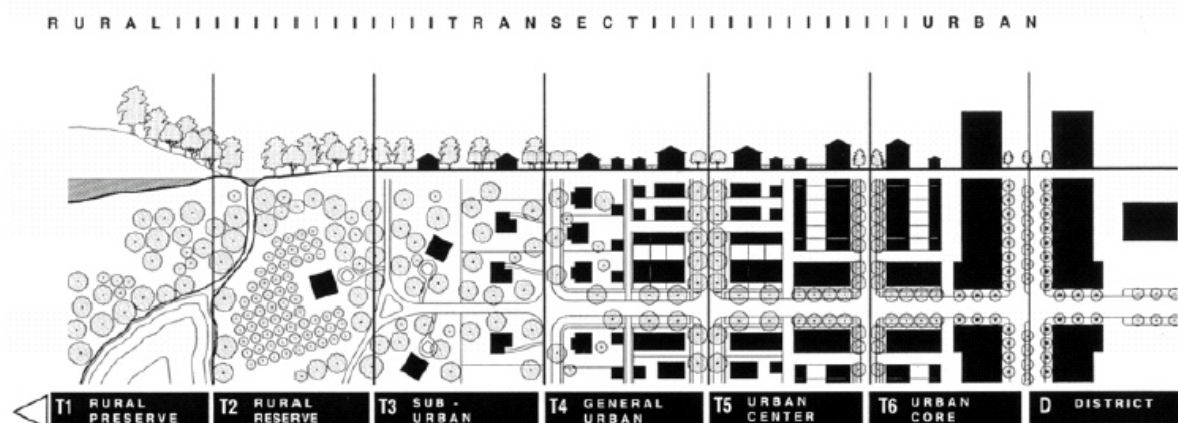


FIGURE 1.16 – Le concept de transect appliqué à la *Smart Growth*, d'après Duany Plater-Zyberk & Company

2.8.3. Normes et règles à l'échelle des quartiers

Niveau intermédiaire du Nouvel Urbanisme, le quartier est l'échelle fondamentale de l'urbanisme contemporain (Talen, 2013). La Charte et le SmartCode sont assez explicites quant à la structure des quartiers. Les dimensions d'un nouveau quartier doivent être contenues dans un rayon d'environ 400 mètres, soit 5 minutes de marche à pied. Le quartier est donc plus petit que dans le cadre du TOD. Il n'a pas de géométrie très précise mais intègre les caractéristiques physiques du site. Toutefois, le quartier doit être pourvu d'un centre, et de limites, de façon à définir les limites fonctionnelles et sociales du voisinage. Le centre a une vocation symbolique (une place, un parc, un monument) mais aussi fonctionnelle (bâtiments administratifs, commerces...). La limite du quartier dépend de sa nature. Dans un milieu urbain, la limite pourra être constituée d'un boulevard, ou d'une artère bordée de commerces. Dans les espaces plus ruraux, la limite du quartier pourra être formée par des habitations ou des exploitations agricoles. Les auteurs recommandent que chaque habitation soit localisée à moins de deux minutes d'un parc ou d'un espace vert. Ils n'ont pas besoin d'être très étendus, 1 000 m² semble être une surface suffisante pour contenir un minimum d'équipements (jeux pour enfants, bancs...). En fonction des quartiers, une certaine diversité peut être apportée dans la nature des espaces verts, leur taille et leur fonction (récréatif, production alimentaire...). Dans le zonage du quartier, il faudrait accorder davantage d'importance à la taille des bâtiments qu'à leur fonction. Il serait donc utile d'organiser le quartier (et la ville) selon un gradient décroissant de la surface et de la hauteur des bâtiments, ainsi que du taux de remplissage des par-

celles. Cette organisation s'appuie sur le transect, dans les zones denses, les bâtiments sont étendus et hauts, occupant une majeure partie de la parcelle. Loin du centre, les constructions sont de taille plus modeste et les espaces libres sont plus fréquents (voir figure 1.16). Pour former une certaine harmonie, il serait également nécessaire que ce principe soit appliqué de façon symétrique en fonction des axes de circulation⁴⁴. De chaque côté d'une même rue, on trouve des bâtiments de même taille, et la séparation entre deux zones contenant des bâtiments de tailles différentes s'effectue à l'intérieur des îlots, de façon non visible. Les quartiers forment aussi une échelle intéressante pour l'organisation des transports en commun. Le caractère piéton des quartiers permet aux résidents d'être situés à proximité d'un arrêt de bus ou de train. Le bus permettrait de relier les quartiers entre eux tandis que le train serait situé à la jointure de plusieurs quartiers. Cette jointure serait alors un espace de plus grande densité et de mixité fonctionnelle accrue.

2.8.4. Normes et règles à l'échelle de la rue ou du bâtiment

La rue et les bâtiments qui la composent forme l'un des niveaux les plus fins d'analyse de la ville, au plus proche de l'humain (Talen, 2013). La Charte du Nouvel Urbanisme et le SmartCode ayant tous deux été en très grande partie rédigés par des architectes, il est assez normal que ce niveau soit le plus détaillé en matière de règles. Là encore, il ne s'agira pas de les présenter de manière complète et exhaustive, mais de regarder quelques exemples de règles à une échelle spatiale très fine. Le réseau de voirie est un élément prépondérant du quartier, il doit permettre toutes formes de mobilité en privilégiant néanmoins les mobilités piétonnes. Le réseau se doit d'être également organisé et hiérarchisé. Les artères les plus importantes relient les quartiers entre eux, tandis que les rues les plus étroites favorisent les déplacements de proximité, à pied ou en modes doux. Pour favoriser la marche à pied, il est important d'éviter au maximum les impasses pour privilégier une approche interconnectée⁴⁵. Dans la même optique, il est indispensable d'anticiper l'extension du tissu urbain en réservant toujours la possibilité de connecter les réseaux de voiries et éviter de générer d'immenses voies sans issues. Si les rues courbes ont été relativement à la mode pendant des années dans le dessin de zones résidentielles, le Nouvel Urbanisme recommande de recourir à davantage de lignes droites pour faciliter l'orientation, tout en tenant compte des particularités topographiques. Les voiries doivent également être conçues pour le partage modal, avec des réseaux séparés et sécurisés pour la pratique des modes doux. De même, les vitesses intra-urbaines doivent être limitées afin de réduire les risques d'accidents. Un certain nombre d'autres règles concernent

44. Cette organisation symétrique n'est pas sans rappeler l'œuvre antique d'Hippodamos de Milet.

45. Face aux conséquences néfastes des culs-de-sacs (itinéraires difficiles, mauvais partage de la route entre automobilistes et piétons, problèmes d'accès aux véhicules de secours, manque de lien social entre les résidents qui ne se croisent que très peu...), la municipalité de Charlotte (Caroline du Nord, États-Unis) les a tout simplement rendus illégaux.

les trottoirs et les stationnements.

En matière de bâtiments ou de constructions, le point de départ de la *Smart Growth* est le code basé sur des formes⁴⁶. Il s'agit dans ce cas de remplacer les indicateurs statistiques usuels pour la réglementation en urbanisme, tel que l'équivalent du coefficient d'occupation du sol en France, par un dispositif réglementaire, validé par la municipalité, qui garantit la configuration géométrique des bâtiments et leur position sur la parcelle. La ville de Seaside, ville nouvelle créée dans les années 1960 a été l'une des premières à mettre un tel code en place, comme le montre la figure 1.17 et son détail de la figure 1.18. Ce type de code permet de maintenir une certaine cohérence et d'éviter, dans le respect des indicateurs d'occupation de terrains et de hauteurs, des constructions ne s'intégrant pas spécialement dans l'alignement de la rue et le quartier. Sur le plan architectural justement, l'idée majeure du Nouvel Urbanisme et de la *Smart Growth* est la recherche d'une cohérence d'ensemble, et d'esthétique, ce que certains appellent l'approche néo-traditionnelle. Il s'agirait donc avant tout de rechercher les spécificités historiques et locales au détriment de l'uniformisation contemporaine des formes d'habitations et des lieux d'emplois (Bohl, 2000). De fait, le Nouvel Urbanisme a des racines très européennes, et les règles issues de la Charte révèle une quête de la ville américaine traditionnelle (Ghorra-Gobin, 2006). Au regard des différentes normes et règles incluses dans le Nouvel Urbanisme et la *Smart Growth*, il y aurait une volonté de certains aménageurs de lutter contre l'étalement urbain par un retour à la ville traditionnelle (mais de quelle époque?) européenne notamment. Certains projets européens se réclament également du Nouvel Urbanisme, comme le projet Val d'Europe, extension de la ville nouvelle de Marne-la-Vallée en région Parisienne⁴⁷.

2.8.5. Applications et critiques

Les règles contenues dans la Charte du Nouvel Urbanisme ou dans le SmartCode de la *Smart Growth* sont relativement nombreuses et touchent un grand nombre d'aspects de l'aménagement. L'un des problèmes majeurs de ce ou ces modèle(s) est qu'ils forment plus souvent une liste de choix qu'une utopie complète et bien délimitée. Il suscite souvent auprès des aménageurs une interprétation personnelle (Al-Hindi et Till, 2013). Les règles sont nombreuses, mais peu précises, voire floues sur certains critères. Ces imprécisions éloignent la démarche d'une approche normative, même si Emily Talen (2000) insiste sur le fait que les aménageurs, dans le cadre du Nouvel Urbanisme, devraient appliquer et implémenter un cadre normatif pour une « bonne » conception de la ville. De fait, la définition d'un nouveau modèle urbain doit passer par la définition de règles

46. Le code basé sur les formes est la traduction littérale de *form-based code*, pour plus d'information, <http://formbasedcodes.org>

47. Lu le site de Val d'Europe : <http://www.avenirduvaldeurope.fr/?p=1084>

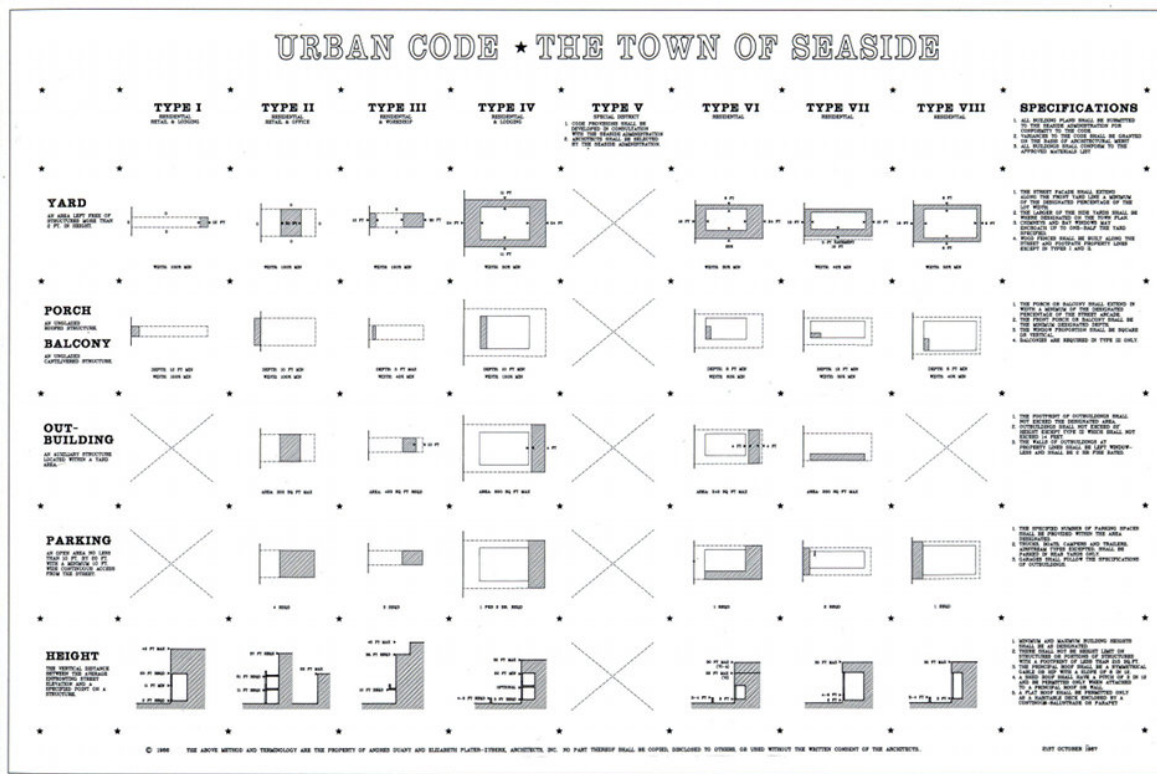
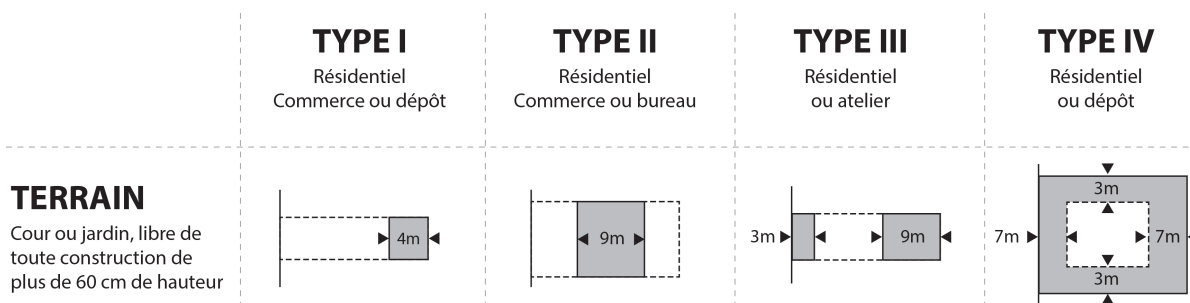


FIGURE 1.17 – Le code basé sur les formes, exemple pour la ville de Seaside (Floride, États-Unis), d’après Duany Plater-Zyberk & Company, 1986



1. Les façades donnant sur la rue doivent s’étendre le long du terrain selon le pourcentage indiqué sous chaque exemple.
2. La largeur des terrains voisins doit être telle qu’indiquée sur le plan de la ville
3. Les cheminées et baies vitrées peuvent empiéter d’un demi-mètres (environ).
4. Les clôtures en bois doivent être construites le long de la rue et des chemins en limite de propriété, sauf pour les types I et II.

FIGURE 1.18 – Extrait du code basé sur les formes, d’après Duany Plater-Zyberk & Company, 1986

précises ainsi que de « labels » permettant d’identifier l’appartenance d’un projet à ce modèle. Dans le cas contraire, si l’utopie a été appliquée de manière incomplète ou partielle, il semble difficile de mesurer l’atteinte d’un objectif.

L’application de tels modèles pourrait poser quelques problèmes (Downs, 2005 ; Filion, 2010). L’objectif de redistribution financière annoncée dans la Charte serait difficile à atteindre, du fait

d'un modèle compact qui accroît les inégalités entre les bénéficiaires du projet et ceux qui auraient éventuellement pu en bénéficier (notamment entre les propriétaires de terrain à proximité des centres urbains et les propriétaires de terrains plus éloignés) (Downs, 2005). La *Smart Growth* soulève également des questions politiques, en matière de compétences. L'application d'un tel modèle d'urbanisation est conditionnée par la détention de la compétence d'aménagement du territoire au niveau régional. Or, aux États-Unis comme en Europe, cette compétence est surtout détenue par les élus locaux, ce qui complique l'application d'un tel modèle de ville (Downs, 2005). L'augmentation de la densité, souhaitée dans la Charte, ne serait pas facile à atteindre, due à l'apparition régulière de mouvements *NIMBY*⁴⁸. Aux États-Unis (Downs, 2005) et au Canada (Filion, 2010), les objectifs de report modal de la voiture vers les transports en commun ne seraient pas remplis, pour deux raisons. La première raison est que les améliorations des infrastructures de transports en commun profitent surtout à ceux qui utilisaient déjà ce mode de transport (le passage du bus au train / tramway, pour des questions de gain de temps). La deuxième raison est que l'inévitable croissance démographique génère chaque jour plus de nouveaux déplacements individuels motorisés parallèlement aux efforts des politiques publiques pour favoriser le report modal. Une autre conséquence assez négative de ces modèles est la tendance à l'augmentation des prix immobiliers, malgré un objectif contraire. Même si l'effet spécifique de la *Smart Growth* sur les prix immobiliers est difficile à mesurer, indépendamment de la croissance structurelle des prix immobiliers dans les pays occidentaux depuis les années 1990, il semblerait qu'une augmentation des prix dans ces nouveaux quartiers soit constatée, probablement pour des questions de gentrification⁴⁹ (Downs, 2005). Enfin, un des aspects qui pourrait paraître anecdotique mais qui est également soulevé par Downs, (2005) est le volume croissant des tâches administratives à réaliser. Le passage à un modèle contrôlé de croissance résidentielle passe par la rédaction de nombreux documents (protections architecturales, impacts environnementaux, espèces menacées...) qui compliquent considérablement les démarches, tant pour les autorités locales que pour les entreprises en charge de la planification ou de la construction. L'une des conséquences premières de l'augmentation de la charge administrative est l'impossibilité pour des petites entreprises n'ayant pas les ressources suffisantes d'être impliquées dans le processus, laissant ainsi plus de possibilités pour les grands groupes de promoteurs et de constructeurs immobiliers.

48. *Not In My BackYard*, littéralement « Pas Dans Mon Jardin », mécanisme social qui empêche certain projets de se réaliser en raison d'une opposition des riverains, qui ne souhaitent pas de modification de leur environnement résidentiel par l'arrivée d'autres résidents, d'une installation, d'une infrastructure...

49. En effet, une amélioration des conditions de logement et de l'environnement résidentiel, conduit invariablement à une augmentation des prix des loyers et d'achats de logements, et donc à un changement de structure sociale dans ces quartiers.

| | |
|-----------------|--|
| Objectif | Limitier l'étalement urbain et opter pour une ville plus durable |
| | Harmonie entre l'homme et son environnement |
| Normes | Hiérarchie entre la région, la ville, le quartier, l'îlot et la rue (multi-échelle) |
| | Forme urbaine compacte |
| | Proximité aux transports en commun |
| | Mobilité douce, notamment piétonne |
| | Mixité fonctionnelle |
| | Mixité sociale |
| | Qualité architecturale, revitalisation des quartiers « anciens » |
| | Utilisation du <i>transect</i> pour différents niveaux de règles |
| | Limite de quartier, de ville |
| | Accessibilité en 5 minutes, ou 400 mètres, aux commerces et services de proximité |
| Règles | Densité de construction assez élevée, de 7 à 26 log/ha, selon un gradient décroissant depuis le centre |
| | Symétrie des bâtiments le long d'un axe de circulation |
| | Code municipal de formes locales pour les constructions |
| | Hiérarchie des voies de circulation (des grandes artères aux rues les plus étroites, en évitant les impasses et en étant les plus rectilignes possibles) |
| | Espace verts d'au moins 1 000 ² à moins de deux minutes à pied |

Tableau 1.9 – Objectif, normes et règles de la *Smart-Growth* et du Nouvelle Urbanisme

3. La ville fractale, un modèle normatif

3.1. La notion de fractalité

Comme nous l'avons vu précédemment, les auteurs des utopies urbaines ont depuis longtemps employé la géométrie euclidienne dans la description de leurs modèles, que ce soit à l'aide du cercle, du carré ou des lignes droites. Partant du constat que les villes existantes ne possèdent pas de caractère géométrique simple, des travaux ont été menés afin d'employer les découvertes sur les fractales de Mandelbrot (1982). La fractalité est la propriété pour un objet donné, de posséder une invariance d'échelle. Quelque soit l'échelle à laquelle l'objet est regardé, on constate un motif similaire (mais pas forcément identique). À ce titre, l'exemple le plus probant est peut-être celui de la feuille de la fougère⁵⁰ (figure 1.19). Soit une feuille de fougère, dont le niveau global, la feuille tout entière, est n . Lorsque l'on effectue un zoom sur le niveau inférieur, en $n - 1$, on retrouve exactement la forme générale de la feuille de fougère entière n . Si on effectue encore un zoom au niveau $n - 2$, on retrouve le motif des niveaux $n - 1$ à n , et ainsi de suite pour l'ensemble des niveaux d'échelle que comporte l'objet. Les fractales sont donc multi-échelles, par nature et par construction, ce qu'induit la notion d'auto-similarité (Tannier, 2009).

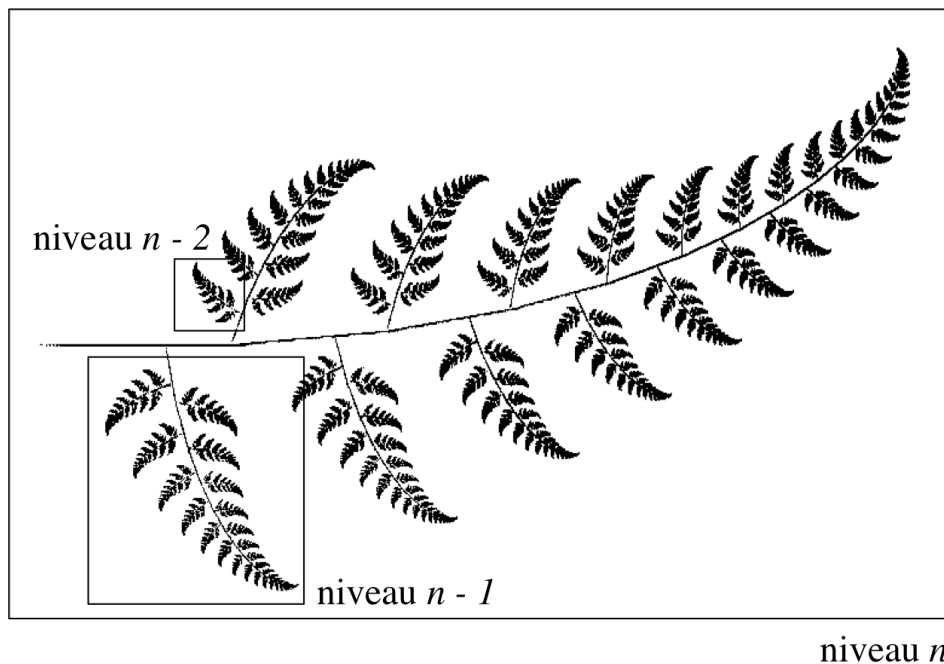


FIGURE 1.19 – Les niveaux d'échelles dans la fougère, un exemple fractal, d'après Barry G. Adams (Laurentian University), 2010

50. Exemple notamment développé par le mathématicien Barnsley, qui a développé l'algorithme permettant de produire une fougère théorique.

Les travaux de Mandelbrot ont conduit à l'émergence d'indicateurs descriptifs afin de caractériser ces formes. Ces indicateurs sont basés essentiellement sur la notion de dimension (Frankhauser, 1994). La dimension fractale, qui peut être calculée selon plusieurs méthodes (*box counting*, dilations, analyses radiales, corrélations, méthodes de lissage), permet de mesurer l'homothétie interne des objets géométriques complexes, c'est-à-dire la répartition de la densité de matière à travers les échelles (De Keersmaecker *et al.*, 2004). Pour autant, la mesure de la fractalité ne possède aucun rapport avec la mesure de la densité, comme le montre la figure 1.20 (Thomas *et al.*, 2008). La densité de la figure de gauche (Tapis de Sierpinski) est identique à la densité de la figure de droite, la fenêtre de travail étant constante. Pourtant, la dimension fractale à gauche est de 1,89 et à droite de 2,00. Dans le modèle de simulation de villes fractales, la dimension est considérée comme une règle, introduite par la définition d'une variable exogène.

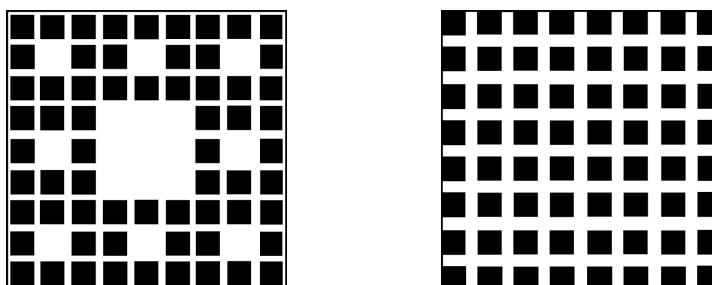


FIGURE 1.20 – Illustration du lien entre mesure de la densité et mesure de la fractalité, à l'aide de deux formes composées de 64 carrés, d'après Thomas *et al.*, 2008

Les fractales ont également fait l'objet de nombreuses applications thématiques, en musique, dans la finance (pour étudier les fluctuations des marchés boursiers), en géomorphologie (Martin, 2006) ou encore en architecture (Joye, 2011).

3.2. La fractalité des villes

Les villes ne sont pas des objets géométriquement simples. En observant le plan d'une ville, à l'échelle de son agglomération, et en ne distinguant que les espaces bâtis des zones non bâties, on constate que les villes sont faites de pleins (bâtiments et réseaux) et de vides (places, de parcs ou espaces verts). Ces pleins et ses vides sont représentés par la 1.21. Les pleins, les agrégats bâtis, sont de tailles différentes. Le centre de la carte est constitué d'un agrégat plus conséquent, ce centre est entourée d'une ceinture d'agrégats plus petits, eux-mêmes cernés d'une constellation de petits agrégats et ainsi de suite. On pourrait également avoir la démarche inverse, et s'intéresser au blanc de la carte. Tout autour de l'agrégat principal, on observe généralement une grande étendue non construite, et à mesure qu'on se rapproche du centre, les espaces blancs deviennent plus petits, se

font plus rares, mais ne disparaissent pas complètement. Jusqu'à l'intérieur de la tâche principale, on distingue de petites aspérités. L'analyse fractale permet justement de comprendre scientifiquement, de mesurer, l'organisation spatiale des agrégats et des espaces non construits. Peu importe la localisation géographique et l'échelle considérée, il est possible de mesurer la dimension fractale d'une ville. Il y a un lien entre la forme locale (le bâtiment, l'îlot) et la forme globale (l'agglomération, la ville) (Frankhauser, 2005 ; Salat, 2011). Ce phénomène ne veut pas dire que la ville (fractale) est composée d'une répétition de formes identiques (comme l'auto-similarité stricte des modèles théoriques), mais d'une même logique de disposition, c'est la quasi-auto-similarité (Tannier, 2009).

Parmi les premières analyses, on peut retenir celles de Batty et Kim (1992) qui ont servies à différencier les espaces urbains des espaces périurbains sur des cartes issues d'automates cellulaires. White et Engelen (1993) ont adopté une démarche similaire pour étudier les formes du développement résidentiel à la sortie de leur automate cellulaire. Shen (2002) a établi une comparaison à l'aide d'indicateurs de fractalité d'une vingtaine de villes américaines, montrant qu'il existe un lien entre la taille de ces villes en population et leur dimension fractale. Assez rapidement, quelques chercheurs ont utilisé l'analyse fractale afin d'appréhender le fait urbain sous l'angle de la complexité (Batty et Longley, 1994 ; Badariotti, 2005b ; Frankhauser *et al.*, 2007 ; Moreno, 2009 ; Tannier, 2009). Les analyses fractales ont également une utilité dans l'analyse des réseaux (routiers, hydrographiques, électriques...). En France, Genre-Grandpierre (1999) a été l'un des premiers à montrer, à partir d'une analyse du réseau routier franc-comtois, que les fractales pouvaient être intéressantes afin de mesurer une desserte spatiale des infrastructures. Maignant (2005) a utilisé des indicateurs de fractalité pour analyser la configuration géométrique des bâtiments et de la voirie pour analyser les dispersions de polluants atmosphériques. Des analyses ont également été menées en Belgique pour comparer la fractalité du réseau conjointement à celle du bâti (Thomas et Frankhauser, 2013). De Keersmaecker et al (2004) ont également effectué un travail comparatif dans les espaces périurbains de Bruxelles, en soulignant le fait que ces espaces répondent à des logiques précises en matière d'organisation de l'espace. Ce travail fait partie d'une suite de travaux visant à comparer les dimensions fractales de nombreuses villes d'Europe (Frankhauser, 2003, 2005). Ce travail de comparaison a également été produit de façon diachronique pour une même ville, afin d'identifier des processus d'évolution de la fractalité urbaine. Ainsi d'après Frankhauser (2007) et des analyses comparatives sur les agglomérations de Bâle, Montbéliard, Dole ou Strasbourg, on assiste progressivement à une augmentation de la dimension fractale des espaces urbains. Une telle augmentation traduit une uniformisation du tissu urbain, en partie due à l'étalement urbain, les quartiers résidentiels ou lotissements ayant une homogénéité forte.

Ainsi le modèle de la ville fractale émerge à la suite d'observations et d'analyses descriptives de la morphologie du tissu urbain existant. Toutes les villes étant plus ou moins fractales, il existe par ailleurs un argument naturaliste à l'application de ce modèle à l'aménagement urbain. La section suivante sera consacrée à la description de ce modèle en termes d'objectifs, de normes et de règles.



FIGURE 1.21 – Les espaces bâtis (en noir) et non bâtis (en blanc) dans l'agglomération de Luxembourg

3.3. Description du modèle de la ville fractale

L'objectif principal de la ville fractale est le même qu'un certain nombre de modèles contemporains (TOD, Nouvel Urbanisme, *Smart Growth*). Il s'agit de trouver « des réponses réalistes au défi de l'étalement urbain » (Frankhauser, 2005). Parmi les problèmes que soulèvent la question de l'étalement urbain, le nombre et la longueur des déplacements automobiles ont une place majeure (Tannier, 2009). L'application d'un modèle de ville de type fractal permettrait de réduire le nombre et la longueur de ces déplacements. Elle encouragerait également la pratique des modes doux, du fait de déplacements de longueurs « acceptables » pour la marche à pied ou l'usage de deux-roues non-motorisés. Du fait de sa géométrie, la ville fractale permet également d'éviter la fragmentation des espaces naturels. Elle est également utile, nous le verrons, dans la ventilation des centres urbains grâce à la pénétration de coulée vertes dans les centres. Cet objectif est à rapprocher des

théories issues de l'hygiénisme au XIX^{ème} siècle.

3.3.1. Hiérarchie urbaine et renforcement des centralités

La théorie des lieux centraux, telle que développée par Christaller (1933) présente un intérêt certain dans la définition d'une hiérarchie urbaine (Tannier, 2009). Ce modèle est issu d'une « optimisation économique sous contraintes de distance ». En d'autres termes, la répartition de la taille des villes, et donc leur importance respective, doit s'effectuer de manière à optimiser les liaisons entre celles-ci. L'hypothèse principale derrière cette théorie est qu'il existe, de façon empirique, une hiérarchie dans le système urbain avec différentes tailles de villes qui ont des niveaux de fonctionnalité différents en fonction de leur position dans la hiérarchie. La hiérarchie urbaine et les relations possibles entre les différentes villes sont présentés sur la gauche de la figure 1.22.

La norme de hiérarchie fonctionnelle dans le modèle de la ville fractale, telle que développée par Frankhauser (2005), est inspirée des travaux de Christaller. Elle est présentée sur la partie droite de la figure 1.22. D'un point de vue théorique, le couplage entre ville fractale et lieux centraux s'effectue en « intercalant à différentes échelles des zones vertes entre les axes de transport » (Frankhauser, 2005). Ce modèle permet ainsi de relier les espaces urbanisés, regroupés en villes de différentes tailles, avec les espaces non urbanisés, également de différentes tailles (forêts, zones agricoles, parcs, jardins...). Ce lien s'effectue aussi selon le système de transport, chaque centre urbain étant, en fonction de sa position dans la hiérarchie, un nœud de communication plus ou moins important.

Dans des travaux exploratoires, Frankhauser (2005) a calculé l'accessibilité au centre pour trois modèles de villes théoriques : compacte, fractale (sous la forme d'un tapis de Sierpinski) et linéaire. On considère ici trois niveaux de centralité (principal, intermédiaire, de proximité). L'accessibilité au centre est au moins deux fois plus élevée dans le cadre de la ville fractale que de la ville compacte, mais elle est également 20% meilleure que dans le cadre de la ville linéaire.

Si la ville géométriquement simple des utopies anciennes ou de la Nouvelle Economie Urbaine était au service de la rationalité des comportements individuels (Baumont et Huriot, 1997), la géométrie complexe des villes fractales est le support de modes de vie de plus en plus complexes (Cavallès *et al.*, 2002). En effet, le modèle monocentrique circulaire a longtemps été justifié du fait d'une organisation urbaine tournée vers un seul centre. À l'heure actuelle, cette centralité unique a explosé en plusieurs centralités fonctionnelles. Les emplois ne sont plus seulement concentrés

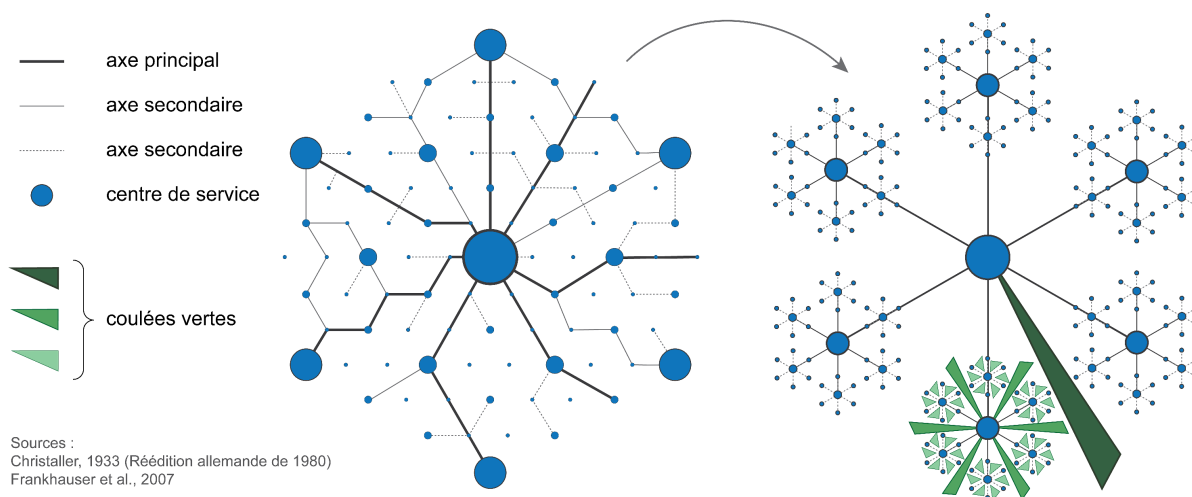


FIGURE 1.22 – Représentation de la théorie des lieux centraux selon Christaller, 1933 et de son adaptation au modèle fractal d’urbanisation par Frankhauser et al., 2007

dans le centre mais aussi dispersés dans les zones d’activités périphériques. Il en va de même pour la structure des commerces, des services ou encore des loisirs. Il est donc nécessaire de répondre aux aspirations du plus grand nombre de ménages, qu’ils soient urbains, périurbains ou ruraux.

3.3.2. Maximiser les interactions ville-campagne

Comme évoqué dans l’introduction générale, une partie des ménages intègrent dans leur choix résidentiel la proximité à une certaine variété d’aménités, dans le but de concilier mode de vie urbain et proximité aux espaces naturels (Frankhauser, 2000). Dans un objectif de limitation des distances parcourues et d’amélioration de l’accessibilité à une variété d’aménités, le modèle fractal constitue une alternative possible. À ce sujet, Salat (2011) précise que « l’efficacité structurelle du système urbain est maximale lorsque celui-ci est configuré selon une structure fractale ».

Dans la ville compacte, le rapport entre le périmètre de la ville et sa surface est limitée. Partant du principe que de nombreux ménages souhaitent s’installer en bordure des villes pour profiter de la proximité à un paysage ouvert (Frankhauser, 2005), il serait souhaitable de pouvoir allonger la longueur du périmètre de la ville tout en conservant une surface occupée identique. Cette propriété peut être illustrée par un objet fractal théorique, le *téragone*. Le téragone (Frankhauser, 2000) est un objet construit selon une règle relativement simple. Le motif initial est un carré, le *générateur*, de côté L , et la règle d’*itération* est telle que le côté de l’itération suivante est $l = \frac{1}{4} \times L$. Pour placer les 16 éléments (4^2), on utilise la disposition illustrée par la figure 1.23. L’étape d’itération suivante est obtenue de façon similaire.

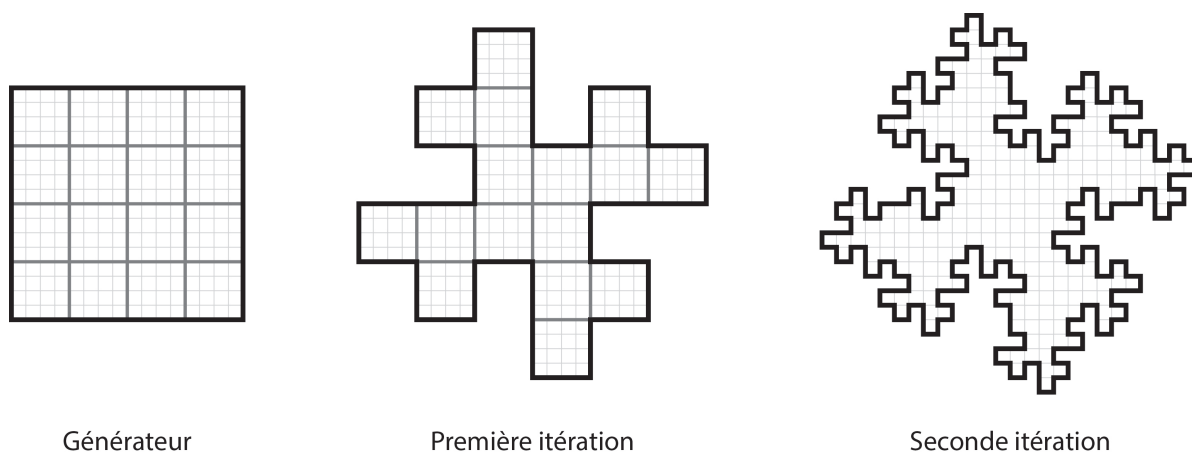


FIGURE 1.23 – Le téragone, exemple des deux premières étapes d'itérations, d'après Frankhauser, 2000

Comme le montre la figure 1.23, quelle que soit l'itération, la surface bâtie (dans les limites épaisses noires) est identique. On a bien le même nombre de petits carrés aux traits fins. En revanche, le périmètre, symbolisé par le trait noir épais, a une longueur croissante avec le nombre d'itérations. Cette longueur tend vers l'infini au fur et à mesure des étapes de constructions. Par analogie, le périmètre du téragone peut donc être assimilé à la bordure urbaine. Dans ce cas, le nombre de constructions ayant un accès aux espaces ouverts augmente en même temps que l'aspect tentaculaire de cette bordure. En reprenant les calculs d'accessibilité théorique effectués par Frankhauser (2000), pour une valeur moyenne de 100 pour chaque petit carré du générateur, on obtient une valeur de 56 en deuxième étape d'itération et de 51 en deuxième étape, on a donc bien une diminution de la distance d'accessibilité à la bordure urbaine avec l'augmentation de la fractalité.

Dans leurs travaux, Tannier *et al.* (2012d) ont généré une série de scénarios fractals et non fractals pour l'agglomération de Besançon. Pour chaque scénario, une série d'indicateurs d'accessibilité spatiale a été mesurée, notamment deux indicateurs qui concernent l'accessibilité aux espaces ouverts. Il s'agit du nombre moyen de cellules non construites (considérées comme les espaces ouverts) dans le voisinage de toutes les cellules potentiellement urbanisables, et la proportion de cellules potentiellement urbanisables dans le voisinage proche de la bordure urbaine. Selon certains scénarios, le nombre de cellules non construites dans le voisinage des cellules potentiellement urbanisables augmente de 5% à 15%, ce qui traduit bien une amélioration de l'accessibilité aux espaces ouverts dans le cadre d'un modèle fractal d'urbanisation. De la même manière, le modèle fractal de croissance résidentielle permet d'augmenter nombre de cellules potentiellement urbanisables à proximité immédiate de la bordure urbaine, ce qui traduit à la fois une augmentation de l'accessibilité aux espaces ouverts (il y a plus de cellules proches de la bordure, donc une forme moins compacte), et aussi une limite de l'étalement urbain (il y a davantage de cellules potentiellement

urbanisables autour des cellules déjà bâties).

Ces quelques résultats confirment ceux obtenus par les calculs théoriques effectués sur le téragone (Frankhauser, 2000). Un allongement de la bordure urbaine par augmentation de la fractalité du tissu urbain permet de générer une meilleure accessibilité aux espaces ouverts tout en minimisant la surface consommée.

3.3.3. Accessibilité aux commerces et services

Dans le modèle de la ville fractale, la répartition des commerces et services suit la logique de Christaller et sa théorie des lieux centraux. À chaque niveau hiérarchique correspond un nombre et une importance des commerces et services (Cavailhès *et al.*, 2002, 2004). C'est dans la ville centre que le nombre de commerces et services est le plus important. On y trouve des aménités de fréquentation mensuelle ou plus rares, tels que de grands équipements (culturels, sportifs...) ou des administrations (préfectures, centre d'impôts...).

Dans le cadre de la ville fractale, la norme d'accessibilité aux commerces et services est fonction de la fréquence de recours à ces aménités. Plus le recours potentiel est fréquent, quotidien ou presque (boulangeries, établissements scolaires...), plus la distance à parcourir depuis le domicile doit être courte. En revanche, plus le recours potentiel est faible, de mensuel à annuel, plus la distance à parcourir pour atteindre ces commerces ou services peut être grande.

L'accessibilité aux commerces et services dans la ville fractale est couplée à une logique d'agrégation. Seul, un commerce ou un service, quelque soit sa fréquence de recours, est moins intéressant qu'un ensemble d'aménités dans un voisinage proche. Il est alors possible, pour les habitants de grouper leurs achats, notamment dans le cas d'une accessibilité en marche à pied, où les distances à parcourir doivent être courtes. Le nombre et la diversité des commerces et services localisés dans un même voisinage sont donc importants et constituent un facteur dans le choix de la localisation résidentielle.

L'accessibilité aux aménités urbaines de fréquentation quotidienne ou hebdomadaire est équivalente dans le cadre de la ville fractale et de la ville compacte (Frankhauser, 2005). Des résultats assez similaires ont été obtenus dans les premières évaluations des scénarios sur Besançon (Tannier *et al.*, 2010). Dans le prolongement de ces travaux, Tannier *et al.* (2012d) ont montré que le modèle fractal d'urbanisation offrait une meilleure accessibilité aux aménités urbaines (les commerces et

services de recours quotidiens ou hebdomadaires) avec une dimension fractale élevée (donc une homogénéisation du bâti résidentiel) plutôt que dans le cadre d'une forme urbaine plus compacte à l'échelle de l'agglomération de Besançon.

3.3.4. Forme fractale des réseaux de transports

Vu sous l'angle de la fractalité, les réseaux (routiers ou de transports en commun) forment un sous-ensemble du bâti, comme le suggérait la figure 1.22. Concernant l'accessibilité aux infrastructures de transports, le modèle fractal de croissance résidentielle s'appuie sur deux normes.

Tout d'abord, il est nécessaire de limiter la construction d'infrastructures routières, qui accompagne le processus d'étalement urbain et qui est également source de consommation foncière importante (Frankhauser *et al.*, 2010). Cette forte imperméabilisation des sols, comme nous l'avons vu en introduction, est également néfaste pour l'environnement, avec des conséquences sur le ruissellement des eaux de pluie et le bouleversement des écosystèmes. La construction du réseau routier doit s'appuyer sur celle du bâti, et donc sur une partie de la théorie des lieux centraux. Dans la ville fractale, il n'y a pas de rocade ou de contournement. Le principe adopté est celui du rabattement, semblable au modèle défendue par Calthorpe et de son TOD.

La deuxième norme induite par le modèle fractal est de favoriser l'utilisation des transports en commun. L'une des hypothèses principales du modèle fractal est que l'encouragement au report modal en faveur des transports en commun passe par la proximité aux infrastructures. Il est donc nécessaire de localiser les futures extensions résidentielles à proximité des gares ferroviaires et des principaux arrêts de bus. L'organisation hiérarchique des transports en commun conduirait également à une meilleure efficacité du réseau, au travers d'un cadencement rendu plus facile.

Le modèle de ville fractale vient d'être décrit en matière de norme. Les règles inhérentes à ce modèle feront l'objet d'une présentation plus détaillée dans la deuxième partie de cette thèse.

| | |
|-----------------|--|
| Objectif | <p>Limiter l'étalement urbain tout en satisfaisant la variétés des besoins individuels et collectifs</p> |
| Normes | <p>Modèle de ville polycentrique, basé en partie sur la théorie des lieux centraux, hiérarchie morpho- fonctionnelle intra urbaine</p> <p>Interpénétration des espaces bâtis et des espaces non bâtis</p> <p>Accès aisé à des aménités variées, en modes doux ou en transport en commun en fonction des fréquences de recours</p> <p>Proximité à la route et aux infrastructures de transports en commun</p> |
| Règles | <p>Choix d'une forme fractale de référence, plus ou moins polycentrique et plus ou moins connexe à travers les échelles, en fonction des formes bâties pré-existantes</p> <p>Dimension fractale élevée du tissu bâti et de la bordure urbaine (entre 1,4 et 1,8)</p> <p>Nature des aménités prises en compte et seuils de distances à préciser en fonction des spécificités locales</p> <p>Non fragmentation des espaces naturels et agricoles ; préservation des coulées vertes</p> |

Tableau 1.10 – Objectif, normes et règles de la ville fractale

4. Conclusion du chapitre 1

Au travers de la présente analyse des différents modèles de villes et des utopies⁵¹, on constate que les objectifs et les normes sont des notions mouvantes dans le temps, notamment en fonction des contextes, qu'ils soient géographiques, technologiques, politiques, religieux ou institutionnels. Dans de nombreux cas, l'individu a été l'échelle de référence, mais parfois l'objectif possède une dimension collective. Par exemple, la question de l'équité sociale est aujourd'hui au cœur des problématiques de développement durable alors qu'hormis dans le cadre d'une partie de la Nouvelle Économie Urbaine, ce point a été assez peu abordé par les auteurs de modèles de villes et d'utopies.

La question du site, pourtant fondamentale en géographie et aussi lorsque l'on parle de modèle de villes, est assez peu évoquée lors des différents utopies que nous venons d'analyser. Seule la cité antique y fait mention, mais le choix du lieu d'implantation reste réservé à une forme d'intuition divine. Ailleurs, la question du site apparaît comme mineure, à part pour le *Transit-Oriented Development* où la question des contraintes de la géographie physique peut rentrer en ligne de compte dans l'extension de la ville et des ses limites.

La géométrie, par objectif ou par volonté de pédagogie fait l'objet d'un traitement particulier. Les lignes droites, orthogonales ou parallèles et la symétrie sont présentes chez de nombreux auteurs, pendant l'Antiquité puis la Révolution Industrielle (Owen, Fourier, Buckingham ou Wright). D'autres auteurs ont préféré à la rigueur des lignes droites l'harmonie des courbes, du cercle ou de l'ellipse, comme Ledoux ou Howard. Au fil du temps, il semblerait que la question de la géométrie, vue par des formes simples (polygones et cercles), ait gagné en complexité, d'abord par l'utilisation d'indicateurs (la compactité, la dendricité...), puis jusqu'au paroxysme de la complexité géométrique, la fractalité.

La notion de la centralité a également été abordée de nombreuses fois, que ce soit dans le cadre de modèles monocentriques ou polycentriques. Ainsi, des utopies sont orientées autour d'un unique centre, symbole de l'affirmation d'un pouvoir centralisé ou de rayonnement, c'est le cas des villes issues du mouvement hygiéniste et de certaines utopies industrielles, de la cité-jardin de Buckingham et des premiers modèles issus de la Nouvelle Économie Urbaine. À l'inverse, d'autres modèles de villes prônent la multiplication des centres, organisés selon une hiérarchie bien précise. Avec la différenciation entre la grande ville et les phalanstère environnant, Fourier fut l'un des

51. On rappelle que la liste retenue ne prétend à aucune objectivité ni exhaustivité, mais essaye de balayer un éventail varié d'objectifs, de normes et de règles

premiers défenseurs du polycentrisme. La région urbaine d'Howard est conçue selon une certaine hiérarchie, sur le plan graphique tout du moins. Les utopies contemporaines, sous l'influence de Christaller, comme le TOD, la *Smart Growth*, le Nouvel Urbanisme et la ville fractale intègrent de façon très explicite la notion de polycentrisme.

À l'heure de la mixité fonctionnelle, défendue dans le cadre du TOD, de la *Smart Growth*, du Nouvel Urbanisme ou de la ville fractale, il est intéressant de constater que les différentes fonctions urbaines (notamment l'habitat et le travail), ont été régulièrement dissociées spatialement. La cité antique était divisée en trois sphères (sacrée, privée et publique), tandis que les hygiénistes militaient essentiellement pour éloigner les ouvriers et artisans de la pollution de leurs productions. Dans un objectif plutôt politique, les libertaires souhaitaient séparer physiquement les lieux d'emplois des espaces résidentiels pour mieux limiter le pouvoir aliénant du travail. La pensée du Corbusier à l'égard de sa séparation des fonctions est plus subtiles, mais il base sa théorie sur la possibilité de circuler librement et de façon très rapide entre les différents zones de la ville.

La forme locale de l'habitat est également sources de divergences dans les utopies. L'habitat collectif, longtemps synonymes de densité et de rationalité a été employée chez de nombreux utopistes industriels mais aussi chez le libertaire Morris et de façon extrême chez Le Corbusier et ses très grands immeubles. L'habitat individuel a été vu comme source d'épanouissement individuel chez les hygiénistes⁵² ou chez les libertaires. De nos jours, la mixité des formes semble de mise, pour mieux correspondre aux aspirations et aux possibilités des ménages, des gradients de constructions sont notamment décrits dans le TOD, la *Smart Growth* ou le Nouvel Urbanisme. La question des formes d'habitations renvoie à la question de la propriété individuelle (et finalement de la mixité sociale). Certains utopistes libertaires trouvaient dans la propriété, comme dans la maison individuelle, une forme de tranquillité.

Le contexte technologique tient une place prépondérante dans la définition des modèles de ville. Le développement des modes de transports, nous l'avons vu dans l'introduction générale, a largement contribué au développement urbain. Avec l'arrivée du chemin de fer, Cabet ou Howard intègrent une hiérarchie des voies de transport, dont le train fait partie. Les déplacements piétons ont très souvent été au centre des modèles de ville, peut-être aussi en raison du caractère spatialement limité des projets⁵³. Le Corbusier est peut être l'un de ceux qui a le plus tirer partie du développement des moyens de transports pour nourrir sa pensée. Dans une démarche d'anticipation, il

52. Les hygiénistes voyaient dans la concentration d'habitants l'insalubrité et la prolifération de maladie

53. Renvoi aux emprises spatiales, les enceintes, murs, mais aussi aux seuils de population

imaginait dès la première moitié du XX^{ème} siècle l'essor et la démocratisation automobile. Il pensait également qu'avant l'an 2000, un grand nombre de ménages serait dotés de moyens de transports aériens personnels, tels les hélicoptères, avions et autres aéronefs. Plus récemment, Peter Calthorpe adosse son modèle de ville (le TOD) sur les infrastructures lourdes de transports en commun, les gares ferroviaires. Le modèle de la ville fractale reprend également ce principe d'accès aux transports en commun.

Enfin, la succession des modèles de villes et de projets utopiques n'a pas conduit à un enrichissement conceptuel au cours du temps. Si des filiations intellectuelles entre contemporains peuvent être constatées, tout comme quelques héritages historiques, la lecture croisée de nos exemples peut suggérer l'idée que chaque auteur a émis le souhait de repartir de zéro. Ce redémarrage permanent peut s'expliquer par la fréquente volonté des penseurs de définir un projet total, intégrant les dimensions politiques, sociales, culturelles même si c'est davantage l'aspect urbanistique qui a été retenu dans le cadre de ce premier chapitre.

Le chapitre suivant sera consacré à la présentation du cas étudié dans le cadre de cette thèse, le Grand-Duché de Luxembourg. À partir d'une rapide présentation de ses spécificités géographiques, nous reviendrons sur les objectifs d'aménagement et les enjeux auxquels ce pays est confronté. À ce titre, il constitue un cas intéressant sinon idéal pour l'application de notre approche normative de l'aménagement au travers de la simulation prospective du développement résidentiel.

Chapitre 2

Le Grand-Duché de Luxembourg et les particularités de son développement résidentiel

« L'absence de certitudes, compte tenu des connaissances scientifiques du moment, ne doit pas retarder l'adoption de mesures effectives et proportionnées visant à prévenir un risque de dommages graves et irréversibles à l'environnement, à un coût économiquement acceptable. »

Loi Barnier, 2 février 1995, France

D'APRÈS les projections démographiques, le Luxembourg devrait connaître une augmentation de sa population d'environ 150 000 habitants, soit 80 000 ménages, entre 2010 et 2030 (STATTEC, 2010). Par ailleurs, et d'après les données de la Banque mondiale diffusée en 2010, le Grand-Duché est le sixième pays émetteur de CO₂ par habitant¹, derrière Trinité-et-Tobago, le Qatar, le Koweït, Aruba et le Brunei. C'est également le huitième pays en matière de consommation énergétique (en kilogrammes de pétrole par habitant). Avec un développement économique croissant ces dernières décennies et malgré la crise économique de 2008, le nombre d'emplois au Luxembourg ne cesse d'augmenter avec un rythme annuel de 3% entre 1985 et 2012 (Schuller et Sinner, 2013). Même si une grande partie de la croissance démographique et économique est le fait de dynamiques nationales, le phénomène frontalier est lui aussi en constante augmentation. Chaque jour, le Luxem-

1. Cet indicateur est construit sur la base de la consommation nationale de produits pétroliers, notamment les carburants. Les frontaliers effectuant leurs achats de carburants au Luxembourg sont donc pris en compte dans le calcul.

bourg attire de plus en plus de salariés des pays voisins (Allemagne, Belgique et France), partant de 56 000 frontaliers en 1995, puis 100 000 en 2001 pour atteindre 150 000 frontaliers en 2010, soit 42% du nombre d'emplois. Les enjeux soulevés par ces dynamiques passées, en cours et à venir sont considérables en termes de d'aménagement du territoire, d'infrastructures, de logements, de mobilités, et des conséquences environnementales qui y sont associées.

Au Luxembourg, les politiques publiques ont pour objectifs principaux de répondre à la demande croissante de logements tout en limitant la consommation foncière et la dépendance automobile due à la forte motorisation individuelle des ménages résidents² et frontaliers. Il y a donc ici une forme de contradiction entre d'une part satisfaire la demande croissante en logements, et d'autre part, de limiter les extensions résidentielles sous peine de voir la quantité de terrains disponibles à la construction diminuer de façon drastique dans ce petit pays. Ce double objectif suppose d'augmenter de façon importante la densité résidentielle, or, comme nous allons le voir, les densités de constructions en vigueur au Luxembourg sont peu élevées. Ces objectifs des politiques publiques forment le point de départ de notre démarche. Ils seront décrits plus précisément dans ce chapitre après une présentation rapide du contexte géographique au Luxembourg et des politiques d'aménagement en vigueur.

1. Présentation du Grand-Duché de Luxembourg

1.1. La géographie physique du Luxembourg

Avec ses 2 586km², le Luxembourg est l'un des plus petits pays d'Europe, exception faite d'Andorre, de Malte, du Liechtenstein, de Saint-Marin, Monaco et du Vatican. Le Grand-Duché mesure 82km du nord au sud et 57km d'est en ouest, une taille comparable à l'île de la Réunion. Le cadre physique de la géographie luxembourgeoise se compose de deux grands ensembles, l'*Oesling* et le *Gutland*. On peut d'ailleurs voir la démarcation entre les deux ensembles sur la carte de la figure 2.1. L'*Oesling* est la partie septentrionale du pays, formée de collines boisées de conifères appartenant à l'extrémité orientale du massif des Ardennes ; elle compose plus d'un tiers du pays. Les altitudes sont comprises entre 400 et 560 mètres, le point culminant étant localisé à l'extrémité nord du pays, sur la colline de Kneiff, près de la commune de Troisvierges et du village de Wilwerdange. Les deux autres tiers du Grand-Duché sont formés par le *Gutland*, le « bon pays », avec des altitudes un peu moins élevées, et délimité au sud par les cuestas du Bassin Minier, le « Pays des Terres Rouges »³.

2. Par « résident » est entendu toute personne vivant au Luxembourg.

3. La couleur rouge fait référence à la couleur du minerai de fer.

À l'est, la frontière avec l'Allemagne est délimitée par la vallée de la Moselle, souvent encaissée et dont les plaines alluviales, au sud-est, sont couvertes de vignobles. C'est notamment le cas pour les communes de Grevenmacher, Remerschen, Remich, Schengen, ou encore Wasserbillig.

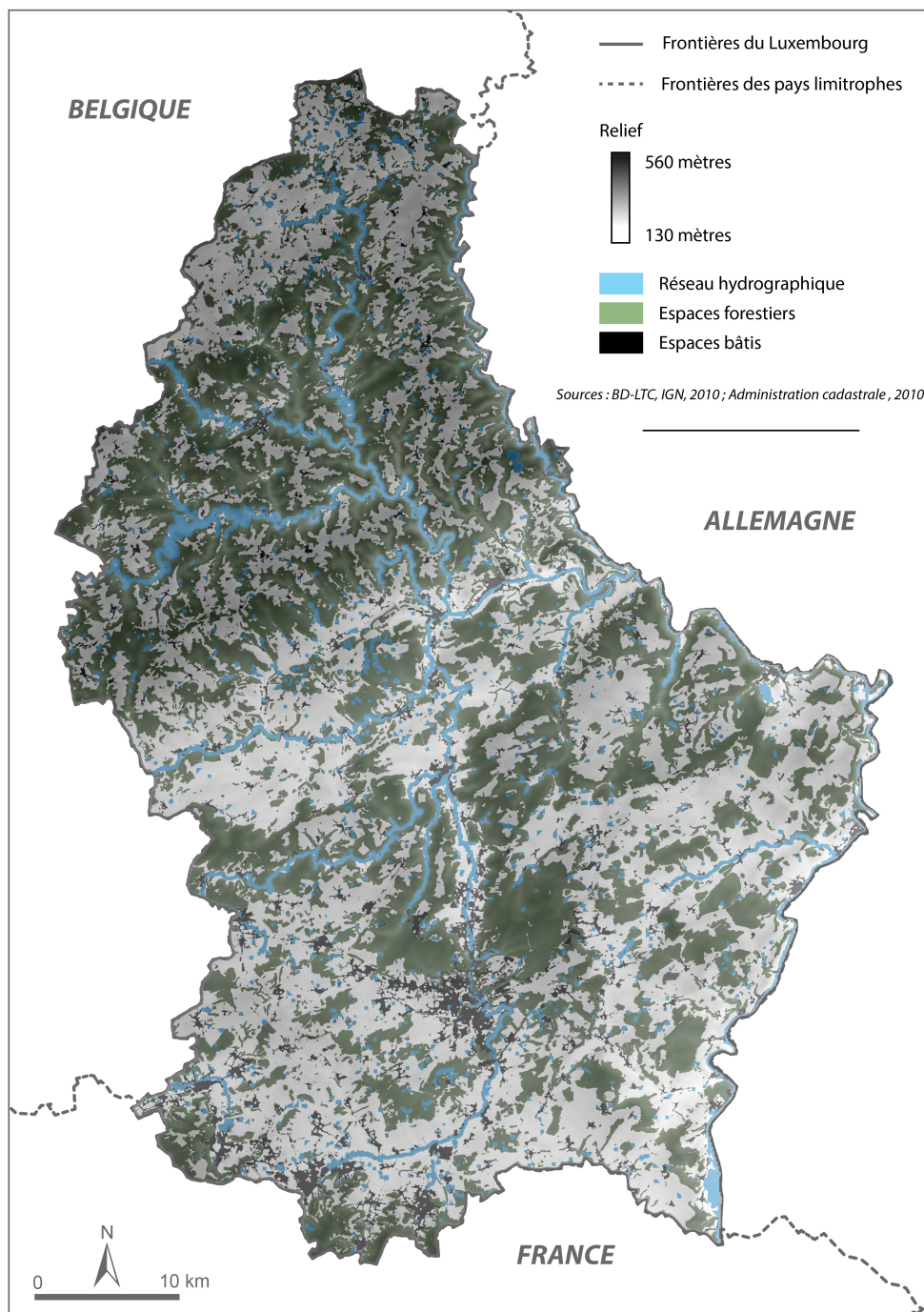


FIGURE 2.1 – Géographie physique du Luxembourg et occupation du sol

1.2. La géographie administrative du Luxembourg

Le Grand-Duché de Luxembourg dans ses frontières actuelles, est apparue en juin 1839 suite au traité de Londres⁴. Les limites du Luxembourg sont la conséquence de nombreux conflits militaires et des négociations qui y sont associées. Après 1839, les pays voisins tenteront plusieurs annexions en 1867 (France), 1870 (Allemagne), 1918 (Belgique) et 1940 (Allemagne) (Trausch, 2012). Ce caractère disputé révèle la position géographique stratégique et l'aspect frontalier d'interface du Luxembourg, entre l'Allemagne, la Belgique et la France (Gerber et Carpentier, 2013).

Politiquement, le Luxembourg est une monarchie constitutionnelle sous régime parlementaire. Le chef d'État est Son Altesse Royale le Grand-Duc Henri, héritier de la fonction depuis le 7 septembre 2000. Depuis le 4 décembre 2013, le premier ministre est le démocrate Xavier Bettel, désigné comme formateur du gouvernement depuis les élections législatives d'octobre 2013 et le départ de Jean-Claude Juncker. Le gouvernement actuel est formé d'une coalition qui comprend le Parti Démocrate (parti libéral), le Parti Ouvrier socialiste luxembourgeois et les Verts. Le gouvernement propose des lois qui sont ensuite votées en deux fois par la Chambre des Députés, et finalement promulguées par le Grand-Duc.

Le système administratif luxembourgeois est composé de trois districts : Diekirch, Grevenmacher et Luxembourg. Des commissaires de district (fonctionnaires) sont nommés par le Grand-Duc afin de vérifier la bonne application des lois par les autorités locales. Les commissaires ont un pouvoir judiciaire mais n'ont pas de pouvoir exécutif (Decoville, 2008). Les districts sont découpés en douze cantons. Ces derniers ne possèdent pas de rôle administratif, mais servent de circonscription électorale. Au 1^{er} janvier 2012, le Luxembourg comporte 106 communes, contre 116 au 1^{er} janvier 2010 et 118 précédemment, du fait d'une politique de fusion communale. L'ensemble de ces découpages sont présentés sur la figure 2.2. Les communes sont des entités administratives indépendantes, avec des bourgmestres élus au suffrage universel. Seuls l'État et les communes ont un rôle exécutif. Du fait du lien direct entre l'État et les communes, sans niveau intermédiaire, le Luxembourg est un des pays les plus décentralisé d'Europe.

La capitale du Luxembourg est Luxembourg (*Lëtzebuerg* en luxembourgeois), plus communément appelée Luxembourg-Ville pour limiter les confusions avec le pays. Avec plus de 100 000 ha-

4. Le traité de Londres est en fait composé de deux traités et d'un acte d'accession. Le premier traité a été signé par la France, l'Autriche, la Grande-Bretagne, la Prusse, la Russie et les Pays-Bas afin de déclarer la séparation entre Belgique et Pays-Bas. Le deuxième traité concerne la Belgique et les Pays-Bas et a vu la séparation du Grand-Duché de ce qui est aujourd'hui la province de Luxembourg en Belgique. Enfin, un acte d'accession a été signé par la Confédération Germanique.

bitants, c'est la ville la plus peuplée du pays. Malgré sa petite taille, Luxembourg-Ville est une métropole, c'est-à-dire, un espace d'émergence d'une ou plusieurs « villes principales via une concentration croissante des services », (Veltz, 1996). Selon la définition établie par Ascher (1995), une métropole peut être appréhendée par le périmètre des activités urbaines quotidiennes dans le voisinage d'une grande agglomération. Elle repose sur trois critères : plus de 100 000 habitants, multifonctionnelle, et avoir des relations économiques avec d'autres agglomérations étrangères. Nous le verrons par la suite, la majeure partie des emplois sont situés dans la capitale (Bousch, 2010). L'une des particularités majeures du Luxembourgeois est donc d'avoir une structure administrative décentralisée tout en étant très monocentrique fonctionnellement, c'est-à-dire spatialement organisé.

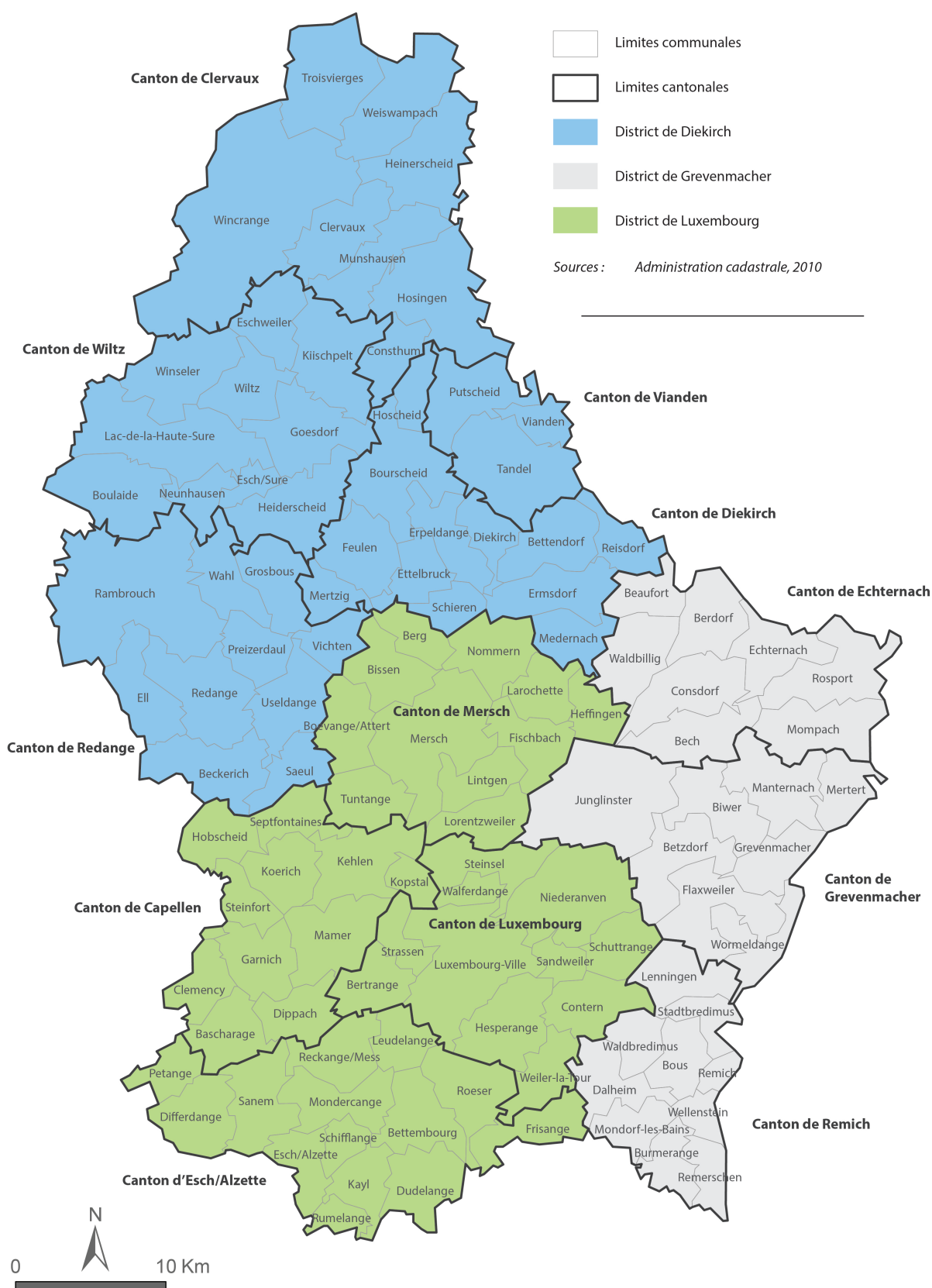


FIGURE 2.2 – Les découpages administratifs du Luxembourg

2. L'aménagement du territoire au Luxembourg, un bref historique

La politique d'aménagement du territoire est relativement contemporaine et peut s'expliquer par l'histoire récente de ce pays d'Europe occidentale. Pendant très longtemps, le cadre législatif ou les instruments de régulations ont été peu nombreux, mais non nécessaires du fait d'enjeux territoriaux limités (Chilla et Schultz, 2012).

Les premières dispositions au sujet de l'aménagement local au Grand-Duché datent de la loi du 12 juin 1937. Le premier article de ce texte stipule que « toute localité de 10 000 habitants et au-dessus est tenue d'avoir un projet d'aménagement. La même obligation incombe : a) aux localités en voie d'accroissement, aux stations balnéaires et aux agglomérations présentant un caractère pittoresque, artistique ou historique [...]; b) aux communes qui auront demandé leur assujettissement à la présente loi; c) aux associations, sociétés ou particuliers qui entreprennent de créer ou de développer des lotissements de terrains ou des groupes d'habitations ». La définition d'un projet d'aménagement est donnée dans l'Article 2. Il comprend « a) un plan d'alignement qui fixe la direction, la largeur et le niveau des voies à créer ou à modifier [...] b) un plan de lotissement qui réserve les terrains destinés aux voies, places, édifices et jardins publics, aux terrains de jeux et aux espaces libres divers; c) un plan avec un programme d'extension, déterminant les servitudes hygiéniques, archéologiques et esthétiques [...]. Les plans et programmes fixent l'écartement des constructions entre-elles, de même que leur hauteur ». La suite des articles du texte de loi détermine essentiellement les modalités de mise en application. Toutefois, on peut relever deux autres articles relativement déterminants. L'Article 6 décrit la mise en place d'une *Commission d'Aménagement* nommée par le Ministre dans le but d'aider les communes et les particuliers « dans l'application de la loi ». Enfin l'Article 11 introduit la notion d'utilité publique (et les mesures d'expropriations qui y sont liées). De fait, même s'il est encore difficile de parler de politique nationale d'aménagement du territoire en 1937, le gouvernement de l'époque montre déjà une volonté de régulation des projets de constructions. Cette régulation intervient au plus haut niveau de l'État, tout plan d'aménagement devant être validé par le Conseil d'État⁵.

La notion d'aménagement général du territoire est finalement introduite au Luxembourg par la loi du 23 mars 1974 (Chilla et Schultz, 2012). Le premier chapitre de cette loi est dédié à la définition des objectifs et des moyens mis en œuvre. L'Article premier est explicite quant à la notion de bien commun; il stipule que « l'aménagement du territoire a pour objet d'assurer aux habitants du pays,

5. Le Conseil d'État est une institution indépendante du gouvernement qui a pour but de garantir le respect de la Constitution.

dans une perspective à long terme, les meilleures conditions de vie, tant matérielles que morales, en promouvant, en fonction du bien-être commun, la mise en valeur harmonieuse du territoire par l'utilisation et le développement optimum de ses ressources ». Ce premier article peut donc être considéré comme l'objectif global de l'aménagement au Grand-Duché. Dans l'Article 2, les objectifs intermédiaires sont énumérés :

- « l'amélioration des conditions de vie de la population et l'assainissement de l'environnement,
- l'amélioration de l'habitat et le développement harmonieux des structures urbaines et rurales,
- la valorisation optimale des ressources économiques,
- la protection de la nature et la sauvegarde des ressources naturelles,
- la conservation et le développement du patrimoine culturel national. »

Les objectifs sont donc définis à l'échelle nationale, par le gouvernement mais également en collaboration avec les pays voisins dans un souci de coordination. La loi introduit également la création du Conseil supérieur de l'aménagement du territoire et d'un comité interministériel afin de faciliter les prises de décisions. Dans ce texte apparaît pour la première fois le *Programme Directeur* qui est le premier document de planification à l'échelle du Luxembourg. Enfin, cette loi de 1974 amende celle de 1937 en obligeant l'ensemble des municipalités à se doter d'un plan d'aménagement au lieu des seules communes de plus de 10 000 habitants ou ayant un intérêt particulier (Chilla et Schultz, 2012).

La 21 mai 1999, une nouvelle loi d'aménagement du territoire est votée au Luxembourg afin d'actualiser la précédente rédigée 25 ans plus tôt, et de mieux correspondre aux enjeux auxquels le Grand-Duché est confronté. L'objectif premier reste inchangé à la différence que la quête du bien commun doit s'effectuer dans le respect des particularités et des ressources régionales. On comprend dès lors qu'il ne s'agit pas d'apposer une solution unique sur l'ensemble du pays, mais de définir localement des règles afin d'atteindre les objectifs nationaux et internationaux. Par ailleurs, c'est la première fois que la notion de développement durable est mentionnée dans un document législatif luxembourgeois, l'adjectif de durabilité ayant remplacé le *développement optimum* de 1974.

Le programme directeur d'aménagement du territoire de 2003 fait l'objet de définitions plus précises qu'en 1974. Le programme directeur devient la synthèse nationale des plans directeurs régionaux et des plans directeurs sectoriels ; c'est un document d'orientations générales, sur la base de la loi de 1999. D'un point de vue pratique, le programme directeur est composé de deux docu-

ments, respectivement de 224 et 77 pages. Le premier volume contient une longue introduction présentant les objectifs et enjeux, un diagnostic de la situation du Grand-Duché, les principales orientations gouvernementales ainsi que les grandes mesures à mettre en œuvre. Le second volume est le fruit de la concertation entre les différents acteurs institutionnels dans le cadre de la constitution du programme directeur. Il contient un catalogue relativement exhaustif des mesures et propositions recueillies dans le cadre de ces concertations. Le programme directeur peut être vu comme le plan national luxembourgeois pour le développement durable des territoires. En introduction, le contexte et les objectifs sont rappelés et sont rassemblés autour de la question : « Comment garantir à chaque région un développement dynamique et harmonieux reflétant la cohésion économique, sociale et territoriale souhaitée, tout en réduisant la consommation d'énergie, des ressources naturelles et des surfaces non bâties » (Ministère de l'Intérieur, 2003).

Les plans sectoriels ont une portée législative forte et précisent les règles adoptées nationalement en fonction des secteurs d'activités définis par la loi. Il y a actuellement quatre plans sectoriels en cours d'élaboration au Luxembourg : le plan sectoriel transports, le plan sectoriel de préservation des grands ensembles paysagers, le plan sectoriel des zones d'activités économiques et le plan sectoriel logement. Les plans sectoriels sont, selon une directive européenne s'appliquant obligatoirement au Luxembourg, discutés au sein de débats publics et des avis sont nécessaires afin de valider les positions prises dans ces documents. N'étant pas encore validés, ils ne permettent pas de mettre en application les objectifs du programme directeur mais doivent devenir à terme, « des instruments clés de la politique luxembourgeoise d'aménagement du territoire » (Chilla et Schultz, 2012).

La loi de 1999 introduit également les Plans d'Occupation du Sol. Comme les anciens POS français, désormais remplacés par les Plans Locaux d'Urbanisme, ces plans sont destinés à conférer à certaines parcelles cadastrales, bien délimitées, une affectation précise. La différence avec les documents français est que ce document est constitué à l'échelle nationale, notamment dans le cadre de grandes opérations d'aménagement (aéroport, équipements collectifs, infrastructures autoroutières...).

La loi d'aménagement local du 19 juillet 2004 concernant l'aménagement communal et le développement urbain (et qui a été profondément amendée en 2005, 2008, 2011 et 2013), permet de définir, au niveau local, les instruments d'application des politiques nationales (Chilla et Schultz, 2012). À ce titre, deux documents de planification établis à l'échelle communale entrent en compte : le Plan d'Aménagement Général (PAG) et le Plan d'Aménagement Particulier (PAP). Le plan d'amé-

nagement général est l'équivalent du PLU en France. Il contient un ensemble de prescriptions graphiques et écrites à caractère réglementaire. Le plan d'aménagement particulier apporte quant à lui des précisions sur des zones spécifiques des plans d'aménagement généraux, pour des opérations concrètes d'aménagement, notamment à l'échelle des « nouveaux quartiers » ou des « quartiers existants ».

Nous venons d'évoquer brièvement les textes législatifs fondateurs de la politique d'aménagement du territoire. Ces lois introduisent des concepts et des notions au niveau national, en tenant compte des enjeux internationaux. Une synthèse illustrant les différents niveaux de planification figure sur le schéma 2.3. Nous allons maintenant présenter les principaux objectifs de l'aménagement au Luxembourg auxquels ces politiques veulent répondre. Dans un second temps, nous reviendrons sur les normes et les règles contenues dans les documents de planification évoqués plus haut.

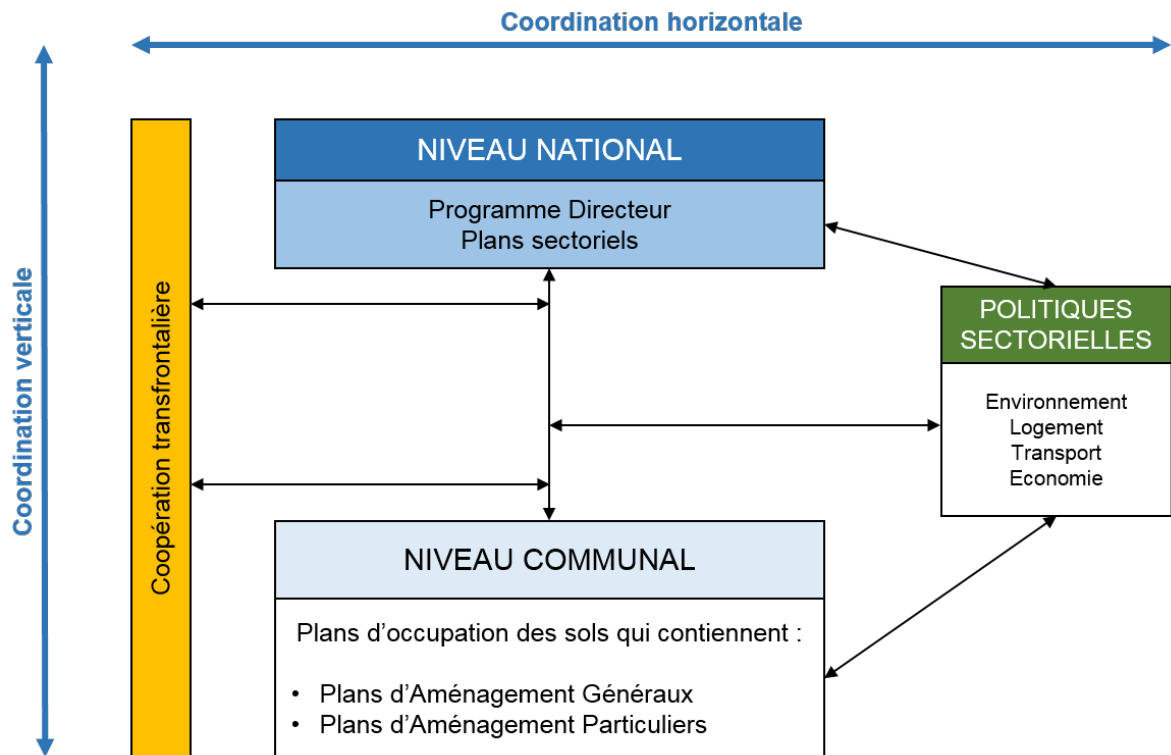


FIGURE 2.3 – Schéma de principe de l'organisation de l'aménagement du territoire au Luxembourg, d'après le Programme Directeur d'Aménagement du Territoire, ministère de l'Intérieur, 2003

3. Les grands objectifs de l'aménagement du territoire au Luxembourg

Le Luxembourg est confronté à trois objectifs principaux en matière d'aménagement : i) répondre à la demande en logement afin de localiser la forte croissance démographique ; ii) limiter la consommation foncière issue de cette même consommation foncière et iii) réduire la dépendance automobile et amoindrir les conséquences néfastes de la circulation automobile.

3.1. Répondre à la demande en logements

Depuis plusieurs décennies, le Luxembourg doit faire face à de fortes dynamiques démographiques, en partie dues à la dynamique économique plutôt favorable. Comme nous le verrons, l'évolution de la population est très liée à l'évolution du PIB⁶. La croissance de la population conduit inexorablement au développement résidentiel, nécessaire pour absorber tout ou partie de cette croissance, qu'elle soit interne au Grand-Duché, dont l'accroissement naturel est positif depuis des années, ou externe puisque les flux migratoires vers le Luxembourg ne cessent d'augmenter. Depuis la fin de la Seconde Guerre Mondiale, et comme de nombreux pays occidentaux, le Luxembourg connaît des mutations de la société civile conséquentes (Trausch, 2012). La baisse du nombre de mariages, du nombre d'enfants, mais parallèlement la hausse des concubinages, des divorces, et une augmentation de l'espérance de vie, conduisent à une augmentation plus rapide du nombre de ménages. À l'heure actuelle, ces modifications sont en grande partie la cause de la forte demande en logements.

3.1.1. Une population croissante...

À l'exception des périodes correspondant aux deux grands conflits mondiaux, la population luxembourgeoise n'a cessé de croître depuis le début du XIX^{ème} siècle. Alors qu'il y avait 134 082 habitants en 1821, le seuil des 300 000 habitants a été franchi au début des années 50, le seuil des 400 000 habitants a été dépassé à la moitié des années 1990 et le seuil de 500 000 habitants a été atteint en 2010. Il semblerait donc que la tendance de croissance de la population continue et connaît même une certaine accélération depuis les années 1980.

Rapportée en base 100, comme le montre la figure 2.4, la croissance est encore plus flagrante. Il est également possible de comparer deux évolutions, celle de la population totale et celle du nombre de ménages. On voit très bien que sur cette période, allant de 1900 à 2011, l'évolution du nombre de

6. Produit Intérieur Brut

ménages est beaucoup plus importante que celle de la population. L'écart s'accroît au lendemain de la Seconde Guerre Mondiale, où la population luxembourgeoise connaît des changements sociétaux majeurs. Or, plus que la croissance de la population, c'est la croissance du nombre de ménages qui constituent le moteur de la demande en logements.

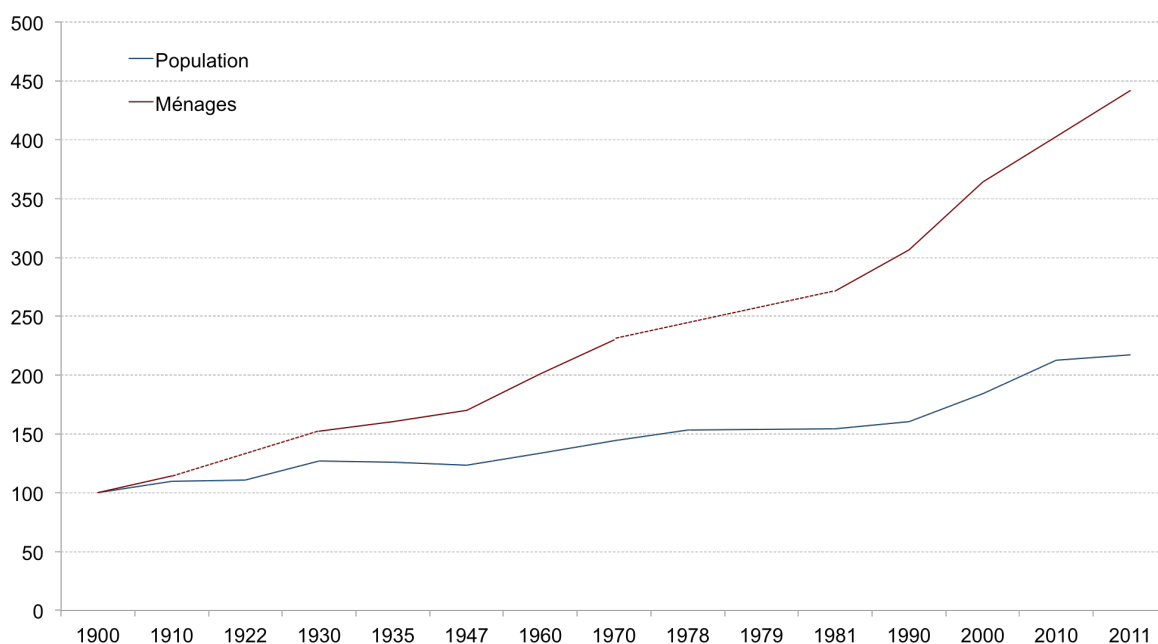


FIGURE 2.4 – Evolution de la population totale et des ménages au Luxembourg entre 1900 et 2011, Base 100 en 1900 (source : STATEC, 2011)

L'analyse de l'évolution de la taille des ménages au XX^{ème} siècle confirme l'idée d'un changement sociétal. Dès l'entre-deux guerres, le nombre de grands ménages, de cinq personnes ou plus, diminue. Cette baisse est contrebalancée par une forte augmentation des petits ménages, composés d'une à deux personnes. D'ailleurs, le nombre de ménages d'une personne augmente de façon assez exponentielle. Depuis la fin des années 1990, c'est même la classe qui a le plus grand effectif. Il est curieux de noter qu'à partir de 1991, le nombre de ménages de plus de cinq personnes augmente de nouveau. Cette inversion de tendance peut s'expliquer par le nombre croissant d'étrangers au Luxembourg, dont le taux de fécondité est plus important que celui des résidents luxembourgeois. Ainsi, l'évolution de la taille des ménages explique en grande partie le changement structurel de la population luxembourgeoise, qui comme un grand nombre de ses pays voisins, est confronté à la nécessité de fournir un logement à un nombre de plus en plus élevé de personnes vivant seules ou en couple.

Si on observe plus attentivement le taux de croissance annuel tel que représenté par la figure

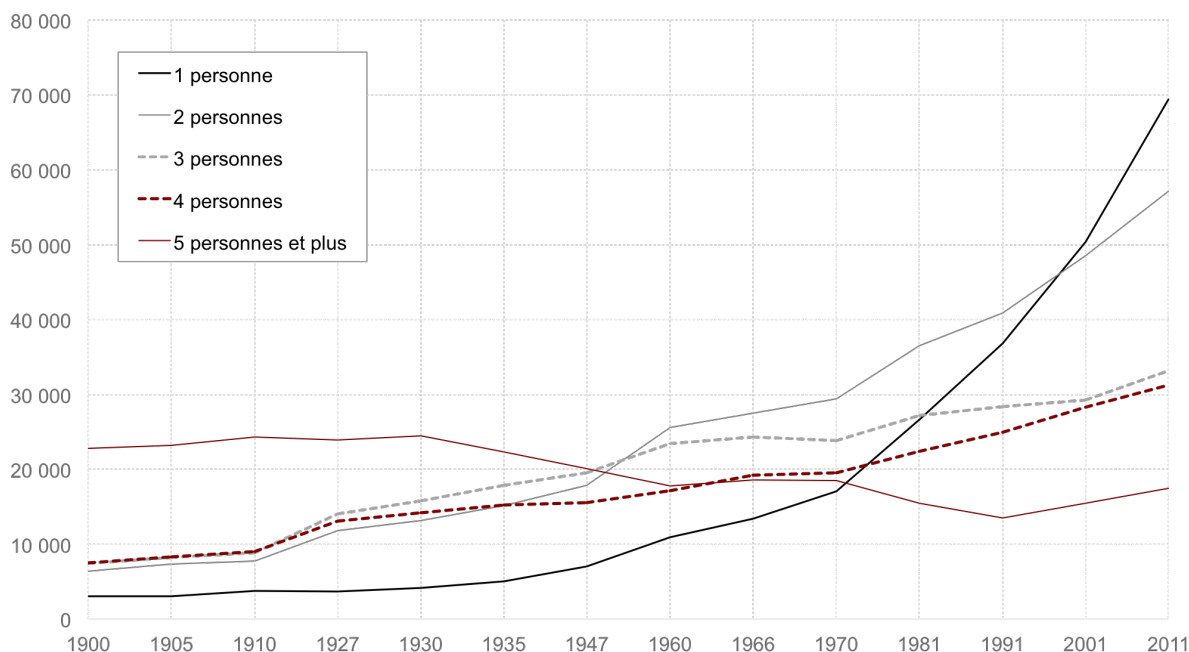


FIGURE 2.5 – Evolution de la taille des ménages au Luxembourg entre 1900 et 2011 (source : STAT-TEC, 2011)

2.6, on constate malgré un taux positif depuis 1960, certaines variations périodiques. On peut noter la présence de deux pics de croissance au milieu des années 1960 et 1970. Les années 1960 sont marquées par la fin de la période dite du *baby-boom* et de la croissance démographique de la fin de la guerre, un regain de l'activité industrielle, appuyée par une large dynamique d'innovation, ainsi que des débuts du Luxembourg en tant que place financière (Trausch, 2012). Les tendances observées dans les années 1970 correspondent à la combinaison de l'apparition d'une industrie nouvelle, qui amorce la transition de la sidérurgie vers le caoutchouc et les matières plastiques, et le développement des activités économiques et financières du pays.

L'évolution du produit intérieur brut et de l'évolution du nombre d'habitants sont plutôt bien corrélées. En effet, comme le montre la figure 2.6, on observe des similitudes dans le comportement des deux courbes. Même si les ordres de grandeur des variations des deux variables ne pas tout à fait équivalents, les fluctuations sont relativement identiques. Lorsque le PIB croît, et surtout lorsqu'il augmente de façon importante, la population augmente, peut-être avec un léger décalage temporel. À l'inverse, lorsque le PIB chute, comme lors de la crise de 1973, la population augmente beaucoup moins vite. Ce phénomène n'a toutefois pas été observé à la suite de la crise de 2008 et à son soubresaut de 2010. Cela s'explique, entre autres, par le faible nombre d'habitants au Luxembourg. En effet, ce pays connaît moins d'inertie que les autres et reste assujettis à des politiques de migrations relativement imbriquées au marché du travail.

La seconde tendance démographique commence au milieu des années 1980. Elle continue encore dans les années 2010 et correspond à une croissance relativement soutenue de la population, de l'ordre de 1,5% par an. D'après les données récoltées par EUROSTAT, ce serait le taux de croissance le plus élevé d'Europe. Une fois encore la croissance démographique peut s'expliquer en partie par les bons résultats économiques du Grand-Duché (comparativement à ses homologues européens). Parallèlement, il convient d'analyser plus précisément les déterminants démographiques de la croissance de la population luxembourgeoise.

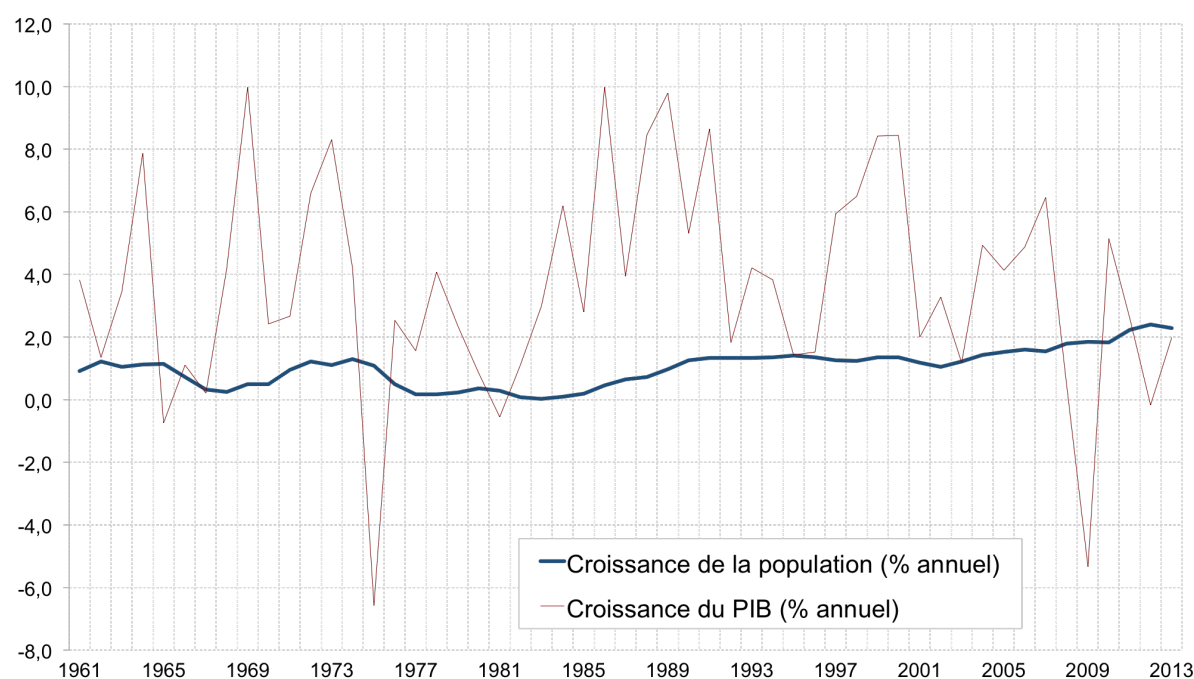


FIGURE 2.6 – Taux de variation de la population et du PIB au Luxembourg entre 1960 et 2010 (source : EUROSTAT, 2010)

La superposition des courbes de variations de la population, dues au solde naturel⁷ et au solde migratoire⁸ permet d'expliquer la variation totale de la population luxembourgeoise, comme le montre la figure 2.7. L'accroissement naturel est toujours positif et relativement élevé entre 1960 et 2010, à l'exception d'une baisse dans les années 1970 probablement due à certains changements sociétaux. Surtout, on constate que la courbe de variation de population due au solde migratoire suit largement la courbe de variation totale de la population. On retrouve, dans les mêmes mesures, les variations observées au milieu des années 1960 et 1970 et la tendance de fond depuis le milieu des années 1980.

7. Le solde naturel est la différence entre les naissances et les décès

8. Le solde migratoire est la différence entre les flux entrants et sortants au sein d'un espace donné

Une grande partie de la croissance démographique du Luxembourg est donc due aux flux migratoires, parmi les plus conséquents d'Europe derrière l'Irlande (notamment au début des années 2000) et Chypre (plus récemment). Il en résulte une croissance forte la population étrangère dans la population totale de 29,4% en 1991, puis 36,9% en 2001. Les étrangers représentent en 2011 43% de la population totale au Luxembourg (STATEC, 2014). Face à ces dynamiques, la construction de logements constitue un réel enjeu pour le Grand-Duché, sans pour autant que la demande soit répartie de manière équivalente sur tout le territoire.

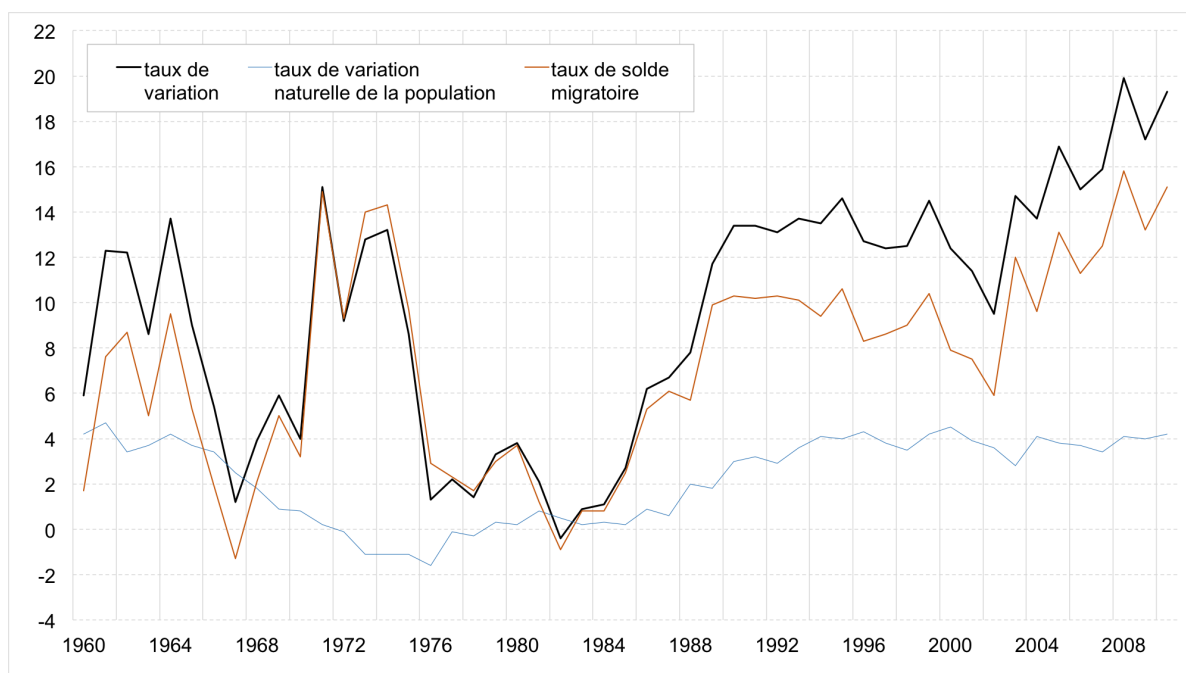


FIGURE 2.7 – Taux de variations de la population entre 1960 et 2010 au Luxembourg (source : EUROSTAT, 2010)

Ainsi, les deux cartes de la figure 2.8 sont issues de l'*Atlas du Luxembourg*, paru en 2009 (Bousch et al, 2009). Elles présentent, en 1843 et en 2001, la répartition de la population à l'aide d'un indicateur de densité établi sur une même base 100 (Gerber et al, 2009). On constate que les logiques résidentielles ont évolué au cours de la période considérée, avec un point commun, le caractère monocentrique du Grand-Duché. La capitale du pays concentre et a toujours concentré une grande partie de la population. Au milieu du XIX^{ème} siècle, l'ensemble du Luxembourg semble urbanisé, de façon modérée mais uniformément sur l'intégralité du territoire. Avec le temps, les contrastes territoriaux se sont renforcés et les centralités se sont accrues. En 2001, les principales densités du pays, hormis dans la capitale, se trouvent dans le Sud Minier, dans l'agglomération de la Nordstad et de façon plus anecdotique dans quelques communes frontalières avec l'Allemagne.

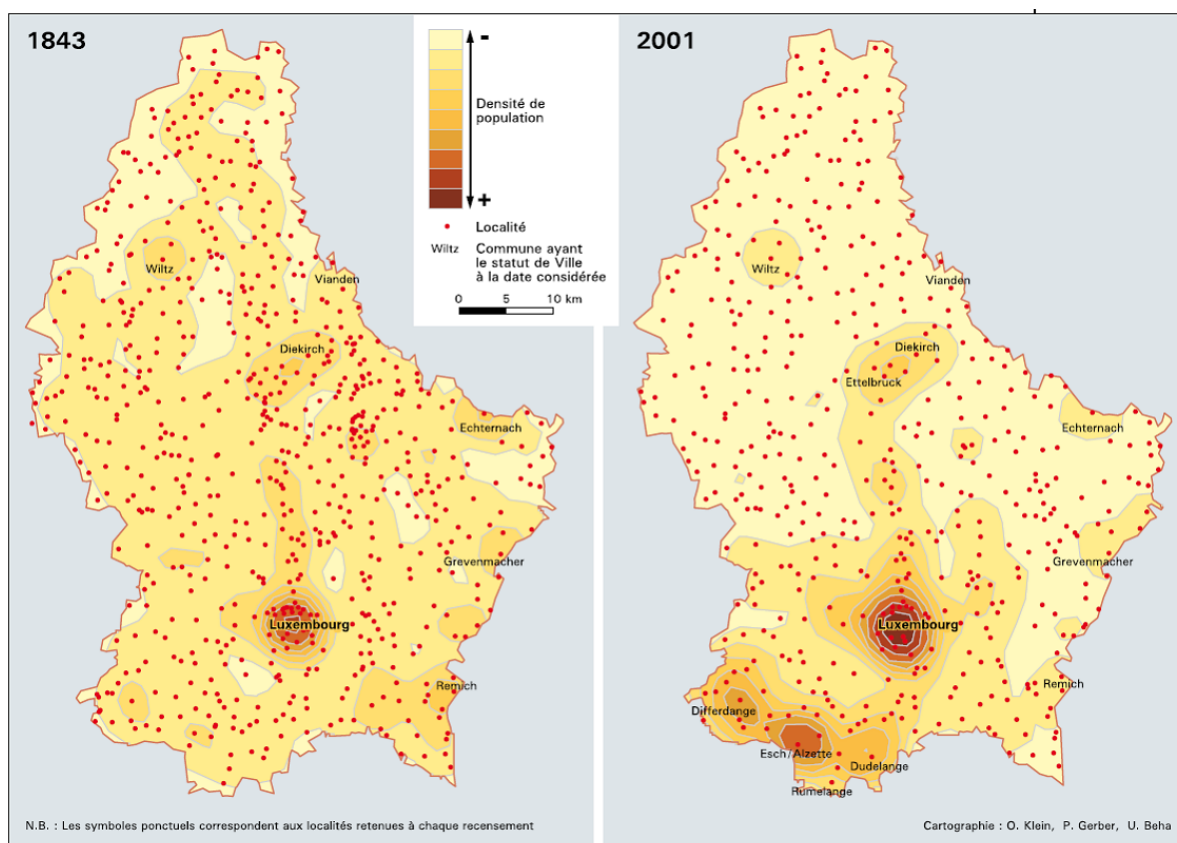


FIGURE 2.8 – Répartition de la densité de population au Luxembourg à l'échelle des localités en 1843 et 2001 (Source : Gerber et Klein, 2009)

La carte suivante, de la figure 2.9, illustre les dynamiques récentes de la croissance démographique à l'échelle des communes luxembourgeoises. Deux informations sont présentes : 1) la différence du nombre d'habitants en 2001 avec le nombre de 2011 et 2) l'évolution relative de ce même nombre d'habitants entre les deux dates. On peut relever deux caractéristiques principales. Représentées par des cercles proportionnels, les communes qui accueillent le plus grand volume d'habitants entre 2001 et 2011 sont Luxembourg-Ville (plus 18 000 habitants), Diffendange (plus 3 700 habitants), Esch-sur-Alzette (plus 3 000 habitants) tout comme une grande partie du Bassin Minier. La commune d'Hesperange, au sud-est de l'agglomération de Luxembourg-Ville, voit également sa population augmenter de près de 3 000 habitants. Dans le même temps, même si le volume de nouveaux résidents est moins conséquent, un grand nombre de communes ont vu leur population augmenter fortement de façon relative. Plus d'un tiers des municipalités luxembourgeoises (44 sur 116) ont connu une croissance démographique supérieure à 20%. Une vingtaine de communes connaissent même une croissance supérieure à 30% en dix ans. Comme le suggère la carte choroplèthe de la même figure 2.9, les augmentations les plus importantes ont lieu dans les communes périphériques à l'agglomération de la capitale. Les communes frontalières de Frisange et sa voisine Weiler-la-Tour, à l'extrémité sud du pays, ont connu une très forte croissance, tout comme un

certain nombre de communes à la frontière avec l'Allemagne (Bous, Lenningen, Manternach à l'est ; Beaufort, Berdorf, Reisdorf au nord-est). De même, un certain nombre de communes plus éloignées de la capitale, au nord du pays ont vu leur population croître rapidement. Parmi elles on peut relever Heiderscheid, Heinerscheid ou encore Munschausen, dont la proximité avec l'Allemagne et la Belgique, leur distance à la capitale et donc un immobilier plus accessible et un foncier plus disponible leur confèrent un attrait majeur. Entre 2001 et 2011, seules deux communes, en bleu sur la carte ont vu leur population décroître. Niederaanven, au nord-est de Luxembourg-Ville a perdu quinze habitants sur la période. Au nord-ouest de la capitale, Septfontaines a vu sa population diminuer de 33 résidents.

Pour pallier le différentiel entre les communes, l'État luxembourgeois, au travers d'un texte législatif du 22 octobre 2008, a institué le *Pacte Logement*. Les communes signataires, au nombre de 103, reçoivent des incitations financières en cas de croissance démographique. Pour chaque habitant au dessus de 1% de croissance démographique la municipalité touche 4 500 euros. Cette incitation est même supérieure pour les Centres de Développement et d'Attraction (7 650 euros par habitant) et les 39 communes prioritaires de l'IVL (6 750 euros)⁹. Malgré le montant important de cette enveloppe financière, qui se chiffre à plusieurs dizaines de millions d'euros, les conséquences de cette mesure resteraient mitigées (Hoffmann, 2012). Il semblerait qu'aucune différenciation spatiale de la croissance résidentielle ne soit constatée à l'échelle du pays.

9. La notion de Centre de Développement et d'Attraction ainsi que les communes prioritaires feront l'objet d'une présentation par la suite.

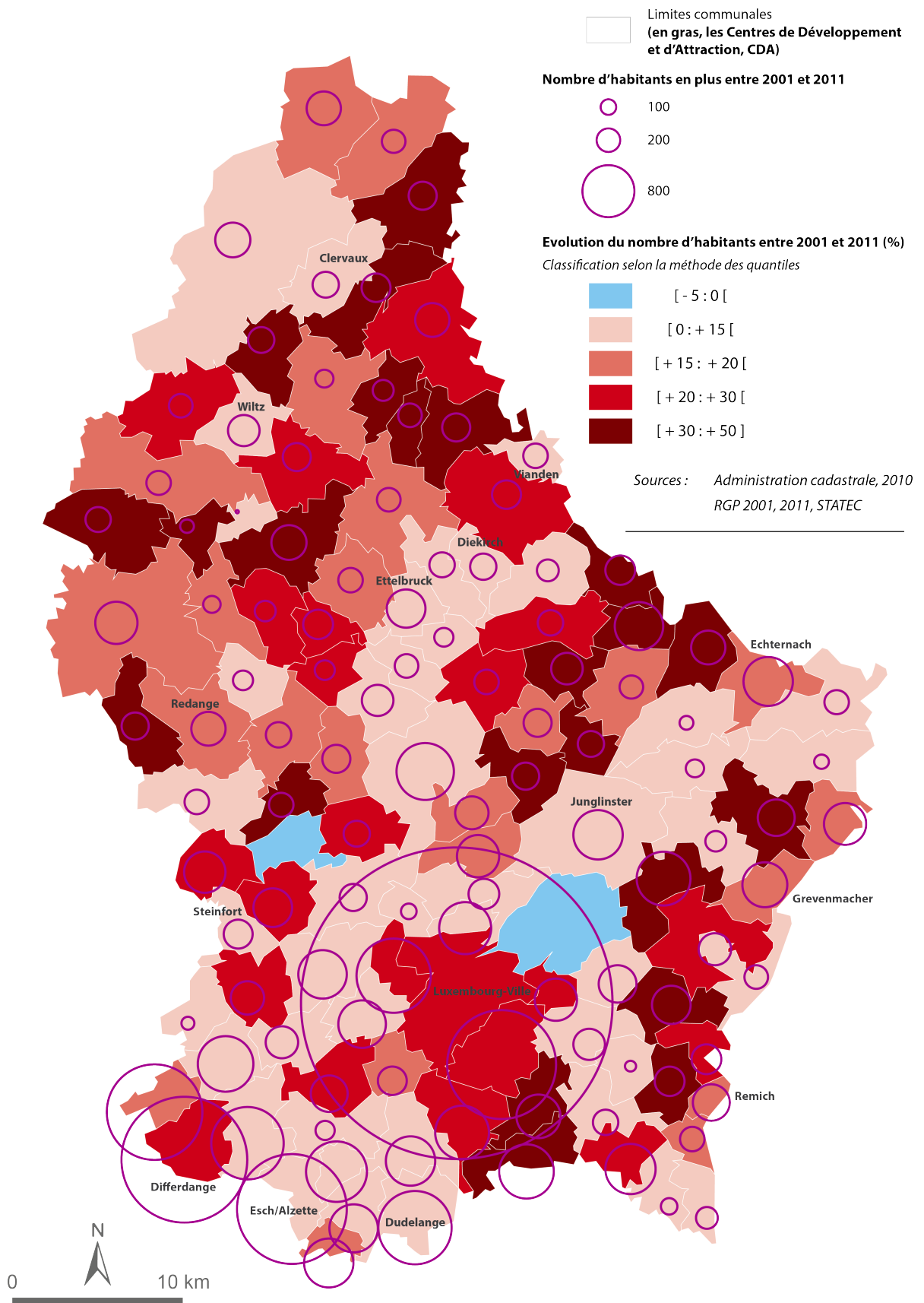


FIGURE 2.9 – Variations de population au Luxembourg entre 2001 et 2011

3.1.2. ... mais un taux de construction de logements peu élevé

Le Luxembourg souffre d'un déficit certain dans l'offre de logements. La dynamique de construction des dernières années ne suffit pas à combler ce manque. En effet, les données sur les bâtiments achevés publiées annuellement par le STATEC indiquent un taux moyen de construction de 3 500 logements par an en moyenne entre 2006 et 2011 (Zahlen, 2012). Selon les projections de l'organisme statistique, il faudrait près du double de logements construits par an, soit environ 6 500 logements pour absorber la croissance démographique et donc résidentielle des vingt prochaines années. Sur ces 6 500 logements, 4 000 seraient dédiés à l'absorption de la croissance démographique et plus de 2 000 au remplacement des logements vétustes.

La figure 2.10 présente les données du STATEC sur les bâtiments achevés, une statistique recueillie annuellement depuis 1970 qui recense les constructions qui ont eu lieu dans l'année en cours. Figurent sur ce graphique les données concernant les bâtiments (en rouge), les logements (en gris foncé) et les maisons individuelles (en gris clair). Ces trois courbes sont loin d'être régulières et présentent des oscillations notables. Au cours de la période considérée, on constate trois « pics » de construction, au milieu des années 1970, au milieu des années 1990 et, particulièrement, en 2008. Pour des questions méthodologiques relatives aux données, les années 1999 et 2000 ne sont pas exploitées. Les forts volumes des années 1970 correspondent assez bien aux flux de migrants évoqués précédemment. Face à l'arrivée massive de nouveaux habitants, il a fallu construire davantage de logements. Ces logements sont en grande partie des immeubles, comme le suggère le décalage entre la courbe représentant les maisons unifamiliales ou individuelles et le total des logements. Les années 1980 sont marquées par une baisse de la construction, notamment de logements collectifs. Cette tendance sera inversée l'année suivante, avec une construction de plus de 3 000 logements en 1993, un seuil qui n'avait pas été atteint depuis 1976 (Zahlen, 2012). Ce seuil symbolique ne sera à nouveau dépassé qu'en 2007 et surtout 2008, année où 4 444 logements seront construits, dont plus des deux-tiers en logements collectifs. Cette situation exceptionnelle est probablement due à la combinaison de deux facteurs que sont : 1) l'expiration au 31 décembre 2007 de mesures fiscales visant à faciliter la vente et l'achat de terrains et de construction¹⁰ et 2) la forte hausse des prix immobiliers entre 2005 et 2007 qui a favorisé les constructions de la part des promoteurs, rassurés quant aux possibilités de vente du fait d'une demande forte. Toutefois, cette bonne dynamique n'aura pas duré plus de deux ans. La crise de 2008 aura pour conséquence directe de freiner les investissements sur la construction. Ainsi dès 2009, on peut observer un ralentissement de la construction de logements. L'analyse des chiffres des années suivantes pourrait souligner un

10. Cette mesure législative était en place depuis la loi du 30 juillet 2002, avec pour objectif d'encourager la construction

retour à la hausse, de nouvelles données étant nécessaires pour étayer cette hypothèse.

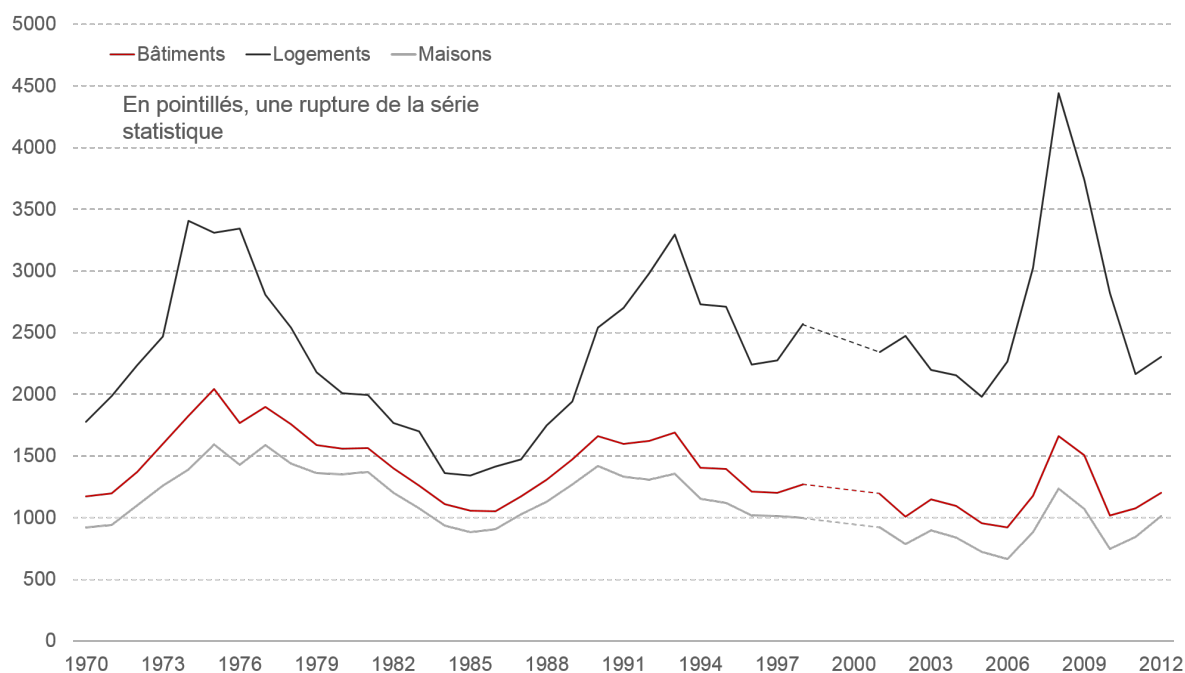


FIGURE 2.10 – Evolution des volumes de construction de bâtiments, logements et maisons unifamiliales au Luxembourg, Observatoire de l’Habitat, 2014

Le déficit de construction de logements n’est pas sans conséquence sur les prix constatés de l’immobilier au Luxembourg. Il serait difficile d’expliquer le marché immobilier luxembourgeois au travers de cette seule entrée. Néanmoins, il semble possible d’établir un lien entre la pénurie d’habitations, disponibles à la location ou à l’achat, et l’augmentation des prix immobiliers. La figure 2.11 illustre l’évolution des prix immobiliers, à l’achat et à la vente, pour les maisons et appartements, entre 2005 et 2014. Les prix de 2005 constituent la base 100, et les prix sont indiqués en euros courants (et ne tiennent pas compte de l’évolution des revenus et de l’inflation qui est restée relativement faible au cours de cette période). Ces données ont été collectées à partir des prix annoncés par les diffuseurs par l’Observatoire de l’Habitat¹¹. Malgré quelques oscillations conjoncturelles, les tendances sont à la hausse pour toutes les variables considérées. En comparaison, ce sont les appartements qui subissent les hausses les plus fortes, avec plus de 50% d’augmentation en 10 ans, suivis par les achats de maisons (plus 42%) et les locations d’appartements (plus 38%). Les locations de maisons ont connu une hausse plus modérée avec « seulement » 20% d’augmentation sur les prix des loyers.

11. L’Observatoire de l’Habitat est une structure conjointe au ministère du Logement et au LISER (anciennement CEPS/INSTEAD)

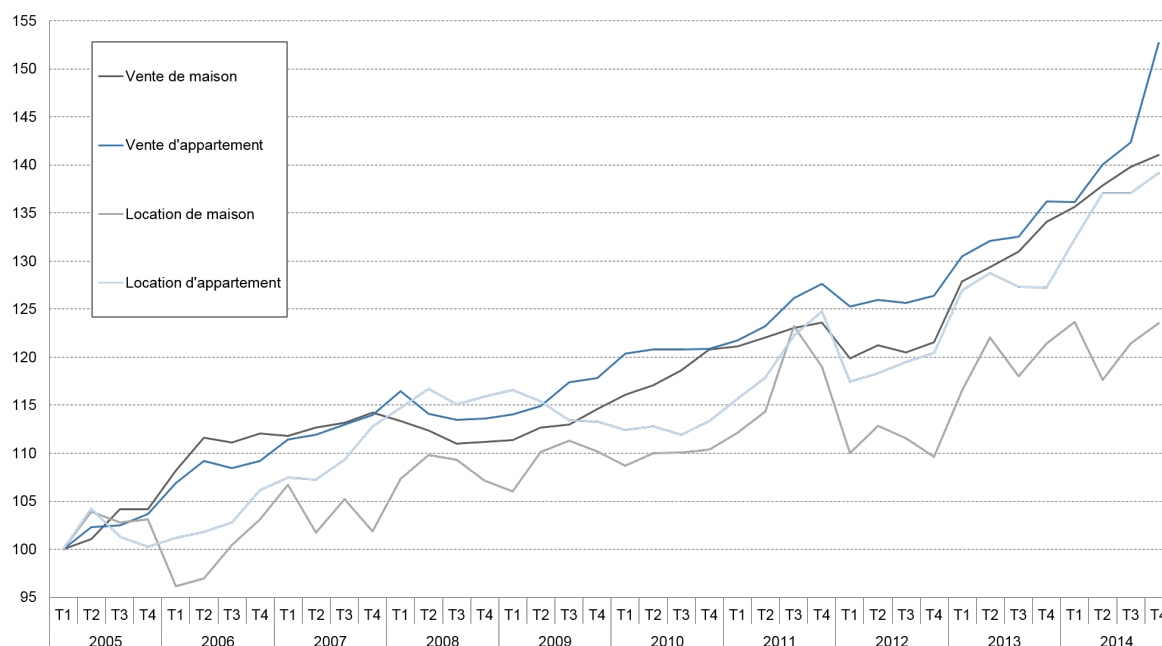


FIGURE 2.11 – Evolution des prix de l’immobilier ay Luxembourg, à partir d’une base 100 en 2005, Observatoire de l’Habitat, 2014

Cette situation du logement au Luxembourg a des conséquences sur les difficultés de logements pour les potentiels résidents, qui préfèrent parfois bénéficier du différentiel frontalier pour aller trouver un logement moins onéreux en Allemagne, en Belgique ou en France (Gerber et Liche-ron 2010). Le faible taux de construction, au regard des dynamiques démographiques, peut s’ex-pliquer par la politique d’aménagement du territoire luxembourgeois. La relative lenteur des procé-dures administratives, notamment la signature des permis de construire, constituerait un frein à la construction (OCDE, 2012). De même, la faiblesse des impôts locaux, encore basés sur des valeurs de 1941, engendre une certaine rétention des terrains potentiellement constructibles par les pro-priétaires.

La carte de la figure 2.12 présente la répartition, à l’échelle communale, des prix moyens annon-cés à l’achat pour une maison. Les prix annoncés ne sont pas les prix de vente, mais les prix figurant sur les annonces publicitaires. Ces données sont collectés en permanence par l’Observatoire de l’Habitat et au LISER afin de produire des indicateurs du marché immobilier. La répartition des prix moyens pour une maison au Luxembourg suit un modèle concentrique. Les prix les plus élevés se trouvent à Luxembourg-Ville et surtout dans son agglomération. Sept communes dépassent le mil-lion d’euros en moyenne pour l’achat d’une maison ; elles sont toutes contiguës et localisées sur la partie nord de l’agglomération. D’ouest en est, il s’agit des communes de Mamer, Strassen, Kopstal, Walferdange, Steinsel, Niederaven et Schuttrange. Ces communes ont la particularité d’être à proxi-

mité immédiate de la capitale tout en offrant une bonne accessibilité aux espaces naturels, ce qui en fait des espaces à forte pression foncière, expliquant une bonne partie des prix importants de l'immobilier. Le modèle concentrique se prolonge par une ceinture de communes à peine moins chères, où le prix est en moyenne inférieur à 900 000 euros pour l'acquisition d'un bien immobilier. Les prix les moins élevés se situent dans le tiers nord du pays, et dans quelques communes du sud minier. Si les prix observés dans le nord du Grand-Duché sont principalement dus à la distance qui le sépare de la capitale et des principaux emplois, les prix constatés dans le sud sont plus difficiles à interpréter. La faible moyenne (de façon relative) des prix annoncés pour acheter une maison dans les communes de Differdange, Dudelange ou encore Schiffange peut s'expliquer par la nature de l'offre. Les biens à vendre y sont généralement plus petits, puisque la majeure partie du bâti résidentiel de ces communes est composée de maisons de villes, jumelées ou en bandes. D'ailleurs, une analyse des prix moyens, rapportés au mètre carré (permettant de ne pas tenir compte de la surface des logements), donne une répartition similaire à celle observée sur la figure 2.12.

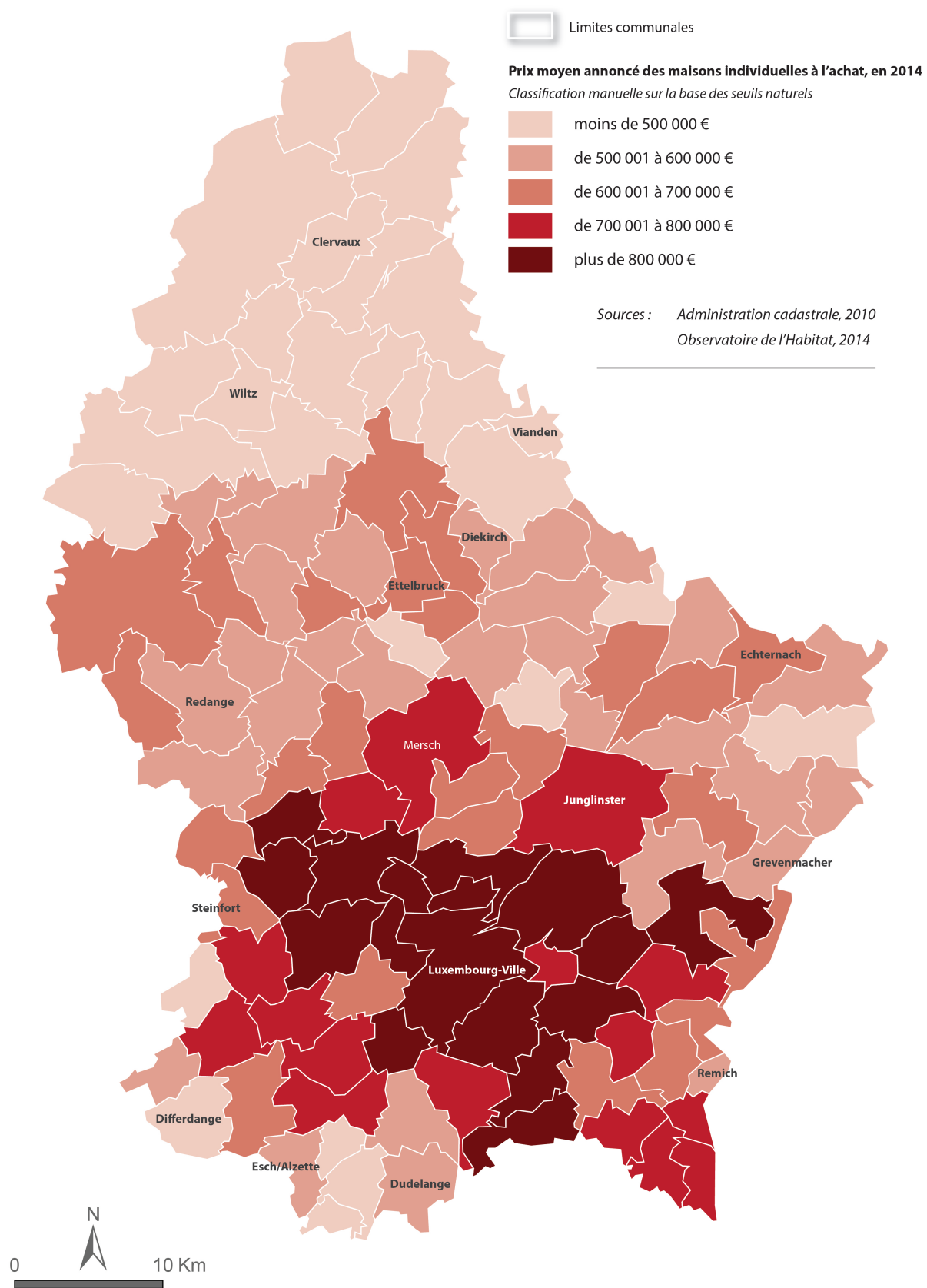


FIGURE 2.12 – Prix moyens annoncés à l'achat pour une maison individuelle au Luxembourg en 2014

3.2. Limiter la consommation foncière

Le paradoxe luxembourgeois réside dans le fait qu'il faille à la fois répondre à la forte demande en logements tout en limitant les conséquences spatiales de cet objectif. Les terrains disponibles à l'urbanisation sont limités et les constructions sont souvent de taille conséquente, conformément à la surface moyenne importante des logements luxembourgeois et à la forte proportion de maisons individuelles.

3.2.1. Description des logements luxembourgeois

Le parc immobilier luxembourgeois se distingue notamment par des surfaces conséquentes des logements, largement supérieures aux surfaces observées en France ou en Belgique, avec 60% des logements ayant une surface de plus de 100m²¹². La moyenne de la surface des logements est de 144m². Le Luxembourg est le troisième pays européen, derrière Chypre (156 m²) et l'Islande (147 m²). La surface moyenne des logements luxembourgeois est également nettement supérieure à celle observée dans les 28 pays membres de l'Union Européenne, qui est de 102 m². Le gouvernement luxembourgeois aurait récemment déclaré vouloir diminuer la surface moyenne des logements de 25 à 30%.

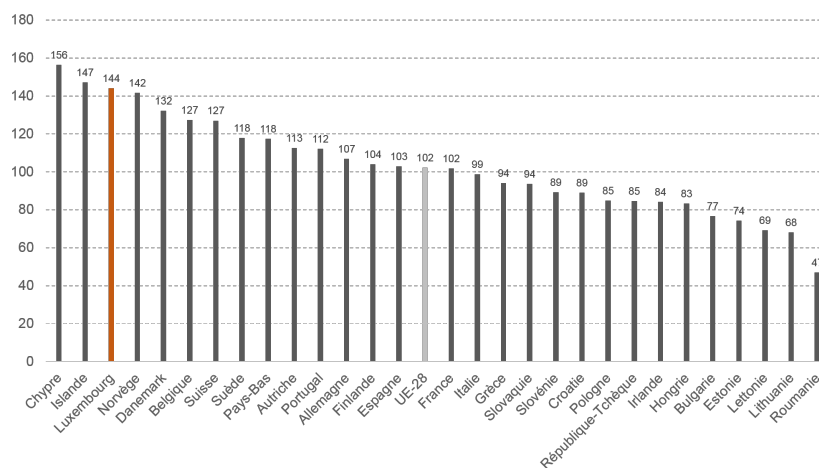


FIGURE 2.13 – Surface moyenne des logements dans les pays d'Europe, EUROSTAT, 2012

Le parc de logement luxembourgeois est constitué d'une forte proportion de maisons individuelles (ou unifamiliales), puisqu'elles représentent près de 85% des constructions (Heinz *et al.*, 2011). Comme l'indique le tableau 2.1, la catégorie des maisons regroupe les maisons isolées, les maisons jumelées, qui partagent une façade avec une maison voisine et les maisons dites « en rangée », ou maisons de villes, qui partagent deux façades avec les maisons voisines. Ce sont tout

12. http://www.insee.fr/fr/regions/nord-pas-de-calais/default.asp?page=themes/ouvrages/atlas2/02_09_surface_logement.htm

de même les maisons isolées qui sont les plus nombreuses et représentent 37,9% des constructions. À l'inverse, les immeubles collectifs, qu'ils comprennent du commerce (notamment en rez-de-chaussée), ou des services (bureaux dans les étages), ne représentent que 12,7% du total des constructions. Toutefois, le croisement effectué par le STATEC entre les fichiers de recensement de la population et le recensement des constructions permet de nuancer cet écart. En effet, les maisons unifamiliales n'abritent que 63,7% de la population tandis que les immeubles collectifs accueillent 32,9% de la population. Même si le volume de construction peut sembler conséquent, seulement un tiers des résidents vivent dans des logements collectifs. De même, comme énoncé précédemment, les tendances actuelles de constructions tendent vers davantage d'habitat collectif, ceci étant notamment dû à l'évolution du marché foncier.

| | CONSTRUCTIONS | | POPULATION | |
|---|-------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| | Nombre de constructions | Part du total des constructions | Nombre d'habitants | Part du total de la population |
| Maison isolée | 49 321 | 37,9 | 141 434 | 27,6 |
| Maison jumelée | 32 586 | 25,0 | 97 019 | 18,9 |
| Maison « en rangée » | 26 775 | 20,6 | 82 371 | 16,1 |
| Autre maison individuelle | 1 968 | 1,5 | 5 652 | 1,1 |
| Total des maisons | 110 650 | 85,1 | 326 476 | 63,7 |
| Immeuble collectif résidentiel | 10 927 | 8,4 | 118 927 | 23,2 |
| Immeuble collectif mixte | 5 340 | 4,1 | 48 605 | 9,5 |
| Immeuble collectif principalement non résidentiel | 247 | 0,2 | 790 | 0,2 |
| Total des immeubles collectifs | 16 514 | 12,7 | 168 322 | 32,9 |
| Fermes, bâtiments agricoles | 2 509 | 1,9 | 7 290 | 1,4 |
| Autres | 418 | 0,3 | 10 265 | 2,0 |
| TOTAL | 130 091 | 100,0 | 512 353 | 100,0 |

Tableau 2.1 – Typologie des logements au Luxembourg, d'après le recensement du STATEC, 2011

Le tableau 2.2 présente les constructions de logements entre 1992 et 2009, par type de construction (individuel ou collectif) et par canton. Ces chiffres sont issus de la base de données des bâtiments achevés du STATEC. On constate une grande disparité géographique dans la répartition des constructions, conformément aux écarts de croissance de population entre les communes. Le plus petit canton, de Vianden, qui regroupe trois communes totalise 0,6% des constructions. Le canton qui rassemble la plus grande partie des constructions est celui de Luxembourg, avec 31% du volume total. Les deux plus gros cantons (Luxembourg et Esch-sur-Alzette) englobent près de 50% du total

des constructions, 40% des maisons individuelles et plus 70% des appartements.

En valeur absolue, les cantons plus ruraux concentrent davantage de maisons individuelles que d'appartements. C'est le cas pour Vianden, Wiltz, Clervaux, Echternach, Rédange, Grevenmacher et Capellen. À l'inverse, les cantons plus urbains, ou du moins urbanisés, totalisent plus de constructions d'appartements que de maisons, comme à Diekirch (centre de la Nordstad), Remich (à la frontière avec l'Allemagne), Mersch (entre Luxembourg et la Nordstad), Esch-sur-Alzette (le sud minier) et dans le canton de la capitale, Luxembourg-Ville. Si on s'intéresse à la répartition individuel / collectif dans les cantons, il y a également certaines disparités. À Rédange, les appartements représentent 22% du total des constructions alors qu'à Luxembourg les appartements constituent 77% du total. Les cantons de Diekirch, Remich, Mersch ou Capellen ont une répartition plus équilibrée entre les deux types de construction.

Les logements luxembourgeois sont donc grands (en surface habitable), plutôt individuels (même si la tendance s'inverse ces dernières années) et sont loin d'être uniformément répartis sur le territoire. Ces dynamiques de construction ne sont pas sans conséquences sur la consommation foncière et la quantité de terrains encore disponibles pour la construction, notamment résidentielle.

| | nombre de logements | dont maisons individuelles | dont appartements | part des logements | part des maisons | part des appartements |
|---------------------|------------------------|-------------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|
| Vianden | 272 | 208 | 64 | 0,6 | 1,2 | 0,2 |
| Wiltz | 1 027 | 633 | 394 | 2,1 | 3,5 | 1,3 |
| Clervaux | 1 121 | 677 | 444 | 2,3 | 3,8 | 1,5 |
| Echternach | 1 333 | 797 | 536 | 2,8 | 4,4 | 1,8 |
| Rédange | 1 559 | 1 213 | 346 | 3,2 | 6,7 | 1,1 |
| Diekirch | 2 328 | 1 115 | 1 213 | 4,8 | 6,2 | 4,0 |
| Remich | 2 383 | 1 072 | 1 311 | 5,0 | 6,0 | 4,4 |
| Grevenmacher | 2 457 | 1 535 | 922 | 5,1 | 8,5 | 3,1 |
| Mersch | 2 832 | 1 396 | 1 436 | 5,9 | 7,8 | 4,8 |
| Capellen | 4 386 | 2 269 | 2 117 | 9,1 | 12,6 | 7,0 |
| Esch/Alzette | 13 482 | 3 649 | 9 833 | 28,0 | 20,3 | 32,6 |
| Luxembourg | 14 959 | 3 448 | 11 511 | 31,0 | 19,1 | 38,2 |
| Total en % | 100 | 37 | 63 | | | |

Tableau 2.2 – Part des régions / cantons dans le total des logements achevés au Luxembourg entre 1992 et 2009, STATEC, 2011

3.2.2. État des lieux de la consommation foncière

La croissance démographique et par conséquent celle de logements a évidemment une conséquence sur le foncier disponible et sur l'occupation du sol luxembourgeois. D'après les données de l'Administration du Cadastre et de la Topographie, reprises par le STATEC, on estime que si les espaces bâtis représentaient 3,1% de la surface totale du pays en 1972, ce sont près de 10% du territoire qui sont urbanisés aujourd'hui (voir figure 2.3). L'artificialisation du sol (le passage d'une surface naturelle à une surface anthropisée) serait même de près de 15% en ajoutant l'espace occupé par la voirie et les chemins de fer. De fait, entre 1970 et 2010, la consommation foncière atteint deux hectares par jour, avec un total annuel de 730 hectares (Ministère du Développement durable et des Infrastructures, 2015).

| | 1972 | 1990 | 2000 | 2010 |
|---------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Surfaces agricoles et sylvicoles | 93,2 | 91,8 | 87,4 | 85,7 |
| Surfaces bâties | 3,1 | 4,3 | 8,1 | 9,3 |
| dont surfaces industrielles et autres | ... | ... | 2,7 | 3 |
| Voirie, chemin de fer, etc. | 3,2 | 3,4 | 3,9 | 4,4 |
| Cours et plans d'eau | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 |
| Total | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tableau 2.3 – Evolution de l'occupation du sol au Luxembourg entre 1972 et 2010, d'après l'Administration du Cadastre et de la Topographie et le STATEC, 2015

Les résultats qui suivent sont issus d'une analyse menée par l'Observatoire de l'Habitat et publiée en 2013 sur la construction de logements au Luxembourg. La consommation foncière nécessite de différencier deux aspects : la consommation foncière nette, qui est la construction de terrains non construits au début de la période considérée, et la reconstruction de terrains déjà construits auparavant. De fait, sur la construction totale de logements, 20% sont actuellement le fruit de reconstructions (le plus souvent de la densification) et 80% sont localisés sur des terrains initialement non construits. Dans un premier temps, nous nous intéresserons à la consommation foncière nette, puis aux terrains reconstruits. Entre 2004 et 2010, 703 hectares ont été construits dans un but résidentiel, ce qui représente une moyenne annuelle de 117 hectares¹³. Sur cette consommation foncière, 44% de la surface proviennent des zones d'habitation et 11% des zones mixtes¹⁴, soit 369 hectares de surface résidentielle. Près de 10% de cette consommation foncière sont localisés dans la seule commune de Luxembourg ce qui représente une surface de 32 hectares. Les communes prioritaires de l'IVL rassemblent un peu moins de 50% de la consommation foncière à vocation résidentielle, avec une moyenne de 4,6 hectares par commune. Les autres communes, dites complémentaires,

13. Soit 200 terrains de football environ

14. Les zones mixtes regroupent des zones d'habitations (75%) et de commerce (25%).

connaissent une consommation moyenne de 2,5 hectares sur la même période. Le calcul du rapport entre la consommation foncière entre 2004 et 2010 sur l'occupation foncière résidentielle de 2004 permet d'indiquer un taux de progression des surfaces résidentielles. Au total, la progression des surfaces résidentielles est de 3,8% entre 2004 et 2010.

Cette consommation du foncier est illustrée par la carte 2.14. Comme nous l'avons déjà vu, les plus grands volumes de construction sont localisés à Luxembourg-Ville, son agglomération et dans le Sud. La deuxième information indique par commune la part d'utilisation des zones mixtes pour la construction de bâtiments. Quelques communes ont la particularité d'utiliser principalement les zones mixtes. C'est notamment le cas pour les communes d'Esch-sur-Alzette (plus de 75 %), Dudelange, Manternach près de Grevenmacher (à 100%) ou encore Heiderscheid (à 100%) près de la Nordstad. Il est toutefois difficile d'émettre des conclusions sur l'importance de ce ratio. Traduit-il un manque de terrains disponibles et donc une forte utilisation des zones mixtes? Est-ce le marqueur d'une volonté de mixité fonctionnelle qui verrait une grande partie des projets immobiliers intégrer des commerces ou des services aux espaces résidentiels?

Les terrains reconstruits représentent une surface de 188 hectares entre 2004 et 2010, toutes fonctions confondues. Les zones d'habitation et les zones mixtes représentent près des deux-tiers de ce total, soit 110 hectares en tenant compte du ratio de 75% d'habitations dans les zones mixtes. Ces 110 hectares constituent bien 20% du total des surfaces résidentielles totales (369 Ha + 110 Ha). Près de la moitié des reconstructions sont effectuées dans les communes urbaines et périurbaines de la capitale et de la région sud, 20 hectares étant reconstruits à Luxembourg-Ville et 29 hectares dans 14 autres communes périphériques. Le phénomène de renouvellement urbain est accentué dans les 39 communes prioritaires de l'IVL, qui concentrent 58% des surfaces reconstruites. La progression des surfaces reconstruites augmente de 1,1% par an entre 2004 et 2010, ce qui constitue un bon indicateur du renouvellement urbain.

La densité nette de construction (exempte de voiries et d'espaces publics) dans les terrains consommés et reconstruits est de 38 logements par hectare, ce qui est deux fois plus élevé que la moyenne nationale (19 logements par hectare environ). Les terrains occupés par les nouvelles constructions ou les reconstructions sont de taille plutôt restreinte avec une moyenne de 560m² pour les maisons. Assez logiquement, la surface moyenne occupée par les appartements est plus petite, avec 130m² par logement (toujours avec le terrain). Tous types de logements confondus, on compte donc une surface moyenne de 270m² par logement.

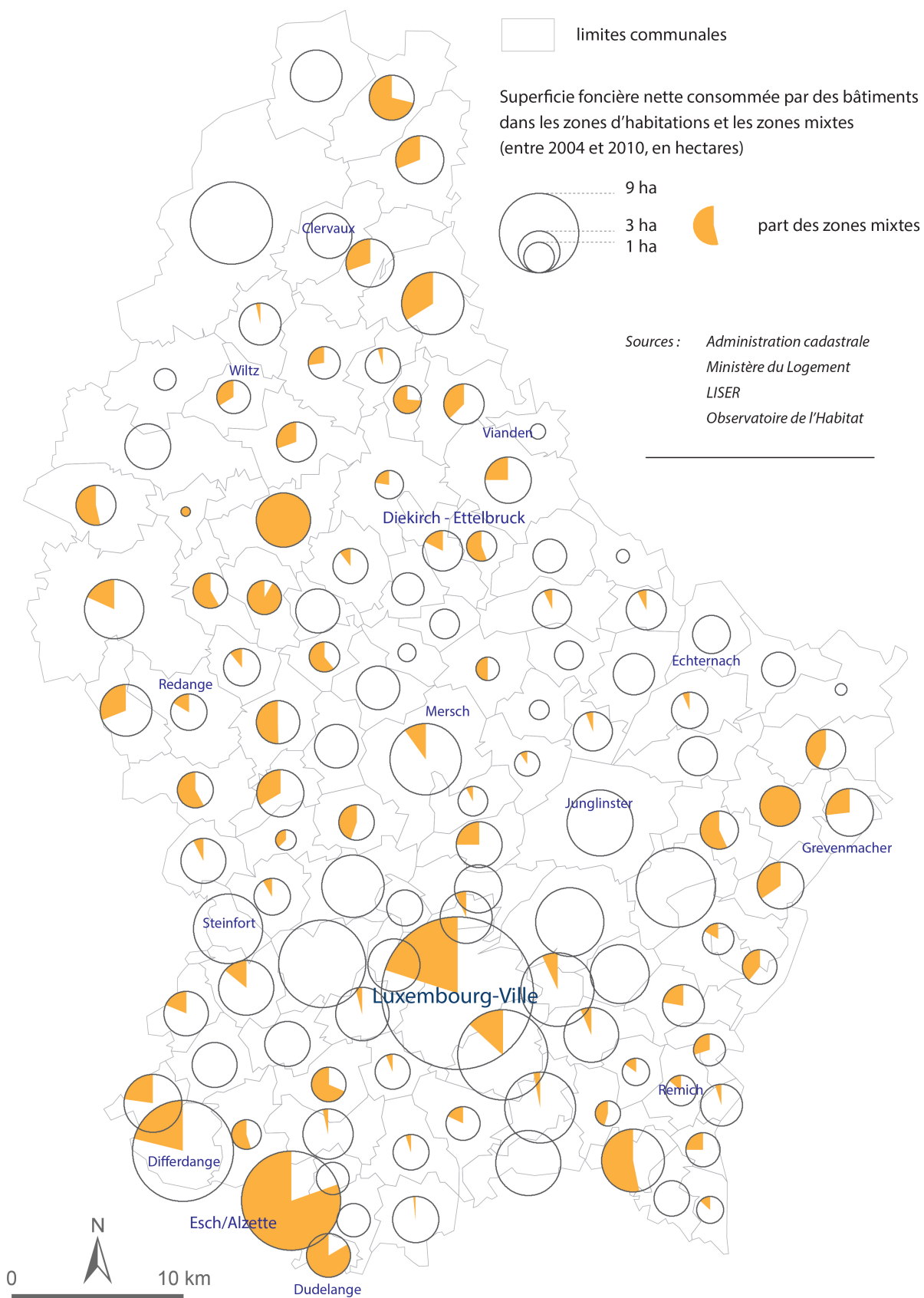


FIGURE 2.14 – Superficies foncières nettes consommées par des bâtiments dans les zones d'habitations au Luxembourg entre 2004 et 2010 (source : d'après Feltgen et Pouget, Observatoire de l'Habitat, 2013)

3.2.3. Quantité de terrains disponibles

Les terrains potentiellement urbanisables sont issus d'une observation des zones définies comme constructibles au sein des plans d'aménagement généraux des communes. Elle a pour but de renseigner les terrains disponibles à la construction grâce à une analyse détaillée de photographies aériennes¹⁵ et des zones constructibles définies dans les Plans d'Aménagement Généraux, les PAG, dont la figure 2.15 illustre un exemple. Les derniers travaux concernant le potentiel foncier constructible datent de 2010 (Observatoire de l'Habitat, 2012).

Zonage fonctionnel au sein d'un Plan d'Aménagement Général

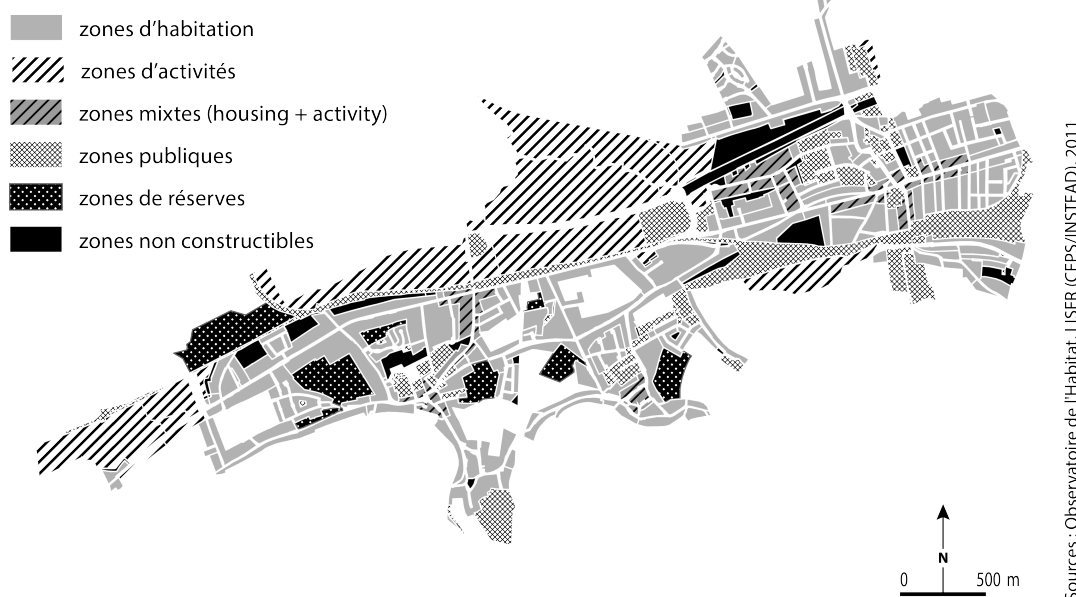


FIGURE 2.15 – Les différents zonages au sein des plans d'aménagements généraux au Luxembourg, d'après l'Observatoire de l'Habitat, 2011

Au total, il y a 5 512 hectares de terrains potentiellement constructibles. Les zones destinées à l'habitat représentent 2 368 hectares soit 43% du total, voir figure 2.16. Si on y ajoute 75% des zones mixtes (le maximum d'habitat constructible hors zones de commerces ou d'activités), on obtient 2 701 hectares soit près de la moitié des terrains disponibles. En considérant la tendance actuelle observée de densité de construction qui est de 19 logements par hectares, les terrains actuellement disponibles pourraient couvrir un besoin de 30 à 40 000 logements, soit deux fois moins que les 80 000 logements nécessaire à horizon 2030. On peut toutefois relever l'importance des zones de réserves, qui représentent 25% du total et qui ne sont pas encore affectées. Une récente modification de la législation au niveau des plans d'aménagements généraux oblige peu à peu les municipalités

15. Ces survols aériens, réalisés régulièrement, sont gérés par l'Administration du Cadastre et de la Topographie au Luxembourg.

à indiquer les destinations de ces terrains, qui constituent une quantité certaine de surface disponible pour l'urbanisation (Observatoire de l'habitat, 2012).

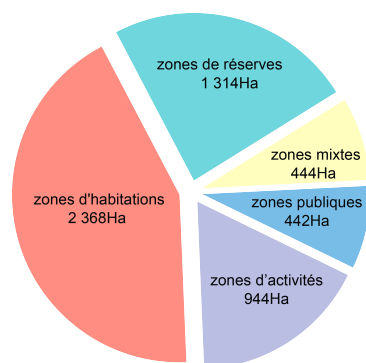


FIGURE 2.16 – Répartition des différents zonages dans les terrains disponibles au sein des plans d'aménagements généraux au Luxembourg, Observatoire de l'Habitat, 2010

Comme le montre la carte 2.17, le potentiel de surface théoriquement constructible pour l'habitat n'est pas réparti de façon homogène sur le territoire luxembourgeois. La plus grande partie des terrains disponibles sont situés dans la moitié sud du pays, notamment à Luxembourg-Ville (9% du total) et son agglomération, et dans le sud minier. D'autres communes possèdent néanmoins des surfaces intéressantes, comme certains centres de développement et d'attraction tels que Junglister, Mersch ou Wiltz. De façon plus remarquable, certaines communes plus rurales ont des surfaces disponibles conséquentes. Parmi elles, les communes de Rambrouch (43 hectares), sa voisine Boulaide ou encore Wintrange (80 hectares) ont bénéficié de la fusion de plusieurs communes pour totaliser ces terrains (Observatoire de l'habitat, 2012). Comme nous l'avons dit précédemment, les zones de réserve constituent un enjeu notable. Si la capitale du pays comptabilise le plus de terrains encore non définis (190 hectares soit 14% du total des réserves), d'autres communes détiennent des surfaces conséquentes. Les centres de Junglister (99 hectares) et Ettelbruck (79 hectares) ont de réelles possibilités de développement. La commune de Sanem, voisine d'Esch-sur-Alzette, possède quant à elle une réserve de 173 hectares due à la présence de grandes friches industrielles. La commune de Kehlen au nord-ouest de la capitale possède deux-tiers de son capital foncier en réserve (ce qui représente 40 hectares), une manne conséquent pour une commune soumise à une pression immobilière élevée. Une modification de la législation luxembourgeoise oblige peu à peu les municipalités à indiquer les destinations des zones de réserves (habitat, activités, espaces publics ou autres). Cette modification devrait permettre de mieux déceler le potentiel foncier des communes et les possibilités de croissance dont elles disposent.

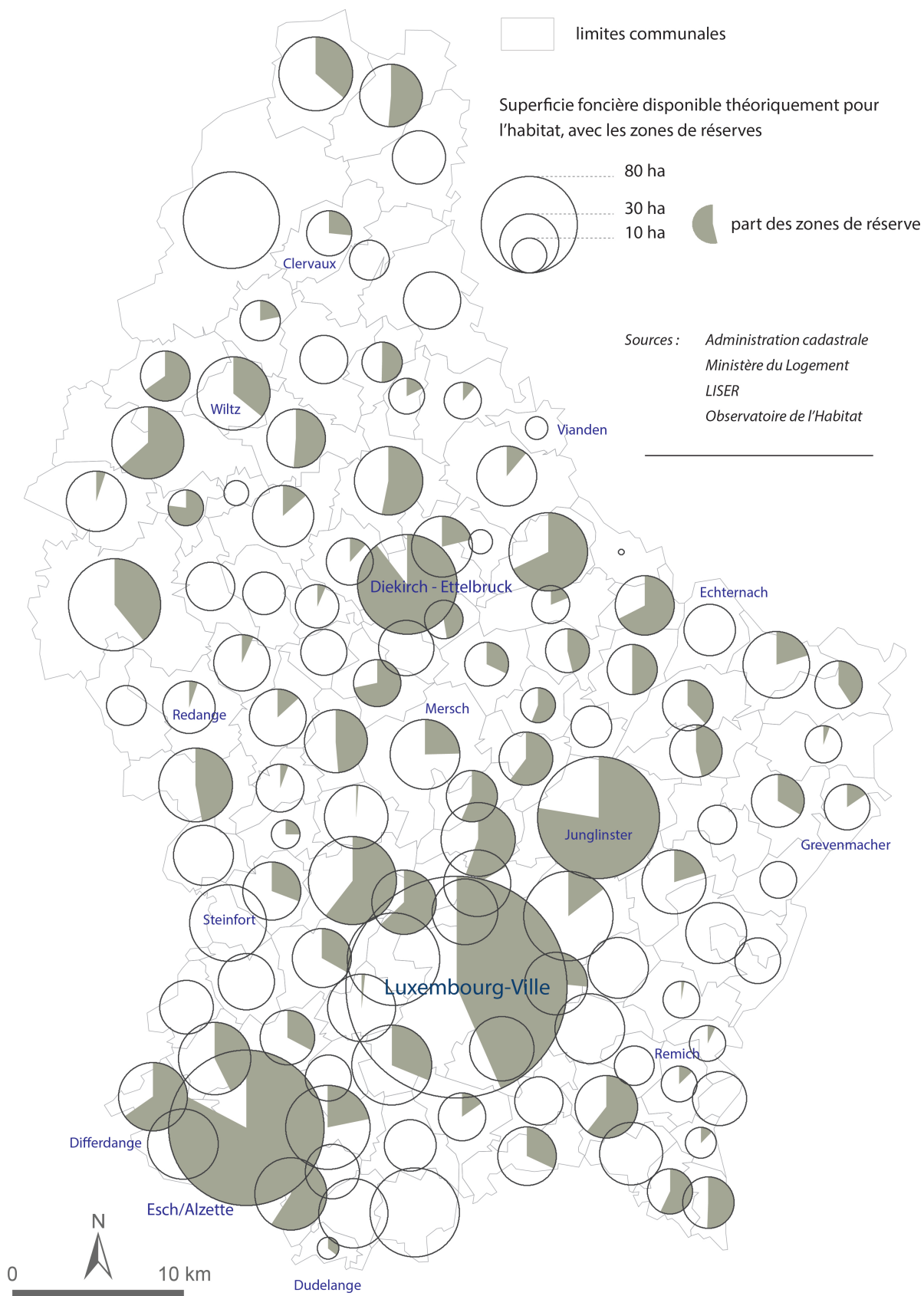


FIGURE 2.17 – Superficie foncière disponible théoriquement pour l'habitat au Luxembourg (source : Observatoire de l'Habitat, 2010)

3.3. Réduire la dépendance à l'automobile

Un des objectifs d'aménagement est de réduire le phénomène de dépendance automobile auquel le Grand-Duché est confronté (Petit, 2005 ; Petit, 2009). Le concept de dépendance automobile est apparu à la fin des années 1980 et désigne la relation de cause à effet entre les politiques d'aménagement du territoire, notamment de localisation résidentielle et des emplois et un usage croissant de la voiture individuelle (Newman et Kenworthy, 1989). Plus largement, la dépendance automobile définit l'utilisation de la voiture comme mode de déplacement majoritaire puisque l'espace a été organisé par et pour la voiture au sein de ce que l'on appelle « le système automobile ». La dépendance automobile désigne également l'ensemble des conséquences néfastes du système : congestion, pollution atmosphérique, consommation de carburants, emprise spatiale du stationnement... (Dupuy, 1999). À l'inverse, on peut considérer la dépendance automobile comme le préjudice subi par les ménages ou individus qui n'ont pas accès à l'automobile (pour diverses raisons, médicales, d'âge, économiques), et donc n'ont pas accès aux mêmes possibilités de déplacement que les ménages ou individus motorisés. Par la suite, on désigne comme dépendance automobile le phénomène qui conduit la plupart des ménages à ne pas avoir d'autres alternatives que l'utilisation de la voiture, l'accessibilité à différentes aménités (commerces, services, loisirs...) étant pratiquement impossible par un autre mode de transport. Par exemple, la localisation de nombreux hypermarchés en périphérie des villes luxembourgeoises ne facilite pas un accès autre que par la voiture individuelle (Petit, 2005). On constate les conséquences de cette dépendance à de multiples niveaux : fort taux de motorisation et attachement personnel à l'automobile, densité du réseau routier, localisation et nature des commerces et services... Cette dépendance au mode de transport individuel est une composante majeure de la problématique d'aménagement luxembourgeoise.

3.3.1. Le Luxembourgeois et sa voiture

D'après le STATEC (Hansen, 2012), le nombre de véhicules immatriculés au Luxembourg a presque été multiplié par huit entre 1962 (55 000 véhicules) et 2012 (430 000 véhicules). Si cette croissance du nombre de véhicules est fortement corrélée à l'augmentation de la population et au développement économique, près de 80% de ces véhicules sont constitués de voitures particulières et à usage mixte (break ou autre véhicule pouvant être utilisé personnellement et professionnellement). D'après des statistiques récentes, il semblerait qu'un ralentissement du nombre d'immatriculations, et donc un relatif vieillissement du parc automobile¹⁶, soit observé depuis 2009. De fait, avec plus de 650 véhicules pour 1 000 habitants (Petit, 2007 ; OCDE, 2012), le Luxembourg est l'un des pays les plus

16. L'âge moyen d'une voiture au Luxembourg est de moins de six ans (Hansen, 2012), en France l'âge moyen du parc automobile dépasse les huit ans (CCFA, 2013).

motorisés au monde, derrière les États-Unis (818 voitures pour 1 000 habitants) et la Principauté de Monaco (771 voitures pour 1 000 habitants). La moyenne observée dans l'Union Européenne est de 477 voitures pour 1 000 habitants en 2010, de 501 voitures pour 1 000 habitants en France, 482 en Belgique ou encore 517 en Allemagne.

Avec des revenus supérieurs à ses voisins et une fiscalité relativement plus avantageuse, l'accès à l'automobile est facilité pour les ménages luxembourgeois (Petit, 2005). Cet accès est renforcé par le caractère sociologique que revêt l'objet *automobile*, autant en tant que marqueur social que du point de vue du « loisir » et qui est à la source de l'arbitrage en faveur de ce mode de transport (Petit, 2005). Pour saisir cette composante sociale, on peut s'appuyer sur les entretiens menés par Carpentier (2007), auprès de quelques Luxembourgeois afin de rendre tangibles les déterminants des représentations de la mobilité au Luxembourg. L'article paru en 2007 nous renseigne sur la dualité qui existe entre la vision utilitariste de la voiture, qui est « pratique » car on en a besoin, et les supposées possibilités de liberté dans les déplacements. Il semblerait également que les Luxembourgeois soient attachés à ce qu'ils appellent le *statussymbol*, l'affiche de la réussite sociale, et qui passe par la possession d'une voiture performante et coûteuse. Ce rapport particulier, non pas qu'il soit unique mais peut-être exacerbé du Luxembourgeois à la voiture, est d'ailleurs confirmé par les individus interrogés : « pour le Luxembourgeois moyen, c'est pas seulement un objet de transport hein. C'est lavé tous les samedis [...] c'est chouchouté ». De même, après le *Wort* (quotidien d'information), et *Télécran* (programme de la télévision), *Autotouring*, le magazine de l'Automobile Club du Luxembourg est le troisième périodique le plus lu en 2008 et 2009. Il toucherait près d'un tiers de la population luxembourgeoise (d'Etat, 2011). Cette population a donc un rapport particulier à l'automobile qui encourage le choix de ce mode de transport au détriment des transports en commun.

Le phénomène de dépendance automobile a aussi été renforcé par la politique de développement des infrastructures routières. Au Luxembourg, les premiers tronçons autoroutiers sont apparus dès la fin des années 1960, passant d'une longueur de 78 kilomètres en 1990 à 152 kilomètres en 2012 (Hansen, 2012 ; Epstein, 2010 ; STATEC, 2014). L'augmentation de la longueur des infrastructures n'a pas suffi à contenir la forte croissance du nombre de véhicules. Le trafic routier a augmenté de 12% sur les principaux axes du Luxembourg entre 2002 et 2007 (Ministère de l'Intérieur et de l'Aménagement du Territoire et CEPS/INSTEAD, 2008). Sur le réseau autoroutier, et sur la même période, le trafic a augmenté de 20%. L'augmentation du volume de voitures sur les routes grand-ducales n'est pas sans conséquences en matière d'émissions de gaz à effet de serre, de congestion, de nuisances sonores ou encore de problèmes de stationnement.

3.3.2. Les pratiques de mobilité au Luxembourg

Chaque jour, plus d'un million et demi de trajets sont effectués au Luxembourg. Près d'un tiers (31,4%) de ces déplacements sont frontaliers, c'est-à-dire ayant pour origine ou destination une commune allemande, belge ou française. Si seulement 7,2 % des déplacements frontaliers sont effectués en transports en commun (train ou bus), près de 20% des trajets internes au Luxembourg sont effectués à l'aide des transports publics. Pourtant, d'après une étude la Cellule Modèles de Transport (CMT)¹⁷, ce taux de 20% de partage bimodal motorisé¹⁸ a tendance à stagner entre 2002 et 2009. La principale cause de ce partage modal serait le fait de l'urbanisation diffuse en cours au Luxembourg (ministère du Développement Durable et des Infrastructures, 2012).

La carte 2.18 présente le taux d'utilisation des transports en commun pour se rendre au travail par commune. Les données sont issues du recensement général de population effectué par le STATEC en 2011. Les emplacements des gares ferroviaires sont également représentés. On observe une forte corrélation spatiale entre les communes pourvues d'une gare et l'utilisation des transports en commun par les résidents actifs qui y habitent. Il n'est donc pas très surprenant de voir que les actifs de Pétange, Differdange, Kiischpelt, Schieren et une partie de l'agglomération de la capitale sont entre 15 et 20% à utiliser les transports en commun. En revanche, dans deux-tiers des communes, les actifs utilisant les transports en commun représentent moins de 10%. Dans 20% des communes, les actifs utilisant le train (ou le bus) pour aller travailler sont moins de 6%. Bien sûr, ces communes ne sont pas équipées de gare et sont moins bien desservies par le bus. À l'aide de la même base de données, on peut distinguer les pratiques des actifs en fonction de leur commune de travail. En considérant Luxembourg-Ville comme destination, en moyenne 20% des actifs utilisent les transports en commun. Les actifs résidents de Kiischpelt et Goesdorf la commune voisine, Clervaux et Troisvierges sont plus de 50% à employer ce mode de transport. Dans plus d'un tiers des communes, ils sont moins de 15%. Ces données et leur superposition avec la carte des infrastructures confirment l'importance de ces dernières sur les pratiques de mobilité.

17. La Cellule Modèles de Transport (anciennement de Trafic) est une structure soutenue à la fois par le ministère des Transports, le département des Travaux Publics du ministère du Développement Durable et des Infrastructures (MDDI), et la Ville de Luxembourg.

18. Le *partage bimodal motorisé* désigne « la part des trajets effectués en transport en commun parmi les trajets motorisés », (Ministère du Développement durable et des Infrastructures, 2012).

En 2009, d'après la Cellules Modèles de Transport, 13% des déplacements étaient effectués en modes doux, marche à pied ou deux-roues non-motorisés. Si 40% des trajets quotidiens sont infé-

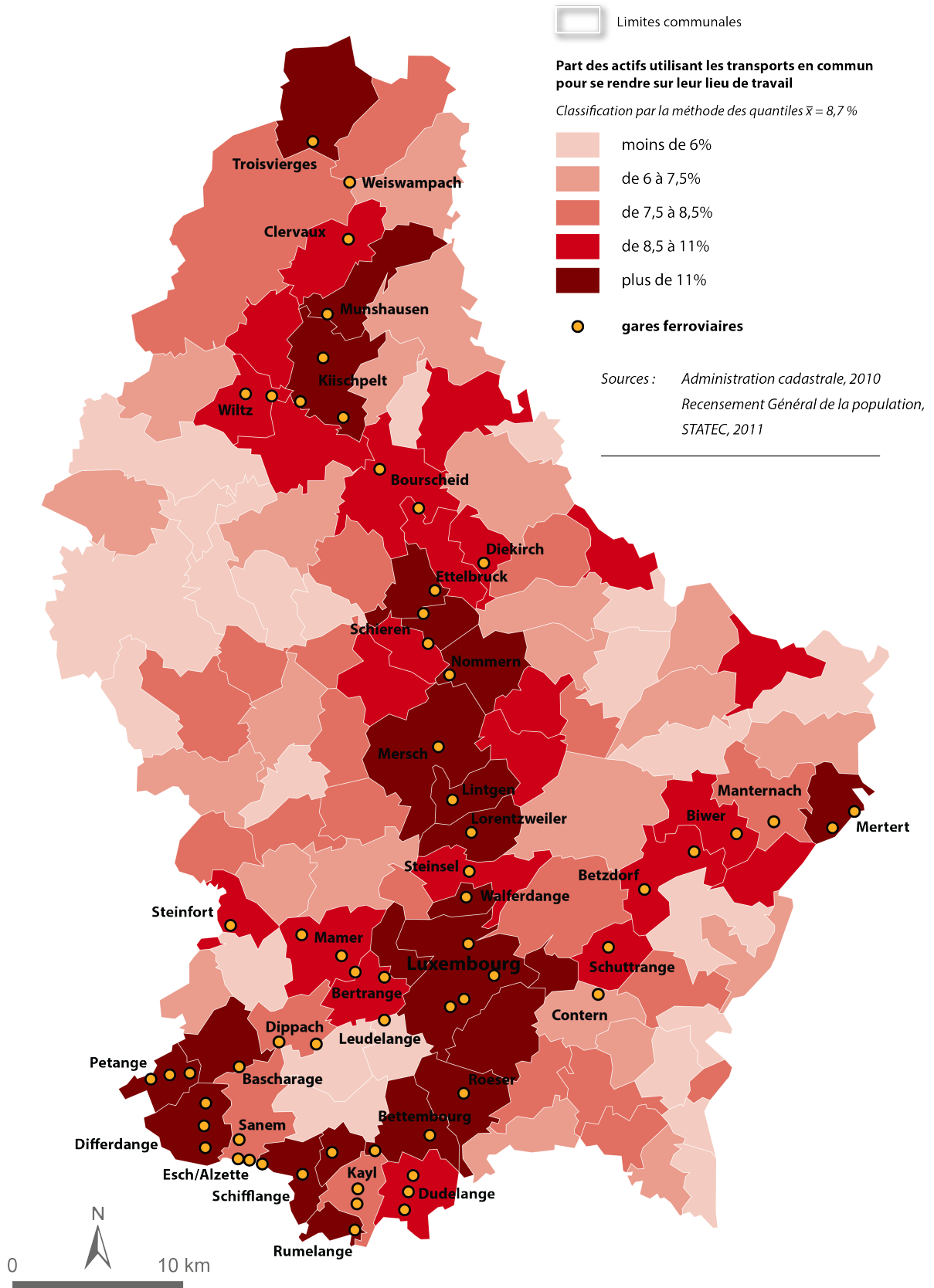


FIGURE 2.18 – Taux d'utilisation des transports en commun pour se rendre au travail au Luxembourg

rieurs à trois kilomètres, une grande partie de ces déplacements sont favorables à l'utilisation des modes doux. Néanmoins, toujours d'après la CMT, 60% des déplacements inférieurs à un kilomètre sont effectués en voiture (ministère du Développement Durable et des Infrastructures, 2012). Ces constats soulèvent un réel enjeu en matière de mobilité douce au Luxembourg.

En 1981, les déplacements domicile / travail étaient effectués en voiture dans 54% des cas, puis 67% en 1991, 74% en 2001 et 76% en 2007. Cette dynamique, qui révèle la dépendance automobile, est la conséquence d'une augmentation de l'équipement des ménages en voitures, de la généralisation de leur utilisation et de la diffusion spatiale de ces processus (Gerber *et al.*, 2008). Si les conséquences de ces pratiques automobile sont multiples, la carte 2.19 présente le degré de saturation du réseau automobile luxembourgeois en 2009. La plupart des routes et autoroutes luxembourgeoises sont saturées aux heures de pointe (départ au travail le matin et retour au domicile en soirée). L'accès à Luxembourg-Ville, notamment par les axes du sud en provenance d'Esch-sur-Alzette ou de Dudelange, qui supportent aussi le trafic frontalier français, devient de plus en plus difficile. C'est également le cas avec le réseau provenant de Belgique et passant à proximité de Steinfort tout comme l'autoroute venant d'Allemagne et traversant Grevenmacher. La circulation depuis le nord du pays est également rendu difficile, notamment à proximité des communes d'Ettelbruck et de Diekirch.

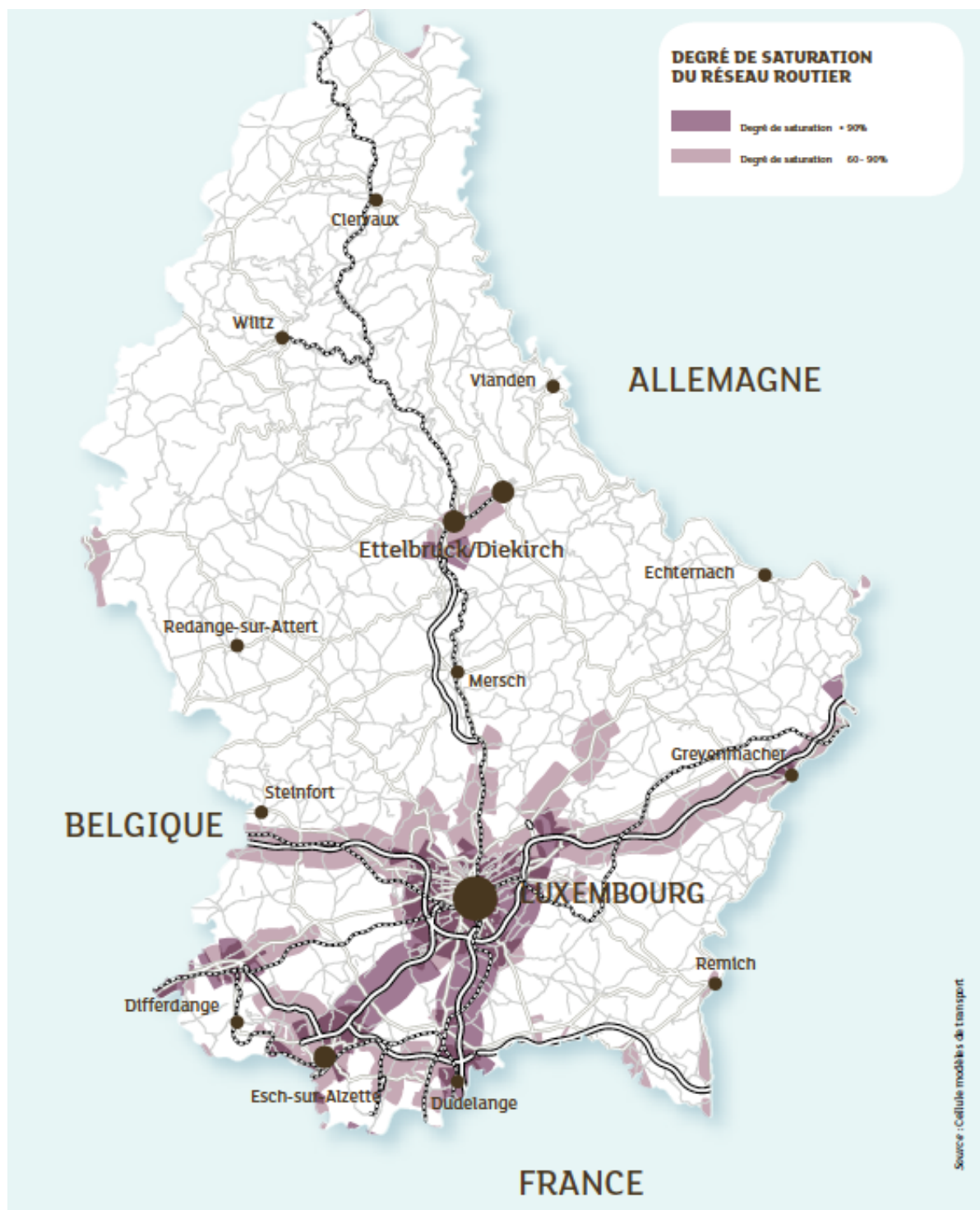


FIGURE 2.19 – Degré de saturation des réseaux routiers et autoroutiers au Luxembourg en 2009, d'après la Cellule Modèles de Transport

3.3.3. Une volonté politique de réduire l'importance de la voiture

Pour essayer d'endiguer la dépendance automobile, le Gouvernement luxembourgeois, au travers de son ministère du Développement Durable et des Infrastructures a mis en place une *Stratégie globale pour une mobilité durable*, autrement appelée *MoDu*. Cette politique est à destination des résidents comme des frontaliers, ces derniers générant plus de 30% du trafic individuel motorisé au Luxembourg (Ministère de l'Intérieur et de l'Aménagement du Territoire et CEPS/INSTEAD, 2008). Cette stratégie s'est accompagnée de la création du *Verkéiersverbond* (Communauté des Transports) en 2006. La Communauté des Transports est un établissement public qui veille à l'application de la stratégie gouvernementale en coordonnant les différents partenaires de transports public (ferroviaire et routier). Elle a également un rôle de conseil auprès du ministère et de communication auprès du grand public.

Depuis quelques années, les campagnes publicitaires se multiplient pour encourager la population luxembourgeoise à prendre les transports en commun, pratiquer les modes doux ou favoriser le co-voiturage. Par exemple, l'affiche de la figure 2.20 communique sur le *M-Pass*, abonnement annuel pour l'ensemble des transports en commun au Luxembourg. Des mesures sont également prises par la municipalité de Luxembourg et les entreprises volontaires pour prendre en charge tout ou partie de cet abonnement. On peut également citer la campagne illustrée par la figure 2.21 et qui prône l'utilisation des transports en commun le week-end et pour les loisirs. Pour donner une image très positive du dispositif, les transports en commun sont comparés à un service de conduite avec chauffeur. Si ces campagnes de communication peuvent paraître anecdotiques, elles traduisent tout de même la forte volonté d'encourager les changements de pratiques pour les mobilités quotidiennes.



FIGURE 2.20 – Campagne de communication autour du M-Pass, Verkéiersverbond, 2012



FIGURE 2.21 – Campagne de communication en faveur des transports en commun le week-end, Verkéiersverbond, 2013

4. Les normes et les règles dans les documents de planification au Luxembourg

Comme nous l'avons vu précédemment, le Luxembourg doit atteindre un certain nombre d'objectifs en matière d'aménagement. Tout en rendant possible l'installation de ménages toujours plus nombreux, il est nécessaire dans le même temps de limiter la consommation foncière. Toujours dans une perspective de durabilité, il semble également important de contenir le phénomène de dépendance automobile en offrant d'autres alternatives aux déplacements individuels motorisés. Dès lors, il convient d'aborder les normes et les règles d'aménagement contenues dans les documents de planification en vigueur ou en projet au Grand-Duché. Conformément à la lecture qui a été faite dans le premier chapitre des modèles de villes, il convient de regarder en quoi ces documents de planification définissent des normes ou des règles d'aménagement. Les documents stratégiques tels que le Programme Directeur, l'IVL ou le MoDu intègrent davantage de normes en réponses à des objectifs. Les documents à caractère réglementaire, les plans sectoriels, les plans régionaux ou encore les plans d'occupation des sols contiennent eux, des règles qui constituent la mise en application des normes évoquées dans les documents stratégiques.

4.1. Le découpage territorial et la hiérarchie des centres

Dans le programme directeur, il s'agit avant tout de « promouvoir la cohésion sociale et économique dans le cadre de l'aménagement du territoire », de « renforcer l'approche régionale » ou encore de « réorganiser les structures de production et de consommation ». La recherche de cette cohésion sociale et économique est envisagée à travers la création d'un nouveau découpage territorial : la région d'aménagement. Le programme directeur définit les contours des régions d'aménagement qui sont au nombre de six : Nord (qui est composée de l'extrémité septentrionale du pays, la plus rurale et la moins peuplée), Centre-Nord (qui est composée de l'agglomération urbaine de la *Nordstad* et des communes voisines), Ouest (qui est composée des communes limitrophes avec la Belgique), Est (qui est composée des communes limitrophes à l'Allemagne), Centre Sud (qui est composée de Luxembourg-ville et son agglomération) et Sud (qui est composée du Bassin-Minier, frontalier avec la France, et des principales agglomérations du pays). Ces régions d'aménagement ont été délimitées en fonction de leur cohérence géographique, étant confrontées à des dynamiques et des enjeux similaires. Les plans directeurs régionaux contiennent donc les éléments ne pouvant être traités à l'échelle nationale. Le découpage du Luxembourg en régions constitue une des principales innovations du Programme Directeur, en permettant une meilleure implication des collectivités locales dans la politique nationale d'aménagement du territoire. La mise en place de ce système

peut être vu comme une politique de *déconcentration concentrée* (Ministère de l'Intérieur, 2003), que l'on appelle aussi *décentralisation concentrée* (Chilla et Schultz, 2012).

Néanmoins, l'introduction d'un nouvel échelon territorial est-il indispensable alors que le Luxembourg, avec ses communes et l'État, faisait partie des pays les plus décentralisés d'Europe ? La difficulté de mise en place de ces régions et l'absence de conclusions probantes en faveur de ce système tendent à démontrer que l'introduction d'un niveau de coordination supplémentaire au sein d'un système territorial en place n'est pas chose aisée. Face à ses enjeux d'aménagement et avec deux niveaux administratifs (la commune et l'État), le Luxembourg ne bénéficie-t-il pas d'un avantage certain dans la prise de décision du fait de son caractère très décentralisé ?

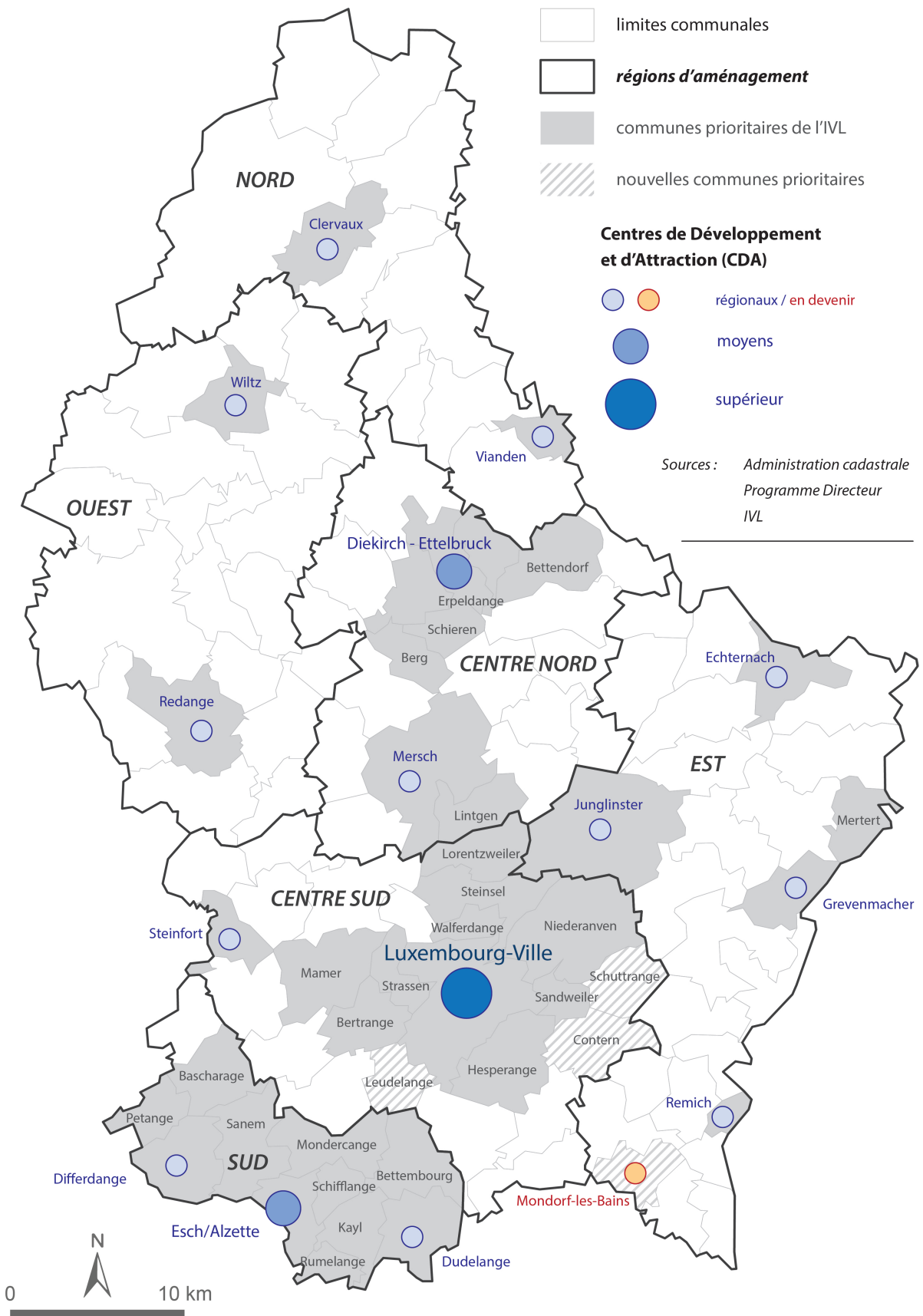


FIGURE 2.22 – Communes prioritaires des différents documents de planification du Luxembourg

La deuxième innovation du Programme Directeur en 2003 est la création du système de Centres de Développement et d'Attraction (les CDA). La politique des centres de développement et d'attraction consiste à définir une hiérarchie des villes ou communes luxembourgeoises. L'idée est de consolider les fonctions centrales des villes. Suivant la position de la commune dans la hiérarchie, l'intensité du développement urbain et des infrastructures sera différent. Les CDA correspondent à des « centres urbains ou des localités, dont le degré d'équipement en services, publics comme privés, est tel qu'ils sont à même d'assurer une fonction d'approvisionnement plus ou moins importante, non seulement pour eux-mêmes, mais également pour leurs arrière-pays. L'ensemble des CDA forme un système cohérent » (Ministère de l'Intérieur, 2003). Les CDA constituent le reflet de la politique active du Luxembourg en matière de décentralisation, avec un délestage de la capitale vers les autres centres du pays. Il y a trois niveaux de CDA : supérieur, moyen et régional. À l'heure actuelle, le Luxembourg compte 15 centres de développement et d'attraction. La capitale Luxembourg-Ville est le seul CDA supérieur. Esch-sur-Alzette et l'agglomération composée des communes de Diekirch et Ettelbruck sont les deux CDA moyens. Les autres CDA sont représentés sur la carte 2.22. Le CDA supérieur a vocation à jouer un rôle national et international dans les domaines économique, culturel, social et politique. On y trouve des fonctions administratives importantes, de l'enseignement supérieur et de la recherche, des finances, du commerce spécialisé, ou encore des sports et loisirs. Le CDA supérieur est également un nœud de transport et de communication (présence d'un aéroport...). Les CDA moyens doivent permettre d'assurer « les besoins occasionnels de plusieurs dizaines de milliers d'habitants », parce qu'on y trouve des médecins spécialistes, des établissements de formation, des équipements culturels et de loisirs... Les CDA régionaux doivent permettre d'assurer les besoins « courants » ou quotidiens de la population, notamment par la présence d'équipements commerciaux et de services. Malgré l'effort de hiérarchisation, on peut relever le caractère flou de certains seuils (de population, de niveau d'équipement...) et de l'approche par fréquences de recours potentiel. Toutefois, cette logique de construction se veut le relais des politiques d'aménagement régionales et nationales, et être le support de la différenciation des règles d'aménagement. Quand une commune se trouve dans l'aire d'influence d'un CDA supérieur, elle n'est pas confrontée aux mêmes objectifs de développement qu'une commune plus rurale dans la périphérie d'un CDA régional. La typologie des CDA reflète davantage une hiérarchie fonctionnelle qu'une réelle possibilité de définir des priorités d'urbanisation, établies dans les plans directeurs sectoriels logement.

Par ailleurs, l'IVL fixe la notion de zones prioritaires pour l'habitat, les *Siedlungsschwerpunkte*, et définit 39 communes comme prioritaires à l'urbanisation ; elles figurent en gris sur la figure 2.22. Ces 39 communes sont constituées des 15 CDA et de leur proche périphérie. La différenciation du

rôle des communes a pour but une « priorisation spatiale conséquente permettant une croissance de la population supérieure à la moyenne dans les agglomérations centrales et modérée en zone rurale » (Ministère de l'Intérieur, 2004).

La typologie des communes prioritaires est évolutive. Le document technique du Plan Sectoriel Logement fait état de 43 communes prioritaires qui comprennent les 39 communes de l'IVL auxquelles s'ajoutent 3 communes qui ont été intégrées dans l'agglomération de la capitale (Schuttrange, Contern et Leudelange) depuis le début des années 2000 et un CDA dit « en devenir », par son potentiel de centralité qui est la commune de Mondorf-les-Bains, à l'extrémité sud du Pays. Ces ajouts sont représentés sur la figure 2.22.

4.2. L'intégration du transport et du développement urbain ou rural

L'autre grande innovation présente dans le Programme Directeur est l'évocation d'un concept intégré des transports et du développement spatial, l'IVL (de l'allemand *Integratives Verkehrs- und Landesplanungskonzept*). Cette réflexion amorcée en 2003 et publiée en 2004 est pilotée par des représentants du Gouvernement luxembourgeois et implique le recours à plusieurs équipes spécialisées¹⁹. L'IVL se compose une nouvelle fois d'un document écrit (170 pages dans le document complet, en allemand) et d'annexes graphiques, comprenant une partie diagnostic afin d'identifier les potentialités de développement et les tendances en cours au Grand-Duché. L'IVL contient surtout la définition d'un « modèle spatial comme cadre de référence pour le développement du territoire futur ». Ce modèle spatial est le fruit de la combinaison de plusieurs modèles, et peut être synthétisé sous la forme d'une « ville polycentrique dans un espace paysager au sein de régions fonctionnelles » (Ministère de l'Intérieur, 2004). Ce modèle spatial est résumé sous la forme d'une carte, comme le montre la figure 2.23. Les cercles sont les CDA, et symbolisent la déconcentration concentrée et le polycentrisme. Les zones hachurées en rouge sont les trois principales agglomérations du pays (la *Nordstad*, Luxembourg-Ville et le Bassin Minier), où se concentre l'essentiel du développement. Les espaces entourés en verts sont les espaces naturels, et sont voués à une certaine protection (les principaux massifs forestiers notamment). Les grosses flèches vertes forment l'idée d'un « développement complémentaire des espaces ruraux », par la prise en compte de « ceintures vertes » (Ministère de l'Intérieur, 2004).

19. L'équipe était composée des bureaux AS&P pour la partie sur le développement urbain, R+T Partner pour les questions de transports et L.A.U.B. pour les aspects paysagers.

L'intégration entre politique de transport et politique d'urbanisme est symbolisée par la mention, au sein du Programme Directeur, de la volonté de mettre en place une structure spatiale afin de réduire le trafic automobile. Il s'agirait avant tout de freiner les extensions diffuses de l'urbanisation en favorisant le développement urbain dans des zones qui sont déjà bien desservies par les transports en commun, notamment les gares ferroviaires et les arrêts de bus importants. Toujours d'après le Programme Directeur, cette stratégie passe par une densification résidentielle et de l'activité autour des gares. Cette densification doit permettre une meilleure accessibilité aux aménités (commerces, services ou loisirs) en transports en commun.

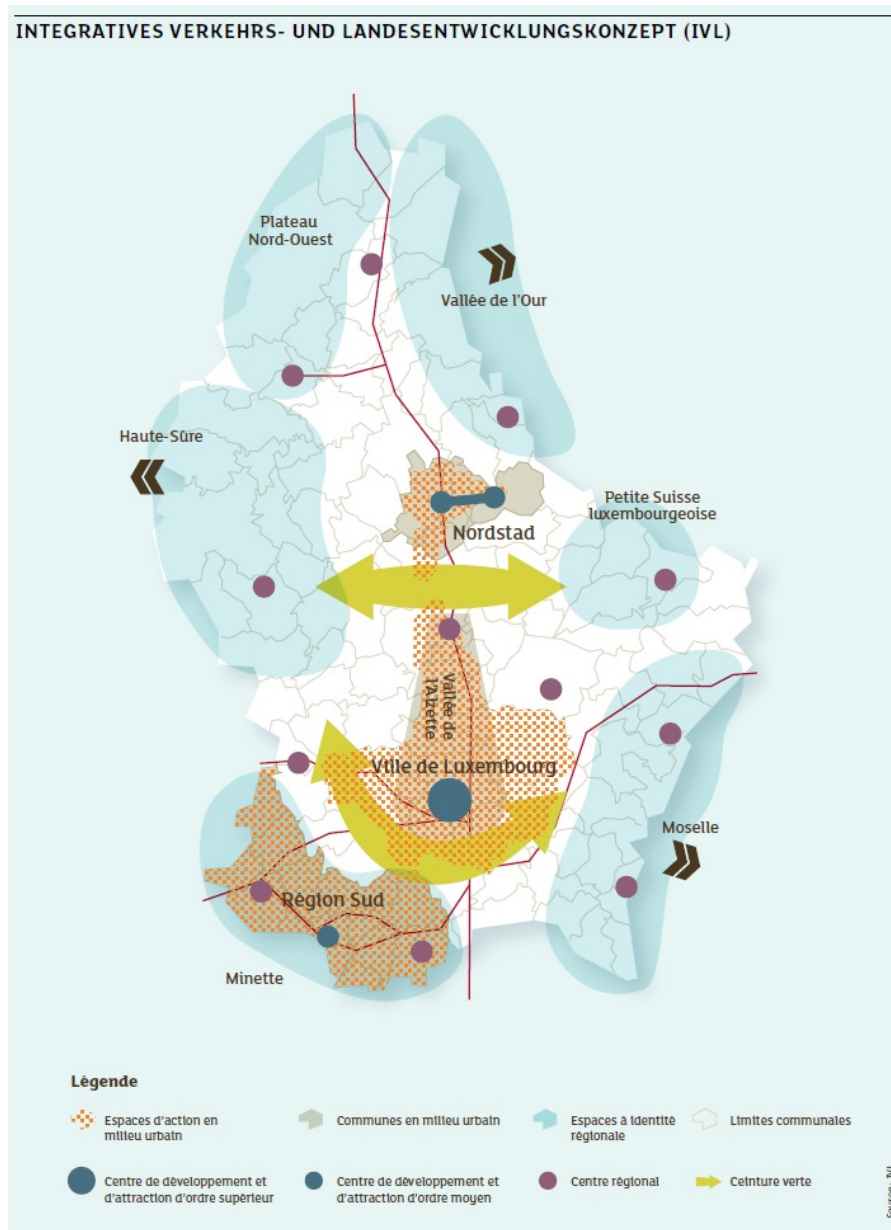


FIGURE 2.23 – Le modèle de ville polycentrique dans un espace paysager au Luxembourg, ministère de l'Intérieur, 2008

4.3. La qualité de vie et l'accessibilité aux aménités

Le Programme Directeur mentionne le développement de la qualité de vie comme un enjeu essentiel de la stratégie d'aménagement au Luxembourg. Avec une volonté de maintenir une certaine solidarité interrégionale, il est nécessaire de promouvoir un développement urbain « en adéquation avec les exigences sociales » (Ministère de l'Intérieur, 2003). L'attractivité des zones rurales reste un enjeu majeur ; elle passe par une diversification des activités économiques au sein de ces espaces. Pour ce faire, le Programme Directeur propose le développement d'espaces multi-fonctionnels, tant pour les villes que pour les localités, avec le maintien d'un niveau d'équipement satisfaisant dans les régions périphériques. Dans le cas présent, nous restons ici dans une vision stratégique du territoire et à l'heure actuelle aucune règle n'a été édictée à ce sujet.

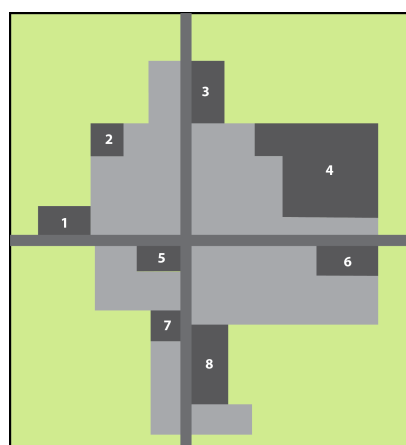
Parallèlement, l'attractivité des espaces ruraux passe par la présence d'espaces verts et de paysages à préserver. Le Programme Directeur propose de définir, au niveau régional (donc dans les plans régionaux), des espaces verts interurbains à protéger et à incorporer dans les Plans d'Aménagements Généraux. Il s'agit aussi de préserver, à l'intérieur même des agglomérations, des espaces naturels multi-fonctionnels destinés à garantir un équilibre écologique global. Il est également question de promouvoir la création d'espaces verts urbains pour sauvegarder le maillage vert jusqu'à l'échelle des quartiers. Dans l'ensemble, il y a une volonté de préserver et de développer des coupures et des ceintures vertes entre les espaces urbanisés. Nous sommes en présence d'un point commun avec notre modèle fractal d'urbanisation, dont l'un des aspects concerne justement l'emboîtement d'échelle des espaces verts, des plus grands ensembles régionaux (espaces agricoles et forestiers), aux parcs urbains.

4.4. La politique de développement local

Sur le plan de la forme urbaine, le Programme Directeur tient à favoriser la ville et le centre-ville comme lieu de résidence. Il s'agirait notamment d'éviter les lotissements ou les quartiers en îlots à la périphérie des villes. Cette stratégie passe par la mise en place d'une politique d'urbanisation par la densification et le renouvellement urbain en évitant la consommation d'espaces périphériques vierges. Dans cette optique, trois instruments sont privilégiés : 1) l'acquisition de terrain par l'État et les communes favorables à la densification en utilisant le droit de préemption ; 2) la mise en place d'un cadastre des terrains à bâtir afin de mieux définir le potentiel foncier et 3) un reclassement des terrains déjà définis comme constructibles, de faible densité à forte densité. Au niveau régional, un seuil de consommation d'espace doit être défini.

Le Plan Sectoriel logement fait état d'une obligation pour les communes, de définir un espace (unique) prioritaire pour l'urbanisation qui est encore sans définition dans le plan d'aménagement général. Cette zone prioritaire doit être à même d'accueillir la plus grande partie de la croissance démographique. L'établissement d'une telle zone est soumise à plusieurs conditions : 1) la localité qui définit la zone doit être déjà fortement peuplée (sans seuil défini) ; 2) la localité doit être bien pourvue en équipements, socio-éducatifs, sportifs et des commerces ou services de sorte à être en accord avec le principe de mixité fonctionnelle et 3) la zone doit ou devra être bien desservie en transports en commun. Si le plan d'aménagement général d'une commune n'est pas en conformité avec le plan sectoriel, un délai maximal de quatre ans est requis afin d'établir une adéquation du règlement municipal.

Conjointement, il est possible de définir des zones dont l'objectif est de limiter le caractère tentaculaire voire linéaire de certaines agglomération, appelées « mesure d'arrondissement du tissu existant ». Ces zones ne doivent pas permettre d'accueillir plus de 10% de la population totale de la commune. Les principes de définition de ces zones sont décrits sur la figure 2.24. Suivant la surface et la position géographique, les zones participent ou non à un « arrondissement » du tissu urbain communal. Il s'agit donc de privilégier une réelle compacité du tissu urbain. Cette idée vient un peu en opposition avec les principes de maintien des espaces verts de proximité énoncés dans le Programme Directeur. On constate également une réelle divergence avec l'allongement de la bordure urbaine telle que prônée par le modèle fractal d'urbanisation. Néanmoins, cette stratégie participe à la promotion d'un développement résidentiel à partir de la structure urbaine existante, en évitant les îlots dissociés et donc dans une logique de contiguïté morphologique. Comme indiqué dans le Programme Directeur, et dans le cas d'une extension résidentielle, des critères écologiques doivent être utilisés afin de sélectionner les sites potentiels, comme l'impact visuel sur la qualité paysagère, les questions énergétiques ou la protection des ressources naturelles et culturelles.



| Cas de figure | Possibilité de développement résidentiel | Explication |
|---------------|--|---|
| 1 | non | développement tentaculaire |
| 2 | oui | « arrondissement » modéré du périmètre d'agglomération |
| 3 | oui (si surface modérée) | développement tentaculaire existant avec extension modérée en parallèle |
| 4 | non (surface disproportionnée) | « arrondissement » non modéré |
| 5 | oui | remplissage lacunaire |
| 6 | oui | remplissage lacunaire |
| 7 | oui | remplissage lacunaire |
| 8 | oui | remplissage lacunaire |

FIGURE 2.24 – Schéma de principe des mesures « d'arrondissement » de la forme urbaine au Luxembourg, d'après une figure du Plan Sectoriel Logement, ministère du Logement, 2014

Le Plan Sectoriel Logement décrit des seuils de densité de logement. Dans les communes prioritaires (les 39 ou 43 communes nommées précédemment), la densité minimale devra être de 15 logements par hectare et en moyenne de 25 logements par hectare. Des densités plus élevées sont toutefois recommandées. À l'inverse, les communes complémentaires doivent faire l'objet de constructions moins denses, avec une moyenne de 20 logements à l'hectare et surtout une densité maximale de 30 logements par hectare. Le problème est que ce sont, comme nous l'avons vu dans la description des terrains disponibles au Luxembourg, les communes complémentaires qui détiennent une grande partie du potentiel foncier luxembourgeois avec 1200 hectares sur les 3700 actuellement encore disponibles.

Le Plan Sectoriel Logement fait aussi état de 25 sites, ou « zones pour la réalisation de projets d'envergure ». Dans ces espaces, il s'agit de construire des quartiers « modèles », parce que leur localisation et leur environnement (transports en commun, commerces...) le justifie. Le potentiel de ces 25 sites regroupe 450 hectares qui sont destinés à accueillir approximativement 15 000 logements. Dans ces zones, et conformément à la politique nationale, le droit de préemption domine et des expropriations sous contrainte d'utilité publique sont possibles.

Le Programme Directeur mentionne également une volonté de renouvellement urbain. Ce dernier serait facilité à l'aide de dispositifs fiscaux afin de simplifier les démarches et d'encourager la construction. L'un des intérêts du Pacte Logement était justement d'augmenter le faible écart (sauf dans 12 communes mais la différence est négligeable) de taxe foncière entre les terrains potentiellement constructibles et les terrains non constructibles (Estgen, 2011). Toujours sur le plan fiscal, le document stratégique indique l'éventualité d'une taxe sur l'imperméabilisation des sols afin de limiter la consommation foncière. La réalisation du cadastre des potentiels de construction irait également vers une meilleure identification des espaces à reconstruire ou à réhabiliter. Enfin, le Programme Directeur suggère la création d'une bourse de bâtiments anciens *Altbaubörse*, dans le but de faciliter les transactions des biens localisés dans les constructions existantes.

Afin de limiter la consommation d'espace, le gouvernement luxembourgeois fait un appel à la promotion de nouvelles formes de construction plus économes en foncier. De telles innovations sont à chercher dans le travail des architectes. De même, afin de réduire l'empreinte physique des infrastructures, le Programme Directeur recommande de limiter les constructions routières, ce qui

va dans le sens de la nouvelle stratégie luxembourgeoise de mobilité.

4.5. Une nouvelle politique de mobilité durable

En 2012, le ministère des Transports et des Infrastructures publie un document intitulé « Stratégie globale pour une mobilité durable, pour les résidents et les frontaliers », plus communément appelé MoDu (pour mobilité durable). Le premier objectif du MoDu est de parvenir à une meilleure articulation entre le développement territorial et la mobilité, comme le suggèrent le Programme Directeur et l'IVL. Deux autres objectifs concernent le report modal de la voiture particulière vers les modes doux et les transports en commun. En 2020, le gouvernement luxembourgeois ambitionne d'atteindre 25% des déplacements quotidiens en modes doux (marche à pied ou vélo) et que 25% des déplacements motorisés se fassent en transports en commun (contre 15% environ en 2010). Aussi, la diminution des nuisances (accidents, pollution atmosphérique, congestion) liées à la forte circulation automobile au Luxembourg passe par une réduction du trafic et le développement de la politique en faveur de l'usage des transports en commun et des modes doux.

L'une des premières solutions qui est retenue par le gouvernement luxembourgeois est de défavoriser l'usage de la voiture. Le Programme Directeur suggère d'augmenter le coût de la circulation automobile, par la hausse des primes d'assurance, la mise en place de péages routiers ou l'instauration d'une taxe énergétique. Il est également envisagé de différencier le coût de la mobilité entre les espaces urbains et ruraux, par exemple en limitant davantage les emplacements réservés au stationnement et en établissant une différence de règle entre ville et espaces périphériques. Le Plan Sectoriel Transports fixe une limite de 45m² de surface de stationnement dans les communes dites rurales. Dans les centres urbains, cette limite est fixée en fonction du nombre d'emplois dans l'environnement de la future construction. Si la zone est localisée à proximité d'infrastructures de transports en commun, alors le stationnement devient très limité, même en présence d'activités de services (moins de 100m²) et un peu moins limité pour les activités artisanales (moins de 200m²).

Des extensions du réseau routier sont prévues, comme les contournements de certaines agglomérations et surtout l'élargissement à 2x3 voies de l'A3. C'est l'autoroute la plus congestionnée du pays avec environ 80 000 passages par jour. Elle prolonge l'A31 en provenance de Metz et Thionville depuis la France.

L'autre possibilité afin de favoriser le report modal est de favoriser les alternatives à la voiture. À ce titre, le plan sectoriel transport et le MoDu sont coordonnés. Dans une logique analogue au TOD,

une mesure envisagée est de considérer l'accessibilité au réseau de transports en commun comme un critère de délimitation des périmètres de constructions. Il serait alors possible de densifier le tissu résidentiel existant autour des gares, notamment celles qui sont bien desservies. Le plan sectoriel distingue 3 niveaux de dessertes, dont le premier, le plus élevé est défini par un haut niveau de service :

- en train (à 600 mètres de la gare), avec 4 passages par heure pendant au moins 2 heures et 2 passages par heure pendant 12 heures, ou :
- en tram (à 500 mètres de l'arrêt), avec 6 passages par heure pendant au moins 2 heures et 3 passages par heure pendant 12 heures, ou :
- en bus (à 300 mètres de l'arrêt), avec 6 passages par heures pendant au moins 2 heures et 3 passages par heure pendant 12 heures.

Ces aires de dessertes permettent de mettre en place des politiques d'urbanisation ou de stationnement différenciées, en fonction du niveau de servitude.

La politique de développement en transports en commun fait état d'un certain nombre de mesures de développement du réseau, comme la construction d'une nouvelle ligne sur un tracé fortement fréquenté par les résidents et les frontaliers, entre Bettembourg et Luxembourg-Ville. La mise en place du tramway entre la gare et le quartier des affaires du Kirchberg est également très attendue dans la capitale. À terme, l'objectif est de passer à un système de tram-train pour améliorer les liaisons entre Luxembourg-Ville et les autres centres régionaux. Le développement d'une ligne de Bus à Haut Niveau de Service dans les communes du Sud Minier est également en projet.

Le Plan Sectoriel Transport édicte également des règles de desserte, avec l'objectif de deux dessertes par heures entre la capitale et les CDA dits moyens, et l'objectif d'une desserte par heure entre un CDA régional et un CDA moyen. Il est également attendu d'accentuer les liaisons régionales qui ne passent pas par Luxembourg-Ville afin d'améliorer les temps de parcours et de désengorger la gare centrale, déjà au bord de la saturation. Afin d'améliorer la liaison entre les deux premières villes du pays, il est prévu de réserver une voie de l'autoroute A4 aux bus, reliant ainsi plus facilement Esch-sur-Alzette à Luxembourg-Ville.

L'ensemble de cette politique s'accompagne aussi d'une série de mesures visant à augmenter la part des transports en commun à être en site propre (situé sur un réseau routier indépendant de la circulation automobile). Une amélioration des services en gares et à bord des trains, le développe-

ment de P+R²⁰, une amélioration du cadencement et des campagnes d'information font également partie de la stratégie gouvernementale.

Tel que mentionné dans le Programme Directeur, le Plan Sectoriel et le MoDu, le Luxembourg adopte ainsi une politique de développement des mobilités douces, en faveur des deux-roues non-motorisés et de la marche à pied. Il s'agit surtout de favoriser les cheminements piétons et cyclables en milieu urbain. Le Plan Sectoriel Transport décrit la mise en place de stationnement pour le vélo avec, par exemple, un seuil de 100 places à proximité d'une gare générant plus de 500 montées de voyageurs par jour. La politique urbaine de mobilité douce est également en coordination avec le réseau national de pistes cyclables. La loi du 28 avril 2015 a permis de valider un certain nombre de projets : 1) le passage de 650 à 1 400 km de pistes cyclables avec la création de 13 nouveaux itinéraires dont 8 en milieu urbain ; 2) la définition des gares comme points d'intérêts majeurs du réseau cyclables, afin de favoriser le report modal du vélo vers le train, à cet effet l'ensemble des gares devront être équipées de parcs de stationnement sécurisés.

Bien sûr, tous ces projets d'infrastructures ne pourront pas être réalisés en même temps. Le Plan Sectoriel fait état de trois phases de priorité : à l'horizon 2020, à l'horizon 2030 et après 2030. En ce qui concerne le développement des transports en commun intercommunaux, la voie de bus réservée sur l'autoroute ou encore le tramway, l'objectif est une réalisation de ces projets pour 2020. L'extension du tramway, pour un éventuel passage sur un système de tram-train est envisagée à plus long terme. Légalement, les différentes phases des projets permettent des mobilisations des terrains différentes. Si un projet est inscrit en phase 2020, il est possible pour l'État, de réserver des couloirs fonciers (entre 50 et 150 mètres) dans le règlement du Plan Sectoriel puis dans les plans d'aménagements généraux, à condition que les études techniques et d'impacts (Natura 2000) soient suffisamment avancées.

La plupart des éléments évoqués précédemment sont issus de documents d'orientations stratégiques et politiques ; ils n'ont pas de vocation à contraindre les dynamiques en cours au Luxembourg. Comme il l'a été évoqué, ce sont les programmes directeurs sectoriels qui fixent les mesures concrètes afin d'atteindre l'objectif d'un développement territorial durable. Or, en juin 2015, ces documents ne sont toujours pas votés et mis en application. Un rapport publié début 2015 par le ministère du Développement Durable et des Infrastructures²¹, intitulé « Quelle démarche pour un

20. Les *Parks and Ride* sont des espaces de stationnement, généralement situés à proximité des agglomérations, où il est prévu de laisser sa voiture pour utiliser les transports en commun à proximité.

21. Conjointement avec les ministères de l'Environnement (Département des Transports), de l'Economie, de l'Intérieur et du Logement

Développement Spatial Durable? », fait état d'une interruption de la procédure législative d'adoption de ces textes. Ce rapport stipule également que ces textes ne sont pas retirés du processus décisionnel mais doivent tenir compte d'une deuxième phase de consultation des élus locaux ayant eu lieu fin 2014 (Ministère du Développement durable et des Infrastructures, 2015). Il semblerait que les bourgmestres luxembourgeois soient hostiles à l'adoption des plans sectoriels en l'état, avec la crainte d'une trop grande utilisation des droits de préemption par l'État afin de favoriser le développement et la construction au détriment des espaces naturels. En revanche, ces longues déclarations d'intentions révèlent une certaine volonté de réguler les processus en cours au Grand-Duché.

| | |
|-----------------|---|
| Objectif | Localiser la croissance démographique |
| | Limiter la consommation foncière |
| | Réduire la dépendance automobile |
| Normes | Politique de déconcentration concentrée |
| | Hiérarchie des centres et polycentrisme |
| | Densification résidentielle et renouvellement urbain, éviter le développement tentaculaire |
| | Accès aisé à un certain nombre d'aménités (commerces, services, loisirs) |
| | Mixité fonctionnelle des activités (résidentielles, commerciales, artisanales...) |
| | Espaces verts de différente tailles, associées à différents niveaux fonctionnels |
| | Favoriser l'usage des modes doux et des transports en commun |
| Règles | 3 niveaux de CDA (supérieur, moyen, régional) |
| | Communes prioritaires / complémentaires |
| | Définition d'espaces prioritaires pour l'urbanisation au niveau communal |
| | 25 log/ha en moyenne dans les communes prioritaires, 20 log/ha dans les communes complémentaire |
| | 25 quartiers modèles, pour 15 000 nouveaux logements |
| | Pacte logement, mesure financière visant à récompenser les communes qui accueillent de nouveaux ménages |
| | Développement d'infrastructures de transports en commun (lignes ferroviaires, de bus et tramway) |
| | Certaines règles qui ne sont pas encore en vigueur seront exposées dans la deuxième partie de la thèse |

Tableau 2.4 – Objectifs et normes au Luxembourg

5. Conclusion du chapitre 2

Le cas du Grand-Duché de Luxembourg, petit par sa taille mais fort de ses dynamiques économiques et démographiques soutenues, est ainsi confronté à un réel objectif de croissance résidentielle. Le pays, au travers de sa politique nationale d'aménagement, est confronté à des enjeux cruciaux, tant sur le maintien du rôle de Luxembourg-Ville comme capitale au centre de l'Europe, que de la préservation de sa cohérence territoriale nationale.

Plus que jamais, il est fondamental d'accélérer la construction de logements pour faciliter l'installation des nouveaux ménages (migrants ou non) tout en permettant une certaine fluidité de l'offre. Dans cette optique, une réflexion doit être menée au niveau de la forme que doit prendre ce développement afin de limiter la consommation foncière, ressource souvent limitée, et d'autant plus au Luxembourg. Le Grand-Duché fait état d'une forte différenciation spatiale, avec une concentration des emplois dans la capitale et des dynamiques démographiques localisées en majeure partie dans la moitié sud du territoire.

Au regard des modes de vie actuels des résidents luxembourgeois, basés sur une forte utilisation de l'automobile, il convient d'établir des règles d'aménagement qui encouragent le recours à d'autres moyens de transports, mais aussi à d'autres formes de mobilité. Les distances parcourues, le nombre de déplacements et donc l'accessibilité à l'emploi, aux commerces, services et loisirs doivent être également repensés. La deuxième partie de la thèse, consacrée à la création et à la simulation de scénarios de croissance résidentielle pour le Luxembourg en 2030 devrait apporter quelques éléments de réponses à ces questions. Il sera notamment question d'appliquer et de tester, au moyen d'outils de simulation, de nouvelles normes et règles d'aménagement.

Conclusion de la première partie

PENDANT longtemps, un des objectifs principaux de l'aménagement urbain a été de localiser la demande de logements, c'est-à-dire de fournir un habitat au plus grand nombre. En ce sens, la ville durable constitue un nouveau paradigme. Il ne faut pas seulement pouvoir constituer une offre suffisante mais cette offre doit être à la source de modes de vie plus durables que ceux observés actuellement et depuis les années 1950. Le phénomène de dépendance automobile est une des causes de la non durabilité du système actuel. L'objectif de réduction de cette dépendance est réel pour tous les pays dits occidentaux qui sont confrontés au problème de l'étalement urbain et aux conséquences négatives qu'il engendre. Mais il l'est sans doute encore plus pour le Luxembourg qui doit faire face à une demande accrue de ménages sur un territoire restreint.

Il convient alors de pouvoir limiter voire de restreindre ce lien entre la voiture et nos modes de vie contemporains pour limiter les impacts de la croissance urbaine et notamment résidentielle sur l'environnement. Il s'agit donc de promouvoir d'autres façons de fabriquer la ville, d'autres modes d'organisation spatiale qui ne seraient pas seulement basés sur un usage intensif de l'automobile et un allongement des distances parcourues. Dans ce contexte, il semble primordial de produire un tissu résidentiel susceptible de raccourcir les distances à parcourir, quel que soit le mode emprunté, et mieux encore qui facilite le recours aux transports en commun ou aux modes doux. L'augmentation de la circulation automobile n'est pas la seule conséquence de l'étalement urbain à laquelle la forme de la ville peut apporter des éléments de réponse. La consommation foncière est également un enjeu primordial. En France, tous les sept ans, l'équivalent d'un département français est artificialisé, passant d'un état naturel à une surface bitumée, bétonnée ou tout autre matériau imperméable. Les normes observées en matière de densité de construction peuvent être augmentées afin de limiter l'impact de l'urbanisation sur la consommation de terrains, même si nous savons que la croissance résidentielle ne constitue pas la plus grande partie de l'artificialisation des sols.

Comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, la définition d'un nouvel objectif induit le passage à de nouvelles normes et de nouvelles règles. Dans cette optique, notre proposition pour

un aménagement normatif doit permettre d'identifier les leviers d'actions pour atteindre l'objectif. La suite de la thèse décrira la méthodologie mise en place afin de tester, par au moyen de la simulation spatiale, des règles concernant la croissance résidentielle et devant permettre de répondre aux objectifs auxquels le Luxembourg est confronté.

**DEUXIÈME PARTIE : SIMULATION DE
SCÉNARIOS DE CROISSANCE
RÉSIDENTIELLE**

Introduction de la deuxième partie

L'OBJET principal de cette partie est de proposer, modéliser et simuler différents scénarios de croissance résidentielle pour le Luxembourg à l'horizon 2030. À partir d'une quantification des besoins en logements pour cette échéance, la deuxième partie propose différentes orientations concernant la future localisation des extensions du tissu résidentiel, en fonction de scénarios réalistes et répondant aux objectifs d'aménagement affichés par le gouvernement (cf. première partie). Ces scénarios devront apporter un éclairage nouveau sur le lien entre la forme urbaine et son fonctionnement, tel que décrit en introduction générale. Des normes et des règles d'aménagement et de développement urbain, dont la première partie a fait l'objet, seront au cœur de cette étape de travail en les appliquant selon certaines conditions.

Le travail s'appuie sur une proposition méthodologique de conception de scénarios, en l'absence de réel consensus théorique sur la manière de construire des scénarios de développement résidentiels (Handy, 2005b). Cette proposition fera l'objet du chapitre 3.

Les scénarios conçus sur cette base seront simulés au moyen d'un modèle de croissance résidentielle, MUP-City, développé par l'équipe Ville, Mobilité et Transports du Laboratoire ThéMA (Frankhauser *et al.*, 2010). Ce modèle spatial, présenté dans le chapitre 4, est pensé et construit comme un outil d'aide à la décision. MUP-City est à même de créer des cartes d'urbanisation potentielle à une échelle fine, sous la forme de cellules carrées, pour tout le pays. Nous étudierons ses spécificités, tant sur le plan technique (présentation générale, données d'entrées, résolution spatiale) que conceptuel. Les normes de développement résidentiel seront ensuite présentées et transcrites sous la forme de règles dans MUP-City. Cette transcription des normes aux règles est une des caractéristiques premières du modèle. MUP-City ayant été développé dans le cadre géographique de l'agglomération de Besançon, le transfert à un autre terrain d'étude, plus vaste spatialement mais qui comporte également une organisation spatiale propre, soulève de nombreuses questions auxquelles il conviendra de répondre, afin de s'assurer de cette bonne transcription des normes aux règles.

Ainsi, avant de parvenir à la simulation de scénarios d'aménagement réalistes pour le Luxembourg, de nombreux tests ont été nécessaires afin de tenir compte de toutes les normes de développement envisagées et de les traduire au mieux en règles dans MUP-City. Ces tests seront décrits et analysés dans le chapitre 5 de cette deuxième partie.

Le sixième et dernier chapitre de cette deuxième partie de la thèse est consacré à la simulation et à la représentation des différents scénarios de croissance résidentielle imaginés pour le Luxembourg. Un parallèle sera établi entre les scénarios issus de la thèse et ceux obtenus dans le cadre du projet MOEBIUS (Gerber et al, 2013 ; Lord et al, 2015) afin de confronter ces deux approches censées être complémentaires et comparables.

Chapitre 3

Conception de scénarios de croissance résidentielle pour le Luxembourg : proposition méthodologique

« [...] Mais pour en juger, il eut fallu une ville d'essai. Le fondateur d'une (telle) ville [...] aurait eu le double honneur de frapper de ridicule toutes les autres capitales [...] et de métamorphoser subitement le monde social. »

Charles Fourier, 1822

CE TROISIÈME chapitre est l'occasion de présenter la démarche de construction des scénarios. Comme annoncé en introduction de cette deuxième partie, il semble difficile, au regard de la littérature pourtant abondante sur la planification de la croissance urbaine, de dégager un consensus théorique sur la démarche de construction de scénarios (Handy, 2005b).

Beaucoup d'articles abordent la question des scénarios, mais ils sont souvent peu explicites quand à la description des choix réalisés. D'autres projets de recherche sont directement issus d'une application dans l'aide à la décision et les scénarios ont souvent été imaginés dans un processus de concertation avec les élus. Ils sont par conséquent très dépendants des contextes locaux dans lesquels ils s'inscrivent. L'objectif est donc, dans le cadre de notre réflexion, de proposer une démarche de modélisation qui suit un processus, c'est-à-dire une suite d'étapes ponctuée de choix rationnels, en accord avec des objectifs d'aménagement normatifs bien identifiés.

Toute une littérature scientifique existe sur la création de scénarios, Amer *et al.* (2013) en fait une revue assez complète. Une majeure partie de cette production provient des sciences de gestion (Becker, 1983 ; Schoemaker, 1995 ; Amer *et al.*, 2013). Il s'agit d'imaginer des futurs possibles pour une entreprise, et de prévoir ou tout du moins d'anticiper sa croissance (ou des signes de faiblesse). Selon Houet (2015), il suffirait d'ajouter la dimension spatiale à cette démarche prospective issue des sciences de gestion pour réaliser une adaptation au contexte de l'aménagement du territoire. L'enjeu majeur des scénarios dans les sciences de gestion est d'identifier les variables prépondérantes dans une analyse, afin qu'elles puissent être considérées comme déterminantes par la suite (Godet, 1986). Or, la dimension spatiale n'est pas tout à fait une variable comme les autres. Il semble relativement difficile de prendre en compte tout ou partie de la complexité du cadre spatial et des notions auxquelles il renvoie (distance, site, interaction...) dans une ou plusieurs variables d'un modèle. Il est donc nécessaire de construire une démarche de scénarisation, propre à la géographie, où la dimension spatiale tient une place prépondérante. Nous retiendrons tout de même qu'un scénario peut être vu comme une tentative de description d'un futur possible, sans certitudes sur les conditions de son application (Becker, 1983). De fait, toujours d'après Becker, il y a deux manières principales d'aborder un scénario : soit il peut être considéré comme l'image à atteindre en $t + 1$ et il faut donc identifier les conditions nécessaires pour arriver à cet instantané ; soit le scénario regroupe l'ensemble des processus et phénomènes à partir de t_0 et des suites de l'application de ces choix s'obtient la situation finale. Dans notre cas, il s'agit précisément d'une combinaison de ces deux aspects. La situation en $t + 1$ est un objectif à atteindre, donc connu, tandis que nous explorons également différents moyens d'y parvenir à partir de la situation initiale.

La méthodologie générale de construction des scénarios est fondée sur cinq principaux points, comme le souligne le schéma 3.1. Précisons que l'ordre des étapes présenté ci-dessus n'est pas séquentiel : même si les contraintes techniques de manipulation des données imposent un ordre dans l'application des différents critères, il est possible de complexifier l'approche en fonction de la priorité accordée à certaines variables. Les projections démographiques forment le point de départ de toute démarche de scénarisation car elles permettent de quantifier les besoins en nouveaux logements. Des estimations hautes et basses peuvent servir à délimiter les projections de tendances afin de fournir des valeurs minimum et maximum pour la suite du processus. L'application d'une ou plusieurs règles de densité bâtie sont ensuite nécessaires dans l'objectif de transformer les besoins en logements en surface à urbaniser. La forme urbaine fait l'objet d'une double considération. Au niveau global, il s'agit de définir les modalités de répartition du développement résidentiel dans les différentes communes, afin d'accentuer ou de réduire les centralités existantes. Au niveau local, la forme urbaine correspond à la géométrie du tissu bâti simulé. Dans le cas présent, les formes

fractales et non fractales (ou compactes) font l'objet d'une distinction. Des règles d'accessibilité à différentes aménités permettent ensuite de localiser les extensions résidentielles dans l'objectif de limiter la longueur des déplacements et d'encourager la pratique des modes doux ou des transports en commun. Du point de vue de l'aménageur et de manière générale, une aménité peut être considérée comme la qualité agréable ou utile d'un lieu. Elle induit évidemment des déplacements pour y accéder. Enfin, des restrictions éventuelles interdisent ou non les développements résidentiels dans certains espaces. Les zones non constructibles (zones humides, abords des routes, espaces protégés...) constituent un élément essentiel dans la construction d'un scénario de développement résidentiel.

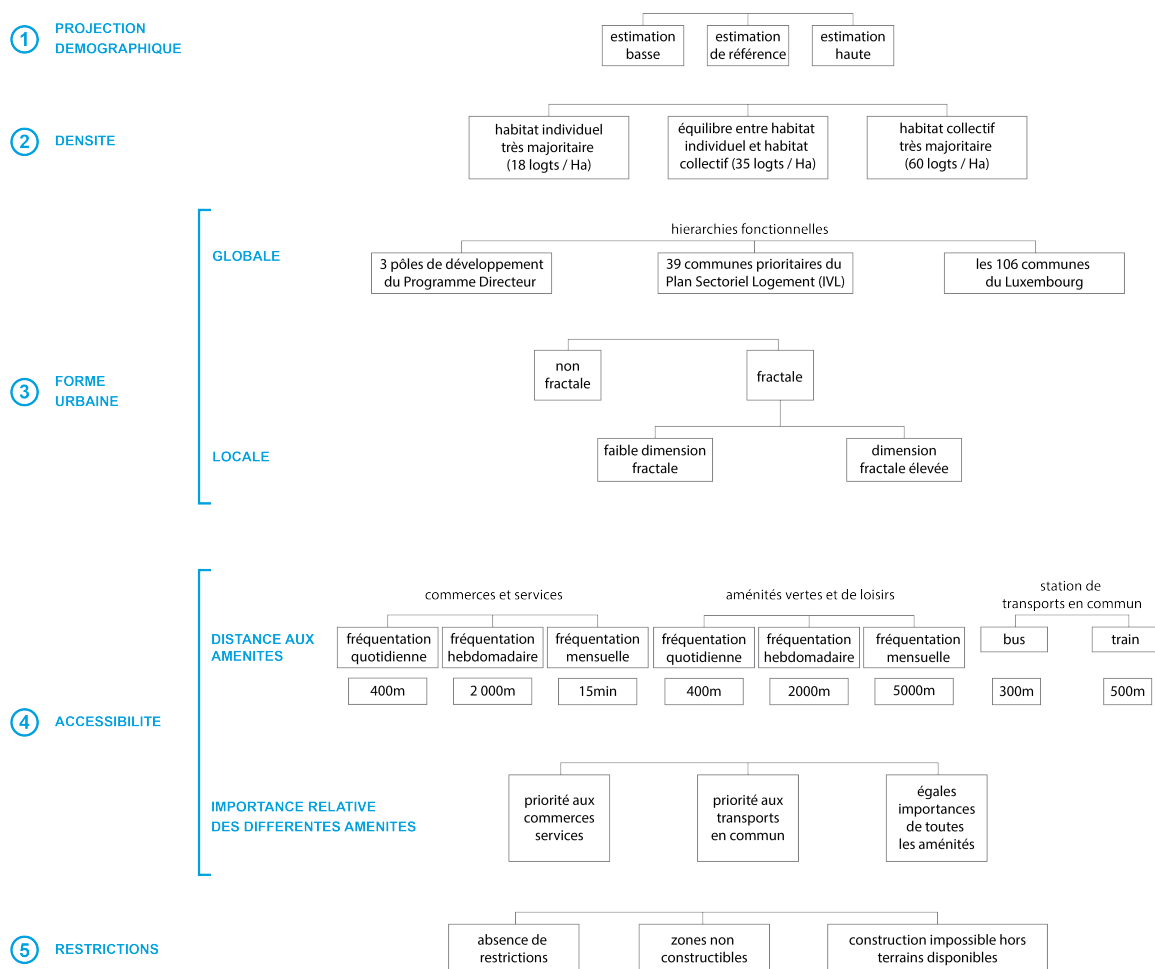


FIGURE 3.1 – Variables retenues dans la construction des scénarios de croissance résidentielle

Dans la démarche de scénarisation, une certaine analogie peut être établie avec le projet VILMODes¹. L'objectif du projet « consiste à concevoir, simuler et comparer des scénarios d'aménagement [...] et à en évaluer les conséquences à moyen terme ». De fait, les scénarios d'aménagement conçus dans le cadre du projet se doivent d'être « rigoureusement construits selon des niveaux de contraintes réalistes » (Antoni, 2014). Les auteurs définissent le scénario comme « une série d'hypothèses portant à la fois sur l'évolution du contexte macroéconomique et démographique des agglomérations, sur la nature des interventions publiques visant à orienter le développement urbain dans les directions conformes aux aspirations politiques de la société ainsi qu'éventuellement sur les évolutions attendues des comportements ». La construction des scénarios s'établit en cinq points principaux : 1) le contexte démographique et macroéconomique (évolution du prix de l'énergie par exemple) ; 2) la définition de la dynamique souhaitée et identification des politiques d'aménagement (en réaction au point 1) ; 3) la spécification de la mise en œuvre de ces politiques au travers d'un *Plan Local d'Urbanisme simulé* ; 4) la simulation des scénarios, forme urbaine (localisation des logements) et mobilité quotidienne (comportements de mobilité), et 5) l'évaluation des impacts des scénarios à l'aide d'indicateurs. Comme le montre la figure 3.2, trois scénarios ont été retenus dans le projet VILMODes : i) un scénario laissez-faire (LF), qui sert de référence en faisant varier le contexte global sans intégrer de nouvelles politiques d'aménagement, ii) le Renouvellement Urbain Compact (RUC), qui simule une densification importante au sein d'une ville compacte, et iii) le Fractal-Oriented Development (FOD), qui combine la logique du TOD avec les principes fractals du développement résidentiel.

La différence principale entre les deux démarches de scénarisation réside dans les échelles d'hypothèses qui sont émises. VILMODes est davantage axé sur le contexte spatial, politique, démographique ou économique alors que dans le cadre de la thèse, la démarche de scénarisation explicite les choix des normes et règles du développement résidentiel. Les règles de développement résidentiel ne sont pas absentes de la démarche de VILMODes mais sont moins mises en avant dans la construction des scénarios.

1. Le projet VILMODes (Villes et Mobilité durable : évaluation par la simulation) est une initiative du laboratoire ThéMA, en partenariat avec le LET (Lyon) et le LVMT (Marne la Vallée) en réponse à un appel d'offre du PREDIT, au travers du Groupe Opérationnel 6 : « Dynamiques de localisation et mobilité à l'horizon 2025 ».

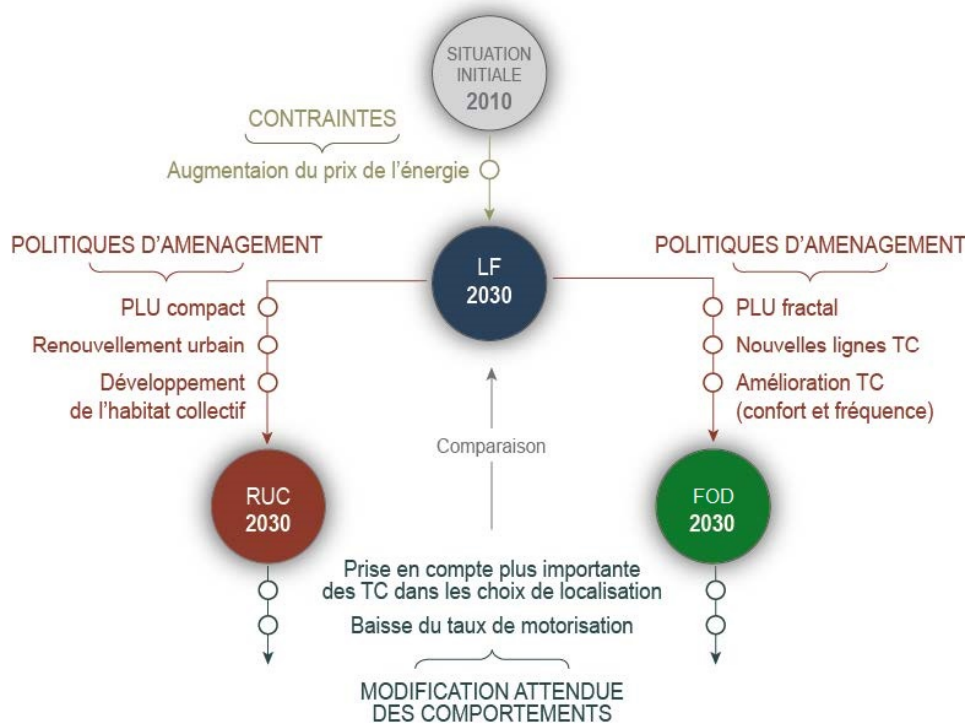


FIGURE 3.2 – Niveaux de contrainte et logique de construction des scénarios dans le projet VIL-MODEs (Antoni et al 2014)

La figure 3.3 présente le mode opératoire utilisé dans la démarche de construction des scénarios. Partant de l'état initial, le Luxembourg en 2010 dans notre cas, l'objectif à atteindre est la situation résidentielle au Luxembourg en 2030. La traduction de cet objectif consiste en différents scénarios qui seront présentés par la suite. Pour autant, il convient d'abord de mesurer des potentiels d'urbanisation, et de valider ou non les hypothèses qui sous-tendent les normes et les règles d'aménagement fixées par l'aménageur. Les potentialités résident dans l'évaluation de zones géographiques plus ou moins susceptibles d'accueillir du développement résidentiel. Les modalités de définition des seuils d'accessibilité (en distance ou en temps), l'activation ou non de règles d'aménagement ainsi que l'importance respective qui leur est accordée représentent des leviers permettant d'affiner ces potentialités. La définition de ces potentialités est à l'origine des scénarios, conformément à la méthode présentée sur la figure 3.1. Là encore, il est possible d'effectuer des tests et des modifications basées sur les potentialités existantes pour préciser les scénarios retenus. L'analyse, la synthèse et la comparaison de ces scénarios passent par la mise en place et le calcul d'indicateurs, par exemple d'accessibilité spatiale ou de mobilité quotidienne². Les boucles de rétroactions au bas de la figure 3.3 représentent les actions entre et au sein de ces étapes, et soulignent le fait que la démarche proposée ici n'est pas linéaire mais résulte d'allers-retours réguliers entre les différentes

2. La satisfaction résidentielle, la visibilité paysagère, la connectivité écologique, etc. sont autant d'autres indicateurs possibles.

phases de travail.

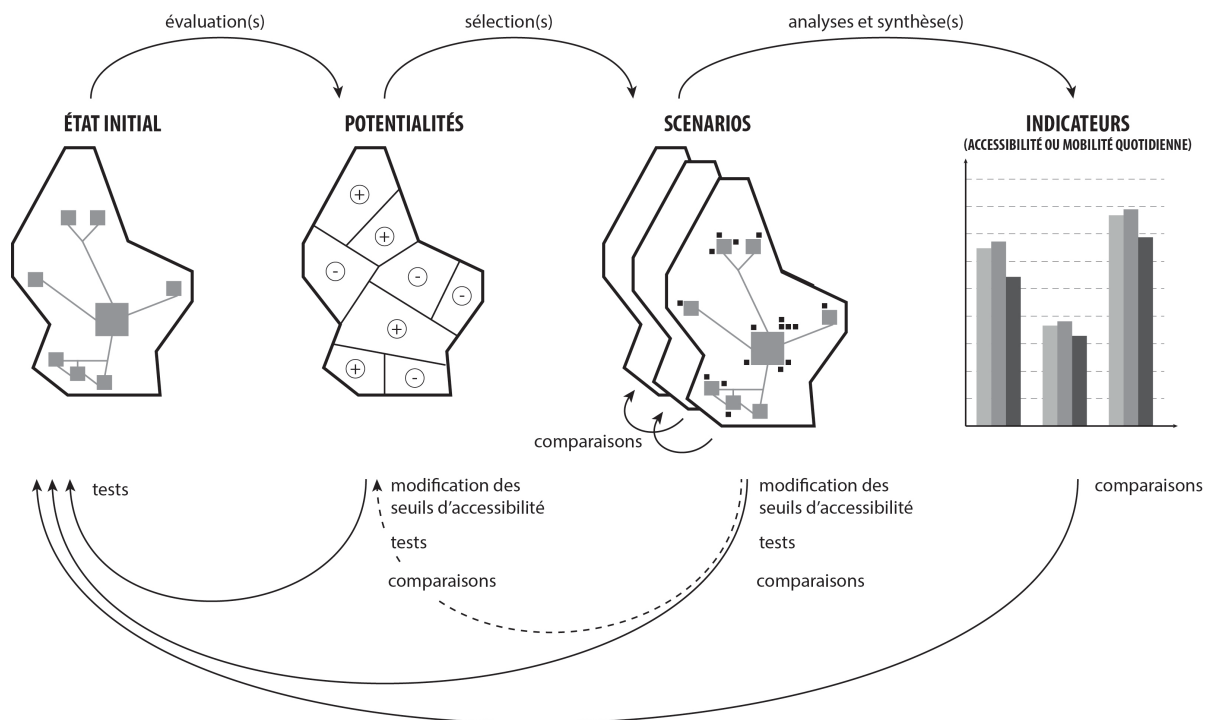


FIGURE 3.3 – Démarche processuelle de modélisation des scénarios d'aménagement

1. Les projections démographiques

Le point de départ de la démarche de scénarisation (voir figure 3.1) est la sélection de la projection démographique. Cette dernière fixe l'objectif de population à atteindre³, et par extension le nombre de logements à construire. Ces projections, fournies par l'organisme luxembourgeois de statistiques publiques (STATEC), définissent la possibilité de croissance de la population, et donc des ménages, ainsi que les besoins en logements à l'horizon 2030 (Peltier, 2011). À partir des données collectées entre 1975 et 2010, cinq scénarios différents ont été définis : haut, bas, *rebound*, *low decade* et de référence (*baseline*). Les taux de fécondité et de mortalité qui composent ces scénarios sont identiques. Les hypothèses qui différencient ces projections se situent donc au niveau des migrations, faisant du Luxembourg une des spécificités démographique en Europe. Pour la suite des analyses, nous retiendrons trois des cinq scénarios proposés par le STATEC : l'hypothèse de référence, qui servira de point de comparaison et sera utilisée dans la majorité des scénarios puisque considérée par les auteurs comme la plus probable ; l'hypothèse basse, qui constituerait le seuil minimal de population en 2030 et, à l'inverse, l'hypothèse haute, correspondant au maximum at-

3. Objectif à atteindre dans la démarche de scénarisation, pas un objectif de population en soi.

teint par le prolongement des tendances observées entre 2003 et 2009. Les projections concernent uniquement la population des ménages dits privés, et excluent les ménages collectifs (maisons de retraite, logements étudiants, prisons. . .). Pour chaque scénario, il existe des hypothèses différentes sur la structure démographique des ménages, le scénario haut prenant par exemple en compte un fort taux de décohabitation et une tendance forte de la diminution de la taille des ménages. Pour rappel, il y avait un peu plus de 202 000 ménages au Grand-Duché en 2010 (STATEC).

- La projection de référence prévoit 634 283 habitants en 2030, qui correspondent à 284 438 ménages privés, soit une augmentation de 82 438 ménages,
- La projection basse prévoit 547 725 habitants en 2030, qui correspondent à 249 837 ménages privés, soit une augmentation de 47 837 ménages,
- La projection haute prévoit 648 281 habitants en 2030, qui correspondent à 290 076 ménages privés, soit une augmentation de 88 076 ménages.

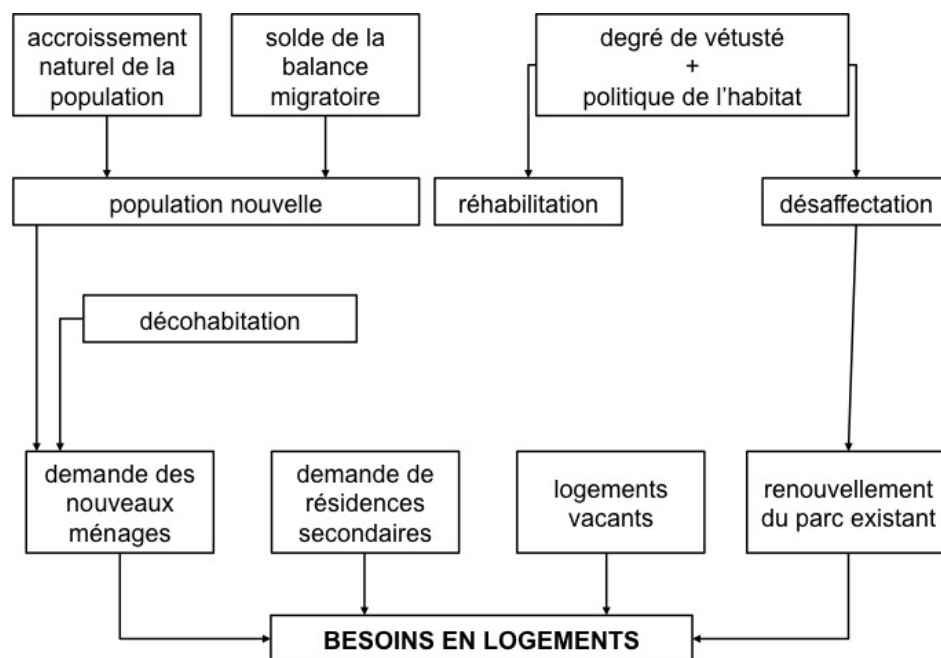
Avec une différence de plus de 100 000 habitants (40 000 ménages) selon les hypothèses retenues, le choix d'une projection démographique, et donc des besoins en logements, est crucial lors de la définition d'un scénario. Les conséquences spatiales d'une application de chacune des trois hypothèses fera l'objet d'un scénario.

La méthodologie des calculs des projections du STATEC permet de convertir les projections des ménages privés en besoin en logements. Le paragraphe précédent détaillait les projections en nouveaux ménages. Elles ne correspondent pas exactement au nombre de nouveaux logements. En effet, le besoin en logements est égal au nombre de ménages supplémentaires, auquel il faut ajouter la demande en résidences secondaires, la vacance de logements (ou réserve de mobilité résidentielle, qui sert à fluidifier le marché immobilier) et la résorption du déficit accumulé (dû à un taux de construction annuel insuffisant). Il faut également prendre en compte le solde lié au remplacement des logements perdus (vétusté du parc, densification par la reconstruction. . .) et des logements ré-affectés (d'habitations en bureaux par exemple). Ce solde est d'ailleurs négatif au Luxembourg, ce qui signifie qu'il faut ajouter au total des logements à construire un taux de remplacement des logements « perdus » (voir figure 3.4). Le remplacement des logements perdus est donc intégré dans nos calculs de besoins en logements afin de ne pas émettre d'hypothèses sur le remplissage d'éventuelles *dents-creuses* laissées par les démolitions et réhabilitations.

- La projection de référence comprend 129 759 logements supplémentaires d'ici 2030, dont 2 451 de vacants et 45 605 en remplacement des logements perdus.

- La projection basse comprend 91 858 logements supplémentaires d’ici 2030, dont 1 413 de vacants et 43 343 en remplacement des logements perdus.
- La projection haute comprend 135 859 logements supplémentaires d’ici 2030, dont 2 620 de vacants et 45 899 en remplacement des logements perdus.

Là encore, une forte différence existe (+44 000 logements) entre l’estimation basse et haute, ce qui va permettre de différencier les scénarios retenus. On peut noter la relative stabilité du nombre de logements à remplacer, puisque celui-ci est indépendant de la croissance du nombre de ménages.



Source : Granelle, 1998

FIGURE 3.4 – Méthode de construction des besoins en logement

2. La densité bâtie

Comme nous l'avons vu dans la première partie, la densification est souvent citée en réponse à l'étalement urbain. Le processus de remplissage des dents creuses représente un levier d'action de ce processus. Dans notre cas luxembourgeois, il ne s'agit pas de prôner une densification massive, mais de mettre en place des normes cohérentes avec les objectifs politiques affichés dans le chapitre 2. Ces objectifs tendent à montrer un doublement de la densité moyenne observée dans la construction ces dernières années, en passant de 18 à 35 logements par hectare, surtout dans les espaces urbanisés. Un lien peut être établi avec la forme urbaine globale : des densités différentes peuvent s'appliquer selon des critères géographiques. Par exemple, un scénario en faveur des transports en commun préconise une densité forte à proximité des gares ferroviaires ; autour de 80 logements par hectare. La figure 3.5, réalisée par l'Agence d'Urbanisme de Caen-Métropole, représente quelques repères de densité de construction en fonction des formes de constructions.

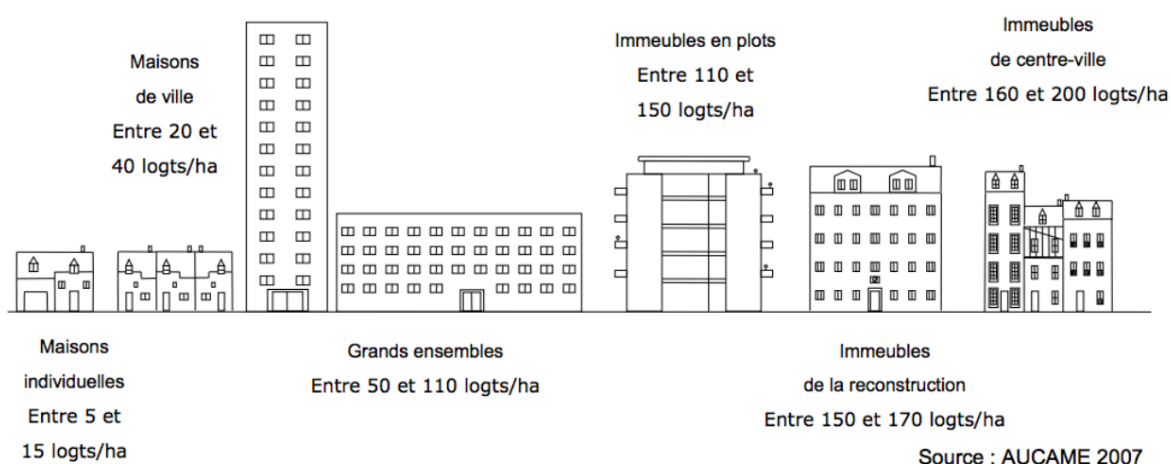


FIGURE 3.5 – Quelques repères sur la densité résidentielle, avec des exemples de construction, AUCAME, 2010

À l'aide d'une équivalence représentée par la figure 3.6, il est possible de convertir notre nombre de logements projetés par le STATEC en consommation foncière. Par exemple, si le besoin est de 100 000 logements, et que la densité souhaitée par les aménageurs est de 100 logements à l'hectare, soit 100m² par logement, alors il faudra urbaniser 1 000 hectares ou 10 000 000 de mètres carrés.

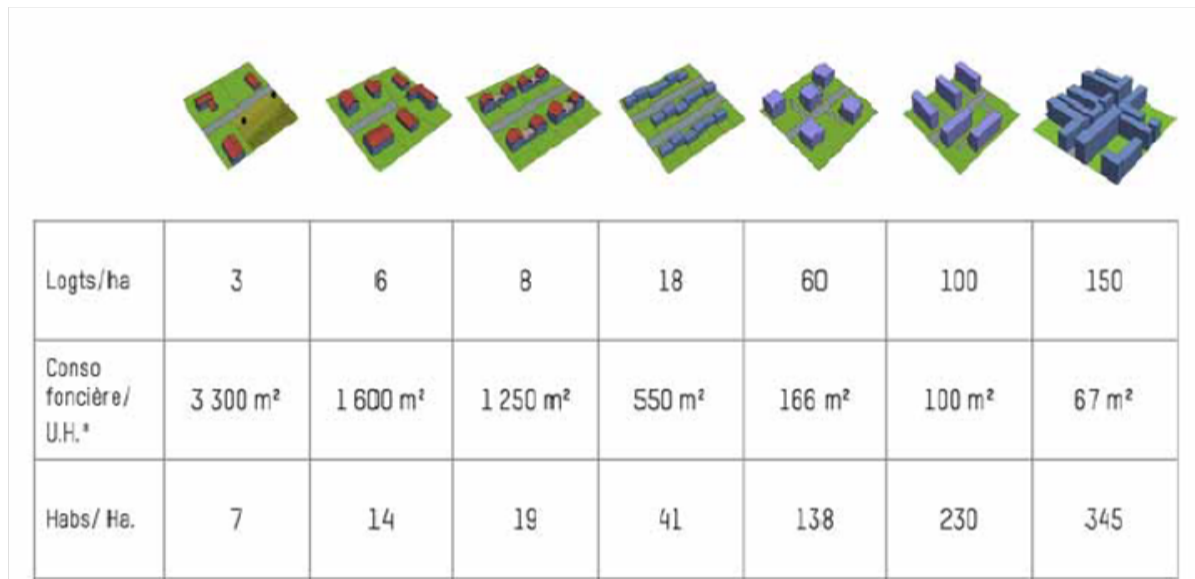


FIGURE 3.6 – Impact de la densité de construction sur la consommation foncière, exprimée en unité d’habitation (U.H.*), AUCAME, 2010

3. Forme urbaine globale et forme urbaine locale

Le choix de la forme urbaine, au niveau local dans un premier temps, permet de préciser la morphologie urbaine souhaitée par l’aménageur. Ainsi, un choix demeure possible entre une forme non fractale de type compacte, ou une forme fractale, avec les conséquences que cela implique. La forme fractale dépendra de la dimension fractale fixée. Rappelons que plus la dimension fractale est élevée, plus le tissu bâti généré sera localement homogène. Cet aspect sera développé dans un premier point. La forme urbaine globale quant à elle, est également un choix d’aménagement par la localisation. De fait, il paraît opportun à ce moment-là d’opter pour des sélections différentes du potentiel d’urbanisation en fonction d’un certain nombre de critères « macros », inhérents aux politiques en vigueur au Luxembourg. Nous y reviendrons en deuxième lieu.

3.1. Forme urbaine locale

La densité peut être définie comme la mise en relation d’une masse (ici bâtie, de logements par exemple) sur une surface donnée. Elle s’exprime le plus souvent au travers d’un indicateur de moyenne sans pour autant donner d’informations sur la distribution spatiale à l’intérieur de l’échelle de référence⁴ (Thomas et al, 2007). On parle alors de calcul d’une moyenne de la masse distribuée sur une surface donnée.

4. Les 18, 35 ou 100 logements à l’hectare.

L'introduction d'une norme fractale au niveau local permet, en complément, de prendre en compte la distribution de la masse autour du rayon de la surface considérée. Le modèle fractal de croissance résidentielle doit permettre de minimiser la consommation d'espace sans pour autant augmenter la densité bâtie (Thomas et al 2007, Tannier et al 2010). Autrement dit, ce calcul passe par l'établissement d'une loi d'échelle, formalisée par la loi de puissance. C'est cette puissance qui définit la dimension fractale de l'objet mesuré. Plus la dimension fractale d'un objet est forte, plus le tissu bâti est homogène dans sa distribution, comme l'indique la figure 3.7. L'indicateur de fractalité mesure davantage « l'homogénéité urbanistique que l'intensité de l'occupation de l'espace » (Badariotti, 2005b). Plus la dimension fractale est élevée, plus la densité est forte. Pour autant, ce sont bien deux mesures distinctes (Frankhauser, 2005). La quête d'une dimension fractale optimale peut être considérée comme une norme d'aménagement, au même titre que la densité (Tannier et al, 2010), l'accessibilité, la mixité... (Badariotti, 2005b).

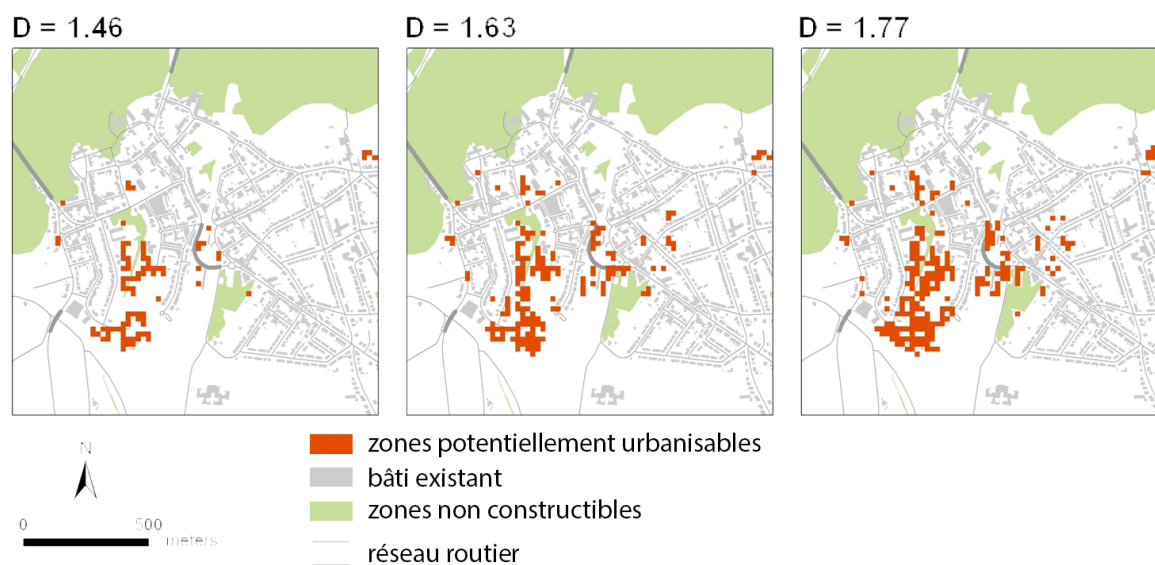


FIGURE 3.7 – Configurations possibles selon la dimension fractale du tissu résidentiel simulé

La mesure de la dimension fractale, ou l'introduction de la fractalité dans la démarche de construction des scénarios d'aménagement, vient compléter le concept de densité. Elle permet également le dessin réaliste des formes urbaines simulées, en raison du caractère naturaliste de la fractalité des villes.

3.2. Forme urbaine globale

La prise en compte des formes urbaines dans la démarche de scénarisation peut également s'intégrer à une échelle plus vaste que le niveau local. Ce changement d'échelle s'effectue ici au travers de typologies communales, qui traduisent le degré de fonctionnalité dont ces communes font

preuve. Nous avons décrit, dans le deuxième chapitre de la thèse, les différentes hiérarchies fonctionnelles qui sont présentes dans les documents de planification luxembourgeois :

- les 3 pôles du Programme Directeur, qui représentent 23 communes,
- les 39 communes du Plan Sectoriel Logement, définies dans l'IVL,
- les 116 communes luxembourgeoises.

Ainsi, on peut décider d'affecter un certain pourcentage de la croissance résidentielle dans des communes jugées prioritaires. En reprenant l'exemple des 100 000 logements, et sachant que les aménageurs décident de localiser 80% de la croissance résidentielle dans les 3 pôles du Programme Directeur, alors 80 000 logements se retrouveront dans les 23 communes principales et 20 000 dans les 93 autres.

4. L'accessibilité aux aménités

Au cours de la simulation, la création du potentiel d'urbanisation passe par l'évaluation de l'accessibilité et de la proximité aux différentes aménités. Afin de préciser les scénarios de croissance résidentielle, l'aménageur dispose ainsi de deux leviers que sont la définition des seuils d'évaluation dans les mesures d'accessibilité et le choix des importances accordées à ces différentes mesures d'accessibilité.

Plus que de simples modifications de paramètres, la définition de ces valeurs reflète également l'approche normative dans la démarche de modélisation. Comme le rappelle la figure 3.3 en introduction de ce chapitre, la modification de ces seuils d'accessibilité fait partie intégrante de la démarche de construction des scénarios de développement résidentiel. Les tests, présentés par la suite avec des essais de valeurs différentes, seront nécessaires pour à la fois comprendre les réactions des outils de simulation sur le plan méthodologique, mais surtout, affiner sur le plan thématique les normes qui seront à même de répondre aux objectifs d'aménagement. C'est en testant plusieurs séries de valeurs, différents choix dans les pondérations, que l'aménageur peut trouver les seuils qui répondent à ses objectifs de croissance résidentielle.

Plus concrètement, la figure 3.1 présente une série de seuils qui reflètent des règles strictes d'aménagement. Nous verrons par la suite, qu'en fonction des espaces étudiés, ces normes peuvent

être reconsidérées afin de les assouplir. De même, d'un point de vue des importances accordées à chacune, nous utilisons trois tables de valeurs. Soit l'importance la plus forte est donnée à l'accessibilité aux commerces et services, soit aux infrastructures de transports en commun, soit aucune importance n'est fixée et toutes les règles d'évaluation ont le même poids relatif pour le scénario considéré.

5. Les restrictions de construction

En dernier lieu, un scénario peut tenir compte ou non de quelques restrictions. On peut ainsi évaluer le degré de contrainte imposé par les logiques de planification en vigueur. Par exemple, les zones non constructibles peuvent être intégrées dans la définition des scénarios de développement résidentiel. Il s'agit de l'ensemble des espaces, naturels ou non, où l'implantation des constructions d'habitation n'est pas possible (certaines forêts, surfaces en eaux, périmètres dangereux, installations électriques...).

Il est également possible d'intégrer davantage d'information au niveau des restrictions. Un scénario tiendrait alors compte des terrains actuellement disponibles dans les documents de planifications luxembourgeois (et qui ont fait l'objet d'une présentation au cours du deuxième chapitre). Cette information spatialisée, produite dans le cadre de l'Observatoire de l'Habitat (LISER et ministère du Logement), peut apporter un réalisme supplémentaire dans la construction des scénarios.

6. Conclusion du chapitre 3

Bien qu'il n'existe aucun consensus théorique sur la construction de scénarios d'aménagement, certains critères retenus méritent sans doute plus que d'autres de figurer dans les choix de scénarisation. Les critères de construction des scénarios de développement résidentiel tiennent compte : 1) des objectifs d'aménagement, ici au Luxembourg et 2) des hypothèses de recherche puisque les scénarios viennent en position de réponse au questionnement décrit lors de l'introduction générale et qui interroge l'apport du modèle fractal de croissance résidentiel vis-à-vis de ces objectifs.

Certaines normes peuvent s'appliquer plutôt à une échelle mésoscopique, voire macroscopique, comme les projections démographiques ou la forme urbaine globale par exemple, mais aussi à l'échelle locale. Dans une logique d'aménagement du territoire, cette articulation des niveaux d'échelles n'est pas anodine et permet de répondre à des questions que se posent à la fois la société

civile, les décideurs politiques nationaux et les élus locaux. En ce sens, il devient possible d'évaluer des choix de politiques d'aménagement du territoire (Klosterman, 1999).

Dans le premier chapitre de la thèse, nous affirmions que les normes d'aménagement étaient suivies de règles, qui formaient les instruments d'application de ces normes. Dans l'optique d'évaluer une approche normative de l'aménagement à l'aide d'outils de simulation spatiale, le chapitre suivant sera consacré à la présentation du premier modèle utilisé, MUP-City, qui permet de simuler du développement résidentiel de forme fractale tout en tenant compte de règles d'aménagement.

Chapitre 4

Modélisation fractale et normative de la croissance résidentielle

« Aménager, c'est maximiser l'accessibilité en minimisant l'usage des ressources rares. »

Offner, 2009

CE CHAPITRE vise à présenter l'outil qui a été utilisé pour simuler la croissance résidentielle au Luxembourg. Il s'agit de MUP-City, qui a été développé au laboratoire Théma de Besançon. Cet outil, basé sur le principe des automates cellulaires, combine une règle fractale d'urbanisation à des règles d'accessibilité aux aménités. Dans un premier temps, il convient de présenter les caractéristiques de MUP-City, qui ont été à la base du choix de son utilisation. Par la suite, il sera nécessaire de revenir sur les données collectées et nécessaires au déroulement de la démarche. Enfin, une présentation approfondie des règles du modèle et des récents développements concluront ce chapitre. Il sera question de ses spécificités sans négliger un regard critique sur ses limites éventuelles. Il conviendra surtout d'expliquer en quoi la plateforme MUP-City permet de mettre en œuvre une approche normative de l'aménagement de par les règles qu'elle contient.

1. Positionnement du modèle MUP-City par rapport aux modèles existants

Il existe de nombreux moyens de définir des potentiels d'urbanisation à l'aide de modèles de changement d'occupation du sol ou d'outils d'aide à décision. De nombreuses revues de littérature ont déjà été effectuées à ce sujet (Lee, 1994 ; Parker *et al.*, 2003 ; Malczewski, 2004 ; Handy, 2005a). Les outils dédiés à la modélisation et à la simulation du développement résidentiel évoluent rapidement, depuis leur naissance dans les années 1950-1960, en fonction des avancées technologiques mais aussi de la place de l'aménagement dans la prise de décision. Selon Malczewski (2004) ou Foth *et al.* (2009), on distingue respectivement trois ou quatre grandes périodes, correspondant aux décennies qui composent la période retenue (tableau 4.1).

À partir des années 1960, l'aménagement est plutôt vu comme une science appliquée qui tire ses principaux fondements des sciences régionales. L'objectif principal de la modélisation à cette époque est surtout la rationalisation et la découverte de la solution optimale à un problème donné. La modélisation, en grande partie mathématique et économique, se fonde sur le paradigme naissant de la complexité et la théorie des systèmes. Par la suite, l'aménagement en tant que science est devenu davantage politique, notamment au cours des années 1970. C'est également au cours de cette décennie que les principes issus de la théorie des jeux permettent d'introduire davantage le rôle des acteurs dans le processus de décision. Parallèlement, le rapport Meadows (Meadows *et al.*, 1972), qui a fait émerger le concept de développement durable, a permis d'asseoir le rôle des modèles géographiques dans la prospective (Houet, 2015). Les analyses multicritères ont été largement développées et utilisées, conjointement à l'utilisation des premiers systèmes d'information géographique. Dès lors, il ne s'agit plus de trouver une solution optimale unique mais de sélectionner une ou plusieurs options qui sont à même de satisfaire des objectifs donnés.

Le début des années 1980 marque l'entrée dans l'ère de la communication. Les outils numériques se démocratisent et rentrent au service d'une approche davantage participative. Les plateformes dédiées à la modélisation font leur apparition, sous la forme de logiciels « autonomes ». Les automates cellulaires sont utilisés dans la modélisation des changements d'occupation du sol ainsi que les modèles multi-agents, qui bénéficient des progrès de l'intelligence artificielle. À partir des années 1990 et l'essor d'Internet, l'approche participative devient collaborative. Les outils sont désormais accessibles en ligne et les données sont collectées de façon plus exhaustive. Parallèlement, avec l'accroissement du lien thématique entre politique de transport et politique d'urbanisation, une nouvelle génération de modèles fait son apparition, les modèles LUTI (*Land-Use Transport In-*

teraction). La modélisation de la croissance résidentielle s'envisage alors comme une partie d'un système, au même titre que les questions économiques, démographiques ou de mobilité. Le croisement de ces outils avec les travaux en communication et les outils numériques permettent la co-construction de scénarios avec les acteurs concernés.

| Période | Approche | Avancées technologiques | Méthode(s) dominante(s) |
|-------------|---|--|---|
| 1960 - 1970 | L'aménagement, une science appliquée | Développement des premiers ordinateurs et apparition des SIG | Superposition de couches simples |
| 1970 - 1980 | L'aménagement, une politique | Développement des micro-ordinateurs et des logiciels de SIG | Analyses multicritères complexes |
| 1980 - 1990 | L'aménagement, de la communication | Développement des SIG collaboratifs, des webGIS, de la télédétection | <i>Land-Use Cover Change</i> , LUCC |
| Depuis 1990 | L'aménagement, une approche collaborative | Développement d'outils d'aide à la décision, Internet 2.0, réseaux sociaux, 3D numérique | Modèles LUTI, systèmes multi-agents, outils participatifs |

Tableau 4.1 – Synthèse des grandes périodes de l'aménagement dans la deuxième moitié du XX^{ème} siècle, (d'après Klosterman, 2001 ; Malczewski, 2004 et Foth, 2009)

Nous nous intéressons ici principalement aux modèles spatialisés qui intègrent des données géographiques et font l'objet de traitements cartographiques ainsi que des entrées et/ou des sorties graphiques.

1.1. La recherche d'une solution optimale à l'aide d'analyses multicritères

Pendant longtemps, l'analyse et la prospective en matière de changements d'occupation du sol a fait l'objet de traitements dans des systèmes d'information géographique. Ces traitements consistaient à effectuer des combinaisons de cartes (*map overlay*), opérations rendues possibles par l'outil numérique des systèmes d'information géographique, à même de combiner plusieurs couches par superposition. Il s'agit ensuite d'identifier les configurations spatiales globales les plus appropriées en fonction de critères, de préférences, ou de prévoir l'installation de telle ou telle activité, en fonction d'objectifs parfois contradictoires (Hopkins, 1977 ; Voogd, 1983 ; Collins *et al.*, 2001 ; Malczewski, 2004). Rapidement, les fonctions d'évaluations (*suitability functions*) font leur apparition. Ces dernières permettent d'évaluer, pour une cellule (un point de l'espace) donnée, sa capacité à remplir un critère nécessaire par exemple, à l'implantation de tel mode d'occupation du sol, comme le tissu résidentiel. C'est au cours de cette même période que naît, au sein de l'économie régionale et de la recherche sur la prise de décision, un nouveau paradigme qui est celui de

la multi-dimensionnalité dans le processus d'aménagement (Voogd, 1983 ; Bennema et al, 1984 ; Nijkamp et al, 1990). Apparaît alors une nouvelle famille de modèles, les outils d'aide à la décision (*spatial decision support systems, SDSS*). En effet, le choix multicritère peut être appliqué à de nombreuses questions d'aide à la décision en aménagement, qui impliquent notamment la recherche, la localisation ou l'allocation de ressources (Jankowski, 1995). À ce titre, le Système d'Information Géographique est un outil d'aide à la décision (Cowen, 1988 ; Eastman *et al.*, 1993 ; Chakhar, 2006). Pourtant, comme le rappelle Jankowski en 1995, les technologies en SIG des années 1980 et du début 1990 n'apportent pas une aide suffisante à la décision (Densham, 1991), en raison d'un manque de précision dans la méthode.

Depuis les années 1980, les méthodes et technologies ont grandement évolué afin de fournir une meilleure réponse aux questions posées par les décideurs. Ces questions sont doubles : 1) il est nécessaire de « tirer bénéfices de la spatialité de l'information disponible » et 2) il faut intégrer, au sein d'un même système et d'outils, des informations pas toujours compatibles (Joerin et Waub, 2013). L'apparition de nouvelles méthodes, comme ELECTRE, basée sur la logique floue, permet de répondre à ce double questionnement (Sobrie et al, 2013).

Dans ce contexte naît *WHAT-IF?*, une plateforme intégrée d'aide à la décision développée par Klosterman (1999). Elle se compose de trois modules : 1) évaluation des espaces potentiellement urbanisables ; 2) projection de la croissance résidentielle en fonction de l'évolution de la population ; 3) allocation résidentielle, c'est-à-dire mise en concordance des deux premiers modules et localisation de la population potentielle. Cet outil d'aide à la décision est destiné aux professionnels en charge de l'aménagement. Il se base sur des données statistiques et des données spatialisées en lien avec un système d'information géographique (Klosterman, 1999). L'évaluation des espaces potentiellement urbanisables s'effectue au moyen de fonctions d'évaluations (*suitability functions*). Ces fonctions d'évaluations permettent de pondérer et de classer les zones étudiées en fonction des facteurs retenus dans l'analyse (pentes, nature du sous-sol, zones inondables...). En ce sens cette partie du modèle se rapproche beaucoup des analyses multicritères. C'est également au cours de cette étape que la résolution spatiale est définie pour la zone d'étude, au travers des *UAZ* (*Uniform analysis zones*). Ces *UAZ* sont générées par superpositions de couches dans un système d'information géographique, de sorte que chaque *UAZ* soit homogène et ne comporte qu'une valeur des facteurs retenus (pente, sols...). Le module de projection de la demande résidentielle consiste à la saisie manuelle d'un scénario de projection démographique, éventuellement en fonction de données concernant la croissance démographique récoltées indépendamment. Pour transformer cette croissance démographique en nombre de logements à construire, un certain nombre de choix de

scénarisation doivent effectuer : taux de maisons individuelles ou de logements collectifs, densités de construction pour chaque type de logement, taille moyenne des ménages pour chaque type de logement, taux de vacance des logements et taux de renouvellement (les logements démolis, incendiés, ou qui changent de fonction). La même opération est à réaliser pour les activités commerciales et industrielles, ce qui nécessite également des données de projection relativement précises sur l'emploi par secteur. Le dernier module croise les deux premières informations, en récupérant à la fois les évaluations des zones potentiellement urbanisables et les projections pour les mettre en concordance. Cette étape fait aussi l'objet de choix dans la scénarisation par la définition de priorités d'aménagement en fonction des types d'occupations du sol à localiser. La sortie du modèle *WHAT-IF?* se compose de cartes d'allocation, à l'échelle des *UAZ*, en fonction des différents zonages et de leur densité (de ménages, d'emplois...).

Le modèle de Klosterman semble être un outil efficace, doté d'une interface graphique, qui force à une certaine rigueur (chaque étape faisant l'objet de choix), et nécessite des temps de calculs réduits (Pettit, 2005). Toutefois, son utilisation requiert un volume de données relativement conséquent et c'est un outil plutôt fermé en matière de configurations (impossibilité d'éditer les fonctions). Aussi, comme le rappelle Pettit (2005), le modèle, assez déterministe, ne permet pas vraiment d'exercer une influence sur le développement résidentiel. Malgré le fait que le modèle soit désormais en téléchargement libre, l'impossibilité de modifier la forme de la ville projetée est incompatible avec la méthodologie de construction de scénarios adoptée dans le cadre de cette thèse. En effet, la forme locale de la croissance résidentielle fait partie intégrante de notre questionnement et constitue une conséquence de choix d'aménagement.

Aerts et Heuvelink (2002) affirment que l'un des problèmes majeurs des méthodes d'analyses multi-critères est de ne pas permettre « la comparaison d'un grand nombre d'alternatives ». Pour les auteurs, le nombre limité d'alternatives conduit forcément lors du choix de la meilleure d'entre elles, à opter pour une solution sous-optimale. Pour eux la solution est à chercher dans la mise en place d'une méthode de conception (*design-technique*). Afin de résoudre la question du nombre d'alternatives à sélectionner, le calcul de la solution optimale parmi un grand nombre de possibilités ou encore le traitement sur une zone d'étude élargie, Aerts et Heuvelink (2002) préconisent l'utilisation d'algorithmes mathématiques sophistiqués, regroupés sous la dénomination de *multi-objective mathematical programming*, ou MMP (Ridgley, 1995). Kirkpatrick *et al.* (1983) décrètent une forte analogie entre l'optimisation combinatoire et les processus physiques de cristallisation rocheuse. De fait, ils vont employer une méthode auparavant destinée aux sciences de la terre, le « recuit simulé » (*simulated annealing*) qui a pour objectif initial de déterminer la capacité d'un

cristal, en fonction de son état et de l'énergie nécessaire pour en changer (par exemple du liquide au solide). La probabilité de changement est calculée selon le principe de minimisation du coût de transition. Si le coût de transition entre deux états est plus élevé que le coût théorique, une probabilité est appliquée, selon l'algorithme dit de Metropolis *et al.* (1953) et réitéré un grand nombre de fois jusqu'à ce qu'aucune solution ne soit encore possible. Une analogie existe en remplaçant l'état de cristallisation par les changements d'occupation du sol, et l'énergie nécessaire au changement d'état par un coût de transition (par exemple, pour passer d'un espace agricole à un espace urbain).

Cette méthode a également été employée par Kamps (2013) dans le cadre de ses travaux de thèse et du développement de son modèle PARDISIM. L'objectif recherché était d'optimiser la simulation d'un développement résidentiel résultant de la négociation entre deux acteurs, en concurrence sur le même espace (un promoteur immobilier et un acteur public de l'aménagement).

1.2. Simulation des changements d'occupation du sol à l'aide d'automates cellulaires, les *LUCC*

Comme le souligne Lajoie (2007), l'introduction du principe de carroyage pour la représentation de l'espace urbain a de nombreux avantages en matière de visualisation, de stockage, de croisement et de traitement des informations urbaines. Pourtant, la modélisation *LUCC* du développement résidentiel souffre d'un étrange paradoxe. Alors que les premières théories sur les automates et les pratiques associées sont publiées dès les années 1930 (Turing, 1936) mais surtout après la Seconde Guerre Mondiale (Ulam, 1952 ; Von Neumann, 1951 ; Von Neumann et Burks, 1966), ce n'est que dans les années 1980 que les résultats des premiers automates cellulaires sont diffusés en géographie (Couclelis, 1985 ; Phipps, 1989). Entre les deux périodes, on peut noter deux travaux remarquables qui vont influencer sur l'ensemble des publications, ils ont lieu au cours des années 1970.

Tout d'abord, on peut considérer la célèbre application du jeu de la vie de Conway (1970) comme une avancée très marquante. Au départ lancé comme un concours dans une revue scientifique populaire dans le but de démontrer que le jeu de la vie était une machine de Turing, de nombreux chercheurs ont remarqué qu'à partir d'un processus simple, on pouvait obtenir des issues complexes. Comme le souligne Benenson et Torrens (2004) dans leur ouvrage, malgré des règles de fonctionnement simples, le modèle de Conway est le premier à diffuser largement l'idée d'une dimension dynamique, qui conduit à des résultats complexes assez difficiles à anticiper. Malgré la relative mais observable simplicité des règles et principes de fonctionnement, l'automate généré par Conway a été une véritable innovation scientifique et de nombreux sites internet restent aujourd'hui dédiés

à cet outil. De plus, le jeu de la vie a permis de développer une réelle approche interdisciplinaire. Même si cette application a été assez peu utilisée en tant que telle dans d'autres disciplines, elle a été (et continue d'être) source d'inspiration pour de nombreux travaux (Wolfram, 2002). De fait, il constitue un véritable point de départ pour la modélisation par automate cellulaire.

L'autre tournant majeur en ce qui concerne la modélisation au cours de la deuxième moitié du 20^{ème} siècle est sans doute la publication des travaux de Tobler (1979) et son article intitulé *Cellular Geography*. En proposant une nouvelle géographie cellulaire, l'auteur conceptualise l'espace géographique au sein d'une matrice, technique qui ouvre de nombreuses voies en matière de calculs et d'algèbre de cartes (Lajoie, 2007). Basé sur un voisinage de Von Neumann, cet « automate cellulaire » (qui n'en est peut-être pas encore un) est issu des travaux précurseurs de Codd (1968). Cet article comprend notamment la définition de cinq modèles de changement d'occupation du sol, construits à l'aide de règles de transition pour le passage d'un état cellulaire à un autre, tout en tenant compte d'un voisinage donné.

Plus précisément, un automate cellulaire est défini par sa composition : un espace cellulaire, des états de cellules, un ou plusieurs voisinage(s), des règles de transition, un mode d'itération (déterministe ou stochastique, synchrone ou asynchrone).

Il faudra attendre le milieu des années 1980 pour voir apparaître des applications issues des travaux de Tobler. Couclelis a utilisé les automates cellulaires pour démontrer la relation entre les interactions entre des cellules à l'échelle locale et des processus géographiques plus globaux (Couclelis, 1985, 1988). Par ce biais, l'auteur pose les fondements de la modélisation des changements d'occupation du sol à l'échelle régionale. Dans le même temps Phipps, en étroite collaboration avec Langlois, développe un automate cellulaire générant des parcelles grâce à la modélisation de processus écologiques et anthropiques, l'expansion urbaine en faisant partie (Phipps, 1992 ; Phipps et Langlois, 1997). Ensuite, de nombreux travaux seront développés en parallèle, répondant à des thématiques variées : depuis la modélisation des dynamiques urbaines et régionales (White et Engelen, 1993 ; White *et al.*, 1997 ; Batty, 1994 ; Portugali *et al.*, 1994 ; Ellerkamp, 2001 ; Dubos-Paillard *et al.*, 2003 ; Antoni, 2006), les feux de forêt (Green *et al.*, 1990), les épidémies (Green, 1994), ou encore les inondations Delahaye *et al.* (2002). Parmi ces applications, Lajoie (2007) considère que les travaux de Batty (1994) constituent une étape décisive dans le développement des automates cellulaires utilisant un modèle de potentiel dépendant d'un triple voisinage immédiat, local et régional. Cet apport multi-scalaire fournit des résultats de simulation tout à fait satisfaisants pour les villes américaines considérées. On peut observer des similarités avec les travaux menés à Tel-Aviv

par Portugali *et al.* (1994), concernant la modélisation des dynamiques générées par les migrations de populations issues des anciens pays soviétiques vers Israël. L'utilisation de règles de transitions issues de trois matrices différentes et l'insertion d'une dimension stochastique à l'aide de l'application d'une procédure Monte-Carlo, confère également une dimension intéressante au modèle de Portugali.

En matière d'aide à la décision, les recherches menées depuis le début des années 1990 par l'équipe du RIKS, notamment par White et Engelen et le développement de la plateforme METRONAMICA®, peuvent aussi être considérées comme fondamentales dans la modélisation des changements de l'occupation du sol. La complexité du modèle est issue de plusieurs caractéristiques. Un voisinage comportant 113 cellules (toutes les cellules comprises dans un cercle d'un rayon de 6 pixels autour de la cellule source) a été construit ; combiné à des fonctions d'évaluation intégrées dans les règles de transition, cet automate constitue une réelle avancée dans la modélisation des phénomènes complexes. De plus, l'espace constitué par la grille du modèle est considéré de façon hétérogène par la combinaison d'informations concernant la propension d'une cellule au changement (accès au réseau routier, réseaux électrique, d'eau potable, d'assainissement...). Enfin, l'un des apports majeurs de ce modèle réside dans la notion de contrainte. Pour la première fois, les règles de transition ne vont pas décider seules du nombre de cellules potentiellement urbanisables. Un macro-système, avec un modèle d'inputs / output et des projections démographiques, contribue au calcul du nombre de cellules nécessaires pour le développement résidentiel.

1.3. Le choix de MUP-City

Les approches de la modélisation de la croissance résidentielle peuvent être très différentes en fonction des positionnements conceptuels et technologiques comme l'indique la multitude d'outils existants (BOYCE, KIM, HUDS, TRANUS, LILT, 5-LUT, MEPLAN, SMART GROWTH INDEX, GSM, URBANSIM, SPRAWLSIM, SMARTPLACES, LTM, RURBAN, SLEUTH, METROSIM, UGROW, UPLAN, DELTA, CURBA, SAM-IM, ALBATROSS, ILUMASS, IRPUD, PROPOLIS, LUCAS, et bien d'autres). Les avancées scientifiques et technologiques conduisent à l'apparition régulière de nouveaux outils, toujours plus sophistiqués et/ou plus performants. Que les modèles soient déterministes (comme *WHAT-IF?*) ou non, dynamiques (comme les automates cellulaires ou les systèmes multi-agents) ou statiques, le choix de la forme urbaine, du modèle de ville dépend du fonctionnement de l'outil. Or, comme le soulignent Tannier *et al.* (2010) :

« [...] parmi toutes ces approches, la forme urbaine n'est jamais centrale dans la construction du modèle. Certes, certains déclinent les objectifs d'aménagement de manière spatiale (spatial objectives), sous la forme d'un degré de compacité, d'une taille ou d'un nombre d'agrégats bâtis, ou encore de densité de logements par hectare (Stewart et al., 2004 ; Aerts et al., 2005 ; Li et Liu, 2008 ; Janssen et al., 2008 ; Ligmann-Zielinska et al., 2008). Ainsi, le modèle de la ville compacte peut être implicitement traduit par des règles de densification ou de compacité. Cependant, aucun modèle n'introduit la forme urbaine de façon explicite. Par ailleurs, le processus d'étalement urbain et les enjeux qui en découlent impliquent une multitude d'échelles qui ne sont généralement pas prises en compte de manière simultanée : depuis la parcelle et son environnement proche, qui préoccupe le résident venant s'implanter en zone périurbaine en recherchant le calme et la verdure, jusqu'à la tâche urbaine dont la forme conditionne par exemple la ventilation de l'agglomération ou encore l'accessibilité à certaines aménités. »

Notre questionnement s'articule autour d'une approche normative de l'aménagement et de son évaluation par la simulation de formes fractales de développement résidentiel. La méthodologie employée requiert l'utilisation d'un outil capable de simuler la croissance résidentielle d'un point de vue prospectif. Il est également fondamental que la solution technique retenue intègre la possibilité de définir des normes qui puissent être retranscrites sous formes de règles, notamment d'accessibilité, dans le modèle. Il faut également que le modèle soit capable de générer des formes fractales de croissance résidentielle, et ce, à une échelle spatiale fine, pour correspondre à nos hypothèses principales. L'outil doit être en mesure de pouvoir intégrer des données variées (occupation du sol, réseau routier, réseaux de transports en commun, aménités) comme dans les analyses multicritères. Enfin, le modèle de simulation retenu doit permettre de travailler à une résolution spatiale fine. C'est pourquoi MUP-City a semblé être un choix intéressant dans la méthodologie développée dans la thèse.

2. MUP-City, un outil d'aide à la décision basé sur l'application de normes d'aménagement à différentes échelles spatiales

La plateforme de simulation MUP-city, ici dans sa version 1.0 *beta*, a été développée en Java, sur les bases de fonctionnement d'un SIG, puisqu'il permet d'introduire, de sélectionner et de visualiser des données géographiques tant au format raster qu'au format vectoriel. Une première version de la plateforme a été publiée (Tannier *et al.*, 2012a) où l'un des aspects de la discussion résidaient dans le fait d'ajouter ou d'améliorer certaines règles règles d'accessibilité. Dans le cadre de ce travail de thèse, nous allons donc plus loin dans la conception et la formalisation de MUP-City. En prenant en compte le Luxembourg dans son ensemble et donc une métropole de plus de 100 000 habitants,

il a fallu tenir compte d'aménités qui ne sont pas présentes dans les espaces périurbains qui ont fait l'objet des analyses précédentes à l'aide de MUP-City. La présente version est issue d'une co-conception de Cécile Tannier et Maxime Frémond ; la formalisation mathématique est le travail de Cécile Tannier ; le développement informatique a été effectué par Gilles Vuidel et Florian Litot (au laboratoire ThéMA à Besançon).

2.1. MUP-City, un modèle cellulaire

MUP-city partage un certain nombre de caractéristiques des automates cellulaires, comme le carroyage, l'état des cellules (bâties ou non bâties), le voisinage (dans plusieurs règles) et un principe de fonctionnement itératif. Là où l'outil de simulation développé par le laboratoire ThéMA s'écarte du principe de fonctionnement de l'automate cellulaire, c'est sur l'aspect des règles de transitions, qui sont remplacées par des règles d'accessibilité, et surtout la présence d'une règle fractal d'urbanisation.

Même si le chargement et la visualisation des données s'effectue au format vectoriel, l'ensemble des calculs et des sorties du modèle se réalise sur une grille cellulaire aux dimensions définies au départ¹. Cette nécessité a notamment été expliquée par Torrens (2000), en raison du format de l'information et des pré-requis de la programmation informatique.

En début de simulation, l'état des cellules, comme dans les premiers automates et le célèbre *Game of Life* de Conway (1970), est binaire. Puisque thématiquement le modèle ne s'occupe que de la simulation de la croissance résidentielle, l'espace est représenté, soit de façon bâtie, soit de façon non bâtie². En sortie du modèle, les cellules peuvent être d'une troisième nature, potentiellement urbanisables. En parallèle, ces cellules ont également une valeur d'intérêt à être urbanisées, issues des mesures d'accessibilité qui seront présentées par la suite. Ces valeurs sont numériques, positives et continues, comprises entre [0 ; 1].

La notion de voisinage est également partie intégrante de MUP-City. Les cellules ont un environnement composé d'autres cellules et reliées entre elles, soit par le volet multi-échelles et donc la résolution de grille supérieure ou inférieure, soit par des relations de distances, exprimées lors des calculs d'accessibilité.

1. L'une des principales différences avec les automates cellulaires « classiques » est l'emploi d'un principe multi-échelle inhérent à la question des fractales, nous y reviendrons, voir aussi le paragraphe dédié à la question de la résolution spatiale.

2. Dans les faits, elles peuvent également être non urbanisables pour les cellules interdites à la construction.

Le principe d'itération de MUP-City est simple puisqu'il considère deux temps de simulation T_0 et T_1 , correspondant ici à 2010 et 2030, notre horizon de simulation pour le Luxembourg. Il n'y a donc pas de discrétisation du temps selon un pas fixé (annuel par exemple).

C'est en raison de l'absence de règles de transitions telles que formulées par Tobler (1979), que MUP-City se distingue des automates cellulaires. Dans les modèles « traditionnels », le résultat de la simulation est fortement dépendant des conditions initiales et éventuellement d'un facteur de stochasticité³. Les règles de transition ne sont là que pour indiquer une probabilité de changement d'état pour chaque cellule. Dans notre démarche de simulation, c'est l'utilisateur qui définit le potentiel d'urbanisation (en nombre de cellules à urbaniser), ce qui remplace le phénomène d'émergence et permet aussi d'afficher des liens entre des projections démographiques données et l'aide à la décision.

MUP-City, avec ses règles d'accessibilité aux différentes aménités, s'inspire des modèles de décision multicritères. Les cellules qui seront déclarées potentiellement urbanisables font partie d'un éventail de solutions intéressantes, au regard des règles définies en début de simulation. Il n'existe pas une solution optimale unique en raison du caractère en partie aléatoire du générateur de formes fractales.

2.2. Un modèle multi-échelles

Ce qui différencie MUP-City de bon nombre des modèles de croissance urbaine présentés dans le chapitre précédent, est son caractère multi-échelles. Ce dernier est inhérent à l'utilisation des fractales pour simuler le développement résidentiel⁴. En effet, le principe même de la fractalité induit des calculs à plusieurs niveaux de résolution spatiale. Au moment du chargement des données dans le modèle, la résolution la plus fine est définie par l'utilisateur, ainsi que le facteur de réduction, d'une taille de maille grossière à une maille de taille inférieure (ou inversement) généralement établi à 3 (Tannier *et al.*, 2012d). Par exemple, si la résolution spatiale la plus fine est une cellule de 20m de côté, alors la résolution spatiale précédente sera de 60m, puis 180m, 540m et ainsi de suite.

L'ensemble des données géographiques en entrée sont décomposées selon ce principe multi-échelle. Les calculs sont également effectués pour chacune des résolutions spatiales de simulation, de la plus large à la plus fine, tout comme les sorties du modèle sont disponibles pour chaque taille

3. Toutefois, nous verrons par la suite que la règle fractale d'urbanisation étant dotée d'une fonction aléatoire, le modèle contient une part de stochasticité.

4. voir pour cela la description de la règle fractale d'urbanisation par la suite.

de cellule.

À première vue, cette caractéristique de l'outil pourrait être comparée à l'automate cellulaire à grille variable développé récemment par White, Uljee et Engelen (2012). Toutefois, là où les travaux menés sur la plateforme METRONAMICA® servent à générer des niveaux différents du micro vers le macro avec des fonctions de transitions différentes, ce sont les mêmes calculs qui sont effectués pour chaque résolution spatiale au sein de MUP-City.

3. La transcription des normes d'aménagement en règles dans le modèle

Comme nous l'avons vu dans la première partie, l'une des questions de recherche principales de la thèse consiste à évaluer l'intérêt d'une démarche normative pour la planification de la croissance résidentielle. Cette approche vise à définir des scénarios d'aménagement réalistes qui répondent à des objectifs concrets de prospective. Les scénarios sont simulés à l'aide de la plate-forme MUP-City que nous venons de décrire brièvement. Pour effectuer le passage des objectifs de croissance résidentielle aux résultats cartographiques de planification, les normes d'aménagement des scénarios sont traduites en règles dans le modèle. Dans la version la plus récente utilisée ici, MUP-City comprend 10 règles. Elles comportent des seuils (de distance, de valeurs, de poids) qu'il faut encore paramétrer. Cette étape de paramétrage est à considérer comme la traduction de l'approche normative en équations formalisées qui permettra au modèle de calculer le potentiel d'urbanisation. On distingue deux types de règles dans le modèle : la règle fractale d'urbanisation, qui influe sur la géographie du potentiel d'urbanisation (la localisation et l'organisation spatiale du développement résidentiel simulé) et les règles d'accessibilité, qui vont évaluer *ex-ante*, l'intérêt des cellules à être urbanisées.

La section suivante présente ces dix règles : 1) la règle d'urbanisation fractale, 2) la règle d'accessibilité aux espaces ouverts, 3) la règle de proximité à la route, 4) la règle d'accessibilité aux commerces et services de fréquentation quotidienne, 5) la règle d'accessibilité aux commerces et services de fréquentation hebdomadaire, 6) la règle d'accessibilité aux commerces et services de fréquentation mensuelle ou plus rare, 7) la règle d'accessibilité aux transports en commun et 8) les règles d'accessibilité aux aménités vertes et de loisirs, de fréquentation quotidienne, hebdomadaire, mensuelle ou plus rare. Comme nous l'avons vu dans le point 2.2 précédent, l'une des caractéristiques principales de MUP-City est son aspect multi-échelles, que ce soit du point de vue des réso-

lutions spatiales emboîtées ou de la taille du voisinage, qui est fonction de la taille des cellules et donc de la résolution spatiale considérée (voir tableau 4.2).

| Intitulé des règles | Caractéristiques multi-échelles |
|---|--|
| Règle fractale | Résolutions spatiales emboîtées |
| Règle d'accessibilité aux espaces ouverts | Résolutions spatiales emboîtées |
| Règle de proximité à la route | Taille du voisinage sur l'espace cellulaire (en nombre de cellules), qui varie suivant la résolution spatiale |
| Règles d'accessibilité aux aménités (commerces et services, espaces verts et de loisirs et transports en commun) | Portées spatiales (distance maximale acceptable sur le réseau) variables en fonction de la nature et de la fréquence de recours de l'aménité |
| | Portées spatiales fixes à travers les résolutions spatiales |

Tableau 4.2 – Le caractère multi-échelles des règles de MUP-City

3.1. La règle d'urbanisation fractale

Précédemment, nous avons vu que l'auto-similarité est une caractéristique intéressante des formes fractales pour la génération de formes urbaines. MUP-City utilise des calculs multi-échelles qui se succèdent selon une réduction de la taille de la grille établie en fonction d'un certain facteur, appelé facteur de réduction. D'après les travaux de Mandelbrot en 1982 et son calcul de dimension fractale, l'indice d'auto-similarité D_s peut se calculer comme suit :

$$D_s = \frac{\log(N)}{\log(\frac{1}{r})}$$

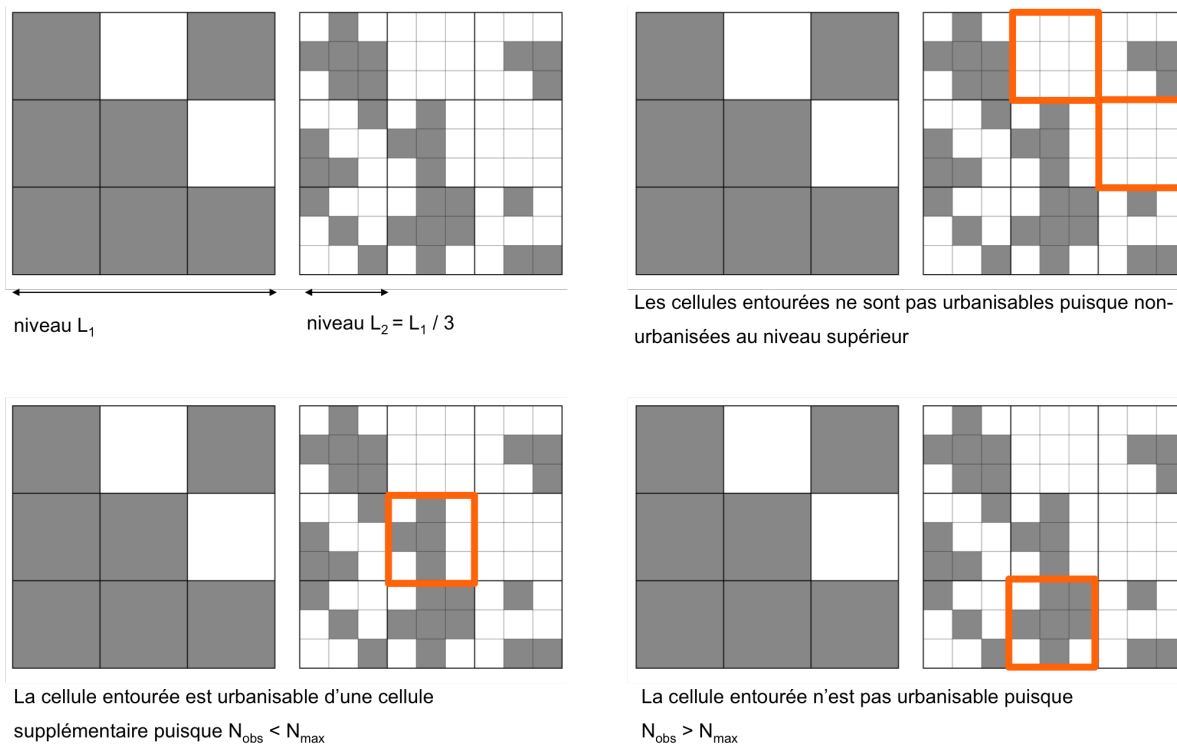
Où, N est le nombre de cellules bâties pour chaque résolution spatiale et r le facteur de réduction⁵ d'une résolution spatiale à une autre.

Le paramétrage de la règle fractale d'urbanisation consiste à définir un N_{max} , correspondant au nombre maximal de cellules de niveau inférieur potentiellement urbanisables pour une maille donnée, en fonction du N_{obs} qui est le nombre de cellules déjà urbanisées dans cette maille. L'emboîtement d'échelles permet ainsi de conserver ou non les espaces ouverts. Deux cas de figures sont possibles (voir figure 4.1), soit $N_{max} > N_{obs}$ et alors l'urbanisation n'est plus possible dans les cellules inférieures au niveau analysé ; soit $N_{max} < N_{obs}$ et alors il est possible d'urbaniser autant de cellules que la différence $N_{max} - N_{obs}$.

Nous verrons par la suite dans les tests des différents paramètres, que le choix du N_{max} est primordial pour la suite de la démarche de simulation. La dimension fractale, par la variété des formes qu'elle permet de générer est à la base du potentiel de développement résidentiel. D'après Frankhauser (2004), N_{max} ne doit pas être supérieur à 7, ce qui correspond à une dimension fractale de $D_s = 1.8$, de manière à « maintenir une certaine hiérarchie des espaces vides⁶ » (Frankhauser *et al.*, 2010).

5. Le facteur de réduction est constant à une valeur de 3 pour l'ensemble des calculs de la thèse conformément aux tests déjà effectués avec des valeurs inférieures et supérieures (Frankhauser *et al.*, 2010).

6. À titre indicatif, un $N_{max} = 9$ signifierait, pour un facteur de réduction de 3, la construction de l'ensemble des cellules du niveau inférieur et donc une uniformisation totale de la densité locale, avec une dimension fractale $D_s = 2$.



(en gris, la cellule est urbanisée, en blanc la cellule est non-urbanisée)

FIGURE 4.1 – Illustration de la règle fractale d'urbanisation, avec $N_{max} = 5$ et $r = 3$, exemples de possibilités, d'après Tannier *et al.* (2012d)

3.2. La règle de proximité aux espaces non-bâti

L'objectif de cette règle est de permettre aux résidents, notamment en frange urbaine, d'avoir un accès direct aux espaces ouverts tout en évitant la fragmentation des espaces bâtis et non bâtis. Cette règle permet donc la résolution d'un double objectif contradictoire, par un arbitrage entre la proximité aux espaces ouverts et la proximité au bâti déjà existant.

Pour être intéressante à urbaniser, une cellule non bâtie doit avoir :

- au moins une cellule non bâtie dans son voisinage immédiat, c'est-à-dire dans les cellules directement situées autour d'elles,
- des cellules non bâties contiguës aux cellules bâties appartenant à son voisinage immédiat, donc à un voisinage de rang 2 de la cellule évaluée,
- le plus grand nombre possible de cellules bâties autour de la cellule évaluée tout en répondant aux deux conditions énoncées ci-avant.

Pour chaque cellule bâtie dans le voisinage immédiat de la cellule évaluée, on dénombre les cellules non bâties qui lui sont directement contiguës (voir figure 4.2). La somme de ces nombres

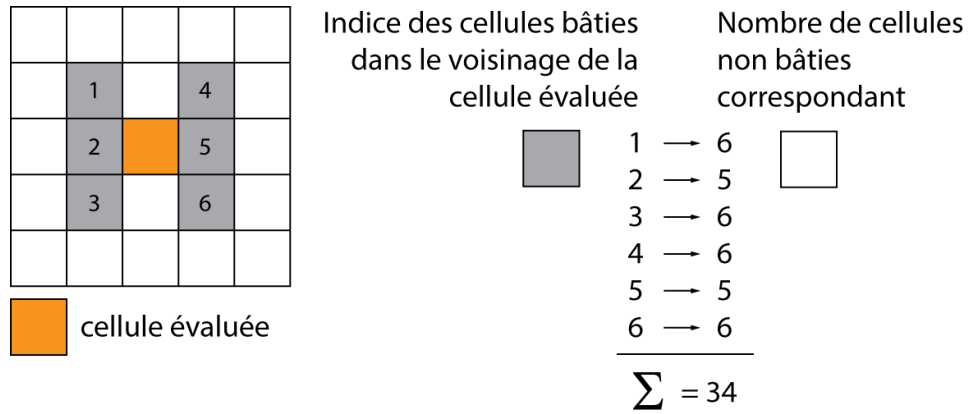


FIGURE 4.2 – Méthode de calcul de la règle d'accessibilité aux espaces ouverts, d'après (Tannier *et al.*, 2012d)

donne la valeur d'entrée de la règle. La valeur d'évaluation $\mu(x)$ se calcule ainsi : $\mu(x) = x/34$ avec $\mu(x) \in [0;1]$, et avec x , le nombre total de cellules non bâties contiguës à chaque cellule bâtie voisine de la cellule évaluée. Le calcul de cette fonction est intégré dans MUP-City sous la forme d'une variable floue présentée sur la figure 4.3.

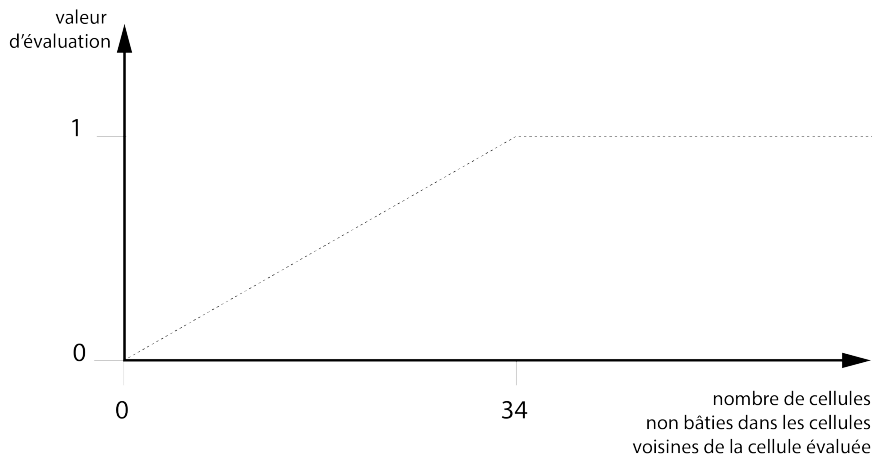


FIGURE 4.3 – Fonction d'évaluation de la règle d'accessibilité aux espaces ouverts

3.3. La règle de proximité à la route

L'objectif de cette règle est d'éviter la construction de nouvelles infrastructures de voiries, qui consomment beaucoup d'espace dans le cadre du développement résidentiel. L'évaluation de la cellule est dégradée en fonction de la distance à la route. Ce calcul est répété pour chaque taille de cellules dépendant de la résolution spatiale, comme le montre la figure 4.4. En toute logique, plus la taille de la cellule est petite, plus le nombre de cellules considéré dans le voisinage est élevé.

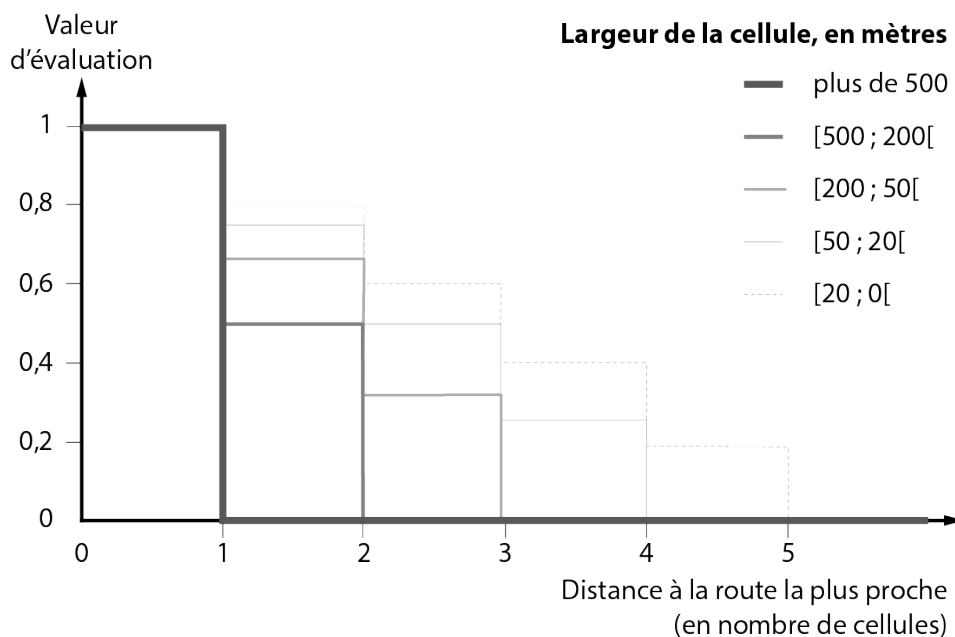


FIGURE 4.4 – Fonction d'évaluation de la règle de proximité à la route, d'après Tannier *et al.* (2012d)

3.4. La règle d'accessibilité aux commerces et services de fréquentation quotidienne, N1

Dans le voisinage d'une cellule à évaluer, si un commerce et service de fréquentation quotidienne est isolé, alors son influence n'excède pas 200m. Plus l'offre en commerces et services est importante en effectif dans un agrégat donné, plus la portée spatiale de ce dernier peut être importante. Dans le cadre des commerces et services de fréquentation quotidienne, on fixe la distance maximale acceptable à 1 000m si le nombre de commerces et services est de 4, valeur qui correspond à la moyenne des commerces et services situés dans le voisinage (200m) d'un ou plusieurs autres et qui ne sont pas isolés (voir figure 4.5). De même, plus la diversité de l'offre en commerces et services est importante, plus le plus proche voisin est susceptible d'être éloigné de la cellule résidentielle. On retiendra que trois commerces et services de natures différentes dans le voisinage d'une cellule suffisent à rendre compte d'une diversité suffisante.

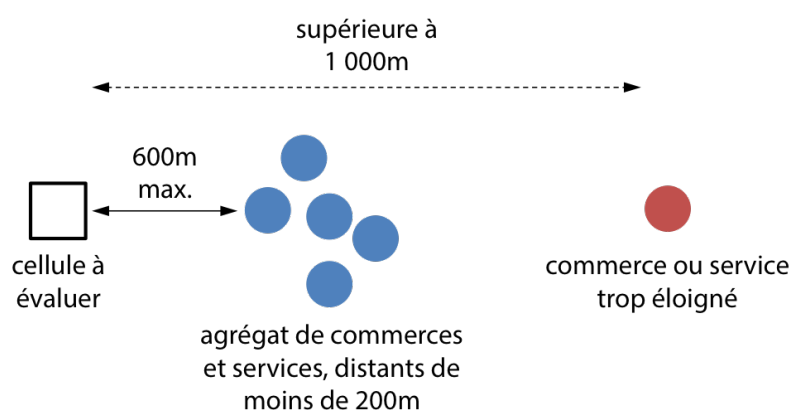


FIGURE 4.5 – Principe d'identification des agrégats de commerces et services de fréquentation quotidienne

Du point de vue de la formalisation, l'évaluation de l'accessibilité d'une cellule aux commerces et services de fréquentation quotidienne qui l'environne est effectuée à l'aide d'une variable floue définie comme suit (voir figure 4.6), si le voisinage de la cellule est composé :

- d'une seule aménité, $\mu(n) = 0,01$ ⁷
- de 2 aménités, $\mu(n) = 0,5$
- de 4 aménités ou plus, $\mu(n) = 1$

Cette accessibilité est également fonction de la distance entre la cellule à évaluer et le ou les commerces et services avoisinants. Comme expliqué précédemment, cette distance maximale accep-

7. Note concernant la valeur minimale de $\mu(n)$ et $\mu(\delta)$: pour éviter les valeurs nulles et les erreurs de calcul, la valeur minimale des μ a été fixée à 0,01. Ce choix entraîne une modification minime des résultats, comme nous le verrons par la suite.

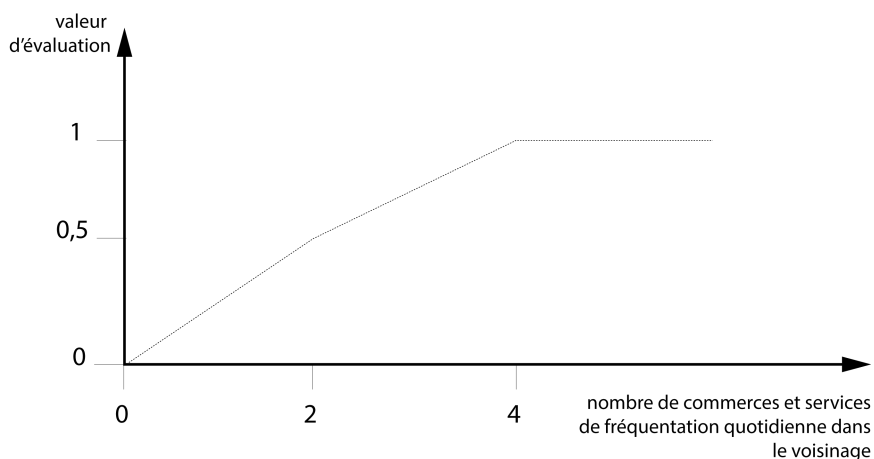


FIGURE 4.6 – Fonction d'évaluation du nombre n de commerces et services de fréquentation quotidienne

table diffère si l'aménité située dans le voisinage est isolée ou non (voir figure 4.7). On utilise également pour cela une variable floue définie comme suit :

Dans le cas de plusieurs aménités voisines

- si $d = 0$, alors $\mu(d) = 1$
- si $d = 200m$, alors $\mu(d) = 0,5$
- si $d = 600m$, alors $\mu(d) = 0$

Dans le cas d'une aménité isolée

- si $d = 0$, alors $\mu(d) = 1$
- si $d = 200m$, alors $\mu(d) = 0$

La diversité de l'offre en commerces et services de fréquentation quotidienne est également formalisée sous la forme d'une variable floue δ (voir figure 4.8), définie comme suit :

- s'il n'y a qu'un seul type d'aménités dans le voisinage d'une cellule,
 $\mu(\delta) = 0,01$
- s'il a deux types d'aménités dans le voisinage d'une cellule,
 $\mu(\delta) = 0,25$
- s'il a au moins trois types d'aménités dans le voisinage d'une cellule,
 $\mu(\delta) = 1$

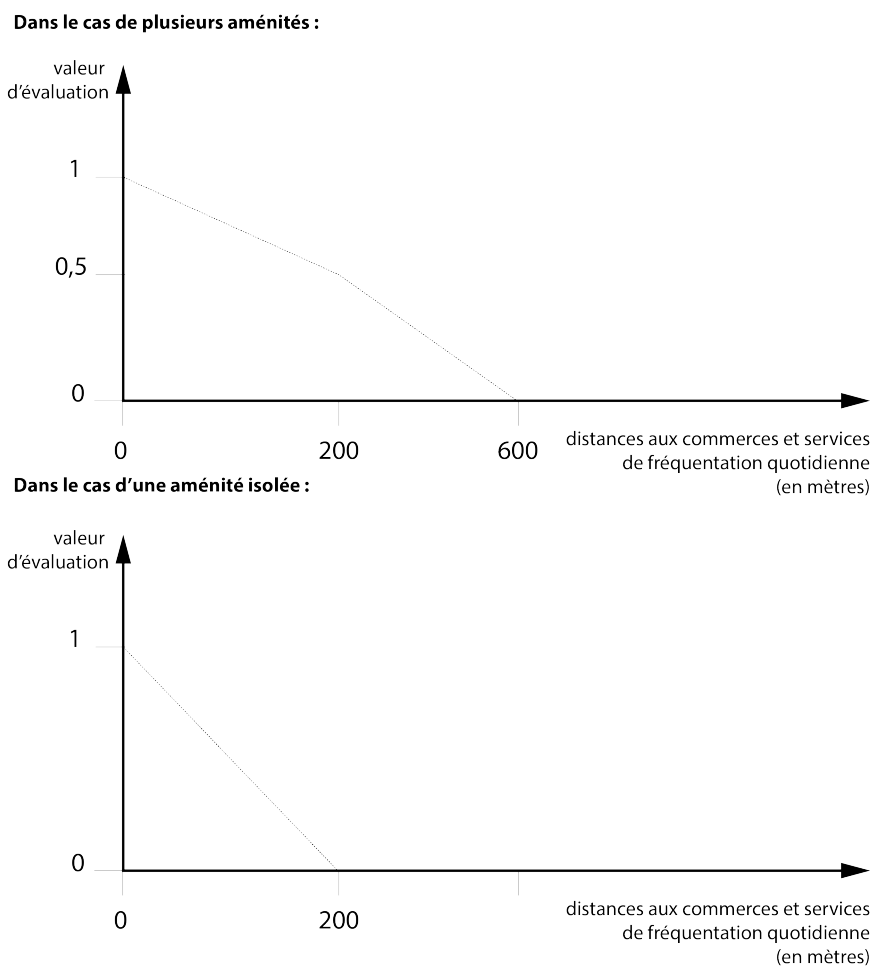


FIGURE 4.7 – Fonction d'évaluation de la distance d aux commerces et services de fréquentation quotidienne

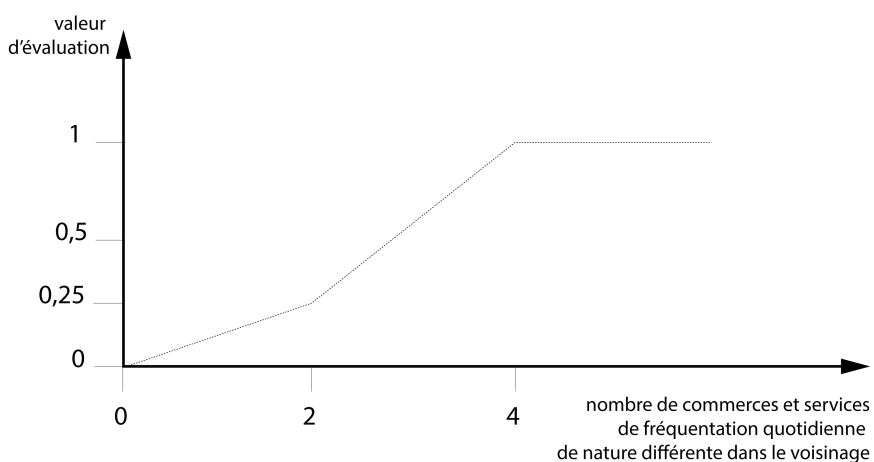


FIGURE 4.8 – Fonction d'évaluation de la diversité δ des commerces et services N1 à moins de 1 000 mètres

L'ensemble des variables, représentées par des variables floues, sont intégrées dans MUP-City à l'aide d'un opérateur d'agrégation. Il est construit sur la base de deux postulats à propos des commerces et services de fréquentation quotidienne ou hebdomadaire.

Premier postulat :

La diversité des types d'activités dans un agrégat de commerces et services augmente l'attractivité de cet agrégat de plusieurs façons. Dans tous les cas, elle ne la diminue jamais. La formalisation retenue est la suivante : une valeur $\mu(\delta_j)$ allant de 0 à 1. Plus la valeur de $\mu(\delta_j)$ se rapproche de 1, plus l'agrégat est attractif. Dans ce cas, le couple $\mu(n_j)^{1-\mu(\delta_j)}$ est égal à 1.

Deuxième postulat :

D'une cellule, l'accessibilité à un agrégat est définie comme la combinaison de l'attractivité de cet agrégat et de la distance maximale acceptable depuis la cellule. Quand la distance entre une cellule et un agrégat commercial est élevée (se rapprochant de 1 000m), le processus d'agrégation est pessimiste : une bonne évaluation des caractéristiques de l'agrégat (nombre important de commerces ou services et bonne diversité) ne compense pas la mauvaise évaluation de la distance. Quand la distance entre une cellule et un agrégat commercial est courte (se rapprochant de 0m), le processus d'agrégation est optimiste : une mauvaise évaluation de l'agrégat (faible nombre de commerces et/ou services d'un seul type) est compensée par une bonne évaluation de la distance.

Soit n_j le nombre d'établissements dans un agrégat commercial j

Soit δ_j le nombre de types d'établissements dans un agrégat commercial j

Soit d_{ij} la distance entre la cellule et l'établissement le plus proche

Soit Y_{ij} l'attractivité d'un agrégat commercial j , alors

$$Y_{ij} = \left[\mu(n_j)^{1-\mu(\delta_j)} \cdot \mu(d_{ij}) \right]^{1-\mu(d_{ij})} \cdot \left[1 - \left(1 - \mu(n_j)^{1-\mu(\delta_j)} \right) \cdot \left(1 - \mu(d_{ij}) \right) \right]^{\mu(d_{ij})}$$

Quand on prend en compte tous les agrégats j existants dans le voisinage d'une cellule, on obtient φ_i , l'évaluation de l'accessibilité d'une cellule résidentielle i , aux commerces et services quotidiens et hebdomadaires.

$$\varphi_i = 1 - \prod (1 - Y_{ij})$$

3.5. La règle d'accessibilité aux commerces et services de fréquentation hebdomadaire, N2

Dans le voisinage d'une cellule à évaluer, si un commerce et service de fréquentation hebdomadaire est isolé, alors son influence n'excède pas 600m. Plus l'offre en commerces et services est importante en effectif dans un agrégat donné, plus la portée spatiale de ce dernier peut être importante. Dans le cadre des commerces et services de fréquentation hebdomadaire, on fixe cette limite à 2 000m si le nombre de commerces et services est de 10, valeur correspondant à la moyenne des commerces et services situés dans le voisinage (200m) d'un ou plusieurs autres commerces ou services non isolés (voir figure 4.9). Le seuil de 2 000 mètres a été obtenu en multipliant la valeur maximale du recours quotidien par deux. Cette démarche se justifie en incluant dans ce niveau de commerces et services la possibilité d'accéder aux aménités en bicyclette, ce qui rallonge fortement la distance maximale qu'il est possible de parcourir. En 1993, d'après une étude menée par l'INRETS-INSEE, un trajet moyen en deux-roues non-motorisé en milieu urbain excède rarement 3 000 mètres. Avec un seuil défini à 2 000m, un compromis entre la marche à pied et le vélo a été trouvé. De même, plus la diversité de l'offre en commerces et services est importante, plus la portée spatiale de la règle est grande. On retiendra que 10 commerces et services de nature différente dans le voisinage d'une cellule suffisent à rendre compte d'une diversité suffisante.

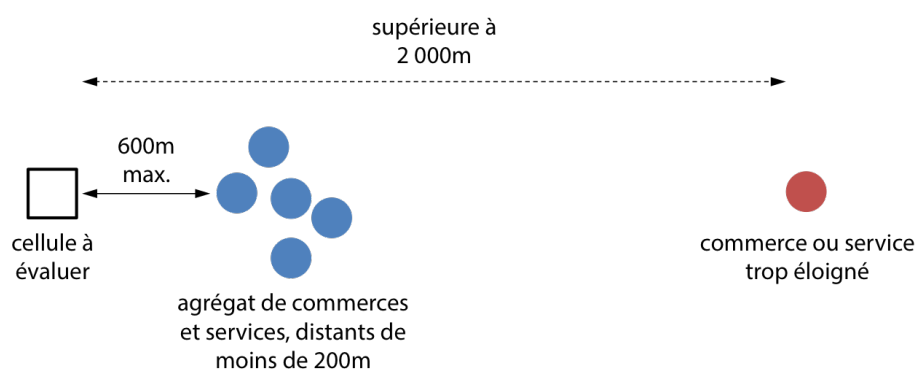


FIGURE 4.9 – Principe d'identification des agrégats de commerces et services de fréquentation hebdomadaire

Du point de vue de la formalisation, l'évaluation de l'accessibilité d'une cellule aux commerces et services de fréquentation hebdomadaire qui l'environnent est effectuée à l'aide d'une variable floue définie comme suit (voir figure 4.10), si le voisinage de la cellule est composé :

- d'une seule aménité, $\mu(n) = 0$,
- de 5 aménités, $\mu(n) = 0,5$,

- de 10 aménités ou plus, $\mu(n) = 1$

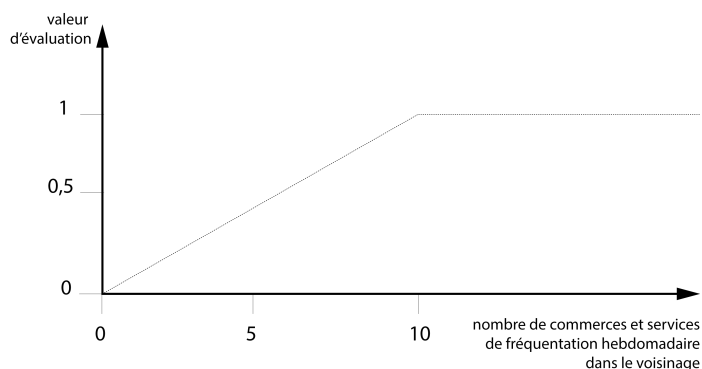


FIGURE 4.10 – Fonction d'évaluation du nombre n de commerces et services de fréquentation hebdomadaire

Cette accessibilité est également fonction de la distance maximale acceptable entre la cellule à évaluer et le ou les commerces et services avoisinants. Comme expliqué précédemment, cette distance diffère si l'aménité est située à proximité d'autres aménités ou si elle est isolée (voir figure 4.11). On utilise également à cette effet une variable floue définie comme suit :

Dans le cas de plusieurs aménités voisines :

- si $d = 0$, alors $\mu(d) = 1$,
- si $d = 600m$, alors $\mu(d) = 0,5$,
- si $d = 2\,000m$, alors $\mu(d) = 0$

Dans le cas d'une aménité isolée :

- si $d = 0$, alors $\mu(d) = 1$,
- si $d = 300m$, alors $\mu(d) = 0,5$,
- si $d = 600m$, alors $\mu(d) = 0$

La diversité de l'offre en commerces et services de fréquentation hebdomadaire est également formalisée sous la forme d'une variable floue δ (voir figure 4.12), définie comme suit :

- s'il n'y a qu'un seul type d'aménités dans le voisinage d'une cellule, $\mu(\delta) = 0$,
- s'il y a 10 types d'aménités dans le voisinage d'une cellule, $\mu(\delta) = 1$

L'agrégation des trois variables floues (nombre, diversité, distance) pour la mesure de l'accessibilité aux commerces et services de fréquence de recours hebdomadaire a fait l'objet de la même

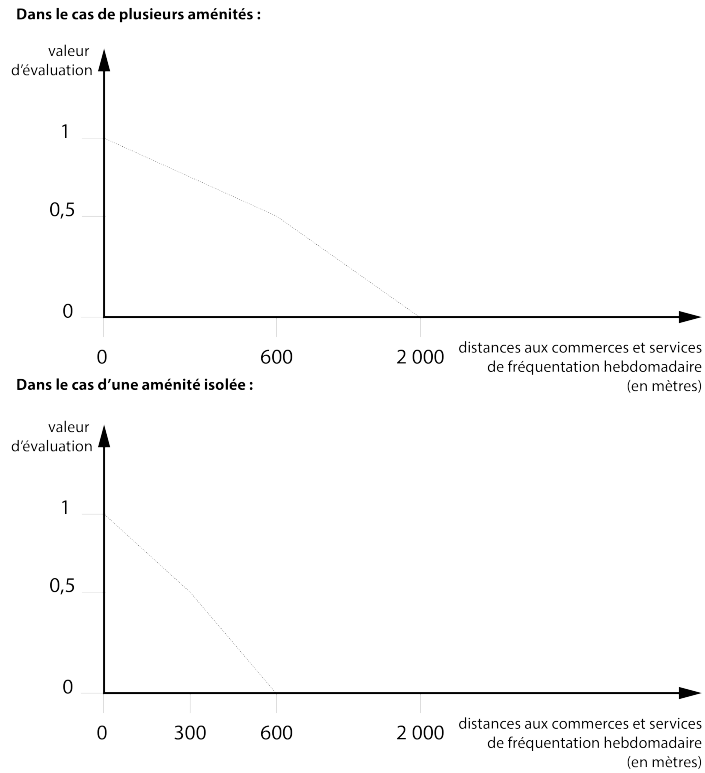


FIGURE 4.11 – Fonction d'évaluation de la distance d aux commerces et services de fréquentation hebdomadaire

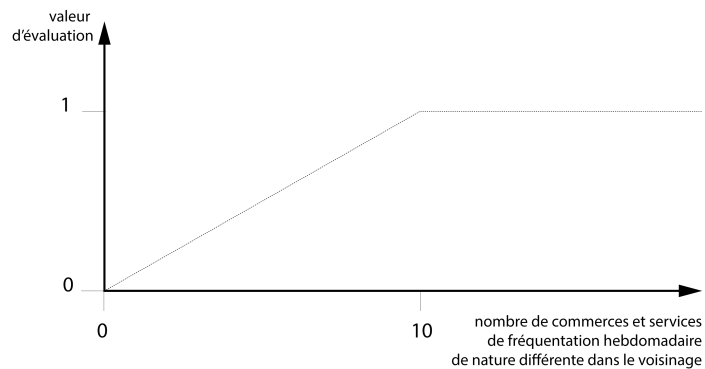


FIGURE 4.12 – Fonction d'évaluation de la diversité des commerces et services de fréquentation hebdomadaire

méthode de calcul que pour les commerces et services de fréquence de recours quotidien.

3.6. La règle d'accessibilité aux commerces et services de fréquentation mensuelle ou plus rare, N3

Contrairement aux commerces et services de fréquentation quotidienne et hebdomadaire, où il est intéressant d'avoir une offre conséquente à une distance qui peut être parcourue en marche à pied (entre 500m et 2 000m), on peut considérer qu'avoir un commerce ou service de chaque catégorie à une proximité « raisonnable » de la cellule est suffisant. Par exemple, il n'est pas nécessaire d'avoir deux hôpitaux, deux dentistes ou deux bibliothèques à proximité immédiate de son domicile. En revanche, il est intéressant d'être à quelques dizaines de minutes de l'ensemble de ces commerces et services. Cette position est aussi justifiable au regard de l'accessibilité aux administrations publiques. Il n'est pas indispensable d'être à équidistance de deux administrations communales, puisque par définition un logement se situe dans une seule commune. Dans ce cas, la proximité à la mairie la plus proche est recherchée.

L'objectif de cette règle est d'évaluer la distance maximale acceptable aux m aménités les plus proches de type différent et doit être égale ou inférieure à une norme de distance. Comme les commerces et services de fréquentation potentielle mensuelle ou plus rare correspondent à des fonctions centrales, nous considérons une accessibilité en voiture.

Pour chaque établissement de type δ :

Soit d_{ij} la distance-temps minimum entre la cellule i et le commerce ou service j ,

Soit n le nombre d'établissements j ,

Avec $D_j = \{d_{i1}, \dots, d_{ij}, \dots, d_{in}\}$

$$\lambda_{ij} = \text{MIN}[D_j]$$

Soit m le nombre de types d'établissements différents : $\delta = \{1, 2, \dots, m\}$

Soit Λ_i la distance aux m aménités les plus proches de types différents pour la cellule i et les commerces ou services j , alors :

$$\Lambda_i = \frac{1}{m} \sum_{\delta=1}^m \lambda_{ij}$$

Le résultat de la règle consiste en l'évaluation de la distance maximale acceptable Λ_i au moyen d'une variable floue $\mu(\Lambda)$ pour laquelle la norme de distance fixée, la médiane de la distribution des distances aux m aménités les plus proches de tous les résidents, correspond à la valeur $\mu(\Lambda) = 1$. Le troisième quartile de cette distribution correspond à la valeur $\mu(\Lambda) = 0$ (voir figure 4.13).

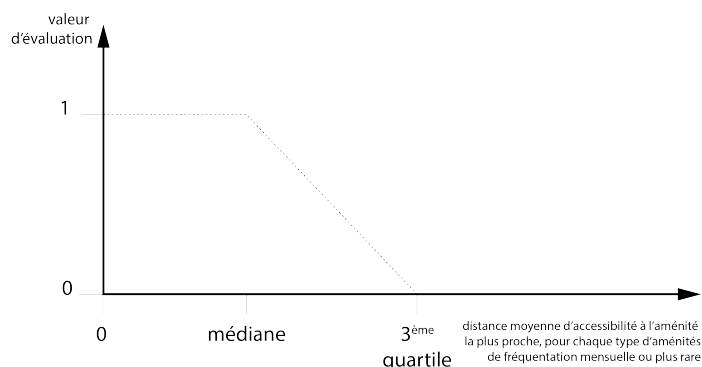


FIGURE 4.13 – Fonction d'évaluation de la distance Λ aux commerces et services de fréquentation mensuelle ou plus rare

3.7. La règle d'accessibilité aux transports en commun

L'accessibilité aux transports en commun se mesure comme la potentialité d'accéder aux infrastructures ferroviaires ou aux arrêts de bus. L'accessibilité est définie ici comme le fait d'avoir une gare ferroviaire ou un arrêt de bus dans un environnement proche. Cette commutativité est formalisée par l'emploi de la fonction MAX dans le calcul de l'indicateur. Les portées spatiales des deux aménités sont différentes :

- les haltes et gares ferroviaires ont un seuil de 2 000m autour de la halte pour définir la variable floue $\mu(fer)$
- les arrêts de bus ont un seuil de 500m de la cellule pour définir la variable floue $\mu(bus)$.

L'évaluation de l'accès au réseau de transport en commun se calcule ainsi :

$$MAX[\mu(bus); \mu(fer)]$$

3.8. La règle d'accessibilité aux aménités vertes et de loisirs, de fréquentation quotidienne N1, hebdomadaire N2 et mensuelle ou plus rare N3

Les parcs et jardins, les terrains de sports ainsi que les centres sportifs sont traités de façon relativement similaire aux commerces et services de fréquentation quotidienne ou hebdomadaire mais avec des portées spatiales différentes. Lors de l'évaluation d'une cellule potentiellement urbanisable, un bon accès piéton ou cycliste à un nombre restreint de ces aménités est suffisant pour obtenir une valeur d'accessibilité élevée. Par exemple, avoir un accès à un seul terrain de football est aussi intéressant que l'accès à deux de ces terrains. En revanche, avoir accès à un terrain de football et à un ou plusieurs courts de tennis est fortement valorisé.

Par ailleurs, pour définir la typologie des bois et forêts au Luxembourg, nous nous sommes inspirés de la typologie des espaces naturels établie par Natural England, au travers de l'Accessible Natural Greenspace Standard (ANGSt, 2008) :

- L_1 : espace vert de moins de 2Ha : distance maximale acceptable 300m,
- L_2 : espace vert de moins de 20Ha : distance maximale acceptable 2 000m,
- L_2 ou L_3 : espace vert de moins de 100Ha : distance maximale acceptable 5 000m,
- L_3 : espace vert de moins de 500Ha : distance maximale acceptable 10 000m.

Après analyse du cas luxembourgeois et la mesure de ses surfaces boisées, il s'est avéré nécessaire de reconsidérer les seuils définis par Natural England pour les adapter au Grand-Duché. Il fallait également intégrer à cette typologie les parcs et jardins, et les terrains ou équipements sportifs. La typologie suivante a finalement été définie :

- Fréquentation quotidienne L_1 : parcs et jardins, bois et forêts de moins de 2Ha, distance maximale de 300 mètres,
- Fréquentation hebdomadaire L_2 : terrains de sports (football, tennis), centres sportifs (golfs, piscines, gymnases), bois et forêts de 2 à 100Ha, distance maximale de 2 000 mètres,
- Fréquentation mensuelle ou plus rare L_3 : bois et forêts de plus de 100Ha, distance maximale de 5 000 mètres.

Le calcul de l'accessibilité aux espaces verts s'effectue en deux étapes. D'abord, l'accessibilité à l'aménité la plus proche de chaque type et de chaque fréquence de recours est calculée. Dans un deuxième temps, les résultats de la première étape sont agrégés à l'aide d'un opérateur d'agrégation construit selon les postulats suivants : 1) meilleures sont les évaluations partielles, meilleure doit être l'évaluation globale ; 2) à une même distance, mieux vaut deux aménités différentes qu'une seule ; 3) une seule aménité très proche est moins intéressante qu'une aménité très proche et une

autre plus éloignée. Il s'agit d'une approche cumulative, et il n'y a pas de compensation. Autrement dit, jamais une mauvaise évaluation partielle ne doit faire diminuer une bonne évaluation partielle. Il faut donc que l'opérateur d'agrégation donne des résultats supérieurs ou égaux au maximum, et d'autant supérieurs que le nombre d'évaluations partielles à agréger est élevé. Ainsi, le nombre de critères agrégés doit augmenter l'optimisme de l'opérateur. Nous ne traitons que le cas des aménités les plus proches ; les aménités dont l'évaluation partielle est égale à 0 (distances supérieures aux seuils de 300, 2 000 ou 5 000 mètres) ne sont pas considérées.

L'exemple qui suit présente le détail du calcul pour le niveau L_1 , il en est de même pour les niveaux L_2 et L_3 .

Soit $y_i(L_1)$ le nombre d'aménités différentes de niveau L_1 , dont l'évaluation est supérieure à 0, au voisinage de la cellule i considérée⁸.

Soit $y_{max}(L_1)$ le nombre maximal d'aménités différentes de niveau L_1 au voisinage de la cellule,

Soit $o_i(L_1)$ le degré d'optimisme de l'opérateur en fonction du nombre d'évaluations partielles à agréger⁹, alors :

$$o_i(L_1) = 1 - \left[(y_i(L_1) - 1) \times \left(\frac{1}{(y_{max}(L_1) - 1)} \right) \right]$$

Soit $s_i(L_1)$ l'évaluation globale d'une cellule i aux aménités vertes et de loisirs de niveau L_1 , alors :

$$s_i(L_1) = [MAX(\mu_i[L_1(forest)]; \mu_i[L_1(parc)])]^{o_i(L_1)}$$

8. Dans le cas où $y_{max}(L_1) = 2$, quand une cellule compte deux aménités différentes de niveau L_1 à moins de 300m, son évaluation globale $s_i(L_1)$ est toujours égale à 1, quelles que soient les valeurs d'évaluation partielles.

9. N'est calculé que dans les cas où $y_{max}(L_1) > 0$.

3.9. L'agrégation des différentes valeurs d'accessibilité en une valeur synthétique d'évaluation

Avec l'ensemble des neuf¹⁰ règles énoncées précédemment, nous obtenons autant de valeurs d'évaluation, toujours comprises entre [0 : 1]. Pour obtenir une valeur synthétique d'évaluation, nous avons choisi la méthode d'agrégation de Yager (1977).

Par défaut, une priorité sera donnée à l'accessibilité aux commerces et services ainsi qu'aux aménités vertes et de loisirs, en adéquation avec les hypothèses générales de la démarche de simulation. Une variation pourra être apportée dans le cadre d'un scénario en faveur des transports en commun, où la priorité sera accordée à l'accessibilité aux arrêts de bus et aux gares ferroviaires. Cette pondération ne devra pas pour autant trop négliger l'accessibilité aux autres aménités. De fait, certaines importances entre les règles seront identiques. De même, les règles morphologiques et de proximité à la route doivent être prises en compte sans pour autant qu'elles interfèrent avec les autres règles pour ne pas pénaliser l'évaluation globale des cellules considérées.

Pour déterminer les poids (ou valeurs d'importances) des différentes règles, une méthode empruntée aux outils d'aide à la décision a été adoptée (Saaty, 1977). Cette méthode permet de comparer les règles deux à deux afin d'identifier dans chaque paire quelle règle est la plus importante, et de quantifier cette importance. À cette fin, un tableau semblable au tableau 4.3 a été construit. Dans cet exemple, nous utilisons deux règles, l'accessibilité aux commerces de fréquence de recours quotidiens F_1 , l'accessibilité aux aménités vertes ou de loisirs de fréquence de recours hebdomadaire L_2 . Les valeurs d'importances font directement suite aux travaux de Saaty et ont fait l'objet de quelques tests, de sorte que celles-ci soient comprises entre 1 et 7 (et toujours impaires).

10. La règle fractale d'urbanisation n'entre pas en compte dans l'agrégation des différentes règles ; elle fonctionne de façon indépendante.

| Importance de F_1 par rapport à L_2 | Définition |
|---|---|
| 1 | Égale importance de la règle F_1 par rapport à la règle L_2 |
| 3 | Faible importance de la règle F_1 par rapport à la règle L_2 |
| 5 | Forte importance de la règle F_1 par rapport à la règle L_2 |
| 7 | Importance absolue de la règle F_1 par rapport à la règle L_2 |

Tableau 4.3 – Valeurs d’importance accordées à une règle par rapport à une autre

Par la suite, voici un exemple pour déterminer les poids relatifs dans le cas de trois règles, à savoir les deux règles précédentes plus la règle d’accessibilité aux transports en commun TC . Si la règle F_1 est plus importante que la règle L_2 , on affecte à F_1 une valeur d’importance du tableau ci-dessous $w_{F_1 L_2}$ et on affecte à L_2 la valeur $[1/(w_{F_1 L_2})]$.

| Importance d’une règle par rapport à une autre | Poids d’une règle | Valeur d’importance correspondante pour l’autre règle |
|---|---------------------|---|
| L_2 est un peu plus importante que F_1 | $w_{F_1 L_2} = 1/3$ | $w_{L_2 F_1} = 3$ |
| TC est entre égal et légèrement plus importante que F_1 | $w_{F_1 TC} = 1/2$ | $w_{TC F_1} = 2$ |
| L_2 est légèrement plus importante que TC | $w_{L_2 TC} = 3$ | $w_{TC L_2} = 1/3$ |

Tableau 4.4 – Comparaison par paires de l’importance des règles. Exemple pour trois règles F_1 , L_2 et TC

À partir du tableau 4.4, nous créons une matrice de comparaison des importances (F_1, L_2, TC) en lignes et en colonnes).

$$\begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 \\ 3 & 1 & 3 \\ 2 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

On calcule ensuite le vecteur propre de cette matrice. Les poids w correspondent alors aux valeurs du vecteur propre multipliées par le nombre d'attributs considérés, égal à 3 dans l'exemple choisi, du fait de la présence de trois règles.

$$w = \begin{pmatrix} 0,48 \\ 1,77 \\ 0,75 \end{pmatrix}$$

Enfin, l'ensemble des vecteurs propres sont agrégés en utilisant l'opérateur de Yager (1977) :

Soit S_i l'intérêt synthétique à ce que la cellule i soit urbanisée

Soit $s_i(r)$ l'évaluation de la cellule i issue de la règle r

Soit w_r le poids de la règle r ,

$$S_i = \text{MIN}[s_i(1)^{w_1}; s_i(2)^{w_2}; \dots; s_i(r)^{w_r}]$$

Ainsi, la valeur d'évaluation de chacune des neuf règles est agrégée, avec une pondération égale à sa valeur de w .

4. Les données nécessaires pour la simulation de scénarios de croissance résidentielle

Deux types de données spatiales sont nécessaires à la simulation des scénarios d'aménagement à l'aide de la plateforme MUP-City. D'une part, des données géographiques « de base » servent de référentiel spatial et sont indispensables aux calculs d'accessibilité : réseau routier, bâti existant, zones non constructibles. D'autre part, les données d'aménités sont essentielles afin d'appliquer les règles d'accessibilité qui régissent le modèle. Ces couches comprennent les commerces et services, ainsi que les espaces verts et de loisirs, toutes deux décomposées en trois niveaux de recours potentiel (quotidien, hebdomadaire, mensuel ou plus rare). L'ensemble des données d'entrées au modèle est synthétisé dans la carte ci-dessous.

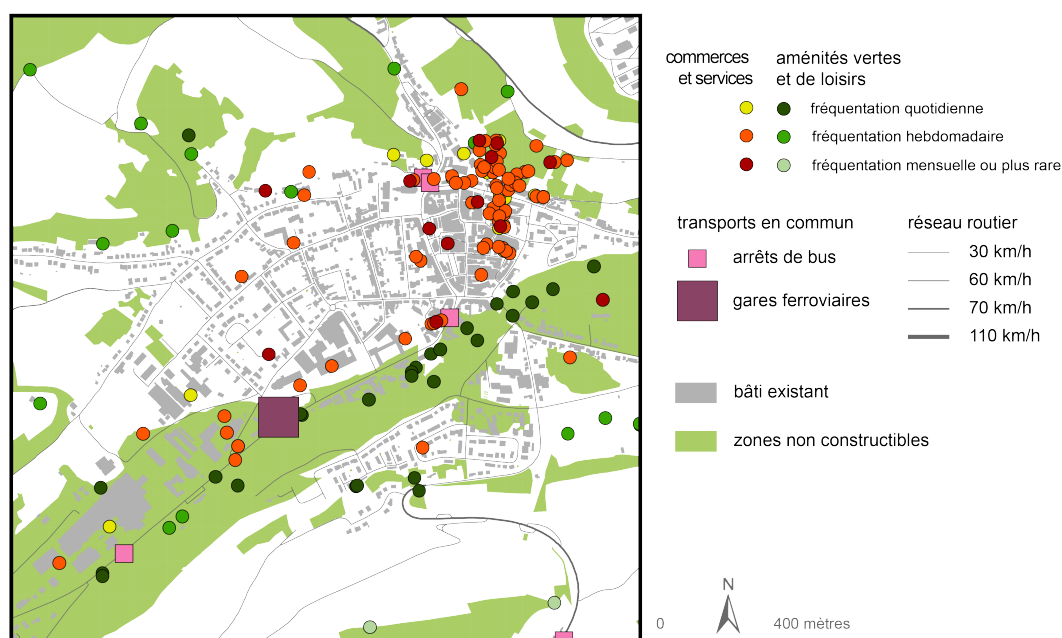


FIGURE 4.14 – Données nécessaires à la création de scénarios de croissance résidentielle

Les données d'aménités ont été recensées à partir de deux types de sources :

- Des bases de données à l'adresse, issues de listes/tableaux déjà présentes au CEPS/INSTEAD ou obtenues après une acquisition supplémentaire dans le cadre d'échanges avec l'Observatoire du Développement Spatial. Ces données concernent les commerces et services.
- Des bases topographiques, générées à partir d'observations aériennes/satellites et traitements SIG. Ces données ont permis d'obtenir les couches d'aménités vertes et de loisirs. La liste des aménités a été obtenue à partir des travaux précédents concernant le projet MUP-City et ont été mis en adéquation avec ce qui est disponible à l'échelle du Luxembourg.

4.1. Les données géographiques de base

4.1.1. Le bâti existant

La bâti existant au début de la simulation est obtenu par extraction de l'ensemble des polygones bâtis de la base de données topographiques du Luxembourg, produite par l'IGN en 2010, la BD-LTC¹¹. Même si la simulation ne concerne que la projection des bâtiments résidentiels, l'ensemble des constructions a été intégré au départ afin que le potentiel d'urbanisation de 2030 ne se localise pas sur des bâtiments déjà existants. Cette remarque est d'autant plus justifiée pour la région Sud du Luxembourg, au fort caractère industriel, dont de vastes étendues sont localisées dans des zones industrielles encore en activité, ou le cas échéant, encore dans des propriétés privées et donc non disponibles à l'urbanisation future.

4.1.2. Le réseau routier

Le réseau routier a également été tiré de la base de données topographiques du Luxembourg (BD-LTC, 2010). Les sentiers et chemins n'ont pas été inclus, des tests sur des échantillons de données ayant montré que leur prise en compte : 1) ne produisait pas de résultat significativement différent dans les mesures d'accessibilité, 2) ralentissait considérablement les temps de calculs et 3) multipliait considérablement le poids des données à manipuler au regard du nombre d'entités à ajouter dans le SIG.

Par rapport à la couche originelle, un champ a été ajouté pour la vitesse de circulation théorique, nécessaire aux calculs d'accessibilité en voiture. Cette vitesse est fonction de la typologie des voies de circulation et de leur localisation. Quatre classes ont été retenues :

- 30 km/h : pour les routes localisées en agglomération, où le trafic est généralement pulsé, c'est à dire soumis aux contraintes des feux de circulation et des intersections,
- 60 km/h : pour les routes secondaires, hors des agglomérations,
- 70 km/h : pour les routes principales, hors des agglomérations,
- 110 km/h : pour les 2 x 2 voies rapides, de type autoroutier.

Bien sûr, ces vitesses sont théoriques et ne sont pas les vitesses issues de la réglementation routière en vigueur au Luxembourg. Elles tiennent compte d'une dégradation de leur valeur qui peut être le résultat de la qualité de la chaussée, des caractéristiques du véhicule et de son conducteur, des conditions de circulation (congestion), des conditions climatiques (précipitations, visibilité réduite), etc.

11. Base de données topo/cartographique du Luxembourg, BD-LTC, IGN, 2010.

4.1.3. Les zones non constructibles

La prise en compte des zones non constructibles dans les différents scénarios permet de proposer des options d'aménagement en conformité avec les restrictions auxquelles tous les territoires sont confrontés. D'après l'IVL, environ 60% du territoire luxembourgeois est à préserver. Ces restrictions sont de deux natures : naturelles et anthropiques. Les zones non constructibles d'origine naturelle sont fonction de l'environnement des espaces urbanisables, elles dépendent des caractéristiques du site. Les zones humides, les espaces de biotopes à protéger, le réseau hydrographique ou les grands espaces boisés par exemple, sont autant d'éléments qui contraignent la croissance urbaine mais qui nécessitent d'être préservés. Parallèlement, certaines installations anthropiques nécessitent des précautions quant à l'installation d'habitations à proximité (abords des autoroutes, installations électrique, etc.). Les documents d'urbanisme et législatif luxembourgeois confirment ces indications et précisent leurs modalités.

Les éléments à prendre en compte dans la construction de la couche des zones non constructibles sont : forêt, bois, zones protégées ; zones inondables ou zones humides ; cours d'eau / rivières / lacs ; aéroports et aéroport ; autoroutes (zone tampon de 100m de part et d'autre) ; voies ferrées (zone tampon de 100m de part et d'autre) ; bassins ou zones de traitements des eaux ; dépotoirs et sites d'enfouissement ; etc.

4.2. Les données liées aux aménités

4.2.1. Les transports en commun

La couche des transports en commun au Luxembourg est composée des arrêts de bus et des gares ferroviaires. C'est une couche ponctuelle géolocalisée à l'adresse. Elle a été obtenue grâce à une convention entre le CEPS/INSTEAD et la Communauté des Transports luxembourgeoise (*Verkeiersverbond*). Les gares ferroviaires sont celles de la CFL, Compagnie des Chemins de Fers Luxembourgeois. Les arrêts de bus sont ceux des grands opérateurs de transport urbains et interurbains exerçant au Luxembourg (AVL¹², TICE¹³, RGTR¹⁴).

Dans les calculs d'accessibilité aux arrêts de bus, il aurait été intéressant de ne prendre en compte que le réseau de bus dit « structurant », c'est-à-dire où il est susceptible de pallier l'absence de transport ferroviaire à proximité parce qu'il possède des arrêts avec une offre conséquente en matière de

12. Autobus de la Ville de Luxembourg

13. Transport Intercommunal de Personnes dans le canton d'Esch-sur-Alzette

14. Régime Général des Transports routiers

desserte et de fréquence de passage. D'après les travaux menés dans le cadre du SCOT de l'agglomération de Lille, un arrêt de bus est considéré comme structurant à partir de 20 passages par jour et par sens de circulation. Toutefois, en l'absence de cette information au moment des calculs d'accessibilité, il n'a pas été possible de différencier les petits des grands arrêts de transports en commun routier. Nous verrons par la suite que la prise en compte des 2 000 arrêts de bus luxembourgeois ne devrait pas influencer de façon trop positive les évaluations des cellules potentiellement urbanisables.

4.2.2. Les commerces et services

Les commerces et services tout comme les aménités vertes et de loisirs sont regroupés en trois niveaux, correspondant au niveau de recours (théorique) et aux hypothèses d'aménagement décrites précédemment (voir figure 4.16). La liste des aménités et leurs adresses ont été géolocalisées à l'aide d'un batch géocodeur, routine informatique qui permet de générer les coordonnées X et Y d'un point à partir de son adresse postale physique (Charif *et al.*, 2010). Le principe général est illustré par la figure 4.15.

Pour cela, nous avons eu recours à la base de données d'adresse de Google, enrichie à l'aide d'un algorithme. Un codage manuel via la plateforme Google Earth et une recherche Internet dans le cas des adresses non localisées par le précédent processus a complété les quelques erreurs obtenues. En sortie, nous obtenons une table d'adresses de l'ensemble des commerces et services et leurs coordonnées X et Y correspondantes. Ce fichier permet la génération d'un shapefile sous SIG (ArcMap 10.0 : Create Feature Class » From X/Y table). Une dernière vérification visuelle aléatoire a permis d'apporter de légères corrections lorsque c'était nécessaire.

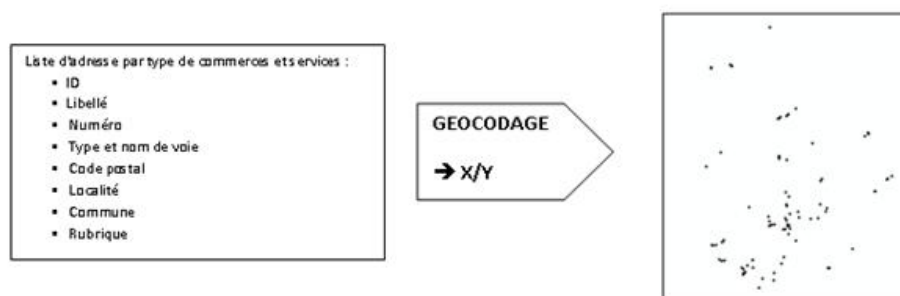


FIGURE 4.15 – Principe du géocodage d'adresses et obtention de données géographiques

| Commerces et services | Espaces verts et de loisirs |
|---|--------------------------------------|
| Fréquentation quotidienne | Fréquentation quotidienne |
| Alimentations générales, biologiques, sportives, épiceries,... | Parcs urbains – jardins publics |
| Boulangeries, pâtisseries, chocolatiers, confiseurs | Forêts, bois, de moins de 2Ha |
| Boucheries, charcuteries, poissonneries, volailles, fromageries | |
| Crèches | Fréquentation hebdomadaire |
| Ecoles fondamentales, enseignement privé | Terrains de football |
| Supérettes | Terrains de tennis |
| Tabacs, presse/journaux | Terrains de golf |
| | Gymnases |
| Fréquentation hebdomadaire | Piscines |
| Agences bancaires | Forêts, bois, de 2 à 100Ha |
| Cafés - Bars | |
| Coiffeurs | Fréquentation mensuelle ou plus rare |
| Commerces de chaussures | |
| Commerces de vêtements | Forêts, bois, de plus de 100Ha |
| Distributeurs de billets | |
| Fitness centers | |
| Fleuristes | |
| Lavage de voitures | |
| Médecins généralistes | |
| Pharmacies | |
| Postes | |
| Pressings – blanchisseries | |
| Restaurants | |
| Stations services | |
| Supermarchés / hypermarchés | |
| | |
| Fréquentation mensuelle ou plus rare | |
| Administrations publiques | |
| Aménités culturelles (théâtre, cinéma, bibliothèques, salles de spectacles) | |
| Dentistes | |
| Hôpitaux – maisons médicales | |
| Librairies | |
| Mairies | |
| Médecins spécialistes | |

FIGURE 4.16 – Ensemble des aménités prises en compte dans le modèle

4.2.3. Les espaces verts et de loisirs

4.2.3.1. Le cas des parcs, jardins publics et jardins familiaux

Sous SIG, les données de la base d'occupation biophysique du sol du Grand Duché du Luxembourg (OBS¹⁵) ont été sélectionnées puis triées afin de retenir ce qui est défini comme parc ou jardin, c'est-à-dire :

« Les espaces verts sont recensés en fonction de leurs équipements et de l'entretien qui y est accompli, dans une optique de détente et de loisirs, et qui sont généralement ouvertes au public. Les zones représentent habituellement des biotopes complexes, d'herbe tondue, d'arbustes ornementaux, d'arbres et des groupes d'arbres, ils ne sont pas différenciés dans les données. Il existe des exceptions comme par exemple les eaux stagnantes ou les cultures contigües dans le polygone. » [...] « Les espaces verts à l'intérieur des bâtiments fermés ou à accès réglementé sont différenciés à partir d'une surface de 2500m². Les espaces verts extérieurs à des constructions sont couverts à partir d'environ 1500m²¹⁶. »

La méthodologie comporte également une phase de sélection visuelle des polygones à partir des orthophotographies qui a permis de supprimer des erreurs de détection automatique, comme les centres des ronds-points, les bandes enherbées le long des axes routiers. . .

Un parc ou un jardin est donc toute surface enherbée et/ou arborée d'au moins 2 500 m² (seuil observé), à l'exception des jardins familiaux et de rares places en milieu urbain. Cette surface doit appartenir au domaine public, ou le cas échéant doit comporter une forme d'accueil à un public. De même, il doit être possible de déceler visuellement à partir d'orthophotographies, toute forme d'aménagement qui valorise l'aménité. Les marqueurs les plus fréquemment rencontrés sont les allées et sentiers, les pistes cyclables, les tables de pique-niques, les bancs ou les jeux pour enfants.

De même, une aménité dite verte, ne peut être considérée que lorsqu'elle comporte un support de marche à pied qui est considérée comme l'activité « minimum » qui conditionne sa définition (Bourgeois, 2011). De fait, la surface (le polygone, au sens géométrique) n'est intéressante qu'au re-

15. Cartographie de l'Occupation Biophysique du Sol (OBS) du Système d'Information Géographique sur l'Environnement (SIG-ENV), Ministère de l'Environnement, Grand Duché du Luxembourg, 1999

16. « Grünanlagen dienen nach ihrer Ausstattung und Pflege dem Zweck der Entspannung und der Erholung und sind allgemein öffentlich zugänglich. Die Flächen stellen i.d.R Biotopkomplexe aus Scherrasen, Ziergebüschchen, Bäumen und Baumgruppen dar, die nicht differenziert dargestellt werden. Ausnahmen sind z.B. grössere Stillgewässer oder zusammenhängende Bebauungen innerhalb der Anlagen. « [...] „Grünflächen innerhalb geschlossener Bebauung/Siedlung werden ab einer Flächengröße von 2500m² differenziert. Grünflächen im Außenbereich werden ab ca. 1500m² flächenhaft erfaßt. »

gard du linéaire qui le parcourt avec les points d'intersection entre ces deux entités (voir figure 4.17) ; points que les opérations réalisées dans le SIG ont permis d'obtenir entre la bordure des parcs et jardins et le réseau pédestre. Dans l'optique de l'évaluation des cellules potentiellement urbanisables, il semble nécessaire de préciser la nature de l'accessibilité à la forêt. Un bois n'est accessible que si un réseau permet d'y entrer. Pour représenter ces points d'entrées, le contour des espaces boisés a été généré sous SIG puis croisé avec le réseau routier d'une part, et le réseau pédestre d'autre part (voir figure 4.17).



FIGURE 4.17 – Méthodologie de construction des points d'accès aux aménités vertes et de loisirs

Les jardins familiaux constituent une exception dans la sélection des données et doivent être traités séparément. Le caractère industriel du Luxembourg, notamment au sud du pays, a entraîné la mise en place d'un grand nombre de ces jardins ouvriers, aujourd'hui dénommés jardins familiaux. Leur gestion se fait au travers d'une structure bien identifiée¹⁷ et compte près de 25 000 foyers membres. À ce titre, on considère ces jardins comme éléments structurants du réseau d'aménités vertes à prendre en compte. Les données géographiques proviennent également de l'OBS, et des traitements sous SIG similaires ont été apportés afin de fournir une couche ponctuelle de leurs points d'accès. La définition fournie par l'OBS est la suivante :

17. Ligue Luxembourgeoise du Coin de Terre et du Foyer, <http://www.jardins-familiaux.org/frameset/france/fluxe.htm>

« On parle ici des zones en dehors des jardins situés dans les parcelles résidentielles. Sont inclus dans l'analyse, les espaces d'élevage - et décoratif -, les pelouses, les sentiers et les bâtiments. Les bâtiments (kiosques, abris) ne sont pas habités en permanence. La végétation possède une densité différente de la végétation ligneuse (haies). Même de vastes zones potagères à l'extérieur du tissu urbain mais avec une structure similaire (terres labourées) doivent être incluses dans les données ¹⁸. »

4.2.3.2. Le cas des espaces boisés et/ou forestiers

Les données de couverture forestière ont également été obtenues à partir de la base OBS. Devant la multiplicité des entités et la complexité de l'information à traiter, quelques modifications ont été apportées. Tout d'abord, l'ensemble des polygones boisés strictement inférieurs à 1 hectare n'ont pas été pris en compte du fait de leur taille relativement critique. Ensuite, les forêts ne comportant pas de réseaux pédestres (sentiers, chemins...) ont été supprimées car selon la définition donnée plus haut, la présence de linéaire praticable conditionne une aménité. Dans le prolongement, tous les espaces forestiers ne comprenant pas au minimum 1 000 mètres de chemins pédestres ont été écartés de l'analyse. Ce seuil s'appuie notamment sur la définition d'une aménité verte proposée par Bourgeois (2011), qui conditionne une aménité à partir d'un potentiel de 15 minutes de marche (15 minutes = 1 000m environ). Ces sélections successives ont permis de ne garder comme potentiel d'aménités forestières, les surfaces suffisamment grandes et qui comportent un réseau praticable, deux conditions indispensables.

4.2.3.3. Le cas des terrains des équipements sportifs, terrains de sports, gymnases et piscines

Les terrains de sports sont également issus d'une base d'équipement à l'échelle du pays produite dans la BD-LTC. Les terrains de football, les terrains de tennis, les parcours de golf ainsi que quelques surfaces sportives non identifiés sont représentées par leur centroïde respectif. Quelques corrections manuelles ont été effectués au regard de la photographie aérienne, dans le but de corriger des erreurs de placements ou des terrains supprimés. Les gymnases et piscines sont aussi issus de la base d'équipements (BD-LTC). Les listes des équipements aquatiques et des terrains de golf ont été comparées avec une liste d'adresses disponible sur le site de l'Office du Tourisme du Luxembourg¹⁹.

18. « Gartenflächen außerhalb von Wohnbaugrundstücken. Nutzungskomplexe aus Nutz - und Zier -, Rasen, Wegen und kleinen Gebäuden. Die Gebäude (Lauben, Schuppen) sind nicht dauerbewohnt. Unterschiedliche Dichte von Gehölzen. Auch größere Nutzgartenflächen im Außenbereich mit ähnliche Struktur (Grabeland) sollten hier erfaßt werden ».

19. Office national du tourisme du Luxembourg, <http://www.ont.lu/spor-fr-9-59.html>

Grâce à cette méthodologie mise en place, nous obtenons à l'échelle du Luxembourg une base de données exhaustive des aménités vertes et de loisirs qui permettra d'évaluer l'accessibilité aux espaces verts dans la suite de la méthodologie.

5. La résolution spatiale

Un grand nombre de travaux abordent la question de la mesure de l'étalement urbain, sans pour autant qu'ils traitent spécifiquement de l'apport de la haute résolution spatiale. C'est notamment le cas en ce qui concerne les recherches des dix dernières années en télédétection (Tsayem Demaze, 2010). Comme nous l'avons déjà démontré en fin de première partie, les travaux liés à la question de la croissance urbaine ont longtemps été consacrés à la mesure du processus plus qu'à la planification ou à la prospective. Avec le développement des techniques d'imageries, satellites ou aériennes, le débat a souvent été tourné vers l'amélioration des techniques de mesures et la précision des résultats.

En ce qui concerne les modèles LUTI, bon nombre d'entre eux affichent une certaine liberté quant au choix de résolution à adopter, ce que montre bien la synthèse faite par G. Deymier et J.-P. Nicolas dans le premier rapport SIMBAD de 2005. Dans les faits, le niveau d'application de ces modèles est très souvent corrélé au niveau de précision des données d'entrées ou de calibrage des modèles, et généralement, le niveau communal s'avère le meilleur compromis. C'est notamment le cas pour les projets MEPLAN, TRANUS... En France, l'échelle de l'IRIS, découpage institué par l'INSEE, offre davantage de précision en milieu urbain et a par exemple été adopté dans SIMBAD ou FRETURB.

L'objectif de simulation qui est derrière le présent travail est de proposer des formes urbaines réalistes. De fait, plus encore que la planification quantitative de la croissance résidentielle et sa localisation au sein de l'espace luxembourgeois, il s'agit de proposer des tissus urbains potentiels. En d'autres termes, le choix de la résolution est fondamental puisqu'il influe directement la forme géométrique des entités urbaines qui sera proposée dans les scénarios. Pour fabriquer la ville, il semble donc nécessaire de descendre à l'échelle qui soit la plus fine possible, le bâtiment. La contrainte cellulaire étant imposée par l'emploi d'un modèle numérique, la taille de cellule doit donc être conforme à celle du bâtiment. Comme il n'est pas possible d'utiliser une grille variable en fonction de logements individuels ou collectifs, il est convenu que la résolution de 20 mètres couvre soit un immeuble d'habitation, soit une maison individuelle ou jumelée avec son terrain (voir figure 4.18). Cette valeur moyenne de 20 mètres essaye de refléter avec le plus de justesse possible les caractéristiques empiriques du parc de résidentiel au Grand-Duché, d'après les statistiques observées entre

2007 et 2012 par l'Observatoire de l'Habitat.

Bien sûr, cette précision multiplie les entités à manipuler sous SIG en format vectoriel (12 millions de cellules pour couvrir le Luxembourg). La résolution fine augmente également de façon non négligeable les temps de calculs, assez bien compensés par l'utilisation du serveur de calcul de la Maison des Sciences Humaines et de l'Environnement (MSHE) de Besançon. Par ailleurs, une granulométrie aussi précise nécessite des données d'entrée en cohérence avec la taille des cellules, il ne servirait à rien d'aller aussi loin dans la finesse si nous ne possédions que des données agrégées décrivant les différentes aménités. La visualisation des résultats obtenus est aussi un véritable enjeu, qui dépasse largement le cadre de cette thèse, nous y reviendrons au cours de la conclusion générale. Une question sous-jacente apparaît, à l'heure où la tendance est à la désagrégation des données au niveau local et individuel, où les moyens techniques de calculs permettent d'obtenir des indicateurs toujours plus précis, comment est-il possible de visualiser et de diffuser une telle quantité d'information sur des supports « statiques », notamment lorsqu'il s'agit d'une région ou d'un pays comme le Luxembourg ?

Néanmoins, une telle résolution représente un avantage conséquent. Travailler à l'échelle du bâtiment permet une réelle finesse dans les scénarios et de quantifier précisément les conséquences spatiales de la croissance résidentielle. De même, les mesures d'accessibilité, en voiture particulière, en transports en commun et surtout en marche à pied et en vélo, sont suffisamment justes localement pour confirmer des tendances significatives dans l'analyse des résultats à un niveau plus global. Pour finir, le choix de cette maille a été effectué en conformité avec les travaux effectués dans le projet MOEBIUS. Ce choix permet d'accentuer le caractère comparable des scénarios d'aménagement.