

Entre dasymétrique et choroplète : typologie de l'espace adaptée à l'étude des relations entre santé et environnement

Paul Salze¹, Dominique Badariotti¹, Arnaud Banos¹, Hélène Charreire², Jean-Michel Oppert^{2,3}, Romain Casey⁴, Chantal Simon⁴, Basile Chaix⁵, Christiane Weber¹

¹ ERL 7230 Laboratoire Image, Ville, Environnement, CNRS/Université de Strasbourg

paul.salze@live-cnrs.unistra.fr

² Unité de Recherche en Epidémiologie Nutritionnelle (UREN), INSERM U557/INRA U1125/CNAM/Université Paris 13/CRNH Ile-de-France

³ Service de Nutrition, Hôpital Pitié-Salpêtrière (AP-HP), Université Pierre et Marie Curie-Paris 6

⁴ Unité Régulations Métaboliques, Nutrition et Diabète, INSERM U870/CRNH-Rhône-Alpes/Université Lyon 1

⁵ Unité Epidémiologie, Systèmes d'Information et Modélisation, UMR-S 707, INSERM/Université Pierre et Marie Curie, Paris

MOTS-CLÉS

Géographie de la santé
Typologie spatiale
Épidémiologie
Analyse spatiale
Données multi-sources
Bas-Rhin

RÉSUMÉ

L'étude du rôle des déterminants environnementaux sur la santé est une thématique de recherche actuellement en plein essor en géographie et en épidémiologie. Il s'agit par exemple d'identifier les éléments de l'environnement qui permettent une alimentation variée et équilibrée et une activité physique régulière. Dans ce cadre, les possibilités offertes (services, espaces verts...) n'étant pas de même nature dans un environnement rural ou urbain, faire la distinction entre ces types d'espace est une étape essentielle. Sachant que les sources de données classiques sont insuffisantes, notre travail a pour objectif de développer une méthode de définition de cette différenciation spatiale fondamentale, à partir d'un enrichissement mutuel de données existantes. La méthode consiste dans un premier temps à réaliser une typologie de l'espace s'affranchissant des limites administratives et fondée sur des critères d'occupation du sol. Le croisement de cette typologie avec des données plus conventionnelles résulte en une typologie de communes intégrant des aspects démographiques, fonctionnels et physiques. Les résultats obtenus permettent une caractérisation plus fine des environnements, et pourront constituer une mesure directe d'exposition ou un élément d'ajustement de modèles en accord avec la problématique santé/environnement.

KEY WORDS

Health geography
Spatial typology
Epidemiology
Spatial analysis
Multi-source data
Bas-Rhin

ABSTRACT

Between dasymetric and choropleth: typology of space for the study of health and environment relationships

In the current fields of research on environmental influences on health, there is growing interest in the study of the relationships between environment and obesity/overweight-related behaviours. The aim is to identify which features of the environment can facilitate or limit healthy diet and regular physical activity. Because opportunities (services, green spaces...) in both urban and rural settings may differ, distinguish these two types of environments is an essential step. As traditional data sources show weaknesses, the purpose of this work is to develop a method for defining this fundamental spatial distinction using complementary data sources. The method first consists in creating a land-use-based spatial typology free from any administrative boundary. The outcome is then crossed with more conventional data, resulting in a new typology that integrates demographic, functional and physical aspects at the community level. The final output results in a detailed characterization of the environments and could be used either as a direct exposure measure or as an element for model adjustment in analyses of the health/environment relationships.

1. Introduction

Aujourd'hui, les problématiques de santé tendent de plus en plus à prendre en compte les données environnementales constituant le cadre de vie des individus et des populations. Les aspects environnementaux sont intégrés aux études soit à partir de données subjectives, en se basant sur les déclarations d'enquêtés, soit à partir de données objectives, collectées directement sur le terrain ou disponibles auprès de structures publiques ou privées (Glanz, 2009 ; Sallis, 2009). L'évolution des outils d'analyse spatiale et des ressources en bases de données permet de redéfinir continuellement l'environnement de façon plus précise. Afin d'identifier les facteurs de risques liés à certaines pathologies, ces informations sont généralement utilisées pour caractériser un contexte environnemental associé à des données épidémiologiques et comportementales individuelles. Cependant, ce contexte est généralement spécifié à travers un découpage spatial administratif, dans lequel les unités géographiques sont vues comme des entités statiques et indépendantes les unes des autres (Cummins *et al.*, 2007). Les relations fonctionnelles qui lient ces espaces et ces lieux entre eux à différentes échelles géographiques et temporelles ne sont dès lors pas prises en compte, et leurs effets potentiels sur la santé et les comportements individuels sont ainsi souvent négligés.

La démarche proposée dans ce travail, consistant à définir une typologie de l'espace adaptée à l'étude des relations entre santé et environnement, s'appuie sur l'exemple de l'épidémie d'obésité et de surpoids. L'influence des déterminants de l'environnement sur les comportements individuels alimentaires et d'activité physique et donc, à long terme sur le statut pondéral (surpoids et obésité) et sur les pathologies associées (diabète, maladies cardio-vasculaires) (Catford et Caterson, 2003), est de plus en plus reconnue (Organisation Mondiale de la Santé [OMS], 2003). Les modes de vie et les comportements des individus ont évolué, entraînant une adaptation de l'homme occidental à une offre alimentaire abondante, à l'omniprésence de la télévision, des moyens de communication modernes et de transports motorisés, au développement des services et des loisirs passifs, et à la diminution des activités physiques. L'obésité et le surpoids sont indissociables des aspects structurels, sociologiques et culturels de nos sociétés modernes, et leur explication ne peut être réduite uniquement au contenu de nos assiettes. Le rôle des déterminants sociaux et environnementaux des comportements alimentaires et d'activité physique est ainsi

largement reconnu dans le développement du surpoids (Matthews *et al.*, 1999 ; Popkin, 1999 ; Vandegrift et Yoked, 2004 ; Sallis et Glanz, 2009).

Une telle problématique de recherche ne peut être abordée que dans une démarche pluridisciplinaire, associant géographie, sociologie, épidémiologie et d'autres disciplines. De fait, la part de la variance interindividuelle des comportements alimentaires et d'activité physique expliquée par des déterminants environnementaux et individuels connus reste faible pour ce qui concerne l'obésité et le surpoids, d'où l'intérêt d'adapter et de développer des méthodes innovantes pour en améliorer la compréhension.

Le projet ELIANE (ANR-07-PNRA-004) rassemble autour d'objectifs scientifiques communs des médecins, épidémiologistes, sociologues, géographes et urbanistes. Son but est d'évaluer les relations entre les comportements alimentaires et d'activité physique de populations enquêtées et certaines caractéristiques de l'environnement matériel de résidence de ces sujets. Ce projet propose de croiser des données environnementales avec des données comportementales individuelles (alimentation, activité physique) disponibles dans le cadre d'études épidémiologiques en cours. Il s'agit d'identifier les éléments de l'environnement qui facilitent, ou au contraire limitent une alimentation variée et équilibrée et une activité physique régulière (ce qui peut être résumé par un « mode de vie sain »).

Les données environnementales que le projet ELIANE veut mobiliser concernent l'environnement construit et les infrastructures (type d'habitat, réseau routier et transports, espaces verts...) ainsi que les équipements et services (commerces d'alimentation, restaurants, équipements récréatifs et sportifs...). Les services et possibilités offertes n'étant pas de même nature dans un environnement rural et dans un environnement urbain, faire la distinction entre ces types d'espaces est donc essentiel.

Dans notre travail, une première approche a consisté à exploiter les nomenclatures spatiales réalisées par l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques [INSEE] sur cette question. Cependant, prises dans leur forme brute, celles-ci sont peu adaptées à notre question de recherche puisque, définies principalement à partir de critères démographiques et fonctionnels, elles n'intègrent pas nécessairement la dimension physique du phénomène (occupation du sol). Or la prise en compte de cette dernière semble indispensable dans une optique de caractérisation de l'environnement, notamment construit.

Pour pallier certaines insuffisances des sources de données disponibles couramment, il convient de

développer de nouvelles approches. Notre proposition est donc de développer une méthode de définition de la différenciation spatiale entre « espace urbain » et « espace rural », à partir d'un enrichissement mutuel de données existantes. Le but ici est d'obtenir une meilleure description et caractérisation de l'espace conformément à notre problématique. L'objet de cet article est de présenter cette démarche méthodologique : dans un premier temps, les données seront présentées, puis la méthode sera explicitée avec une validation par des données existantes, enfin les résultats seront exposés et discutés.

2. Données

Notre zone d'étude concerne le département du Bas-Rhin, où une enquête épidémiologique a été menée

en 2000-01 auprès d'une population de collégiens de 6^e répartis sur l'ensemble du département (Klein-Platat *et al.*, 2003). Nous proposons de partir d'une double description de l'espace, démographique et physique, pour mieux caractériser les environnements des enquêtés.

2.1. Démographie et fonctionnement des espaces

Etabli par l'INSEE à partir du recensement général de la population de 1999, le zonage en aires urbaines (ZAU) permet, à partir de la définition des unités urbaines, du nombre d'emplois et de déplacements domicile-travail, de distinguer les communes appartenant à « l'espace à dominante urbaine » de celles de « l'espace à dominante rurale » (Bessy-Pietri et Sicamois, 2001).

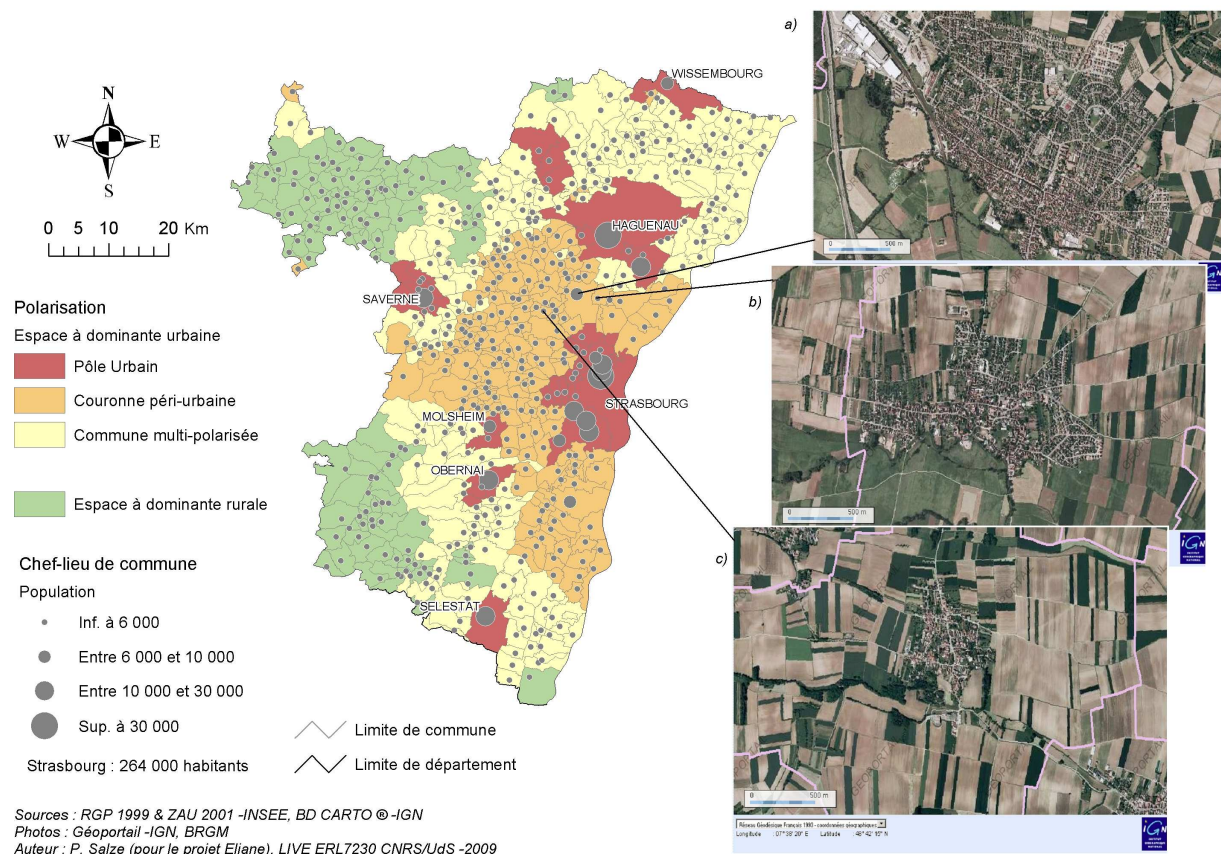


Figure 1. Département du Bas-Rhin : Zonage en Aires Urbaines et population

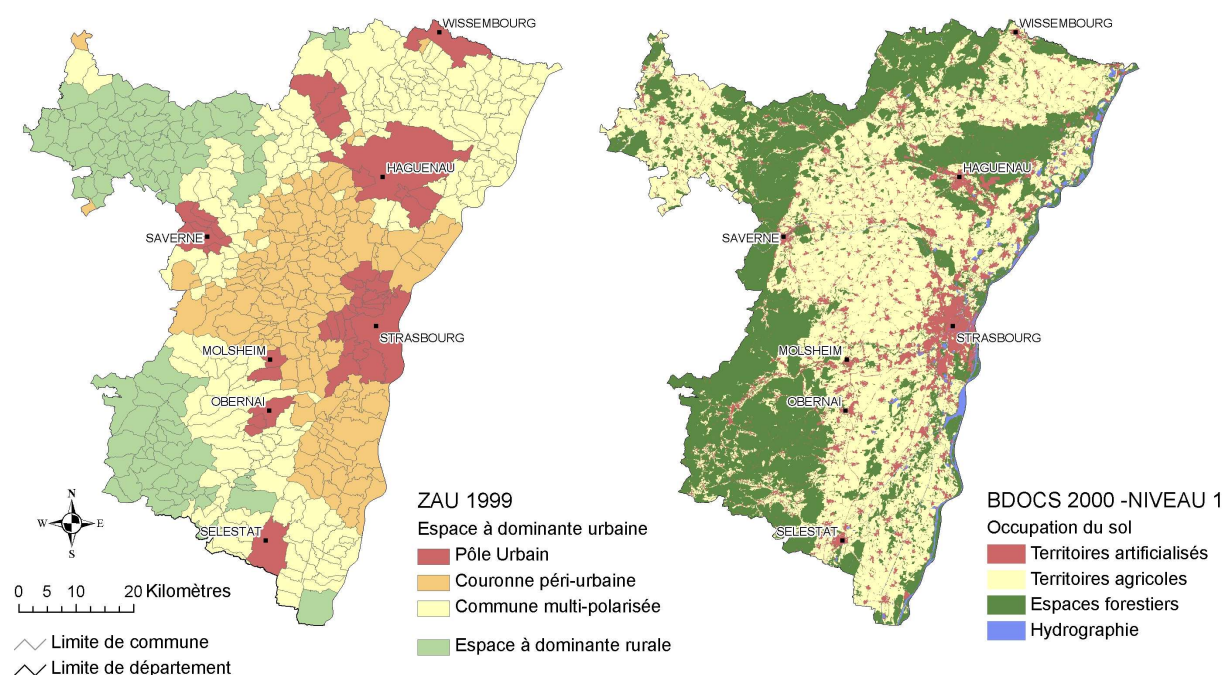
D'après la figure 1, l'espace à dominante urbaine, constitué par les pôles urbains, les couronnes péri-urbaines et les communes multi-polarisées, s'étendrait sur près de 80 % de la superficie du département du Bas-Rhin. Les photographies aériennes a), b) et c) présentent trois cas de communes péri-urbaines situées à une quinzaine de

kilomètres de Strasbourg qui comptent respectivement 8900, 2200 et 500 habitants. Elles montrent que le ZAU intègre, au sein d'une même catégorie, des communes radicalement différentes (villes petites et moyennes, bourgs et villages) et ne permet pas forcément de rendre compte du caractère rural de certains territoires.

2.2. Occupation du sol

La BDOCS 2000 (Coopération pour l'Information Géographique en Alsace [CIGAL], 2003) est une base de données d'occupation du sol développée par les collectivités locales (Conseils Régional et Généraux, communautés de communes...) et d'autres acteurs du territoire alsacien (agences d'urbanisme, parcs naturels régionaux...). Cette base de données présente, sous forme vectorielle, une classification de l'occupation du sol sur cinq niveaux d'interprétation : de quatre classes exploitables au 1:500 000^e dans son niveau le plus

grossier jusqu'à 63 classes exploitables au 1:15 000^e pour le niveau le plus fin (voir annexe). Les données sources proviennent d'images de télédétection (images satellitaires IRS, Landsat et orthophotographies principalement), de données IGN (Scan25) et de données exogènes (plans de villes), couvrant l'ensemble de l'espace régional. Confirmant les observations de la figure 1, la comparaison cartographique du ZAU et du premier niveau de la BDOCS 2000 permet de mettre en évidence que l'espace à dominante urbaine, tel que délimité dans le ZAU, intègre une large majorité de territoires agricoles et d'espaces forestiers (figure 2).



Sources : RGP 1999 -Insee, BD CARTO -IGN, BDOCS 2000 -CIGAL 2003
Auteur : P. Salze (pour le projet Eliane) LIVE ERL 7230 CNRS/UdS -2009

Figure 2. Comparaison Zonage en Aires Urbaines – BDOCS 2000

Les données choroplèthes du ZAU permettant de rendre compte de l'urbanité d'une commune donnée à partir de données démographiques et fonctionnelles, et les données dasymétriques de la BDOCS 2000 permettant de décrire très finement l'extension des taches urbaines à partir de l'occupation du sol, l'approche méthodologique envisagée consiste à croiser ces deux sources d'informations complémentaires à l'aide d'un SIG, avec comme objectif principal de différencier l'espace urbain de l'espace rural à l'échelle départementale.

3. Méthode

Ce type d'approche couplant données démographiques et occupation du sol a déjà été utilisé dans le

cadre du projet européen ESPON 1.1.2 (European Spatial Planning Observation Network [ESPON], 2005). Ce dernier a abouti à la réalisation d'une typologie « urbain-rural » des unités spatiales NUTS 3 selon le « degré d'influence urbaine » (densité de population et statut du centre urbain) et le « degré d'intervention humaine » (part relative des différents types d'occupation du sol issue des données Corine Land Cover). Cependant, cette méthode souffre du choix du découpage géographique utilisé (ESPON, 2006, p.86), et se confronte ainsi au problème du MAUP « Modifiable Areal Unit Problem » (Oppenshaw et Taylor, 1981) pour le calcul des densités de population ou encore pour celui des proportions des différents types d'occupation du sol.

Notre proposition méthodologique vise à aborder cette problématique en s'affranchissant au maximum des limites administratives, susceptibles de créer ou de masquer des discontinuités spatiales. Compte tenu des données disponibles, cela ne peut être réalisé que pour l'occupation du sol, les données du ZAU étant fondées sur le découpage communal. La méthode consiste dans un premier temps à réaliser une typologie de l'espace (pris comme un continuum) basée uniquement sur des critères d'occupation du sol. Cette première partie se déroule en trois étapes qui sont a) l'estimation d'une intensité d'occupation du sol pour les différents types de surfaces, b) l'établissement des profils initiaux de types d'espaces et c) l'affinage de ces profils en procédant à des reclassifications. Dans une seconde partie, cette typologie est transférée au niveau communal et confrontée au ZAU afin de la valider et de l'ajuster en fonction des discordances observées (étape d). Pour résumer, les produits finaux obtenus sont deux typologies distinctes : la première, résultat des étapes a), b) et c), que nous appelons « typologie de l'espace », est fondée sur l'occupation du sol et représentée sous forme dasymétrique, et la seconde, résultat de l'étape d), que nous appelons « typologie communale », est représentée sous forme choroplèthe et catégorise les communes du Bas-Rhin en fonction de caractéristiques démographiques, fonctionnelles et physiques.

3.1. Estimation de l'intensité d'occupation du sol

Reprenant une idée développée par Lacaze et Nirascou (2000), l'objectif est d'estimer, en tout point de l'espace, une intensité d'occupation du sol en tenant compte non-seulement de la présence des différents types de surfaces mais aussi de leur proximité. En effet, un individu habitant près d'une forêt par exemple, et non dans la forêt, compte à juste titre ce type d'occupation du sol dans son environnement.

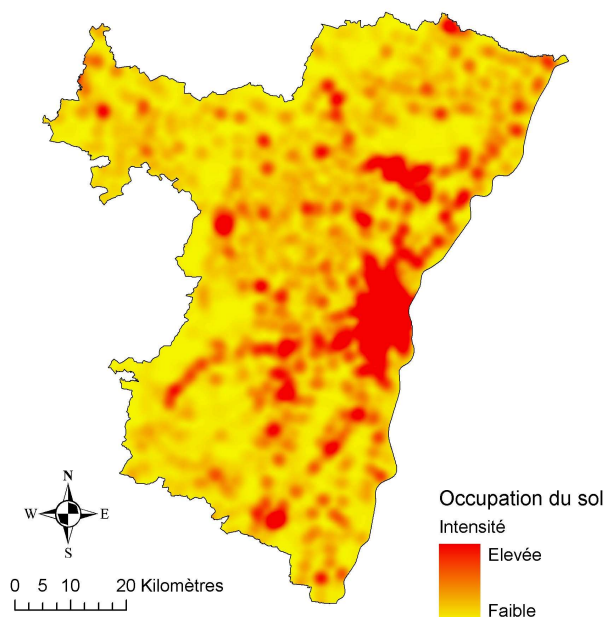
La méthode d'estimation de densité par noyaux (ou Kernel Density Estimation [KDE]) (Silverman, 1986) permet d'atteindre cet objectif. Cette méthode produit une surface lissée de densités à partir d'un semis de points. Elle consiste à appliquer une fenêtre tri-dimensionnelle (le « kernel » ou noyau) de forme et de rayon donnés sur chacun des points, et de pondérer l'aire située sous la fenêtre en fonction de la distance au point de mesure. En tout point de l'espace, la somme des valeurs calculées par

ces fenêtres individuelles renvoie une estimation de la densité. Les résultats du lissage sont très fortement tributaires des choix effectués par l'utilisateur : il s'agit de fixer la forme du noyau (nature de la fonction de lissage) et son rayon d'influence (distance maximale à laquelle un point apporte sa contribution à l'estimation de la densité) (Zaninetti, 2005). Ces choix dépendent du phénomène étudié et des hypothèses sous-jacentes formulées.

Dans notre cas, l'objectif est d'estimer localement l'intensité de différents types d'occupation du sol présents dans un voisinage. La fonction de lissage utilisée est une fonction locale de type « bi-carrée », qui est adaptée aux phénomènes uniformément répartis et à l'hypothèse d'une forte interaction spatiale (Zaninetti, 2005). De plus, la décroissance relativement peu rapide de la fonction bi-carrée permet de modéliser la perception d'un voisinage, en accordant plus de poids à des observations éloignées que ne l'aurait fait une fonction exponentielle décroissante (une autre fonction locale). Il est cependant admis que le choix de la fonction de lissage n'est pas primordial, et que le rayon d'influence utilisé aura un impact beaucoup plus important sur l'estimation des densités (Silverman, 1986). Notre hypothèse est que, du point de vue de l'individu et sous contrainte d'isotropie, le voisinage serait défini par une distance maximum pouvant être atteinte en vingt à trente minutes de marche environ. Nous fixons donc le rayon d'influence à deux kilomètres.

Compte tenu des objectifs de l'étude et de la très faible représentation de l'hydrologie par rapport aux autres surfaces, ce type d'occupation du sol a été exclu des analyses. L'intensité de l'occupation du sol est donc estimée pour les surfaces artificielles, agricoles et forestières, à l'aide du logiciel ArcGIS (ESRI, Redlands CA, version 9). Dans une première étape, nous appliquons un carroyage relativement fin (100 m x 100 m ; N = 490 301 mailles ; 4903 km²), couvrant l'ensemble du département du Bas-Rhin plus une marge extérieure de deux kilomètres afin de limiter les effets de bords, sur la BDOCS 2000. Dans un second temps, le type de surface est relevé pour chaque centroïde de maille : nous obtenons un semis de points pour chacune des trois catégories d'occupation du sol. C'est à partir de ces semis de points que les intensités sont estimées. Le résultat obtenu est une surface pseudo-continue de densités estimées permettant d'évaluer, en tout point du territoire, une intensité d'occupation du sol pour chaque type de surface (figure 3).

Espaces artificialisés



Source : BDOCS 2000 -CIGAL 2003
Auteur : P. Salze (pour le projet Eliane) LIVE ERL 7230 CNRS/UdS -2009

Espaces forestiers

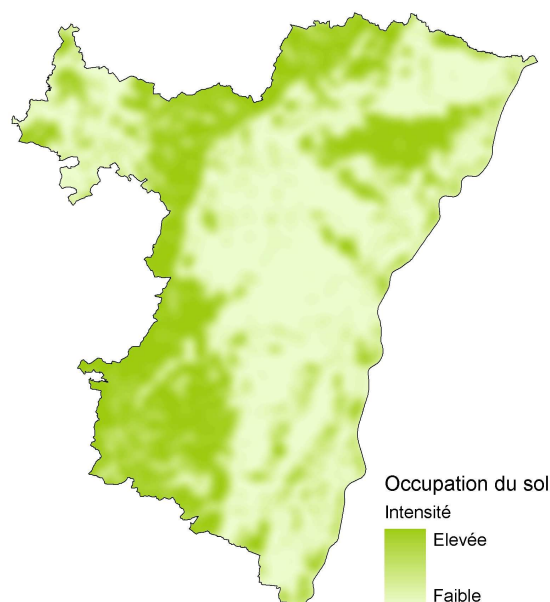


Figure 3. Exemples de surfaces d'intensité d'occupation du sol

3.2. Profils initiaux de mailles

Dans un second temps, il s'agit de déterminer le profil des 490 301 mailles de notre zone d'étude. Pour cela, les valeurs d'intensité d'occupation des espaces artificialisés, agricoles et forestiers sont extraites pour chaque maille, puis leur part relative calculée afin de corriger l'absence de l'hydrographie et les effets de bords. Le profil de chacune des mailles est ainsi caractérisé par un « vecteur d'intensités », comparables aux « vecteurs de fréquences » que l'on peut rencontrer dans la « classification contextuelle » d'images satellite (Wharton, 1982, cité par Gong et Howarth, 1992). Les valeurs d'intensité sont ensuite discrétisées en 4 classes selon la méthode des seuils naturels qui permet d'optimiser les différences entre classes en minimisant la variance intra-classes et en maximisant la variance inter-classes (tableau 1). Le choix de définir un découpage en classes de densités pour établir les profils initiaux de mailles a été fait de manière pragmatique. Il aurait été possible d'utiliser des méthodes de classification statistiques telles que les « nuées dynamiques » (ou « K-means ») (Hartigan et Wong, 1979), qui sont notamment utilisées dans la classification non-dirigée d'images de télédétection. La méthode retenue nous a toutefois permis d'obtenir assez rapidement et de manière simple des résultats satisfaisants de notre point de vue.

Types d'occupation du sol	Classes et intervalles de valeurs d'intensité			
	1 (--)	2 (-)	3 (+)	4 (++)
Espaces artificialisés	[0 ; 0,095 [[0,095 ; 0,257 [[0,257 ; 0,573 [[0,573 ; 1 [
Espaces agricoles	[0 ; 0,200 [[0,200 ; 0,478 [[0,478 ; 0,741 [[0,741 ; 1 [
Espaces forestiers	[0 ; 0,185 [[0,185 ; 0,466 [[0,466 ; 0,771 [[0,771 ; 1 [

Tableau 1. Classes et intervalles de valeurs d'intensité selon le type d'espaces

Les mailles sont ensuite classées en fonction du degré d'urbanisation (ou classe d'intensité d'occupation du sol des espaces artificialisés) et par comparaison entre les classes d'intensité des espaces agricoles et forestiers. Cette classification permet de distinguer 10 types de mailles en fonction de leur degré d'urbanisation et du type d'occupation du sol secondaire dominant (tableau 2).

Critères de classification	Classes									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Degré d'urbanisation	++	+	+	+	-	-	-	--	--	--
2. Type d'occupation du sol secondaire dominant*		A	F	M	A	F	M	A	F	M

* A = Agricoles, F = Forestiers, M = Mixtes

Tableau 2. Classification de mailles : profils initiaux

3.3. Reclassification de mailles

Les mailles de type « mixte » qui ne permettent pas de discriminer précisément les espaces sont reclassées en fonction de trois critères (figure 4) : (i) selon le degré d'urbanisation, (ii) en comparant directement les valeurs d'intensité des espaces forestiers et agricoles, et (iii), dans le cas où ces valeurs d'intensité sont strictement égales, en fonction du type dominant d'occupation du sol dans le voisinage. Ce dernier est défini ici par un rayon de

300 mètres autour de chaque maille, cette distance ayant été fixée de telle sorte que les mailles de type « mixtes » ne puissent être majoritaires dans aucun cas. Une fois les mailles de type « mixtes » réintégrées aux profils initiaux, une typologie en sept classes est proposée, permettant de distinguer, selon leur degré d'urbanisation, les mailles de type agricoles ou forestières. La cartographie de cette typologie de l'espace (figure 5) est présentée dans la section 4.1).

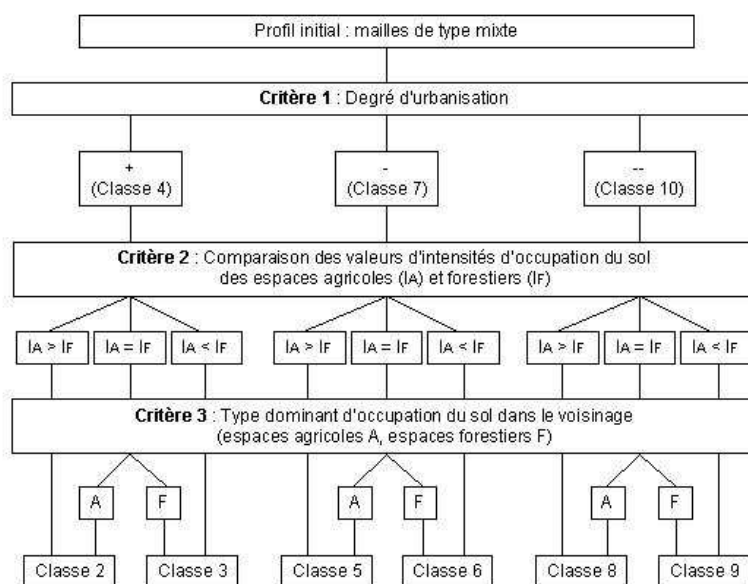


Figure 4. Méthode de reclassification

3.4. Validation de la typologie par le ZAU

Pour l'étape de validation, les données du ZAU n'étant pas désagrégables en unités spatiales plus petites, il est nécessaire d'opérer un passage d'un espace pseudo-continu vers un espace discret. Les valeurs de classes issues de la typologie de l'espace sont donc extraites pour chaque centre administratif de commune et confrontées au ZAU afin d'identifier les discordances principales entre les deux sources de données en termes d'urbanité. C'est à partir de ces différences observées que la typologie de l'espace est ajustée, au niveau communal, pour aboutir à une typologie des communes du Bas-Rhin.

4. Résultats

Le premier résultat obtenu est une typologie de l'espace basée uniquement sur des critères d'occupation du sol. Ce résultat est validé par confrontation avec les données du ZAU à l'échelon communal.

Cela nous permet d'identifier les communes dont les classes issues de la typologie et de la nomenclature du ZAU ne sont pas concordantes, de les cartographier, et d'ajuster notre classification à partir d'une interprétation géographique afin d'obtenir une typologie communale.

4.1. Typologie de l'espace selon l'occupation du sol

La carte suivante (figure 5) présente le résultat de la typologie de l'espace en sept classes. Cette cartographie permet d'appréhender très nettement la hiérarchie urbaine du territoire et le phénomène d'étalement d'urbain dans le département du Bas-Rhin. Celui-ci se fait d'une part selon le modèle « centre - couronne urbaine - espaces péri-urbains » autour des grands pôles urbains (Communauté urbaine de Strasbourg [CUS], Haguenau, Sélestat et Saverne), et d'autre part le long des grands axes routiers, notamment vers le nord, le sud et l'ouest de la CUS.

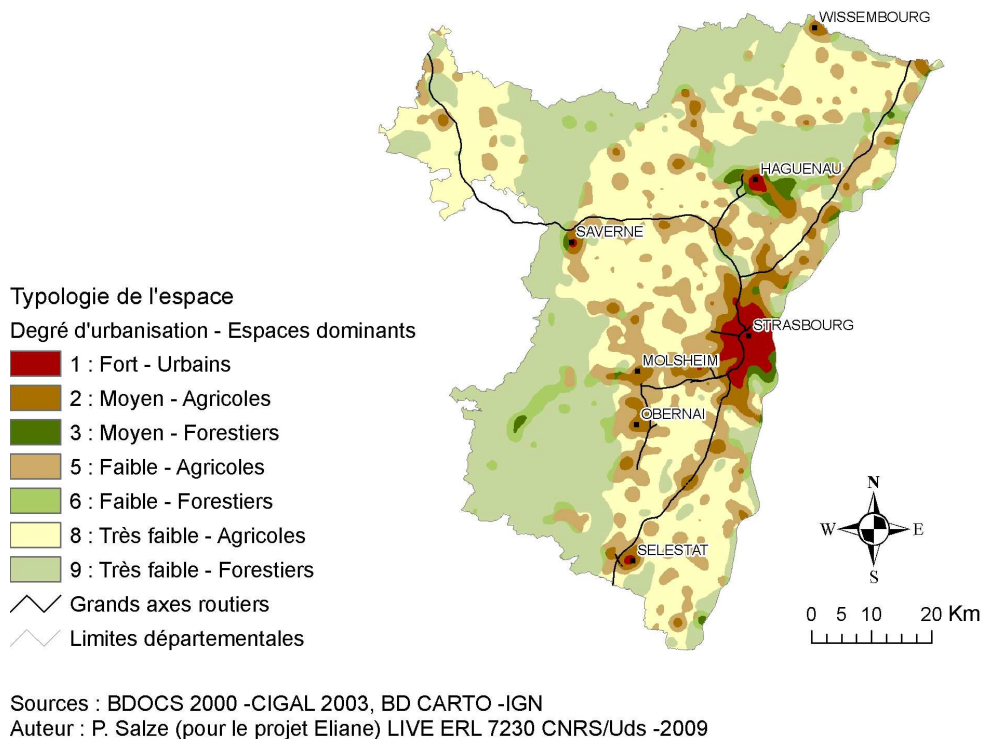


Figure 5. Département du Bas-Rhin : typologie de l'espace selon l'occupation du sol

4.2. Validation de la typologie

Le tableau 3 présente le croisement des effectifs et pourcentages de communes pour les classes issues de la typologie (valeur extraite au centre administratif) et la nomenclature du ZAU. On peut constater dans un premier temps que les communes fortement et moyennement urbanisées dans la typologie (classes 1, 2 et 3) ne représentent que 2,1 et 11,2 % du nombre total de communes, traduisant le caractère relativement rural du département. Un second constat est que la classification réalisée est cohérente par rapport au ZAU dans la mesure où les communes fortement urbanisées (classe 1) sont toutes des pôles urbains, et que au contraire, les communes très faiblement urbanisées (classes 8 et 9) n'en sont pas.

Pour ce qui est des discordances entre les deux classifications, on peut voir que 11 communes sur les 242 faiblement urbanisées (classes 5 et 6) sont de type pôle urbain (donc les plus urbanisées selon le ZAU). En ce qui concerne les 59 communes moyennement urbanisées (classes 2 et 3), 5 d'entre elles sont des communes rurales (donc théoriquement les moins urbanisées selon le ZAU) et les autres se répartissent à peu près équitablement entre les catégories « pôles urbains » (19), « périurbaines » (19) et « multi-polarisées » (16).

	Classes ZAU : types de communes				Total
	Pôles urbains	Péri-urbaines	Multi-polarisées	Rurales	
1	11 (26,8)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	11 (2,1)
2	17 (41,5)	19 (10,9)	14 (7,0)	3 (2,7)	53 (10,1)
3	2 (4,9)	0 (0,0)	2 (1,0)	2 (1,8)	6 (1,1)
5	8 (19,5)	97 (56,1)	91 (45,5)	15 (13,4)	211 (40,1)
6	3 (7,3)	1 (0,6)	13 (6,5)	14 (12,5)	31 (5,9)
8	0 (0,0)	55 (31,8)	65 (32,5)	42 (37,5)	162 (30,8)
9	0 (0,0)	1 (0,6)	15 (7,5)	36 (32,1)	52 (9,9)
Total	41 (100,0)	173 (100,0)	200 (100,0)	112 (100,0)	526 (100,0)

Tableau 3. Croisement des classes de la typologie et du ZAU : effectifs (pourcentages)

Pour ce qui est des discordances entre les deux classifications, on peut voir que 11 communes sur les 242 faiblement urbanisées (classes 5 et 6) sont de type pôle urbain (donc les plus urbanisées selon le ZAU). En ce qui concerne les 59 communes moyennement urbanisées (classes 2 et 3), 5 d'entre elles sont des communes rurales (donc théoriquement les moins urbanisées selon le ZAU) et les autres se répartissent à peu près équitablement entre les catégories « pôles urbains » (19), « périurbaines » (19) et « multi-polarisées » (16).

autres se répartissent à peu près équitablement entre les catégories « pôles urbains » (19), « périurbaines » (19) et « multi-polarisées » (16).

Les résultats cartographiques de cette confrontation (figure 6) montrent que les 30 pôles urbains classés dans notre typologie comme étant moyennement ou faiblement urbanisés sont en grande majorité situés à proximité de Strasbourg et de Saverne. Ce sont des communes périurbaines qui ont été incluses aux pôles urbains par la définition des unités urbaines, suivant le critère de continuité du bâti (maximum de 200 mètres entre deux constructions), et non pas de densité de bâti comme c'est le cas dans notre

approche. Pour ce qui est des communes moyennement urbanisées, on constate que celles de type périurbaines ou multi-polarisées sont principalement situées en périphérie des pôles urbains, et que les cinq de type rural sont des communes relativement peuplées et attractives (elles ont toutes plus de 2000 habitants et quatre sur les cinq ont 1800 emplois ou plus) mais dont le nombre d'emplois n'était pas assez élevé pour être catégorisées « pôles urbains » par le ZAU (moins de 5000 emplois). Ce sont donc de petites villes isolées dont le rôle structurant sur l'espace mérite d'être mis en avant, plus particulièrement à une échelle locale.

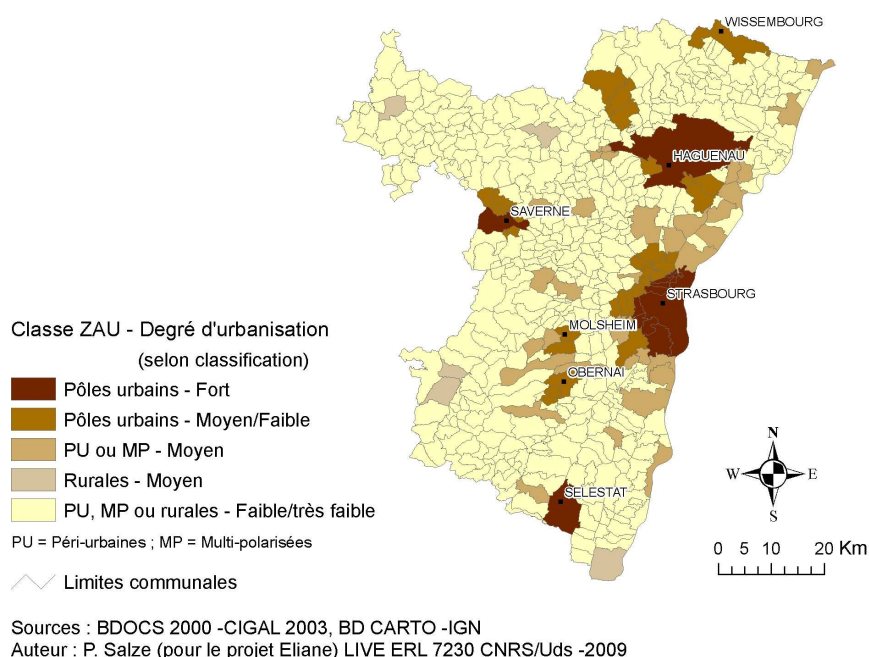
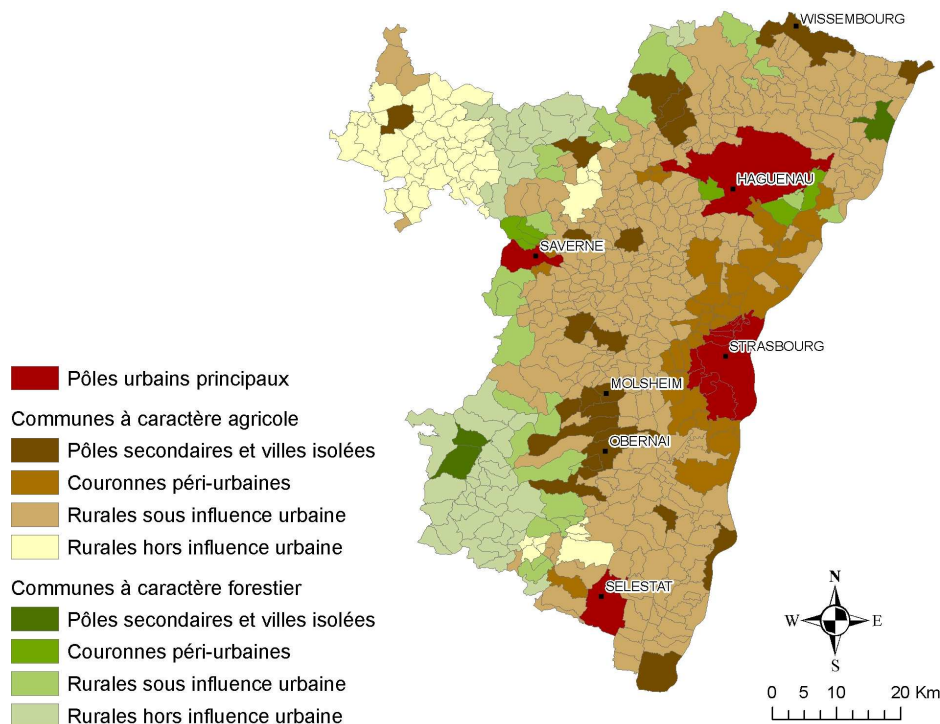


Figure 6. Confrontation cartographique typologie de l'espace – ZAU

4.3. Ajustement de la typologie de l'espace : création d'une typologie de communes

La dernière étape de ce travail consiste à établir une classification communale à partir du croisement des résultats de notre typologie de l'espace et du ZAU. Il s'agit notamment de se pencher sur la question des communes mises en évidence lors de l'étape précédente de validation et d'enrichir mutuellement nos deux sources de données. Une première classe « pôles urbains principaux » regroupant les communes fortement urbanisées de type « pôles urbains » dans le ZAU est créée. On distingue ensuite quatre types de communes : les « couronnes périurbaines », les « pôles secondaires et villes

isolées » et les communes rurales « sous influence urbaine » et « hors influence urbaine ». Le premier type regroupe, de manière itérative, les communes moyennement urbanisées ou de type « pôle urbain » si elles sont adjacentes aux « pôles urbains principaux » ou aux autres communes de type « couronnes périurbaines ». Les autres communes moyennement urbanisées de type « pôle urbain » sont regroupées dans la catégorie « pôles secondaires et villes isolées ». Les deux derniers types regroupent les communes faiblement et très faiblement urbanisées selon qu'elles soient de type « périurbaines » ou « multi-polarisées », ou « rurales ». On distingue finalement pour chacun des quatre types les communes ayant un caractère agricole ou forestier. Le résultat cartographique de cette typologie communale en neuf classes est présenté dans la figure 7.



Sources : BDOCS 2000 -CIGAL 2003, ZAU 99-INSEE 2001, BD CARTO -IGN
Auteur : P. Salze (pour le projet Eliane) LIVE ERL 7230 CNRS/UdS -2009

Figure 7. Typologie des communes du Bas-Rhin

Cette typologie, principalement fondée sur des critères d'occupation du sol, et ajustée par le ZAU, repose ainsi sur une double description de l'espace : démographique/fonctionnelle et physique. L'image de l'organisation spatiale du département qu'elle renvoie apparaît comme étant plus fidèle à notre vision et notre connaissance du terrain, permettant d'identifier, au niveau communal, à la fois les espaces péri-urbains des pôles urbains principaux et les pôles secondaires plus ou moins isolés dans des espaces ruraux.

5. Discussion

La première typologie réalisée, que nous appelons « typologie de l'espace », présente, conformément à notre objectif, l'avantage de s'affranchir des découpages administratifs. Une première perspective d'exploitation de cette typologie est l'analyse de données à une échelle infra-communale, grâce notamment, à une description relativement fine de l'environnement des individus enquêtés. S'il a été montré que le degré d'urbanisation et la proximité d'espaces verts peuvent être liés à la pratique d'activité physique (Ferreira *et al.*, 2007 ; Sallis et Glanz, 2006), notre typologie, prise comme une variable d'exposition, pourrait par exemple nous permettre de tester la relation entre les

comportements observés et le cadre de résidence des individus (urbain, périurbain ou rural et espaces forestiers ou agricoles).

La seconde typologie, quant à elle, caractérise les communes du département du Bas-Rhin selon des critères physiques, démographiques et fonctionnels. Elle constituera un élément important de stratification des analyses ou d'ajustement de modèles en accord avec la problématique santé/environnement. Dans une optique de mise en relation, à l'échelle départementale, des disparités de l'offre de services et d'opportunités avec les comportements, on peut faire l'hypothèse que les différences d'accessibilité aux équipements n'ont pas la même signification en milieu urbain, périurbain ou rural. Cette typologie permettra donc de mieux différencier ces espaces par rapport à des approches plus traditionnelles.

La méthode de création de typologie spatiale que nous proposons offre l'intérêt d'être exportable à d'autres secteurs géographiques, à condition de disposer des données nécessaires d'occupation du sol. En effet, et bien qu'elle soit améliorable, la méthode de classification utilisée dans la construction des profils initiaux de mailles (seuils naturels) est inhérente aux données et permet ainsi de tenir compte des spécificités géographiques de chaque secteur d'étude. Une autre perspective

d'exploitation envisagée est l'intégration de la notion d'évolution de l'environnement dans le cas d'études longitudinales, la version 2007 de la BDOCS devant être disponible pour la fin de l'année 2009. Enfin, signalons ici que la méthode proposée ne se borne pas aux problématiques « santé et environnement », et que son application à d'autres thématiques est envisageable.

Une des limites de cette méthode est liée aux choix d'utiliser le premier niveau d'interprétation de la BDOCS. La catégorie « territoires artificialisés » (voir annexe) inclut en effet à la fois les espaces urbains à proprement parler, ainsi que d'autres espaces très différents, tels que ceux liés aux activités d'extraction minières (carrières, gravières et sablières). Cependant, par souci de simplification, et étant donné la relativement faible surface que ces espaces représentent et le rayon utilisé dans l'estimation des densités par noyaux (deux kilomètres), nous avons choisi d'inclure l'ensemble des classes de la nomenclature.

Un premier perfectionnement possible consisterait donc à différencier les espaces de manière beaucoup plus fine, en tenant compte par exemple, en plus des espaces forestiers, des parcs urbains dans l'estimation des densités. Cependant, si l'on peut considérer que l'accès aux espaces forestiers en milieu rural peut se faire « en coupant à travers champs », il n'en va pas de même en milieu urbain, où l'accessibilité, plus fortement contrainte par le réseau routier, est caractérisée par une forte isotropie. Un second perfectionnement de la méthode consisterait alors à développer et à intégrer un modèle d'estimation de densités utilisant un voisinage de forme non plus circulaire, mais guidé par le réseau de routes. Le choix de la distance

utilisée pour représenter le voisinage (deux kilomètres) est également un élément discutable à mettre en parallèle avec les remarques précédentes, et soulève la question de la différenciation des pratiques spatiales des individus en fonction des types d'espaces.

6. Conclusion

Cette question de la différenciation des espaces urbains et ruraux, qui fait en partie l'objet de ce travail, n'est pas récente en géographie. En revanche, dans la thématique « santé et environnement », ce travail a permis, de manière plus innovante, d'identifier et de croiser des sources de données complémentaires, et d'aboutir à la construction de deux typologies utilisables à l'échelle départementale. Ces typologies nous permettent de distinguer et de caractériser des espaces urbains, périurbains et ruraux et constituent un support préliminaire sur lequel s'appuyer, dans une recherche plus large qui vise à étudier les relations entre environnement et comportements en lien avec l'épidémie d'obésité et de surpoids. Les futures étapes de cette recherche consisteront à analyser les relations entre l'accessibilité aux opportunités et les comportements alimentaires et d'activité physique, en tenant compte des différents « contextes » ou « cadres » de vie des individus mis en évidence dans ce travail.

Ce travail fait partie du projet ELIANE (Étude des Liens entre Activité physique, Nutrition et Environnement), projet subventionné par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR-07-PNRA-004).

7. Références bibliographiques

- Bessy-Pietri P., Sicamois Y., 2001, Le zonage en aires urbaines en 1999. 4 millions d'habitants en plus dans les aires urbaines, *Insee Première*, 765.
- Catford J. C., Caterson I. D., 2003, Snowballing obesity: Australians will get run over if they just sit there, *The Medical Journal of Australia*, 179(11-12), 577-579.
- CIGAL – Coopération pour l'Information Géographique en Alsace, 2003, Base de données d'occupation du sol BDOCS 2000. http://www.cigalsace.org/produits_cigal.htm#bd_ocs_2000 (consulté le 15 décembre 2008).
- Cummins S., Curtis S., Diez-Roux A. V., Macintyre S., 2007, Understanding and representing 'place' in health research: A relational approach, *Social Science & Medicine*, 65(9), 1825-1838.
- ELIANE – Étude des Liens entre Activité physique, Nutrition et Environnement, 2007, Projet de recherche ANR 2007, INRA - Programme PNRA-004, coordinateur Jean Michel Oppert.
- ESPON – European Spatial Planning Observation Network, 2005, Urban – Rural Relations in Europe, ESPON Project 1.1.2 Final Report, Eds. C. Bengs & K. Schmidt – Thomé, Centre for Urban and Regional Studies, Helsinki University of Technology. http://www.espon.eu/mmp/online/website/content/projects/259/649/file_1182/fr-1.1.2_revised-full_31-03-05.pdf (consulté le 16 décembre 2008).
- ESPON, 2006, The Modifiable Areas Unit Problem, ESPON Project 3.4.3 Final Report. http://www.espon.eu/mmp/online/website/content/projects/261/431/file_4970/espon343_maup_final_version2_nov_2006.pdf (consulté le 16 décembre 2008).

- Ferreira I., van der Horst K., Wendel-Vos W., Kremers, S., van Lenthe F. J., Brug J., 2007, Environmental correlates of physical activity in youth a review and update, *Obesity Reviews*, 8(2), 129-154.
- Glanz K., 2009, Measuring Food Environments: A Historical Perspective, *American Journal of Preventive Medicine*, 36(4, Supplement 1), S93-S98.
- Gong P., Howarth P. J., 1992, Land-use classification of SPOT HRV data using a cover-frequency method, *International Journal of Remote Sensing*, 13(8), 1459-1471.
- Hartigan J. A., Wong M. A., 1979, Algorithm AS 136: A K-Means Clustering Algorithm, *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, 28(1), 100-108.
- Klein-Platat C., Wagner A., Haan M. C., Arveiler D., Schlienger J. L., Simon C., 2003, Prevalence and sociodemographic determinants of overweight in young French adolescents, *Diabetes/Metabolism Research and Reviews*, 19(2), 153-158.
- Lacaze M., Nirascou F., 2000, Ces terres qui nous entourent..., *Les données de l'environnement*, 51.
- Matthews S., Manor O., Power C., 1999, Social inequalities in health: are there gender differences? *Social Science & Medicine*, 48(1), 49-60.
- OMS –Organisation mondiale de la santé, 2003, Régime alimentaire, nutrition et prévention des maladies chroniques : rapport d'une consultation d'experts OMS/FAO. OMS : série de rapports techniques, 916, Genève.
- Openshaw S., Taylor P. J., 1981. The modifiable areal unit problem, in Wrigley N., Bennett R. (eds.), *Quantitative Geography : A British View*, Routledge and Kegan Paul, London, 60-69.
- Popkin B. M., 1999, Urbanization, Lifestyle Changes and the Nutrition Transition, *World Development*, 27(11), 1905-1916.
- Sallis J. F., 2009, Measuring Physical Activity Environments: A Brief History, *American Journal of Preventive Medicine*, 36(4, Supplement 1), S86-S92.
- Sallis J. F., Glanz K., 2006, The Role of Built Environments in Physical Activity, Eating, and Obesity in Childhood, *The Future of Children*, 16(1), 89-108.
- Sallis J. F., Glanz K., 2009, Physical Activity and Food Environments: Solutions to the Obesity Epidemic, *Milbank Quarterly*, 87(1), 123-154.
- Silverman B., 1986, *Density estimation for statistics and data analysis*, Chapman and Hall, London.
- Vandegrift D., Yoked T., 2004, Obesity rates, income, and suburban sprawl: an analysis of US states, *Health & Place*, 10(3), 221-229.
- Wharton S. W., 1982, A contextual classification method for recognizing land use patterns in high resolution remotely sensed data, *Pattern Recognition*, 15(4), 317-324.
- Zaninetti J.-M., 2005, *Statistique spatiale –méthodes et applications géomatiques*, Coll. Applications des SIG, Hermès Sciences Publications, Lavoisier, Paris.

Annexe : Nomenclature de la BDOCS 2000

1. Les territoires artificialisés

- 1.1 Les zones urbanisées
 - 1.1.1 Tissu urbain continu
 - 1.1.1.1 Tissu de type centre-ville
 - 1.1.1.1.1 Noyau très dense
 - 1.1.1.1.2 Faubourg dense
 - 1.1.1.1.3 Faubourg résidentiel
 - 1.1.1.2 Tissu de type centre bourg
 - 1.1.2 Tissu urbain discontinu
 - 1.1.2.1 Habitat pavillonnaire
 - 1.1.2.1.1 Pavillonnaire dense
 - 1.1.2.1.2 Pavillonnaire à densité moyenne
 - 1.1.2.1.3 Pavillonnaire à faible densité
 - 1.1.2.1.4 Habitat individuel
 - 1.1.2.2 Habitat collectif
 - 1.1.2.2.1 Grandes barres et tours
 - 1.1.2.2.2 Petits bâtiments
 - 1.1.2.3 Habitat mixte
 - 1.1.3 Espaces urbains spécialisés
 - 1.1.3.1 Cimetière
 - 1.1.3.2 Emprises scolaires, universitaires et centres de formation
 - 1.1.3.3 Emprises hospitalières
 - 1.1.3.4 Emprises culturelles
 - 1.1.3.5 Emprises culturelles
 - 1.1.3.6 Places publiques
 - 1.1.3.7 Parkings
 - 1.1.3.8 Autres
- 1.2 Les grandes emprises
 - 1.2.1 Emprises industrielles, commerciales, tertiaires et militaires
 - 1.2.1.1 Zones industrielles
 - 1.2.1.2 Zones commerciales et artisanales
 - 1.2.1.3 Parcs technologiques et zones d'activités tertiaires et logistiques
 - 1.2.1.4 Emprises militaires
 - 1.2.2 Emprises portuaires
 - 1.2.3 Extraction de matériaux
 - 1.2.3.1 Activités minières
 - 1.2.3.1.1 Terrils
 - 1.2.3.1.2 Bâti industriels et espaces associés
 - 1.2.3.1.3 Friches minières
 - 1.2.3.2 Gravières et sablières
 - 1.2.3.3 Carrières
 - 1.2.4 Réseaux de communication
 - 1.2.4.1 Réseau routier principal et espaces associés
 - 1.2.4.2 Réseau ferroviaire et espaces associés
 - 1.2.5 Aéroport – Aérodrome - Aéroclub
 - 1.2.5.1 Aéroport
 - 1.2.5.2 Aérodrome - Aéroclub
 - 1.2.6 Chantiers, remblais, décharges
 - 1.2.7 Stations de traitement de l'eau
 - 1.2.8 Exploitations agricoles

- 1.3 Les espaces verts artificialisés
 - 1.3.1 Espaces verts urbains
 - 1.3.1.1 Pelouses et zones arborées
 - 1.3.1.2 Jardins ouvriers
 - 1.3.2 Equipements sportifs et de loisirs
 - 1.3.3 Châteaux et espaces associés
 - 1.3.4 Autres jardins
- 1.4 Les espaces libres
 - 1.4.1 Sols nus en milieu urbain
 - 1.4.2 Friches industrielles
 - 1.4.3 Friches urbaines

2. Les territoires agricoles

- 2.1 Les cultures annuelles
- 2.2 Les cultures permanentes
 - 2.2.1 Vignes sur herbe et vignes labourées
 - 2.2.2 Vergers traditionnels
 - 2.2.3 Vergers intensifs
 - 2.2.4 Prairies
 - 2.2.5 Bosquets et haies
 - 2.2.6 Plantations en timbre poste
 - 2.2.7 Serres permanentes

3. Les espaces forestiers et /ou en dynamique naturelle

- 3.1 Les forêts
 - 3.1.1 Forêts de feuillus
 - 3.1.2 Forêts de résineux
 - 3.1.3 Forêts mixtes
 - 3.1.4 Coupes, jeunes plantations et régénération naturelle en milieu forestier
- 3.2 Les formations pré-forestières
 - 3.2.1 Pelouses et pâturages de montagne
 - 3.2.2 Friches sèches
 - 3.2.3 Landes
 - 3.2.4 Roselières
 - 3.2.5 Friches humides
 - 3.2.6 Ripisylve
- 3.3 Roches nues

4. L'hydrographie

- 4.1 Le réseau hydrographique
 - 4.1.1 Cours d'eau
 - 4.1.2 Canaux
- 4.2 Les plans d'eau
 - 4.2.1 Etangs et lacs
 - 4.2.2 Bassins artificiels