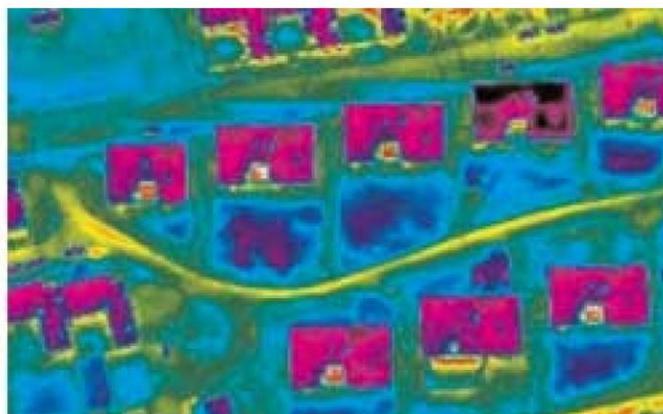


Appel à propositions de recherche:

Incidence des formes urbaines et des dynamiques d'agglomération sur les émissions de gaz à effet de serre et l'efficacité énergétique liées aux bâtiments.



“ RUE ” 2D2E
Renouvellement Urbain Economique :
Décider un Développement Economique en Energie



l'équipe

Luc Adolphe, professeur des universités,
responsable scientifique

Colas Bazaud, urbaniste

Patrice Bazaud, architecte, statisticien

Roger Desbiens, directeur du CAUE 77

Philippe Grandjean, architecte, CAUE 77

Elisabeth Pélegrin-Genel, architecte,
urbaniste, psychologue du travail

François Pélegrin, architecte, urbaniste

document final
19 mai 2010

SOMMAIRE

ETUDES PRELIMINAIRES	5
INTRODUCTION	5
UN CONSTAT PARTAGE	5
NOTRE ETUDE	7
UNE DEMARCHE ORIGINALE : LES SEMINAIRES DE CREATIVITE	8
LES MOTS-CLEFS	8
NOS OBJECTIFS	9
ESQUISSE DE TRAVAIL	9
UN ETAT DE L'ART	10
THEORIES	10
<i>Formes urbaines et consommation énergétique due aux transports</i>	<i>10</i>
Le coût énergétique de l'étalement urbain	10
Le modèle de la ville compacte	11
« Forme urbaine et mobilité quotidienne » ; la thèse de Guillaume Pouyanne.....	12
MODES D'EVALUATION :	14
<i>Les systèmes actuels d'indicateurs d'impacts environnementaux pour l'aménagement urbain</i>	<i>14</i>
Les modèles de structuration des systèmes d'indicateurs.....	14
<i>Comparatif de systèmes d'indicateurs</i>	<i>17</i>
<i>Thèmes abordés dans les systèmes d'indicateurs existants</i>	<i>21</i>
<i>Indicateurs généraux du DD et de l'environnement : quelques exemples</i>	<i>22</i>
Le cadre européen	23
Le cadre français ; les systèmes d'indicateurs de l'IFEN.....	24
<i>Indicateurs appliqués à l'aménagement local et aux Formes Urbaines</i>	<i>27</i>
La méthode de diagnostic de développement durable urbain de l'ARPE.....	28
<i>La méthode de l'ADEME pour une approche environnementale de l'urbanisme (AEU)</i>	<i>30</i>
Principes généraux et objectifs.....	30
Transversalité thématique	30
Transversalité temporelle	31
Adaptabilité de la démarche	31
<i>L'empreinte écologique</i>	<i>35</i>
Rappel de définition :	35
<i>Le Bilan Carbone</i>	<i>35</i>
Rappel de définition :	35
Le bâti	36
Indicateurs :	37
<i>La démarche HQE et les labels dérivés</i>	<i>37</i>
METHODE ET ELABORATION DE L'OUTIL	38
PRINCIPES D'UN OUTIL D'AIDE A LA DECISION	38
UNE NOUVELLE APPROCHE DES SYSTEMES D'INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX URBAINS : LE PROJET RUE ...	38
DESCRIPTEURS :	40
TERRITOIRES OBJETS DE L'ANALYSE :	41
<i>Quelle délimitation pour les sous-ensembles urbains analysés ?</i>	<i>41</i>
LE ROLE DE L'ENQUETE	42
L'ENQUETE AUPRES DES DECIDEURS	43
PRINCIPES	43
LE QUESTIONNAIRE	44

ECHANTILLON ET RESULTATS	47
NOTRE COMPREHENSION DE LEUR METIER ET DE LEURS ATTENTES	48
<i>Entre compétences officielles et compétences réelles.....</i>	<i>49</i>
<i>Concilier satisfaction des administrés et politique éco responsable</i>	<i>50</i>
L'ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES	52
PRINCIPES.....	52
METHODE UTILISEE SUR 23 QUARTIERS.....	53
ANALYSES ET RESULTATS	53
<i>Préambule.....</i>	<i>53</i>
<i>Les variables.....</i>	<i>54</i>
ANALYSE COMPLETE : MORPHOLOGIE + MOBILITE (v1).....	55
<i>Analyse du facteur 1</i>	<i>55</i>
<i>Analyse du facteur 2</i>	<i>56</i>
<i>Analyse du facteur 3</i>	<i>57</i>
<i>Analyse du facteur 4</i>	<i>57</i>
<i>Analyse du facteur 5</i>	<i>58</i>
<i>Classification des quartiers</i>	<i>58</i>
ANALYSE PARTIELLE : MORPHOLOGIE SEULE (v2)	58
<i>Analyse du facteur 1</i>	<i>58</i>
<i>Analyse du facteur 2</i>	<i>60</i>
<i>Analyse du plan factoriel 1/2.....</i>	<i>60</i>
<i>Analyse du facteur 3</i>	<i>61</i>
<i>Analyse du facteur 4</i>	<i>61</i>
<i>Analyse du facteur 5</i>	<i>61</i>
<i>Analyse du plan factoriel 4/5.....</i>	<i>62</i>
ANALYSE PARTIELLE : MOBILITE SEULE (v3).....	62
<i>Analyse du facteur 1</i>	<i>63</i>
<i>Analyse du facteur 2</i>	<i>63</i>
<i>Analyse du plan factoriel 1/2.....</i>	<i>64</i>
<i>Analyse du facteur 3</i>	<i>64</i>
<i>Analyse du facteur 4</i>	<i>65</i>
<i>Analyse du facteur 5</i>	<i>65</i>
ANALYSE PARTIELLE : MOBILITE SEULE (v3)- TRANSPORTS EN COMMUN	65
<i>Analyse du facteur 1</i>	<i>66</i>
<i>Analyse du facteur 2</i>	<i>66</i>
<i>Analyse du plan factoriel 1/2.....</i>	<i>67</i>
<i>Analyse du facteur 3</i>	<i>67</i>
<i>Analyse du facteur 4</i>	<i>67</i>
<i>Analyse du facteur 5</i>	<i>68</i>
<i>Analyse du plan factoriel 4/5.....</i>	<i>68</i>
ANALYSE PARTIELLE : MOBILITE SEULE (v3)- ACCES AUX SERVICES.....	69
<i>Analyse du facteur 1</i>	<i>69</i>
<i>Analyse du facteur 2</i>	<i>69</i>
<i>Analyse du plan factoriel 1/2.....</i>	<i>69</i>
<i>Analyse du facteur 3</i>	<i>70</i>
SYNTHESE DES ANALYSES.....	71
<i>Analyse v1 : morphologie + mobilité</i>	<i>71</i>
<i>Analyse v2 : morphologie.....</i>	<i>73</i>
<i>Analyse v3 : mobilité</i>	<i>75</i>
L'ANALYSE ENERGETIQUE DES QUARTIERS REPRESENTATIFS	77
PRINCIPES GENERAUX.....	77
ENERGIE CONSOMMEE PAR LES BATIMENTS ET LES TRANSPORTS.....	78

<i>Energie consommée par un quartier (bâtiment, transport et minéralisation)</i>	<i>79</i>
VERS UN OUTIL D'AIDE A LA DECISION	85
APPLICATION AU DIAGNOSTIC	85
APPLICATION A LA SIMULATION.....	86
METHODOLOGIE	86
CONCLUSIONS/PERSPECTIVES.....	87
BIBLIOGRAPHIE.....	89
SITES INTERNET	90

ETUDES PRELIMINAIRES

INTRODUCTION

Comment fabriquer un environnement de qualité ? Comment raisonner en coût global pour un meilleur cadre de vie ? Face à l'accélération des émissions de gaz à effet de serre et des problèmes énergétiques, la prise de conscience est réelle mais le « passage à l'acte » s'avère difficile.

Chaque acteur sent intuitivement que les réponses se trouvent du côté des « éco-quartiers » et d'une certaine densification, mais se heurte immédiatement à de multiples obstacles. La densité, par exemple, n'informe que très partiellement sur la qualité de la forme ou des ambiances urbaines et n'est pas forcément synonyme d'une empreinte énergétique raisonnée.

La « qualité urbaine » dépend de multiples facteurs. Beaucoup ne sont pas chiffrables mais doivent cependant être « déchiffrés ». Comme par exemple, la potentialité des espaces publics à favoriser la marche à pied, les transports en commun, à limiter la dépendance vis-à-vis de la voiture, ou encore la qualité des ambiances, le confort thermique ou visuel ou la perception de la présence d'éléments végétaux. La présence de la nature, la mixité fonctionnelle ou le niveau d'animation jouent un rôle majeur dans la façon dont est ressentie la densité construite.

Or on constate une absence d'outils opérationnels permettant de faire le lien entre morphologie urbaine, consommation énergétique et émission de gaz à effet de serre, pour un tissu donné, à l'échelle des petites collectivités. Ce type d'outil constituerait une réelle aide à la décision pour les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre urbains, permettant de s'orienter vers des typologies de tissus efficaces du point de vue énergétique ou environnemental.

Un constat partagé

Le développement urbain se traduit aujourd'hui par une « mégapolisation » galopante, une globalisation de l'économie, des mobilités nouvelles, une accélération du temps et des impacts environnementaux... La ségrégation spatiale tend à s'accroître. La mobilité ne cesse de croître.

Rappel de quelques chiffres. (source IFEN et ADEME)

L'explosion des villes semble inéluctable : Quatre européens sur cinq vivront en zone urbaine d'ici 2020, estime l'Agence Européenne de l'environnement.

Dans l'Europe des 25, trois personnes sur quatre habitent déjà en zone urbaine.

Les villes consomment 80 % de l'énergie mondiale et produisent 75 % des GES ;

Elles abritent 50 % de la population mondiale et 80 % de la population française.

Chaque année, nous construisons environ 400 000 logements par an.

Le chauffage des bâtiments, deuxième émetteur de CO₂, représente la moitié de la consommation totale d'énergie en France, les transports étant le premier émetteur de CO₂.

Le bâtiment émet 23 % des émissions de CO₂ qui sont, elles même, responsables de 74 % des émissions de GES.

L'augmentation de l'espace consommé par habitant est un problème majeur.

En France l'extension de ces surfaces consommées représentait, en 2004, 8,3 % du territoire. Entre 1994 et 2004, elle a ainsi progressé de 15 %, alors que la population ne croissait que de 5 % et cette augmentation est équivalente à la surface d'un département français.

Chaque jour en France, 160 hectares disparaissent au profit d'habitations, de zones commerciales ou industrielles, de sols artificialisés. La périurbanisation touche toutes les agglomérations et grignote chaque année 60 000 hectares. (source article le monde du 19 Avril 2008 et IFEN)

La population augmente et le nombre de personnes par logement diminue (vieillesse de la population et explosion des divorces), l'engouement pour la maison individuelle ne se dément pas.

L'Ile de France représente 2,2% de la surface du territoire et 19 % de la population soit 12 millions d'habitants, la région produit 30% de la richesse nationale. 60 % des terres sont cultivées. Entre 1982 et 1999, 27 500 hectares naturels ont été consommés par l'urbanisation.

En 1960, un actif parcourait 3 km/jour en moyenne, en 2000 il parcourt 40 km/jour. Aujourd'hui seul un actif sur quatre habite et travaille dans la même commune.

Les distances augmentent comme la vitesse des déplacements mais le temps reste à peu près le même avec une moyenne d'une heure par jour de transport.

Un mode de vie qui génère des GES.

L'habitat et la mobilité représentent 30 % des GES en 2004 (*chiffre IFEN*)

Chacun sait que la mobilité est un problème majeur et qu'elle est corrélée avec la forme de la ville. Une ville dense peut proposer des transports collectifs utilisés sur de courtes distances, une ville étalée induit, par définition, une dépendance accrue à la voiture.

Cette dépendance est souvent subie : on a peu de prise sur les déplacements domicile/travail. On n'a pas toujours le choix pour les achats. Reste la mobilité choisie des loisirs et des vacances. Mais est-elle si choisie que cela ?

Un autre exemple : Le système de la grande distribution en périphérie. Culturellement, une majorité de nos concitoyens a l'habitude de remplir une fois par semaine le coffre de la voiture. Est-il envisageable de faire ses courses hebdomadaires en empruntant les transports en commun (en supposant que ces derniers existent) ? Quels sont les nouveaux modes de distribution à inventer ?

Ce constat débouche naturellement sur une discussion autour de la ville dense par opposition à la ville étalée, qui n'est pas directement notre sujet. Nous aborderons cette question complexe, incluant les notions de mixité, d'intensité urbaine, de ville cohérente, de poly centralité, à travers les ouvrages qui l'ont traitée ; mais notre objectif reste pragmatique et opérationnel.

Intuitivement, chacun fait le lien entre morphologie, économie et développement durable. Cependant, il reste difficile de chiffrer les coûts d'une ville qu'elle soit dense ou étalée.

L'importance de la morphologie n'est plus à démontrer sur la mobilité et par conséquent les modes de vie. La priorité n'est pas tellement de concevoir une ville idéale, un modèle économe en énergie mais de « reconcevoir » les formes existantes. Et de réfléchir aux enchaînements de décisions, afin de pouvoir se représenter rapidement les conséquences de ses choix, dans un contexte où tout est lié : mobilité, densité, mixité, formes urbaines : Il n'y a pas de modèle reproductible et « duplicable », tel que. En revanche, il y a des questions à se poser, des processus et des démarches spécifiques qui permettent de préciser les objectifs à atteindre.

Implication, coopération, et cogestion

Le constat est connu : La planète n'est pas inépuisable. Les obstacles aussi : Il s'agit de faire évoluer les mentalités par rapport au périurbain et au rêve de la maison individuelle isolée au milieu de son jardin, mais à proximité de tous les équipements et de réhabiliter une certaine densité et une certaine urbanité, de proposer des modes de vie différents renouant avec la ville ancienne où on ne se déplaçait qu'à pied, ou s'inspirant des exemples du nord de l'Europe où le vélo est un mode de locomotion à part entière. Rappelons qu'à Paris, par exemple, la vitesse moyenne de déplacement est de 18 km/heure (c'est à peu près la vitesse de déplacement en vélo).

Notre vision du confort et des facilités liées à l'automobile est questionnée : Chacun revendique un droit à la mobilité. Il ne s'agit pas d'interdire cette facilité mais de l'organiser et peut être d'imposer, non la fin des déplacements, mais des modes de déplacement alternatifs à la voiture individuelle. Il est urgent de réduire la dépendance à un mode de déplacement unique.

Enfin, on ne peut pas présenter les enjeux du développement durable comme une contrainte supplémentaire. Pour réussir collectivement, il est nécessaire de se mettre d'accord sur un constat, de faire partager les objectifs à atteindre. Il faut susciter l'adhésion, ce qui suppose d'abord un effort de communication, d'explication et de pédagogie : Autour de projets compris, partagés et communs, le but est de créer les conditions d'une appropriation par tous.

Décisions et gouvernance

Parallèlement, les décisions urbanistiques se complexifient par la multiplicité des acteurs, et l'interpénétration des échelles spatiales et temporelles. Si le développement durable fait consensus, il se révèle être une nouvelle utopie positiviste voire totalitariste, reposant sur des principes souvent peu opératoires.

Au niveau de la gouvernance des problèmes nouveaux apparaissent : Le décideur n'est plus une personne identifiée, mais un groupe informel dans lequel l'éco-citoyen joue un rôle déterminant. Il faut donc trouver un consensus, en passant de stratégies d'optimisation à des stratégies de *compromis raisonnable* entre des contraintes non homogènes, ce qui est difficile. Les problèmes et les solutions sont fortement imbriqués.

L'aide à la décision semble plus que jamais nécessaire dans ce contexte de complexification de l'objet « aménagement », comme du sujet « le processus de conception ou de gestion ». Or les critères intervenant dans cette décision sont souvent non commensurables, ils entrent en conflit, et certaines dimensions difficilement quantifiables sont laissées de côté.

Pourtant le développement des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC) rend accessibles de puissants outils de modélisation (simulation numérique...), et de communication (bases de données accessibles en ligne...).

Ce contexte appelle le développement de nouvelles approches systémiques pour dépasser les approches sectorielles traditionnelles et s'adapter à la nature multidimensionnelle des situations urbaines, le développement de nouvelles approches transversales et la création de nouveaux outils : collecte de données, indicateurs environnementaux, tableaux de bord, observatoires...

Ces systèmes d'indicateurs, très largement répandus aujourd'hui, sont toutefois à manier avec précaution : un indicateur n'est rien hors d'un système ; un système n'est rien s'il ne renvoie pas à des enjeux fondamentaux pour la conformité réglementaire, l'aide à la décision, la simulation/modélisation ou l'évaluation par tableau de bord.

Un système n'est rien sans un terrain physique, social, politique : à chaque échelle géographique ou à chaque acteur, il faut donc produire un système spécifique. C'est pourquoi beaucoup de ces systèmes ne peuvent encore prétendre au statut d'outil d'aide à la décision.

Notre étude

Notre proposition répond à la demande exprimée par le PUCA de produire une comparaison des formes urbaines, de leurs coûts énergétiques et de leurs impacts environnementaux. Elle se veut pratique et permettra une réelle aide à la décision, un outil favorisant le dialogue entre les différents acteurs du cadre bâti : élus locaux, maîtres d'ouvrages et maîtres d'œuvre...

Notre travail vise à :

- Aider les décideurs à s'orienter vers des formes urbaines économes en leur donnant un outil adaptable à leur projet permettant des « audits » d'opérations en cours, ou déjà réalisées, et autorisant la comparaison à des exemples de référence, facilement accessibles.
- Développer une démarche d'accompagnement pédagogique pour l'application de la méthode et pour la collecte des données.
- Ouvrir le champ des possibles, en montrant la pluralité des formes urbaines grâce à une maquette d'outil permettant :
 - o 1) d'évaluer le lien entre formes urbaines, densité, énergie et impact environnemental grâce à un système d'indicateurs environnementaux.
 - o 2) de comparer le projet à des sites de référence grâce à la constitution d'une banque de données utilisable à différents niveaux,
 - o 3) de favoriser les transferts d'expériences.

La question de l'échelle d'intervention

Ce bref constat brossé, se pose la question de l'échelle pertinente d'intervention.

Après beaucoup de discussions, nous avons choisi de rester au plus près de nos objectifs initiaux (produire une méthode pratique et utilisable) et de nous intéresser en priorité aux petites communes ne disposant pas de services d'urbanisme intégrés, et ayant moins de moyens.

Brasser trop large c'est prendre le risque d'en rester à des préconisations trop générales, sans application réelle,

Se focaliser sur un périmètre trop petit comme un quartier c'est laisser de côté l'immense problème de la mobilité et négliger une vision plus globale.

Pour mémoire, la France compte 36 783 communes

La population médiane est de 380 habitants, la population moyenne de 1542 habitants

¼ des français vivent dans près de 32 000 communes de moins de 200 habitants

¼ vivent dans les 3764 communes de 2000 à 10 000 habitants

¼ encore vivent dans les 762 communes de 50 000 à 100 000 habitants.

Notre étude s'adresse en priorité aux 50 % de français qui vivent dans des communes de moins de 10 000 habitants dans des villages, bourgs et petites villes.

Cette taille modeste nous autorise une vision plus large, nous permet de prendre en compte le coût global, le facteur temps, le coût d'usage et de maintenance.

Le choix de cette échelle ne nous interdira pas d'extrapoler vers des échelles plus grandes en nous attachant alors aux liaisons entre les différents quartiers.

Il convient cependant de préciser les choses :

- Notre outil est destiné aux petites communes, mais il vise des décisions à prendre sur des « morceaux de ville » (ZAC, lotissement, réseau de transport...) présentant des caractéristiques homogènes : il est donc tout à fait possible d'alimenter la base de données avec des exemples similaires provenant de villes plus importantes
- Les émissions de GES peuvent trouver leur cause en dehors du périmètre considéré ; pour surmonter la difficulté liée aux réseaux, qui dépassent l'échelle du territoire d'observation, on peut appliquer la méthode du Bilan Carbone : prendre en compte tous les effets (émissions de GES) dont la cause se trouve dans l'activité de la zone étudiée.

Notre terrain d'action est le département de Seine et Marne avec l'étude, en liaison avec les élus et les acteurs du cadre bâti, de quelques territoires. Nous souhaitons traiter les problèmes au plus près de l'endroit où ils se posent, en tenant compte du contexte proche et élargi pour travailler sur des petites villes « désirables et durables » reliées entre elles comme les pièces d'un puzzle.

UNE DEMARCHE ORIGINALE : LES SEMINAIRES DE CREATIVITE

Pour démarrer cette étude, nous avons commencé par nous réunir pour deux séminaires de créativité. Ces journées nous ont permis de mieux nous connaître, de créer une dynamique de groupe et de nous mettre d'accord sur le travail à faire.

Nous avons largement débattu, exprimé des désaccords ou des compromis, précisé de nombreux points.

En se prêtant à ce jeu, chaque participant acceptait d'oublier ses certitudes, d'envisager sous un jour nouveau des notions qu'il manie tous les jours, de laisser libre court à son imagination et à ses associations d'idées même les plus fantaisistes et de ne pas s'opposer aux idées des autres en ramenant du « raisonnable ».

Selon une technique précise, ce travail a permis de collationner de nombreuses idées, des pistes de réflexions, des pistes de travail, de les verser dans une sorte de « pot commun », puis, ensemble, et en oubliant totalement qui avait défendu telle ou telle idée (grâce à des exercices précis) de commencer un premier tri, une hiérarchisation des pistes émises.

Au final, ces séances ont permis de revisiter les bases et notions, sous-jacentes à notre proposition, d'esquisser une sorte de scénario de notre étude, d'en dégager des étapes indispensables, de nous mettre d'accord sur une représentation commune de cet outil à concevoir.

Les mots-clefs

Après ces deux séances, nous parlons un même langage. Nous avons défini quelques mots-clefs avec leurs définitions propres. Ils servent de base à notre travail commun.

Échelle

Quel est le critère pertinent pour évaluer l'empreinte énergétique d'un quartier ou d'une ville ?

L'échelle renvoie aux notions d'articulation et de système. L'échelle fait partie d'un tout et nécessite de trouver des outils de segmentation, généralisables à différents niveaux. Elle se caractérise par sa multiplicité et ses conjugaisons. Toutes sont indispensables simultanément

Confort urbain

Rechercher préserver et améliorer le confort urbain en favorisant la marche à pied et les transports doux (sentiment d'appartenance et de sécurité, éclairage, mobilier)

Appréhender le quartier également du dehors et pas seulement à partir de son bâti

Sensation de bien-être partagé

Absence d'inconfort et prise en compte des contraintes.

Empreinte énergétique

Changer son image, ne pas raisonner en restriction mais en utilisation rationnelle par une bonne gestion raisonnée sur des objectifs communs.

Indicateurs

Indispensables, délicats et dangereux, on risque de les utiliser aveuglément. Ils sont la synthèse d'une complexité.

Les indicateurs doivent être évolutifs, permettre la comparaison, la prise de décision et l'action, avoir une pertinence scientifique et culturelle, être lisible et compréhensible par tous, appropriable.

Ils ne doivent pas coûter cher à fabriquer, ni coûter trop de temps à utiliser

Nous visons à avoir le moins d'indicateurs possibles

Nos objectifs

Ensuite, nous avons commencé à préciser nos objectifs. Puis à les confronter entre nous. Nous nous sommes mis d'accord sur celui-ci :

Être à même de dresser facilement la carte d'un quartier (existant ou en projet) ou d'une ville avec ses potentialités d'amélioration grâce à un système d'indicateurs qui permettent une évaluation globale.

Familles

Ensuite nous avons tenté d'organiser toutes les idées émises en grande famille :

BATI/ MORPHOLOGIE URBAINE : Densité, compacité, proximité, ensoleillement

ENERGIE

MOBILITE

SERVICES URBAINS et AMENITES URBAINES

AMBIANCES et CONFORT URBAIN

Et de regarder quels indicateurs pouvaient être nécessaires, certains étant mesurables comme le bruit, la lumière, la consommation etc. et d'autres, tout aussi important, étant totalement subjectif et échappant aux mesures : le confort, l'inconfort, la convivialité par exemple.

Esquisse de travail

Chercher des indicateurs simples qui couvrent 80 % de ce que l'on recherche.

Notre outil ne doit pas demander trop de temps et trop de compétences pour l'utiliser.

Produire un constat partageable par tous, support d'un débat entre élus, décideurs et citoyens.

De ce constat doit émerger facilement des pistes d'actions avec des éléments de comparaison pour aider à la décision.

UN ETAT DE L'ART

Nous ne partons pas de zéro. De nombreux auteurs et institutions se sont penchés sur la question de la forme urbaine, en relation plus ou moins explicite avec l'efficacité énergétique et l'émission de gaz à effet de serre, notamment sous l'angle des déplacements. La forme du bâti a également fait l'objet d'études et de critères d'évaluation.

Théories

Formes urbaines et consommation énergétique due aux transports

Les études s'intéressant au rapport entre formes urbaines et dynamiques d'agglomération d'une part et émissions de GES d'autre part concernent principalement la question des liens entre formes urbaines et consommation énergétique des transports. Tandis que les approches relatives aux performances énergétiques du bâti à l'échelle des agglomérations et à ses implications sur le climat sont rares (voir notamment « le climat et la ville » de Gisèle Escouroux).

Si c'est la performance énergétique des villes en terme de transport qui constitue l'objet de la plupart de ces études (et pas la seule question des GES), l'automobile et les modes de déplacements motorisés individuels apparaissent comme les éléments les plus énergivores. Ces derniers étant aussi un des principaux postes d'émission de GES, les études relatives à la performance énergétique des villes selon leur morphologie renseignent donc également sur leurs performances en terme de GES, sans cependant s'intéresser aux émissions imputables aux bâtiments.

Le coût énergétique de l'étalement urbain

La constance des temps de déplacements

Zahavi (1976) observe la constance du budget temps de transport quotidien (le temps quotidien destiné à la mobilité) qui, dans toutes les villes du monde (quel que soit leur niveau de développement) est d'environ une heure. « *La ville se définit donc par sa limite temporelle. La raison même de la ville est de favoriser les interactions entre les individus en offrant une proximité non pas géographique mais temporelle. L'accès à des vitesses supérieures permet l'expansion de l'aire urbaine. Se déplacer plus vite ne sert pas à se déplacer moins mais à se déplacer sur une plus longue distance* »¹. Comme le nombre de déplacements par personnes et par jour et le temps quotidien passé hors domicile restent assez stables, c'est surtout de l'accroissement des distances parcourues que résulte l'accroissement de la mobilité au sein des agglomérations.

Zahavi signale en outre une seconde constante, moins évidente, du budget monétaire destiné aux transports quotidiens : parce qu'il détermine l'accès à des modes plus rapides, le revenu des ménages constitue aussi une limite à l'expansion des aires urbaines.

Selon Marc Wiel, ces relations entre mobilité et vitesse d'une part, et entre budget et vitesse d'autre part expliquent largement l'évolution conjointe des villes et des modes de transport.²

Le phénomène d'étalement urbain est déterminé par les conditions de la mobilité.

C'est en se basant sur cette « loi de Zahavi »³, que Newman et Kenworthy établissent que la forme urbaine est conditionnée par la technologie de transport disponible à un moment donné⁴. « *Les gains de vitesse permis par les progrès dans les transports vont de facto déterminer l'étendue et la*

¹ ALLAIRE (LEPII-EPE, CNRS/Université de Grenoble II) ; *Choisir son mode de ville : Formes urbaines et transports dans les villes émergentes* ; Les cahiers de GLOBAL CHANCE - N° 21 - mai 2006 ; *Le nombre de kilomètres parcourus par les habitants d'une agglomération dépend donc pour beaucoup de leur vitesse de déplacement.* (...)

² WIEL, 1999

³ ZAHAVI et RYAN, 1980

⁴ NEWMAN et KENWORTHY, 1989

structure de la ville »⁵. Dans les pays occidentaux, les territoires urbanisés à l'âge de l'automobile ont été conçus pour cette dernière, y entraînant une forte baisse de la densité de la population urbaine et y occasionnant un allongement des distances de déplacement, rendant les autres modes inadaptés⁶. Par une étude comparative de grandes villes de pays développés, Newman et Kenworthy (1989) montrent que les villes les plus denses (en Asie et en Europe) sont beaucoup moins énergivores que les villes américaines et australiennes, plus étalées. « *En 1980, environ deux fois plus de carburant était utilisé pour le transport dans les villes américaines que dans les villes australiennes, quatre fois plus que dans les villes européennes et six fois plus que dans les villes asiatiques considérées* »⁷. Cependant, les auteurs ne prennent en compte que le transport pendulaire et les relations banlieues-centre, ce qui limite la pertinence de l'étude.

Par les gains de vitesse qu'elle autorise, l'automobile a permis l'extension des surfaces urbanisées, tandis que l'urbanisation à faible densité de la Ville Automobile a favorisé la « dépendance automobile » (l'usage de la voiture est devenu « *une contrainte, et non plus un choix* »⁸). Ainsi, « (...) *étalement et usage de l'automobile apparaissent liés par une causalité circulaire* »⁹

Le modèle de la ville compacte

L'influence de la notion de Développement Durable

Allaire remarque que « *Newman et Kenworthy ont ouvert la voie à un courant promouvant la ville compacte pour diminuer la dépendance automobile et la consommation de pétrole des villes* »¹⁰ (par exemple FOUCHIER, 1995 ; BREHENY, 1995). L'établissement de la corrélation entre faible densité et forte consommation énergétique menèrent à partir des années 1990 à une diabolisation de l'étalement urbain qui « *en vient progressivement à rassembler les effets pervers de la croissance urbaine: surconsommation d'énergie pour les déplacements, consommation extensive des sols, congestion des infrastructures (...)* »¹¹. Pouyanne remarque que « *sous l'influence du développement durable (...) on passe d'une « adaptation de la ville à l'automobile » (selon les mots du Président Pompidou) à la réduction de la place de l'automobile en ville (MERLIN, 2001)* ». Il s'agira dans ce contexte, pour les autorités planificatrices de chercher à influencer sur l'évolution de la morphologie des villes pour y limiter les déplacements en voiture, ce qui correspondra à maîtriser l'étalement et à promouvoir le modèle de la ville compacte¹² (cela se traduira notamment dans le cadre législatif français par la LAURE de 1996 et la loi SRU de 2000).

Notons qu'au cours du dernier quart du vingtième siècle, alors que la population française a augmenté de 25%, les espaces urbanisés se sont étendus de 75%¹³. Cette forte dynamique d'étalement n'est pas sans conséquence en terme énergétique : la consommation énergétique et les déplacements par habitant en milieu périurbain sont triples de ceux observés en centre-ville, tandis que les émissions de GES par personne y sont quatre fois plus importantes.¹⁴

Ne prenant pas en compte des aspects comme la compacité du bâti dans sa thèse, Pouyanne considère l'économie d'énergie relative aux transports comme le principal avantage de la ville compacte et cite quelques unes des nombreuses études confirmant la relation inverse entre densité

⁵ Pouyanne ; « *Forme urbaine et mobilité quotidienne* » (Résumé de thèse de doctorat), décembre 2004 – Certu 2007, p1. Ainsi TABOURIN (1995) montre qu'historiquement, dans les pays développés, la ville traditionnelle pédestre (dense et fonctionnellement mixte) laissa place à partir de la seconde moitié du dix-neuvième siècle à la ville des Transports en Commun en « *doigts de gant* ». Au vingtième siècle se développa la ville de l'automobile, aux faibles densités et au développement « *isotrope* » (Tabourin, 1995).

⁶ ALLAIRE (LEPII-EPE, CNRS/Université de Grenoble II) ; *Choisir son mode de ville : Formes urbaines et transports dans les villes émergentes* ; Les cahiers de GLOBAL CHANCE - N° 21 - mai 2006

⁷ *Ibid*

⁸ Selon l'expression de NEWMAN et KENWORTHY, 1998, (p. 28)

⁹ POUYANNE ; « *Forme urbaine et mobilité quotidienne* » (Résumé de thèse de doctorat), décembre 2004 – CERTU 2007, p2

¹⁰ ALLAIRE (LEPII-EPE, CNRS/Université de Grenoble II) ; *Choisir son mode de ville : Formes urbaines et transports dans les villes émergentes* ; Les cahiers de GLOBAL CHANCE - N° 21 - mai 2006

¹¹ POUYANNE ; « *Forme urbaine et mobilité quotidienne* » (Résumé de thèse de doctorat), décembre 2004 – CERTU 2007, p1

¹² *Ibid*, p1

¹³ VRAIN ; « *Ville durable et transports : automobile, environnement et comportements individuels* » ; Innovations n°18, 2003, pp 91-112.

¹⁴ FOUCHIER, 1997

et consommation énergétique due aux transports, « *tant au niveau inter-urbain (NAESS, 1996 ; ROSS et DUNNING, 1997) qu'intra-urbain (HIVERT, 1998 ; FOUCHIER, 1997)* »¹⁵.

Selon Allaire, trois avantages majeurs attribués à ce modèle concernant la mobilité et la répartition modale peuvent être distingués : *une plus grande proximité entre les lieux* (occasionnant une réduction des distances favorable aux modes doux) ; *une congestion plus importante* (rendant moins intéressant l'usage de l'automobile) ; *une plus grande rentabilité des investissements en transport en commun*¹⁶. Pouyanne cite par ailleurs « *l'économie de terres rurales* » ou celle sur « *les coûts de fourniture des infrastructures et des services publics urbains* »¹⁷.

Les limites du modèle

La Ville Compacte se définit essentiellement par rapport à l'étalement, dont elle est « *l'antonyme* » (GORDON et RICHARDSON, 1997), et constitue comme lui « *une cible mouvante* » (EWING, 1997). Pouyanne considère « *la confusion sémantique* » de la caractérisation de l'étalement comme révélatrice d'une confusion conceptuelle : « *la ville «éclate» (MAY et al., 1998), «se disperse» (FRANKHAUSER, 1994), «s'éparpille» (BAUER et ROUX, 1976) ou encore «se diffuse» (SECCHI, 2002). Comprendre la compacité à partir de ce concept polymorphe qu'est l'étalement tient donc de la gageure.* »

La compacité finit par être assimilée à la densité, ce qui ramène à un débat (ancien) sur les avantages et les inconvénients de la densité dans le fonctionnement urbain ne parvenant pas à un consensus scientifique. « *En mettant l'accent sur les avantages des fortes densités en termes de mobilité, la Ville Compacte s'inscrit dans une controverse plus générale sur les mérites comparés des fortes et des faibles densités urbaines : la question est de savoir si la Ville Compacte est une forme urbaine soutenable* ».¹⁸

Nombreuses sont en effet les études (notamment anglo-saxonnes) trouvant des inconvénients à la compacité : son opposition aux préférences des individus (GORDON et RICHARDSON, 1997), pouvant aller jusqu'à un sentiment d'entassement, causant « *la fuite de certaines populations* » (MOCH et al., 1995). La ville compacte présente par ailleurs la contradiction d'exposer davantage les habitants des zones denses aux nuisances dues aux déplacements¹⁹. Allaire souligne que la « *redensification* » (par ailleurs très onéreuse) suppose un changement des modes de vie et « *se heurte à l'acceptabilité de la compacité* »²⁰.

Si parvenir à maximiser le bénéfice net des coûts de la densité urbaine permet en théorie de tendre vers une ville « *judicieusement compacte* » (CAMAGNI et GIBELLI, 1997), et qu'il est toujours possible de supposer l'existence d'une densité optimale, le mode de calcul des coûts et des bénéfices de la densité reste une question insoluble, faisant aboutir « *la controverse sur la ville compacte* » à une « *impasse relative* »²¹.

« *Forme urbaine et mobilité quotidienne* » ; la thèse de Guillaume Pouyanne

L'introduction de la dimension qualitative

Constatant que la densité ne saurait constituer l'unique variable à prendre en compte pour apprécier le lien entre usages des sols et comportements de mobilité, Pouyanne propose comme problématique de sa thèse une réflexion plus générale sur « *l'influence de la forme urbaine sur la mobilité quotidienne* »²².

¹⁵ POUYANNE ; « *Forme urbaine et mobilité quotidienne* » (Résumé de thèse de doctorat), décembre 2004 – CERTU 2007, p2

¹⁶ ALLAIRE (LEPII-EPE, CNRS/Université de Grenoble II) ; *Choisir son mode de ville : Formes urbaines et transports dans les villes émergentes* ; Les cahiers de GLOBAL CHANCE - N° 21 - mai 2006

¹⁷ POUYANNE ; « *Forme urbaine et mobilité quotidienne* » (Résumé de thèse de doctorat), décembre 2004 – CERTU 2007, p3

¹⁸ Ibid pp 1-2

¹⁹ Ibid p3

²⁰ ALLAIRE (LEPII-EPE, CNRS/Université de Grenoble II) ; *Choisir son mode de ville : Formes urbaines et transports dans les villes émergentes* ; Les cahiers de GLOBAL CHANCE - N° 21 - mai 2006

²¹ POUYANNE ; « *Forme urbaine et mobilité quotidienne* » (Résumé de thèse de doctorat), décembre 2004 – CERTU 2007, p3

²² Ibid, p2

Considérant la forme urbaine à l'échelle *intra* urbaine, Pouyanne en reprend la définition formulée par Marc Wiel (2001) : « *la disposition dans l'espace des différents composants urbains* ». La forme urbaine est la répartition dans l'espace de deux éléments : la densité, qui en constitue la dimension quantitative, et « *la diversité des fonctions urbaines* » qui en constitue la dimension qualitative.

La démarche de Pouyanne consiste à « *étudier dans un premier temps l'influence de la densité sur la mobilité quotidienne, puis à réintégrer les composantes qualitatives de la forme urbaine dans l'analyse* ». Une analyse empirique de la relation densité – mobilité est ainsi effectuée dans six aires urbaines (Aix-Marseille, Lyon, Dijon, Bordeaux, Saint-Étienne et Grenoble)²³.

Remise en cause partielle de la relation densité - mobilité

Le sens de cette relation est abordé dans un premier temps à partir de la technique des classes de densités utilisés par Fouchier en 1997 pour le cas francilien. L'avantage des hauts niveaux de densité pour une mobilité peu énergivore est confirmée dans les cas étudiés ; la densité influe sur les distances parcourues et sur les choix modaux.

Pouyanne aborde dans un second temps la forme de la relation densité – mobilité à partir de l'estimation des *fonctions spline cubiques* (SUITS et Al., 1978), dont il tire trois résultats.

Les deux premiers tendent à une remise en cause partielle du lien densité - mobilité, inopérant sur certains territoires :

- Du fait de densités très faibles, les communes les plus éloignées du centre de l'aire urbaine connaissent une situation de dépendance automobile que leurs variations de densité ne viennent pas nuancer.
- Confirmant l'hypothèse de sectorisation de Marc Wiel (2002) supposant une localisation résidentielle proche du lieu de travail, « *le lien négatif entre distances parcourues et densité disparaît, voir s'inverse* » dans les communes périphériques.

La « ville cohérente »

Le troisième résultat révèle quant à lui « *des différences significatives entre les comportements de mobilité d'aires urbaines différentes qui ne sont pas dues aux seules différences de densité* », posant la question d'autres modalités d'usage des sols influant sur les comportements de mobilité. Les pratiques de mobilité ne dépendent en outre pas que des usages du sol, mais aussi par des caractéristiques individuelles comme les revenus ou la taille du ménage, il s'agit de connaître « *la part due à la forme urbaine dans l'ensemble des déterminants de la mobilité quotidienne* ».

Cela implique une analyse de l'usage des sols ne se limitant pas à leur intensité (*la densité*), mais s'intéressant aussi à leur nature (*leur diversité*).²⁴ Cette diversité peut s'envisager en distinguant spatialement les activités résidentielles et économiques « *dont l'équilibre devrait permettre le rapprochement entre actifs et emplois* ». On peut aussi mesurer « *le degré de mixité fonctionnelle d'une zone donnée* », supposant que « *plus les emplois sont diversifiés au sein d'une zone donnée, moins les résidents de cette zone auront besoin d'effectuer des déplacements sur longue distance pour répondre à leurs besoins.* »

Au critère des fortes densités s'ajoute donc celui de la mixité fonctionnelle, menant au modèle de la « *Ville Cohérente* » (KORSU et MASSOT, 2004), consistant en la mise en cohérence des origines et destinations des déplacements structurant l'espace urbain « *en jouant sur les attributs de densité et de diversité de la forme urbaine* »²⁵.

« Interrelation ternaires »

S'appuyant sur le cas de l'agglomération de Bordeaux, le dernier chapitre de la thèse est consacré à l'étude empirique des liens entre forme urbaine et mobilité quotidienne. Pouyanne postule « *l'existence d'un lien entre la forme urbaine et les caractéristiques sociodémographiques* » pouvant prendre deux formes :

- Celle d'une *causalité directe*, par exemple l'accroissement de la taille d'un ménage l'incitant à une localisation résidentielle périphérique, impactant sur ses comportements de mobilité.
- Celle d'une *causalité indirecte* : choix de localisation résidentielle selon les préférences / capacités des ménages concernant les déplacements.

²³ Ibid

²⁴ Ibid, p3

²⁵ Ibid, p4

Alors qu'on leur prête généralement une influence distincte sur les comportements de mobilité²⁶, la forme urbaine et les caractéristiques sociodémographiques ont en fait une influence conjointe. Il existe donc des « *interrelation ternaires* » entre comportements de mobilité, caractéristiques sociodémographiques et forme urbaine, « *un système d'interactions complexes entre l'individu, son environnement et son comportement* » au sein duquel il est *a priori* difficile d'extraire des liens de causalité.

Un contrôle statistique de « *l'influence d'un type de facteur* » permet « *d'isoler l'influence de l'autre type de facteur sur la mobilité quotidienne, et ainsi de mettre en évidence une relation binaire, pour laquelle il est plus facile d'extraire un lien de causalité.* » Pour ce faire, Pouyanne développe la technique des *régressions typologiques*²⁷.

Résultats obtenus :

- Une confirmation du rapport entre densité et comportements de mobilité, ainsi qu'une influence de la répartition intra zonale des densités confirmant « *les avantages du modèle polycentrique en réseau, à la condition de fournir une alternative modale performante* »²⁸.
- « *La diversification sectorielle des espaces est un facteur de réduction de la consommation énergétique pour les transports* ».
- Un impact du revenu sur la localisation : « *les individus consomment davantage d'espace lorsque leur revenu augmente, et ont donc tendance à s'éloigner des zones denses* ».
- « *L'importance de la médiation de la forme urbaine dans l'influence des variables sociodémographiques sur la mobilité est confirmée. Ainsi de la taille du ménage, ou encore du niveau d'éducation : si ce dernier est inversement relié à l'usage de l'automobile, c'est principalement en raison de la surreprésentation des diplômés du supérieur dans les zones centrales et denses de l'agglomération, sans doute pour se rapprocher des services supérieurs du centre* »
- « *Enfin, « l'effet grégaire » est largement corroboré pour les chômeurs, qui ont tendance à se regrouper dans les zones les plus denses et les plus accessibles de l'agglomération, soit parce qu'ils n'ont pas accès à l'automobile, soit pour optimiser leur accès au marché du travail régional* »²⁹.

Modes d'évaluation :

le rapport des formes urbaines et dynamiques d'agglomérations aux GES dans les systèmes d'indicateurs et la démarche de l'Approche Environnementale de l'Urbanisme (AEU) (définitions, intérêts, limites/Indicateurs)

Les systèmes actuels d'indicateurs d'impacts environnementaux pour l'aménagement urbain

Les modèles de structuration des systèmes d'indicateurs

Pour clarifier la problématique complexe de l'impact environnemental d'un aménagement au sens large, et pour situer les approches les unes par rapport aux autres, ont été développés un certain nombre de modèles permettant de structurer les systèmes d'indicateurs :

²⁶ Comme dans le cadre conceptuel de FRANK et PIVO (1994), généralement suivi pour l'étude des liens entre forme urbaine et mobilité quotidienne

²⁷ *L'idée est de diviser la population étudiée en groupes homogènes du point de vue d'un critère prédéfini. C'est ce critère qui est « contrôlé ». Nous menons ensuite des régressions dans chaque sous-groupe et comparons les résultats, afin de savoir si l'influence d'une variable est toujours significative avant et après le contrôle statistique. Dans la mesure où une question importante de notre recherche consistait à comprendre quelles sont les influences qui accompagnent la densité, c'est la densité que nous avons choisi de contrôler.*

²⁸ POUYANNE ; « *Forme urbaine et mobilité quotidienne* » (Résumé de thèse de doctorat), décembre 2004 – CERTU 2007, p5

²⁹ *Ibid*, p6

- le modèle **PER** « Pression, Etat, Réponse », (ou PSR en anglais) : les indicateurs de pression rendent compte de la pression exercée par les activités humaines sur l'environnement ; les indicateurs d'état offrent une description de la situation environnementale, les indicateurs de réponse permettent d'évaluer les efforts consentis pour résoudre un problème environnemental. Ce modèle est utilisé par l'ADEME, ou dans RESPECT (2000) ou dans l'OCDE (1999).
- Le modèle **DPSIR** : « Driving forces, Pressure State Impact Response » : ce modèle s'articule sur ces cinq éléments reliés par des liens de causalité : une force motrice provoque une pression sur l'environnement caractérisée de manière qualitative et quantitative. Celle-ci se traduit par une modification de l'état général de l'environnement pouvant avoir un impact sur l'homme, le patrimoine, l'économie. Cet impact entraîne une réaction de la société. (voir figures 1 et 2). Ce modèle est utilisé dans TERM (2001), ou par l'IBGE (2000).

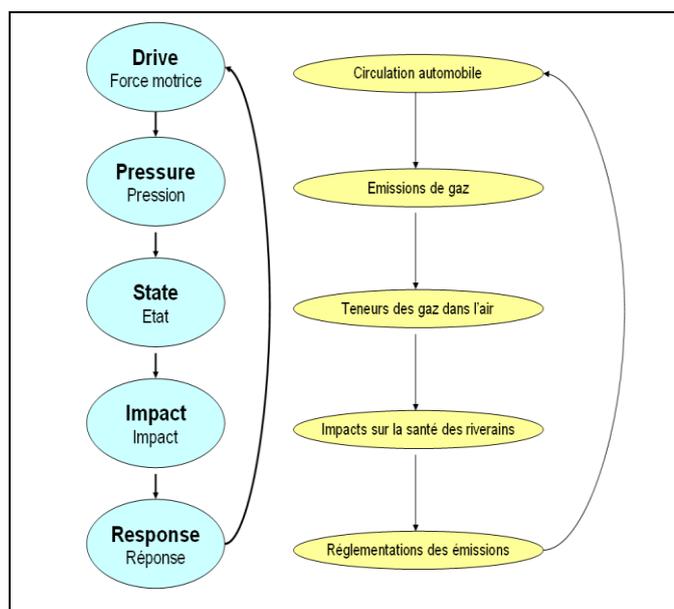


Figure 1 Schéma de principe du modèle DPSIR [Rousval, 2004]

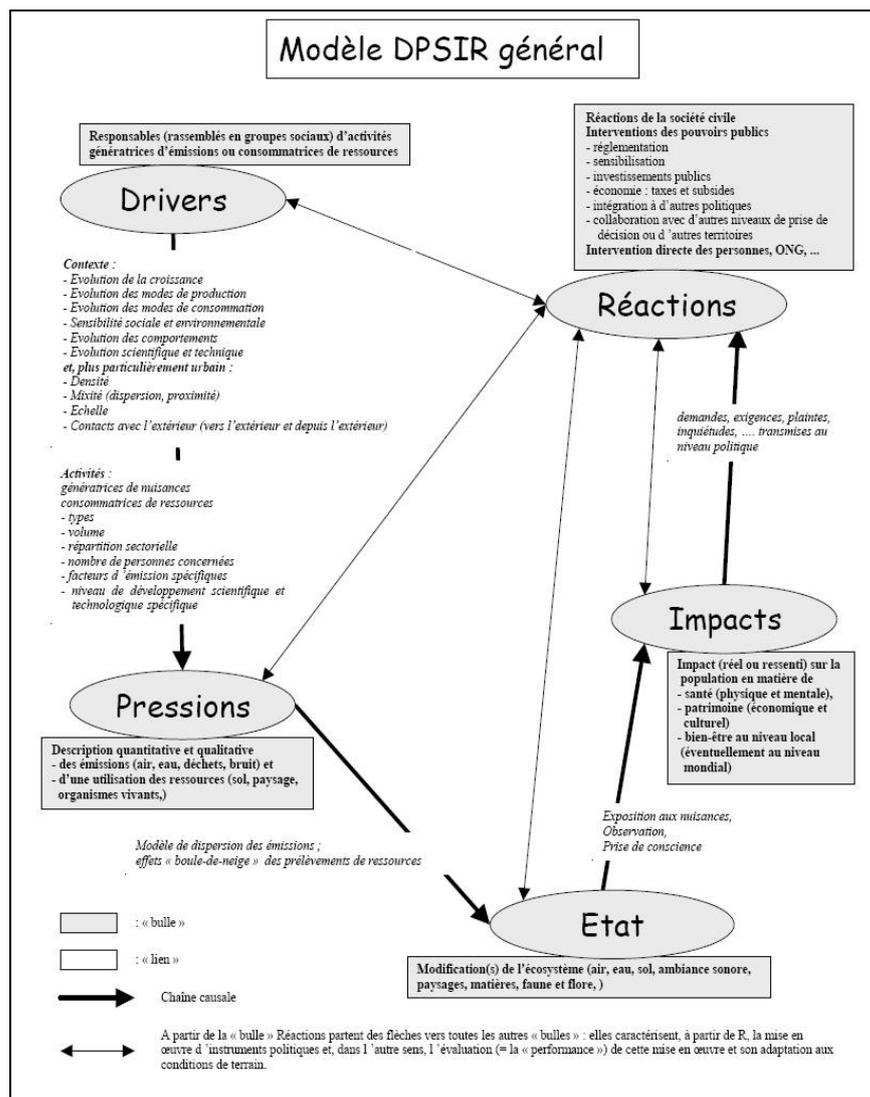


Figure 2 Modèle DPSIR Source [IBGE, 2000]

A chacun des éléments correspondent des indicateurs. Les indicateurs liés aux forces motrices expriment des tendances de base généralement peu élastiques mais qui constituent les bases de scénarii de développement à long terme. Les indicateurs de pression traduisent ces activités en émissions de polluants ou en consommation de ressources. Les indicateurs d'état représentent les changements observables de l'environnement et permettent une première évaluation de la situation. Les indicateurs d'impact traduisent les effets ultimes des changements de l'environnement; ils réagissent souvent encore plus lentement que les indicateurs d'état et l'on est souvent confronté à la difficulté d'établir des corrélations statistiques solides en raison des délais et des variables non environnementales qui interviennent également dans le processus. Les indicateurs de réaction s'inscrivent plutôt dans le cadre de l'évaluation des performances des politiques environnementales.

Les avantages et inconvénients de chacune des familles Pression, Etat, Impact sont résumés dans le tableau 1 [Rousval, 2004].

	Pression	Etat	Impact
AVANTAGES	Facilité de calcul Extrapolation aisée à un parc Intéressant pour comparaisons modales / par pays / entre sources Intéressant pour mesure contribution des transports à effets globaux	Basés sur mesures intensives: la propagation et la météo sont intégrés Plus précis que pression quand croisement avec cible Idéal pour mesure effets locaux ou mise en place de procédures d'alertes	Plus représentatif de la nuisance que l'on désire mesurer
INCONVENIENTS	Danger et difficulté de	Basés sur des mesures locales qui	- Quand directement mesurable,

	l'extrapolation Difficulté de la modélisation de la propagation => limitation de l'utilisation de ces données en entrée N'informent pas sur l'effet proprement dit car mauvaise connaissance du lien entre pression et effet	nécessitent la mise en place de règles d'agrégations tempo/géo pour synthétiser l'information d'un réseau étendu Coûteux N'informe pas sur l'effet Ne rend pas compte de la nature de l'activité qui est la source de la nuisance .Pas adaptés aux mesures intermodales	ne permet pas de distinguer la cause réelle de l'impact (effet cocktail...) - Si pas directement mesurable, fruit d'une modélisation nécessitant une bonne connaissance : du lien pression – impact, du lien état – impact, de l'évaluation de la source, du dimensionnement de la cible.
--	--	--	--

Tableau 1 : Avantages et inconvénients des différentes familles.

- Le modèle **DPSEEA**, qui n'est autre qu'une variante du modèle DPSIR dans laquelle les impacts (I) ont été scindés en *Exposition* et *Effets sur les êtres humains*. Quand il existe des nuisances environnementales, il y a des populations exposées (E) par conséquent des risques sur la santé existent. Les indicateurs d'exposition traduisent donc le croisement de risques sur la santé et des personnes exposées. Cette exposition a des effets (E) concrets sur la santé qui peuvent changer selon les périodes d'exposition, des niveaux d'exposition et la sensibilité des personnes exposées. Les effets vont de la simple gêne et perte de bien-être jusqu'aux maladies ou les problèmes de santé ou la mort. Le modèle DPSEEA est utilisé par l'OMS (1999) ; il ne concerne que les indicateurs sanitaires.

Comparatif de systèmes d'indicateurs

Célia Rodrigues [Rodrigues, 2002] propose une analyse et une synthèse bibliographique de différents systèmes d'indicateurs environnementaux urbains, à savoir :

- TERM 2000 et 2001 [TERM, 2001] (Agence Européenne de l'Environnement- AEE), système qui vise à faire une évaluation des systèmes actuels de transports des états membres, à partir de sept questions clés et 35 indicateurs,
- l'OCDE [OCDE, 1999], système visant à la comparaison économique entre états membres, à partir de trois thèmes et 33 indicateurs,
- l'Organisation Mondiale de la Santé [OMS, 1999], système d'évaluation des risques environnementaux sur la santé, basé sur dix thématiques principales,
- le projet RESPECT [RESPECT, 2000], système visant à l'évaluation et au suivi des politiques environnementales des collectivités territoriales, à partir de dix thèmes et 73 indicateurs,
- l'observatoire des Plans de Déplacements Urbains, animé par le CERTU [CERTU, 2002], propose un système permettant d'évaluer les actions menées pour atteindre les objectifs fixés par un PDU, basé sur 19 thématiques et 251 indicateurs.

Les caractéristiques fondamentales de ces cinq systèmes sont résumées dans le tableau 3.

Leur mode de construction n'apparaît pas dans le tableau ou même parfois dans les documents originaux présentant ces projets. Nous présenterons ici la méthodologie employée pour le projet TERM :

- 1) Définition des impacts à mesurer et questions à évaluer,
- 2) Définition du niveau d'agrégation et sélection des indicateurs à partir de trois questions : quels sont les besoins des utilisateurs ? Quel est le niveau d'agrégation nécessaire pour avoir des résultats significatifs ? Quelle est la disponibilité des données ?
- 3) Affinage des questions en sept questions clés correspondant à 7 sujets (voir tableau).

Les systèmes d'indicateurs constituent par ailleurs une collection d'indicateurs mono-nuisance, c'est-à-dire que l'on trouve pour chaque type d'impacts un ensemble d'indicateurs spécifiques. Parmi les indicateurs d'impacts, on retrouve les indicateurs d'impacts relevant de l'approche « problèmes ». Pour finir, [Maurin M, 2004] met en évidence des correspondances et des discordances sur les types d'indicateurs utilisés entre les différents modèles d'indicateurs (Voir Tableau 2).

Types d'indicateurs utilisés dans les modèles		Systèmes d'indicateurs				Caractéristiques vis-à-vis des pollutions atmosphériques	Types de critères d'évaluation
		PER	DSR	DPSIR	DPSEEA		
Force motrice			x	x	x	Décrivent les activités, les processus et les comportements humains qui engendrent des pressions	
Pression		x		x	x	Décrivent les émissions de polluants	« Source »
Etat		x	x	x	x	Décrivent les teneurs en polluants	
Impact	Exposition			x	x	Décrivent les teneurs en polluants	
	Effet				x	Décrivent les impacts sur une cible exposée à des teneurs en polluants	« Impact »
Réponse		x	x	x	x	Décrivent les mesures adoptées par la société pour réduire les impacts des polluants	

Tableau 2: Correspondances et discordances entre les principaux systèmes d'indicateurs de l'environnement, adapté par [Goger,2004] à partir de [Maurin M, 2004]

Les systèmes d'indicateurs sont pluri-thématiques, sauf le système TERM (Transport Environment Reporting Mechanism). L'évaluation de l'environnement s'effectue à différentes échelles spatiales, selon les systèmes d'indicateurs: à l'échelle internationale pour TERM (modèle DPSIR), OCDE (modèle PER) et OMS (modèle DPSEEA), ou à l'échelle locale pour Respect (Référentiel d'évaluation et de suivi des politiques des collectivités territoriales) (modèle PER). La méthodologie Respect émane enfin d'une approche centrée sur les nuisances principalement urbaines. Le système de l'OCDE est également assez complet, même s'il se restreint aux tendances et configurations sectorielles, aux interactions avec l'environnement et aux aspects économiques monétarisables, d'après [Rodrigues C, 2002].

En conclusion, on notera que la construction de ces systèmes est basée sur une approche montante (bottom-up), à partir des données disponibles au moment de leur conception. Leur faisabilité est donc importante. Par contre, on notera un niveau d'agrégation faible sinon inexistant.

L'organisation performante du système d'indicateurs est plus importante que la taille du système. La comparaison entre deux variantes d'un aménagement n'est pas possible avec les systèmes étudiés. L'utilisation d'indicateurs géo référencés permet de traiter les questions d'occupation des sols, et permet d'éviter de masquer des disparités sous une moyenne des disparités locales apparentes. L'analyse en cycle de vie bien que souhaitable n'est jamais abordée dans ces systèmes.

Tableau 3 Synthèse des principaux systèmes d'indicateurs actuels, Source [Rodrigues, 2002]

Système	Secteur	But Principal	Approche / Modèle	Echelle Géographi que	Fréquence Echant.	Modes abordés	Nombre Thèmes
TERM	Transport seuls	Evaluer politiques nationales de transport Comparaison entre états membres européens Etat de l'environnement	Pré décisionnelle Politique DPSIR	National e	année	Routier	7
OCDE	Transport seuls	Evaluation et comparaison économique entre états	Economique PSR	National e	année	?	3
OMS	Large	Information et évaluation des risques env. sur la santé Plans d'actions Nationales d'Environnement et de Santé	Santé Publique DPSEEA	National e	?	?	10
RESPECT	Large	Cadre pour la mise en place de systèmes d'évaluations et de suivi des politiques environnementales des collectivités territoriales	Opérationnelle Nuisances urbaines PER	Locale	?	?	10
Observatoire PDU	Transport seuls	Suivi de l'organisation du système de transport Collectivités territoriales	Nuisances urbaines Evaluation des actions menées pour atteindre les objectifs fixés	Locale	1- 5 ans	?	19

<i>Système</i>	<i>Thèmes abordés</i>	<i>Nombre Indicateurs</i>	<i>Méthode modélisation</i>	<i>Ratios simples</i>	<i>Caractéristiques</i>
TERM	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conséquences environnementales ▪ Demande en transport ▪ Aménagement territorial ▪ Accessibilité ▪ Offre de transport ▪ Niveau de prix ▪ Technologie ▪ Intégration - Gestion 	35 (7*5)	Basé sur méthodes de calcul européennes : - Air (AutoOli, MEET..) - Bruit - Déchets (EUCars)	Occupation espace Effet de coupure Pollution Eau	Le plus complet pour les relations Transport – Environnement. Tient compte de l'aménagement du territoire et des systèmes de prix.
OCDE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tendances des systèmes de transport ▪ Interactions avec environnement ▪ Aspects économiques 	34 (dont 13 instanciés)	NON	Indicateurs monétaires	
OMS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Qualité air ▪ Logement ▪ Accidents trafic ▪ Bruit ▪ Déchets et sols ▪ Radiation ▪ Eau ▪ Aliments ▪ Emergence chimique ▪ Lieu de travail 	?	?	?	Seulement impacts susceptibles d'avoir des effets sur la santé Faune, Flore, paysage, effet de serre pas abordés
RESPECT	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Air ▪ Bruit ▪ Cadre de vie ▪ Déchets ▪ Déplacement ▪ Eau ▪ Energie ▪ Risques ▪ Sol et sous-sol ▪ Engagement mutuel pour l'environnement 	73	?	?	Tableau de bord mesurant la réalisation d'actions
Observatoire PDU	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Développement urbain et déplacements ▪ Diminution de la circulation automobile ▪ Développement des transports collectifs ▪ Développement du transport ferroviaire ▪ Inter modalité ▪ Développement de la marche à pied ▪ Développement de l'usage du vélo ▪ Stationnement des voitures ▪ Marchandises ▪ Plans de mobilité ▪ Pollution atmosphérique et énergie ▪ Bruit transports terrestres ▪ Sécurité des déplacements ▪ Cohésion sociale et déplacements ▪ Accessibilité grands équipements ▪ Qualité espaces publics ▪ Communication, sensibilisation ▪ Financement ▪ Mobilité urbaine 	251 (dont 71 clés)	NON	Tous indicateurs	Très exhaustif. Bonne source pour élaborer des indicateurs plus complexes Non prise ne compte de l'eau et des déchets Comparaison inter villes possibles

Thèmes abordés dans les systèmes d'indicateurs existants

Adolphe [2002] propose une synthèse thématique des indicateurs principaux abordés par les systèmes d'indicateurs environnementaux. Nous en reprenons les dix thèmes principaux, et en utilisant le sous- modèle PSIR ou pression- état- impact du modèle DPSIR.

Domaine	Pression	Etat	Impact	Réponse
Pollution Air / Odeurs	<p>- Emissions de gaz à la source calculées avec des modèles d'émission (MEET / COPERT, CORINAIR) à partir du parc et des statistiques de circulation (vitesses, périodes de déplacement, modes...),</p> <p>Mais quel polluant ? NOX, CO2, CO, Pb, SO2, O3, et quel seuil, quelle agrégation ?</p> <p>- Bilan Energie- Pollution</p> <p>ACV ?</p> <p>Unités utilisées : masse / an, passager, habitant, véhicule / km</p> <p>Autres indicateurs possibles : Part de la consommation de biocarburants, de GPL, de GNV, de piles à combustible / évolution de la consommation en carburants conventionnels. Evolution relative du parc des véhicules propres Evolution du transport de marchandises en train ou par voies fluviales / transport par la route Répartition spatiale des rejets</p>	<p>- Mesures de la teneur / concentration [unité de masse/ unité de volume] résultant des stations de surveillance de la qualité de l'air</p> <p>Mais quelle localisation, quelle représentativité ?</p> <p>- Modélisation propagation : cartographie qualitative (émissions + vitesse vent + stabilité atmo + rugosité + qualité air)</p> <p>Agrégation ATMO : maximum de 4 valeurs : particules (moyenne journ.) / So2, No2, O3 (moyenne max horaire)</p> <p>Autres indicateurs possibles : Variation de l'indice ATMO (cartes ou résultats spatialisés) Evolution de l'impact sur la santé de la population (espérance de vie aux différents âges en comparant homme et femme)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nombre de personnes exposées à une classe de niveau de pollution ▪ Nombre heures pendant lesquelles le niveau de pollution dépasse un seuil donné ▪ Nombre de personnes exposées à un niveau dépassant la norme pendant un % de temps prédéterminé ▪ Niveau de pollution dépassé par un pourcentage fixé de la population ▪ Niveau moyen de l'indice d'exposition individuelle (moyenne arithmétique. des concentrations individuelles) ▪ Nombre d'admissions hospitalières pour des raisons respiratoires/ asthme ▪ Autres effets sur la santé... ▪ Effet de serre / Pluies acides / Trou d'ozone... 	<p>Pas pris en compte</p> <p>Autres indicateurs possibles :</p> <p>Evolution relative de l'investissement dans des équipements de dépollution / évolution des émissions de polluants</p> <p>Evolution relative de l'investissement dans des technologies propres, dans la recherche développement et les aides publiques / évolution des émissions de polluants</p>
Effet de serre	<p>Pas pris en compte Voir Pollution Air</p> <p>Autres indicateurs possibles : Evolution contribution à indice des émissions de GES.</p>	<p>Production de GES</p> <p>Autres indicateurs possibles : Evolution contribution à Concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre</p>	<p>Teneur en GES</p> <p>Autres indicateurs possibles : Contribution à évolution du Potentiel de réchauffement Global (PRG)</p>	<p>Pas pris en compte</p> <p>Autres indicateurs possibles : Rendement énergétique intensité énergétique</p>
Bruit et Vibrations	<p>dB mesuré à la source extrapolé au parc et trafic chiffrage statistique des émissions</p> <p>Quid du reste du voisinage pour cette nuisance de proximité ? Unités : LAeq, ou Lden</p> <p>Autres indicateurs possibles : Evolution du transport de marchandises en train ou par voies fluviales / transport par la route</p>	<p>- Modélisation propagation SIG => carte de bruit</p> <p>- Mesures in situ : LAeq, LAmax, Lden</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nombre de personnes exposées à une classe de niveau de bruit ▪ Nombre de personnes * Nombre heures pendant lesquelles le niveau de bruit dépasse un seuil donné ▪ Nombre de personnes exposées à un niveau dépassant la norme pendant un % de temps prédéterminé ▪ Niveau d'exposition au bruit dépassé par un pourcentage fixé de la population ▪ Nombre de plaintes ▪ Modification des prix immobiliers 	<p>Pas pris en compte</p>
Pollution de l'eau et des sols	<p>- Tonnes d'huiles déversées en mer annuellement</p> <p>- Fréquence annuelle d'observation des souillures</p> <p>-Autres indicateurs possibles : Quantité de sel utilisé pour désalage des routes ? Intensité d'exploitation des ressources en eau</p>	<p>Pas pris en compte</p> <p>Autres indicateurs possibles : Variation de la qualité des fleuves et des rivières (par classe d'altération)</p> <p>Evolution eutrophisation</p>	<p>Effets des accidents du transport des matières polluantes et dangereuses,</p>	<p>Pas pris en compte</p>

Consommation de ressources	<p>Consommation finale / mode Million Tep (ACV) Utilisation des énergies renouvelables ?</p> <p>Autres indicateurs possibles : Evolution de la part des ressources naturelles dans l'ensemble des intrants utilisés Variation de la consommation d'énergie / variation du PIB Variation de la conso par énergies renouvelables / variation conso totale</p>	Disponibilité des réserves...	Pas pris en compte	<p>Pas pris en compte</p> <p>Autres indicateurs possibles : Rendement énergétique Intensité énergétique Dépenses d'entretien et de maintenance des réseaux / dépenses de création, nouveaux investissements.</p>
Déchets	<p>- Nombre annuel de véhicules en fin de vie - Tonnes de pneus collectés</p> <p>Huile ? Batteries ?</p> <p>Autres indicateurs possibles : Variation de la production de déchets / variation de la consommation Taux de recyclage des matières premières (véhicules et infrastructures)</p>	Pas pris en compte	Pas pris en compte	Pas pris en compte
Espace et Paysage	Consommation d'espaces par infrastructures	<p>Densités humaine, bâtie, en infrastructures Augmentation de l'artificialisation : superficie totale Extension urbaine Evolution de l'occupation d'espace (à comparer à l'évolution du PIB) Superficie des espaces enclavés Variation de la taille des réseaux / par rapport à la superficie totale ou ramenée à l'habitant Evolution de la surface des zones protégées, des paysages non perturbés Evaluation de l'effet de coupure des paysages (en référence aux espaces d'un seul tenant)</p>	Intrusion visuelle des ouvrages ?	Pas pris en compte
Milieus naturels	Pas pris en compte	<p>- Grandeur [km²] des zones naturelles non fragmentées - Nombre de zones protégées ayant une infrastructure à moins de n kms de leur centre</p> <p>Autres indicateurs possibles : Indicateur de santé des forêts Variation du nombre d'individus des espèces menacées / variation des dépenses directement engagées pour leur conservation Représentation cartographique de la diversité des paysages et de son évolution Evolution acidification</p>	Pas pris en compte	Pas pris en compte
Sécurité	Pas pris en compte	<p>Pas pris en compte</p> <p>Autres indicateurs possibles : Répartition par PCS et par âge des victimes de violences ou d'agressions par mode</p>	<p>- Nombre d'accidents / mode - Nombre tués, blessés graves, légers rapportés à Nombre passagers au km</p>	<p>Pas pris en compte</p> <p>Autres indicateurs possibles : Part du PNB dépensé pour les dispositifs de sécurité</p>
Chantiers	Pas pris en compte	Pas pris en compte	Pas pris en compte	Pas pris en compte

Tableau 6 : Thèmes abordés par les systèmes d'indicateurs [Adolphe, 2002]

On peut remarquer, dans ce tableau de synthèse, différents indicateurs pour différentes analyses : des chiffres bruts pour situer le territoire par rapport aux autres, des évolutions pour faire des suivis à échéance régulière d'une même entité, des suivis du taux d'avancement d'un programme, des ratios pour rapprocher plusieurs indicateurs, des rapports d'évolution permettant de comparer les vitesses de variation des phénomènes.

Indicateurs généraux du DD et de l'environnement : quelques exemples

Un indicateur peut être défini comme une donnée quantitative permettant de « *caractériser une situation évolutive, une action ou les conséquences d'une action, de façon à les évaluer et à les* »

comparer à leur état à différentes dates », mais peut cependant consister en « une forme d'indication ou de perception », donc en un « élément qualitatif ». ³⁰

« L'objectif principal d'un indicateur est de clarifier et de définir des objectifs, d'évaluer les orientations actuelles et futures en ce qui concerne les buts et les valeurs, d'évaluer dans le temps des modifications, des conditions spécifiques, et de déterminer l'impact des programmes et de transmettre des messages. » ³¹ Un indicateur se caractérise d'abord par une « une signification qui dépasse la donnée quantitative fournie (« une température de 39°C signifie par exemple qu'un sujet est malade » ³²).

Un indicateur se réfère à une cible par rapport à laquelle il porte des informations. Ses deux fonctions essentielles concernent le traitement de l'information et sa communication. Sa qualité dépendra donc principalement de sa capacité à rendre compte d'un phénomène souvent complexe avec la plus grande précision possible. Il doit ainsi être « adapté, spécifique, valide, fiable, précis, mesurable, comparable (dans le temps et dans l'espace), facile à utiliser ». Le résultat doit par ailleurs « justifier le temps et le but pour les obtenir ».

Le cadre européen

Les démarches d'évaluation et de suivi font partie intégrante de la « Stratégie de l'Union européenne en faveur du développement durable » qui fut adoptée à Göteborg en juin 2001 et renouvelée en 2006. C'est donc pour servir ces démarches qu'un système d'indicateurs de développement durable (IDD) fut élaboré en coopération avec les États membres, par un groupe de travail d'Eurostat ³³.

Ces IDD se structurent autour de 10 thèmes correspondant aux « défis-clés » de la stratégie définie à Göteborg, et divisés en une trentaine de « sous-thèmes » se rapportant aux objectifs opérationnels et aux actions qu'elle induit.

La liste publiée en 2007 par Eurostat en totalise une centaine, organisés selon une structure pyramidale à trois niveaux :

- Le premier niveau concerne 11 « indicateurs phares » (ou de niveau 1) correspondant à l'évaluation des objectifs généraux de Göteborg
- Les indicateurs des niveaux 2 et 3 destinés à l'évaluation des objectifs opérationnels
- S'y ajoutent des « indicateurs contextuels » destinés à fournir des « informations de fond » nécessaires mais n'évaluant pas directement les objectifs stratégiques. ³⁴

Parmi les 11 indicateurs phares européens ³⁵, les quatre premiers peuvent être reliés, directement ou non, à la question du rapport entre formes urbaines et dynamiques d'agglomération d'une part, et émissions de gaz à effet de serre d'autre part.

³⁰ In Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie ; *Analyse comparative d'indicateurs de développement durable* (Étude réalisée par l'Observatoire sur la responsabilité sociétale des entreprises (ORSE), à la demande de l'Observatoire des Stratégies Industrielles, direction générale de l'industrie, des technologies de l'information et des postes (DIGITIP), ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie. - Octobre 2003

³¹ Ibid

³² Ibid

³³ in IFEN - INSEE, juin 2008 ; « La situation française pour la sélection européenne des 11 indicateurs phares de *développement durable* (IDD) » (entrant dans le cadre de la « Stratégie de l'Union européenne en faveur du développement durable » de Göteborg (élaborée en 2001 et renouvelée en 2006).

³⁴ Ibid

³⁵ Les 11 « indicateurs phares » sont : 1. le taux de croissance du PIB par habitant ; **2. les émissions totales de gaz à effet de serre** ; 3. la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie primaire ; **4. la consommation d'énergie des transports et PIB** ; 5. la productivité des ressources ; 6. l'indice d'abondance des populations d'oiseaux communs ; 7. la part des captures en fonction de l'état des stocks halieutiques ; 8. l'espérance de vie et espérance de vie en bonne santé à la naissance ; 9. le taux de risque de pauvreté après transferts sociaux ; 10. le taux d'emploi des personnes âgées de 55 à 64 ans ; 11. les aides publiques au développement ; Ibid

C'est d'abord le cas de l'indicateur 2, relatif aux émissions totales de gaz à effet de serre, dont les parts imputables aux transports et aux bâtiments aux échelles nationales et européenne sont connues, mais qui ne distingue pas en lui-même ces dernières.

Selon la corrélation établie par Newman et Kenworthy, la consommation d'énergie des transports, facteur majeur d'émissions de CO₂³⁶, est notamment conditionnée par la structure de l'espace urbain, en l'occurrence en terme de densité. L'indicateur phare 4 - la consommation d'énergie des transports au regard du PIB - permet, à une échelle de territoire donnée, de relativiser cette consommation énergétique selon le niveau de richesse produite.

Le taux de croissance du PIB par habitant (indicateur 1) peut quant à lui être placé au regard de l'évolution de la consommation énergétique et/ou de l'évolution des émissions de GES lorsque ces données sont disponibles, ce qui est plus difficile à échelle fine.

Si la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie primaire (indicateur phare 3) dépend largement des politiques énergétiques et d'aménagement des Etats³⁷ (la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité mais aussi, plus indirectement, la part modale des Transports -notamment collectifs- utilisant l'électricité...), elle peut, concernant les bâtiments et/ ou espaces urbanisés, être très variable selon les cas. Notons que les différents modes de production d'énergie renouvelables ne sont pas égaux en terme d'émissions de GES.

Si la déclinaison des objectifs à toutes les échelles de décision, notamment locales, est au fondement de la notion de durabilité, ces indicateurs européens n'ont pas pour vocation première d'être déclinés aux niveaux des formes urbaines. Une telle déclinaison suppose par ailleurs, tant en terme de diagnostic que de dispositifs d'actions, des moyens qui ne sont pas toujours accessibles aux échelles de planification instaurées par la loi SRU, au premier rang desquelles les communes (au travers des PLU) et les intercommunalités (avec les SCOT et PDU).

Le cadre français ; les systèmes d'indicateurs de l'IFEN

Plusieurs systèmes d'indicateurs ont été conçus par l'IFEN ces dernières années, ils concernent tantôt l'ensemble des enjeux du Développement Durable, tantôt plus strictement ceux relatifs à sa dimension environnementale. Nous nous contenterons ici de citer quelques uns de ces systèmes d'indicateurs.

L'édition 2007 des *10 indicateurs clés de l'environnement*³⁸ comporte, à l'instar des IDD d'Eurostat, des indicateurs concernant directement ou non l'interaction entre formes urbaines et dynamiques d'agglomération d'une part et émissions de GES d'autre part. Outre un indicateurs relatif aux émissions de GES ne se plaçant pas au regard de la question des formes urbaines, ainsi qu'un indicateur relatif à l'énergie et à la part des énergies renouvelables, tous deux semblables à des indicateurs d'Eurostat, on y trouve un indicateur « territoire », relatif à l'occupation des sols.

Ce dernier s'appuie sur une distinction entre différents modes d'occupation des sols, notamment les surfaces « artificialisées » (concernant entre autres les littoraux dans le cas français). Il y est présenté comme outil d'évaluation pertinent de la consommation d'espaces naturels et de son évolution (pouvant être comparée à celle de la population), distinct de la question des GES. Or les études mentionnées dans la première partie de cet état de l'art soulignent le rapport existant entre l'étalement urbain et le niveau des émissions de GES, même si nous avons vu que

³⁶ Les transports sont le seul secteur dont le niveau d'émissions de GES ai augmenté entre 1990 et 2005, en France comme en Europe ; Ibid

³⁷ « La part des énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie primaire en France s'élève à 6,6% en 2007 contre 7,2% en 1990. Dans sa loi d'orientation sur l'énergie du 13 juillet 2005, la France s'est fixé l'objectif de porter cette part à 10% » ; Ibid

³⁸ in IFEN - *10 indicateurs clés de l'environnement*, édition 2007, les synthèses de l'IFEN. Ces dix indicateurs sont : **EFFET DE SERRE** | Émissions ; **DÉPENSES** | Protection de l'environnement, **ÉNERGIE** | Énergies renouvelables, **OPINION** | Préoccupations des Français, **AIR** | Pollution de l'air en milieu urbain ;

l'évaluation de ce rapport à un cas donné suppose une approche à échelle plus fine (avec des informations relatives à la répartition des densités et à la distinction des fonctions dans l'espace, entre autres), qui n'est pas l'objet de ce système.

Notons que l'indicateur relatif à la consommation d'énergie des transports au regard du PIB, ainsi que les indicateurs socio économiques (comme le PIB par habitant), présents dans le système des IDD d'Eurostat et dont nous avons mentionner la pertinence potentielle, ne figurent pas dans ce système d'indicateurs environnementaux ne se focalisant pas sur la question des GES.

Un autre système d'indicateurs de l'IFEN, cette fois relatif aux enjeux du Développement Durable, adopte une structure plus complexe en neuf « modules » thématiques³⁹, comprenant chacun plusieurs indicateurs.

Le module 1 relatif à l'Efficacité de l'appareil productif se divise en trois « sous module ». Le sous module 1.1 concerne l'intensité et l'efficacité de l'utilisation des intrants (capital, travail, ressources naturelles). On y retrouve des indicateurs analogues à ceux présents au sein des systèmes précédemment abordés : la consommation totale d'énergie et son rapport au PIB, qui ne concernait dans les indicateurs d'Eurostat que le champs des transports ; les énergies renouvelables (ici au travers de la variation de la production d'énergies renouvelables en rapport avec celle de la production d'énergies non renouvelables) ; l'évolution de l'occupation de l'espace par l'activité économique et les implantations humaines (à comparer à l'évolution du PIB)

S'y trouve aussi la variation de la production d'énergie nucléaire en rapport à l'évolution du PIB ; si l'énergie nucléaire n'est pas « durable », elle est néanmoins peu émettrice de GES. Aborder sa question permet notamment de distinguer la part de la production d'électricité dans les émissions de GES. Favoriser l'énergie électrique pour les transports n'a par exemple, en terme de GES, pas la même signification en France (où l'électricité d'origine nucléaire est majoritaire) et dans un pays utilisant des méthodes autrement plus émettrices pour la production d'électricité (comme le charbon largement utilisé au Danemark par exemple).

Le sous module 1.2 relatif à l'intégration de l'environnement dans l'appareil productif contient des indicateurs relatifs aux modes de transport des personnes et des marchandises, directement liés à notre problématiques, mais sans établir de corrélation avec les formes urbaines : Évolution du transport de marchandises en train ou par voies fluviales / transport par a route ; Évolution du transport collectif de voyageurs (train, et transports urbains "propres") / modes de transport individuels (automobile) ; Évolution du parc de véhicules propres (électriques, GPL, GNV, piles à combustibles,...) en distinguant véhicules particuliers, bus et bennes à ordures ménagères.⁴⁰

Le module 3 (relatif à la gestion patrimoniale) comprend un sous module consacré au patrimoine bâti, infrastructures et patrimoine culturel, au sein duquel deux indicateurs concernent respectivement l'âge moyen du parc de logement et celui du patrimoine industriel. Ces indicateurs peuvent, associés à d'autres (par exemple ceux relatifs aux densités humaines et bâties) constituer des sources d'informations essentielles concernant la performance énergétique des bâtiments, larges contributeurs aux émissions de GES.

Il contient par ailleurs un indicateur relatif à la variation du kilométrage de voies ferrées rapporté à la variation du kilométrage de routes, permettant d'évaluer une dynamique des émissions de GES imputables aux transports dans un pays où la production d'électricité est faiblement émettrice.⁴¹

BIODIVERSITÉ | Oiseaux communs ; **RESSOURCES** | Consommation de matières ; **EAU** | Nitrates dans les cours d'eau ; **TERRITOIRE** | Occupation des sols ; **DÉCHETS** | Recyclage des emballages

³⁹ 1/ Efficacité de l'appareil productif ; 2/ Prélèvement et pollutions chroniques, 3/ Gestion patrimoniale, 4/ Répartition des inégalités spatiales ; 5/ Globalisation et gouvernance ; 6/ Accès aux revenus, services et patrimoines, inégalités et exclusions ; 7/ Satisfaction, préférences, engagements, politiques et gouvernance ; 8/ Principe de responsabilité et de précaution ; 9/ Résilience, adaptabilité, flexibilité, développement de la réactivité.

⁴⁰ Ibid,

⁴¹ Ibid,

Le module 4, relatif à la répartition des inégalités spatiales, contient quatre sous modules contenant tous des indicateurs pouvant être reliés à la question des implications des formes urbaines et dynamiques d'agglomération sur les émissions de GES.

Le sous module 4.1 s'intéresse largement à la question des densités de population (dimension quantitative de l'occupation des sols selon Pouyanne⁴²). Ses indicateurs donnent donc certaines caractéristiques de ce qui constitue une dimension fondamentale des formes bâties (corollaires des pratiques de mobilité, dans une certaine mesure) au regard de leurs implications sur les GES. Cinq indicateurs concernent la densité de population.

De façon générale

- L'évolution de la moyenne
- L'écart de densité entre les régions
- Le nombre d'habitants dans les zones de sur densité

Concernant la densité de population dans les zones urbaines :

- La variation de la superficie occupée par les villes mise au regard de l'évolution de la population urbaine, qui permet notamment de donner une idée du niveau de la dynamique de l'étalement urbain à une échelle de territoire donnée.

Concernant les zones faiblement peuplées :

- La variation de la part des espaces de sous densité (proportion du territoire habitable où la densité humaine inférieure à 20 habitants par kilomètre carré).

Un indicateur concerne l'évolution du PIB par unités de surfaces, pouvant être confrontée aux niveaux de densités de population et à leurs évolutions. Il s'accompagne d'un indicateur constitué par la représentation cartographique des disparités entre les régions.

La densité en infrastructures de transport (avec une distinction entre zones urbaines et zones rurales) est un autre indicateur du sous module 4.1. Les distinctions entre types d'infrastructure s(route/ fer, part des espaces viaires dévolus à chaque mode ...) ne sont pas mentionnés.

L'évaluation de la congestion des infrastructures de transport et la part du temps quotidien ou hebdomadaire passé dans les transports sont deux indicateurs du sous module, ne concernant pas la notion de densité à proprement parlée mais donnant des informations complémentaires à celle-ci. Il est par exemple intéressant de pouvoir comparer un niveau de congestion et un niveau de densité de population ; tout comme l'implication d'un niveau de densité sur le temps moyens passé dans les transports...

Le sous module 4.2 est consacré à la polarisation et aux inégalités spatiales, avec notamment des indicateurs relatifs à « l'indice de primatie », applicables à différentes échelles de territoire :

- l'écart de population entre la première et la seconde ville
- l'écart de PIB entre la première et la seconde ville

Ces indicateurs peuvent par exemple, à l'échelle de la France, illustrer la prévalence parisienne par rapport aux métropoles de province ; déjà très forte en terme de population, elle l'est davantage encore en terme de PIB. Mais appliqués à l'échelle d'une agglomération ou d'une aire urbaine, ces indicateurs peuvent contribuer à en caractériser la structuration des polarités, en les mettant au regard des données relatives aux déplacements pendulaires notamment.

Le sous module 4.3 concerne l'accès aux services, aux réseaux et la mobilité, il comprend des indicateurs pouvant s'appliquer à l'échelle des bassins de vie et en rapport directe avec les questions des GES imputables aux déplacements :

- la part de la population passant plus d'une heure quotidiennement sur le trajet domicile – travail ;
- la part de la population ou des communes dépendant de modes de transport individuel (non desservie par les transports collectifs), dont nous avons vu qu'elle était très liée à la question des formes urbaines.
- la surface d'espaces verts ou naturels accessibles par habitant, sans être directement reliée à la question des GES, peut être confrontée au niveau de densité d'une zone urbaine⁴³

⁴² V POUYANNE,

⁴³ En considérant par exemple qu'un espace urbain dense offrant par ailleurs une proportion importante d'espaces verts concilierait deux dimensions essentielles de durabilité : viabilité des TC et faible imperméabilisation des sols...

- La taille des différents réseaux (notamment de transport) par rapport à la superficie des régions (applicable à l'échelle d'une agglomération / aire urbaine)
- La taille des mêmes réseaux par habitant (idem)

Le sous module 4.4 porte sur la consommation « d'espaces sensibles » et est directement lié aux questions de la densité, de l'étalement urbain, et de la dépendance automobile. Il comprend des indicateurs comme l'extension de l'artificialisation des sols par rapport à la superficie totale ; la part du territoire urbain occupé par des infrastructures de transport et des parcs de stationnement, le taux de reconstruction de la ville sur elle-même ; l'extension des friches urbaines et industrielles.⁴⁴

Le module 6 (« Accès aux revenus, services et patrimoines, inégalités et exclusions ») comporte au sein de son troisième sous module un indicateur constitué du pourcentage de transports collectifs accessibles aux personnes handicapées (nombre de lignes ou de voitures équipées). Appliqué au seul TC, cet indicateur est très révélateur de l'accessibilité aux TC et de la viabilité de la marche à pied en général, qui s'opposent à des formes urbaines génératrices de dépendance automobile.⁴⁵

Relatif aux principes de précaution et de responsabilité, le module 8 comprend des indicateurs renseignant sur les politiques locales, notamment en terme de renouvellement urbain : surfaces des acquisitions foncières des conservatoires pour l'environnement ; réserves foncières des collectivités. Il s'intéresse également aux dispositifs réglementaires, par exemple avec le nombre d'outils de planification environnementale et de Développement Durable, ou d'agendas 21 locaux...

Il propose également un autre indicateur relatif à l'étalement, au travers de l'artificialisation des sols : le pourcentage de sols naturels artificialisée sur une période donnée par rapport au total d'espaces naturels.⁴⁶

Ne se focalisant pas sur les GES, ces systèmes d'indicateurs du Développement Durable ou de l'environnement comportent des indicateurs directement consacrées aux GES (principalement le total des émissions en équivalent CO²), et d'autres qui, tout en étant présentés comme destinés à servir d'autres niveaux d'analyse, peuvent contribuer à évaluer les implications des formes urbaines et dynamiques d'agglomération sur les émissions de GES : étalement urbain, densités, accessibilité des TC... Ils comprennent en outre des indicateurs concernant des données d'ordres plus générales, constituant des compléments nécessaires à la bonne compréhension des phénomènes : PIB par habitant, nombres d'emplois et d'actifs...

L'INSEE donne par ailleurs des informations précieuses car pouvant permettre des croisements entre données relatives aux secteurs urbanisés et données relatives aux pratiques quotidiennes de mobilité : Agglomérations, Aires Urbaines, périmètres des collectivités territoriales et institutions compétentes dans les champs de l'urbanisme et des transports.

Indicateurs appliqués à l'aménagement local et aux Formes Urbaines

Si certains indicateurs présents au sein de systèmes pensés aux échelles nationales ou européennes peuvent donc notamment concerner le rapport entre émissions de GES d'une part, et formes urbaines et dynamiques d'agglomérations d'autre part, force est de constater que de façon générale leur non adaptation aux niveaux de décision locaux, compétents en matière de formes urbaines (en premier lieu au travers des règlements d'urbanisme et des permis de construire) et, dans une large mesure, en matière de politique de transport (PDU mais aussi traitement des espaces publics viaires) les rend peu opérant face à ces enjeux.

⁴⁴ Ibid, IFEN

⁴⁵ Ibid, IFEN

⁴⁶ Ibid, IFEN

En partie applicable à ces échelles, le système en neuf modules de l'IFEN reste peu porté sur la question des formes urbaines à proprement dit, bien que laissant une place significative aux questions de la densité et de l'étalement urbain. Rien n'y concerne par exemple les différentes traductions possibles d'un même niveau de densité (compacité et ensoleillement du bâti...) ou de la dimension qualitative de l'occupation des sols (répartition des fonctions, mixité fonctionnelle...). La déclinaison au niveau local d'enjeux globaux est au fondement de la notion de Développement Durable, et la question des GES en est une illustration éloquent. Il s'agit donc de s'intéresser aux systèmes d'évaluation destinés à des niveaux de décision prépondérants quant aux politiques d'urbanisme génératrices de formes urbaines et de transports urbains ou métropolitains.

La méthode de diagnostic de développement durable urbain de l'ARPE

En 2001, l'Agence Régionale pour l'Environnement de la Région Midi-Pyrénées (ARPE) a mis en place avec le réseau des villes durables de Midi-Pyrénées une méthode de diagnostic de développement durable urbain, comprenant un système d'indicateurs.⁴⁷

Le réseau des villes durables de Midi-Pyrénées fut créé en 1997. Revêtant d'abord un caractère informel, il devint rapidement plus opérationnel en envisageant d'expérimenter une telle méthode. La nécessité de simplicité de cette dernière fut constatée, menant à une limitation du nombre d'indicateurs utilisés. C'est selon des critères d'une part de fiabilité, d'accessibilité et de fréquence de production des données, d'autre part de capacité pour chaque indicateur *d'illustrer de manière compréhensible un champs dans un objectif du développement durable* que fut établi une liste de 27 indicateurs.

Celle-ci se veut être un « tableau de bord » destinée à rendre accessible « *de tous une information fiable et complète sur la situation du développement durable des 67 villes de plus de 5000 habitants de la région Midi-Pyrénées*⁴⁸ ». Ses 27 indicateurs doivent permettre de caractériser « *de façon équilibrée les champs principaux du développement durable d'un territoire urbain* » (environnementaux, économiques, socio culturels...)⁴⁹. L'objectif consiste à faire du tableau de bord à la fois un outil de pilotage des politiques des collectivités (suivi d'action et évaluation) et un moyen d'informer le public devant être régulièrement mis à jour. Il doit en outre faciliter la mise en œuvre des agendas 21 locaux.

Entrant dans une démarche territorialisée et adaptée à l'échelle locale, la méthode de l'ARPE et son système d'indicateurs ne ciblent donc pas spécialement le rapport entre GES et FU.

Présentés au sein d'un tableau, les indicateurs se ventilent en différents champs ; certains concernant particulièrement l'une des trois dimensions du développement durable (sociale, économique, environnementale), d'autres concernant les interactions entre deux de ces trois dimensions (respect des équilibres écologiques et développement social ; développement économique et environnement ; développement social et action économique).

Chaque champ contient différents thèmes auxquels correspondent un ou plusieurs indicateurs. Pour chaque indicateur est donné une forme de quantification. Ces dernières consistent généralement en des pourcentages mais aussi des durées (temps d'accès au service d'urgence en minutes...), des quantités (rejet NOX en kg par habitant concernant les émissions de gaz responsables de la pollution atmosphérique...).

Pédagogique, le tableau de synthèses des indicateurs précise par ailleurs pour chacun d'eux la source de référence des données, les échelles disponibles (généralement communale) et, le cas échéant, le chapitre de l'agenda 21 auquel il se rapporte.

⁴⁷ Agence Régionale pour l'Environnement de la Région Midi-Pyrénées (ARPE) ; *Diagnostic de développement durable urbain, Tome 2 - les indicateurs* ; ministère de l'Aménagement du territoire et de l'environnement, Région Midi-Pyrénées, 2001

⁴⁸ Ibid p1, introduction

⁴⁹ Ibid

Ces données entrent dans un ensemble intitulé « description de l'indicateur ». Un autre ensemble concerne leur évaluation, consistant en une notation sur cinq selon six critères⁵⁰ aboutissant à une note moyenne de la pertinence de chaque indicateur.⁵¹

Chaque indicateur fait en outre l'objet d'une fiche synthétique, nous aborderons ici ceux pouvant concerner directement ou non le rapport Formes urbaines et dynamiques d'agglomérations / émissions de GES.

L'indice de la consommation d'espace se rapporte à l'évolution des cinq dernières années. Elle entre dans le champs articulant respect des équilibres écologiques et développement social, et dans le thèmes « urbanisation et logement ».

Les fiches donnent d'abord une définition de l'indicateur. Outre le mode de calcul, elles comprennent une explication simple de la nature des données utilisées ainsi que de la source dont elles sont issues. Les objectifs politiques, l'échelle minimale disponible et l'échelle pertinente sont entre autres fournis. Les fiches adoptent donc un caractère résolument pédagogique et accessible au plus grand nombre.

L'indice de la consommation d'espace est défini par le calcul de l'évolution sur cinq ans de la consommation de terrains due aux constructions neuves (habitations et locaux professionnels). Il est précisé que ce calcul s'appuie sur les résultats de la construction neuve (SHON et surfaces de terrains) fournis par le service « statistiques de la construction » de la DRE, renseignés à partir des demandes de permis de construire (tableau de bord de la construction, consommation de terrain en hectares).

Sont également données les limites éventuelles d'utilisation et une aide à l'interprétation.

Concernant l'indice de la consommation d'espace, il est précisé que la fiabilité des données est rendue aléatoire par le fait qu'elle est renseignée par les particuliers. De plus, les résultats incluant les constructions sur parcelles déjà construites, ils n'offrent qu'une image partielle de la consommation réelle, notamment dans le cas d'un renouvellement urbain dynamique.

La proportion des déplacements domicile - travail effectués en transports collectifs est calculée à l'année et s'appuie sur les données de l'INSEE concernant les entrant et sortant, les motifs et modes de déplacement. Il est précisé que c'est à l'échelle de la zone d'emploi (« l'espace à l'échelle duquel la plupart des actifs résident et travaillent ») que l'indicateur doit s'appliquer.

Aucune limite d'utilisation n'est mentionnée quant à cet indicateur.

Un indicateur concerne les émissions de gaz responsables de la pollution atmosphérique (les rejets de NOx en kg par habitant), et non les GES, déterminées par le CITEPA (déterminant aussi les émissions de GES).

Présentant l'avantage d'être destinée aux collectivités locales et offrant, au travers de son tableau de bord, un support pédagogique et très accessible, la méthode de l'ARPE comporte, comme les systèmes précédemment évoqués, des indicateurs pouvant concerner notre problématique sans cependant être ciblée sur celle-ci. Son caractère explicatif et sa ventilation en différents champs tendent à expliciter les imbrications des enjeux du Développement Durable. On y retrouve notamment des thématiques entrant dans les enjeux des émissions de GES sans cependant être présentées comme telles. On n'y trouve pas néanmoins d'indicateurs ciblant les formes urbaines sous un angle qualitatif.

⁵⁰ Ibid, pp4-7 ; Voir le tableau en annexe

⁵¹ Ibid

La méthode de l'ADEME pour une approche environnementale de l'urbanisme (AEU).

Principes généraux et objectifs

Elaborée par l'ADEME, l'approche environnementale de l'urbanisme (AEU) est une méthodologie d'approche environnementale à l'échelle des projets d'aménagement ou de planification locale, proposant une réflexion globale et transversale aux différents champs du Développement durable⁵²

Voulue comme une démarche d'accompagnement des projets d'urbanisme en matière d'environnement et d'énergie⁵³, elle inclut une démarche de diagnostic mais a pour finalité l'action et le projet. Elle est d'une part destinée à permettre aux collectivités d'identifier et d'évaluer les impacts environnementaux de leur projet urbain, et d'autre part de les aider à envisager les actions à mettre en œuvre pour mieux maîtriser ces impacts⁵⁴.

Ses objectifs sont : de *contribuer au respect des exigences réglementaires en matière d'environnement* ; de *faciliter l'intégration des politiques environnementales dans le projet* par une analyse des liens entre politiques environnementales et politiques d'aménagement de la collectivité (l'AEU donne une occasion de rechercher la cohérence globale d'un projet.) ; de *concrétiser les principes d'une qualité urbaine plus durable* (proposition d'options stratégiques ou techniques aux maîtres d'ouvrages et aux collectivités anticipant leurs effets locaux et globaux et identification des enjeux et d'objectifs adaptés au territoire) ; de *contribuer concrètement à la qualité environnementale des projets urbains* (en donnant un cadre adapté à l'intégration transversale des enjeux, depuis les études préalables à la formalisation des documents). Idéalement, l'AEU est l'occasion « *d'infléchir l'économie générale des formes urbaines par la recherche d'une qualité environnementale globale* »⁵⁵

Transversalité thématique

Afin de permettre aux collectivités de se poser les bonnes questions selon une réflexion transversale, elle ventile les enjeux environnementaux en cinq approches (dont les interactions sont explicitées au sein d'un tableau) :

- Energie
- Eau
- Déplacements
- Déchets
- Bruits

Pour chacune de ces approches sont fournis quatre types de « fiches » :

- Points clés
- AEU et planification urbaine
- AEU et projets opérationnels
- Gestion environnementale globale⁵⁶

⁵² ADEME, *L'AEU en 5 questions*.

⁵³ ADEME, *L'AEU en 5 questions*.

⁵⁴ Comité opérationnel n°9 – Urbanisme - *Rapport au Ministre d'État, MEEDDAT* - (présenté par le Sénateur ALDUY et le Député PIRON, Chefs de projet : N. FERRAND, (EPA de Saint-Étienne), Philippe QUÉVREMENT (MEEDDAT, Inspection générale de l'environnement), pp75-76 ; 21 avril 2008

⁵⁵ ADEME, *L'AEU en 5 questions*.

⁵⁶ ADEME ; *Réussir un projet d'urbanisme durable. Méthode en 100 fiches pour une approche environnementale de l'urbanisme, AEU ; 2006, P40*

Transversalité temporelle

L'AEU se décline en plusieurs étapes :

- 1/ *L'analyse des enjeux environnementaux*, qui consiste à identifier, au travers des différentes « approches » les grands enjeux environnementaux du projet pour aboutir à un diagnostic croisé (dans le cadre d'ateliers réunissant élus, experts techniques, représentants associatifs)
- 2/ *La définition d'objectifs environnementaux et de principes d'aménagement partagés* qu'il s'agit de hiérarchiser en tenant compte des critères techniques, économiques ou sociaux.
- 3/ *La transcription des propositions retenues* sous forme de recommandations ou de clauses environnementales incluses dans les documents d'urbanisme (PLU, SCOT) ou dans les documents contractuels (ZAC, lotissement, ORU...).
- 4/ *le suivi et animation du projet* tout au long des travaux d'aménagement et de construction, dont il s'agit notamment d'assurer l'appropriation par les acquéreurs et les habitants⁵⁷.

Adaptabilité de la démarche

Constituant une démarche d'accompagnement des projets et d'aide à la décision, l'AEU n'a pas pour vocation de se substituer au projet urbain. Elle n'est pas destinée à l'analyse exhaustive des impacts (directs ou indirects, immédiats ou différés) d'un projet, mais doit donner un aperçu de ses conséquences et effets possibles sur des aspects environnementaux, économiques ou sociaux.

Si elle a surtout vocation à accompagner l'élaboration des documents d'urbanisme (ScoT et PLU), l'AEU doit pouvoir « moyennant quelques adaptations » s'appliquer aux PDU, PLH, Schémas d'Équipement Commercial, chartes d'aménagement d'espace public (comme à Rennes), plans lumière ou plan d'espace public (comme à Lyon), des chartes d'aménagement...

Si l'AEU est « plus pertinente à l'articulation de la phase de programmation et de la phase de définition du projet » (lorsqu'une équipe de maîtrise d'œuvre a été désignée), elle est envisageable à toutes les étapes (réalisation d'études préalables, finalisation d'un diagnostic, exercices de programmation, définition du projet, réalisation des dossiers, passage à la phase opérationnelle)⁵⁸.

La problématique des implications des formes urbaines et dynamiques d'agglomération sur les émissions de GES dans les « approches » de l'AEU.

L'Énergie (Voir tableau p 59)

Une fiche « point clé » de cette approche de l'AEU concerne la maîtrise de la demande énergétique. Pour les collectivités, celle-ci implique d'être appréhendée à l'échelle du bâti, mais aussi à des échelles plus larges comme le quartier et le lotissement.

Concernant les formes urbaines et typologie, les rôles de l'organisation, de l'orientation, de la forme et de la hauteur des ensembles urbains sont mentionnés.

Concernant les types d'habitat, la différence de consommation moyenne entre le collectif et l'individuel est conséquente. Mais cela n'induit pas pour autant une nécessité de limitation de l'habitat individuel, pouvant se prêter à des solutions performantes (rôle des énergies renouvelables et techniques innovantes).

La prise en compte des facteurs climatiques locaux (ensoleillement, vents dominants...) dans l'orientation et l'aménagement des bâtiments permet de réduire les besoins énergétiques en chauffage, éclairage, climatisation.

Le traitement des espaces publics implique de Concilier la qualité des ambiances (à intégrer dès la réflexion sur les formes urbaines), la sécurité et la réduction des charges. Des outils

⁵⁷ Comité opérationnel n°9 – Urbanisme - *Rapport au Ministre d'État, MEEDDAT* (présenté par le Sénateur ALDUY et le Député PIRON, Chefs de projet : N. FERRAND, (ÉPA de Saint-Étienne), Philippe QUÉVREMONT (MEEDDAT, Inspection générale de l'environnement), pp75-76 ; 21 avril 2008

⁵⁸ ADEME, *L'AEU en 5 questions*.

disponibles permettant d'aller dans ce sens sont mentionnés (outils de diagnostic, schémas d'aménagement lumière...)⁵⁹

Une fiche « AEU et planification urbaine » de l'approche « énergie » concerne le cadre réglementaire du diagnostic territorial, elle indique les documents réglementaires les mieux à même de retranscrire un diagnostic énergétique territorial.

Le Scot y est présenté comme une échelle pertinente de réflexion stratégique pour le développement de certaines filières. Ainsi l'exploitation du potentiel éolien ou hydro-électrique devra être concerté entre les collectivités partageant un SCOT, afin d'éviter « un développement anarchique des équipements ». Il en va de même pour le développement de filières bois ou biomasse, nécessitant une échelle assez large pour être faisable.⁶⁰

Le PADD du PLU constitue un diagnostic permettant de fixer des objectifs de réduction de la demande énergétique pesant sur les infrastructures collectives, de performance des équipements futurs, de qualité de l'air, de choix développement de filières de production

L'AEU est destinée à faciliter « un premier niveau de collecte de données pertinentes » : un « premier inventaire » permettant de rendre compatible les options envisagées avec ces documents (« *l'usage du sol compatible avec l'exploitation du potentiel* ») et de définir les moyens à mettre en œuvre pour un bilan plus détaillé.⁶¹

« Deux approches intéressantes pour l'évaluation environnementale à l'échelle des collectivités » sont par ailleurs citées dans une fiche « AEU et planification urbaine » consacrée aux impacts environnementaux de l'approche « énergie »⁶² :

- Le BILAN CARBONE (ADEME) : évaluation des émissions de GES
- « L'empreinte écologique » (WWF), pas limitée aux GES

Ces approches sont présentées ci-dessous

Une autre fiche de la même catégorie donne les questions à se poser pour identifier des potentiels prioritaires de réduction :

- *Quelle est la demande actuelle sur la zone, quelle sera la demande future ?*
- *Quel est le potentiel de réduction ? (Notamment / conception du bâtiment)*
- *Dans quelle zone climatique se situe-t-on ?*
- *Comparaison de la consommation du territoire avec la moyenne nationale pour un territoire équivalent ?*

Elle donne des sources d'informations possibles pour répondre à ces questions : météo France, les observatoires et agences locales de l'énergie, les fournisseurs et consommateurs.⁶³

Une fiche « Gestion environnementale globale » de l'approche « énergie » aborde la questions des liens avec la démarche HQE (Voir tableau p 86), en se focalisant sur les points susceptibles de concerner les urbanistes, et en citant notamment la cible n°4 « gestion de l'énergie ». La HQE peut venir compléter ultérieurement les démarches entreprises au niveau urbain⁶⁴.

Une rubrique « Pour en savoir plus » complète les fiches de chaque approche. Pour l'énergie, elle cite notamment :

- les « Acteurs territoriaux et sources d'information »⁶⁵ : Collectivités territoriales, syndicats de l'énergie, services de l'Etat, DRIRE, Météo France, INSEE...
- les « Degrés jours unifiés (DJU), et la cartographie des trois zones »⁶⁶ (voir carte p 95)
- les « impacts environnementaux liés aux consommation d'énergie », avec notamment les émissions et sources d'émissions (voir p 96-97)⁶⁷.

⁵⁹ ADEME ; *Réussir un projet d'urbanisme durable. Méthode en 100 fiches pour une approche environnementale de l'urbanisme, AEU ; 2006, P65*

⁶⁰ Ibid p71

⁶¹ Ibid p72

⁶² Ibid p73

⁶³ Ibid p75

⁶⁴ Ibid p86

⁶⁵ Ibid p87

⁶⁶ Ibid p95

⁶⁷ Ibid p96-97

Les Déplacements (p176)

Une fiche « Point clé » est consacrée aux interactions entre déplacements et Formes Urbaines : « *Aménager un territoire urbain peut être entendu comme proposer une organisation spatiale, des représentations sociales, des modes d'occupation de l'espace et d'échanges. Inversement, agir sur les déplacements, c'est modifier des équilibres économiques, des habitudes de vie, des comportements. Le système de déplacement et sa régulation interagissent donc fortement avec l'espace urbain (...) et avec les formes urbaines, qui elles-mêmes conditionnent les réseaux ou sont délimités par eux* »⁶⁸.

Entre 1990 et 1999, la population française a augmenté de 3%, alors que la « tache urbaine » a elle augmenté de 10%. Contribuent à imposer la mobilité comme « *valeur structurante de la société* »⁶⁹, les dynamiques de desserrement de l'emploi, la constitution de réseaux de villes, la métropolisation ou la spécialisation des zones ont occasionné une augmentation de l'utilisation de la voiture.

Face à l'urgence d'une limitation de l'étalement urbain, et afin de « repenser un urbanisme de proximité », cinq objectifs s'imposent à l'urbaniste⁷⁰ :

- « Préférer l'optimisation des systèmes existants » en augmentant l'accessibilité piétonne, le repérage et la signalétique, l'inter modalité et la pluri modalité viaire, la reconversion des friches et dents creuses ; l'organisation du stationnement et des livraisons (qui représentent 40% de l'énergie dépensée pour les transports en ville), la hiérarchisation réseaux...
- **« Maîtriser la consommation spatiale et travailler la compacité des formes urbaines »** : « *le dessin de l'îlot, l'aménagement de la rue influencent (...) les comportements de mobilité et de choix modaux* ».
- « Tout faire pour favoriser les modes propres et peu nuisants » en développant les « Modes Doux » par des aménagements dissuasifs pour voitures : limitation de l'emprise viaire dévolue à l'automobile, intégration de tous les modes sur un même espace, organisation du stationnement, réduction de la vitesse, développement des Transports Collectifs...
- « Favoriser le rééquilibrage modal » par une autre répartition des priorité dans l'espace. Cela implique notamment une organisation cohérente des différents réseaux selon les temps de parcours, l'attractivité des modes et des lieux, au profit des modes les moins polluants et au détriment de la voiture.
- « Faire évoluer les représentations sociales » avec des espaces publics attractifs, une proximité des services...

Une autre fiche « Point clé » consacrée aux incidences environnementales et sanitaires⁷¹ rappelle qu'à capacité de trafic égale, une route consomme deux fois plus d'espace qu'une voie ferrée interurbaine et six fois plus qu'un tram.

Une fiche « AEU et planification urbaine » relative à la cohérence entre urbanisme et déplacements souligne que dans les « couronnes périurbaines », 4 actifs sur 5 travaillent à l'extérieur et parcourent pour cela 17 Km en moyenne. La réflexion sur les transports doit donc s'effectuer à l'échelle des bassins de vie et dans le rapport au local.

L'accessibilité des zones à urbaniser et des grands équipements à créer doit être envisagée pour tous les modes. Le choix de leur localisation implique de croiser deux logiques :

- la logique type de pôle / rayonnement / Forme Urbaine et organisation des voiries
- la logique type de pôle / type de mobilité / réseaux de Transport/ complémentarité des activités

L'objectif étant de garantir une accessibilité diversifiée dès la planification⁷².

L'accessibilité aux services urbains doit s'envisager par tous les modes de transport, à comparer entre eux, en intégrant la continuité des usages (logique d'itinéraire)

En incluant les déplacements individuels pour motif d'achat, 30% de l'occupation de la voirie est due aux marchandises.

⁶⁸ Ibid p176

⁶⁹ Ibid p176

⁷⁰ Ibid p178

⁷¹ Ibid p181

⁷² Ibid p188-189

Concernant l'organisation des activités en ville, la diversité fonctionnelle des zones de vie et les évolutions urbaines (fiche « AEU et planification urbaine »)⁷³, il s'agit d'anticiper les conséquences de la répartition des pôles et services urbains en fonction des zones d'habitat et d'activités. La localisation des différentes activités, leur organisation et la densité qui en résulte occasionnent des besoins spécifiques. Les Formes Urbaines conditionnent les distances à parcourir et déterminent les modes choisis et les types de déplacement induits.

On distingue trois échelles de l'organisation et de la gestion de l'inter-modalité (fiche « AEU et planification urbaine » sur « l'organisation des transports en commun et l'inter-modalité ») :

- la région et le département (pour le rail et transports interurbains)
- le territoire du PDU
- la commune

« L'optimisation des TC passe par une vision complémentaire de ces trois échelles, qui correspondent à trois AOT (autorité organisatrice des transports) différentes ».⁷⁴

Une fiche « AEU et projet opérationnel » concerne l'aménagement de l'espace public. Y sont recommandés la visibilité de la hiérarchisation viaire, le partage de l'espace en faveur de la vie locale (piétons et modes doux) dans les zones denses et résidentielles, la lisibilité des liaisons et arrêts de transports collectifs, l'organisation du stationnement pour minimiser le poids de la voiture et favoriser les modes doux⁷⁵.

Parmi les liens des déplacements avec les autres thèmes de l'AEU, notons celui des déchets, dont l'accès multimodal au centre de traitement constitue un critère de définition du lieu d'implantation

Se voulant une démarche pédagogique et accessible aux niveaux de décisions compétents en terme de formes urbaines, l'AEU se positionne par rapport à l'un des enjeux majeurs du : celui de la déclinaison des objectifs fixés aux échelles européennes et mondiales au niveau local et notamment urbain. Elle oriente les politiques locales vers une démarche transversale aux enjeux d'un aménagement durable (dont celui des émissions de GES), mettant en évidence leurs implications en terme de formes urbaines (et d'articulation avec la question des déplacements). Elle présente en effet les articulations de différents enjeux du Développement Durable (pouvant par ailleurs faire l'objet d'indicateurs) autour de grandes thématiques « explicites » (« énergie », déplacements »...). Ces thématiques couvrent les enjeux de durabilité posés aux échelons ciblés par la démarche ; en premier lieu les PLU et les SCOT.

L'AEU propose ainsi une approche globale des enjeux, suggérant des actions urbanistiques où l'objectif de réduction des GES est pris en compte au sein d'une démarche intégrant les autres enjeux environnementaux en présence (s'articulant bien sûr eux-mêmes à des enjeux sociaux et économiques).

⁷³ Ibid p190-191

⁷⁴ Ibid p192

⁷⁵ Ibid p203

L'empreinte écologique

Rappel de définition :

(voir site du WWF, notamment, l'empreinte écologique du Grand Lyon,)

« **L'empreinte écologique** a été créée il y a une quinzaine d'années par William Rees et Mathis Wackernagel.

Elle évalue la surface nécessaire en hectares pour produire les ressources naturelles que nous utilisons, et pour absorber les déchets (y compris le CO₂) que nous produisons. Elle peut s'appliquer à un pays, une collectivité, une entreprise, un individu.

Empreinte Energie (ou Empreinte Carbone)

C'est la part la plus importante de l'empreinte écologique aujourd'hui. Elle estime la surface de forêts nécessaire pour séquestrer le CO₂ émis par la combustion de d'énergies fossiles, en partant des valeurs moyennes de séquestration des forêts mondiales, et après avoir retiré la part absorbée par les océans.

D'autres méthodes de calcul sont explorées par le groupe de recherche :

- prise en compte de tous les types de surface pour la séquestration
- calcul de l'effet du changement climatique sur la bio capacité future
- surface de terres qui serait nécessaire pour produire la quantité d'agri carburants équivalente en énergie à celle produite par les combustibles fossiles. »

Le concept d'« empreinte écologique » présente des analogies intéressantes avec notre outil potentiel:

- il donne une image très concrète à l'évaluation de paramètres très complexes
- sa réponse est synthétique
- il s'applique à des objets très divers
- il se définit comme intuitif, empirique et approximatif, mais dans ces limites, l'information produite peut être facilement exploitée pour modifier des comportements
- c'est davantage un outil de comparaison (dans le temps ou l'espace) qu'un outil d'évaluation de la qualité intrinsèque
- il existe de nombreux outils de calcul diffusés librement qui permettent à chacun d'établir son empreinte à partir de données de la vie quotidienne.

Par exemple, la SITA, filiale de Suez qui collecte les déchets, a conçu un logiciel qu'elle met à la disposition des collectivités pour évaluer l'empreinte écologique de la collecte de leurs déchets. Selon WWF, 1 000 communes auraient utilisé l'outil de calcul mis à leur disposition sur Internet.

Le Grand Lyon a procédé à l'estimation de l'empreinte écologique de son territoire. Parmi les domaines sur lesquelles elle a porté, la forme urbaine (mobilité / 25% et logement / 8%) occupe une place importante.

L'empreinte écologique peut être utilisée comme aide à la décision, dans une démarche d'amélioration, par comparaison avec une référence donnée : ainsi, les empreintes de différents habitants de la communauté urbaine sont calculées et comparées à celle de l'ensemble, leur permettant de se situer.

Le Bilan Carbone

Rappel de définition :

Qu'est-ce que la méthode Bilan Carbone® ?

C'est une méthode de comptabilisation des émissions de gaz à effet de serre à partir de données facilement disponibles pour parvenir à une bonne évaluation des émissions directes ou induites par l'activité ou le territoire considérés.

Elle s'applique à toute activité : entreprises industrielles ou tertiaires, administrations, collectivités et même au territoire géré par les collectivités.

Cette évaluation est la première étape indispensable à un décideur pour réaliser un diagnostic « effet de serre » de son activité ou de son territoire. En hiérarchisant les postes d'émissions en fonction de leur importance, il sera plus facile de prioriser les actions de réduction des émissions les plus efficaces.

Cette méthode développée par l'ADEME est compatible avec la norme ISO 14064, l'initiative GHG Protocol et les termes de la Directive "permis" n° 2003/87/CE relative au système d'échanges de quotas de CO2.

L'outil Bilan Carbone® se décline en 2 versions :

La version « entreprises » ou version n°4 mise à jour en juillet 2006. Elle permet d'évaluer les émissions nécessaires au fonctionnement d'une activité industrielle ou tertiaire. La version « collectivités » ou version n°5 éditée en janvier 2007. Cette dernière version se décompose en deux modules :

- le module « patrimoine & services qui évalue les émissions de fonctionnement de la collectivité pour ses propres activités
- le module « territoire » qui évalue les émissions de toutes les activités (industrie, tertiaire, résidentiel, agriculture transport...) prenant part sur le territoire de la collectivité

Chaque version ou module du Bilan Carbone® se compose de :

- un **tableur Excel principal** dit tableur maître prêt à l'emploi pour effectuer le calcul des émissions, comparer entre elles les émissions d'une année sur l'autre et évaluer le potentiel de diverses actions de réduction,
- un premier **utilitaire**, spécifiquement prévu pour assister l'utilisateur dans le calcul des tonnes kilomètres en transport routier,
- un deuxième **utilitaire** dédié au calcul des fuites de gaz frigorigènes dans les installations de froid et climatisation,
- un troisième **utilitaire** ayant pour vocation de permettre à l'utilisateur d'exploiter les résultats du tableur principal en simulant « ce qui est économiquement en jeu » sur l'ensemble de l'activité étudiée si le coût des énergies fossiles augmente ou si une taxe sur les émissions de GES est instaurée,
- les **manuels d'utilisation de ces différents tableurs**

le module « territoire » de la version « collectivité » est très proche de nos préoccupations. Il pourra être utilisé pour compléter de manière objective et détaillée la description de certains objets analysés pris comme référence. En revanche, l'établissement de bilans carbone pour chaque territoire concerné requiert des moyens techniques qui excèdent les moyens habituels d'une petite commune, et les résultats obtenus ne sont pas directement exploitables comme aides à la décision en matière de forme urbaine. Il nécessite de faire appel à un prestataire formé à la méthode de diagnostic, et il est souhaitable que l'interlocuteur de la collectivité suive également lui-même une formation.

Le Bilan Carbone ne permet pas directement de prendre en compte la forme urbaine, mais il peut donner des indications sur les éléments qui la constituent.

Le bâti

La forme urbaine repose largement sur la morphologie du bâti. Les constructions sont à l'origine d'émissions de GES sous l'effet de différents facteurs :

- le plus évident, qui fait l'objet depuis 30 ans de réglementations successives, est celui des consommations d'énergie pour le chauffage, et de plus en plus, pour le rafraîchissement
- le second correspond à l'énergie nécessaire pour la fabrication des bâtiments, à laquelle il convient d'ajouter celle que nécessitera sa démolition, et celle de son entretien pendant sa durée d'utilisation
- le troisième concerne les matériaux utilisés, et l'énergie grise qui les caractérise (extraction, fabrication, transformation, transport, recyclage, élimination).

- le quatrième, localisé dans le bâtiment, mais plutôt dû au comportement des occupants, est celui des déchets d'activité.

Indicateurs :

Le bâti d'une ville ou d'un quartier, selon la date de sa construction, présentera sur ces points des niveaux de performance variables.

Les matériaux liés aux procédés de construction peuvent également donner des indications

Le mode de production de la chaleur (du froid) et les chiffres de consommations lorsqu'ils sont accessibles sont des indicateurs évidents.

Mais le bâti peut aussi fournir des indications moins directes, parfois paradoxales :

Un bâtiment plus « compact » (faible surface d'enveloppe pour un volume donné) est plus économe, mais s'il présente au Sud (dans certaines régions) une grande surface de façade, il bénéficiera d'énergie « gratuite »

Une grande surface de toiture est susceptible d'accueillir des capteurs solaires producteurs d'énergie sans GES

La présence de garages laisse supposer un certain type de mobilité

La présence d'ascenseurs dans des bâtiments élevés est une cause de dépense énergétique

La largeur des rues peut réduire la densité, mais favoriser l'ensoleillement

Ces remarques nous incitent à aborder ces questions avec un point de vue global et synthétique, plutôt que tenter de mesurer l'impact propre à chaque facteur.

Les indicateurs de QEB peuvent y contribuer

La démarche HQE et les labels dérivés

La démarche HQE a pour objectif la qualité environnementale des Bâtiments (QEB). Elle ne recouvre donc qu'une partie du champ qui nous préoccupe. Cependant, dans ses derniers documents, l'association HQE souhaite orienter ses travaux vers la prise en compte du territoire.

A travers les 14 cibles qu'elle a définies, la démarche HQE fixe des objectifs, dont une partie seulement concerne l'énergie et les GES. A l'origine, elle ne comportait pas d'évaluation des bâtiments mais constituaient à inciter les maîtres d'ouvrage à améliorer certains aspects environnementaux de leurs bâtiments, selon des priorités qu'ils décidaient eux-mêmes.

Dans un deuxième temps, des organismes de certifications (Certivea, Cerqual, AFNOR...) ont proposé des « labels » fondés sur les cibles HQE, dans lesquels d'ailleurs le volet « énergie » a une place importante

Mais ce qui fait la différence avec des labels similaires étrangers (Passivhaus allemand, Minergie suisse,...), c'est l'approche environnementale globale qui caractérise la HQE, dans laquelle la question énergétique n'est pas détachée des questions de santé, de déchets, de confort, de rapport au site. Cette approche originale n'est pas sans créer des difficultés lorsqu'il s'agit de mettre en relation des aspects quantifiables avec des aspects purement qualitatifs.

Les cibles de la démarche HQE fixent des objectifs généraux, mais ne donnent aucune solution pour y parvenir : c'est à la fois un défaut, car son rôle peut sembler limité, et une qualité, car elle laisse ainsi toute liberté d'innovation.

Dans l'élaboration de notre outil, on pourra rechercher des indicateurs concernant le bâti qui s'inspirent des cibles HQE, mais il faudra sans doute préciser leur définition.

Le principal enseignement que l'on peut retirer de la démarche HQE, c'est l'approche synthétique qui associe des critères quantitatifs relatifs à l'énergie avec des critères qualitatifs que l'on veut également préserver.

Cet état de l'art illustre la complexité des systèmes d'indicateurs et leur difficile mise en œuvre. Il conforte l'intérêt de notre recherche, à savoir la construction d'un outil simple à l'usage des décideurs de petites communes, ne disposant pas de moyens humains et techniques importants.

METHODE ET ELABORATION DE L'OUTIL

Principes d'un outil d'aide à la décision

Une nouvelle approche des systèmes d'indicateurs environnementaux urbains : le projet RUE.

Dans le projet RUE, notre approche est différente des systèmes d'indicateurs urbains présentés. En effet, nous ne nous inscrivons pas dans une approche « impact » ; nous nous intéressons à la comparaison entre variantes urbaines ; nous travaillons à une échelle géographique fine, celle du projet urbain, ou de la petite ville ; nous tentons de renouveler les outils d'aide à la décision par une analyse factorielle de correspondances dans un ensemble exhaustif de descripteurs. Ce nouveau paradigme peut ainsi faire apparaître une génération d'indicateurs urbains simplifiés ne s'appuyant plus sur une structuration DPEA, DPSIR ou DPSEEA.

Les différents systèmes d'indicateurs analysés ci-dessus présentent, par rapport à nos objectifs, des limites ou restrictions qui nous conduisent à envisager une approche un peu différente :

- même lorsque l'objet de l'évaluation pourrait être pertinent à l'échelle plus réduite d'un territoire entrant dans le champ de notre étude, l'absence de données « locales » rend ces indicateurs inapplicables.

Cela nous conduit à adopter un raisonnement inverse : A partir des données « facilement » disponibles sur un territoire donné, peut-on obtenir une description pertinente des effets de la forme urbaine sur les émissions de GES ?

- des méthodes « lourdes » comme le Bilan Carbone permettent de mettre en relation directe certains facteurs d'émission avec leurs conséquences. Cette approche ne peut plus s'appliquer pour le système complexe de facteurs que constituent la forme urbaine et les dynamiques d'agglomération, considéré globalement. Cependant, on est souvent capable d'apprécier « en gros » l'efficacité énergétique d'une forme urbaine donnée, sans pour autant être dans la capacité de mettre en évidence les corrélations précises entre tel facteur et telle quantité de GES émise.

- de plus, toute forme urbaine recèle à la fois des facteurs positifs et des facteurs négatifs en ce domaine, et sa qualité ne peut être réduite à cette seule dimension. Les citoyens, associés à la prise de décision, peuvent comprendre que la réduction des émissions de GES implique pour leur vie quotidienne certaines restrictions, mais à condition de respecter certaines limites. L'objectif recherché sera mieux illustré par des exemples de formes urbaines identifiables, prises comme références, plutôt que par des chiffres abstraits. Malgré toutes les critiques que l'on peut admettre, l'image de « l'empreinte écologique » est parlante pour des non spécialistes et contribue à la pédagogie environnementale.

La démarche s'appuie donc sur les principes suivants :

- proposer au décideur un moyen de situer son territoire – territoire existant ou territoire projeté – par rapport à un échantillonnage de territoires comparables. Cette comparaison pourra être globale, puis affinée pour les principaux critères qui différencient les formes urbaines pour leurs émissions de GES.
- pour établir cet échantillonnage, on collectera sur un ensemble de territoires « homogène » des descripteurs facilement disponibles rendant compte à la fois de la forme urbaine, des dynamiques d'agglomération, et des différentes formes d'émission de GES.

Sur la base des enseignements apportés par les études citées ci-dessus, on recherchera des descripteurs recouvrant l'ensemble des dimensions concernées ou susceptibles de l'être. On ne

cherchera pas à établir pour chaque cas le lien entre telle donnée mesurée ou constatée et tel effet, mais plutôt à obtenir la description la plus complète possible de chaque domaine.

Nous proposons ensuite d'appliquer une technique d'analyse des données multidimensionnelle (Analyse Factorielle des Correspondances, AFC) pour mettre en évidence la manière dont l'ensemble des objets de l'analyse se structure, et les liens qui existent entre certains descripteurs et certains effets. Cette analyse se traduit par une représentation spatiale selon des axes rendant compte chacun d'une part de l'information. L'interprétation de chaque axe, à partir de l'identification des objets qui le déterminent, conduit à la définition d'un « indicateur synthétique ». En général, ce genre d'analyse met en évidence 5 ou 6 facteurs significatifs. Le premier axe traduit l'ensemble des caractères les plus discriminants, qui constituent l'essentiel de l'information. Le deuxième axe apporte un deuxième niveau de l'information, et ainsi de suite...

Un premier résultat sera donc la mise en évidence de ces indicateurs synthétiques de l'efficacité énergétique et des émissions de GES fondés sur différents critères liés à la forme urbaine et aux dynamiques d'agglomération.

La deuxième étape consiste à utiliser le résultat de l'analyse comme outil d'évaluation : L'AFC permet de faire apparaître sur la carte multidimensionnelle un « élément supplémentaire », défini par les mêmes descripteurs que les objets de l'analyse, et d'observer sa proximité avec d'autres objets selon les axes principaux.

Dans notre cas, si l'on a établi la carte d'une vingtaine de quartiers de Seine et Marne, par exemple, le maire d'une commune pourra demander d'y placer un quartier qu'il projette de créer ou transformer. La proximité avec d'autres quartiers, qu'il connaît, constitue une information sensible car elle renvoie à des images globales de tissu, d'ambiance ou de fonctionnement urbain. L'analyse peut se prolonger par la simulation : une nouvelle projection peut être faite avec une description du quartier où l'on a modifié les paramètres en fonction du projet. La nouvelle position de l'objet sur la carte rend compte de l'effet produit par la modification.

Dans un domaine aussi complexe que la fabrication de la ville, sous la responsabilité collective d'élus et de citoyens qui ne sont pas des scientifiques avertis, un tel outil permet néanmoins de fournir un éclairage d'ensemble pour les décisions à prendre.

On peut comparer cette attitude à la prévision météorologique : les modèles mathématiques de la prévision météorologique sont parmi les plus complexes qui soient et nécessitent les ordinateurs les plus puissants. Pourtant, dans bien des cas, le paysan averti est capable, au vu d'une situation qu'il perçoit globalement, de prédire « en gros » le temps des jours suivants. Il est évidemment incapable de décrire le mécanisme qui détermine cette évolution. Mais il est cependant apte à prendre un certain nombre de décisions, sur la base de l'analyse intuitive d'un ensemble de paramètres perçus.

Face à l'urgence du dérèglement climatique, le plus important est d'agir à grande échelle. Nous préférons offrir à tous les décideurs un moyen d'améliorer facilement de 75% leurs décisions, plutôt que de réserver à une élite un outil efficace à 95%.

- la représentation graphique des résultats de l'AFC présente des qualités pédagogiques évidentes. Cette forme de représentation par cartes est d'ailleurs de plus en plus utilisée dans différents domaines pour synthétiser des résultats d'enquêtes dans les journaux. Ces résultats serviront de support à un dialogue pédagogique entre les décideurs et les citoyens.

Dans notre exemple, en plus de quartiers de Seine et Marne, on peut ajouter quelques quartiers emblématiques, par rapport à la forme urbaine ou à l'efficacité énergétique : grand ensemble connu, quartier pavillonnaire typique, cité jardin, éco quartier médiatisé, vieux centre historique... La position sur la carte de ces objets identifiables facilitera l'interprétation des axes et la comparaison avec les objets étudiés. Les citoyens pourront ainsi percevoir de quelle typologie le quartier qui les concerne est plus ou moins proche.

- chaque utilisation de la méthode augmente la fiabilité de ses résultats : plus l'échantillon sur lequel porte l'analyse est important, plus les résultats auront une portée générale. L'outil se perfectionnera donc à chaque utilisation.

Parmi tous les paramètres introduits dans la description des quartiers, tous n'ont pas le même poids dans les résultats obtenus. Au début, il est préférable de conserver une certaine redondance, qui permet de garantir une cohérence si certaines données sont incertaines. Mais après un certain nombre d'application, on devrait pouvoir déterminer ceux qui sont les plus pertinents, et mesurer la perte d'information qu'entraînerait leur suppression. On pourra alors si on le souhaite réduire le nombre de paramètres à collecter sans diminuer sensiblement la qualité du résultat.

- l'analyse peut prendre en compte des éléments, positifs ou négatifs, que l'on juge importants pour la qualité urbaine sans pouvoir pour autant définir un lien précis avec l'émission de GES. Cela permet de rechercher une optimisation sur ce critère sans perdre de vue la qualité globale, le confort urbain, ou la sécurité, plus difficiles à quantifier. Par exemple, il apparaît probable que la forte densité a un effet favorable sur l'efficacité énergétique. En revanche, par rapport aux risques majeurs que sont les séismes ou les inondations, elle peut devenir un grave inconvénient. La décision à prendre ne devra pas ignorer cette dimension « collatérale ».

Plus généralement, l'analyse peut porter sur des données qualitatives, notées en présence / absence, ou en niveau d'intensité, comme sur des données quantitatives.

Les différentes théories sur la ville sont souvent marquées par la culture urbaine de leur auteur, plus sensible à certains aspects qu'à d'autres selon l'époque ou le lieu. Les indicateurs synthétiques que nous envisageons présentent une dimension objective, dans la mesure où ils résultent de la structure de l'information contenue dans un échantillon. Plus l'échantillon est homogène, plus cette information sera pertinente : on ne cherche pas à établir une corrélation a priori entre un indicateur précis et un effet induit déterminé, mais ce qui fait que deux territoires se ressemblent du point de vue de l'ensemble des critères retenus. Dans ce sens, la découverte en facteur 1 d'une interprétation « évidente » n'est pas un résultat décevant, mais une confirmation de la validité de l'analyse.

La première étape consiste à choisir les descripteurs et les objets de l'analyse :

Descripteurs :

Le terme de descripteur est utilisé de préférence à celui d'indicateur, trop connoté par son sens, en économie notamment, et la référence à des valeurs quantifiables. Notre but est d'obtenir une description aussi complète que possible, sans a priori sur le sens à accorder à chaque descripteur pris séparément.

Le choix des descripteurs est conditionné par plusieurs facteurs :

Le premier est **la disponibilité des données** : nous le plaçons en premier car il garantit l'efficacité de l'outil. On a vu à travers les études et les méthodes analysées quels sont les indicateurs susceptibles de rendre compte du rapport entre forme urbaine / dynamiques d'agglomérations et efficacité énergétique / émission de GES. Certaines font état de la collecte de données, mais souvent à une échelle trop globale pour notre point de vue.

Nous proposons de recenser les lieux de collecte de données, ou les documents facilement disponibles d'où les données pourraient être extraites par des moyens simples :

- documents graphiques : photos aériennes, cadastre, thermographie aérienne, carte des transports collectifs, ...
- données quantitatives : recensement INSEE, consommations électriques, possession de véhicules,...

A partir de ces sources, un certain nombre de descripteurs doivent être extraits par des moyens simples et relativement fiables.

Le deuxième est **l'exhaustivité du système** de descripteurs. L'ensemble des descripteurs recueillis sur un objet (quartier, territoire,...) doit autant que possible recouvrir l'ensemble des dimensions mises en évidence par les études. S'il est évident que cet objectif ne sera pas atteint à 100%, il faut cependant tendre vers cet objectif. Pour cela, on pourra cumuler plusieurs critères qui pourraient paraître redondants, mais dont la présence simultanée contribue à la fiabilité.

Le nombre de critères pourra par la suite être réduit si l'on constate que certains n'apportent pas de contribution significative à l'explication.

Les premiers résultats pourront également conduire à rechercher de nouveaux paramètres qui renforcent l'information dans le sens des premières conclusions.

Le troisième est la **lisibilité**, notamment par rapport à l'objectif poursuivi qui est **l'aide à la décision** en matière d'urbanisme. Par exemple, la largeur des rues est une information plus « parlante » que le rapport entre un COS d'îlot et un COS global.

Dans la perspective de l'utilisation de l'outil en simulation et en pédagogie, dans le dialogue avec les citoyens, on choisira des descripteurs dont la traduction en terme d'usage soit facile.

Territoires objets de l'analyse :

Nous avons choisi de privilégier, comme cible de notre outil, les petites communes de moins de 10 000 habitants. Dans l'absolu, rien ne s'opposerait à ce qu'on le propose à des communes plus importantes. Cette limitation tient essentiellement à la préoccupation de le rendre accessible au plus grand nombre, pour démultiplier les effets escomptés dans un avenir relativement proche.

Quelle délimitation pour les sous-ensembles urbains analysés ?

Le but de l'outil n'est pas de proposer une théorie globale de la ville économe, mais d'assister les décideurs dans leurs prises de décision, et dans la communication avec les citoyens.

Il faut donc

- identifier les décideurs
- identifier sur quoi portent les décisions (choix, orientations) qu'ils prennent
- proposer des critères d'évaluation adaptés
- proposer des représentations intelligibles par les citoyens

Certaines décisions sont très délimitées, et leur impact peut être apprécié directement (un rond-point, un abri à vélo sur la place...)

Certaines décisions, quoique limitées, se rattachent à une stratégie plus globale, aux incidences plus complexes (éclairage public d'une rue, interdiction du stationnement dans un secteur...)

Certaines décisions concernent une « opération » (Lotissement, ZAC, zone artisanale...) ou un équipement « stratégique » (école, médiathèque, centre commercial...)

Certaines enfin définissent l'ensemble des évolutions de la ville (PLU) : les formes urbaines induites peuvent être variées ; on les abordera à travers chaque rubrique du PLU, de manière à pouvoir identifier les formes différentes.

Il convient donc de rechercher un échantillon d'objets, de morceaux de ville, qui rendent compte de la complexité globale, mais à l'échelle d'observation qui correspond aux responsabilités des décideurs qui nous intéressent.

Il faut bien distinguer deux phases de la constitution de l'outil :

- l'élaboration d'un référentiel
- l'application de ce référentiel

Pour le diagnostic

Pour la prévision

L'échantillon initial doit conduire à mettre en évidence des indicateurs globaux à partir des facteurs de l'analyse. Il doit donc comporter des objets « typés » qui facilitent l'interprétation :

les facteurs apparaissent à travers l'opposition sur un axe entre des ensembles d'objets, et par la contribution à cette opposition de certains des descripteurs de ces objets. Des objets « simplistes » aux paramètres « homogènes » facilitent l'apparition d'oppositions lisibles. Mais il ne faut évidemment pas se limiter à ces seuls exemples et retenir aussi des objets plus complexes, susceptibles de rendre compte de significations plus subtiles, moins évidentes. D'ailleurs, la complexité en elle-même peut être un indicateur pertinent.

D'ailleurs, si la contribution de certains descripteurs, ou de certains objets, semble disproportionnée, on peut refaire l'analyse en les supprimant pour évaluer la stabilité des facteurs.

Dans la deuxième phase, l'objet analysé sera l'objet produit par telle ou telle décision en matière d'urbanisme, dont on veut évaluer l'efficacité énergétique : par sa proximité avec tel ou tel objet de l'échantillon, au sens de tel ou tel facteur/indicateur, on en estimera une similitude globale (énergie + qualité urbaine) et on disposera de références concrètes pour communiquer avec les élus ou les citoyens.

La difficulté consiste à rassembler un grand nombre d'exemples bien renseignés quant à leur efficacité énergétique, présentant des caractéristiques facilement identifiables en matière de formes urbaines et dynamiques d'agglomération. Pour des raisons de clarté, on en limitera la taille à une taille comparable à celle des objets mis en jeu par nos décideurs, en essayant de préserver une certaine cohérence, pour que les résultats de l'analyse puissent faire apparaître des facteurs (indicateurs complexes) non équivoques. Dans la phase de diagnostic ou de simulation qui suivra, on acceptera tout objet résultant d'une décision ou d'un projet : sa situation par rapport aux exemples caractéristiques de l'échantillon permettra d'éclairer les décideurs.

Au niveau local du « quartier⁷⁶ », l'économie énergétique du fonctionnement de la ville est en grande partie infléchie par des paramètres gérés à des échelles supérieures. Par exemple, la présence d'un arrêt de bus permettant de se rendre au collège évitera d'accompagner les enfants en voiture. Il faudra donc rendre compte, par des descripteurs attachés à ce quartier, de ce paramètre important. On pourra par exemple retenir la distance la plus grande pour rejoindre l'arrêt de bus depuis tout point du quartier (ce qui permet de rendre compte d'un arrêt situé en dehors de la zone étudiée), pondérer la « valeur » du réseau de TC par les pôles auxquels il permet d'accéder,...

Le choix le plus évident pour délimiter l'objet étudié semble une définition géographique, un périmètre, qui permet de travailler sur des représentations spatiales. Toutefois, quand on parle d'efficacité énergétique, la référence au mètre carré construit ou à l'hectare aménagé n'est peut-être pas pertinente. Il semblerait plus logique de rapporter la consommation à l'habitant : ainsi, la création d'un éco quartier entièrement BBC, en bordure d'une forêt, avec tri des déchets intégral, pourrait s'avérer catastrophique si tous les déplacements pour en sortir devaient faire appel à la voiture individuelle.

Le rôle de l'enquête

Nous avons lancé une enquête auprès d'un certain nombre de décideurs, élus ou autres, afin de préciser quelles sont les décisions qu'ils sont amenés à prendre dans le domaine de notre étude : il est important au départ de connaître le niveau de perception qu'ils peuvent avoir dans ce domaine complexe, et à travers quelles procédures pourraient intervenir des changements.

Les objets de l'analyse devront correspondre à l'échelle à laquelle se situent les prises de décisions ; il est donc probable que plusieurs échelles soient concernées ; dans ce cas, des analyses distinctes pourront être entreprises.

Si l'on prend l'exemple des règlements, comme le SCOT ou le PLU : on peut considérer toute l'aire soumise à ces textes, mais aussi se limiter à un territoire (lotissement, zone d'aménagement,...) où ce règlement conditionnera la forme urbaine.

⁷⁶ Partie d'une ville ayant certaines caractéristiques ou une certaine unité (dict. Larousse)

Selon le territoire retenu, la description concernant la forme urbaine et les émissions de GES devra prendre en compte non seulement ce qui est géographiquement inclus dans son périmètre, mais aussi ce qui est induit par l'activité développée dans ce périmètre. Ainsi la desserte en transport en commun propre à ce territoire, ou la localisation des équipements qu'il nécessite, devront être pris en compte.

Compte tenu du retard constaté dans le retour des questionnaires, nous avons été amenés à effectuer certains choix de manière anticipée. En fonction des résultats de l'enquête et des premières informations apportées par l'analyse, il sera possible de modifier certains paramètres, notamment l'échelle de territoire sur laquelle nous fonderons la version définitive de cet outil.

L'ENQUETE AUPRES DES DECIDEURS

Principes

Dans notre réponse à l'appel d'offre, nous faisons équipe avec le CAUE 77 car, d'emblée nous voulions réfléchir à un outil pratique d'aide à la décision que nous pourrions tester sur un « vrai » terrain.

Au fur et à mesure de l'avancement de nos travaux, nous avons éprouvé le besoin d'aller voir du côté des maires de ces communes de moins de 10 000 habitants (plus de la moitié des français y résident) et de connaître un peu mieux leur métier et la façon dont ils prennent leurs décisions, leurs marges de manœuvre et leurs attentes pour fabriquer un outil le plus opérationnel possible.

Dans un premier temps un questionnaire a été lancé par le CAUE77 sans grand résultat.

Dans un deuxième temps nous nous sommes rapprochés de l'Association des Eco-Maires qui a accepté de nous aider en diffusant largement notre questionnaire. Nous les en remercions vivement. Nous avons pu ainsi élargir notre enquête ;

Cependant tout ceci a pris du temps et il était impossible, sous peine de ne pas respecter le délai de remise de l'étude, d'attendre les résultats de l'enquête pour élaborer l'outil. Les deux volets ont donc avancé simultanément.

Néanmoins ce travail en direction des maires nous a permis de valider la plupart de nos hypothèses et de constituer un groupe de maires qui serait d'accord pour tester l'outil une fois celui-ci esquissé.

C'est bien dans un aller et retour avec les futurs utilisateurs que nous pourrons adapter l'outil au plus près de leurs attentes.

Le questionnaire

REPONSE A L'APPEL A PROPOSITIONS DE RECHERCHE PREBAT/PUCA

Incidence des formes urbaines et des dynamiques d'agglomération sur les émissions de gaz à effet de serre et l'efficacité énergétique liées aux bâtiments.

« RUE » 2D2E

Renouvellement Urbain Econome : Décider un Développement Econome en Energie

Composition de l'équipe ARCHINOV

Responsable scientifique : Luc Adolphe, professeur des universités,

Colas Bazaud, urbaniste

Patrice Bazaud, architecte, statisticien

Roger Desbiens, directeur du CAUE 77

Philippe Grandjean, architecte au CAUE 77

Elisabeth Pélegrin-Genel, architecte, urbaniste, psychologue du travail

François Pélegrin, architecte, urbaniste

Notre proposition vise à aider les acteurs politiques et économiques des petites communes à fabriquer un cadre bâti de qualité, en leur permettant de traduire dans l'espace leurs projets urbains dans une perspective de développement durable.

Notre objectif est la mise au point d'une maquette d'outil simplifié d'évaluation de l'empreinte énergétique d'un tissu urbain donné, utilisable pour des projets d'aménagement (opérationnels ou stratégiques), comme pour le diagnostic d'opérations déjà réalisées.

Méthode

Cet outil sera basé sur un système hiérarchisé de données facilement accessibles pour une commune : photographie aérienne, cadastre, données INSEE, données connues en mairie. Ce système s'appuie sur une grille de critères fondés sur les principes développement durable.

Il permettra d'évaluer qualitativement et/ou quantitativement la performance environnementale et notamment énergétique de la forme urbaine, en tenant compte simultanément de la construction, des infrastructures de transport et des réseaux urbains.

L'originalité de cet outil est de permettre à un élu de comparer son projet ou sa réalisation avec d'autres quartiers qu'il connaît et de renvoyer à des images globales de tissu, ambiance et fonctionnement urbain

Pour assister les décideurs dans leurs prises de décision, et dans la communication avec les citoyens, il est nécessaire de mieux comprendre les processus mis en œuvre pour aménager le cadre bâti et identifier la nature des décisions qu'ils prennent (choix, orientations). Nous avons conçu ce petit questionnaire, à cet effet.

En nous accordant quelques instants pour le remplir, vous nous aidez grandement à bâtir un outil simple, correspondant à vos pratiques et, nous l'espérons, très utile...

Taille de la commune

Nombre d'habitants Surface.....

Questionnaire : énergie et décisions d'urbanisme

Au cours des 10 dernières années, quelles sont les principales décisions que vous avez prises en matière d'urbanisme ?

	interco	PNR	Commune
Mise en place / révision du PLU			
Mise en place / révision du SCOT			
Création d'un lotissement communal			
Participation à une procédure DSU ou DSQ ou OPAH			
Création d'une ZAC			
Création / extension de transports collectifs			
Création de zone commerciale			
Création d'une zone tertiaire			
Création / remplacement de mobilier urbain			
Mise en place / révision d'un ZPPAUP			
Création d'une SEM			
Participation à un SIVOM / SIVU			
Construction d'un équipement public			
Autre (précisez)			

Pendant la même période, quelles sont les principales transformations de la ville qui sont intervenues sous l'action d'autres décideurs (délégation ou autres mandats) ?

Implantation de zone commerciale	
Création d'une ZAC	
Création d'un lotissement	
Construction d'un équipement public	
Création / extension de transports collectifs	
Création d'une zone tertiaire	
Autre (précisez)	

Votre ville fait-elle partie d'un ou plusieurs regroupements de communes ? Pour quels objets ?

Communauté urbaine	
Communauté d'agglomération	
Communauté de communes	
Syndicat intercommunal	
Syndicat mixte	
Syndicat d'agglomération nouvelle	
Pays	

Dans quels domaines la question énergétique est-elle présente dans vos actions ? Classer les priorités de 1 à 5

	Au niveau du	Syndicat	interco	PNR	commune
Gestion des locaux et équipements municipaux					
Réhabilitation des bâtiments communaux					
Implantation des équipements					
Développement urbain					
Eclairage public					
Déchets					

Transports en commun	
Transports « doux »	
Subventions aux particuliers	
Subventions aux entreprises	
Information du public	

Pensez-vous que les questions d'énergie peuvent trouver des réponses à l'échelle de la commune ?

oui	non	nsp

Quelles mesures devraient être prises à un niveau supérieur pour faciliter votre action communale ?

Organisation des transports	
Développement du logement social collectif	
Définition des règles de densité	
Définition des règles de mixité	
Collecte des déchets	
Réseaux de chaleur, géothermie	
Implantation des entreprises	
Implantation des commerces	
Autres (précisez)	

A quelle échelle d'intervention ou de décision pensez-vous que doivent être traitées les questions

	La ville	L'interco.	Le départ.	La région	Le pays
du bâtiment économe ?					
des énergies renouvelables pour le bâtiment ?					
de la voiture individuelle ?					
des transports « doux » ?					
des transports collectifs ?					
des déplacements habitat / travail ?					
des implantations commerciales ?					
des déplacements de marchandises ?					
de l'implantation des équipements publics ?					
Autres (précisez)					

Quels sont les acteurs (autres que les élus) déterminants sur les questions énergétiques en matière d'urbanisme ?

Services communaux	
Autres administrations et services publics	
distributeurs d'énergie et concessionnaires	
entreprises privées (industriels, commerciaux...)	
Laboratoires de recherche	
Constructeurs, promoteurs	
Autres (précisez)	

Pouvez-vous évaluer l'efficacité énergétique de votre ville ? par quels moyens ?

DPE des bâtiments publics	
DPE des bâtiments privés	
Thermographie aérienne	
Consommation d'électricité moyenne / hab.	
Consommation de fuel / gaz	
Nombre de voitures particulières / hab.	
Distance parcourue en transports collectifs / hab.	
Densité moyenne du bâti	
Age moyen du bâti	
Statistiques sur les énergies renouvelables	
Autres (précisez)	

Echantillon et résultats

Une quinzaine de communes a répondu à notre questionnaire. Toutes de moins de 10 000 habitants. 8 sont situés en Seine et Marne, 2 non identifiés probablement dans le 77.

CARRY LE ROUET	6342 HAB	10 Km2	<i>Densité</i> 634 hab./km ²
CHAILLY EN BIERE	2174 HAB	1308 Ha	<i>Densité</i> (en 1999): 163 h/km ²
CHAUMES EN BRIE	3047 HAB	2007 Ha	<i>Densité</i> (en 1999): 137 h/km ²
DAMMARTIN EN GOELE	8046 HAB	897 ha	<i>Densité</i> 870 hab./km ²
LA CHAPELLE LA REINE	2694 HAB	1591 Ha	<i>Densité</i> , 49 hab./km ²
LE POIRE SUR VIE	7295 HAB	7200 Ha	<i>Densité</i> 1010 hab/km ²
LESIGNY	7669 HAB	1013 Ha	<i>Densité</i> 755 hab/km ²
MORET SUR LOING	4478 HAB	5 km ²	<i>Densité</i> (en 1999): 880 h/km ²
PERROS GUIREC	7733 HAB	14,2km ²	<i>Densité</i> : 546 hab/km ²
POMMEUSE	2693 HAB	1280 Ha	<i>densité</i> 195 hab./km ²
VERNEUIL L'ETANG	3135 HAB	781 Ha	<i>Densité</i> (en 1999): 402 h/km ²
VERNOUILLET	9496 HAB	6,48 Km ²	<i>Densité</i> 1 462 habitants au km ²
VIEILLE EGLISE	782 HAB	9,8 Km ²	<i>Densité</i> 53 hab/Km ²

Les municipalités ont toutes un PLU, 5 d'entre elles un SCOT, 8 participe à un SIVOM/SIVU. Elles se sont regroupées en syndicat intercommunal pour dix d'entre elles, et en communauté de communes pour 9

Dynamiques 4 ont créé un lotissement communal, 4 une ZAC, 4 à la création d'une zone commerciale, 3 d'une zone tertiaire

9 ont créé ou remplacé du mobilier urbain

Toutes (ou presque) ont construit un équipement public

Depuis 10 ans, d'autres transformations se sont produites avec d'autres décideurs : 6 communes ont eu des lotissements créés, 5 des constructions publiques.

Les réponses à la « question dans quels domaines la question énergétique est-elle présente dans vos actions » est significative. Les maires y pensent pour la gestion et la réhabilitation des équipements municipaux, (10 et 12) et pour l'éclairage public (11)

Ensuite par ordre décroissant ils citent les déchets (8), les transports doux (7), l'information au public (6), le développement urbain (5)

Près des trois quart pensent que les questions d'énergie peuvent trouver des réponses au niveau de la commune, une opinion qui signe leur engagement, leur optimisme et leur capacité à agir.

Ils sont tous d'accord pour penser que l'organisation des transports (12) doit être prise à un niveau supérieur pour faciliter leurs actions communales.

De même que la définition des règles de mixité (pour 7), la définition des règles de densité (6), la collecte des déchets (6), également (pour 5) ce qui relève du développement du logement social collectif, des implantations des entreprises, ou celles des commerces.

Dans quel cadre opérationnel les questions énergétiques peuvent être abordées ?

A l'échelle du Bâtiment économe, ou des énergies renouvelables pour le bâtiment, la majorité répond que cela se passe au niveau de la ville.

Pour la question des implantations des équipements publics, la moitié pensent que cela relèvent de la ville, l'autre moitié de l'intercommunalité

Pour la question des transports (voiture, doux, collectif), les réponses s'étagent avec régularité et constance entre ville, intercommunalité, département, région ou pays : difficile de dégager une tendance à partir de cette enquête.

La municipalité peut-elle agir sur les comportements en ce qui concerne :

Les énergies renouvelables pour le bâtiment (10), l'implantation des équipements publics (8) , les transports doux (7), le bâtiment économe (6).

On trouve une égalité de oui et de non en ce qui concerne les transports collectifs, et la voiture individuelle.

Quels sont les autres acteurs déterminants sur les questions énergétiques en matière d'urbanisme ? Beaucoup ne se sont pas prononcés sur cette question.

Les services communaux ont leur poids pour (8), de même que les autres administrations, les distributeurs d'énergie et concessionnaires, l'école (7 réponses à chaque fois)

Le poids des constructeurs promoteurs semble relativement faible pour ces petites communes (5 réponses)

Pouvez-vous évaluer l'efficacité énergétique de votre ville : question un peu technique qui a désarçonné certains d'où plusieurs non réponses.

Le DPE des bâtiments publics, la densité moyenne du bâti sont cités 4 fois

Tous (à l'exception de 3 qui ne se prononcent pas) aimeraient disposer d'un outil gratuit sur ces questions d'énergie et 2 sont prêts à payer pour cela.

Notre compréhension de leur métier et de leurs attentes

Les domaines d'action municipale les plus cités par les maires concernant la question énergétique (réhabilitation des équipements municipaux et éclairage public) relèvent des compétences légales et des capacités de fonctionnement des communes. Hormis l'information au public, ce n'est pas autant le cas des autres domaines cités. En effet, pour de petites localités, la gestion des déchets ou le développement urbain constituent souvent des problématiques supra communales concernant les échelles de l'agglomération et du bassin de vie.

Si les maires interrogés se sentent concernés par les questions énergétiques et expriment autant une volonté qu'une capacité d'action dans des domaines qu'ils identifient bien, la connaissance de leurs territoires les rend par ailleurs conscients de leurs limites pour des questions impliquant des territoires plus vastes.

Ils sont ainsi unanimes concernant la nécessité d'une gestion supra communale de l'organisation des transports, comprenant bien que c'est à l'échelle des bassins de vie que se structurent les mobilités. Les résultats plus partagés concernant des questions comme la densité, la mixité, ainsi que les implantations d'entreprises et de commerces témoignent quant à eux vraisemblablement de la diversité des situations locales.

Les questions nécessitant d'être envisagées aux échelles du bassin de vie ou de l'agglomération supposent néanmoins une attitude volontariste des communes en terme de déclinaisons locales des stratégies pensées aux niveaux supérieurs. Cela est particulièrement évident pour la production et la gestion du bâti, qui relèvent de la compétence des maires et sont déterminantes concernant des questions comme la mixité et la densité.

La nécessité de relayer localement des orientations impliquant un niveau supra communal semblent d'ailleurs bien compris par les communes qui, pour la plupart d'entre elles, considèrent pouvoir **agir sur les comportements** concernant les énergies renouvelables pour le bâtiment, l'implantation des équipements publics, ou les transports doux. Ces derniers, s'ils s'insèrent dans la problématique supra communale des déplacements, impliquent néanmoins des actions sur la voirie communale. Dans une certaine mesure, cette nécessité de déclinaison des politiques de transport sur la voirie communale vaut d'ailleurs aussi pour les transports motorisés et individuels, pour lesquels les communes ont une certaine capacité à agir sur les nuisances occasionnées et à favoriser la qualité de vie des administrés.

Concernant **le cadre opérationnel et le niveau décisionnel auxquels les questions énergétiques peuvent être abordées**, une majorité des maires interrogés se considère d'ailleurs à même de répondre aux questions relatives aux performances énergétiques des bâtiments. Les échelles territoriales et donc les niveaux de décision pertinents au regard des problèmes posés semblent ainsi bien identifiées dans l'ensemble.

Les spécificités locales et thématiques occasionnent en outre des points de vue variés concernant les implantations d'équipements. La nature de l'équipement et le public qu'il vise d'une part, et le contexte local d'autre part (notamment la taille de la commune et sa position au sein d'une entité territoriale plus large) constituent en effet des variables déterminant la pertinence d'un niveau décisionnel par rapport à un autre. Il est donc logique que les avis soient partagés concernant **les autres acteurs déterminants sur les questions énergétiques en matière d'urbanisme**.

Cités plusieurs fois comme éléments participant à **la capacité des maires à évaluer l'efficacité énergétique de leur ville**, le DPE des bâtiments publics et la densité moyenne du bâti témoignent de la perspicacité des personnes interrogées. L'absence assez fréquente de réponse à cette question est en outre révélatrice de l'intérêt de notre outil, proposant une évaluation pouvant aisément et directement s'articuler à des initiatives d'action plutôt qu'un diagnostic chiffré dont les résultats seraient vraisemblablement moins évidents à traduire en terme d'objectifs concrets.

Entre compétences officielles et compétences réelles

Malgré le faible nombre de réponses à ce questionnaire, les résultats font bien ressortir la tension entre enjeux et actions que connaissent les maires de petites communes. Bien que largement occupés par des activités professionnelles souvent fort différentes de leurs fonctions d'élus, ces derniers comprennent bien les enjeux auxquels ils sont confrontés, et réalisent également la difficulté d'y répondre. Le décalage entre compétences officielles et compétences réelles s'avère en effet particulièrement important dans ces communes de petites tailles.

Particulièrement déterminantes concernant la production du cadre bâti, les compétences officielles des maires -au premier rang desquelles le permis de construire et la maîtrise de la voirie communale- se heurtent, dans les faits, à de lourdes contraintes pour parvenir à une politique communale éco responsable. Pouvant être ventilées en deux grandes catégories, ces contraintes concernent d'une part les limites humaines et financières, et d'autre part la question des échelles territoriales auxquelles les problématiques se posent.

Disposant rarement de professionnels de l'urbanisme dans leurs services, les petites communes ont tendance à se trouver tributaires des DDE, dont elles pâtissent souvent des logiques fragmentaires peu en phase avec les enjeux environnementaux, tant pour l'élaboration de documents d'urbanisme réglementaire que pour des études pré opérationnelles. Permettant une identification souvent pertinente des enjeux et constituant de ce fait un atout fondamental, la fine connaissance que les élus de petites communes ont de leurs territoires et de leurs administrés s'accompagne en outre fréquemment de visions ambitieuses et pertinentes. Mais les moyens manquent malheureusement souvent pour que celles-ci puissent se traduire sous forme d'actions.

Cette bonne connaissance des territoires de petites localités par leurs maires est notamment permise par le très grand nombre de communes françaises et le découpage très fin qu'il occasionne, permettant une grande proximité entre élus et administrés. Cette réalité institutionnelle coexiste aujourd'hui néanmoins avec la réalité vécue d'un territoire constituée d'un nombre beaucoup plus restreint d'entités urbaines⁷⁷ aux échelles desquelles se structurent les pratiques et mobilités quotidiennes.

Ainsi amenées à se réunir sous différentes formes de groupements intercommunaux, les municipalités doivent d'une part transférer une partie de leurs compétences à cet échelon, et d'autre part adapter de façon cohérente leurs autres compétences aux logiques intercommunales. Permettant une meilleure cohérence entre échelles des enjeux et échelles des décisions, les groupements intercommunaux supposent des communes une capacité à s'entendre entre elles et, les intérêts globaux ne correspondant pas toujours aux intérêts locaux, à faire des compromis.

Concilier satisfaction des administrés et politique éco responsable

L'intercommunalité tend ainsi à renforcer une problématique existant par ailleurs indépendamment : la nécessité pour un maire de concilier la satisfaction de ses administrés et son devoir de mener une politique éco responsable difficile à faire passer aux habitants, les contraignant souvent à des arbitrages peu aisés.

Les clichés sont nombreux et il s'agit ici d'adopter une approche pédagogique. Si la densité urbaine peut constituer une solution à la consommation énergétique et aux émissions de GES qu'engendrent l'étalement et la dépendance automobile, elle n'a pas lieu d'être par exemple associée à des formes urbaines aujourd'hui stigmatisées comme celle des grands ensembles (les tours et barres de ces derniers atteignent d'ailleurs rarement des niveaux de densité élevés). Au contraire, pouvant être vue comme la dimension quantitative de la forme urbaine, la densité n'est pertinente qu'en étant déclinée selon une approche qualitative rigoureuse de sorte à permettre une mixité fonctionnelle fine.

Si les trois quart des français souhaitent par ailleurs habiter dans une maison individuelle, il faut tenir compte de cette demande, tout en faisant évoluer les modèles typo morphologiques : comment passer du pavillon isolé à de l'habitat individuel ou intermédiaire plus dense ? Comment concevoir et encourager un habitat dense et bien géré, finement relié à son contexte et non pas posé au milieu des champs ?

Un ouvrage comme *Ambiances, densités et formes urbaines* réalisé par Archinov avec l'AMF, L'UNSA et l'USH avait pour objectif de montrer que l'habitat individuel est tout à fait conciliable à un urbanisme « durable », participant autant à réduire la consommation énergétique des

⁷⁷ Celles-ci sont identifiées par l'INSEE comme « unités urbaines » (concernant la réalité des zones agglomérées) et comme « aires urbaines » (concernant les territoires structurés autour d'un même bassin d'emplois)

bâtiments que de celle des transports. Cette conciliation relève d'une question de formes urbaines et de qualité architecturale.

Loin de réduire les qualités recherchées dans l'habitat individuel, un urbanisme durable associant des niveaux de densités plus élevés à une plus grande mixité fonctionnelle peut au contraire favoriser une amélioration du cadre de vie, ainsi qu'une réduction des coûts, tant pour la collectivité que pour les particuliers.

Concernant les particuliers, il peut aller dans le sens d'un plus grand confort urbain avec des espaces publics plus agréables et ainsi conférer une « urbanité » participant au sentiment de sécurité. En permettant une moindre dépendance automobile, des espaces publics fonctionnellement mixtes et pensés pour favoriser la marche à pied, les modes doux et les transports en commun peuvent également offrir davantage de liberté aux individus. Cela concerne bien sûr les plus jeunes qui ne sont pas en âge de conduire, les plus vieux qui ne conduisent plus et qui conservent ainsi davantage d'indépendance mais aussi ceux qui les prennent en charge... En réduisant les dommages engendrés par l'insécurité routière, un tel modèle de développement urbain peut en outre intéresser l'ensemble de la collectivité.

Concernant cette dernière, il s'agit par ailleurs d'aider à la prise de conscience du coût de l'étalement urbain ; en terme de consommation des sols, mais aussi de construction de routes, d'éclairage, d'entretien, de distribution et de gestion des eaux, de collecte des déchets, et bien sûr de moyens de transports en viabilisant la création de transports collectifs ...

C'est dans une telle démarche que notre outil d'aide à la décision est destiné à s'intégrer, accompagnée d'outils de communications plus généraux sur les formes, densités et ambiances urbaines comme par exemple l'ouvrage qu'Archinov avait publié il y a quelques années.

L'ANALYSE FACTORIELLE DES CORRESPONDANCES

Principes

Le principe de l'analyse factorielle des correspondances est de rechercher sans a priori la structure de l'information contenue dans une base de données. En cela, elle diffère d'autres méthodes plus déterministes, qui recherchent dans l'échantillon étudié la confirmation d'une hypothèse énoncée au départ. Ces dernières pourront être également utilisées ponctuellement, mais il nous est apparu important, face à un ensemble complexe de paramètres potentiellement interactifs, de mettre en évidence ce qui peut constituer des caractères principaux.

En résumé, il s'agit de constituer une base données la plus importante possible (dans la limite du temps et des moyens disponibles). Un individu de cette BDD est un morceau de ville (nous l'appellerons un « quartier » dans la suite). Cet individu est décrit par une série de variables, relatives à différents aspects du quartier, qui prennent une certaine valeur (modalité). A un quartier est donc associé le profil constitué de la suite des valeurs que prennent les variables sur ce quartier. En utilisant le langage de la géométrie dans l'espace (à n dimensions, n =nombre de variables) on pourra dire que deux individus sont « proches » s'ils présentent des profils semblables. L'ensemble des points associés dans cet espace aux individus forme le nuage. Le centre de gravité de ce nuage apparaîtra à l'origine des axes du repère dans lequel les points seront situés.

La particularité de l'AFC est la possibilité de « projeter » dans le même espace, (représenté par ses « coupes » à deux dimensions, les plans factoriels), à la fois les individus et les variables, et d'utiliser cette correspondance pour mettre en évidence la signification des facteurs (axes).

Sans entrer dans les détails et pour se contenter d'une image : le nuage présente dans l'espace une forme plus ou moins irrégulière. Certaines zones voient une concentration d'individus, d'autres sont plus dispersées. Le nuage peut s'étirer dans certaines directions, avec quelques individus qui s'en éloignent notablement. Par analogie avec la mécanique, on parle alors d'inertie, par rapport à l'origine/centre de gravité.

L'analyse va rechercher ces déformations et placer des axes correspondant à ces directions, minimisant l'inertie du nuage par rapport à eux. Ces axes, générés par les « anomalies » des profils de certains points du nuage par rapport aux caractères les plus courants, seront susceptibles d'une interprétation, parfois complexe, issue de la lecture des valeurs des variables correspondantes. Si par exemple, sur un axe, une seule variable apparaît influente, avec des valeurs opposées aux deux extrémités, on pourra interpréter le facteur associé comme rendant compte du caractère porté par cette variable, et l'énoncé sera facile. Si au contraire plusieurs variables interviennent, l'interprétation peut être plus ou moins aisée, selon que le lien entre les variables est plus ou moins évident.

Au cours de l'analyse, les facteurs sont calculés par ordre d'inertie décroissante, c'est à dire par ordre décroissant de signification. En général, l'essentiel de l'information est concentrée sur les 5 ou 6 premiers facteurs. Au-delà, l'information se confond avec le « bruit » ambiant des anomalies de saisie, d'exceptions de détail... Plus l'effectif sera important, plus la stabilité des axes, donc de leur interprétation, sera grande.

C'est le sens attribué à un facteur, dont l'énoncé peut demander quelques lignes, que nous avons appelé « indicateur global » : l'ensemble des indicateurs globaux concentre donc l'information apportée par la totalité des variables sur l'échantillon étudié.

Méthode utilisée sur 23 quartiers⁷⁸

Si le champ d'investigation est centré sur la dépense énergétique liée à la forme urbaine, nous allons partir d'une description du quartier faite à partir de paramètres dont l'incidence sur l'énergie n'est pas explicitée, mais dont les auteurs traitant du sujet ont montré l'implication.

Tout d'abord, on constate que la dépense énergétique de la ville est en général abordée au niveau du territoire communal ou de l'agglomération, pour ce qui concerne la mobilité, et au niveau du bâtiment, en ce qui concerne la construction. Ces deux domaines ont leurs experts spécialisés, et un éventuel rapport entre eux n'est jamais abordé. Avec l'intérêt pour le développement durable, les questions d'ambiances urbaines (ensoleillement, perméabilité des sols, qualité de l'air...) se sont développées, indépendamment des deux domaines précédents. Pourtant, il est bien évident que les choses sont imbriquées : les rues larges qui assurent un bon ensoleillement des façades peuvent aussi accueillir un flot important de voitures, la concentration d'un centre ancien privé de soleil affiche une densité importante, les voies étroites réservées aux piétons ne sont pas accessibles aux autobus,... Les interactions peuvent tantôt renforcer un caractère, tantôt en compenser les effets.

Ainsi, le choix du décideur devra se porter sur une solution globale : suivre totalement l'avis d'un expert sur un point précis peut conduire à aggraver une situation globale si les autres points de vue ne sont pas pris en compte.

Nous proposons d'accompagner le décideur dans ce choix global :

A partir d'un échantillon de quartiers important, nous mettons en évidence des profils remarquables, fondés sur des profils particuliers. Nous prendrons des quartiers « comparables » à ceux pour lesquels les décisions doivent être prises. Parmi eux, on peut introduire certains quartiers reconnus généralement comme présentant une certaine qualité urbaine. Cette notion subjective peut d'ailleurs être validée par des critères objectifs : prix du foncier, mouvements de population, fréquence des déménagements, tourisme, mesures environnementales (air, bruit...)

Pour chaque facteur/indicateur global mis en évidence par l'analyse, on choisira un ou deux quartiers, les plus significatifs, comme référence à présenter aux décideurs. Pour ces quartiers, on pourra procéder à une évaluation quantitative de la dépense énergétique ou de la production d'équivalent CO₂, attachées à un certain nombre de paramètres urbains : les bâtiments eux-mêmes, l'espace urbain public, les déplacements quotidiens, avec notamment l'outil d'. On pourra ultérieurement envisager d'étendre cette mesure de la dépense énergétique potentielle à celle de la mesure de la dépense réelle, en incluant le comportement des habitants dont on peut supposer qu'il n'est pas indépendant de l'ensemble : un parcours de bus desservant le quartier peut être abandonné par crainte des agressions, les bâtiments BBC seront mal utilisés par une population inadaptée...

Au niveau du prototype, nous ne détaillons pas cette phase d'évaluation énergétique, qui fera appel à des outils existants. Ce travail peut être lourd, à l'image du bilan carbone appliqué à un territoire. Cependant, un tel niveau de détail ne nous semble pas nécessaire dans l'esprit de notre démarche. Dans la phase opérationnelle, la dépense liée à cette évaluation sera limitée : elle ne sert qu'à « l'étalonnage » de l'échantillon initial et ne porte que sur quelques quartiers significatifs d'un facteur.

Analyses et résultats

Préambule

⁷⁸ On trouvera en annexe la notice à l'usage des opérateurs en charge de la saisie des quartiers

Les analyses effectuées pour ce prototype portent sur un ensemble de 23 quartiers. 20 quartiers ont été saisis par une même équipe. 3 quartiers ont été saisis par un groupe d'étudiants toulousains, pour tester la possibilité de démultiplier les moyens pour une saisie beaucoup plus importante.

Les premiers résultats montrent que ces quartiers, notamment deux d'entre eux, apparaissent comme suffisamment atypiques pour influencer notablement les résultats, alors qu'un examen rapide ne laissait pas supposer une telle disparité.

Nous avons donc décidé, en attente d'une étude plus fine sur les conditions de la collecte des données, de les écarter du corpus qui doit servir de base à la définition des indicateurs globaux. Nous pourrions cependant les projeter sur les différents plans factoriels et observer leur localisation, comme on le fera avec de nouveaux quartiers à la demande d'élus

Une deuxième analyse a donc été effectuée, en plaçant les 3 quartiers en « individus illustratifs » ; nous avons également écarté de l'analyse la variable PK qui rend compte de la distance aux parking publics, car les résultats ont mis en évidence l'ambiguïté de sa définition selon les quartiers.

Les documents de cette analyse première variante sont repérés par l'indication « v1 »

Dans un deuxième temps, deux nouvelles variantes seront analysées

L'une à partir de la liste des variables morphologiques (v2)

L'autre à partir des variables de la mobilité (v3) ; cette dernière sera suivie de deux autres : v3TC, qui s'intéresse aux transports en commun, v3EQ qui s'intéresse à l'accessibilité des équipements

Les résultats obtenus sur un échantillon de 20 quartiers ne peuvent être retenus comme suffisants à déterminer des caractéristiques qui seraient stables sur un échantillon de 50 ou 100 quartiers.

De même, le nombre de descripteurs et leur choix ne peuvent avoir une valeur définitive.

Nous allons examiner ces premiers résultats dans une perspective purement méthodologique : ce n'est donc pas tant la valeur de l'indicateur qui sera retenue, que sa nature, et la manière dont il est obtenu.

Les descripteurs se répartissent en deux familles : ceux qui rendent compte de la morphologie urbaine, forme du bâti, largeur de voies, nature de l'espace public ; et ceux qui traduisent l'accessibilité potentielle des transports en commun, reflétant de ce fait les formes de mobilité possibles. Pour connaître la nature réelle des déplacements, il faudrait disposer des données de l'INSEE au niveau de l'îlot. Mais s'agissant d'aider les décideurs à mettre en œuvre des formes urbaines et des dynamiques d'agglomération économes (et non d'inciter les habitants à adopter des comportements vertueux), l'analyse des potentialités semble suffisante.

Les variables

Pour chaque facteur, un tableau rassemble les variables (les modalités d'un descripteur) qui le caractérisent, c'est à dire qui s'éloignent le plus de la moyenne. Pour l'interprétation, il faut considérer à la fois le nom de la variable, dont le chiffre en 3^{ème} caractère indique souvent un niveau, et la valeur de la modalité (de 1 à 5), qui traduit le pourcentage en surface du quartier qui répond à la modalité. Pour simplifier, nous avons ajouté une formule synthétique (PROCHE/LOIN, PEU/BEAUCOUP, FAIBLE/FORT...).

La définition des plages pour les pourcentages a été choisie a priori, ce qui conduit à des codages très divers : pour certaines variables, les 5 niveaux constituent des catégories d'effectif comparable. Pour d'autres, seules deux classes rassemblent la totalité des valeurs : par exemple, la part d'espaces verts dans l'espace public est très faible dans l'échantillon retenu, et l'on retrouve toutes les réponses dans les deux premières catégories.

Dans le codage des variables de l'outil définitif, il faudrait d'abord examiner la répartition sur tout l'échantillon (souvent courbe de Gauss) pour fabriquer les classes d'effectif égal. Le nombre de classes pourrait également être parfois réduit, par exemple aux 3 modalités « beaucoup, peu, pas du tout ».

La signification du facteur se déduit de la combinaison des variables les plus significatives. On trouve souvent aux deux extrémités d'un axe les modalités opposées d'un même descripteur, ce qui confirme que le facteur est bien associé à cette opposition.

Dans un premier temps, nous procédons à l'analyse des 20 quartiers par rapport à l'ensemble des descripteurs, pour mettre en évidence une possible structure qui reposerait sur la conjonction de certains caractères morphologiques et certains caractères de mobilité. Il est probable que l'échantillon ne soit pas assez important pour faire apparaître des caractères si complexes de façon évidente.

Nous procéderons ensuite à deux analyses, en retenant successivement les descripteurs morphologiques d'une part, les descripteurs liés à la mobilité d'autre part. Ces deux analyses devraient faire apparaître des caractéristiques plus nettes des quartiers pour chacun des domaines.

ANALYSE COMPLETE : MORPHOLOGIE + MOBILITE (v1)

Analyse du facteur 1

L'axe 1 traduit la direction de l'inertie la plus forte du nuage de points, c'est à dire l'information principale apportée par l'ensemble des variables caractérisant les quartiers.

Concernant la morphologie du bâti,

Côté négatif :

On trouve beaucoup de tissu continu bas (EB3=5), peu d'espaces verts (VER=1), peu de grands îlots (SI5=1), peu d'individuel isolé (EB1=1) ou en bandes (EB2=1). Le linéaire de voies à l'ha est relativement important (VOI=4)

Un COS élevé entre 1 et 2 est associé à ce côté de l'axe 1

Côté positif :

On retrouve avec des valeurs opposées les mêmes critères : beaucoup d'espaces verts (VER=2), de grands îlots (SI5=3), d'individuel isolé (EB1=4), linéaire de voies plus faible (VOI=2)

Un COS faible entre 0,2 et 0,5 est associé à l'autre extrémité.

La modalité PLA=1 montre que la proportion de places publiques est faible : cela correspond bien à l'image associée à l'individuel isolé (même si cette appellation recouvre tout espace public minéral plus large que les rues voisines.

Les descripteurs LVx, caractérisant la largeur des voies, font ressortir la présence de voies larges (10 à 15m surtout, plus de 15m, plus rares), alors que cette notion ne semble pas pertinente côté négatif.

D'un point de vue morphologique, le premier facteur oppose donc deux formes de tissu : l'individuel isolé au tissu continu bas (caractéristique des centres anciens traditionnels), chacune étant associée à des paramètres complémentaires concernant les voies et les îlots. Les voies larges semblent associées au tissu individuel isolé, alors que les largeurs de voies du tissu continu bas sont probablement trop variées pour apparaître de façon significative.

Concernant les mobilités, ce sont les proximités aux services quotidiens qui sont discriminants, alors que les transports collectifs n'apparaissent pas

Côté négatif :

La boulangerie est proche (BL2=4 et BL4=1), mais aussi la supérette (CC1=5 et CC2=1)

Les écoles maternelle et primaire ne sont pas loin (MA3=1 et PR3=1)

Côté positif :

Seule la boulangerie apparaît (BL2=1) : peu d'habitants sont très proches de la boulangerie.

Le rapprochement des deux sous-ensembles, analysés conjointement, montre que le quartier continu bas est également caractérisé par la proximité aux services, tandis que le quartier d'individuels isolés est surtout loin de la boulangerie.

ON PEUT RESUMER LE FACTEUR 1 PAR L'OPPOSITION ENTRE LES CENTRES ANCIENS ET LE TISSU DE MAISONS INDIVIDUELLES ISOLEES.

Typologie de quartier associée

MEAUX Centre apparaît comme le parangon de l'axe 1 négatif, tandis que DAMMARTIN, COULOMMIERS Ind et MOISSY illustrent le côté positif

Analyse du facteur 2

Concernant la morphologie du bâti, les oppositions aux deux extrémités de l'axe concernent le bâti tertiaire, les îlots de 1 à 2ha, et les largeurs de voies

Côté négatif :

Beaucoup de bâti tertiaire (EB6=4) : le bâti tertiaire englobe tout ce qui n'est pas identifié comme de l'habitation. Il s'agit donc autant de locaux professionnels que d'équipements publics.

NB : Le tertiaire incorporé à des bâtiments dont les étages supérieurs sont des logements n'est pas repéré. Il faudrait opérer une saisie beaucoup plus précise pour pouvoir obtenir des conclusions relatives à la mixité. Pour le prototype, on se limitera à dissocier les formes de bâti dont la gestion énergétique s'écarte notablement du scénario de l'habitat.

Les îlots de 1 à 2 ha (plutôt grands) sont nombreux ; les voies de 7 à 10m à plus de 70% (LV3=5) ne se rapportent qu'à un quartier de l'échantillon, du fait de la limite choisie pour la catégorie ; un seuil choisi à 68% au lieu de 70% ajouterait 2 quartiers. En revanche, l'absence de voies de moins de 7m (LV1=1 et LV2=1) est plus significative, même si une même largeur de 5m peut caractériser aussi bien une venelle moyenâgeuse qu'un cheminement rural.

Côté positif :

Le bâti tertiaire est réduit (EB6=2) ; il y a peu d'îlots de 1 à 2ha ; le linéaire de voies de moins de 5m ne dépasse que dans un quartier les 20% : cette catégorie (LV1=2) n'est donc pas significative et devrait être subdivisée.

Les voies de plus de 15m sont elles aussi assez peu fréquentes, mais une présence de 1 à 20% peut être significative. Toutefois, pour une interprétation fine, il faut noter que dans la méthode de saisie, le quartier est en général délimité par l'axe de voies qui sont prises en compte dans l'analyse. Ainsi, de grands boulevards urbains peuvent contourner un centre ancien et figurer dans cette catégorie sans que pour autant ils soient caractéristiques de la morphologie du quartier.

Concernant les mobilités, les proximités avec certains services apparaissent encore (boulangerie, supérette), mais il s'y ajoute l'accessibilité aux transports en commun.

Côté négatif :

La boulangerie à 150m (BL2=2) concerne 20 à 40% du quartier, et côté négatif, elle n'apparaît pas : elle n'est donc pas significative sur cet axe.

La supérette (CC1=2 et CC2=4) est plus à 1km qu'à 250m, et les proportions sont inversées à l'autre extrémité de l'axe : le côté positif est donc plutôt loin de la supérette, et le côté négatif, plutôt proche. Mais les seuils ne sont peut-être pas pertinents (250m, 1km, 2,5km). Par ailleurs, la définition de la supérette et son identification dans le quartier étudié devront être précisés, peut être en ajoutant à la supérette, service potentiellement quotidien, un supermarché pour un approvisionnement hebdomadaire.

La distance à la gare (ou au métro) apparaît nettement : GA1=3 et GA2=3 : la moitié du quartier à 250m de la gare, la moitié à 500m

Côté positif :

La gare est à 250m pour moins de 20% du quartier, mais en revanche, un arrêt de bus est présent à 150m pour la moitié du quartier.

Du point de vue de la mobilité, l'axe 2 oppose des quartiers proches de la gare à des quartiers relativement proches d'un arrêt de bus

Les quartiers de l'axe 2 négatif sont à la fois proches de la gare et proches de la supérette, constitués d'îlots de 1 à 2ha, desservis par des voies de 7 à 10m

Les quartiers de l'axe 2 positif comportent peu de tertiaire, mais ne présentent pas un caractère morphologique très net, à l'exception de la rareté relative des îlots de 1 à 2ha. La variable (EB1=2) marque la présence d'une petite part d'individuel isolé, sans doute associé à diverses autres formes.

ON PEUT RESUMER LE FACTEUR 2 COMME L'OPPOSITION ENTRE LA PROXIMITE DE LA GARE, DANS UN TISSU MIXTE, ET UNE CERTAINE PROXIMITE DU BUS DANS UN TISSU RESIDENTIEL

Typologie de quartier associée

Les quartiers représentatifs de l'axe 1 sont proches de l'axe 1, plutôt côté positif de l'axe 2. De ce même côté, VERNUILLET s'écarte de l'origine le long de l'axe 2. Côté négatif, MONTREUIL et PARIS occupent les positions les plus extrêmes, suivis de MEAU ZUS et COULOMMIERS Coll. : Le côté négatif semble associer deux notions, la proximité de la gare, et la hauteur des bâtiments

Analyse du facteur 3

Aspect morphologique :

Côté négatif :

Aucun type de tissu n'apparaît. Une présence importante d'espaces verts (VER=3), et une présence significative de voies de plus de 15m (LV5=3) contribuent à donner une image verte et aérée

Côté positif :

Le bâti tertiaire (EB6=4) est le seul représenté de façon importante, associé à des îlots de grande taille (SI4=5) et des rues de largeur moyenne et homogène (LV3=5) : l'image résultante est celle d'un quartier mixte assez compact de grands îlots où se mêlent tertiaire et résidentiel

Aspect mobilité

L'axe positif correspond à des quartiers proches de la maternelle (MA =4 et MA2= 2) ; une faible partie du quartier est loin du bus (BU4=1) et une bonne partie est proche de la boulangerie (BL3=2)

L'axe négatif confirme cette description :

Loin de la maternelle (MA2=4), loin du bus (BU4=3, BU2=1) loin de la boulangerie (BL3=1, BL4=5), mais proche de la gare (GA1=3, GA2=3)

LE FACTEUR 3 OPPOSE DES QUARTIERS FORTEMENT TERTIAIRES, MAIS SANS SERVICES ACCESSIBLES, A DES QUARTIERS MORPHOLOGIQUEMENT NON HOMOGENES ET PLUTOT LOIN DE CERTAINS SERVICES

Typologie de quartier associée

Sur le plan 1/3, la position isolée de MONTREUIL, assez proche de l'axe 3 positif s'oppose nettement à l'ensemble des autres quartiers, globalement dispersés dans le bas de la carte.

Analyse du facteur 4

Ce facteur fait apparaître un type de bâti nouveau dans l'analyse, le tissu continu haut (EB5=5) du côté positif, associé à l'absence de tissu continu bas (EB3=1), qui s'oppose, côté négatif, à l'absence de tissu continu haut (EB5=1), associée à des tissus moins marqués, mais bas : continu bas (EB3=3) ou individuel isolé (EB1=3) pour 20 à 50% du quartier. Le côté négatif correspond à un COS faible de 0,2 à 0,5, tandis que le côté positif est associé à un COS plus élevé (0,5 à 1).

Le côté négatif est celui des espaces verts importants (VER=3), tandis que le côté positif est celui des places publiques (PLA=2)

En ce qui concerne la mobilité, le côté négatif est caractérisé par la proximité des écoles (PR1=3 et PR2=3, MA1=4, MA4=1). Le côté positif est loin des écoles, mais plutôt proches des gares (GA2=2 et GA3=4)

LE FACTEUR 4 EST MARQUE PAR UN TYPE DE QUARTIER TRES URBAIN PEU ELOIGNE DE LA GARE, QUI S'OPPOSE A DES QUARTIERS MOINS DENSES ET PLUS VERTS

Typologie de quartier associée

Les quartiers de l'axe 4 positif les plus éloignés de l'origine sont NOISY le Grand et PARIS 75010, les seuls quartiers présentant une part importante de tissu continu haut. A l'opposé, MITRY MORY, et SAINT-MAUR, apparaissent comme les plus excentrés

Analyse du facteur 5

La signification de ce facteur n'est pas très explicite : côté négatif, seules apparaissent 3 éléments dont la corrélation est sans doute le fait d'un quartier atypique sur un échantillon de 20. Ce n'est qu'en augmentant l'échantillon que l'on pourrait s'assurer de la stabilité de ce facteur, s'il s'agit réellement d'une catégorie de quartier remarquable.

Un des descripteurs discriminants est le bâti tertiaire, peu présent côté négatif (EB6=2) et important côté positif (EB6=3). Les autres concernent la largeur des voies : le côté négatif est marqué par la présence simultanée de quelques voies de moins de 5m (très étroites) et quelques voies de 10 à 15m (larges).

Cela s'oppose à des quartiers où les voies sont plutôt étroites (LV1=3, LV2=3, LV3=3 et LV4=1), associées à un bâti continu bas abondant (EB3=4)

Classification des quartiers

Chaque facteur permet de classer les quartiers de l'échantillon selon le critère mis en évidence dans l'étude des contributions des variables. En croisant deux axes, on constitue une carte sur laquelle les proximités entre quartiers peuvent être expliquées à l'aide de deux critères associés.

Sur l'ensemble de l'échantillon, on peut mettre en évidence des proximités relatives entre différents quartiers et constituer ainsi un certain nombre de classes. Le logiciel fait apparaître les regroupements significatifs à partir de seuils de distances, et constitue ainsi une classification hiérarchique.

L'analyse des résultats est rendue complexe par le nombre et la diversité des paramètres qui interviennent dans le profil d'un quartier. Certains apparaissent (au spécialiste) de façon assez évidente, comme ceux de la morphologie, visuellement perceptible sur un document graphique (cadastre, photo aérienne). D'autres sont moins visibles (distance aux équipements et aux transports en commun, bus notamment).

Nous avons donc procédé à un deuxième niveau d'analyses, en dissociant l'aspect morphologique de l'aspect mobilités

ANALYSE PARTIELLE : MORPHOLOGIE SEULE (v2)

Analyse du facteur 1

L'analyse du facteur 1 pour la morphologie fait apparaître une majorité de variables qui contribuaient au facteur 1 de l'analyse globale, dont la signification était fortement morphologique. On verra plus loin que, progressivement, les facteurs de l'analyse morphologique seront de moins en moins marqués par les mêmes variables que l'analyse globale. Cela semble montrer que les facteurs de l'analyse globale, au-delà du premier, résultent d'une combinaison des deux dimensions, morphologie et mobilité. Il faudrait sans doute un échantillon plus important pour conclure de façon certaine, mais cela conforte l'hypothèse de notre étude que la question de l'efficacité énergétique doit être abordée de manière globale, comme la qualité urbaine en général. Une évaluation quantifiée des quartiers les plus significatifs permettra de préciser la part de chaque dimension dans le bilan global.

Côté négatif :

EB3=5, tissu continu bas pour plus de 70% ; VOI=4, plus de 300ml de voies par ha ; COS=8, COS entre 1 et 2 ; VER=1 : très peu d'espaces verts public.

Il s'agit là des caractères principaux de la forme urbaine des villages ou villes anciens, déjà présents dans l'analyse globale, renforcés par EB1=1, très peu d'individuel isolé, SI5=1, très peu d'îlots de plus de 2ha, EB2=1, très peu d'individuel en bande

Les variables sur les largeurs de voie confirment ce caractère : LV=5 plus de 70% de voies de 5 à 7m

SI3=5, plus de 80% en îlots de 0,3 à 1ha, et PLA=3, 30 à 50% de l'espace public en places viennent achever cette description.

Côté positif :

EB1=4, individuel isolé pour 50 à 70% ; VOI=2, entre 100 et 200ml de voies par ha ; COS=2, COS entre 0,2 et 0,5 ; PLA=1 : très peu de places publiques

Ces 4 valeurs, comme dans l'analyse globale, s'opposent aux valeurs correspondantes du côté négatif et décrivent un tissu très dispersé et bas

S'y ajoutent les variables VER=2, 10 à 30% d'espaces verts, SI3=1, moins de 20% d'îlots de 0,3 à 1ha, qui complètent cette symétrie

La valeur EB3=3, 20 à 50% de tissu continu bas, ne s'oppose pas quantitativement à la valeur EB3=5 du côté positif ; sa proximité avec EB1=4 montre que le type morphologique significatif n'est pas « pur », contrairement à celui du côté positif : il s'agit des quartiers de villages possédant une petite part de tissu bas continu ancien, mais dont le développement, peut être depuis longtemps déjà, s'est fait par de l'individuel isolé.

LE FACTEUR 1 OPPOSE DEUX TYPES DE QUARTIERS « VILLAGEOIS » : CELUI DU CENTRE ANCIEN et CELUI DE LA PERIPHERIE D'INDIVIDUELS ISOLES.

Typologie de quartier associée

Selon l'axe 1, on trouve à une extrémité MEAUX Centre, puis MORET et COULOMMIERS, puis CHAUMES, 4 centres anciens au tissu caractéristique. Les villes apparaissent classées par ordre d'importance décroissante (ce qui peut se traduire notamment par la hauteur moyenne du bâti).

Puis on trouve PARIS 10^{ème} et, très proches, MONTREUIL, la ZUS de MEAUX et le grand ensemble de COULOMMIERS

Puis, côté positif, progressivement en s'éloignant de l'origine, des quartiers de plus en plus constitués d'individuel isolé, ancien comme SAINT-MAUR, ou récent comme MITRY MORY ou COULOMMIERS ind.

On peut préciser l'interprétation du facteur 1 : l'échelle de « compacité » s'étend du centre ancien de la ville moyenne au lotissement de village ; les extrêmes sont homogènes. En revanche, autour de l'origine, les quartiers sont plus hétérogènes, et seront discriminés par les facteurs suivants.

NB :

Nous avons cherché, pour le prototype, à obtenir des résultats clairs. Dans ce but, nous avons retenu d'abord des quartiers homogènes morphologiquement, et le résultat du facteur 1 négatif renvoie l'information la plus nette apportée par l'analyse. Cette « évidence » permet d'envisager comme crédibles des résultats plus complexes que la méthode peut également apporter.

L'échantillon du prototype comportait un certain nombre de quartiers de constructions plus élevées. Ils n'apparaissent pas sur le facteur 1 en tant que tels, probablement parce que sur l'ensemble de leurs descripteurs, ils sont beaucoup moins homogènes que les quartiers bas

Notons que la morphologie est l'aspect de la forme urbaine que l'on peut orienter par les règlements locaux, PLU notamment, alors que pour une bonne part, l'infléchissement des attitudes de mobilité dépend de décisions prises à un autre niveau. Il est donc légitime, pour cet outil envisagé pour un usage local, de privilégier cet aspect.

Analyse du facteur 2

Côté négatif :

Seulement 3 variables sont présentes au facteur 2 de l'analyse globale ; les nouvelles variables font apparaître un type morphologique net : le « grand ensemble » :

EB4=4, collectif discontinu de 50 à 70%, et EB6=3, bâti tertiaire de 20 à 50% renvoient à un quartier de grand ensemble avec une forte présence d'équipements ou d'activité

PLA=4, plus de 50% de places publiques, et ESP=3, 20 à 50% d'espaces publics, s'expliquent par l'assimilation, dans la saisie, à des places publiques des espaces libres minéraux (généralement affectés aux parkings) et plus généralement à des espaces publics les zones ouvertes qui s'étendent au pied des bâtiments. Morphologiquement, ces espaces génèrent des vides importants dans la forme urbaine, même si fonctionnellement ils sont assez éloignés d'une place urbaine ou d'un square, et même si souvent, au sens juridique strict, il s'agit de parcelles privées SI4=4, 60 à 80% d'îlots de 1 à 2 ha, précise que ces quartiers présentent des surfaces d'îlots importants, où la rareté des rues est compensée par la desserte assurée par l'espace public informel décrit ci-dessus. Les rues sont très larges : LV5=3, 20 à 50% de voies de plus de 15m.

Côté positif :

Peu de variables significatives : LV5=2, peu de voies de plus de 15m, ESP=2, espace public de 10 à 30% ; EB6=2, peu de tertiaire ; LV1=2, peu de voies de moins de 5m. ce côté de l'axe ne rend compte que des caractères partagés par tous les types de quartiers très divers qui s'opposent au type de l'axe 2 positif

LE FACTEUR 2 OPPOSE LA MORPHOLOGIE DU GRAND ENSEMBLE A L'ENSEMBLE DES AUTRES TYPES

Typologie de quartier associée

Du côté négatif du 2^{ème} axe, on trouve, assez détaché des autres, les quartiers de MEAUX ZUS, COULOMMIERS Collectifs, et PARIS 10^{ème}. L'ensemble des autres est plus regroupé autour de la moyenne et côté positif, l'extrême opposé étant MEAUX centre.

La présence du quartier parisien, très proche des grands ensembles, peut surprendre. En réalité, il apparaît tellement différent des autres quartiers, et seul de ce type, qu'il se trouve « attiré » par ces quartiers de collectifs hauts, peu représentés dans l'échantillon. Mais il faut remarquer cependant que ce rapprochement se produit alors que le descripteur de la hauteur n'existe pas directement, et que cette proximité est induite par l'ensemble des autres caractéristiques.

Analyse du plan factoriel 1/2

L'examen simultané des plans 1 et 2 est très expressif : le nuage est grossièrement triangulaire ; les 3 sommets du triangle sont COULOMMIERS ind, MEAUX centre et MEAUX ZUS

Le premier quadrant est celui des individuels isolés, bien présents dans notre échantillon, qui se regroupent entre le sommet, COULOMMIERS ind, et l'origine

A l'opposé, dans les quadrants 2 et 3, une oblique, le côté opposé du triangle, répartit les centres anciens depuis MEAUX Centre, avec MORET, COULOMMIERS, CHAUME, et plus loin PARIS 10^{ème}, proche des grands ensembles du 3^{ème} sommet.

Analyse du facteur 3

Côté négatif :

L'analyse de ce facteur ne renvoie pas à une image simple d'un type de tissu. L'ensemble des variables du côté négatif décrit un tissu de grands îlots (SI4=5, îlots de 1 à 2ha, plus de 80%) pouvant comporter du bâti tertiaire important (EB6=4, bâti tertiaire de 50 à 70%), et plus de 70% de voies entre 7 et 10m (LV3=5). Mais des quartiers sans bâti tertiaire (EB6=1) et sans voies de 7 à 10m (LV3=1) peuvent également y contribuer.

Côté positif :

Peu de variables significatives : VOI=2 : peu de linéaire de voies, LV3=3, voies entre 7 et 10m pour 20 à 50% ; EB3=4 : 50 à 70% de tissu continu bas

Ici encore, le facteur montre la particularité d'un type qui, sur certains critères, se distingue de l'ensemble des autres. Mais compte tenu de la faiblesse de l'échantillon, on ne peut pas affirmer que ce type serait renforcé si l'on avait un plus grand nombre de quartiers, ou s'il disparaîtrait, pour laisser la place dans les premiers facteurs à des typologies plus représentatives

Typologie de quartier associée

Le facteur 3 est formé par l'opposition entre deux quartiers « originaux », MONTREUIL et SAINT-MAUR, qui se distinguent de l'ensemble des autres. Parmi les autres, 3 quartiers sont les plus différents de ces deux-là (sans pour autant se ressembler entre eux) : VERNOUILLET, TRILPORT et NOISY le Grand.

VERNOUILLET et TRILPORT sont deux centres de bourgs ruraux dont on perçoit bien les similitudes morphologiques, et les différences avec MONTREUIL et SAINT-MAUR, deux quartiers de la banlieue parisienne pavillonnaire du début du 20^{ème} siècle. La présence de NOISY le Grand devra faire l'objet d'un examen particulier.

Analyse du facteur 4

Plus de lien affirmé avec le facteur 4 de l'analyse générale

Côté négatif :

Seulement 3 variables (EB6=2, SI5=2, LV2=2) apparaissent, correspondant à une présence très faible du caractère concerné. La corrélation de ces trois valeurs avec une typologie identifiable n'est pas évidente.

Là encore, peu de variables s'éloignent de l'origine, côté négatif, et le facteur 4 indique probablement un caractère porté par le côté positif qui s'oppose à la masse des autres variables.

Côté positif :

EB6=3, bâti tertiaire de 20 à 50% et EB3=4, tissu continu bas de 50 à 70%, décrivent un quartier mixte et plutôt bas. Les autres variables : LV1=3, et LV2=4 traduisent l'importance des voies étroites (<5m, 20 à 50%, et de 5 à 7m, 50 à 70%). La valeur SI5=4, îlots de plus de 2ha entre 60 et 80% complète la description d'une typologie particulière

Typologie de quartier associée

Le facteur 4 complète le facteur 3 : en opposant VERNOUILLET et TRILPORT à l'ensemble de l'échantillon, y compris NOISY le Grand, on a la confirmation d'un type particulier illustré par ce binôme, sans que tel ou tel descripteurs précis ne justifie cette similitude

Analyse du facteur 5

Côté négatif :

Deux caractères remarquables : LV4=5, voies de 10 à 15m pour plus de 70% (et absence de voies moyennes de 7 à 10m), et ESP=3, 30 à 50% d'espace public. Cette typologie est caractérisée par des rues larges, qui conduisent à un espace public important sans qu'y contribuent des places ou des espaces verts. Le type est aussi marqué par l'absence de bâti tertiaire, un caractère purement résidentiel.

Côté positif :

ESP=2, peu d'espace public, EB6=4, 50 à 70% de bâti tertiaire, et LV3=5, presque exclusivement des voies moyennes, de 7 à 10m. On perçoit l'image d'un quartier mixte compact,

renforcée par les valeurs SI4=5, plus de 80% de grands îlots de 1 à 2ha, et EB4=2, un peu de collectif discontinu.

Le tissu hétérogène d'origine industrielle des quartiers de banlieue ouvrière correspond à ces caractères.

Typologie de quartier associée

Le facteur 5 complète également le facteur 3, en opposant entre eux les quartiers de MONTREUIL et SAINT-MAUR, chacun occupant une extrémité de l'axe, tandis que le reste du nuage se concentre autour de l'origine.

Analyse du plan factoriel 4/5

La carte fournie par les axes 4 et 5 permet de synthétiser ces observations : l'essentiel du nuage se regroupe près de l'axe 4, plutôt côté négatif, avec quelques représentants qui s'avancent côté positif (MITRY MORY)

Détaché côté positif, le binôme TRILPORT/VERNOUILLET se distingue.

Selon l'axe 5, très détachés de part et d'autre de l'origine, MONTREUIL et SAINT-MAUR apparaissent isolés, loin du nuage, et semblent donc constituer chacun une catégorie spécifique.

ANALYSE PARTIELLE : MOBILITE SEULE (v3)

L'analyse de la mobilité des quartiers se concentre sur les possibilités offertes aux habitants d'une part, par l'offre de transports en commun plus ou moins accessibles, et d'autre part, par l'offre de commerces ou d'équipements, plus ou moins accessibles.

Pour le prototype, les rayons de référence sont basés sur les études présentées dans l'état de l'art. Cette première analyse devra permettre de les préciser pour un échantillon plus important.

Plus précisément, pour chaque type de service, la distance moyenne et la dispersion des distances sont variables ; sur 5 niveaux prévus dans les modalités, 2 seulement peuvent être significatives, et c'est alors l'opposition entre ces deux catégories de part et d'autre de l'axe qui est significative (plutôt la position sur une échelle théorique absolue). De plus, la dimension du quartier a aussi une incidence : plus le quartier est étendu, plus il est probable que des classes de distance plus nombreuses soient renseignées. En d'autres termes, pour des rayons faibles, 50m par exemple, le pourcentage du quartier correspondant est fonction de la surface du quartier.

Il en résulte une description des quartiers plus nuancée, mais plus difficile à interpréter : c'est l'ensemble des modalités d'un même descripteur, réparties de part et d'autres de l'axe, qui est significatif.

Les données plus fines, telles que la fréquence ou l'étendue des réseaux de transports en commun, la surface ou la diversité des commerces, la densité de population,...ne sont pas accessibles à l'échelle retenue pour les quartiers (qui est aussi sensiblement celle des décisions en matière d'urbanisme que nous souhaitons favoriser). Un outil plus ambitieux pourrait être complété dans ce sens.

Néanmoins, une information supplémentaire intéressante pourrait être ajoutée facilement : la présence d'un bus menant à la gare.

Les déplacements les plus significatifs sont ceux qui se répètent quotidiennement et qui déterminent pour l'essentiel l'attitude des habitants : nous avons donc retenu la localisation de la boulangerie, de l'épicerie/supérette, et des écoles publiques, maternelle et primaire. Nous avons ajouté la localisation des parkings publics, dont la présence ou l'absence sont déterminants pour les pratiques de mobilité en centre-ville, mais nous avons été amenés à les retirer de l'analyse, car leur qualification, lors de la saisie, était ambiguë et faussait les résultats.

Analyse du facteur 1

Côté négatif :

MA2=4 et PR2=4, écoles entre 250 et 500m pour 60 à 80% du quartier. MA1=2 et PR1=2, écoles à 250m pour 20 à 40% du quartier, et PR3=1, école primaire entre 500m et 2,5km pour moins de 20% du quartier.

Côté positif :

MA1=4, école maternelle à moins de 250m pour 60 à 80% du quartier, et MA2=2, école maternelle entre 250 et 500m pour 20 à 40%.

Le facteur 1 est d'abord marqué par la distance aux écoles : côté négatif, l'école est en général à plus de 250m, et pour une petite partie, elle peut être à plus de 500m ; côté positif, l'école maternelle est en général à moins de 250m, mais une partie est malgré tout à plus de 250m.

On remarque que l'école maternelle figure sur les deux côtés de l'axe 1, tandis que l'école primaire n'apparaît que pour le côté négatif : en attendant des précisions éventuelles apportées par les facteurs suivants, on peut avancer que, si très souvent les deux écoles sont voisines au sein d'un «groupe scolaire », la proximité de la maternelle est plus significative lorsqu'elles ne sont pas jointes.

L'AXE 1 EST MARQUE PAR LA PROXIMITE/ELOIGNEMENT DE L'ECOLE MATERNELLE ET PAR L'ELOIGNEMENT DE L'ECOLE PRIMAIRE

Les autres descripteurs significatifs sont : GA4=1, moins de 20% entre 1 et 2,5km de la gare, côté négatif ; et GA4=5, plus de 80% entre 1 et 2,5km, confirmé par GA1=1, moins de 20% à moins de 250m de la gare.

On note que la distance discriminante pour la gare est élevée, 2,5km.

La proportion plus ou moins grande du quartier située entre 1 et 2,5km de la gare ne renseigne pas sur l'éloignement du reste du quartier

L'ELOIGNEMENT DES ECOLES N'EST PAS ASSOCIE CLAIREMENT A L'ELOIGNEMENT DE LA GARE

La boulangerie apparaît également dans cette description, mais de manière moins nette :

Côté positif, BL3=2, 20 à 40% du quartier est entre 150 et 250m de la boulangerie ; BL4=3, 40 à 60% est à plus de 250m. Côté négatif, BL4=1, moins de 20% est à plus de 250m.

L'axe 1 ne semble pas nettement déterminé par la distance à la boulangerie ; les variables qui apparaissent correspondent sans doute aux valeurs particulières qu'elles prennent pour quelques quartiers significatifs.

Analyse du facteur 2

Le facteur 2 est en partie caractérisé par la distance au bus, à travers deux variables, BU2 et BU4 BU4=3, côté négatif : bus à plus de 250m pour 40 à 60%, s'oppose à BU4=1, côté positif : bus à plus de 250m pour moins de 20%. BU2=1 côté négatif : bus entre 50 et 150m pour moins de 20%, s'oppose à BU2=4, bus entre 50 et 150m pour 60 à 80% du quartier.

Côté négatif, GA5=5, gare à plus de 2,5km pour plus de 80% du quartier renforce l'image de quartiers très loin de la gare.

Côté négatif,

La variable PR1=4, école primaire à moins de 250m pour 60 à 80% du quartier, et PR2=2, primaire entre 250 et 500m pour 20 à 40%, apporte un éclairage nouveau : les quartiers du côté négatif sont loin de tout, y compris la boulangerie (BL4=5) et la maternelle (MA4=5), sauf de l'école primaire.

Côté positif

MA4=1, la maternelle n'est à plus de 2,5km que pour moins de 20% du quartier ; BL4=1, la boulangerie n'est à plus de 250m que pour moins de 20%.

LE FACTEUR 2 OPPOSE LES QUARTIERS ELOIGNES DE TOUS LES SERVICES, SAUF L'ECOLE PRIMAIRE, A CEUX QUI SONT PROCHES DU BUS, PAS TROP ELOIGNES DE LA BOULANGERIE OU DE LA MATERNELLE.

Typologie de quartier associée

Analyse du plan factoriel 1/2

L'organisation générale du nuage est très différente de celle que l'on a obtenue pour la morphologie. Les quartiers différents d'une même commune (MEAUX, VERNOUILLET), se rapprochent : les services s'organisent au niveau de la commune plus que du quartier ; l'équipement de la commune détermine l'équipement du quartier. COULOMMIERS est un peu différent : le quartier pavillonnaire et le grand ensemble se rapprochent, mais le vieux centre est encore assez éloigné sur la carte.

Certains quartiers se distinguent de l'ensemble, comme MONTREUIL et DAMMARTIN, dans le 3^{ème} quadrant : ils correspondent chacun à une position extrême de l'un des axes : axe1 négatif pour MONTREUIL, axe 2 négatif pour DAMMARTIN.

L'information est moins structurée que pour la morphologie pour plusieurs raisons :

- Les quartiers n'ont pas été délimités pour assurer une certaine homogénéité par rapport aux variables ; ils sont donc plus composites, et l'échantillon n'est sans doute pas suffisant pour mettre en évidence les caractères les plus discriminants
- Les variables de la mobilité semblent plus indépendantes que celles de la morphologie. Bien qu'il existe sans doute des relations (par exemple, proximité entre arrêt de bus et équipement, commerces près de la gare, etc...), elles n'apparaissent pas nettement sur un échantillon réduit
- Les seuils retenus comme limites des classes associées aux modalités n'ont pas la même pertinence d'une variable à l'autre ; sur un échantillon plus vaste, il faudrait effectuer un travail préalable pour constituer les classes (tranches d'effectifs égaux, ou dissociation en fonction de sauts dans la continuité des valeurs). Par exemple, la variable BU1 correspond, pour la saisie, à l'intersection d'un cercle de 50m avec le contour du quartier. Compte tenu de la surface des quartiers, la surface n'atteint jamais 20% du total (sauf dans le cas où plusieurs cercles/arrêts de bus étaient compris dans l'emprise) ; la valeur codée pour la modalité est donc toujours 1, que le cercle soit totalement extérieur ou totalement inclus. En conséquence, l'analyse ne prend pas en compte cette variable, qui n'apporte pas d'information sur les quartiers.
- La valeur 1 pour la variable XX1, qui correspond à la plus petite distance, pose un problème particulier : elle correspond à une plage de pourcentage, par exemple de 0 à 20%, pour laquelle on donne la valeur 1 à la modalité XX1. Cela signifie que moins de 20% du quartier est à cette distance de l'équipement désigné par XX. Or, si la valeur est nulle, cela signifie que tout le quartier est plus éloigné que le seuil retenu, donc qu'il est loin ou très loin (selon les valeurs des autres classes) de l'équipement.
Si au contraire ce pourcentage a une valeur faible, 10% par exemple, cela induit que une partie du quartier étant à cette proximité, une autre partie sera dans la classe de proximité immédiatement supérieure, donc que le quartier est plutôt proche de l'équipement : il faudra sans doute revoir ce codage et dissocier la valeur 0 (comme cela a été fait par exemple pour les variables de la morphologie)

Cela étant, il est possible d'analyser les résultats en superposant la carte des quartiers à la carte des variables et de leurs modalités. Les quartiers qui s'écartent de l'origine sont associés aux modalités de la même zone, ce qui en donne une interprétation.

Analyse du facteur 3

Côté négatif :

BL2=1 et BL3=1, moins de 20% du quartier est très proche de la boulangerie (à moins de 250m)
GA3=3 et GA4=3, environ la moitié, 40 à 60%, est entre 500m et 1km de la gare, la moitié entre 1km et 2,5km.

Côté positif

PR2=2 et PR3=4, l'école primaire est entre 250 et 500m pour 20 à 40% ; entre 500m et 2,5km pour 60 à 80%.

CC1=4 et CC2=2, la supérette est à moins de 250m pour 60 à 80%, et entre 250 et 1km pour 20 à 40%

LE FACTEUR 3 DISTINGUE DES QUARTIERS LOIN DE LA BOULANGERIE, PLUTÔT PROCHES DE LA GARE, DE QUARTIERS TRES PROCHES DE LA SUPERETTE ET ASSEZ PROCHES DE L'ECOLE PRIMAIRE

Analyse du facteur 4Côté négatif :

MA1=1, MA2=1 et MA4=5, moins de 20% à 250m ou 500m de l'école maternelle, plus de 80% à plus de 2,5km

PR1=1 et PR2=1, moins de 20% à 250 ou 500m de l'école primaire

CC3=1, moins de 20% entre 1 et 2,5km de la supérette

Côté positif :

PR1=3, PR1=4, PR2=3, PR3=1, l'école primaire est à moins de 250m pour 40 à 60% ; pour 60 à 80%, entre 250 et 500m pour 40 à 60%, et pour moins de 20% entre 500m et 2,5km

CC2=4 et CC3=2, 60 à 80% est entre 250m et 1km de la supérette, 20 à 40% entre 1km et 2,5km

LE FACTEUR 4 REND COMPTE DE LA PROXIMITE DES ECOLES ET UN PEU PLUS LOIN, DE LA SUPERETTE

Analyse du facteur 5Côté négatif :

MA1=5 et MA2=1, plus de 80% à moins de 250m de l'école maternelle, et moins de 20% entre 250 et 500m

PR2=1, moins de 20% entre 250 et 500m de l'école primaire

GA4=1, moins de 20% entre 1 et 2,5km de la gare

Côté positif :

PR2=5, plus de 80% entre 250 et 500m de l'école primaire

MA1=1, moins de 20% à moins de 250m de l'école maternelle

GA4=3 et GA5=3, 40 à 60% entre 1 et 2,5km, et à plus de 2,5km

LE FACTEUR 5 OPPOSE LA GRANDE PROXIMITE DE L'ECOLE MATERNELLE A LA PROXIMITE DE L'ECOLE PRIMAIRE, ASSOCIEE A UN CERTAIN ELOIGNEMENT DE LA GARE

ANALYSE PARTIELLE : MOBILITE SEULE (v3)- transports en commun

L'analyse partielle des paramètres liés aux transports en commun est susceptible d'une interprétation plus facile :

Analyse du facteur 1

Côté négatif : BU4=3, bus à plus de 250m pour 40 à 60% du quartier, s'oppose à BU4=1, bus à plus de 250m pour moins de 20% du quartier. BU4=2, occupe une position intermédiaire. Les valeurs supérieures n'apparaissent pas.

LE COTE POSITIF EST CELUI DES QUARTIERS DONT UNE PART REDUITE EST ELOIGNEE DU BUS. LE COTE NEGATIF EST CELUI DES QUARTIERS DONT UNE PART ASSEZ IMPORTANTE EST ELOIGNEE DU BUS.

Côté négatif : BU2=1, le bus est entre 50 et 150m pour moins de 20% du quartier. Les autres modalités, BU2=2 (20 à 40%), BU2=3 (40 à 60%) et BU2=4 (60 à 80%) se trouvent dans cet ordre le long de l'axe.

LE POURCENTAGE DU QUARTIER ENTRE 50m ET 150m (PROCHE) DU BUS CROIT DANS LE SENS POSITIF DE L'AXE 1

La variable BU3 ne suit pas la même logique : BU3=2 figure côté négatif, tandis que BU3=1 et BU3=3 apparaissent côté négatif dans cet ordre : le pourcentage de 20 à 40% entre 150 et 250m semble associé aux quartiers éloignés du bus, tandis que moins de 20%, et 40 à 60%, seraient associés aux quartiers proches (BU3=1 est proche de BU2=4)

En ce qui concerne la gare, l'interprétation semble moins évidente :

Le côté négatif est expliqué par trois modalités : GA1=3, GA2=3 et GA4=1 ; les autres valeurs de ces variables sont moins significatives

GA1=3, gare à moins de 250m pour 40 à 60% et GA2=3, gare entre 250 et 500m pour 40 à 60% apparaissent du côté des quartiers éloignés du bus

LE COTE NEGATIF EST CELUI DES QUARTIERS MIEUX DESSERVIS PAR LA GARE QUE PAR LE BUS, CE QUI EST PLUTOT INHABITUEL

A l'opposé, on trouve sur la carte les modalités GA3=3, GA4=3, et GA5=3, caractérisant les quartiers où le bus est à plus de 500m pour 40 à 60% du territoire.

Il est à noter que la valeur 5 pour toutes ces modalités, plus de 80% du quartier à une distance donnée de la gare, ne place pas la modalité dans la suite logique des autres valeurs, et que les modalités 5 pour la distance au bus n'apparaissent pas.

Analyse du facteur 2

L'axe 2 est constitué par l'opposition entre deux groupes de valeurs des modalités GA1, GA2, GA3, et GA4, auxquels s'ajoute la modalité BU2=3 du côté négatif

Côté négatif :

GA4=1, moins de 20% entre 1 et 2,5km de la gare ; GA2=4 et GA3=4, entre 60 et 80% du quartier à 500m ou à 1km de la gare ; GA1=2 et GA2=2, 20 à 40% à 250 ou 500m de la gare.

Côté positif :

GA2=1, moins de 20% entre 250 et 500m, et GA4=3, 40 à 60% entre 1 et 2,5km

Le côté négatif semble donc plutôt proche de la gare, et le côté positif, plutôt éloigné. Mais cette conclusion est contredite par des modalités propres à des quartiers homogènes (valeur 5, plus de 80%) : GA1=5 apparaît plus positif que GA4=5

LE FACTEUR 2 EST CONSTITUE PAR UN GROUPE DE QUARTIERS PLUTOT PROCHES DE LA GARE (ESSENTIELLEMENT A MOINS DE 1 KM) ET PLUTOT PROCHE DU BUS, DU COTE NEGATIF, QUI S'OPPOSE A DES QUARTIERS PLUS ELOIGNES (PLUS DE 1KM), POUR LESQUELS LA DISTANCE AU BUS EST MOINS SIGNIFICATIVE (PLUS DISPERSEE ?)

Analyse du plan factoriel 1/2

Sur ce plan, le nuage présente une forme vaguement parabolique, d'axe parallèle à l'axe 2 décalé vers le côté négatif de l'axe1, avec un groupe de points très éloigné le long de l'axe 2 négatif

Typologie de quartier associée

Les proximités entre quartiers sur ce plan factoriel résultent de similitudes complexes basées sur les proportions de territoire situé à différentes distances, pour les deux modes de transports collectifs pris en compte. La progression logique décelée pour le facteur 1 à propos de l'accessibilité du bus ne se retrouve pas pour la gare, ni pour le facteur 2

On observe un regroupement important dans le premier quadrant, qui s'étend au 4^{ème}, proche de l'origine. VERNOUILLET et la ZUS de MEAUX sont dans le premier quadrant, mais assez loin côté positif des axes 1 et 2.

Dans le 2^{ème} quadrant, et proche de l'axe 2, plusieurs quartiers s'éloignent côté négatif : DAMMARTIN sur l'axe, PERROS GUIREC, et très loin, MONTREUIL, très isolé.

CHAUMES et CHAILLY, dans le 3^{ème} quadrant, et COULOMMIERS, dans le 4^{ème}, s'éloignent un peu vers le négatif de l'axe1. Tout en bas, TRILPORT et NOISY le Grand apparaissent très détachés.

Le résultat le plus clair est la mise en évidence de certains quartiers dont la conjonction «distance au bus / distance à la gare » apparaît spécifique. Mais il conviendrait sans doute de revoir les tranches définissant les modalités et d'augmenter l'échantillon pour confirmer.

Analyse du facteur 3

Côté négatif :

BU2=4, bus entre 50 et 150m pour 60 à 80% du quartier, et BU3=1, bus entre 150 et 250m pour moins de 20% ; GA1=5, gare à < 250m pour plus de 80% du quartier.

La valeur 5 pour GA1 révèle une disposition exceptionnelle : plus de 80% du quartier est à moins de 250m de la gare : seul PARIS75010 est dans ce cas, compte tenu du fait que le quartier est moins étendu que la plupart des autres, et qu'il compte une gare (station de métro) à chaque extrémité

La variable de distance au bus se situe entre 50 et 150m, pour 60 à 80% du quartier : le bus est donc également très proche, ce qui renforce la spécificité liée à PARIS75010.

Côté positif :

La variable de distance au bus se situe entre 50 et 150m pour 40 à 60% (BU2=3), et entre 150 et 250m pour 40 à 60% (BU3=3), ce qui est un peu plus loin que côté négatif, mais pas très nettement.

En revanche GA3=3 et GA4=3 situent la gare entre 500m et 2,5km, donc nettement plus éloignée.

LE FACTEUR 3 DISTINGUE PARIS75010, TRES PROCHE DE LA GARE, D'AUTRES QUARTIERS PLUS ELOIGNES, DANS UN ENSEMBLE RELATIVEMENT BIEN DESSERVI PAR LE BUS

Analyse du facteur 4

Côté négatif :

GA5=1, gare à > 2,5km pour moins de 20%, GA1=3, et GA2=3, gare à moins de 500m pour 40 à 60%

Côté positif :

GA5=5, gare à > 2,5km pour plus de 80%, GA1=1 et GA2=1, gare à moins de 500m pour moins de 20%

BU2=2, bus entre 50 et 150m, pour 20 à 40%

LE FACTEUR 4 OPPOSE LES QUARTIERS RELATIVEMENT PROCHES DE LA GARE AUX QUARTIERS NETTEMENT ELOIGNES

Remarque : compte tenu du fait que le bus qui dessert un quartier dessert presque toujours la gare la plus proche, on ne peut pas être vraiment éloigné du bus si l'on est proche de la gare

Analyse du facteur 5

Côté négatif :

GA2=4, gare entre 250 et 500m pour 60 à 80%, GA1=2, gare à < 250m pour 20 à 40%

Côté positif :

GA2=2, gare entre 250 et 500m pour 20 à 40%, et GA3=4, gare entre 500m et 1km pour 60 à 80%

LE FACTEUR 5 OPPOSE LES QUARTIERS A PEINE MOINS PROCHES DE LA GARE QUE CEUX DU FACTEUR 4 A DES QUARTIERS UN PEU MOINS ELOIGNES

Analyse du plan factoriel 4/5

Typologie de quartier associée

L'observation des quartiers sur le plan 4/5 révèle un nuage concentré autour de l'origine, et des quartiers isolés dans les directions des extrémités des axes : NOISY le Grand, MONTREUIL, TRILPORT, DAMMARTIN ET CHAILLY. Un échantillon plus important devra permettre de dire si ces caractères isolés peuvent correspondre à des catégories pertinentes

ANALYSE PARTIELLE : MOBILITE SEULE (v3)- accès aux services

Analyse du facteur 1

Le facteur est marqué par les variables CC1 et CC2 relatives à la proximité de la supérette, de part et d'autres de l'origine, complétée par d'autres :

Côté négatif :

CC1=5, supérette à < 250m pour plus de 80% du quartier, et CC2=1, supérette entre 250 et 500m pour moins de 20%.

BL4=1, moins de 20% du quartier à plus de 250m de la boulangerie, et PR3=1, moins de 20% entre 500m et 2,5km de l'école primaire

Côté positif :

CC1=4, supérette à < 250m, pour 60 à 80% du quartier, et CC2=2, supérette entre 250m et 1km, pour 20 à 40%.

MA1=4, éc.maternelle à < 250m pour 60 à 80%, et MA2=2, éc.maternelle entre 250 et 500m pour 20 à 40% ;

BL2=2, et BL4=2, boulangerie entre 50 et 150m, d'une part, à plus de 250m, d'autre part

LE FACTEUR 1 DISTINGUE ENTRE DEUX GROUPES DE QUARTIERS PROCHES DE LA SUPERETTE, CEUX QUI SONT TRES PROCHES, DE CEUX QUI LE SONT UN PEU MOINS, MAIS AUSSI, PROCHES DE L'ECOLE MATERNELLE.

NB : on ne peut pas conclure, pour la boulangerie, les valeurs de part et d'autres de l'axe n'étant pas explicitement opposées. Le faible pourcentage correspondant pour l'école primaire à une plage moyenne assez étendue ne permet pas non plus de rattacher ces quartiers à une catégorie proche ou une catégorie éloignée.

Analyse du facteur 2

Côté négatif :

BL2=2, boulangerie entre 50 et 150m pour 20 à 40%, BL3=3, boulangerie entre 150 et 250m, pour 40 à 60%, et BL4=1, boulangerie à > 250m pour moins de 20%

CC1=4, supérette à < 250m pour 60 à 80%

Côté positif :

BL4=3 et BL4=5, boulangerie à >250m pour 40 à 60%, et pour > 80%, et BL3=1, BL2=1, pour moins de 20%, boulangerie entre 50 et 150m, et entre 150 et 250m.

CC1=3 et CC2=3, pour 40 à 60%, supérette à moins de 250m, et entre 250m et 1km.

PR2=1, éc.primaire entre 250 et 500m pour moins de 20%, PR3 =5 et MA3=5, écoles entre 500m et 2,5km pour plus de 80%

LE COTE POSITIF EST MARQUE PAR UNE DISTANCE A L'ECOLE COMPRISE ENTRE 500M ET 2,5KM, UNE PROXIMITE DE LA SUPERETTE, ET UN ELOIGNEMENT DE LA BOULANGERIE. LE COTE NEGATIF RASSEMBLE DES QUARTIERS PROCHES DE LA SUPERETTE, MAIS AUSSI DE LA BOULANGERIE

La plage pour PR3 et MA3 est assez large, et on pourrait sans doute affiner l'analyse en la subdivisant.

Analyse du plan factoriel 1/2

LES DEUX AXES ETABLISSENT DES DISTINCTIONS ENTRE DES QUARTIERS DANS LESQUELS LA SUPERETTE EST PLUS OU MOINS PROCHE, MAIS OU LA PROXIMITE D'UN AUTRE ELEMENT APPORT UNE DISCRIMINATION : LA BOULANGERIE POUR LE FACTEUR 2, LA MATERNELLE POUR LE FACTEUR 1

Typologie de quartier associée

Le plan factoriel 1/2 des quartiers ne présente pas une dispersion homogène. En première analyse rapide, on peut constater que le 3^{ème} quadrant (les deux axes négatifs) et ses abords immédiats regroupent les quartiers « anciens », ce qui coïncide avec la proximité de la boulangerie et de la supérette.

La proximité de la maternelle avec des quartiers neufs est aussi à noter, à l'extrémité positive de l'axe 1

Analyse du facteur 3

Le facteur 3 concerne essentiellement les écoles, qui apparaissent avec des valeurs comparables : elles sont souvent regroupées au sein d'un groupe scolaire, et donc offrent la même localisation

Côté négatif :

MA2=3, MA3=2, PR1=3, PR1=4, PR2=3, PR3=1

Un faible pourcentage, < 20%, pour la distance la plus grande, 500m à 2,5km, et des pourcentages significatifs, de 20 à 40%, pour les distances plus courtes, < 250m, et 250 à 500m

Le quartier n'est pas très éloigné des écoles, à moins de 500m

Côté positif

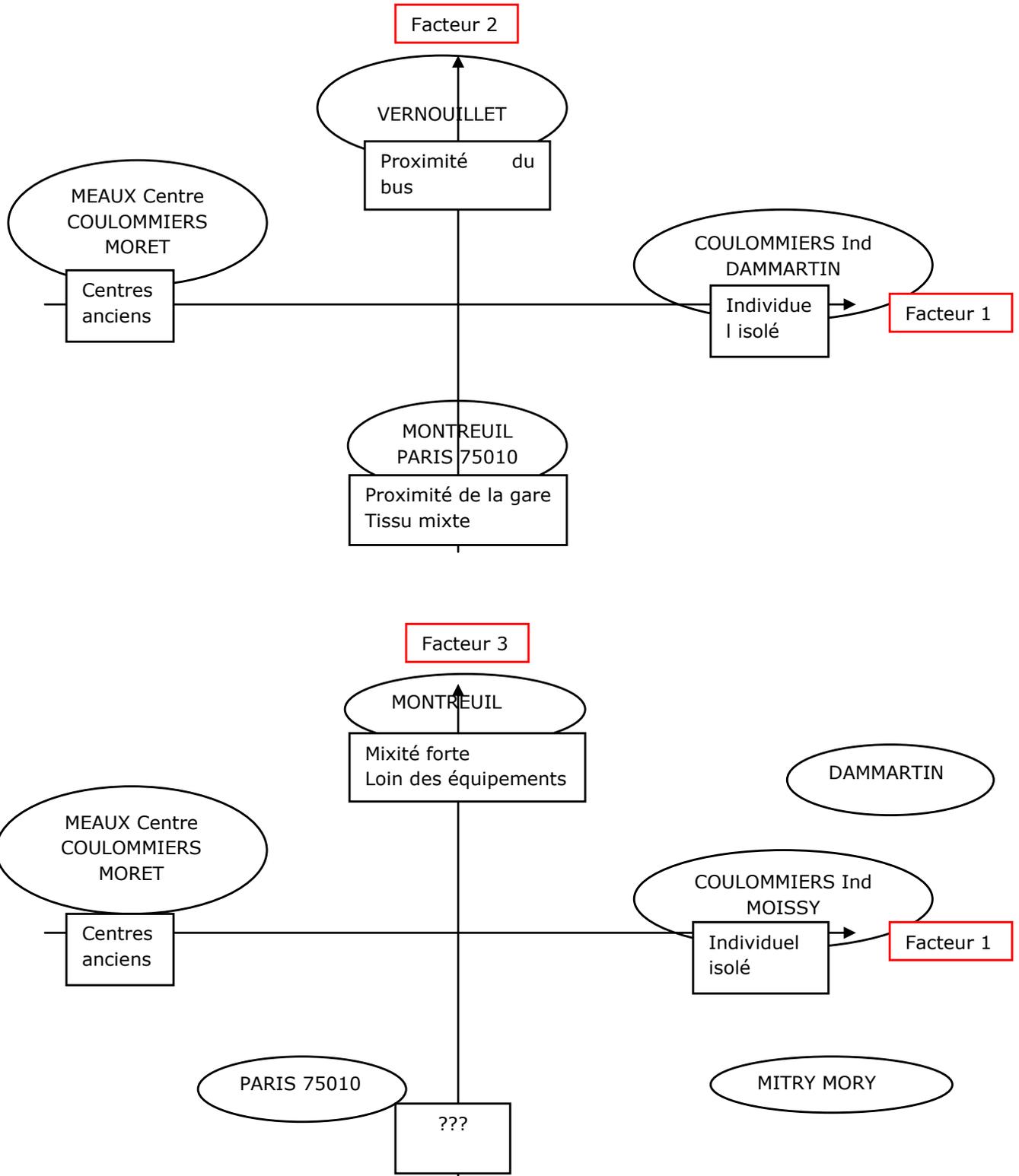
MA3=5, PR3=5, MA1, MA2, PR1, PR2=1

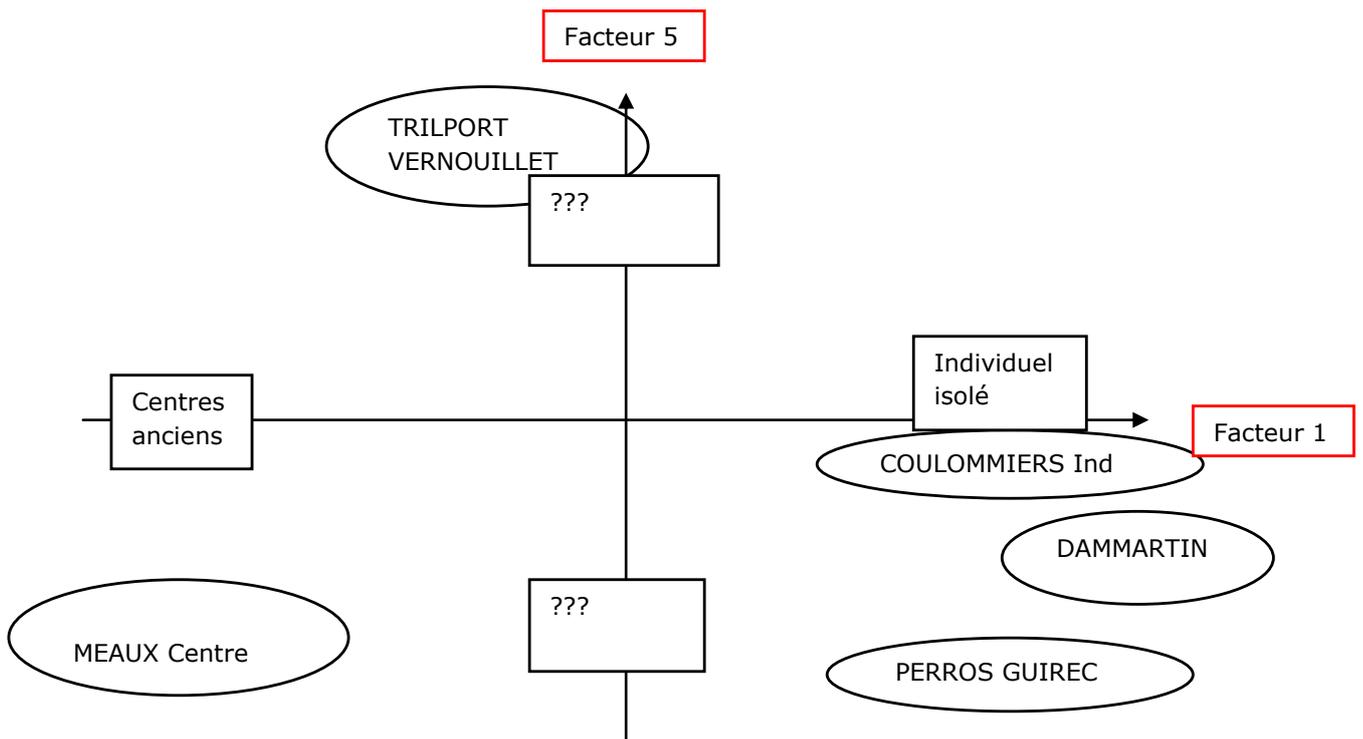
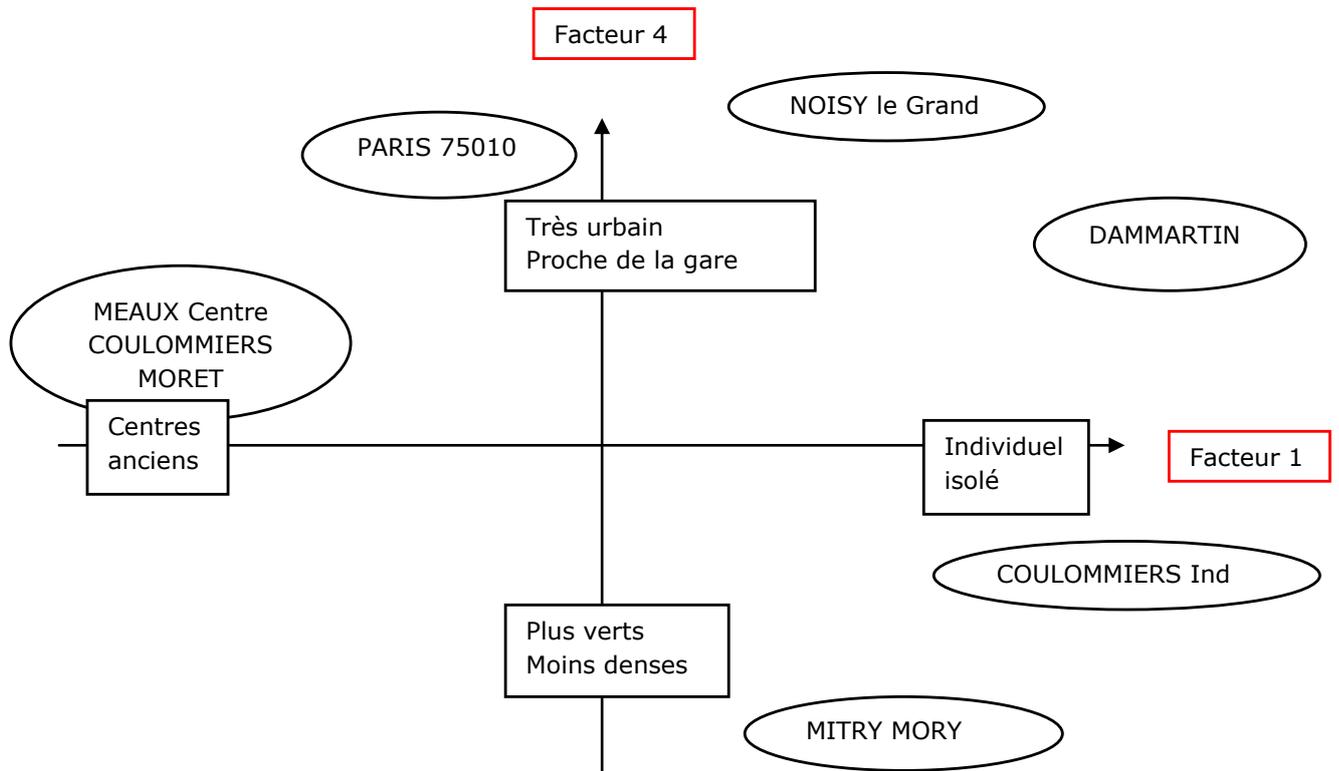
A plus de 80%, le quartier est situé entre 500m et 2,5km des écoles

LE FACTEUR 3 SEPARÉ LES QUARTIERS PROCHE DES ECOLES DES QUARTIERS PLUS ELOIGNES (PLUS OU MOINS DE 500m)

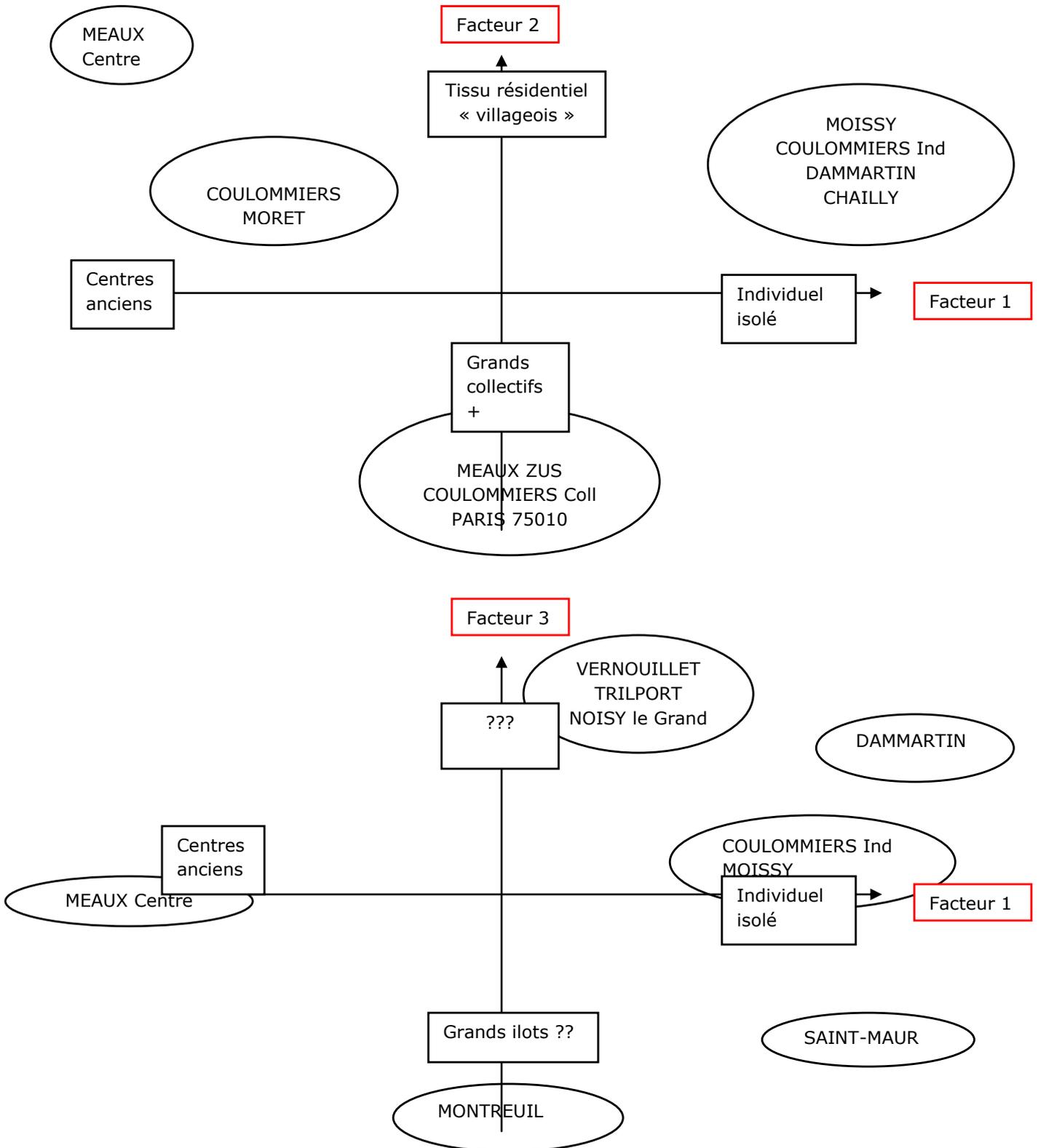
SYNTHESE DES ANALYSES

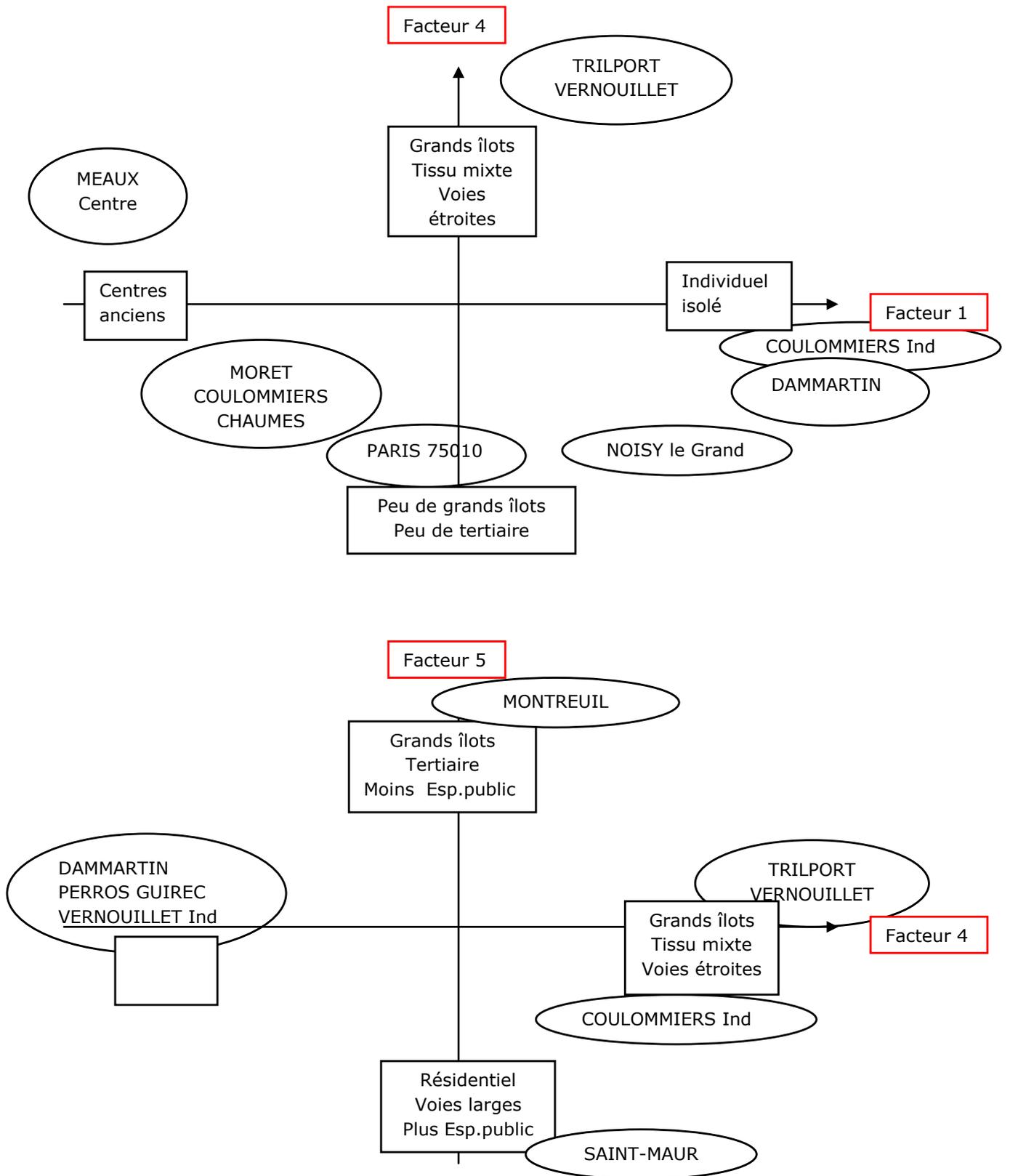
Analyse v1 : morphologie + mobilité



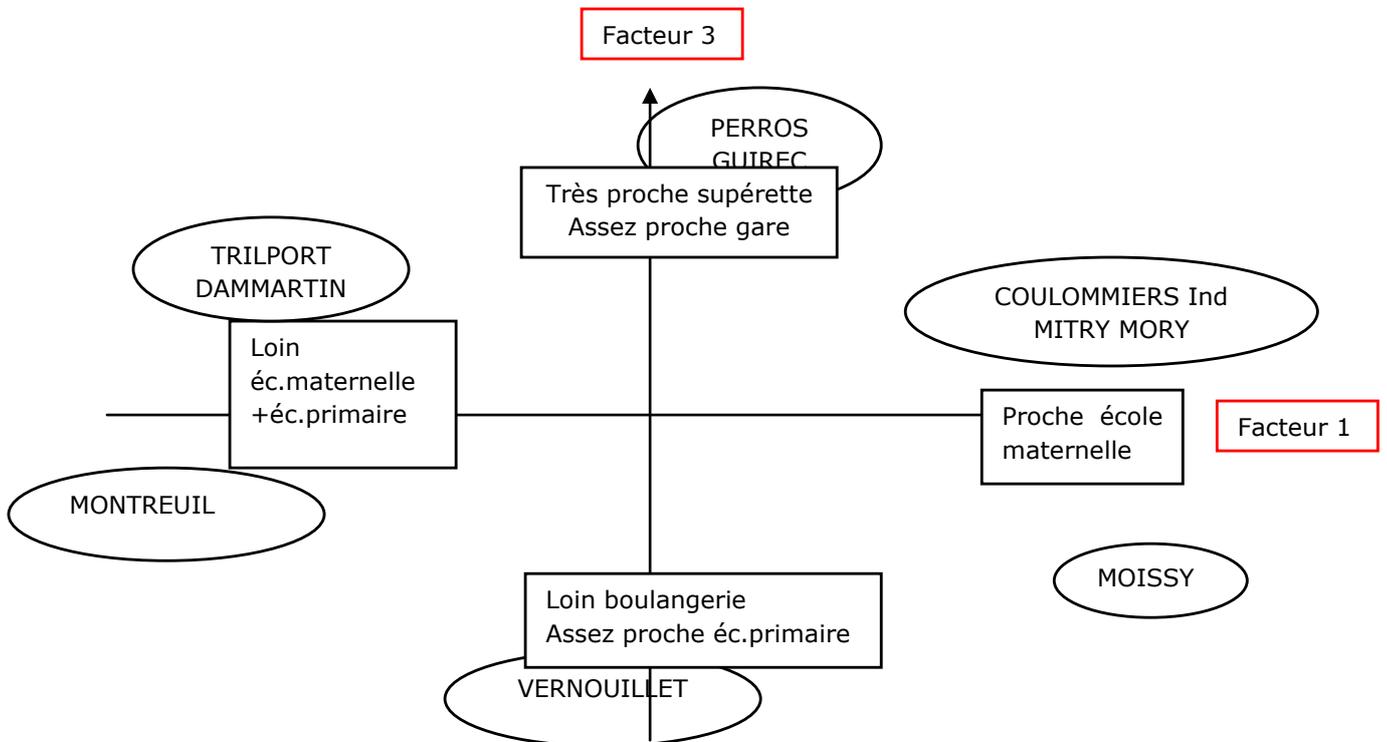
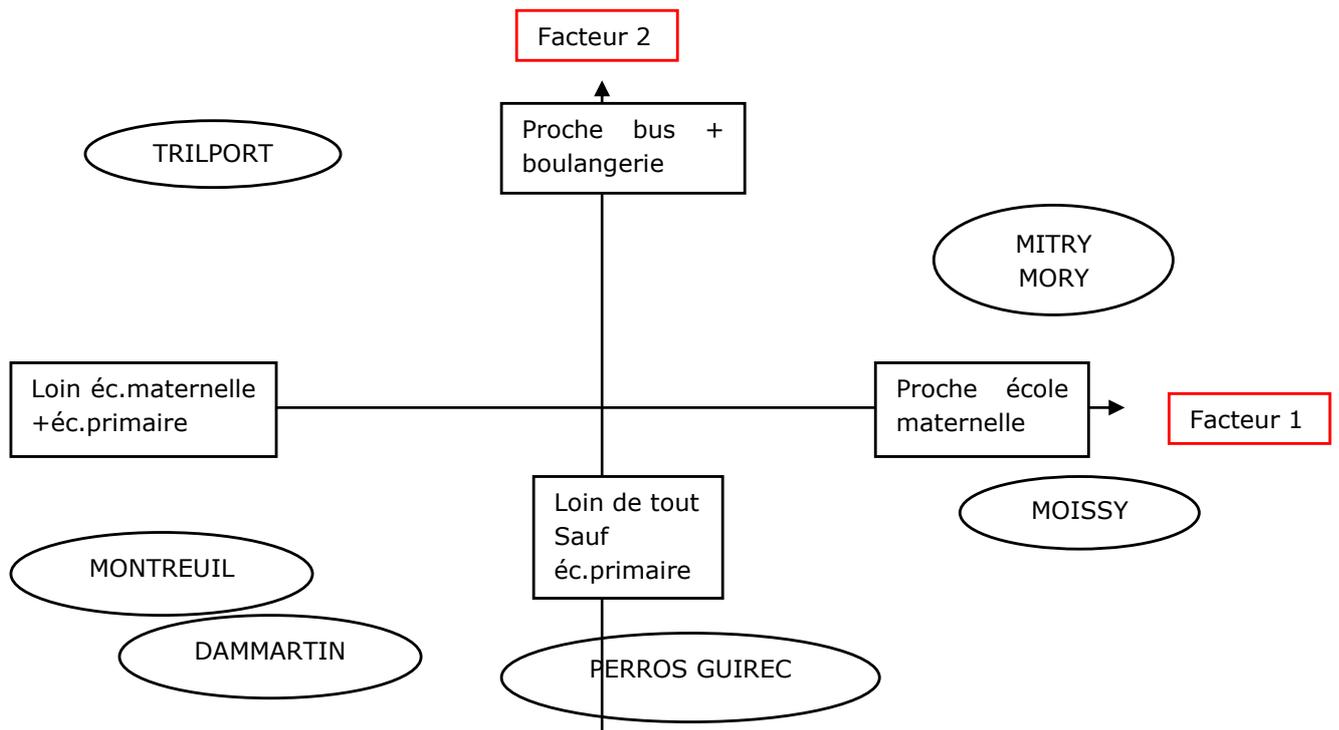


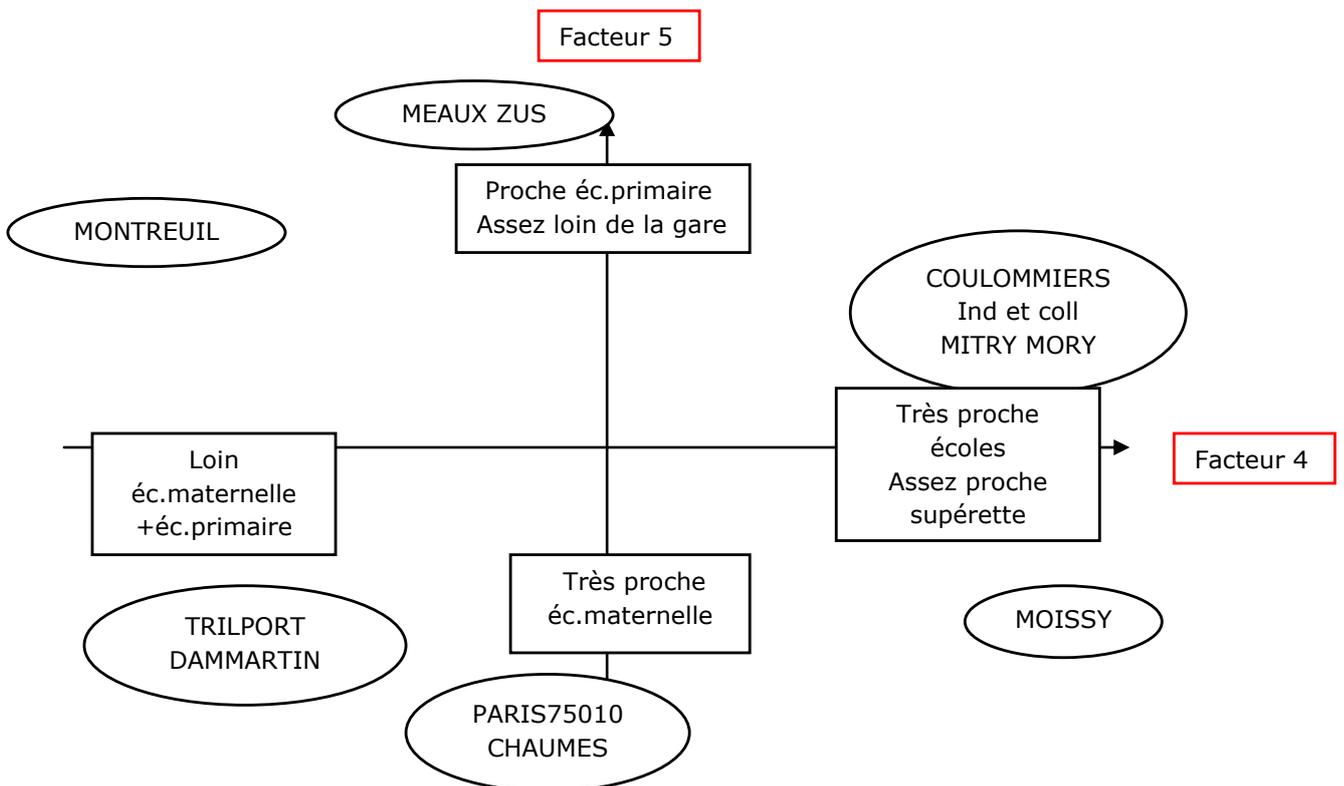
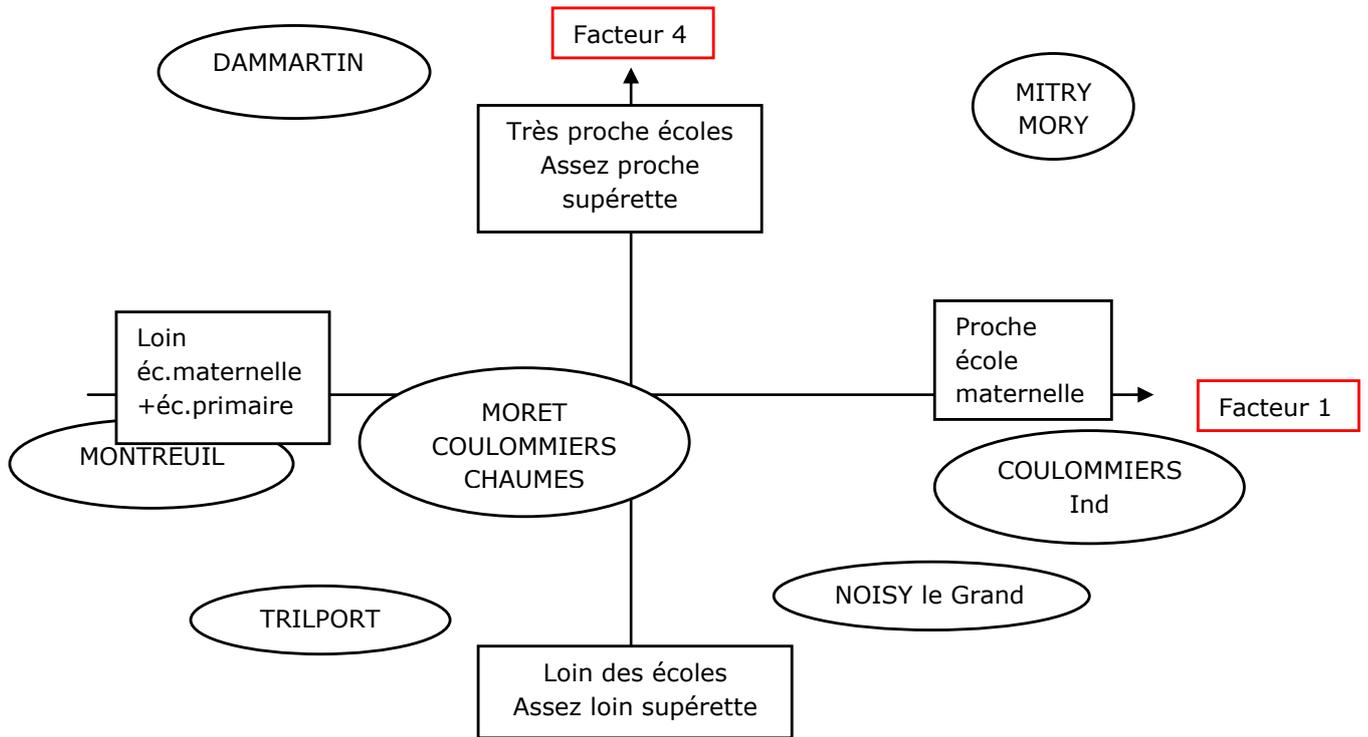
Analyse v2 : morphologie





Analyse v3 : mobilité





L'ANALYSE ENERGETIQUE DES QUARTIERS REPRESENTATIFS

Principes généraux

Les analyses ont mis en évidence, à travers l'interprétation des facteurs, les différentes manières dont les quartiers se répartissent, en fonction des valeurs des descripteurs, pour constituer une classification. L'analyse globale, tous descripteurs confondus, fournit une typologie synthétique à laquelle contribuent tous les descripteurs. L'analyse limitée aux variables morphologiques, d'une part, et celles de la mobilité, d'autre part, permettent de préciser la part de chaque sous ensemble dans le résultat global. Une analyse plus fine de la mobilité prend en compte d'une part l'accessibilité aux transports, et d'autre part la proximité des services quotidiens.

Pour chaque analyse, certains quartiers de l'échantillon sont représentatifs d'un caractère particulier : en général, sur un plan factoriel, les individus spécifiques sont ceux qui s'éloignent de l'origine des axes, centre de gravité du nuage, donc localisation de la moyenne du groupe étudié. La direction de l'axe, positive ou négative, marque une tendance à s'écarter de la moyenne.

Partant de descripteurs issus d'une réflexion sur l'efficacité énergétique, l'information collectée est globalement corrélée avec les qualités énergétiques, sans qu'il soit possible de déterminer avec précision sur quoi repose cette corrélation. Un quartier réel présente un bilan énergétique qui résulte des effets contradictoires de différents paramètres associés à des caractères de nature différente.

Nous proposons donc de retenir les quartiers les plus significatifs, pour chaque catégorie d'analyse, et d'évaluer la performance énergétique qui les caractérise.

L'évaluation énergétique d'un quartier est un exercice complexe. Nous nous intéressons ici à deux aspects : la forme urbaine, matérialisée par l'ensemble des constructions et leur organisation, et les dynamiques d'agglomération. Ces dernières sont largement conditionnées par un ensemble beaucoup plus vaste que le quartier qui nous sert de référence. Par ailleurs, l'efficacité de toutes les dispositions que l'on peut prendre, tant pour la qualité du bâti que pour la mobilité, reste dépendante du comportement des hommes. Notre objectif est de mettre en évidence les moyens d'améliorer les potentialités offertes par la Ville, l'amélioration des comportements étant l'affaire de l'éducation.

Nous nous focalisons pour chaque cas sur les déplacements des habitants d'un quartier⁷⁹ tant du point de vue des destinations intérieures que des destinations extérieures à celui-ci. Les migrations pendulaires liées au travail constituent sans doute d'un point de vue quantitatif la plus grande part des déplacements réguliers (en faisant abstraction des déplacements exceptionnels, liés aux loisirs par exemple). Mais en général, nous n'avons pas facilement accès aux données qui permettent de les appréhender à l'échelle réduite du quartier qui nous sert de cadre. Les parts modales des différents déplacements seraient cependant connues par les habitants et les élus appelés à utiliser notre outil.

Nous pouvons cependant supposer que l'accessibilité plus ou moins grande aux modes de transports en commun constitue un élément déterminant du choix pour une alternative à l'automobile. Au minimum, elle constitue une potentialité d'inciter les habitants à un tel choix. D'autre part, il existe un certain nombre de déplacements, plus ou moins réguliers et fréquents, qui peuvent s'effectuer à l'intérieur du quartier ou à ses abords proches. Selon les diamètres d'attractivité généralement admis pour les différents modes de transport collectif, nous pourrions

⁷⁹ Pour le prototype, nous n'avons pas pu retenir les déplacements domicile-travail, dont les données INSEE ne sont disponibles qu'au niveau des IRIS (zones beaucoup plus étendues que nos « quartiers »)

admettre par généralisation que ces déplacements pourront s'effectuer à pieds, en vélo, en bus, ou nécessiter l'usage d'un véhicule individuel. Cette incertitude, au niveau de la base de données initiale nécessaire au fonctionnement de l'outil, ne pose plus de problème pour son utilisation avec des élus ou des décideurs locaux qui connaissent leur territoire

Pour le prototype, nous avons retenu des descripteurs pour chaque catégorie⁸⁰ :

Vers l'extérieur :

La distance à l'arrêt de bus ou car

La distance à la gare ou la station de métro

La présence de parkings publics

Ces descripteurs sont minimaux : ils devraient être pondérés par la fréquence de passage, le nombre des correspondances possibles, les distances à des pôles structurants, voire même l'état de confort du matériel et la régularité de la desserte. Malgré tout, ces descripteurs nous semblent pertinents pour traduire l'aptitude d'un quartier à générer des comportements économes (notamment par la négative : l'absence de gare ou d'arrêt de bus à proximité renvoie à un usage obligé de la voiture)

A l'intérieur :

La proximité de commerces d'usage quotidien : boulangerie et supérette

La proximité de l'école maternelle et de l'école primaire, qui peut conditionner des déplacements motorisés pour l'accompagnement des enfants par les parents

Là encore, la présence d'une boulangerie à 50m ne garantit pas que l'habitant ne préférera pas acheter pour la semaine du pain congelé à l'hypermarché, mais c'est la marque d'une possibilité d'échapper à cette seule solution. Sans constituer des garanties de non utilisation de véhicules particuliers motorisés, ces descripteurs tendent à attester de la non-dépendance à des derniers.

Notre objectif est d'aider les décideurs pour que leurs interventions conduisent à des quartiers économes, c'est à dire dont l'usage ne soit pas nécessairement énergivore. La part de responsabilité qui incombe à l'habitant, par son comportement quotidien, reste un élément important que l'on ne peut contraindre de manière volontariste. Il est cependant important de noter que les comportements collectifs peuvent être influencés par la qualité des rapports sociaux⁸¹ : par exemple, l'organisation collective de l'accompagnement des enfants à l'école, les associations de consommateurs de produits de l'agriculture bio, ... La mixité habitat-travail est évidemment un élément positif, dans la mesure où la présence d'emplois possibles localement peut éviter des migrations quotidiennes. Mais bien sûr, on ne peut pas contraindre un habitant à travailler sur place, ni un salarié à résider sur son lieu de travail. La réflexion initiée par l'outil peut conduire les décideurs à engager également des actions pédagogiques d'accompagnement, pour que les potentialités qu'ils développent par leurs décisions d'urbanisme soient effectivement mises à profit pour des comportements vertueux.

Dans ce prototype, nous n'avons retenu que quelques descripteurs dont la représentativité semble assez claire. Sur un échantillon plus vaste de quartiers, on pourrait augmenter le nombre de descripteurs. Mais l'objectif que nous nous sommes fixé – l'aide à la décision à une échelle relativement modeste de l'espace urbain – nous dispense d'embrasser la grande échelle, certes déterminante, mais dont la responsabilité se situe au-delà de la compétence de nos décideurs. Une méthode analogue pourrait être imaginée en prenant comme objets les agglomérations. Les réseaux de transports et les déplacements pourraient alors y être pris en compte de manière globale.

Energie consommée par les bâtiments et les transports

⁸⁰ Voir en annexe le tableau des variables

⁸¹ Dans les expériences de Freiburg, Vauban ou Reiselfeld, le rôle des associations a sans doute été déterminant dans le développement de comportements écologiques.

Comment évaluer l'énergie consommée par un quartier tant du point de vue du bâti, que des transports et de la minéralisation ?

Cette approche simplifiée de l'énergie consommée dans un quartier a été développée dans le cadre du projet SAGACITES [SAGACités : Vers un Système d'aide à la Gestion des Ambiances urbaines, Rapport final, GRECO. (en partenariat avec le TMU, le groupe ABC, l'IRPHE, et le laboratoire de Psychologie de l'Environnement –Paris V), MENRT- Direction de la Technologie, N°99 V0532450 p, Février 2002], projet piloté par l'ENSA Toulouse.

L'objectif est de permettre des comparaisons entre scénarii simplifiées liés à des variantes urbaines sur un même quartier en croisant des données liées aux technologies/ morphologies de bâtiment, à la morphologie du réseau viaire et à la minéralisation du substrat, à partir de données simples liées à la caractéristiques de ces éléments et disponibles dans les bases de données urbaines (BdU) traditionnelles.

Cette approche s'inscrit dans la même perspective que celle développée pour la recherche RUE et vient ainsi la compléter, l'enrichir et la valider. Il s'agit, à partir d'un minimum de données disponibles ou facilement accessibles de pouvoir évaluer grossièrement l'énergie consommée à l'échelle de l'îlot ou du quartier.

En ce qui concerne le bâti, on s'appuie sur des SIG qui donnent l'emprise au sol et la hauteur, et des indications sur la typologie et la morphologie, ainsi que sur le statut des bâtiments (activités ou habitat).

On prend en compte également des données INSEE à l'échelle de l'îlot et on entre ensuite des données technologiques qui concernent l'énergie employée pour le chauffage et l'eau chaude, le système de ventilation, l'isolation mise en œuvre, le type d'éclairage, les matériaux, les déchets et le recyclage de l'eau.

L'approche SAGACITES permet ainsi de produire un bilan énergétique simplifié. En fonction de l'énergie utilisée, il est ensuite aisé de mettre en évidence la consommation de CO2 et les émissions de GES.

En ce qui concerne la mobilité et les transports, les données précises sont plus difficilement accessibles. On a opté pour quelques mesures simples, la distance aux arrêts de transport en commun et la distance aux espaces publics. Exactement comme dans la démarche RUE il s'agit, avant tout, de mesurer l'accessibilité aux aménités urbaines, et de pouvoir montrer simplement les potentialités d'un quartier.

On s'appuie ensuite sur les rosaces de déplacement (SOURCE ???) qui mettent en évidence les distances acceptables à pied, ou en vélo et prédisent de façon fiable l'utilisation de la voiture au-delà d'une certaine distance. Il s'agit là encore d'une approche simplifiée qui se révèle précieuse lors de décisions à prendre.

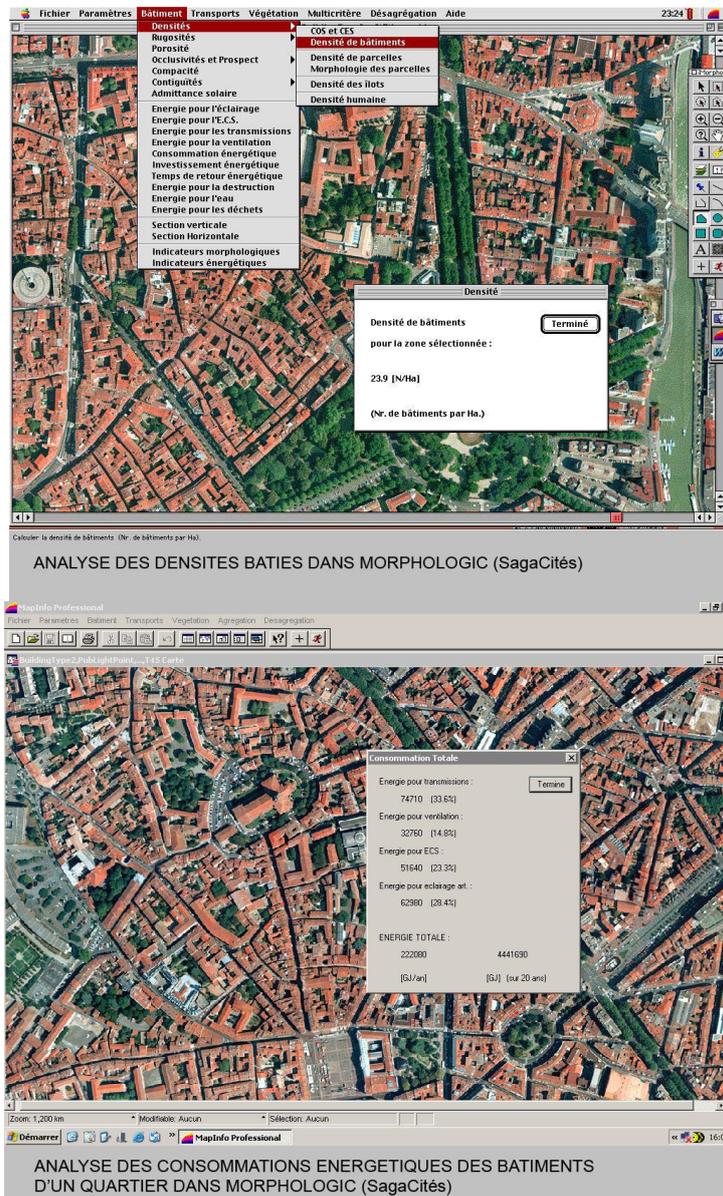
Energie consommée par un quartier (bâtiment, transport et minéralisation)

Cette approche simplifiée de l'énergie consommée dans un quartier a été développée dans le cadre du projet SAGACITES [SAGACités : Vers un Système d'aide à la Gestion des Ambiances urbaines, Rapport final, GRECO . (en partenariat avec le TMU, le groupe ABC, l'IRPHE, et le laboratoire de Psychologie de l'Environnement –Paris V), MENRT- Direction de la Technologie, N°99 V0532450 p, Février 2002], projet piloté par l'ENSA Toulouse.

L'objectif est de permettre des comparaisons entre scénarii simplifiées liés à des variantes urbaines sur un même quartier en croisant des données liées aux technologies/ morphologies de bâtiment, à la morphologie du réseau viaire et à la minéralisation du substrat, à partir de

données simples liées à la caractéristiques de ces éléments et disponibles dans les bases de données urbaines (BdU) traditionnelles.

Ces indicateurs sont calculables directement dans le Système d'information Géographique Morphologic développé dans le cadre de ce projet [Adolphe, L., A simplified model of urban morphology : application to an analysis of the environmental performance of cities. Environment and Planning B : Planning and Design, vol 28 (2), March 2001, pp.183-200.].



Ecrans présentant le calcul des densités bâties ou des consommations énergétiques liées au bâtiment dans Morphologic.

1) Energie consommée dans le bâtiment.

Energie liées aux transmissions à travers les parois (pendant la saison de chauffage).

$$E_{trans} = 24 * DJ * 3,6 * 10^{-6} * SextStot * (S_{floorInd} * Umh + S_{floorColl} * Umc + S_{floorTer} * Umt)$$

- Avec DJ = 2430 en zone H1, 2000 en zone H2 et 1360n en zone H3
- Avec Umh, Umc et Umt donnés par :

	Umh	Umc	Umt
Isolation renforcée	1	1,2	2
Isolation réglementaire	1,2	1,7	2,2
Isolation moyenne	2,0	2,3	2,6
Sans isolation	3,2	3,6	4,0

- Avec SextSfloor (ration surface non contiguë d'enveloppe sur surface totale d'enveloppe) donné en fonction du COS calculé par

COS	SextSfloor
Supérieur à 2,2	0,6
Entre 1,6 et 2,2	0,7
Entre 1 et 1,6	0,8
Entre 0,5 et 1	0,9
Inférieur à 0,5	1

- Avec SfloorInd = surface de plancher en individuel,
- SfloorColl = surface de plancher en collectif,
- SfloorTer = surface de plancher en tertiaire.

Energie pour la climatisation du bâtiment (idem transmissions avec DJclim)

$$E_{c\lim} = 24 * DJ_{c\lim} * 3,6 * 10^{-6} * SextStot * (SfloorInd * Umh + SfloorColl * Umc + SfloorTer * Umt)$$

Avec DJclim donné sur saison de climatisation par zone climatique

Admittance solaire

$$Adm = \sum_{\text{façade}} Ombre * Surf * Incidence$$

Avec (par façade) Surf = Surf extérieure (non contiguë) d'enveloppe.

Ombre donné en fonction du type d'environnement urbain

	Urbain dense	Ilot fermé-Haussmanien	Ilot ouvert-rural	semi-rural	Rural
Ombre	0,3	0,4	0,5		0,6
Ombre sur toiture	0,8	0,9	0,95		1
Remarques	Alb = 16 Comp = 0,5 (1+Alb)/2 Comp > 2	Alb = 0,19 Comp = 0,5 (1+Alb)2/3 Comp > 1	Alb = 0,2 Comp = 0,5 (1+Alb)4/5 Comp > 0,3		Alb = 0,25 Comp = 0,5 (1+Alb) Comp < 0,3

Avec Incidence donnée en fonction de l'angle de la façade par rapport au sud (approche équivalent à Surface Sud Equivalente)

Incidence	Incidence
Sud+ (45 à 135° et 225 à 315°)	1
Est- Ouest (45 à 135° et 225 à 315°)	0,55
Nord (45 à 315°)	

Déperditions par la ventilation.

$$E_{vent} = 0,34 * 3,6 * 24 * DJ * 10^{-6} * T_{vent} * Vol$$

- Avec Vol = volume du bâtiment
- Avec DJ (voir Transmissions)
- Avec Tvent donné par

Type Ventilation	Tvent

Double flux	0
Simple Flux Neuf	0,25
Simple Flux existant	0,5
Sans Ventilation spécifique	0,75

Déperditions pour l'eau chaude sanitaire.

$$E_{DHW} = Pop * 35 * 4,183 * 10^{-6} * 365,25 * P_{DHW} * \frac{(S_{floorInd} * 120 + S_{floorTer} * 30) * (S_{floorHab} + S_{floorTer} * 0,05)}{(S_{floorHab} + S_{floorTer})^2}$$

- Avec Vol = volume du bâtiment
- Avec SFloorInd = surface de plancher en individuel,
SfloorColl = surface de plancher en collectif,
- SFloorHab = Sfloor Ind+ SfloorColl,
- SfloorTer = surface de plancher en tertiaire.
- Avec PDHW = 1 chauffage Gaz, 3 chauffage Electricité

Energie pour l'éclairage artificiel

$$E_{Light} = T_{light} * 3,6 * 10^{-6} * (5 * 365,25 * S_{floorHab}) + 6 * 240 * S_{floorTer}$$

- Avec Tlight = 14 en fluorescent, et 25 en incandescent

Energie grise incorporée aux matériaux du bâtiment.

$$E_{Grey} = K * S_{floor}$$

- Avec Sfloor = Surface de plancher
- K donné en fonction du nombre de niveaux

Nbre étages	K
1 à 2	1,5
3 à 5	3
>5	4,5

Energie pour la destruction du bâtiment.

$$E_{Destruct} = 0,16 * K * S_{floor}$$

- Avec Sfloor = Surface de plancher
- K donné en fonction du nombre de niveaux

Nbre étages	K
1 à 2	1,5
3 à 5	3
>5	4,5

Energie liée à la production ou au recyclage de l'eau.

$$E_{Eau} = P * Pop * \frac{(S_{floorHab} * 0,5 + S_{floorTer} * 0,16)}{(S_{floorHab} + S_{floorTer})}$$

- Avec P= 1 avec recyclage, 0,66 sans recyclage

Energie liée à la gestion des déchets ménagers.

$$E_{waste} = 0,36 * P * Pop$$

- Avec P= 1 sans recyclage, 0,7 avec recyclage

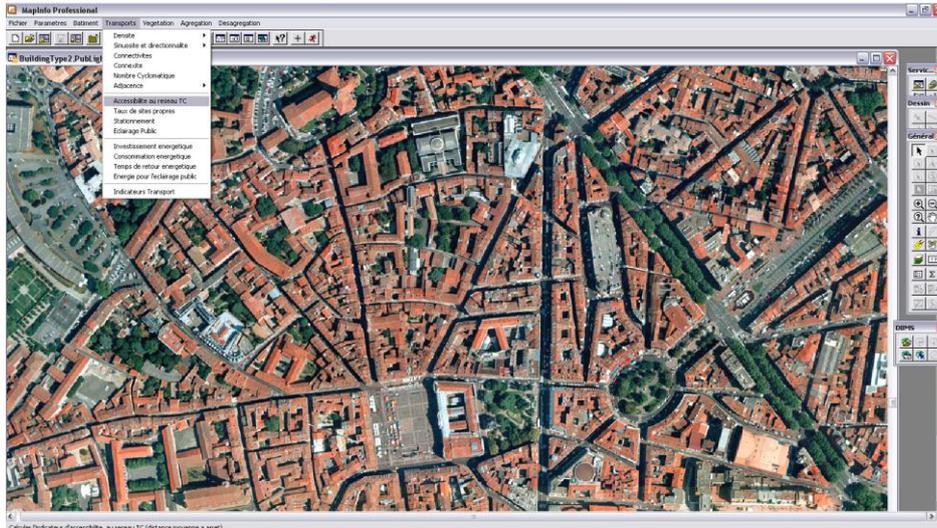
2) Energie consommée dans les transports.

Energie liées à l'accessibilité aux aménités urbaines

$$E_{mob} = K * Dist$$

Avec K variant suivant le mode de transport

Dist distance minimum entre logement et service urbain, calculé par SIG sur le graphe du réseau viaire.



3) Minéralisation du substrat.

$$Min = \frac{(S_{Tot} - S_{veget} - S_{eau} - Pi * S_{fol})}{S_{Tot}}$$

Avec Stot surface totale de la zone

SVeget surface plantée ou gazonnée

Seau surface utile des espaces d'eau

Sfol donné en fonction du diamètre des troncs pour les plantations d'alignement

Diamètre des troncs	Sfol
<20 cm	2 ²
Entre 20 et 40 cm	4 ²
>40cms	6 ²

VERS UN OUTIL D'AIDE A LA DECISION

Au cours de la première phase, plusieurs étapes ont marqué la fabrication de l'outil :

Un premier prototype a permis de soulever les questions et d'esquisser la forme des résultats

Une deuxième étape doit permettre de reprendre la démarche

En augmentant l'effectif de la base de données de quartier

En adaptant si nécessaire la liste des variables

En basant le codage des modalités sur des classes plus pertinentes (seuils constatés, effectifs équivalents)

Cette base de données est soumise à une série d'analyses factorielles, qui produisent des représentations sous la forme de plans factoriels à deux dimensions, et de classifications sous la forme d'arborescences hiérarchiques.

Le principe général de la méthode est de projeter l'objet à étudier dans l'espace de la base de données. Pour ce faire, l'objet sera décrit par les mêmes variables que celles qui ont permis l'analyse de la base de données. On pourra donc situer l'objet sur chacun des plans factoriels, ou dans l'arborescence de la classification.

Comme tout système expert, chaque utilisation de l'outil permet son amélioration : à chaque fois qu'un nouveau quartier est disponible, les analyses sur la base de données augmentée de ce quartier peuvent être refaites, et l'on peut ainsi apprécier la robustesse de l'outil à travers la stabilité des résultats. Au fur et à mesure, il est possible que des facteurs de rang supérieurs apparaissent significatifs et augmentent ainsi la finesse des analyses.

Pour le passage de la base de données du prototype à une base plus importante, nous envisageons d'ailleurs une coopération avec des décideurs qui nous apporteraient des quartiers qu'ils connaissent, et dont la saisie présenterait alors moins d'aléas.

L'outil peut servir d'une part pour l'étude de l'existant, et d'autre part pour la prospective ou la simulation

Application au diagnostic

Un maire peut engager une réflexion sur une partie de son territoire. Il peut avoir un projet de transformation sur un périmètre donné, ou seulement chercher à savoir comment sa ville se situe par sa forme urbaine et ses déplacements. Il délimite alors un périmètre, et collecte pour ce quartier l'ensemble des valeurs nécessaires à l'analyse.

Au préalable, une présentation de l'outil et des résultats d'analyses antérieures auront permis au maire et à ses collaborateurs de comprendre la nature des résultats attendus, ce qui est utile pour définir un contour pertinent.

Si le maire souhaite étudier l'ensemble de sa ville (supposée d'une taille raisonnable), il peut sans doute considérer le territoire communal comme un quartier et le soumettre globalement à l'analyse. Mais il est probable que dans ce cas, la diversité des situations de différents sous-ensembles pourra empêcher qu'apparaisse de grandes caractéristiques générales.

On procédera donc à la définition de plusieurs contours pour garantir aux quartiers une cohérence sur certains critères : similitude morphologique, distance à la gare, présence d'équipements...

Les quartiers soumis à l'analyse apparaissent sur chaque plan factoriel et sur l'arbre de classification. Dans les premiers temps⁸², on procédera systématiquement à une double analyse : l'une en projetant le nouveau quartier dans l'espace de l'outil, en tant qu'individu illustratif, l'autre en l'incluant dans une nouvelle analyse. Si les résultats de la nouvelle analyse sont

⁸² Pour passer du prototype au système opérationnel

identiques à ceux de l'analyse de base, on en conclura que l'outil est stable, et que le nouveau quartier entre bien dans les catégories analysées précédemment. Si au contraire les résultats de l'analyse sont modifiés, il faudra considérer que le nouveau quartier enrichit la diversité de la base de données.

La situation probable vers laquelle on devrait tendre est d'obtenir une interprétation stable pour les premiers facteurs, qui rendent compte de la structure la plus forte de l'information apportée par la base, et de voir apparaître à un rang élevé un nouveau facteur quand le quartier ajouté comporte un caractère très original.

Le quartier étudié va apparaître comme proche de certains quartiers présents dans l'analyse : le maire pourra alors consulter des images (éventuellement des animations) traduisant l'ambiance urbaine de ces quartiers « similaires »,

Après avoir interprété la proximité du quartier étudié sur les plans factoriels avec des quartiers « globalement similaires », on peut procéder à des analyses spécifiques par sous-ensembles de variables (morphologie, mobilité, transports en commun...) plus ou moins spécialisées, pour contrôler si la similitude s'applique à chaque critère ou si elle résulte d'une ressemblance globale. Des images plus spécifiques peuvent alors être produites pour donner du quartier une vision simple.

Application à la simulation

De la même manière, l'analyse peut s'appliquer à un quartier « virtuel », c'est à dire à un quartier en projet : il suffit de produire pour ce quartier les valeurs des variables nécessaires à sa description dans l'outil. Cette description ne nécessite pas que le projet de quartier soit à un stade avancé, et l'outil peut donc être utilisé très en amont.

Dans ce cas, les images de quartiers similaires peuvent constituer un moyen simple et accessible pour évoquer l'ambiance du quartier futur et communiquer avec les citoyens.

La simulation peut aussi être mise en œuvre pour la modification d'un quartier existant (ou les variantes d'un quartier en projet). Dans ce cas, on procède à une analyse pour chaque modification ou variante, et on en compare les résultats avec l'analyse de la situation initiale.

Méthodologie

La mise en œuvre de l'outil pour un quartier donné est relativement simple. Mais cela ne signifie pas qu'elle ne nécessite aucune compétence particulière :

La saisie des données fait l'objet d'une notice précise et détaillée, et ne présente pas de difficulté pour un opérateur moyen. La connaissance du contexte local la rend même plus facile et plus fiable que la collecte pour la base de données initiale. En revanche, il reste nécessaire d'utiliser un outil d'analyse factorielle, qui produit des états de sortie d'une lisibilité relative : on peut imaginer, s'agissant seulement de projeter le nouveau quartier sur l'espace déjà analysé, d'automatiser la manipulation et d'améliorer la qualité des documents de présentation dans un module limité que l'on mettrait à disposition des décideurs.

Mais si l'on souhaite aller plus loin, en sélectionnant des variables différentes dans plusieurs analyses, par exemple, ou plus généralement si l'observation de similitudes ne suffit pas et que l'on souhaite approfondir l'interprétation, la présence d'un praticien de l'analyse statistique appliquée à l'urbanisme sera nécessaire.

CONCLUSIONS/PERSPECTIVES

Notre approche est originale et résolument à contre-pied de ce qui se fait dans ce domaine. En effet, partir des données accessibles est à contre-courant des recherches actuelles. Notre parti pris de la simplicité et du bon sens n'empêche pas la pertinence et la validité.

Nous avons, dès le départ, souhaité répondre à la demande de nombreux élus d'être aidés et accompagnés dans leurs décisions et non pas offrir un outil sophistiqué mais inutilisable par le plus grand nombre, qui ne dispose pas de services ou d'outils tels les SIG. L'idée directrice de notre proposition est de fournir une assistance à ces décideurs en leur permettant de visualiser vers quel type de ville (ou plutôt, de quartier) leurs actions vont transformer leur territoire.

Il s'agit d'une recherche exploratoire dans un but opérationnel qui n'est pas terminée. Notre recherche constitue un cahier des charges pour réaliser ensuite un outil opérationnel. C'est un prototype méthodologique qui est proposé ici : plus que la valeur définitive des premiers résultats, c'est la méthode par laquelle ils sont obtenus qui est à retenir.

Au terme de cette recherche nous mesurons le travail qui reste à faire et les questions en suspens. Par rapport au travail annoncé nous avons sous-estimé le temps nécessaire à constituer nos quartiers de référence, pertinents par rapport aux objectifs énergétiques et préservant une vision globale de la qualité urbaine. Une banque de données conséquente est indispensable pour le fonctionnement de notre outil. En effet, notre méthode simplifiée d'aide à la décision s'appuie sur un effet statistique.

Faire comprendre les enjeux et les problématiques, traduire les décisions dans l'espace, évaluer un quartier existant ou un projet, en mesurer les conséquences, tels étaient nos objectifs. Il n'est pas toujours facile de mettre en face un chiffre concernant les émissions de gaz à effet de serre. Mais toute notre démarche est sous-tendue par une approche économe en énergies et ne se réduit pas à quelques chiffres. Elle permet de dégager des orientations économes et respectueuses des ressources naturelles.

Nous avons été obligés d'explorer très largement les indicateurs nécessaires pour anticiper toutes sortes de contextes et les comparer. Notre prototype, lorsqu'il passera à l'étape d'outil, sera d'une utilisation aisée : les descripteurs auront été affinés, et les élus locaux ayant une bonne connaissance de leur territoire, il sera plus facile de collecter les éléments indispensables.

Cette méthode prometteuse, encore à l'état de prototype, pour être validée, doit se poursuivre sur le terrain et être confrontée aux élus locaux : nous allons nous rapprocher de la fédération des éco-maires et poursuivre avec eux cette recherche.

Le partenariat à l'échelle nationale avec une association d'élus particulièrement concernés devrait permettre de revoir la collecte des données en s'appuyant sur leur connaissance du terrain, ce qui permettra de contourner la difficulté créée au départ par l'impossibilité d'accéder aux données de l'INSEE à une échelle d'îlot. Ainsi, la notion de population, essentielle, pourra être réintégrée. De même, la prise en compte de l'accessibilité aux transports en commun pourra être affinée, la liste des équipements et services générateurs de déplacements pourra être étendue,...

Nous nous sommes focalisés sur les petites communes, mais la démarche que nous proposons pourrait s'appliquer sans problème à des territoires plus importants, villes ou structures de coopération intercommunale. Cela conduira nécessairement à une plus grande prise en compte des déplacements, notamment à travers les réseaux plutôt que les points de desserte.

On peut également envisager que la connaissance d'un territoire puisse s'étendre aux comportements : la méthode ne se limiterait plus à faire apparaître les « potentialités » d'une forme urbaine, mais rendrait compte également des usages et des comportements des habitants, d'une certaine « réalité ».

Enfin, nous pensons que RUE sera un précieux outil de dialogue entre le maire et son équipe municipale, entre les élus et leurs administrés. En permettant de visualiser des projets et des actions dans des perspectives de comparaison et de simulation, il sera un support indispensable au débat sur le cadre de vie.

BIBLIOGRAPHIE

Allaire, Julien, *Choisir son mode de ville : Formes urbaines et transports dans les villes émergentes*, (LEPII-EPE, CNRS/Université de Grenoble II) Les cahiers de GLOBAL CHANCE - N° 21 - mai 2006

Allaire, Julien, *Mutation urbaine chinoise et dépendance énergétique* ; Communication à EMUE Energie Matière Environnement Urbain colloque européen 18 - 19 mai 2006, Paris

ADEME (2000), ATMO 2000, directive de 10 janvier 2000, Ministère de l'environnement
ADEME ; *Réussir un projet d'urbanisme durable. Méthode en 100 fiches pour une approche environnementale de l'urbanisme*, AEU ; 2006,

ADEME *Catalogue des 87 mesures du label Cit'ergie*, site Internet, août 2008

ADEME Contrat ATEnEE : *Actions Territoriales pour l'Environnement et l'Efficacité Energétique*, site Internet

ADEME *Le bilan Carbone*, site Internet

Adolphe L. & al. (2002), *Sagacités : Vers un système à la gestion des ambiances urbaines*, Rapport final, MENRT, DT N° 99-V0532, 400p., Février 2002.

CERTU (2001), *Observatoire des Plans de Déplacement Urbains – De la méthode aux indicateurs*, Collection Dossiers N° 121, 243 p.

CERTU (2002) *Plans de Déplacements Urbains. De la loi sur l'Air et l'utilisation rationnelle de l'énergie à la loi relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbains. Bilan des PDU de 1996 à 2001 (2002) – Ademe, Certu, DTT, Gart., 369 p.*

Fouchier, Vincent, mars 1997 *Transport et développement durable : la planification urbaine peut-elle conduire à une mobilité durable ?* La Jaune et la Rouge.

Goger Th. (2004) : "Synthèse bibliographique sur l'évaluation des pollutions de l'air générées par le secteur des transports : application au cas de la métropole française, 64 p., juin 2004.

Maurin M. (2000), *L'agrégation des indicateurs de l'environnement, quelques premières réflexions*, Inrets- LTE, Rapport N° 2028, Décembre 2000.

Maurin M. (2003 a) *Une analyse structurelle et morphologique des indicateurs d'impact sur l'environnement - version 2, rapport INRETS-LTE 0301.*

Maurin M. (2003 b) *Réflexions à propos des relations numériques entre le bruit des transports et la gêne exprimée*, RTS n° 78, 63-77.

Maurin M. (2004), *Problématique pour une approche globale multi-nuisances dans l'environnement*, Inrets- LTE, Bron, 16 p, Juin 2004.

OCDE (1997), *Mieux comprendre nos villes : le rôle des indicateurs urbains*, Paris, 1997.

OCDE (1999), *Indicators for the integration of environmental concerns into transports policies*, Octobre 1999.

OMS (1999), *Environmental Health Indicators – Framework and methodologies*, Geneva.

Orfeuill, Jean-Pierre, *Une approche laïque de la mobilité* Descartes & Cie ; oct. 2008

Pouyanne, Guillaume « *Forme urbaine et mobilité quotidienne* » - résumé de la thèse de Doctorat, Soutenue le 13 décembre 2004 – Certu 28 /01/2007

RESPECT (2000), *manuel d'utilisation, Un tableau de bord environnement pour les collectivités locales*, CNFPT

Rodrigues C., Beaumont J, Levy J. (2002) : Analyse et synthèse bibliographiques des différents systèmes d'indicateurs « environnement et transport ». Rapport INRETS, Bron, France, n°LTE 0215.

Rousval B. (2005), Aide multicritère à l'évaluation de l'impact des transports sur l'environnement - Thèse de doctorat, Université Paris IX- Dauphine, LAMSADE.

Saretsky, Marissa - NOGUEIRA GUARDA, Sophie *Synthèse des travaux de Vincent Fouchier : Les densités urbaines et le développement durable, le cas de l'Ile de France et des villes nouvelles*

TERM (2001), Indicators tracking transports and environment in European Union, AEE

Vrain, P., *Ville durable et transports : automobile, environnement et comportements individuels*, Innovations 2003/2, n° 18.

WHO (2000), Environment health indicators : development of a methodology for the WHO European region, Interim report

Sites Internet

Présentation de l'Analyse Factorielle des Correspondances: site de Philippe Cibois
<http://pagesperso-orange.fr/cibois/PrincipeAnalyseFactorielle.pdf>