



HAL
open science

Vitesse, accessibilité et étalement urbain ; analyse et application à l'aire urbaine dijonnaise

Cyril Enault

► **To cite this version:**

Cyril Enault. Vitesse, accessibilité et étalement urbain ; analyse et application à l'aire urbaine dijonnaise. Géographie. Université de Bourgogne, 2003. Français. NNT: . tel-00006172v2

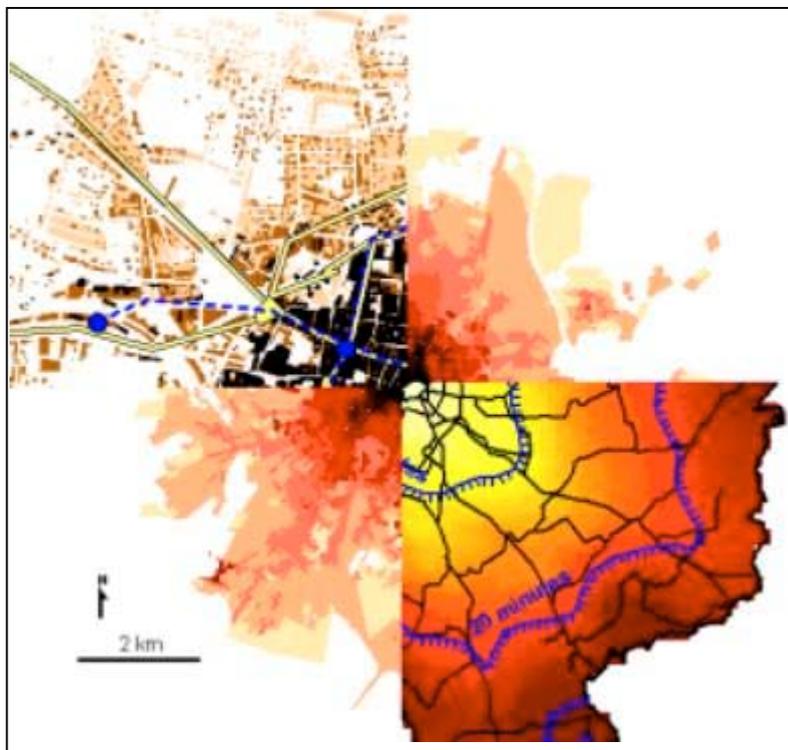
HAL Id: tel-00006172

<https://theses.hal.science/tel-00006172v2>

Submitted on 11 Jun 2004 (v2), last revised 27 Sep 2004 (v4)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Vitesse, accessibilité et étalement urbain
analyse et application à l'aire urbaine dijonnaise

THÈSE

Pour l'obtention du grade de
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE
Discipline : Géographie

Présentée et soutenue publiquement par
CYRIL ENAULT
le 29 novembre 2003

Sous la direction de :
Monsieur Jean-Jacques BAVOUX, Professeur à l'Université de Bourgogne

Membre du jury :

Madame Denise PUMAIN
Monsieur Jean-Jacques BAVOUX
Monsieur Gabriel DUPUY
Monsieur André LARCENEUX
Monsieur Jacky PERREUR

Professeur à l'Université de Paris - Sorbonne
Professeur à l'Université de Bourgogne
Professeur à l'Université de Paris - Sorbonne
Professeur à l'Université de Bourgogne
Professeur à l'Université de Bourgogne

A mon père,
qui n'a malheureusement pas vécu assez longtemps
pour voir l'aboutissement de ce travail
et à ma mère,
Enfin à Cécile et à ses parents

Avant propos

Mes premiers remerciements vont à Monsieur Jean-Jacques Bavoux, professeur à l'Université de Bourgogne, qui a accepté d'être mon directeur de thèse. Je lui suis particulièrement reconnaissant pour son dévouement pour l'obtention du financement et pour son soutien permanent, sa confiance et aussi la liberté d'action qu'il m'a laissée.

Ce travail n'aurait pu aboutir sans l'aide permanente des membres du laboratoire THEMA de l'Université de Bourgogne. Mes remerciements vont en premier lieu à André Larceneux, professeur à l'Université de Bourgogne, pour ses nombreuses relectures et ses conseils sur les questions techniques de la thèse. Je remercie également Valérie Mannone et Pierre Volpoët pour leur relecture. Je suis redevable à Emmanuelle Renaud et Robert Chapuis pour m'avoir fait confiance en m'impliquant dans des contrats de recherche portant sur le thème de ma thèse à des moments difficiles. Je dois remercier aussi Agnès Chameroy pour ses corrections et enfin Patrick Mille pour son aide informatique.

Je remercie beaucoup Mohamed Hilal pour la précieuse aide bibliographique qui m'a permise d'amorcer cette étude.

Je n'aurais pu mener à bien ce projet sans l'aide de l'AGIUD (agence d'urbanisme de l'agglomération dijonnaise) et plus particulièrement de Monsieur Michel Foret, la DDE et le service de travaux de la mairie de Dijon.

Mes remerciements vont également aux membres du jury qui, malgré de lourdes contraintes, ont accepté d'examiner et d'évaluer cette thèse.

Je remercie vivement Danielle Marcuard pour son assistance pour les relevés routiers dans une période de forte chaleur estivale.

Je suis reconnaissant à mes parents pour le grand soutien et les encouragements qu'ils m'ont donnés. Sans eux, je n'aurais sans doute pas pu finir ce travail. Je ne peux malheureusement remercier qu'un seul de mes parents : ma mère

Enfin, je ne dois pas oublier Cécile et toute sa famille, dont j'ai fait la connaissance durant ces années. Merci à Annick pour ses conseils et ses fastidieuses relectures, à Christian pour son accueil si chaleureux et enfin à Cécile

Introduction générale

Si depuis leur origine, les villes ont connu des évolutions variées, elles ont toutes semblé être sous l'emprise d'une force qui les poussait à croître, si bien que le phénomène de croissance semble être une véritable constante de l'urbain.

Actuellement, la croissance se manifeste sous deux formes. Dans un premier cas, la population peut augmenter sans que la surface de la ville ne varie véritablement, ce qui produit de la densité donc une concentration plus grande des individus au sein d'un territoire urbain constant. Dans un autre cas, l'agglomération morphologique peut s'accroître plus rapidement que la population, ce qui provoque un accroissement des surfaces bâties. Dans les deux cas de figure, tout est une question de surplus de population, réinvesti soit en hauteur (densité), soit en surface.

Si à l'origine des villes, il semble que le phénomène de densification a été plus marqué, il en est tout autrement aujourd'hui où l'on assiste à une extraordinaire expansion discontinue des domaines bâtis. L'étalement urbain devient ainsi un enjeu de société : des aires urbaines toujours plus vastes, sans limite nette, sont affectées par un véritable processus de dilution, terme sur lequel nous reviendrons au cours de ce travail.

En effet, nombreux sont les effets de l'étalement urbain. Le premier d'entre eux est sans doute la dédensification des centres. Avec l'extension des périphéries, les parties les plus centrales des agglomérations apparaissent moins attractives, au contraire des banlieues et des marges rurales. L'explication est en partie à chercher du côté du cadre de vie, souvent plus agréable dans les périphéries. Les logements du centre sont certes plus accessibles mais en contrepartie sont plus bruyants, plus chers et donc à budget égal nécessairement plus petits. La vie dans les villages proches de la ville et dans certaines banlieues est sans nul doute plus agréable, dans les pavillons disposant de jardins. Pour un surplus de population identique, la croissance en surface est aujourd'hui plus importante qu'elle ne l'était hier. Autrement dit, le cadre de vie a changé. La ville construit une aire plus vaste, plus hiérarchisée, plus verte, plus aérée pour une même valeur de population, ce qui explique que l'étalement urbain est plus rapide aujourd'hui que durant les siècles derniers. La croissance de la ville s'effectue plus sous la forme de banlieues pavillonnaires, fortement consommatrices d'espace, que sous la forme de collectifs denses comme cela a pu être le cas durant les années 1960-1970. La ville actuelle est bien celle des faibles densités.

Un second phénomène contribue à la dynamique de l'étalement urbain : la croissance des surfaces industrielles et commerciales. On ne peut à l'évidence comprendre l'expansion urbaine sans faire référence à cet autre mode d'usage du sol. Obéissant à des logiques assez différentes, les surfaces industrielles et commerciales représentent une part de plus en plus importante dans le tissu urbain. Si les parties centrales ont progressivement abandonné ce type d'exploitation, il en est tout autrement pour les périphéries disposant de parcelles libres en grande quantité. Les entreprises qui viennent s'installer sur ces espaces construisent essentiellement des aires de stockage ou des bâtiments de production de très grande taille. La conséquence en terme d'emprise au sol est donc à l'augmentation par rapport aux précédentes localisations centrales. Ce n'est pas tant le nombre d'entreprises qui a fait l'expansion des surfaces industrielles ou commerciales mais plutôt le type de construction. L'usage du sol est devenu,

comme pour la fonction résidentielle, moins intensif, tout cela allant dans le sens de l'étalement urbain. La conséquence en terme d'emplois a été le creusement d'un cratère de densité dans les zones les plus centrales des agglomérations et la formation de pôles périphériques d'emplois dans les périphéries, appelés *Edges Cities* aux Etats-Unis (J.GARREAU 1991).

Un troisième facteur de l'étalement urbain, la mutation des réseaux de transport se traduit en particulier par une emprise toujours plus importante des espaces réservés à la voirie. La ville occupe un territoire plus vaste et que les fonctions tendent à se disperser, que les emplois et les résidences se dissocient de plus en plus, les distances des trajets quotidiens s'allongent.. Le processus s'était (déjà) amorcé au XIX^{ième} siècle avec l'implantation des trains de banlieue dans les villes, nécessitant la construction de gares de triage et de voies [...] Avec l'automobile, la situation a encore empiré, la ville devenant dépendante de l'automobile. Notons à ce sujet que c'est la ville qui s'est adaptée à la voiture (G.DUPUY 1995). En somme, la ville s'est progressivement dotée d'infrastructures toujours plus gourmandes en superficie. La rue étroite du centre ville a été remplacée par les boulevards des faubourgs, eux-même devenus obsolètes et remplacés par les boulevards du péricentre ou plus récemment les voies rapides, quatre voies et autoroutes de la périphérie. Pour aller, plus loin en un minimum de temps, il faut construire plus grand et plus solide.

Enfin le dernier effet des transports est le « grignotage » des surfaces agricoles. On constate aux abords de la ville à un véritable front d'urbanisation balayant les terres agricoles qui près des villes sont généralement les plus fertiles.

En conséquence, les effets de l'étalement urbain sont nombreux et relativement dévastateurs car ils engendrent souvent des coûts de fonctionnement importants. La tendance va d'une ville agréable à vivre où toutes les fonctions seraient dispersées, l'habitat peu dense, mais où les surfaces bâties s'étendraient à perte de vue ou, au contraire à l'encontre d'optique de développement durable, d'une ville *a priori* moins agréable mais plus efficace, présentant un coût moindre et étant en quelque sorte un optimum économique ?

L'étalement urbain est un processus qui change fondamentalement la donne du continuum. A l'origine net et tranché, l'espace de transition entre ville et campagne s'est progressivement changé en un territoire plus flou intégrant une grande partie d'espaces ruraux périurbains. La question de la mesure du phénomène d'étalement dans ces marges est extrêmement délicate lorsque l'on a une absence de continuité spatiale des espaces bâtis. Doit-on alors raisonner en terme de croissance de population ou en densité ou encore en terme de surface ? La question mérite d'être posée.

Comment qualifier cette transition ? Observe-t-on toujours une marge périurbaine ? Il ne le semble pas et nombreux sont les auteurs qui remarquent que chaque continent, voire chaque pays a ses spécificités. Aux Etats-Unis, l'étalement sans limite produit une ville continue à très fort potentiel de croissance, plus connue sous le nom de « modèle californien ». En revanche, ce n'est pas le cas de l'Europe où l'on assiste à une croissance plus limitée des marges urbaines mais où, en contrepartie, ce sont les villages périurbains qui profitent de la croissance.

L'objectif de cette thèse sera d'analyser les différentes formes de structures urbaines que l'on peut rencontrer. Dans une approche, en premier lieu, mondiale, nous nous poserons la question de la forme d'une agglomération, celle de Dijon, ce qui ne manquera pas de donner une idée du potentiel d'étalement. Cela nous entraînera vers une seconde question : comment s'étalement les villes ? Cet étalement est-il uniforme dans le temps et l'espace ? Comment peut-on le mesurer ? L'originalité de ce travail sera en outre de réaliser une approche quantitative de l'étalement urbain par l'intermédiaire à la fois des modèles de densité et d'une fonction logistiqu.

Face aux grandes différences de développement des agglomérations, nous nous interrogerons notamment sur les facteurs déterminant et en particulier le rôle des transports. Les études de P.NEWMAN et J.R.KENWORTHY (1991) tendent à montrer que ces différences de morphologie urbaine sont en réalité la conséquence de fonctionnements des transports radicalement différents. Alors que la grande ville américaine fortement étalée dispose de transports essentiellement sous la forme de voitures individuelles, la ville européenne dispose de transports collectifs plus performants, ce qui contribue à développer une agglomération plus dense et plus tassée.

L'autre originalité sera d'analyser quantitativement les liens unissant les transports et l'étalement urbain. De quel type de relation est-il question ? Est-il possible de dégager un lien fort et précis entre, par exemple, la densité et les vitesses ? A-t-on alors une liaison entre vitesse et temps d'accès, ce qui permettrait d'établir un pont entre le temps et la densité ? Enfin, quels peuvent être les impacts des temps d'accès sur l'étalement urbain à une échelle locale ?

Pour répondre à ces différentes questions, nous décomposerons notre étude en trois points principaux.

Dans une première partie, nous analyserons la structure des villes en déclinant ce travail en quatre chapitres. Le premier cherchera à définir la notion de densité tandis que le second aura une orientation plus théorique et technique en analysant la notion de densité d'un point de vue purement formel dans les agglomérations. Le troisième sera en quelque sorte une application en évaluant le poids de la logique centre-périphérie pour l'agglomération dijonnaise et enfin le dernier chapitre sera une relativisation du point précédent en évaluant le poids de la logique polycentrique de l'agglomération dijonnaise.

Dans une deuxième partie, il sera question de la notion d'étalement urbain. Un premier chapitre s'efforcera de définir la notion et de déterminer les facteurs les plus importants influant sur l'étalement urbain. Un second chapitre sera davantage de nature diachronique, cherchant à analyser les rythmes de l'étalement pour les époques antérieures au XIX^{ième} siècle. Un troisième chapitre procédera au même type d'étude mais pour le XIX^{ième} et le début du XX^{ième} siècle. Le quatrième chapitre fera de même pour la période actuelle, le but étant de dégager une logique générale d'étalement urbain. C'est dans cet esprit que sera conçu le cinquième chapitre visant à mesurer l'étalement par l'intermédiaire des densités. Enfin le dernier chapitre est en quelque sorte une alternative aux modèles proposés dans le chapitre précédent en mettant en place une nouvelle notion : la dilution.

La troisième partie répondra aux questions les plus fondamentales de cette thèse. Un premier chapitre introductif présentera le réseau routier dijonnais en essayant de dégager les grandes composantes ou les éléments plus locaux des infrastructures routières. Un deuxième chapitre, déjà plus théorique, aura pour vocation d'évaluer les temps d'accès dans l'aire urbaine dijonnaise, en passant notamment par une étude assez approfondie de la notion de vitesse. Un troisième chapitre sera le cœur de cette étude en mettant en relation les transports et l'étalement urbain, par le biais du couple vitesse-densité. Il y sera en outre question des relations entre les temps d'accès et les modèles présentés dans la seconde partie. Enfin le dernier chapitre cherchera à montrer, à l'échelle d'une micro-région, l'impact des temps d'accès sur la périurbanisation.

Partie I :

La structure urbaine dijonnaise

La croissance de l'espace urbain est autant dépendante du centre que de la périphérie. Connaître les phénomènes d'étalement urbain et en prévoir les évolutions nécessite par conséquent une étude approfondie de la structure interne de la ville. Les études les plus récentes sur les espaces suburbains et périurbains ne peuvent ignorer la ville et inversement la ville ne peut ignorer ses marges. En somme l'évolution des périphéries urbaines est intimement liée à la croissance et à la construction du centre.

RUSK (2002) montre ainsi que les vides ou au contraire les pleins des villes expliquent en grande partie les évolutions de la périphérie. Lorsque le centre est dit élastique, c'est-à-dire littéralement capable de s'élargir, ou qu'il subsiste encore des vides au sein de l'espace central, les périphéries subissent moins les assauts des urbains. A l'inverse, un centre inélastique ou fortement concentré est générateur de croissance périphérique. D'autres théories vont dans le même sens comme celle de NEWLING (1969) qui présuppose que la formation d'un cratère de densité de population est à l'origine d'une restructuration complète du centre, mais également d'une transformation des périphéries. L'élargissement du cratère va ainsi de pair avec un étalement de la cité, repoussant un peu plus loin les limites de la ville.

Ce couple « centre-périphérie » nous fait réellement prendre conscience que la connaissance des mécanismes internes est essentiel pour la compréhension de la croissance de la cité. La question de l'organisation des villes, de leur structure se trouve donc au cœur de notre propos. Sur quelle(s) base(s), la ville actuelle est elle construite ? Existe-t-il des logiques d'ensemble ou au contraire doit-on considérer chaque agglomération comme un exemplaire unique ? Un des enjeux de ce travail sera de répondre à ces interrogations.

A cet égard, depuis les années 60, les densités de population sont présentées comme une des clés de la compréhension de la dynamique des villes. Approches théoriques ou plus empiriques, les études de CLARK, NEWLING ou de FOUCHIER s'efforcent ainsi de comprendre la logique des villes.

Nous nous proposons d'examiner ces apports construits autour de la notion de densité résidentielle puis de les appliquer à un espace donné : Dijon et son aire urbaine. Nous verrons ainsi dans un premier temps que la ville répond à un modèle simple de nature centre-périphérie mais que bien souvent la réalité est nettement plus complexe avec une organisation de nature plus polycentrique.

Chapitre 1 : Une entrée classique dans l'étude de la morphologie urbaine : la notion de densité

Terme polysémique, ayant autant l'image cartographique et purement chiffrée que celle du vécu ou de densité perçue, la densité semble, dans son acception la plus courante, plus proche de la vision des urbanistes et se limite ainsi à une description quantitative de l'espace. Une autre approche plus lourde inclut les densités mouvantes, à savoir les circulations.

En géographie, face à ce foisonnement conceptuel, on préfère généralement se limiter aux définitions les plus courantes, à savoir celles de la densité brute et de la densité nette. Celles-ci permettent, dans une certaine mesure d'appréhender des notions relativement complexes comme la concentration.

Les notions de densité de population, de densité d'emplois sont particulièrement sollicitées comme l'une des principales sources de la connaissance de l'intra-urbain. Dès les années 50, elles furent utilisées par de nombreux chercheurs pour caractériser les configurations des villes aussi bien qu'établir des comparaisons. On les retrouve dans la littérature sociologique, économique ou géographique avec des significations quelque peu différentes selon les disciplines.

1) Quel est l'intérêt de la densité pour les études urbaines ?

P.H.DERYCKE (1999) écrivait: « comme tout nombre sans dimension, le concept de densité urbaine dépend de façon déterminante des grandeurs que l'on fait figurer au numérateur et au dénominateur ». Ainsi, s'il est évident que l'utilité de la notion est, tout du moins pour les analyses intra-urbaines, loin d'être négligeable, les variables utilisées dans la définition reste imprécises et, comme nous le verrons dans le paragraphe suivant, fortement dépendante de la discipline qui en fait usage. Si la ville se caractérise par de fortes concentrations en population, emplois, activités, infrastructures et bâti, elle est aussi un espace d'une grande diversité où chaque quartier, chaque îlot, chaque immeuble, chaque pièce ne présente pas le même niveau d'occupation. Ainsi l'analyse de l'espace urbain ne peut s'effectuer qu'en prenant en compte le nombre d'individus, d'activités pour une unité spatiale définie *a priori*. La comparaison intra-urbaine nécessite l'usage de la notion de densité sans laquelle le rapport à la surface de sol naturel se perd. Un des autres intérêts de cette notion dont le flou conceptuel peut apparaître parfois comme un avantage, est sa capacité à introduire toutes sortes de variations autour du thème de la ville et plus particulièrement dans les analyses inter-urbaines, visant à comparer des espaces fondamentalement différents, en terme d'emprise spatiale, d'usage du sol ou de niveau d'occupation. En somme, la densité devient un indice de concentration. Les deux notions sont-elles pour autant équivalentes? Nous laisserons pour le moment cette question en suspens. Sans entrer plus avant dans les détails conceptuels, nous pouvons d'ores et déjà affirmer que la notion est synthétique, en apparence simple, même si son usage varie d'une discipline à une autre et surtout en fonction des échelles spatiales. D'un point de vue général, des mesures ont permis d'établir avec une grande certitude, qu'il existait des relations applicables à la plupart des agglomérations. C.CLARK (1951) est l'initiateur d'une loi de référence liant densité et distance. C'est à partir de ces travaux, que d'autres auteurs ont pu poursuivre l'analyse des espaces urbains. Commencant par des études visant à vérifier les théories existantes, MILLS (1969), suivi bientôt par NEWLING(1969) ou plus récemment BUSSIERE(1972), GUEST(1973), NEWMANN, KENWORTHY (1991) parmi un grand nombre d'autres chercheurs ont pu comprendre les dynamiques spatiales de la densité, les mécanismes de transformation, les facteurs responsables de la mutation de l'occupation des sols et enfin mettre en place de nouvelles formalisations plus efficaces ou, du moins, plus adaptées à certaines agglomérations.

2) La notion de densité résidentielle dans la littérature

Les études sur les densités de population sont à classer dans trois catégories : des travaux à finalité conceptuelles posant clairement les problèmes de définition, sans que toutefois ne se dégage un véritable consensus sur la notion, des analyses purement théoriques dont le but est clairement la mise en évidence de relations mécaniques, de « lois » spatiales fonctionnant de préférence au niveau mondial, et enfin des travaux plus statistiques visant à la fois à vérifier ou tester les expressions déjà établies, avec l'idée d'améliorer les relations existantes, de dégager quelques grandes tendances ou, plus localement, de distinguer, d'individualiser certaines métropoles n'entrant pas dans des logiques globales.

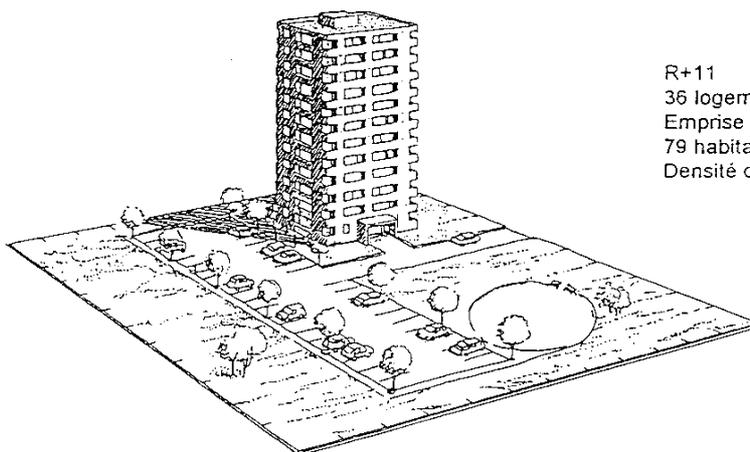
Les travaux portant sur les définitions de la notion de densité, son approche conceptuelle, forment un socle à l'ensemble de cette production thématique. Pour P.H.DERYCKE (1999) il existe trois définitions :

- la version dite « urbanistique » mettant l'accent sur l'opposition entre les densités nettes et brutes
- la vision économique plutôt orientée vers la compétition entre agents pour l'usage des sols urbains
- et enfin une approche pluridisciplinaire reposant davantage sur le développement durable, les enjeux de la densité, les oppositions entre densités existantes et densités perçues

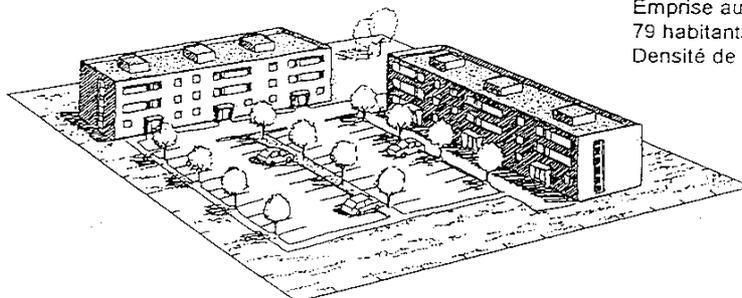
Figure 1 :

**DIFFERENTES FORMES URBAINES ET DENSITES DE POPULATION
POUR UNE MEME DENSITE DE BÂTI (C.O.S. de 0,5)**

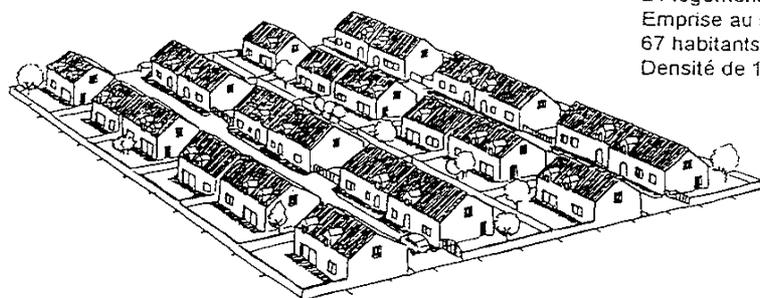
Chaque exemple a une surface de terrain de 5.040 m² et une S.H.O.B. totale de 2.520 m², soit un C.O.S. brut de 0,5.



R+11
36 logements de 70 m²
Emprise au sol du bâti = 10%
79 habitants
Densité de 157 habitants / ha



R+2
36 logements de 70 m²
Emprise au sol du bâti = 17%
79 habitants
Densité de 157 habitants / ha



R+combles
24 logements de 105 m²
Emprise au sol du bâti = 33%
67 habitants
Densité de 133 habitants / ha

N.B.: Le nombre d'habitants est calculé selon le nombre moyen de personnes par ménage en France en 1990 (2,8 personnes pour l'individuel et 2,2 pour le collectif).

Sources : P.H.DERYCKE *Les densités urbaines, une revue de littérature*

La figure 1 nous éclaire un peu plus sur le concept de densité en observant que pour une même valeur de densité de population, on peut avoir une occupation du sol fondamentalement différentes. Dans le premier cas, un immeuble concentre les habitants sur une surface bâtie relativement faible et laisse ainsi la place à d'autres usages comme les espaces verts et les terrains vagues. La densité est de 157 hab/ha et la population de 79 personnes pour une emprise au sol de seulement dix pour cent.

Dans le second cas, on note la présence de deux bâtiments mais nettement moins élevés que l'immeuble précédent. De fait, l'occupation au niveau du sol est plus importante (17%) alors que la densité et la population reste la même. En somme, la hauteur de construction agit de façon déterminante sur la densité.

Le troisième exemple nous renseigne sur un autre usage du sol où 33% de la surface est couverte par le logements et paradoxalement, la densité et la population sont inférieures aux deux cas précédents. Deux éléments expliquent ce fait : l'absence d'étage, ce qui implique qu'un logement occupe une unité de surface au sol et la taille des logements, bien plus importante pour les maisons individuelles.

Chaque type de bâti dispose par conséquent de ses propres logiques et ainsi il pourrait être intéressant de distinguer les densités pour chaque usage du sol.

2.1) l'approche standard des urbanistes

L'approche urbanistique s'articule autour des deux définitions de la densité :

- la densité résidentielle brute s'impose largement dans la plupart des études urbaines puisqu'il s'agit du rapport le plus évident
- de l'autre coté, existe la seconde définition, où n'est pris en compte que l'espace réellement occupé.

La plus évidente, la plus simple, la plus facile à manipuler (celle que nous utiliserons dans la suite de notre étude) est ainsi qualifiée de densité résidentielle brute (notée D_b). P.H.DERYCK la qualifie plus précisément de « rapport de la population résidentielle totale P à l'aire urbaine qu'elle occupe S . Cette aire variant de l'agglomération urbaine totale (densité résidentielle moyenne) à des aires de références plus restreintes, allant jusqu'au quartier ou à l'îlot » soit :

$$D_b = \frac{P}{S} \quad (1)$$

A cette définition, souvent qualifiée de standard et incomplète, s'ajoute la densité résidentielle nette : «elle rapporte la population de l'aire de référence à une superficie résidentielle nette. On retranche alors de S une mesure des surfaces affectées à d'autres usages S_e », ce qui se traduit par :

$$D_n = \frac{P}{S - S_e} = \frac{P}{S_n} \quad (2)$$

où S_n est la superficie résidentielle nette.

Les relations (1) et (2) permettent d'établir une nouvelle expression :

$$D_n = rD_b \text{ avec } r = \frac{S}{S - S_e} > 1 \quad (3)$$

ce qui prouve que $D_n > D_b$

Ainsi la densité résidentielle nette est toujours supérieure à la densité résidentielle brute. Nous verrons dans la partie suivante, qu'en effet cette loi est toujours vérifiée, en somme que les densités nettes à l'îlot sont plus fortes que les densités nettes par quartier ou plus encore par commune.

Soulignons, tout de même que le rapport mis en évidence par la relation (3) semble extrêmement simplifié, du fait de la définition même de la densité brute. D.PUMAIN écrivait à ce sujet :

« on suppose que les quantités de population sont proportionnelles aux superficies des unités géographiques de référence, pour toute unité de dimension inférieure à la surface totale sur laquelle la densité a été calculée[...]Un calcul de la densité D suppose *a priori* que l'on ait une relation du type $D = P / S$ entre une population P et la surface S qu'elle occupe, alors que la relation observée est le plus souvent de la forme : $P = D.S^{2/3}$ »

La relation (3) est finalement dépendante de trois facteurs :

- le type d'habitat, une même densité brute peut parfaitement reposer sur une morphologie radicalement différente. La figure précédente (figure 1) montre comment une même surface peut disposer d'une même densité, du même nombre de logements sans que toutefois l'emprise au sol soit identique. C'est aussi bien l'architecture que le type de fonction qui vont alors déterminer notre valeur de densité résidentielle.
- la référence territoriale joue également un rôle déterminant dans la nature de la relation liant densité brute et nette. Plus on agrandit le territoire de référence, plus la différence de densité résidentielle brute suivant les types de logements tend à s'atténuer.
- enfin, un dernier facteur complexifie le lien : les politiques d'aménagement avec toute une réglementation dont une des plus importantes est le COS (coefficient d'occupation du sol).

2.2) l'approche économique multicritères

La seconde approche dite économique pose le problème des rapports entre les acteurs urbains et de la variation du statut des sols, tout cela pouvant être envisagé par l'intermédiaire des quelles qu'elles soient.

Cette question pose alors deux problèmes cruciaux :

- le premier est de savoir qu'elles doivent être les paramètres à envisager et comment les intégrer dans la définition de la notion de densité
- en second lieu, il convient de comparer des espaces, qui, si l'on envisage une multitude de critères sont par nature fort hétérogènes dans leur structure, leur organisation et leur occupation. Néanmoins, dans l'hypothèse où la question de la densité est posée sous tous les aspects de la vie économique (population, services, industrie, administration, voirie...), on dispose d'une notion largement plus synthétique que la densité brute des urbanistes mais aussi, et c'est là la contrepartie d'un tel travail, plus complexe à manipuler. Peut-on dans ces conditions encore parler de densité?

La densité est par nature la résultante d'un grand nombre de fonctions économiques. Au plus bas niveau, se trouve une sorte de densité brute généralisée à l'ensemble des activités. Ainsi parlera-t-on de densité résidentielle, mais également de densité d'emplois ou plus précisément d'emplois, de services, industriels, tertiaires[...]Pourtant, en restant sur un critère, il est impossible de dégager une réelle occupation du sol, de comprendre l'organisation fonctionnelle des agglomérations. Certes, on peut définir, à partir des densités d'activité économique, des profils types de villes (tertiaires, touristiques,

industrielles, administratives, industrialo-portuaire...), mais sans toutefois pouvoir spécifier de composantes plus locales des pôles urbains.

2.3) Les définitions plus générales des sciences sociales

Il convient de distinguer deux types d'approches assez spécifiques.

La première serait plus du ressort de la géographie classique. L'explication de fortes densités proviendrait de l'origine des civilisations, de l'histoire humaine des continents. C'est bien à l'échelle planétaire que semble se dégager un lien fort entre peuplement et densité. Comparons les continents asiatiques, européens et américains pour nous en convaincre. Si les Etats-Unis disposent d'un espace aussi vaste et peu peuplé (moins de 10 hab/km²), les villes sont également elles mêmes à la mesure du pays, non seulement tentaculaires mais aussi très peuplées. Pourtant, les densités moyennes y restent faibles, très loin derrière celles de l'Europe ou de l'Asie. L'Europe, deuxième foyer de peuplement derrière l'Asie du Sud Est dispose d'agglomérations, certes moins nombreuses (pour les grandes métropoles mondiales) mais aussi et surtout largement plus denses. Nous citerons à ce titre les villes assez tassées de l'Allemagne ou même de la France. Enfin, l'Asie du sud-est est de fait le premier foyer de peuplement du monde et se dote des villes les plus denses. Simple coïncidence ou règle absolue? La question reste en suspens même si *a priori* cette logique semble se confirmer.

Une seconde attitude vis à vis des densités, se rapproche davantage de la psychologie. L'important n'est plus la densité en elle même mais sa perception. La ville dense est avant tout celle qui est perçue comme telle. Un lieu cognitif où la compacité en terme de bâti joue un rôle indiscutable, au même titre que ses occupants et la façon dont l'ensemble est ordonné. On ne voit la densité de population qu'en terme de bien vécu ou mal vécu. Cette impression est une conséquence du niveau de densité de population. Plus la densité est élevée, plus les probabilités de rencontres et de communications entre individus sont fortes. D'autres éléments peuvent également intervenir comme l'agencement des logements. Ainsi, dans certaines banlieues, les isolations sont faibles, les cages d'escaliers aérées avec le sentiment de ne pas être réellement chez soi.

Ainsi C.WERQUIN¹ (1999) montre t-elle qu'à niveau de densité égal, la tolérance des individus est loin d'être semblable. Le lieu où se cristallise les haines et les angoisses est sans doute le grand ensemble urbain disposant pourtant de densité somme toute relativement moyenne (100 hab/ha). Ici importent plus les sensations, l'impression d'être comprimé et confiné dans des quartiers souvent mal équipés ou mal structurés. La relation entre la compacité, l'architecture, la densité brute, et les perceptions qui en découlent sont fondamentales. Aussi doit-on avancer la notion d'espace vital.

L'exemple inverse est le cas des quartiers centraux de grandes agglomérations où les densités sont plus importantes (1000 hab/ha) et où, paradoxalement, la ville est mieux vécue.

Néanmoins, comme nous l'avons précédemment remarqué, la densité réelle ne reflète qu'une partie de la production scientifique, sa perception est aussi essentielle. L'étude de S.GREEN²(1992) est de ce point de vue intéressante qui, par l'intermédiaire d'une enquête sur quelques sites clairement identifiés, permet

¹ *Ville, densités urbaines et développement durable* Actes, Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement

² « Cityshape communicating and Evaluating Community Design », *Journal of the American Planning Association* Vol.58 n°2 p. 177-189

d'obtenir l'évaluation des passants (allant de excellent à inacceptable) sur l'architecture du mobilier urbain, les bâtiments ou plus généralement le cadre urbain. Si la notion de densité n'apparaît pas, elle est implicitement étudiée. Autant la décoration que l'organisation, le bruit ou l'offre de services interviennent dans les réponses des individus. Les réactions sont de même nature que pour les grands ensembles ou les centres villes. Il existe bien souvent une grande opposition entre le réel et l'imaginaire.

2.4) Une expression synthétique de la densité

On l'a vu, la mesure autant que la perception ont du sens lorsque l'on s'intéresse à la notion de densité dans les sciences sociales, pourtant l'usage le plus courant, et par la même la représentation courante, de la notion de densité est plutôt d'ordre numérique, c'est-à-dire d'un rapport liant les occupants, les activités qui en découlent ou les structures architecturales à un lieu, une surface fixe.

En conservant cette image relativement universelle de la notion, il peut être possible de construire un rapport plus synthétique que certains assimileront à un indice synthétique d'occupation. Ainsi P.H.DERYCKE définit la densité nette d'habitat et d'emplois selon l'expression suivante :

$$D_n(N + E) = \frac{P}{S_n} + \frac{E}{S_n} = \frac{P + E}{S_n} \quad (4)$$

où P est la population, E le nombre d'emplois et S_n la surface nette

Plus généralement, P.H.DERYCKE note l'existence d'une formule plus complexe intégrant en partie la notion de circulation à la densité.

$$D_n = \frac{\alpha P + \beta E + \gamma V}{S_R + S_E + S_V} \quad (5)$$

D_n est appelée densité nette et se calcule ainsi à partir des paramètres suivants : P la population du lieu, E le nombre d'emplois, V la population d'usagers de la voirie, S_R la surface résidentielle, S_E la surface réservée aux activités économiques et enfin S_V la surface de la voirie et α , β et γ des coefficients à déterminer. En somme la densité prend en compte l'ensemble des parcelles qui ne sont pas des espaces verts, des parcs, des rivières des fleuves ou des collines. L'expression (5) mesure réellement le niveau d'occupation humaine sous tous ces aspects, à la fois en termes statiques (résidents, emplois) ou dynamiques (usagers de la voirie). Cette idée de définir une notion à partir de ces deux ensembles est relativement récente. S.BORDREUIL³ (1995) proposait déjà une distinction entre densités habitantes (ou plus communément appelée densité résidentielle nette ou brute) et densités mouvantes, ce qu'il définit comme les flux, le trafic, la circulation observée à un moment donné de la journée, l'heure ou la date. Intégrer le nombre d'usagers sur la voirie va un peu dans le même sens. L'idée de mesurer le niveau d'occupation par unité de surface plutôt qu'une simple densité est ambitieuse mais difficile. On voit difficilement comment interpréter la valeur V quand on connaît les fluctuations de fréquentations des espaces au cours d'une seule journée. Pourquoi ne pas définir une fréquentation moyenne, ce qui pose alors un nouveau problème de définition ? Aussi conviendrait-il de proposer une densité nette instantanée (où n'interviennent que des données ponctuelles dépendantes de l'heure).

³ « De la densité habitante aux densités mouvantes : l'hyperurbanité », *Annales de la Recherche urbaine*, n°67 p. 4-14

Nous le voyons bien, le choix d'une définition semble difficile, compte tenu de la variété des expressions de la notion. Or, l'intérêt essentiel de la densité devrait résider dans sa simplicité et sa relative efficacité pour les analyses urbaines et c'est donc le premier aspect qui nous mène plutôt à envisager une approche peut-être simple, donc discutable, mais avant tout pertinente pour notre propos.

3) Densité brute résidentielle et géographie

La choix de la densité brute des urbanistes se justifie amplement en géographie et son utilisation est extrêmement courante dans notre discipline. G.SAUTTER⁴ écrivait en 1979 :

« La densité de population constitue un élément capital, le plus simple, le plus synthétique à la fois, parmi ceux qui permettent d'appréhender la nature des relations entre un espace et un ensemble d'hommes solidaires dans l'utilisation de cet espace. »

La densité résidentielle brute est employée, le plus souvent, pour mesurer la concentration spatiale. A l'évidence, le rapport entre le nombre d'éléments spatiaux et la surface qu'ils occupent permet la comparaison entre différentes zones mais également à différentes dates. Est-ce pourtant une mesure pertinente de la concentration spatiale ?

Un plus grand nombre d'individus ou d'éléments par unité de surface est un indice de plus forte concentration. A l'inverse, une faible densité montre bien que la concentration est moins importante. Peut-on pour cela dire que ces deux notions sont identiques ? Il semblerait que ce ne soit pas le cas car la densité homogénéise l'espace, se présente comme une moyenne où le nombre d'éléments par unité de surface est considéré comme constant sur l'ensemble de la surface. D.PUMAIN⁵ note que la densité de population « suppose la continuité et une homogénéité de la répartition. Or, par essence, le peuplement ne se dilue presque jamais de manière uniforme dans un territoire, mais au contraire, il s'organise en agrégats de dimension très variable ». Cela conduit V.FOUCHIER⁶ (1998) à remarquer : « la simple mesure du nombre de personnes dans une unité d'espace est une moyenne brute qui est influencée par le type d'espace considéré[...]Plus l'espace considéré est vaste, moins il est significatif de parler de densité et de faire des comparaisons car la liste des équipements, fonctions diverses et espaces particuliers à prendre en compte s'allonge ». On préférera exprimer la concentration spatiale à partir d'indices plus ou moins complexes⁷ (indices d'Isard par exemple).

⁴ tiré de *l'Encyclopédie de Géographie* sous la direction de A.BAILLY 1992

⁵ idem note 25

⁶ « La densité humaine nette : un indicateur d'intensité urbaine », *Données urbaines Tome II* coordonné par D.PUMAIN et M.F.MATTEI Anthropos CNRS Coll Villes Economica

⁷ *Analyse spatiale quantitative, une introduction* H.JAYET ed Economica 1993

La densité de population permet, à condition que le découpage statistique soit suffisamment fin, d'évaluer l'occupation spatiale, d'en tirer des conclusions sur l'organisation du peuplement, sa localisation par rapport au réseau de transport ou au centre de la cité. De fortes densités de population ou d'emplois ne sont pas le fait du hasard et sont révélatrices d'un emplacement plus ou moins favorable. Analyser les densités de population, c'est envisager la résultante d'un jeu de forces. De fortes densités impliquent naturellement qu'un lieu cumule des avantages ou qu'il y ait une contrainte quelconque (ghetto).

A l'inverse, de faibles densités signifient que la zone se trouve dans une situation défavorable ou dans un quartier hyper résidentiel. En fait lorsque l'on manipule la densité, on réalise la synthèse de l'ensemble des facteurs responsables de la croissance intra-urbaine. Si en périphérie elle s'évalue par l'étalement, à l'intérieur de la cité, la densité est un des moyens d'appréhender le choix d'aménagement d'un lieu (zoning).

Chaque variation est l'indice d'une mutation des activités, de la quantité de population, du bâti ou la conséquence d'interactions entre différentes zones (en particulier les transports). Le plus souvent, on observe une variation négative de la densité dans le cœur des villes à l'inverse une augmentation peut traduire un aménagement du bâti ancien. Ainsi, il existe une relation assez forte entre morphologie urbaine et densité et une élévation de la densité de population implique une transformation du tissu (si l'on ne tient pas compte des squats).

L'efficacité de cette définition, sa simplicité sont autant de raisons qui expliquent son usage constant dans un grand nombre d'études et surtout le foisonnement de théories qui lui sont associées.

Chapitre 2 : la densité urbaine résidentielle brute: une notion bien étudiée et formalisée

H.BLEICHER⁸ (1892) est à l'origine des premières études sur les densités de population en milieu urbain (analyse de Francfort-sur-le-Main). Beaucoup plus tard, C.CLARK⁹ (1951) reprend les précédents travaux et établit la relation de base liant densité résidentielle et distance. Depuis cette époque, de très nombreuses études ont été menées sur ce thème et un grand nombre de formalisations ont été proposées pour la densité de population en fonction des différentes hypothèses urbaines. S.BERROIR¹⁰ (1996) distingue deux grandes familles de modèles : les formalisations reposant sur une base monocentrique et les formalisations plus complexes de type polycentrique.

En commençant par étudier les modèles monocentriques les plus élémentaires, nous verrons qu'il est possible, tout en restant sur l'hypothèse d'un centre unique, d'aller vers des formalisations plus efficaces, permettant d'approcher des liens entre le centre et les périphéries.

Pourtant, actuellement, la majorité des villes doit être appréhendée à travers des modèles plus complexes, c'est pourquoi nous envisagerons d'autres formalisations plus pertinentes (polycentriques).

Enfin, nous étudierons les variations des densités de population dans l'espace et le temps en envisageant l'impact des différents paramètres que sont la densité centrale, le gradient de densité ou la formation d'un cratère sur la limite entre l'urbain et le rural.

⁸ *Statische Beschreibung der Stadt Frankfurt am Main und ihrer Bevölkerung*, Frankfurt

⁹ « Urban population densities », *Journal of the royal Statistical Society* n°114 p. 490-496

¹⁰ « L'espace des densités dans la ville : théories et modélisations », *l'espace géographique* , n°4 1996 p. 353 - 368

1) Les formulations de base : modèles monocentriques

1.1) Le modèle monocentrique de CLARK et sa genèse

H.BLEICHER (1892) fut le premier à observer un certain lien entre la distance et la densité de population. Il remarqua, sans le formaliser, que la densité décroissait à mesure que l'on s'éloignait du centre des villes. Ce n'est que plus tard, en 1947, que J.Q.STEWART introduit une forte dose de formalisation. Ainsi met-il en relation, le premier, la taille de la ville et la densité centrale. Parallèlement, STEWART construit une autre relation liant la surface à la population des agglomérations. Soit :

$$S = \frac{1}{350} P^{3/4} \quad (6)$$

Il émet également une troisième hypothèse visant à mesurer les densités. En partant de la périphérie, il montre l'existence d'une loi exponentielle inverse de base 2 :

$$D(x) = D 2^{-x/b} \quad (7)$$

où $D(x)$ représente la densité à une distance x du centre, D le pic de densité au centre et b la distance constante qui divise par deux la densité dont la valeur est fonction de la ville considérée (« halving distance »).

Cette « loi » est une prémisse de l'expression définie par C.CLARK en 1951.

La formalisation repose alors sur les deux postulats suivants :

- l'existence d'une ville monocentrique et circulaire
- un rythme de décroissance de la densité vers la périphérie monotone (ce qui répond en partie aux exigences du modèle d'ALONSO (1964)).

En considérant ces hypothèses comme vérifiées, CLARK a validé l'expression suivante :

$$D(u) = D e^{-\gamma u} \quad (8)$$

$D(u)$ est la densité à une distance u du centre, γ le gradient de densité, u la distance radiale au centre de l'agglomération et D la densité au centre de la ville (la nomenclature utilisée est celle de E.MILLS¹¹ (1970)).

Pour l'ajustement de cette relation, on utilise la transformation logarithmique :

$$\ln D(u) = -\gamma u + \ln D \quad (9)$$

Il a, dans un premier temps, testé son hypothèse sur un échantillon de villes aussi bien européennes, qu'australiennes ou américaines. Le modèle s'ajustait correctement à la plupart des agglomérations. La relation était alors vérifiée.

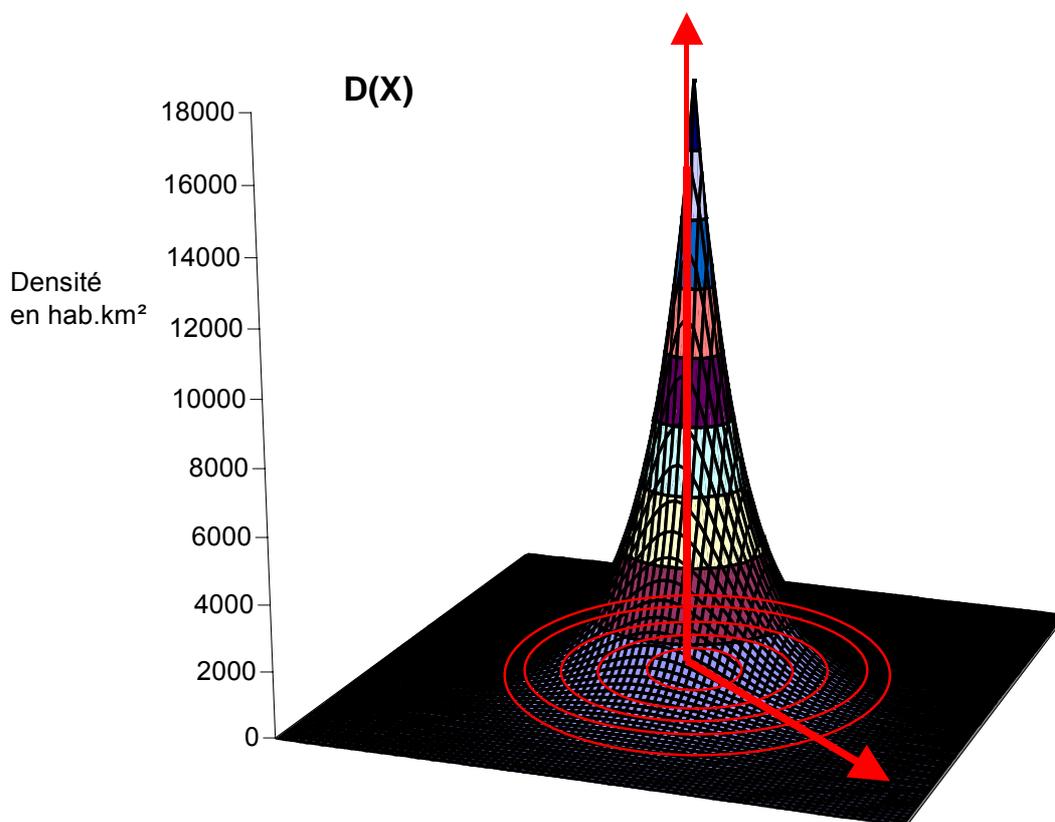
Les travaux de P.Y.PEGUY (2000) sur 123 aires urbaines françaises, soit un total de 8200 communes représentant en tout 34 millions d'individus en 1990, apportent plusieurs éléments à la réflexion.

Premièrement, la qualité de l'ajustement peut être qualifiée de moyenne, et il est bon de noter que les estimations présentant des coefficients de détermination nuls sont peu nombreuses. L'auteur montre en outre que la qualité des ajustements s'améliore à mesure que la taille des agglomérations progresse. Cette étude vise en somme à montrer que le modèle de CLARK s'ajuste relativement bien aux villes

françaises. D'autres analyses (MILLS 1981) tendent à démontrer que la logique s'adapte également à un échantillon plus varié comprenant des villes du monde entier aussi bien dans les pays développés que dans les pays en voie de développement.

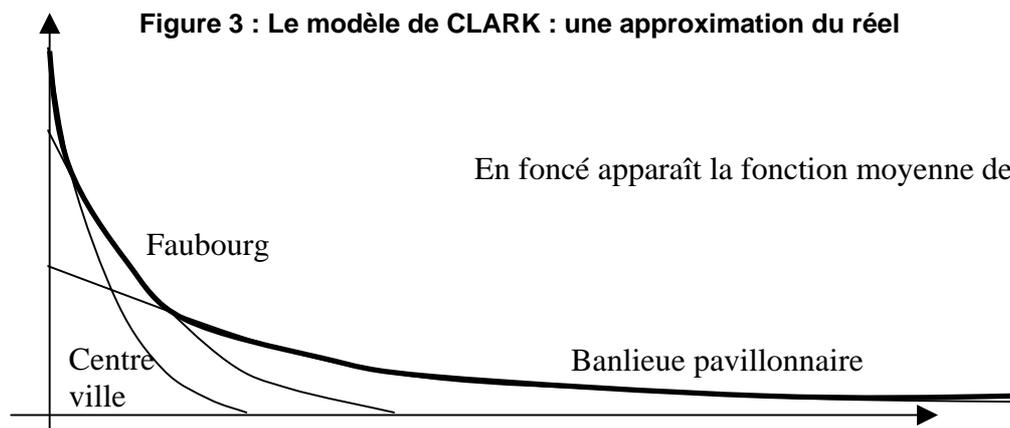
En trois dimensions, le modèle de CLARK, nous donne l'aspect suivant :

Figure 2 : Modélisation des densités en 3D



Dans le détail, la fonction de CLARK, n'est en réalité qu'une moyenne, et il convient plus précisément de raisonner en terme de rupture. En effet, le modèle est en quelque sorte une approximation de plusieurs fonctions de densité dépendantes de la variété du type d'usage du sol mis en évidence dans la figure 1. Chaque modalité de bâti dispose ainsi d'une fonction de densité spécifique. La combinaison de l'ensemble nous donne un modèle de CLARK segmenté reposant sur une maximisation de l'ensemble des fonctions.

Figure 3 : Le modèle de CLARK : une approximation du réel



¹¹ « Urban density functions », *Urban Studies*, n°7 p. 5-20

1.2) Extensions du modèle de CLARK

D'autres expressions de base ont été proposées comme le montre F.WANG et Y.ZHOU¹² (1999) à propos de Pékin. Quatre types de formalisation autre que la fonction de CLARK sont proposées : la première est exponentielle, la seconde linéaire, la troisième exponentielle inverse et la dernière puissance.

Expression générale	$D(u) = f(u)$
- variante exponentielle	$D(u) = De^{\gamma u}$
- variante linéaire	$D(u) = D + \gamma u$
- variante exponentielle inverse	$D(u) = D + \gamma \text{Ln } u$
- variante puissance	$D(u) = Du^{\gamma}$

En réalité toutes ces expressions peuvent s'intégrer au sein d'un ensemble plus vaste de fonctions appelées quadratiques gamma dérivées des théories d'équilibre concurrentiel (MUTH (1969), ALONSO (1964)), dont S.BERROIR (1996) donne l'expression générale :

$$D(u) = Du^{\gamma} e^{\alpha u + \beta u^2} \quad (10)$$

Où $D(u)$ est la densité à une distance radiale u du centre, u la distance radiale, D la densité au centre, γ, β et α sont des paramètres à évaluer.

1.3) γ et D et leurs facteurs

S.BERROIR définit γ comme :

« le taux de diminution de la densité lorsque l'on s'éloigne d'une unité de distance du centre de la ville et ce paramètre permet par conséquent de rendre compte du champ d'attraction de ce point central. Le choix du centre de l'agglomération n'est pas le fait du hasard car ce dernier bénéficie de l'accessibilité maximale, la valeur résidentielle d'une localisation dépendant alors du coût de déplacement pour aller de ce lieu au centre ».

L'intérêt d'un tel paramètre est fondamental :

« La mesure du gradient est particulièrement féconde pour analyser les formes de la villes, déterminer les degrés de compacité ou d'étalement des espaces urbains et les niveaux de différenciation dans la concentration. Plus le gradient est élevé et plus le rythme de décroissance de la densité du centre vers la périphérie est rapide[...]La détermination des gradients permet aussi d'aborder la question des limites de l'espace urbanisé. Des ruptures, des seuils peuvent être repérés qui correspondent aux formes des contacts entre la ville et son environnement » (S.BERROIR 1996).

D'une ville à l'autre, d'une époque à une autre, γ varie énormément, comment l'expliquer ?

E.S.MILLS¹³ reprend l'argumentaire de MUTH¹⁴ (études menées de 1961 à 1969 portant sur 46 zones urbaines) ; cette variation s'explique tout d'abord par la nature et le coût des transports en direction du

¹² « Modelling Urban Population Densities in Beijing 1982-1990 : suburbanisation and its causes », *Urban Studies*, Vol 36, n°2

¹³ « Urban density functions », *Urban Studies*, n°7 p. 5-20

cœur urbain, la distribution spatiale des emplois et des centres commerciaux et enfin la préférence pour certains logements dans la ville.

L'autre élément de base du modèle de CLARK est la densité centrale. S.BERROIR note que « la densité centrale est une expression du niveau moyen de la concentration d'une ville, puisqu'il a souvent été montré que la densité moyenne d'une aire urbaine est fonction de la densité au centre ». MILLS montre également que D est fonction de trois éléments principaux, en premier lieu la taille de la ville où D se présente comme une fonction croissante de la taille de la cité, le revenu des ménages qui semble influencer selon une fonction décroissante et enfin le coût des transports qui varie en sens inverse de D .

Notons que les deux premiers facteurs sont également responsables des variations de γ . Ainsi, γ est une fonction décroissante de la taille de la ville et du revenu.

Entre 1951 et 1972, de nombreuses études vont ainsi analyser plus en détail les différents paramètres de la fonction de CLARK, ainsi que leur variation. Bien que le modèle soit toujours à l'ordre du jour pour la plupart des agglomérations, il a toutefois été amélioré (et parfois contesté).

1.4) Introduction au modèle quadratique

Les premières contestations sont venues de TANNER (1961) et SHERRAT (1960) qui préconisent plutôt l'usage d'une fonction de densité exponentielle négative quadratique dépendant donc du carré de la distance dont la forme est alors :

$$D(x) = D_0 e^{-cx^2} \quad (11)$$

où x est la distance au centre, $D(x)$ la densité en x , c est la mesure du taux de changement du logarithme de la densité en fonction de la distance au carré et D_0 la densité au centre.

Le modèle (11) admet une courbe en cloche centrée sur le CBD. Cette formalisation présente ainsi l'originalité d'une tangente en O, ce que la fonction de CLARK ne laissait pas apparaître. Par ailleurs, la pente de la courbe est plus forte, ce que l'on peut aisément montrer par la dérivée de la fonction (voir annexe I). Le nouveau profil, plus concave, s'impose, semble-t-il plus facilement dans la plupart des grandes métropoles US que la pente linéaire de la fonction de CLARK.

8 ans plus tard, B.E.NEWLING¹⁵ propose une amélioration de cette formalisation en introduisant un taux de changement non simultané, autrement dit la possibilité de voir apparaître les plus fortes densités en dehors du centre ville. L'expression résultante est alors assez proche des fonctions quadratiques gamma :

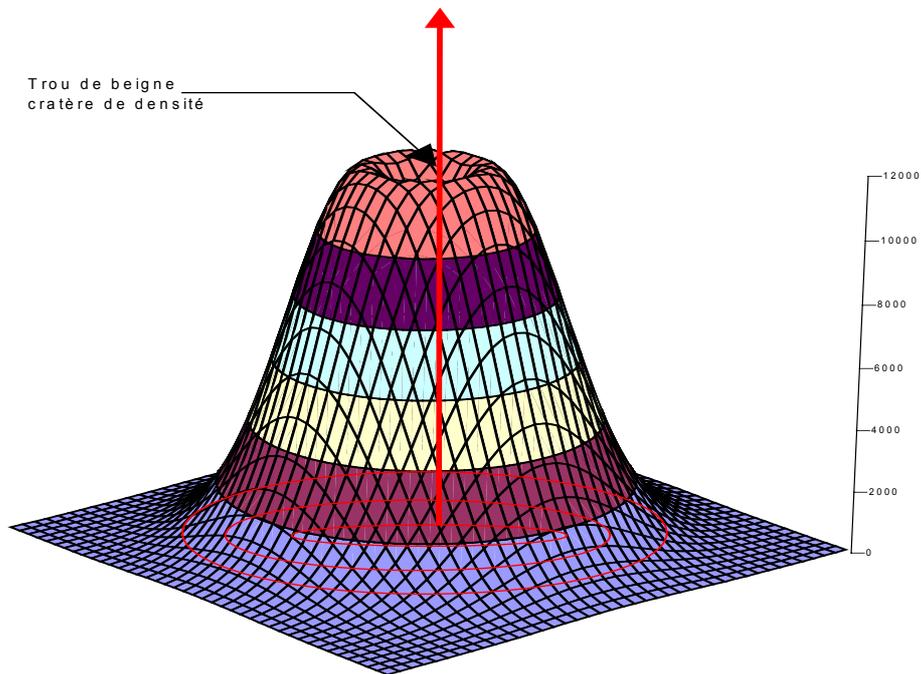
$$D(x) = D_0 e^{bx-cx^2} \quad (12)$$

Sur le même principe que la fonction de CLARK, il nous est possible de faire figurer en trois dimensions la forme la plus courante du modèle de NEWLING :

¹⁴ « The spatial structure of the housing market », *PRSA*, n°7 p. 207-220

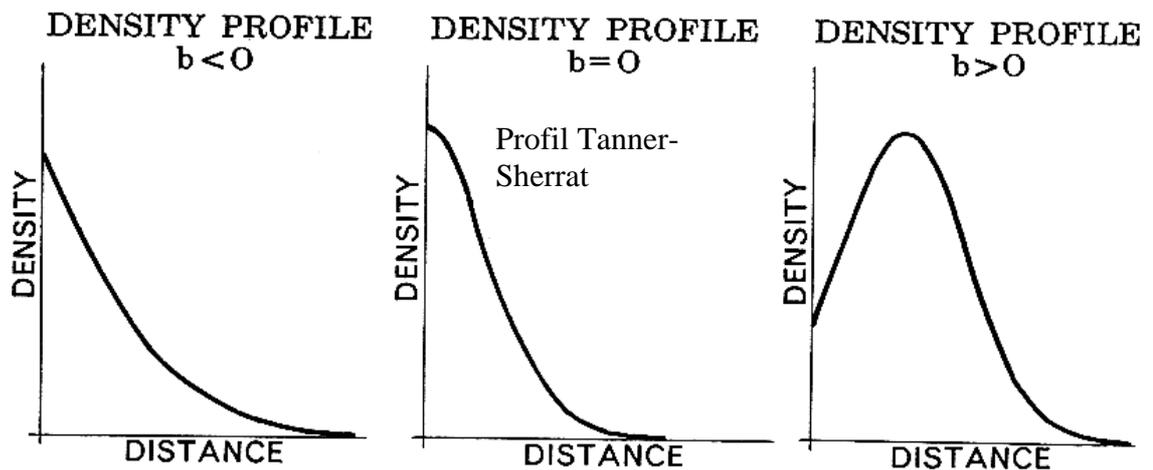
¹⁵ « The spatial variation of population densities », *Geographical Review*, n°59, p. 242-252

Figure 4 : Représentation en 3D du modèle de NEWLING, à cratère de densité



Bien que ce profil en « trou de beigne » soit le plus répandu pour la fonction, il est nécessaire d'observer que le modèle puisse admettre d'autres courbes toutes aussi intéressantes.

Figure 5 : les différents profils de densité de population



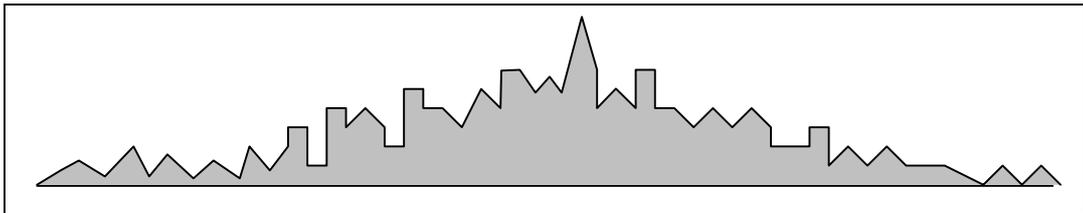
source : NEWLING (1969)

Cette nouvelle formalisation, plus intéressante que les précédentes, permet alors d'intégrer un nouveau profil (le cratère de densité), de retrouver sous certaines conditions un profil proche de celui de CLARK tout en conservant le type urbain identifié par TANNER-SHERRAT (Cf figure 5).

Les profils urbains sont alors dépendants de la valeur prise par le paramètre b :

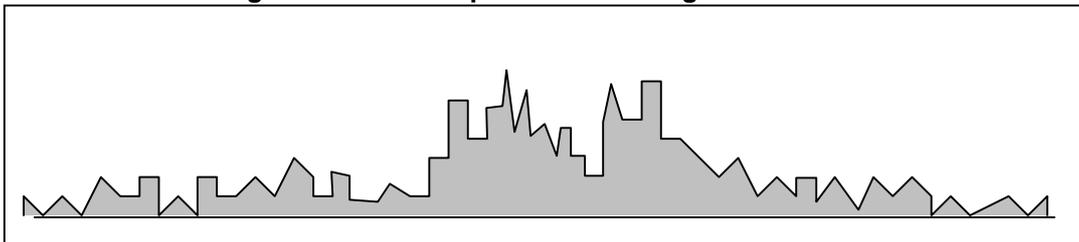
- dans l'hypothèse d'un paramètre négatif, la fonction quadratique prend alors un profil proche de celui de la fonction de CLARK que l'on retrouve dans un grand nombre de villes européennes et américaines. La pente des densités suit une logique pratiquement linéaire. Ces villes sont, encore aujourd'hui, les plus nombreuses. La transition entre le centre ville et la périphérie s'y effectue de manière relativement douce, ce qui produit des villes relativement étendues, avec des densités de population également bien affirmées dans les proches périphéries. Les villes caractérisées par un certain nombre de grands ensembles (type ZUP) en sont une bonne illustration.

Figure 6 : la ville exponentielle négative classique



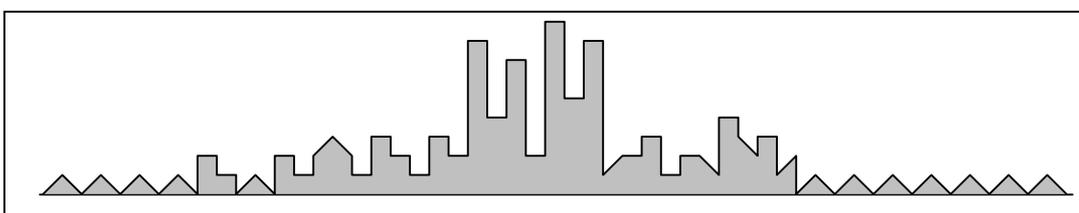
- Un deuxième type repose sur une fonction dont le paramètre b est proche de 0, ce qui produit une courbe équivalente à celle de la fonction de TANNER-SHERRAT. La conséquence morphologique est la production d'une ville aux densités centrales les plus élevées et disposant d'une pente de densité fortement concave. Ainsi, l'agglomération est à la fois concentrée au centre et peu étendue en périphérie. L'émergence d'une ville en hauteur s'en trouve favorisée.

Figure 7 : la ville exponentielle à tangente au centre



- Le troisième type identifié par NEWLING est un cas particulier où les densités centrales ne sont plus les plus importantes. Le paramètre b doit être strictement positif pour qu'apparaisse le cratère de densité : le maximum se déplace alors dans les faubourgs. Le centre, investi par les bureaux, activités commerciales et autres services rejette plus en périphérie la fonction résidentielle. C'est à partir de cette distance (x_0) que commence à décroître la densité selon les mêmes modalités que pour le profil de TANNER-SHERRAT. Cette ville doit généralement être de grande taille, concentrer les services, emplois et bureaux au centre et disposer de faubourgs densément occupés. La périphérie lointaine dispose de ce fait de faibles densités. La grande ville américaine est une bonne illustration de la fonction quadratique à gradient positif.

Figure 8 : la ville exponentielle à cratère de densité



Ainsi le modèle TANNER-SHERRAT apparaît comme un cas particulier de la fonction quadratique et de l'autre côté le profil de CLARK est de fait une approximation du modèle exponentiel quadratique qui permet alors d'ajouter la forme à cratère de densité. Ce phénomène, bien que mis en évidence dès 1969, n'en reste pas moins actuellement avéré dans un certain nombre de grandes métropoles européennes et nord américaines. Cette évolution est ainsi qualifiée de « morphologie en beigne » par L.N.TELLIER¹⁶ (2000) à propos de Montréal ou pour la CUQ (communauté urbaine de Québec).

F.HULBERT¹⁷ (1994) fait ainsi remarquer que les populations ne cessent de décroître au centre de l'agglomération favorisant l'émergence d'un profil de type cratère de densité.

L'annexe I décrit mathématiquement assez précisément le modèle de NEWLING

1.5) Liens entre centre et potentialités d'étalement

En se référant aux expressions (3) et (4) de l'annexe I, on peut en déduire que l'extension des agglomérations, leur étalement et d'une façon générale, la morphologie périphérique paraissent déterminés par la configuration des centres-villes.

Pour appréhender ce lien, il convient tout d'abord de définir précisément la nature des paramètres c et b .

Le gradient c est le plus important et véritablement représentatif de l'extension des agglomérations. Un gradient faible signifiera qu'une ville est largement étendue, dispose d'une aire urbanisée importante, ceci étant mis en évidence par l'expression (5) de l'annexe I. Une diminution de c aura pour conséquence une augmentation du rayon urbanisé, en conséquence un accroissement de l'aire urbanisée. A l'inverse une augmentation du gradient sera synonyme d'une réduction de la surface urbanisée. Le paramètre n'existe que dans le domaine strictement positif sous peine de l'inexistence de la fonction de densité.

Le second gradient b , dont la signification est plus complexe, est l'expression de la configuration de la partie centrale et la forme prise par la pente de la fonction de densité. Trois situations ont été mises en évidence dans le paragraphe précédent.

- Le premier cas est la fonction de densité dont b est nul, cela traduit un plateau central de densité, sans cratère mais fortement concentrée.
- Le deuxième cas repose sur un gradient strictement négatif : la ville est alors de type CLARK, c'est-à-dire sans cratère et disposant d'une pente de densité faiblement concave, à savoir une ville dont les périphéries sont relativement peuplées. Un centre puissant, très réduit en taille, domine un ensemble urbain qui peut être extrêmement étendu.
- Enfin un troisième cas met en évidence une ville à cratère de densité ($b > 0$). Le centre y est affaibli, très étendu avec une inversion des densités de populations. La transition entre le centre et la périphérie y est brutale, et l'extension urbaine sous la forme de densités peu denses.

A présent, au regard des expressions (3) et (4) de l'annexe I, on est en mesure de mettre en évidence des morphologies urbaines en fonction de la configuration centrale des villes-centres.

Les variations du paramètre c autant que celles de b dépendent de l'évolution des facteurs D_0 , x_0 et $D(x_0)$.

Pour les deux les relations sont construites globalement sur le même modèle : un rapport entre des

¹⁶ « Le couple mobilité-immobilité au cœur de l'étalement urbain : le cas montréalais », *Cahiers scientifiques du transport*, n°37, p. 31-58 2000

¹⁷ « L'étalement de l'agglomération de Québec : bilan démographique, rapport de forces et blocage géopolitique », *Cahiers de géographie du Québec*, Vol.38, n°105, p. 284-300

différences de logarithmes et la distance x_0 . Considérons tout d'abord les variations des paramètres de densité. Si la différence entre D_0 et $D(x_0)$ s'affaiblit, il se présente trois cas qui dépendent de la nature du centre ville.

1) la ville est de type CLARK, alors cela signifie que x_0 est négatif, en somme qu'il n'existe pas de cratère, une réduction de la différence des logarithmes aura pour conséquence une augmentation de la valeur absolue des deux paramètres : b est positif et tend à se réduire, c diminue également : théoriquement la ville s'étale. Cependant retenons tout de même que les paramètres D_0 , $D(x_0)$ et x_0 sont fictifs, ce qui nous conduit à des conclusions erronées. En réalité, l'expansion d'une ville de type CLARK, n'est pas ou peu guidée par la structure de son centre historique, ce qui conduit à l'idée que l'étalement urbain de ce type de ville ne dépend que faiblement de la nature du centre.

Le deuxième cas repose sur un gradient b nul, ce qui suppose que x_0 soit nul donc que les expressions (3) et (4) de l'annexe I n'existent pas : tout cela permet d'affirmer là encore qu'il n'existe pas de lien mécanique entre structure du centre et potentialités d'expansion.

Enfin la dernière hypothèse est la ville à cratère de densité : les expressions (3) et (4) de l'annexe I existent et dépendent bien des trois facteurs précités. L'expansion urbaine se traduit par une diminution du paramètre c , ce qui ne peut être envisagé que sous deux conditions :

- Une première est une augmentation de x_0 , c'est-à-dire un accroissement de la taille du cratère, indépendamment de son ampleur (variation des extrema de densité D et $D(x_0)$), la conséquence en terme de surface est alors l'accroissement du domaine urbanisé.
- Une seconde évolution consiste en une diminution de l'ampleur du cratère, en association avec une diminution des densités des faubourgs, ou un accroissement de la densité centrale, autrement dit un comblement du cratère. Les potentialités d'expansion urbaine sont dans ces conditions plus fortes.

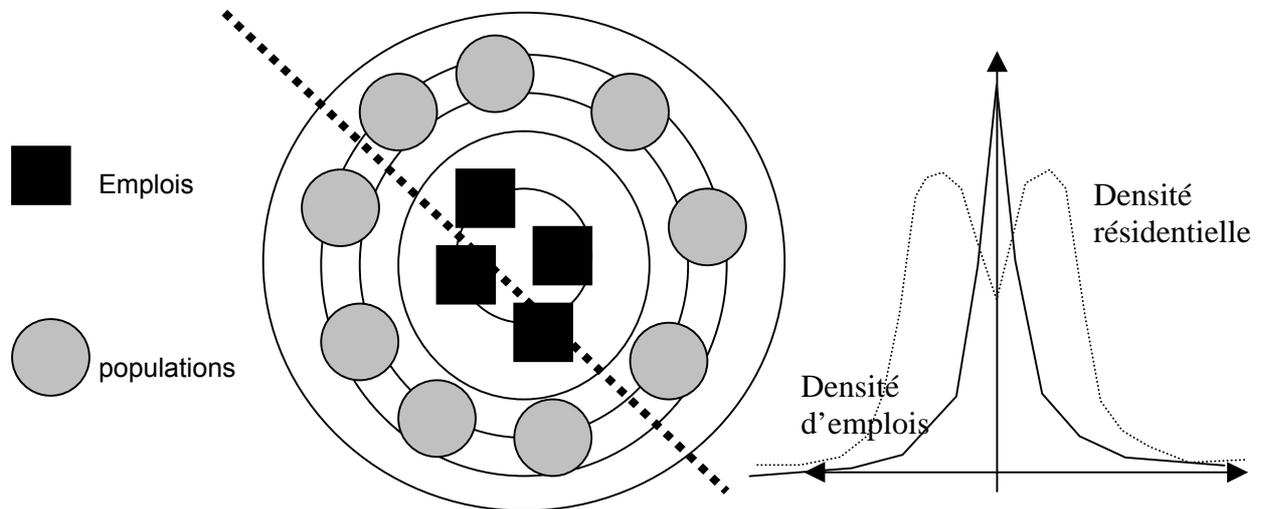
En conséquence, des trois types de villes identifiées par NEWLING, seul l'étalement de la ville à cratère semble dépendre en partie de la configuration centrale : une ville dont le cratère sera plus étendu aura une surface urbanisée plus importante. De même, une ville présentant un cratère moins profond sera d'autant plus étendue.

La question de la ville à densité maximale non centrale n'a du sens que si l'on introduit un raisonnement fondé sur deux variables : la population et l'emploi. En effet, le couple semble indissociable et si la ville à cratère existe, c'est en raison de la dissociation entre lieu de travail et lieu de résidence.

On ne peut ignorer que la ville américaine dispose d'une géographie des emplois tertiaires et des fonctions nobles largement concentrée dans le CBD et que les résidences s'arrangent autour de cet ensemble. En somme, le cratère de densité résidentielle est la conséquence directe d'un usage du sol par les entreprises. L'Europe n'est pas en reste et bon nombre d'exemples peuvent nous en convaincre. Citons tout d'abord le cas de la capitale française caractérisée par un cratère de densité central dû à la présence de nombreux musées (comme par exemple le Louvre) ou d'autres usages (en particulier les immeubles de bureaux). Le cas de Londres est tout à fait similaire avec le développement de la City au cœur du centre ville. En somme, la plupart des villes-capitales européennes évoluent selon une tendance assez proche de la ville américaine. Cela signifie t-il pour autant que des villes plus modestes ne répondent pas à cette logique ? Il ne semble pas que ce soit le cas. Si on observe à l'évidence encore un profil de densité assez exponentiel classique, on ne doit pas écarter le fait que des villes même moyennes sont susceptibles d'accueillir en leur cœur des fonctions administratives et commerciales, ce

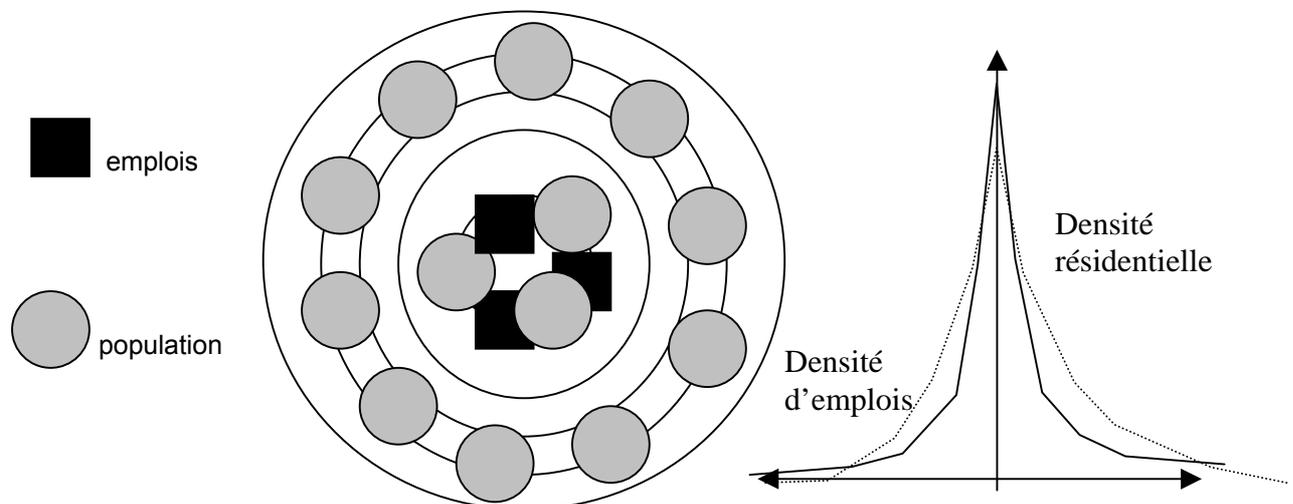
qui produit à terme un cratère de densité. Il existe également quelques cas plus rares de villes à cratère dont l'origine n'est pas liée à l'emploi ; citons Le Creusot occupé au centre par un parc ou encore aux Etats-Unis Central Park.

**Figure 9 : organisation des villes à CBD
(ville américaine)**



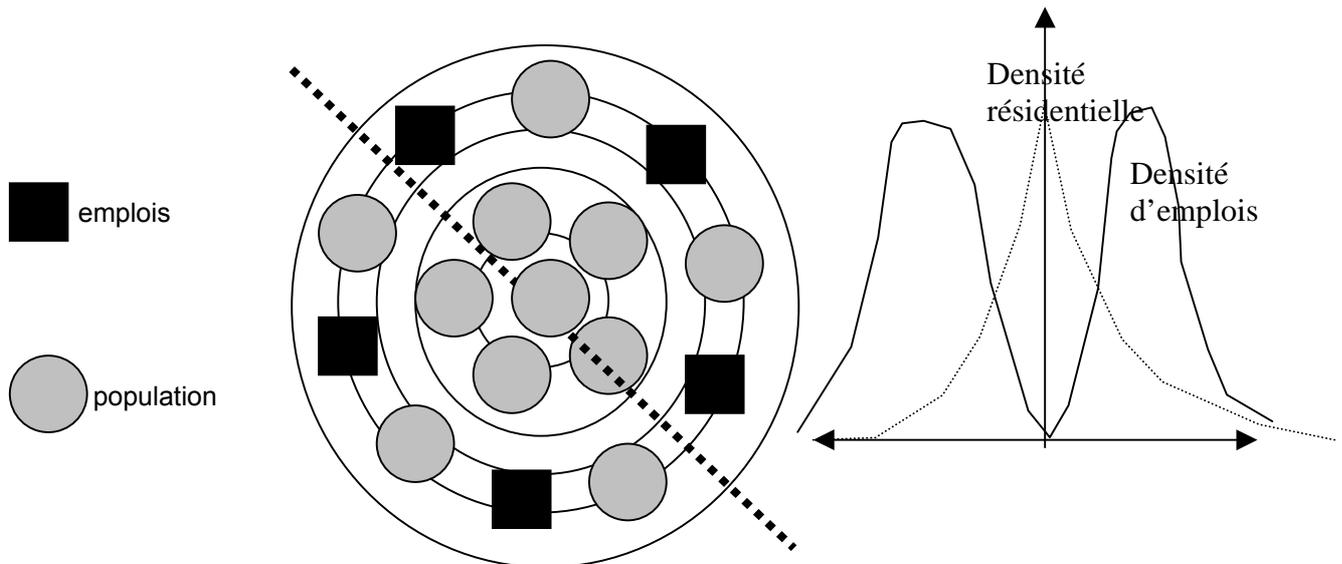
Tous ces exemples sont exposés pour nous montrer que la ville européenne, du point de vue de l'usage du sol n'est pas si éloignée de son homologue américaine. Peut-on dire alors qu'il n'existe qu'un seul modèle d'organisation de la cité où le centre est en quelque sorte un lieu de non occupation résidentielle ? Il ne le semble pas, car les exemples que nous avons fournis ne permettent d'approcher que la structure des plus grandes villes ou des villes moyennes. Les petites villes répondent à une autre logique où le centre reste un lieu de vie résidentiel en même temps qu'un cœur administratif et commercial. On constatera ainsi un certain mélange des fonctions au centre de l'agglomération. A mesure que l'on s'éloigne du point central, les densités de résidences et d'emplois décroissent selon l'exponentielle classique.

**Figure 10 : Organisation des villes mixtes à centre regroupant emplois plus résidences
(villes européennes)**



Enfin, un troisième modèle va associer une concentration de la population au centre et un rejet des activités dans la périphérie. En Europe, ce phénomène est bien connu avec le développement des zones industrielles et des grands centres commerciaux. Même aux Etats-Unis, on observe depuis quelques années une déconcentration de l'emploi dans les banlieues avec le développement des *Edge Cities* où de nouvelles centralités sont en train d'émerger hors du centre historique. La conséquence en terme de densité résidentielle est la réappropriation des zones centrales par les habitants et donc une hausse de la densité selon une courbe assez proche du modèle de CLARK.

**Figure 11 : Organisation des villes à centralités périphériques
(villes américaines à Edge Cities)**



Cette discussion sur l'organisation de la cité fondée sur l'approche par les densités de population nous permet de conclure en disant que le profil quadratique approche un phénomène nouveau par rapport à la logique de CLARK : la structure urbaine où le centre ne représente plus forcément le maximum de densité démographique. Autrement dit, le modèle laisse la possibilité de voir apparaître ici et là de nouveaux pôles de densité c'est-à-dire une organisation polycentrique de la ville.

2) Les modèles polycentriques et sectoriels

Ces modèles, plus complexes, n'envisagent plus comme condition préalable le fait que la ville soit circulaire ou même l'existence d'un centre unique. J.GARREAU (1991) montre l'émergence d'*Edge Cities* en bordure des espaces urbains, véritables noyaux disposant de leur city échappant peu à peu à l'emprise du centre de la métropole la plus proche. Il se crée ainsi une multitude de « micros-villes » à l'intérieur d'une mer urbaine, régie par des sous-centres indépendants les uns des autres qualifiés de subcenters (R.CERVERO¹⁸ 1989). Le cœur de l'aire urbaine perd progressivement ses fonctions qui se déversent dans les multiples noyaux de la périphérie. Ce phénomène s'explique alors par un

¹⁸ *America's Suburban Centres* Boston Unwin Hyman

accroissement des forces dispersives. Pour C.BAUMONT, J.LE GALLO, P.H.DERYCKE et H.JAYET¹⁹ (2000), ces dernières peuvent être par exemple la hausse du coût du foncier ou la diminution des économies d'agglomération. Le nombre de centres dépend de la taille de l'économie et la localisation de ces derniers de la configuration de la ville. Deux constantes sont généralement observées :

- Les centres produisent « un effet d'ombre », à savoir que « l'attractivité exercée par un centre sur les activités productives vide l'espace alentour de ses activités ».
- « Un centre économique existe et perdure s'il est suffisamment attractif et s'il se situe à une distance minimale du ou des autres centres » (BAUMONT, LE GALLO, DERYCKE, JAYET 2000)

2.1) Comment appréhender les villes polycentriques du point de vue des densités de population?

Il existe deux types de modèles : polynucléaires ou polycentriques. C.LACOUR²⁰ distingue le polycentrisme monofonctionnel et polyfonctionnel.

La ville est alors constituée d'un centre historique spécialisé dans les services, spectacles, restaurants, commerces de luxe et bibliothèque. Son influence s'exerce sur l'ensemble de l'espace urbain et même sur toute l'aire métropolitaine ou la région. Un deuxième type de centres peut être constitué d'un campus auquel sont associées des fonctions de hautes technologies et des parcs d'activités. D'autres centres sont spécialisés dans les fonctions commerciales (hypermarchés) et autres fonctions nécessitant une bonne accessibilité. Ce type de modèle se caractérise par une complémentarité entre les différents centres. Les logiques d'entreprises et d'acteurs locaux y jouent un rôle majeur. Los Angeles est le prototype de la ville polycentrique. P.GORDON, H.W.RICHARDSON et H.L.WONG²¹ (1996) montrent l'extrême dispersion des activités au sein de la ville, en analysant la répartition spatiale des centres secondaires (subcenters) à tel point que certains auteurs parlent « d'archipel dans une mer urbaine » (GUILIANO et SMALL 1992).

Dans ce contexte, la première difficulté, lorsque l'on cherche à modéliser les densités de population, est la détermination du centre principal, noyé dans un amas de densités relativement uniformes. S.BERROIR note que « le plus souvent, le centre est défini *a priori*, en référence à des études locales antérieurement réalisées dans les villes concernées ». Néanmoins quelques auteurs comme WADDELL, BERRY et HOCH (1993) ont comparé des gradients à partir de nœuds d'infrastructures, centres commerciaux ou autres grands équipements dans le but d'établir l'emplacement du centre urbain.

Dans ce type de modèle la ville ne peut plus se résumer à un simple tracé allant du centre à la périphérie du fait de l'existence de centres secondaires non alignés. On doit, dans ces conditions, l'envisager en tant que surface, ce qui implique l'utilisation de deux variables. On définit alors un plan spatial de densités et non une fonction de densité. WANG et ZHOU (1999) en donne une expression générale de la forme :

$$D = f(x, y) \quad (13)$$

Où D représente la densité surfacique, x la latitude et y la longitude. $f(x,y)$ peut être une régression multiple ou une fonction polynomiale de x et de y .

¹⁹ « Les nouvelles centralités urbaines », *Economie géographique*, C.BAUMONT et P.P.COMBES Economica p. 211-239

²⁰ « Forme et formalisations urbaines », *Penser la ville théories et modèles* ed Anthropos pp259-301

Une autre façon d'appréhender les modèles polycentriques est de considérer la densité en fonction des distances aux centres. BAUMONT distingue trois cas :

1) Les centres se comportent comme de véritable substituts. Seuls les centres dominants sont alors retenus et les individus ne fréquentent que le centre le plus proche. La densité polycentrique s'exprime par la relation suivante :

$$D_m = \text{Max}_{n=1}^N [f_n(d_{mn})] \quad (14)$$

où D_m est la fonction globale de densité, $n=1$ le premier centre et N le dernier, f_n la fonction individuelle de densité et d_{mn} la distance du point M au centre n

2) Une autre possibilité est de considérer qu'il existe une certaine complémentarité entre les centres et que par conséquent tous sont fréquentés, on doit alors utiliser la relation suivante :

$$D_m = \prod_{n=1}^N [f_n(d_{mn})] \quad (15)$$

où Π est le produit de l'ensemble des fonctions individuelles de densité

3) La troisième possibilité est d'associer substituabilité et complémentarité. On identifie alors un centre dominant (généralement le CBD) et des centres secondaires (subcenters). La relation (15) est remplacée par une somme :

$$D_m = \sum_{i=1}^N f_n(d_{mn}) \quad (16)$$

En utilisant le modèle de CLARK comme fonction individuelle de densité, A. ANAS et R. ARNOTT²² (1998) obtiennent ainsi la relation suivante :

$$D_m = \sum_{n=1}^N A_n e^{-\gamma_n x_{mn}} \quad (17)$$

D_m est la densité en m , x_{mn} la distance de m au centre n et A , A_n et γ_n sont des coefficients à estimer.

Ce choix a également été celui de S. SONG²³ (1994) pour l'agglomération de Los Angeles ou J.F. Mc DONALD et P. PRATHER²⁴ (1993) pour Chicago

4) Enfin une dernière possibilité est d'envisager une configuration entièrement dispersée ; on généralise alors le modèle polycentrique à une infinité de centres selon la relation :

$$D_i = e^{\alpha_1} A_i^{\alpha_2} e^{\varepsilon_i} \text{ avec } A_i = \frac{\sum_j E_j e^{-\alpha d_{ij}}}{\sum_j E_j} \quad (18)$$

où D_i est la densité en i , A_i l'indice d'accessibilité en i , ε_i le terme d'erreur, α_1 et α_2 des paramètres à estimer, α la résistance de séparation spatiale et $\sum_j E_j = E$ l'emploi total de la zone urbaine

Pour BAUMONT, cette fonction ne doit être employée que dans la négation du modèle monocentrique et lorsque les subcenters ne concentrent pas la totalité des emplois. Ces conditions sont parfaitement remplies à Los Angeles où seuls 32% de l'emploi se concentrent dans les 32 centres de la ville. SONG montre alors que le coefficient de détermination de la régression multiple avec un α déterminé conduit à

²¹ « Beyond polycentricity the dispersed metropolis Los Angeles 1970-1990 », *Journal of the American Planning*, Vol. 62, n°3, p. 161-173

²² « Urban spatial Structure », *Journal of Economics Literature*, p.1426-1464

²³ « Modelling worker residence distribution in the Los Angeles Region », *Urban Studies*, Vol. 31, p. 1533-1544

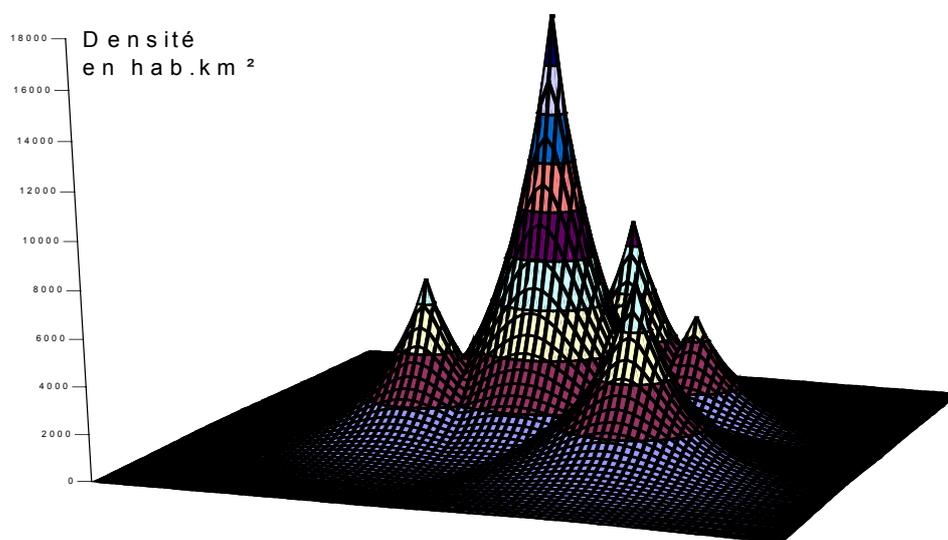
²⁴ « Suburban Employment Centres : the case of Chicago », *Urban Studies*, Vol. 31, n°2, p. 201-218

des valeurs de l'ordre de 0.556 ou 0.557, nettement au-delà de ce que le modèle concentrique donnait (0.386). Bien évidemment toutes les villes ne sont pas construites sur le même modèle que Los Angeles qui est en quelque sorte un cas limite.

Une autre façon d'aborder le modèle polycentrique est de raisonner en fonction de la distance au CBD mais en analysant la densité suivant différentes directions. On parvient à percevoir les différents pics sans manipuler des fonctions multilinéaires

Une représentation en 3 dimensions de ce type de modèle pourrait nous donner ceci :

Figure 12 : modèle polycentrique simulé en 3D



2.2) le cas d'école de Tokyo

Plutôt que de considérer une décroissance de la densité selon un gradient fonction de la distance au centre, certains auteurs ont privilégié l'usage d'un modèle plus complexe ne faisant pas intervenir de « loi exponentielle ». C'est le cas de XIAO PING ZHENG²⁵ qui s'est appuyé sur les études de J.E.ANDERSON²⁶ (1985) portant sur une fonction de type polynomiale. La relation entre densité et distance perd sa forme exponentielle au profit d'un profil unique.

L'expression adopte une forme de type polynomiale de degré trois. ANDERSON la qualifie de « Cubic Spline function » nécessitant l'analyse de déterminants spatiaux largement étudiés par de nombreux auteurs : MUTH²⁷ (1969), MILLS (1972), JOHNSON et KAU²⁸ (1980), ALPEROVICH²⁹ (1983) et LAHIRI et NUMRICH³⁰ (1983).

²⁵ « Metropolitan Spatial Structure and its determinants A case study of Tokyo », *Urban Studies*, Vol. 28, n°1, p. 87-104

²⁶ « The changing structure of a city temporal changes in cubic spline urban density patterns », *Journal of Regional Science*, n°25

²⁷ *Cities and housing* Chicago University of Chicago Press

Ces derniers sont les mêmes que pour la fonction de densité classique, à savoir l'augmentation des revenus qui entraîne, selon MUTH, « un accroissement de la quantité de logements pourvus que les effets de cet accroissement ne l'emporte pas sur les effets de l'accroissement du coût de transport. La demande de logements s'accroît plus en périphérie que vers le centre ». Il montre également que les revenus les plus élevés se situent dans les zones de fortes densités.

On perçoit un autre déterminant : l'âge des constructions. L'histoire agit bien évidemment sur le plan et sur le prix des terrains. La réduction des coûts de transports, et en particulier le développement de l'utilisation de l'automobile, influe de même sur le gradient de densité. Enfin la croissance de la population entraîne un accroissement de la demande ainsi qu'une augmentation du prix des terrains. Tous ces éléments permettent de déterminer les paramètres de la « Cubic Spline Function ». Le principe de calcul repose sur l'hypothèse de l'existence d'un centre principal. Il est possible de déterminer pour tout point B de l'espace urbain la distance OB le séparant du centre O. L'estimation Cubic-spline « en premier divise la distance OB en plusieurs segments d'égale longueur ». La fonction généralisée peut s'exprimer selon l'expression (19).

D_t est la densité de population au lieu t, X_t est la distance entre le lieu t et le centre, X_i sont les nœuds divisant $[X_0, X_B]$ en n segments ; a, b, c et d_i sont des paramètres à estimer, u_t et un terme de perturbation et enfin Y_i est une variable binaire définie de la façon suivante :

Si $X_t > X_i$ alors $Y_i = 1$

Ou autrement $Y_i = 0$

$$D_t = a + b(X_t - X_0) + c(X_t - X_0)^2 + d_1(X_t - X_0)^3 + \sum_{i=1}^{n-1} (d_{i+1} - d_i) (X_t - X_0)^3 Y_i + u_t \quad (19)$$

(19) se présente donc comme une régression multiple de $n + 3$ paramètres (a, b, c, d_1 et $d_{i+1} - d_i$). A partir de cela, il est possible d'envisager une fonction moyenne pour l'ensemble de l'espace et également de diviser l'aire urbaine en secteur ayant chacun une fonction de densité spécifique.

Sur cette base théorique, particulièrement bien adaptée aux agglomérations polycentriques, XIAO PING ZHENG (1991) a pu mettre en évidence l'impact des voies ferrées sur les densités de population. Par ce calcul statistique, l'auteur estime une fonction de densité moyenne pour l'ensemble de l'aire métropolitaine. Dans un deuxième temps, il détermine des régions axiales regroupant des communes situées le long de voies ferrées. Il dégage ainsi quatre axes, et évalue pour chacun d'entre eux la fonction de densité suivant le même principe que pour la totalité de l'espace urbain.

Ces résultats montrent qu'il existe un effet axial évident déformant les densités de population. La courbe générale (totalité de l'espace de Tokyo) dessine un profil où la densité centrale inférieure à une densité qui dans les agglomérations européennes serait qualifiée de périphérique. Ainsi, un maximum apparaît vers 8-9 km du centre puis la densité décroît régulièrement selon un gradient non-constant en direction de la périphérie. En somme l'espace urbain offre clairement un visage de cratère dont nous avons pu discuter dans un paragraphe précédent. Le profil urbain moyen aurait pu être par conséquent réduit à une fonction assez classique de type quadratique gamma (modèle (10)) à cratère de densité. Le cas de

²⁸ « Urban spatial structure : an analysis with a varying coefficient model », *Journal of Urban Economics*, n°7, p. 141-154

²⁹ « Determinants of urban population density functions », *Regional Science and Urban Economics*, n°13, p. 287-295

³⁰ « An economic study on the dynamics of urban spatial structure », *Journal of Urban Economics*, n°14 p. 55-79

Tokyo est de ce point de vue remarquable, car la ville présente la forme extrême de ce type d'évolution dans lequel le centre est pratiquement entièrement vidé de ses populations, ce qui produit une couronne de forte densité vers 9 km. L'évolution tend à renforcer cette « périphérisation » des populations mais sous une autre forme. Le cratère de densité central s'intensifie, à cela s'ajoute un phénomène de saturation de la couronne des fortes densités. Les individus choisissent alors une localisation plus lointaine et moins ponctuelle, puisque c'est l'ensemble de la partie la plus périphérique qui croît à la même vitesse. Dans ce contexte métropolitain de très grande envergure, la localisation des ménages semble indépendante de la distance au centre.

Figure 13 : le profil global de densité de l'agglomération de Tokyo

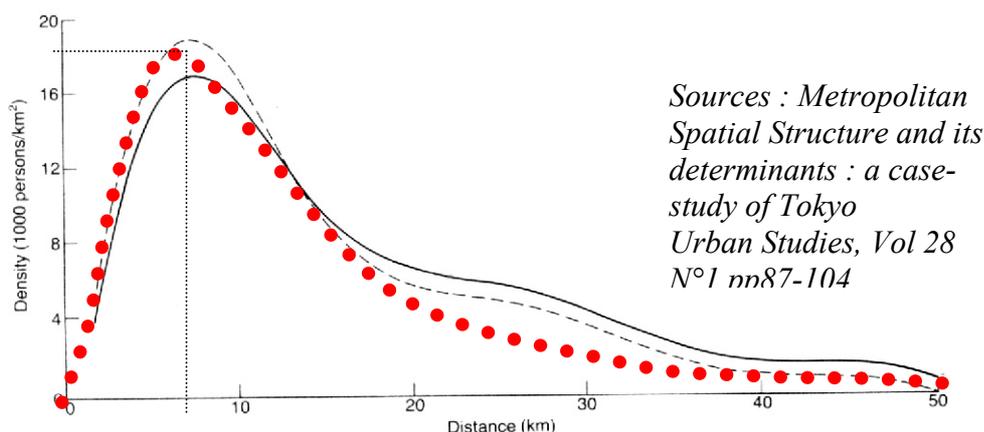


Figure 2. The overall density functions: (---) 1975; (—) 1985.

L'agglomération de Tokyo, dans son ensemble, est donc un cas d'école et la courbe en point épais peut éventuellement remplacer le modèle de l'auteur même si l'ajustement en périphérie lointaine semble quelque peu hasardeux.

L'intérêt de « la cubic spline » est autre, puisque l'étude cherche à analyser les variations de densité en fonction des secteurs de circulation. C'est ce que l'auteur a pu montrer dans la suite de l'étude qui envisage de grands changements dans la structure urbaine. Le secteur ouest (Chuo Line Region) n'est pas fondamentalement éloigné de la forme globale, puisque là encore apparaît une logique de type centre-périphérie à cratère très marqué, et les évolutions temporelles s'effectuent selon des logiques semblables en tous points semblable au modèle générique.

Plus intéressante est la structure des deux régions nord et est où, en revanche, se dégagent d'autres tendances. Les districts de la ligne nord (Takasaki) présentent une forme originale à deux sommets. Le cratère de densité est toujours présent dans la partie centrale ainsi que le pic situé aux alentours de 9-10km. Au-delà de cette limite la densité décroît plus rapidement et laisse apparaître autour de 21 km un creux après lequel la densité croît à nouveau pour finalement atteindre un deuxième maximum à 36 km. La courbe tend ensuite vers 0. Cette région se caractérise ainsi par une structure de type bicéphale. L'évolution entre 1975 et 1985 montre un accroissement périphérique par une décroissance des parties centrales semblable à la logique globale de Tokyo (à savoir creusement du cratère et affaissement du pic de densité des 10 km) et comblement des fossés périphériques (augmentation des populations importante vers 21-22 km et croissance plus faible du second pic de densité).

Figure 14 : Les densités de population de deux grandes directions de l'agglomération de Tokyo

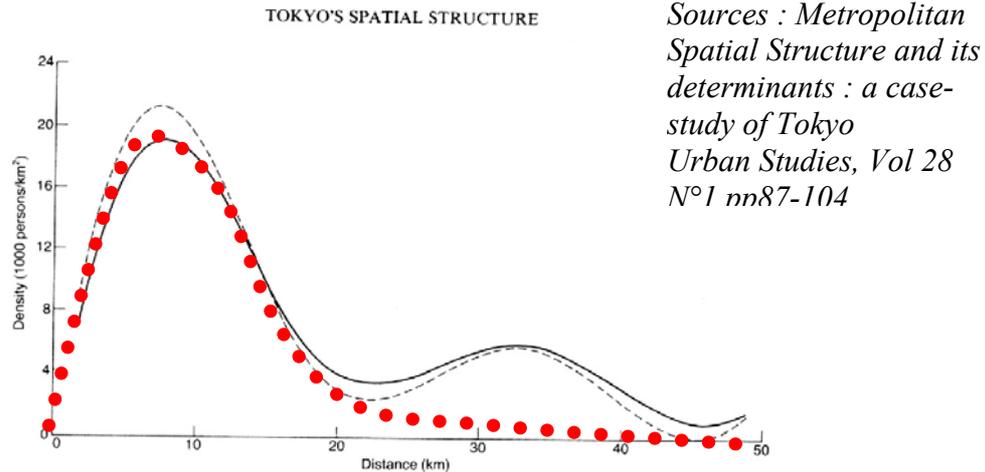
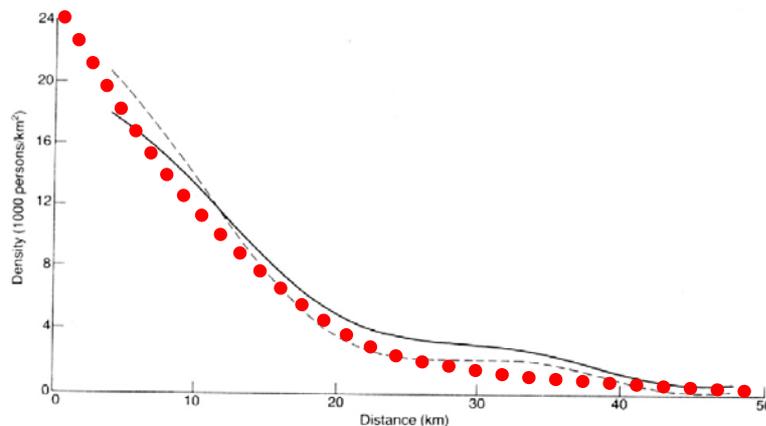


Figure 4. Density functions of Takasaki Line Region: (---) 1975; (—) 1985.



Enfin, le troisième secteur de circulation est nettement plus classique, bien qu'il soit fondamentalement différents de la logique globale. « Joban Line Region » présente un aspect sans cratère et à gradient centre-périphérie ; c'est-à-dire une logique de type CLARK. L'évolution 1975-1985 marque un renversement des densités de population dans lequel le pic central s'affaiblit pour laisser croître un très large espace à partir de 10 km du centre.

On le voit bien, l'agglomération de Tokyo est complexe, pouvant osciller selon trois logiques, en fonction des secteurs de circulation. Il est bien évident qu'un modèle simple de type exponentiel négatif n'aurait pas suffi à modéliser les densités de population par secteur.

2.3) D'autres exemples : Dallas, Austin, Phoenix et Atlanta

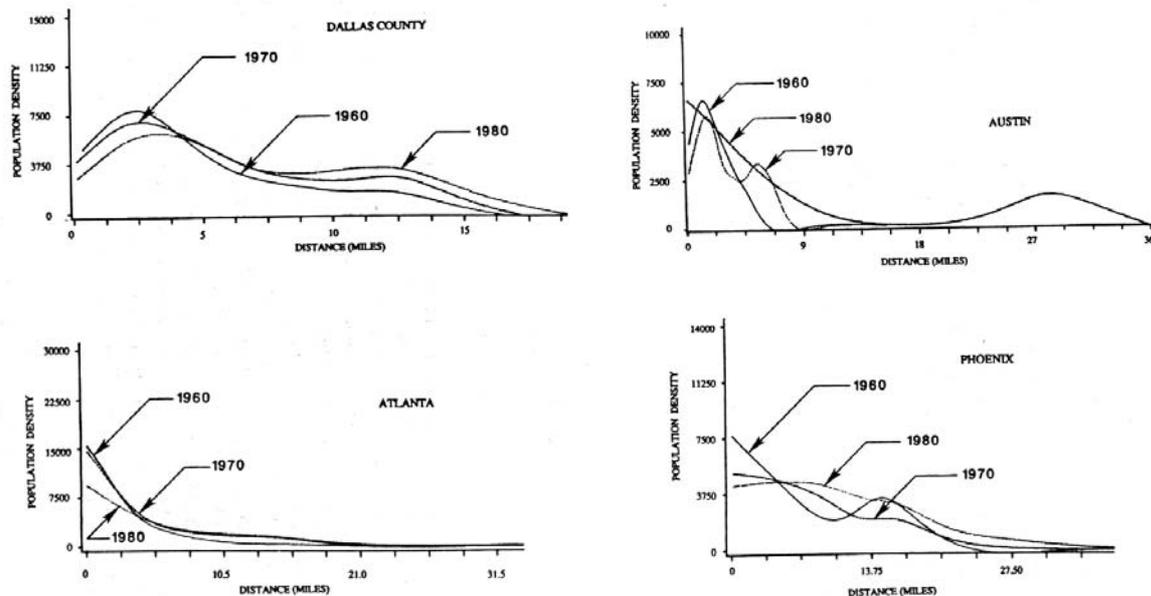
L'étude de l'agglomération de Tokyo montre que le modèle polycentrique n'est pas un cas exceptionnel et, qu'au contraire, semble se développer une tendance favorable à l'émergence de formes à pics péricentriques ou périphériques. Les villes américaines participent-elles à ce phénomène ? L'étude de S.HANI, M.MAHAMASSANI, HADI BAJJ et CHEE CHUNG TONG³¹ tend à le confirmer.

³¹ « Characterization and evolution of spatial density patterns in urban areas », *Transportation*, n°15, p. 233-256 1988

Pour appréhender ce phénomène, les auteurs ont fait le même choix d'ajustement que XIAO PING ZHENG, en utilisant la « cubic spline function » (19). Là encore, les résultats permettent de comprendre un peu mieux des modèles urbains assez complexes.

C'est à travers les villes d'Austin, Dallas, Phoenix et Atlanta qu'est analysée la ville polycentrique et son évolution.

Figure 15 : Les profils de densité de quelques grandes métropoles US



Le premier cas est celui d'Atlanta qui présente une structure simple de type exponentielle négative : il s'agit en quelque sorte de la ville témoin de l'étude. L'évolution urbaine conduit à une décroissance progressive des densités centrales, et d'une manière générale de l'ensemble de la fonction des densités.

Le cas de Phoenix paraît plus intéressant. Il laisse apparaître une organisation actuelle plutôt de type NEWLING, c'est-à-dire à cratère de densité faiblement marqué, mais dont l'évolution semble plus atypique. La structure d'origine était *a priori* plus complexe, où pouvait s'observer une organisation sans cratère et à pic périphérique. Mais le pic s'est ensuite affaibli et les densités centrales également, donnant ce profil plus classique.

Austin est une ville double où deux pics sont clairement mis en évidence. Si le centre conserve le pic maximal, une couronne à 27 miles semble tout de même s'imposer, et ce, depuis les années 60.

Enfin le dernier cas, celui de Dallas, est le plus caractéristique des structures polycentriques. Le centre semble répulsif (tout comme Tokyo nous l'avait montré), ce qui donne ce profil à cratère central. *Contrairement*, il existe deux pics périphériques pratiquement équivalents ; le pic le plus proche du centre ville reste le plus élevé en 1960, puis la « périphérisation » des populations entraîne une décroissance très importante jusqu'à la période la plus récente (1980) où le second pic, en une croissance, rivalise avec le péricentre.

La plupart des théories portant sur les densités de population sont construites à partir des modèles urbains simples : ville de type CLARK, ville à cratère (NEWLING) ou profil de type quadratique gamma. Néanmoins, la réalité montre très clairement que peuvent émerger des villes polycentriques, plus complexes.

Si bien que les théories des densités, bien que simplifiant grandement le réel, aboutissent pourtant à des formalisations souvent complexes. Si l'on peut envisager des formalisations de type « cubic spline » ou régression multiple pour le synchronique, il semble difficile de conserver un tel niveau de complexité pour des études dynamiques. Les théories évolutives et comparatives utilisent plus volontiers des modèles simples applicables à la plupart des villes, ce qui explique que la relation de CLARK ait été la première à être testée au niveau mondial.

3) Variation des densités dans le temps et l'espace

Depuis les années 60 (formulation des théories maîtresses de l'économie urbaine), de nombreuses études comparatives portant sur les densités de population ont permis de dégager des logiques d'ensemble. On a pu montrer qu'il existait une forte similitude dans la répartition des densités de population dans des villes certes différentes, mais faisant partie d'un même pays. Les études de MUTH³²(1961) furent parmi les premières à comparer des échantillons de villes, et à vérifier ainsi la relation classique de CLARK. Par la suite, E.S.MILLS³³ (1970) a pu réaliser le même type de travail, mais d'un point de vue évolutif (étude portant sur les 18 plus grandes agglomérations des USA entre 1963 et 1968). D'autres analyses plus larges ont permis de réaliser des comparaisons entre deux pays (B.EDMONSTON, M.A.GOLDBERG et J.MERCER³⁴ 1984) ou entre ensembles géographiques très variés (E.S.MILLS et JEE PENG TAN³⁵ 1980). Enfin quelques études ponctuelles, plus récentes, ont levé le voile sur des espaces urbains moins connus (en particulier les travaux sur les densités de population de quelques grandes agglomérations d'Asie du Sud Est) : Citons les travaux de WANG³⁶ (1999) sur Pékin ou ceux de XIAO – PING ZHENG³⁷ (1991) sur Tokyo.

3.1) Les densités dans l'espace

3.1.1) Les villes des pays développés

Si les travaux de B.EDMONSTON, M.A.GOLBERG et de J.MERCER ont déjà pu montrer une certaine diversité au sein d'un ensemble urbain relativement homogène, les Etats-Unis, on est en droit de poser la question pour les villes européennes ou asiatiques.

MILLS³⁸ (1980) a observé que les valeurs de γ variaient, bien entendu, énormément entre les différentes villes des pays développés, y compris à l'échelle des régions. En Europe, il semble que le gradient soit plus fort, en raison de la plus grande compacité des villes (morphologie ancienne), même si quelques

³² « The spatial structure of the housing market », *PRSA*, n°7 p. 207-220

³³ « Urban density functions », *Urban Studies*, n°7 p. 5 - 20

³⁴ « Urban Form in Canada and the United States : an Examination of Urban Density Gradients », *Urban Studies*; n°22, p. 209-217

³⁵ « A Comparison of Urban Population Density Functions in Developed and Developing Countries », *Urban Studies*, n°17, p. 313 -321

³⁶ « Modelling Urban Population Densities in Beijing 1982-90 : suburbanisation and its causes », *Urban Studies*, Vol. 36, n°2 p. 271 - 287

³⁷ « Metropolitan Spatial Structure and its Determinants : a case – study of Tokyo », *Urban Studies*, Vol. 28, n°1, p. 87 -104

³⁸ « A comparison of Urban Population Density Functions in Developed and Developing Countries », *Urban Studies*, n°17 p. 313-321

agglomérations de très grande taille font figure d'exception comme Londres (0.09 en 1961). Il est remarquable de constater alors que les villes des Iles britanniques semblent en quelque sorte en avance sur le continent, puisque les gradients y ont décliné bien avant les métropoles continentales. Ainsi, si Londres disposait d'un gradient de 0.23 en 1901, Paris était encore à 0.5. Ne disposant pas de données plus récentes et complètes pour le continent européen, il est difficile d'établir des comparaisons entre les autres pays développés, mais également avec les Etats-Unis. Deux pays peuvent toutefois être comparés aux villes du continent américain : le Japon et, plus difficilement, l'Australie. Les statistiques nous montrent alors une certaine ressemblance entre les métropoles australiennes et américaines : le gradient de densité est très voisin pour des dates relativement semblables. Ainsi la moyenne de Melbourne et Sydney laisse apparaître des gradients de l'ordre de 0.2 entre 1950 et 1960, ce qui correspond approximativement à la moyenne proposée par MILLS (calculée à partir de 22 métropoles) de 0.199 aux Etats-Unis. Pour une date proche, on dispose également de la valeur prise par la moyenne des gradients des 22 métropoles nippones en 1965 fixée à 0.457. On le voit bien, il semble exister au sein des pays développés une certaine exception asiatique, que nous avons pu déjà observer à propos de Tokyo pour une date beaucoup plus récente. On peut, supposer, au regard de la structure du réseau urbain européen ou nippon que les gradients de densité moyens par région seraient largement dépendants de la présence de grandes agglomérations, ce qui en France, aurait par exemple comme conséquence, de faibles gradients dans la région Rhône-Alpes ou parisienne et, au contraire, de forts gradients dans la région Limousin, même s'il ne s'agit là que d'hypothèses que nous ne pouvons vérifier.

3.1.2) Les villes en voie de développement

La comparaison globale des villes de ces Etats avec celles des pays développés semble difficile, tant il existe de morphologies urbaines différentes. MILLS a pu montrer que le gradient de densité suivait cette logique. Il nous suffit de comparer γ pour l'année 1960 dans différents pays pour nous en convaincre.

	Inde	Brésil	Japon	Mexique	Korée	USA
γ années 1960	0.652	0.171	0.457	0.335	0.701	0.199

Sources BRUSH (1968), INGRAM & CARROLL, MILLS (1976, 1979)

Il ne s'agit que d'une année et les échantillons ne sont pas équivalents. Néanmoins, ces chiffres montrent bien la grande diversité des profils de densité urbaine des pays du Tiers Monde. Si les villes indiennes sont extrêmement concentrées, les villes brésiliennes ressemblent d'avantage à celles des Etats-Unis.

Ces villes sont-elles des exceptions dans les pays en voie de développement ou observe-t-on le même phénomène pour l'ensemble de l'Amérique Latine ? Les études de G.K. INGRAM et A. CARROLL³⁹ (1981) apportent une réponse à cette question en établissant un profil de la structure urbaine sud-américaine. Le calcul de la moyenne des paramètres de la fonction de densité de 10 villes sud-américaines nous éclaire. Ainsi, γ prend la valeur moyenne de 0.187 en 1970 pour les 10 villes latines contre 0.114 aux Etats-Unis. Par contre D est de 24 340 en Amérique du Sud contre 10 066 aux Etats-Unis. Il semble alors que les

³⁹ « Symposium on urbanization and development The Spatial Structure of Latin American Cities », *Journal of Urban Economics*, n°9, p. 257-273

villes sud-américaines aient une décroissance de la densité aussi rapide qu'aux Etats-Unis, mais qu'elles soient sensiblement plus peuplées au centre.

3.2) L'évolution des densités de population dans le temps

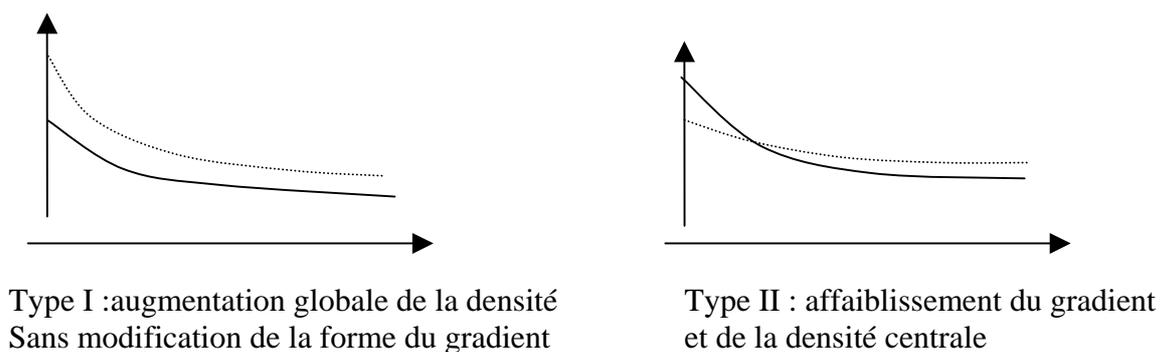
3.2.1) Analyse de l'évolution des densités urbaines

Si la plupart des fonctions de densité sont approchées de manière statique, quelques auteurs se sont intéressés à la dynamique de la densité dans les villes. NEWLING⁴⁰ (1969) est un des premiers à avoir étudié les processus évolutifs en établissant un pont entre transformations urbaines et évolution du gradient. Il distingue deux ou trois phases dans la dynamique des densités. La première phase fait croître la densité centrale, en raison des avantages de localisation dans le centre de la cité, et est suivie d'une seconde période, dite de « maturité », au cours de laquelle la densité de population diminue au centre (en raison de la concurrence jouant en faveur des entreprises). Si cette concurrence s'accroît, le cratère des densités s'amplifie et le gradient diminue. Il s'opère alors un phénomène d'étalement urbain. L'auteur montre également qu'il existe une densité critique (ce qui signifie que la densité augmente tant que ce seuil n'est pas atteint). NEWLING prouve que la valeur de la densité critique décroît avec le temps. En 1970, BERRY et HORTON⁴¹ formalisent simplement l'évolution. Le gradient n'est alors plus une constante, mais une fonction du temps.

$$\gamma_t = \gamma_0 e^{-\alpha t} \quad (20)$$

Les travaux de CASETTI⁴² (1973), se basant sur les études de NEWLING, ont permis de mettre en évidence des typologies évolutives .

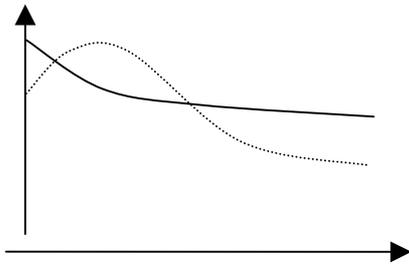
Figure 16 : Les profils évolutifs de la densité



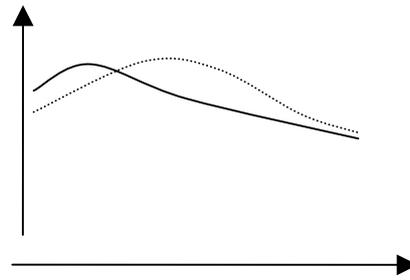
⁴⁰ « The spatial variation of urban population densities », *Geographical Review*, n°59 p. 242-252

⁴¹ *Geographic perspectives on urban systems with integrated readings*, Englewood Cliffs, New Jersey : Prentice Hall Inc.

⁴² « Testing for spatial-temporal trends : an application to urban population density trends using the expansion method », *The Canadian Geographer*, p. 127-137



Type III : apparition d'un cratère de densité



Type IV : élargissement du cratère de densité

Sources : CASSETTI 1973 (in S.BERROIR⁴³)

On peut également citer d'autres tentatives plus récentes de formalisations temporelles comme celles de S.JORDAN, J.P.ROSS et K.G.USOWSKI⁴⁴ (1998) portant sur 72 métropoles américaines. La fonction de densité est semblable à celle de CLARK mais les auteurs introduisent une dimension temporelle par l'intermédiaire de gradients et de densités centrales liées au temps.

$$D_{i,t} = D_t^0 e^{-\gamma_t r_i + \varepsilon_{i,t}} \quad (21)$$

$D_{i,t}$ est la densité à une distance i , à une date t , γ_t le gradient de densité à une date t , r_i la distance entre le centre 0 et le point i , D_t^0 la densité au centre et $\varepsilon_{i,t}$ le terme d'erreur à une date t .

Cependant, cette fonction s'apparente à une fonction de CLARK, mais dont on évalue le gradient et la densité au centre pour une date t .

Plus complexe est enfin la modélisation de D.PUMAIN, T.SAINT JULIEN et L.SANDERS⁴⁵ (1989) de la dynamique des villes. L'évolution urbaine est formalisée par un système d'équations différentielles dans lequel la densité est un paramètre (toute modification interne de la ville entraîne des effets de concentration ou de saturation de l'espace). Cette approche s'intéresse davantage à l'organisation intra-urbaine qu'à l'influence externe. L'évolution de l'espace urbain est ainsi directement lié à la ville elle-même : les éléments interagissent. FORRESTER (1961-69), ALLEN et SANGLIER (1978) et WILSON sont à l'origine des travaux du groupe PARIS. FORRESTER a montré que l'organisation de la ville était décrite par des sous systèmes composés de boucles de rétroaction menant à des trajectoires urbaines plus ou moins variables (certains modèles pouvant même conduire à des évolutions non déterministes : systèmes chaotiques).

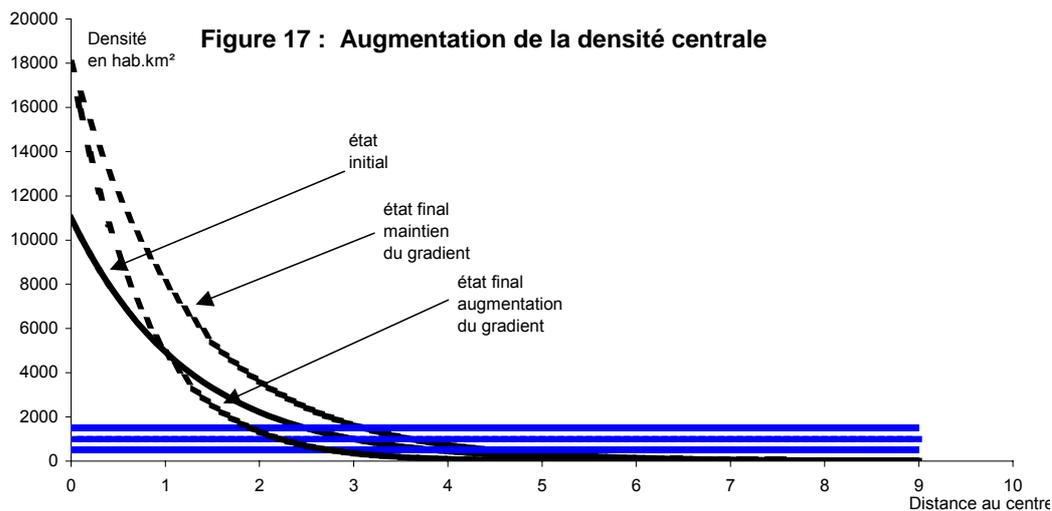
3.2.2) Augmentation de la densité centrale

Dans l'éventualité de l'augmentation de la densité centrale, on est en mesure d'analyser la rupture urbain/rural. Nous pouvons alors dégager une multitude de situations.

⁴³ « L'espace des densités dans la ville : théories et modélisations », *l'espace géographique*, n°4, p. 353-368, 1996

⁴⁴ « Suburbanisation in the 1980's », *Regional Science and Urban Economics*, Vol. 28, n°5, p. 611-629

⁴⁵ *Villes et auto-organisation*, Paris : Economica



Dans le premier cas, nous considérerons que la densité rurale reste constante (trait bleu plein). Deux situations peuvent alors être envisageables :

- soit le gradient de densité reste constant avec le temps, et seule ne progresse que la densité centrale. Il s'agit des situations typiques de la période pré-industrielle quand le centre historique se constitue par densification progressive du noyau et élargissement des espaces urbanisés. La progression de la densité centrale entraîne mécaniquement une concrétion de la périphérie sans variation du gradient,
- soit le gradient décroît en même temps que la densité centrale progresse, alors la limite entre le rural et l'urbain a tendance à s'éloigner rapidement du centre. A la croissance "normale" de la surface comme conséquence de la densité centrale s'ajoute une progression due au gradient. La ville s'élargit beaucoup plus vite. Historiquement, on pourrait rapprocher cela d'une situation où se construisent de grands faubourgs en dehors des remparts.
- soit le gradient augmente. Ce cas est extrêmement rare actuellement et n'a pu être observé que durant les premiers temps de la croissance de la cité. La ville subit des menaces externes qui nécessitent que les populations se rassemblent à l'intérieur des remparts (valable jusqu'au XIX^{ième} siècle en Europe). On observe une augmentation de la population sans que l'on puisse percevoir de concrétion en périphérie. La limite entre l'urbain et le rural tend à se rapprocher du centre de la ville.

Dans un deuxième temps, nous allons faire varier la densité rurale afin d'examiner les conséquences en terme de rupture. Pour envisager les différents cas, nous ne retiendrons dans les situations précédentes que celles où la densité centrale progresse et où le gradient reste constant.

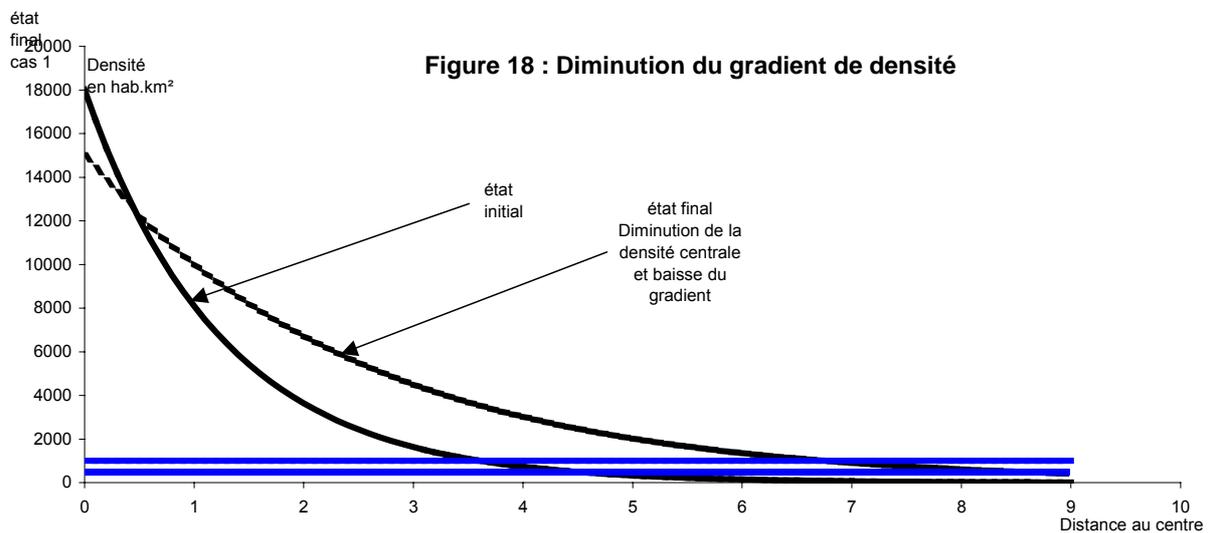
On peut alors dégager trois types d'évolution.

En premier lieu, la densité rurale peut progresser. Cette situation est typique du XVIII^{ième}, et du début du XIX^{ième} siècle. Elle entraîne un accroissement très faible de l'aire urbanisée, et la seule augmentation de population de la densité centrale ne suffit pas à faire croître le périmètre urbain. L'extension est en quelque sorte limitée par l'augmentation des densités rurales. En second lieu peut apparaître une situation où, *a contrario*, la densité rurale va diminuer, l'extension de la ville devient alors spectaculaire. Dans l'histoire cela correspond à la période XIX^{ième}-milieu du XX^{ième} siècle quand les campagnes se dépeuplent progressivement, alors que les banlieues connaissent une croissance assez importante.

En troisième lieu, peut également se produire une polarisation de l'espace rural (non indiquée sur le graphique). Les densités rurales vont alors décroître du centre vers la périphérie. On pourra observer une

double fonction de densité : une première urbaine classique, et une seconde, plus aplatie, rurale. Si la ville ne progresse que par sa densité centrale, alors la progression de l'espace urbain est quelque peu limitée par la croissance de l'espace rural. Cette situation est contemporaine d'un contexte dans lequel la suburbanisation se trouve limitée par rapport à la périurbanisation.

3.2.3) Décroissance du gradient de densité



Ce type d'évolution s'observe aujourd'hui pour un grand nombre de villes. On constate alors une décroissance des densités les plus centrales au profit des périphéries, plus aptes à accueillir de nouvelles populations. La densité centrale diminue donc en même temps que le gradient de densité, ce qui ne manque pas de produire une extension des espaces urbanisés.

Dans l'éventualité où la densité rurale diminue, on observera une progression de la surface urbaine par déplacement du point de rupture urbain périurbain.

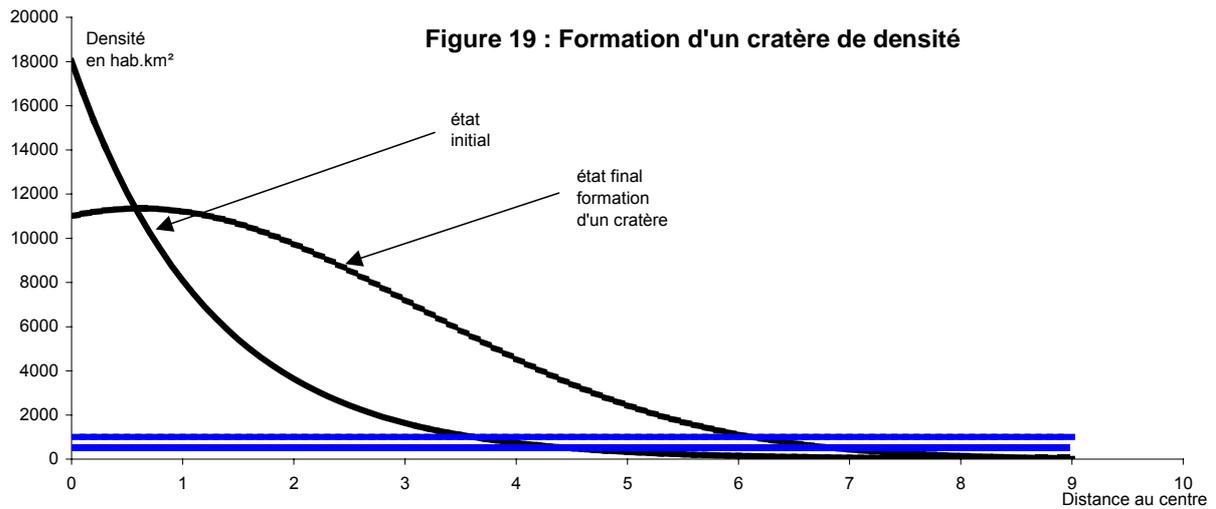
Une autre hypothèse peut être une évolution de la densité rurale sous la forme d'une courbe exponentielle très affaiblie : la densité rurale va donc augmenter et ainsi, la rupture urbain-rural aura tendance à se rapprocher du centre de l'agglomération.

Notons tout de même que si le gradient de densité décroît et que la densité rurale augmente, la rupture aura tout de même tendance à s'éloigner du centre, ce qui entraîne une extension de l'aire urbanisée.

En somme, il nous est possible de dégager trois situations :

- dans la première, la densité urbaine reste constante et la densité rurale bouge, alors on pourra noter une stagnation de l'espace urbanisé.
- dans la seconde, la densité urbaine varie mais la densité rurale stagne. Le point de rupture aura également tendance à s'éloigner.
- dans la troisième, densité rurale et densité urbaine vont varier : la limite entre les deux espaces va fortement évoluer : la zone urbanisée progresse largement.

3.2.4) Formation d'un cratère de densité



Pour certaines villes, il peut arriver que les densités centrales décroissent, mais que, parallèlement, se développent des centres secondaires en périphérie. Comment cela se traduit-il en terme de rupture ? Il semble que le processus de formation d'un cratère soit responsable de l'éloignement du point de rupture urbain/rural.

Les trois cas nous donnent un aperçu des évolutions envisageables :

- la densité urbaine reste constante alors que les densités rurales décroissent : on observe en conséquence un éloignement du point de rupture même si ce dernier est faible
- si la ville évolue en cratère et que la densité rurale ne varie pas, alors la limite urbain/rural s'éloigne également du centre.
- enfin, dans l'éventualité où urbain et rural bougent en même temps, la ville s'étend davantage.

L'étude des théories sur les densités résidentielles a montré que l'on pouvait distinguer principalement deux types de formalisation : les modèles monocentriques et les modèles polycentriques

Le plus connu des modèles monocentriques est celui de CLARK (1951). Ce dernier émet l'idée que la densité résidentielle est une fonction monotone décroissante de la distance au centre. La formalisation aboutit à une « loi » exponentielle négative.

Cette approche, fondée sur l'observation de l'organisation des villes des années 1950, ne pouvait bien entendu pas prévoir les évolutions postérieures : à savoir la perte progressive de population des centres villes, autrement dit la formation d'un cratère de densité.

Ce nouveau phénomène a été envisagé par NEWLING (1969) sous la forme d'une « loi » exponentielle quadratique. D'autres éléments peuvent être appréhendés comme par exemple la dissociation entre lieux de résidence et d'emplois. On met également en relation la taille du cratère et sa profondeur avec l'extension de la périphérie, confirmant ainsi les hypothèses de RUSK.

Plus récemment, on a montré que les deux expressions précédentes ne pouvaient malgré tout pas rendre compte de la totalité des situations des densités résidentielles. C'est pour cette raison, que l'on a mis au point de nouveaux modèles plus aptes à cerner les villes polycentriques. C'est à partir de maximisations, de sommes ou de produits que l'on a construit ces modèles. On emploie également des « *cubic spline functions* ».

On le voit bien, l'analyse théorique des densités résidentielles est assez variée et complexe. Nous allons, dans la suite de notre étude, appliquer les modèles monocentriques à l'agglomération de Dijon et montrer que ces formalisations semblent assez bien adaptées.

Chapitre 3 : La logique « centre-périphérie » des densités dans l'aire urbaine dijonnaise

Le modèle d'ALONSO (1964) suppose un usage du sol de plus en plus intensif à mesure que l'on se rapproche du centre des agglomérations. Cela se traduit par des rentes de sol suivant une exponentielle négative en fonction de la distance au centre. Par un calcul économique, il est possible de passer de la rente à la densité, et l'on montre, comme nous avons pu l'observer dans un chapitre précédent, que la logique est alors de nature centre-périphérie, également référencée à une exponentielle négative conforme au modèle de CLARK. Cette organisation s'applique aux plus grandes agglomérations, encore que pour les plus étendues, la logique soit plus discutable. Les analyses de P.Y.PEGUY (2000) confirment cette « loi », testée sur des villes de très grande taille dans le monde entier. Il apparaît toutefois que les plus petites villes répondent moins bien au modèle que les plus grandes. On sait ainsi, depuis longtemps, que la logique de CLARK fonctionne peu ou prou sur Paris. Les études du L.E.T. vont dans le même sens pour Lyon, ou des agglomérations assez importantes.

La population de Dijon la place dans la catégorie des villes moyennes. On peut par conséquent supposer que les modèles de type centre-périphérie peuvent être appliqués à cette agglomération. Ajoutons que Dijon est caractérisé par un plan radioconcentrique, dont on présuppose immédiatement qu'il répond au modèle précédent. Ce n'est donc pas dans le sens de la contradiction du modèle centre-périphérie que nous allons, mais plutôt dans celui de voir jusqu'à quel point l'application fonctionne. Autrement dit, quelle est la part des densités expliquée par la logique centre-périphérie ?

En effet, empiriquement, on constate bien une croissance des densités selon des modalités de diffusion à partir du centre, si bien que la situation actuelle de l'aire urbaine permet de dégager des couronnes successives.

D'un point de vue plus théorique, il est intéressant de tester un certain nombre de formes fonctionnelles évoquées dans le chapitre précédent. Naturellement, comme préliminaire, on se doit de définir un centre, ce qui pose les questions suivantes : doit-on en définir un et si oui, où le placer ? existe-t-il réellement ? L'analyse des barycentres est un des indicateurs.

Hormis ce débat sur le point central, il convient bien entendu de s'interroger sur le choix de la fonction à appliquer. Quel est le meilleur modèle ? Probablement, la réponse n'est-elle pas unique.

L'analyse des coefficients de détermination des différents modèles est importante, car elle permet de bien cerner le niveau de validité de la logique centre-périphérie. On constate alors qu'une grande partie de la réalité des densités n'est pas expliquée. Une étude empirique des densités par grandes directions permet alors de montrer que, finalement, il peut exister d'autres logiques que les modèles centre-périphérie.

1) Présentation de l'aire d'étude

Avant d'examiner plus en détail la nature de nos données, présentons rapidement notre aire d'étude.

Dijon est une ville du nord-est de la France située dans la région Bourgogne légèrement à l'écart des grands courants de circulation nord/sud, reliant la région parisienne à la région lyonnaise. Notre agglomération et son aire urbaine se trouvent isolées dans un espace appartenant à la diagonale du vide. Aussi l'analyse de ce territoire doit bien tenir compte de cet élément, et considérer, lorsque nous envisagerons le fait urbain, que nous avons affaire à un îlot urbanisé dans « un désert » rural. Pour une analyse précise des densités urbaines, nous nous devons ainsi d'envisager un périmètre bien plus large que la stricte agglomération, c'est pourquoi, nous avons opté pour l'aire urbaine qui présentait l'avantage de prendre en compte à la fois le phénomène périurbain et l'expansion purement urbaine. C'est donc cette définition de la ville que nous avons retenue : à savoir *un espace d'un seul tenant et sans enclave où 40% au moins des actifs se rendent dans le pôle urbain ou les communes qui lui sont agrégées par un processus itératif*. Notre aire d'étude prend ainsi en compte les 168 communes de l'aire urbaine de 1990. Pourquoi prendre l'aire urbaine de 1990 et non celle de 1999 ? Principalement dans le but de réutiliser les travaux menés sur le périurbain dijonnais se fondant sur l'aire urbaine de 1990 (travaux amorcés avant la constitution de l'aire urbaine 1999). Pour appuyer ce choix, nous avancerons également que le nouveau périmètre défini par l'INSEE est assez peu différents de celui de 1990. Quelques communes au Nord et à l'Est se sont ainsi ajoutées à l'ensemble urbain de 1990.

La population globale de notre aire est de 314 414 habitants pour une superficie de 1733 km² soit une densité moyenne de 181.46 habitants au km², ce qui est relativement important pour notre région mais assez faible pour une aire urbaine. En réalité, il convient de bien distinguer le pôle urbain d'un vaste territoire rural couvrant près de 168 communes (communes urbaines comprises). La densité moyenne de la ville est de 1482.79 habitants au km², alors qu'elle n'est que de 49.05 habitants au km² pour l'espace rural. Nous devons par conséquent bien mettre en avant les contrastes majeurs qui peuvent coexister à l'intérieur de notre territoire. Etudier l'aire urbaine dijonnaise, c'est envisager une unité géographique extrêmement variée et finalement assez dichotomique.

La figure 20 montre la superficie couverte par le domaine polarisé par Dijon en 1990. L'ensemble comprend pour moitié des communes de la plaine de la Saône et du plateau de Langres.

Sur le plateau, les deux extrémités nord-ouest et sud-ouest sont formées respectivement par la vallée de l'Oze (appendice en direction de l'ouest-nord-ouest) et la haute vallée de l'Ouche. Ces deux trouées dans le plateau sont à l'origine d'infrastructures routières et ferroviaires (vallée de l'Oze), qui favorisent les migrations alternantes.

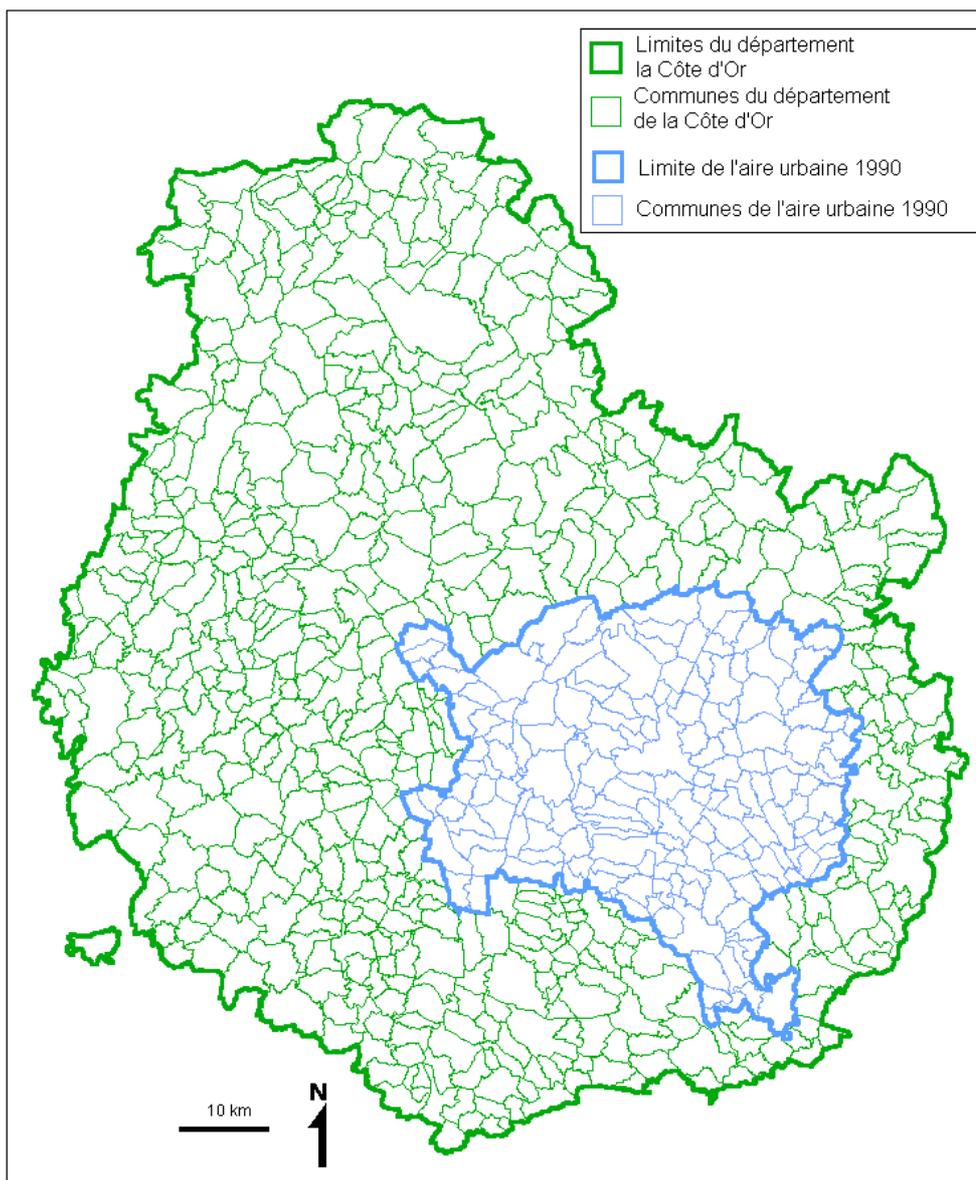
Dans la partie est, la forme de l'aire urbaine est plus régulière décrivant davantage un cercle, à l'exception du Sud-Est qui en revanche s'étire en direction de la Saône.

Notons que notre espace d'étude était, avant l'ajout de communes, moins étendu dans la partie sud, où l'aire urbaine dijonnaise est concurrencée par un pôle rural (Nuits-Saint-Georges). Un certain nombre de communes y sont multipolarisées, envoyant leurs actifs dans les deux pôles. En conservant ce découpage en l'état, l'aire urbaine dijonnaise s'en trouvait tronquée et fortement découpée dans sa partie sud ; pour obtenir des limites plus géométriques, nous avons inclus certaines communes multipolarisées dans notre zonage (prenant ainsi les limites retenues dans les travaux sur le périurbain dijonnais).

Le niveau communal sert en quelque sorte de socle à la plupart des cartes de notre analyse. Néanmoins, il nous arrivera de descendre à des échelles plus fines au niveau de l'agglomération dijonnaise comme par exemple le zonage en I.R.I.S.

Figure 20 :

L'aire urbaine dijonnaise et le département de la côte d'or



C.ENAULT- Laboratoire THEMA Dijon

Depuis le recensement de 1999, l'INSEE a mis au point un nouveau zonage qu'il a appelé I.R.I.S. : îlots regroupés pour l'information statistique.

Dans les précédents recensements, il existait des zonages infra-communaux pour les plus grandes agglomérations : les quartiers, qui variaient selon les recensements. La limite minimale de population était alors fixée à 5000 habitants, au nom de la confidentialité des données.

Depuis le recensement de 1999, L'INSEE a abaissé cette limite à 2000 habitants pour les communes dont la population est d'au moins 5000 habitants. Dans ce cas, les I.R.I.S. forment des petits quartiers d'approximativement 2000 habitants, constitués eux-mêmes d'un ensemble variable d'îlots.

Dans les communes disposant de plus de 5000 habitants, il existe un zonage en I.R.I.S. fonction de la population de la ville, alors que dans les autres, l'I.R.I.S. est équivalent à une commune.

Seulement neuf communes de la COMADI⁴⁶ sont divisées en I.R.I.S.

A une échelle encore plus fine, on trouvera le zonage en îlots, relativement difficile à obtenir, compte tenu des réserves liées au respect de la confidentialité. L'îlot correspond approximativement au « pâté de maison » et est la plus fine unité spatiale. La COMADI est constituée de 2200 îlots en 1999. Le zonage en îlots est sensiblement différent pour chaque recensement ce qui par voie de conséquence entraîne une modification du zonage en I.R.I.S.

L'utilisation et la diffusion du zonage en îlots supposent une entente préalable avec les services de la mairie.

⁴⁶ La COMADI (communauté de l'agglomération dijonnaise) est constituée en 2002 de 16 communes dont trois n'ont été intégrées que très récemment : Ouges, Perrigny-les-Dijon et Marsannay-la-Côte.

Figure 21 :

Les IRIS et les communes du district de l'agglomération dijonnaise

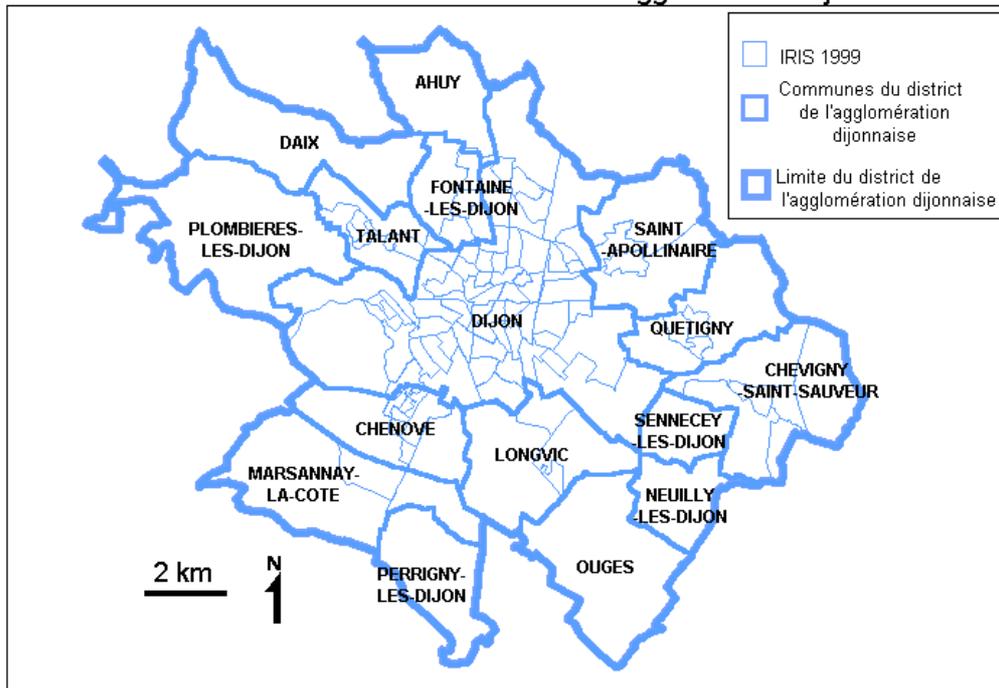
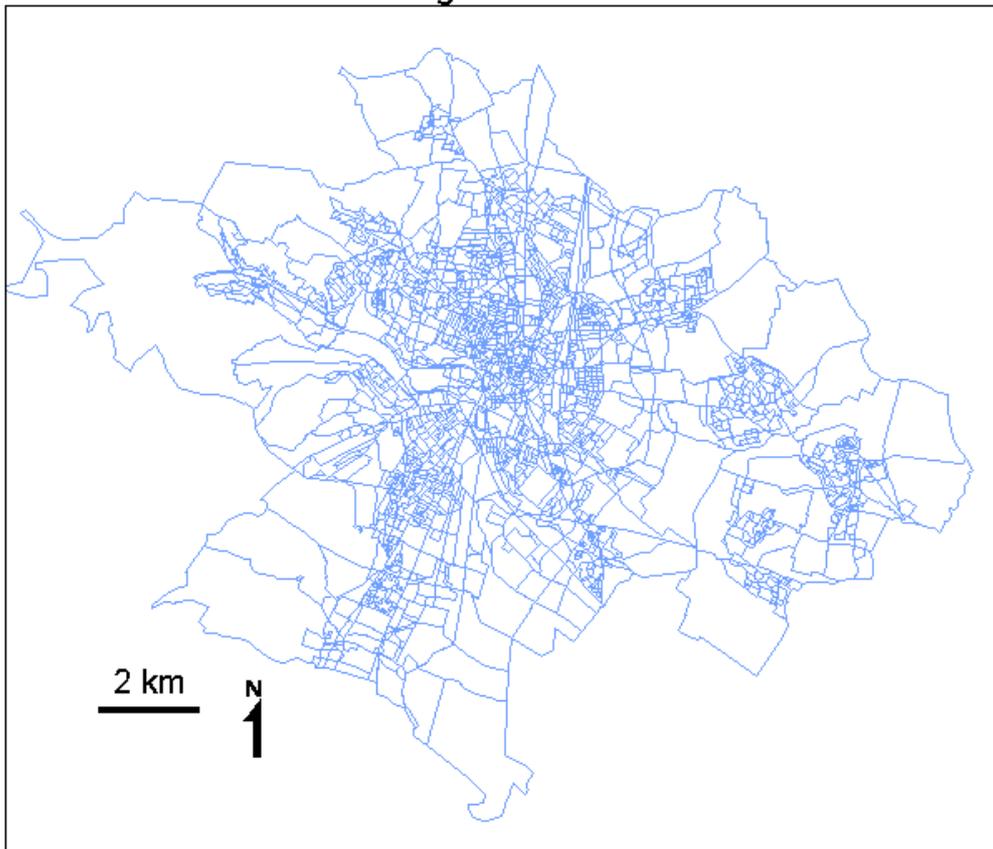


Figure 22 :

Zonage en îlots 1999



2) Observation des densités de population dans l'aire urbaine dijonnaise

2.1) Evolution des densités communales

2.1.1) L'évolution des densités de population au temps de l'exode rural

La carte de 1851 est assez représentative de l'évolution des campagnes au temps de l'exode rural. On constate alors une certaine uniformité dans la répartition des densités de population généralement supérieure à 30 hab./km², tandis que la ville de Dijon s'oppose au reste des communes de l'actuelle aire urbaine de 1990.

Plus précisément, on observe tout de même une certaine variation est/ouest. L'Ouest présente des densités plus faibles dans la partie sud-ouest par suite de l'insuffisance relative du réseau routier dans des espaces vallonnés. Elles dessinent un très léger arc sud-ouest/nord est. La partie nord-ouest, est depuis toujours faiblement peuplée.

Au total, un quartier de faibles densités apparaît dans cette zone qui couvre un peu moins d'un quart de l'aire urbaine. A l'inverse, l'Est se caractérise par une densité moyenne relativement homogène autour de 40 habitants au km². Enfin, l'opposition la plus flagrante est sans doute entre la commune de Dijon et le reste de l'espace : les densités y dépassent de très loin les 2000 hab./km².

Les cartes de 1886 et 1901 sont assez symptomatiques de l'évolution classique des espaces ruraux de l'avant première guerre mondiale. A une situation de densités de population relativement homogènes, indépendamment du relief ou des axes, se substituent des zones plus concentrées : un phénomène de concentration semble s'amorcer accentuant les écarts qui préexistaient encore faiblement en 1851.

La carte de 1886 accentue le décalage est/ouest accusant ainsi le contraste plaine/plateau, non pas par accroissement de la densité des zones mais plutôt par diminution des effectifs des communes en position de faiblesse du point de vue de la situation. La ville de Dijon attire les populations des communes les plus proches et les axes deviennent les instruments de cette dynamique aux dépens des espaces ruraux. Ainsi, l'écart se creuse entre l'Est et l'Ouest . L'ensemble de la partie orientale réussit à maintenir ses effectifs en raison d'une bonne accessibilité, à l'exception de la zone nord-est qui reste à l'écart des zones de passage. L'Ouest, en revanche, se retrouve dans une situation défavorable, car l'accès au centre dijonnais y est mal aisé pour des territoires fonctionnant de moins en moins en autarcie : les communes se vident progressivement de leur population en-dehors de quelques cas spécifiques comme « la plaine de Mâlain ». L'arc de faible densité s'efface pour être remplacé par une véritable trouée occupant alors la totalité du plateau.

Figure 23 : l'évolution des densités de population entre 1851 et 1946

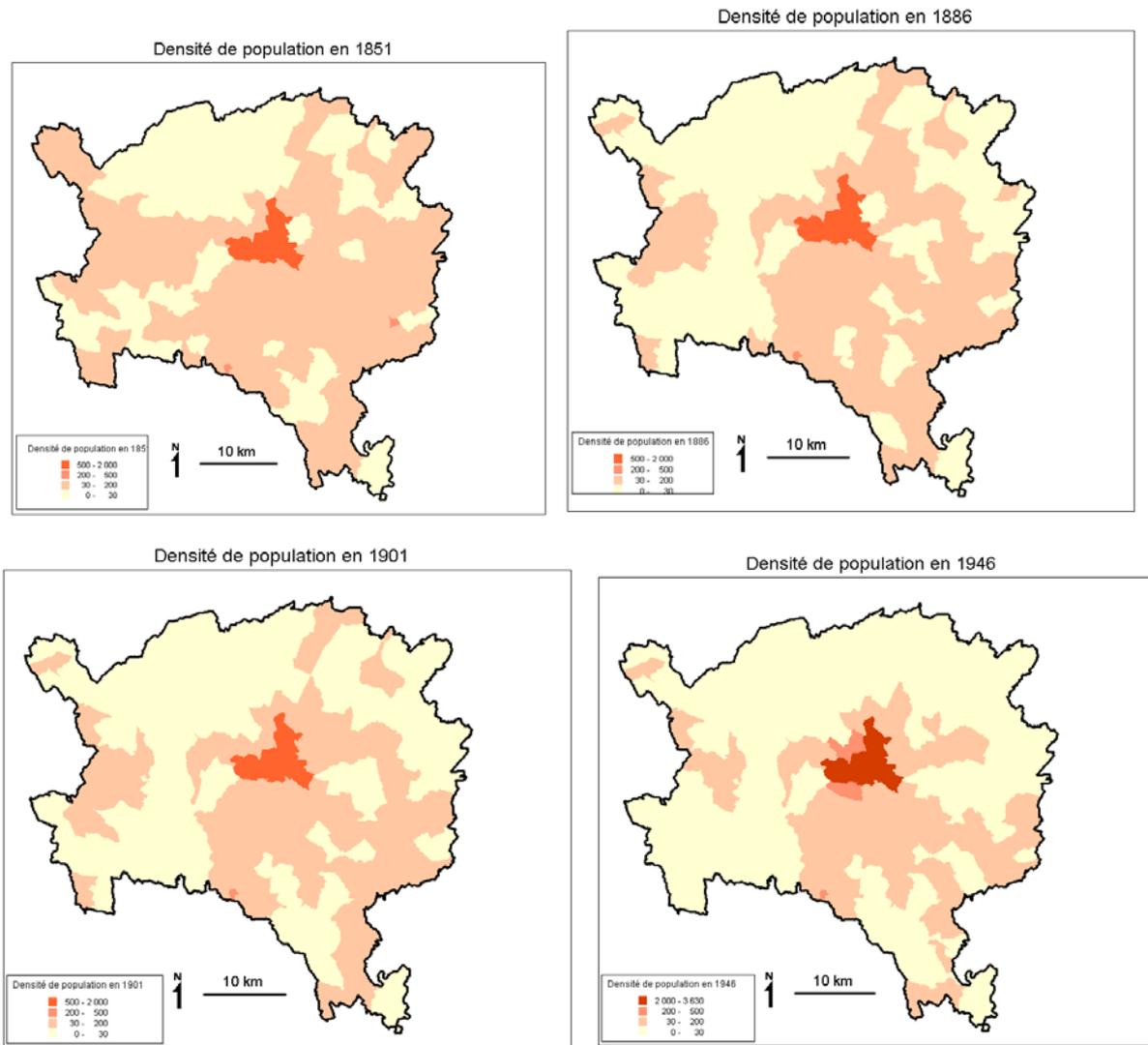
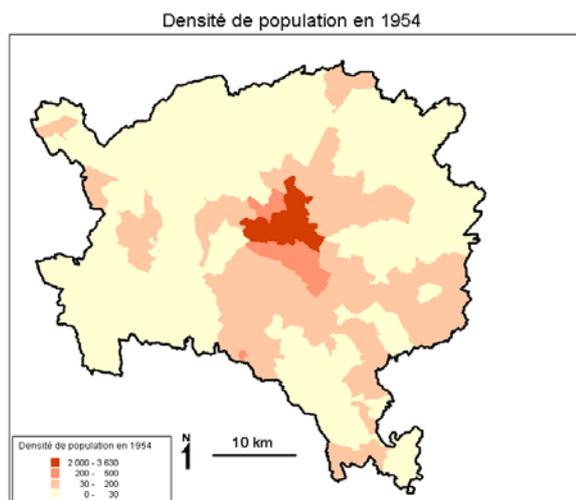


Figure 24 :



Le mouvement d'exode rural s'accroît sur la carte de 1901 mais, selon des modalités sensiblement différentes, alors que l'Ouest touche le fond, la décroissance des densités se déplace vers l'Est jusqu'à présent relativement épargnée. Le rôle d'aimant de la commune de Dijon est plus que jamais d'actualité et entraîne une redistribution des densités dans les espaces ruraux en fonction d'un processus sélectif dû à la présence de couloirs de circulation. Trois zones résistent alors : la direction de la Côte, fortement dynamique, la route de Dôle et la partie nord en direction de Langres. Il en résulte des densités de population de plus en plus axialisées, conséquence de la diminution des effectifs de population dans les communes des parties nord-est et sud-est. La carte de 1946 avec celle de 1954 marque la fin du processus d'exode rural dont on a pu montrer le développement sélectif à la faveur du relief et des axes. Les derniers îlots ruraux sont, eux aussi, marqués par le phénomène de décroissance. Seuls résistent les zones les plus adaptées, à savoir les territoires les mieux positionnés ; dans ces conditions l'ensemble des communes situées à proximité d'axes lourds aurait dû conserver leur densité. Cette affirmation est bien souvent vérifiée sauf pour la partie nord, l'axe de Langres, qui semble t-il, apparaît plus faible que les deux autres. Dès le recensement de 1886, la zone couverte par les fortes densités était peu étendue, se résumant bien souvent à un ruban de seulement un ou deux, voire trois kilomètres d'épaisseur, bien plus fin que les couloirs du Sud. Le recensement de 1946 et celui de 1954 entame donc un peu plus cette ligne relativement faible dès le XIX^{ième} siècle.

2.1.2) Evolution communale des densités à l'ère de la périurbanisation

L'extension des domaines urbanisés n'est pas une nouveauté et on peut la mettre en évidence dès le recensement de 1946. La commune de Dijon change alors de catégorie, et passe dans la classe supérieure à 2 000 hab./km². Parallèlement, l'urbanisation gagne d'autres communes et marque ainsi le début d'une suburbanisation des communes de Talant, Fontaine-les-Dijon et de Chenôve. Ce processus s'accroît en 1954 quand les communes de Longvic et d'Ouges viennent s'ajouter à la liste des espaces urbains. Mais la vague suburbaine ne débute véritablement qu'à partir des années 60 (recensement de 1962) quand l'on observe le renforcement de l'urbanisation des communes de Chenôve et Fontaine-les-Dijon qui dépassent les 500 hab./km². Cette situation va en se renforçant, par la densification des anciennes communes suburbaines et l'entrée de nouvelles à l'Est de la ville de Dijon : Quetigny, Saint-Apollinaire et Chevigny-Saint-Sauveur. On peut alors dire que de 1975 à 1990, le centre de gravité de l'agglomération dijonnaise s'est déplacé plus à l'Est. La situation de 1982 confirme ces évolutions et met en lumière la croissance spectaculaire de Quetigny et de Chevigny-Saint-Sauveur. Enfin, en 1990, les fortes densités permettent d'identifier en grande partie les communes de l'actuelle COMADI, à savoir les communes déjà précitées, plus celles de Neuilly-les-Dijon, Sennecey-les-Dijon auxquelles il convient d'ajouter Ahuy et Plombières-les-Dijon (commune faisant partie depuis longtemps de l'agglomération).

Figure 25 : évolution des densités de population entre 1962 et 1975

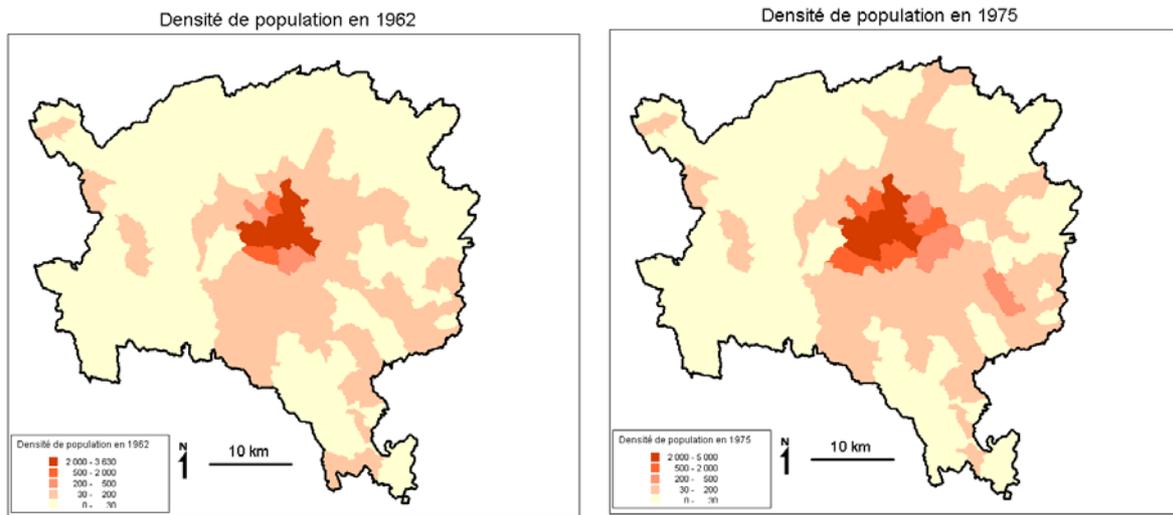
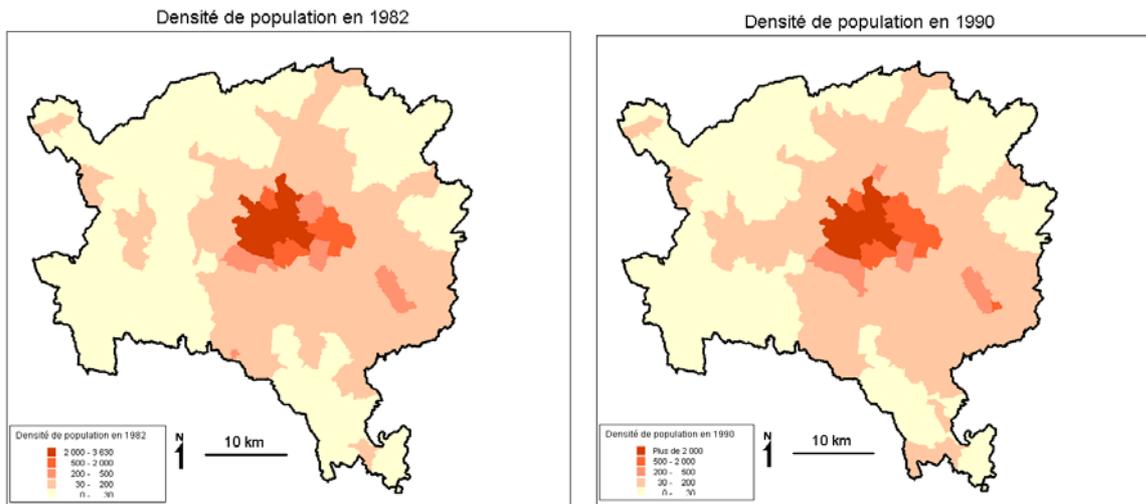


Figure 26 : évolution des densités de population entre 1982 et 1990



L'autre grand phénomène de ces dernières années est bien évidemment l'explosion périurbaine que l'on peut également mettre en évidence par l'intermédiaire des densités de population. La situation de 1962 définit le minimum démographique que les communes rurales vont connaître au cours des périodes les plus récentes.

Par la suite, le processus de croissance périurbaine se réalise un peu de la même façon que l'exode rural mais en sens inverse, ce mouvement fait alors rentrer sélectivement dans le cycle de croissance les communes en fonction de leur position par rapport aux grands axes de circulation et au relief.

Entre 1962 et 1975, la dynamique périurbaine est inégale et tend à creuser les écarts entre l'Est et l'Ouest. Alors que les communes du plateau bourguignon continuent à perdre faiblement des populations, la plaine voit ses pertes d'effectifs stoppées et, pour certaines communes, amorce un mouvement de croissance. Le phénomène est toujours aussi graduel et touche en premier les espaces les mieux placés puis, progressivement, d'autres zones moins bien situées. Les densités moyennes sont conservées dans les couloirs traditionnels de la Côte et de Dôle et contrairement à la période précédente, s'affirment dans les espaces nord-est (couloirs de Gray nord-est/sud-ouest et de Langres). Parallèlement le pôle périphérique de Genlis émerge.

La période de 1982 à 1990 apparaît véritablement comme une nouvelle phase de l'expansion périurbaine au cours de laquelle les densités augmentent indépendamment de la direction. On observe une organisation en couronnes démographiques déformées⁴⁷

Le processus fait croître un très large périmètre jusqu'à une distance approximative de 10 à 12km du centre.

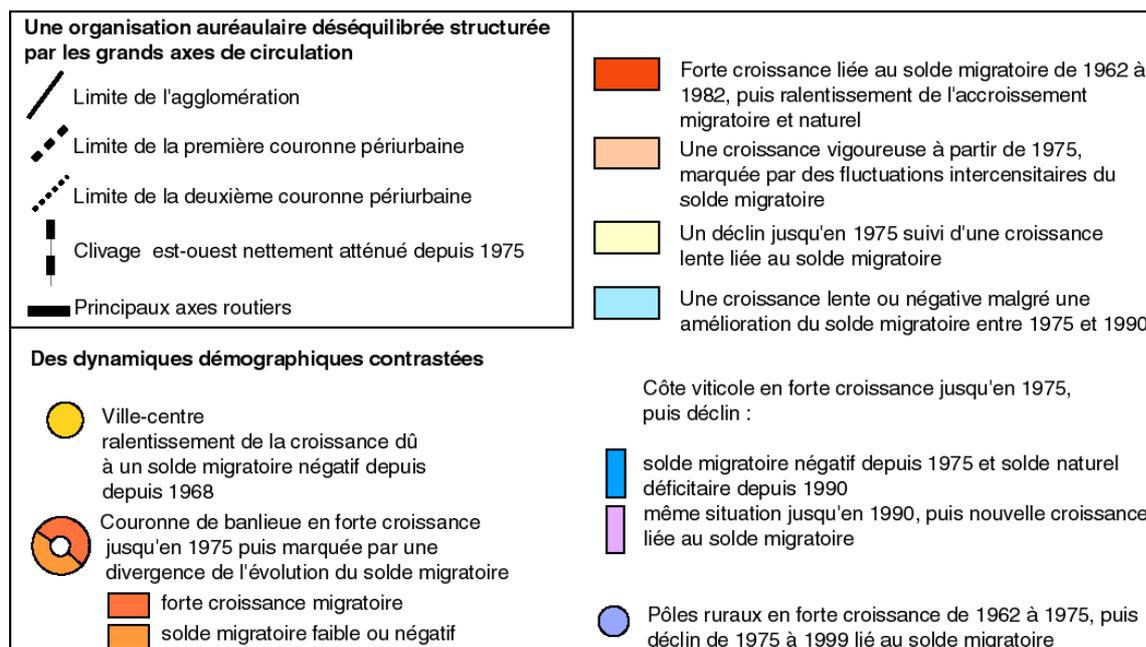
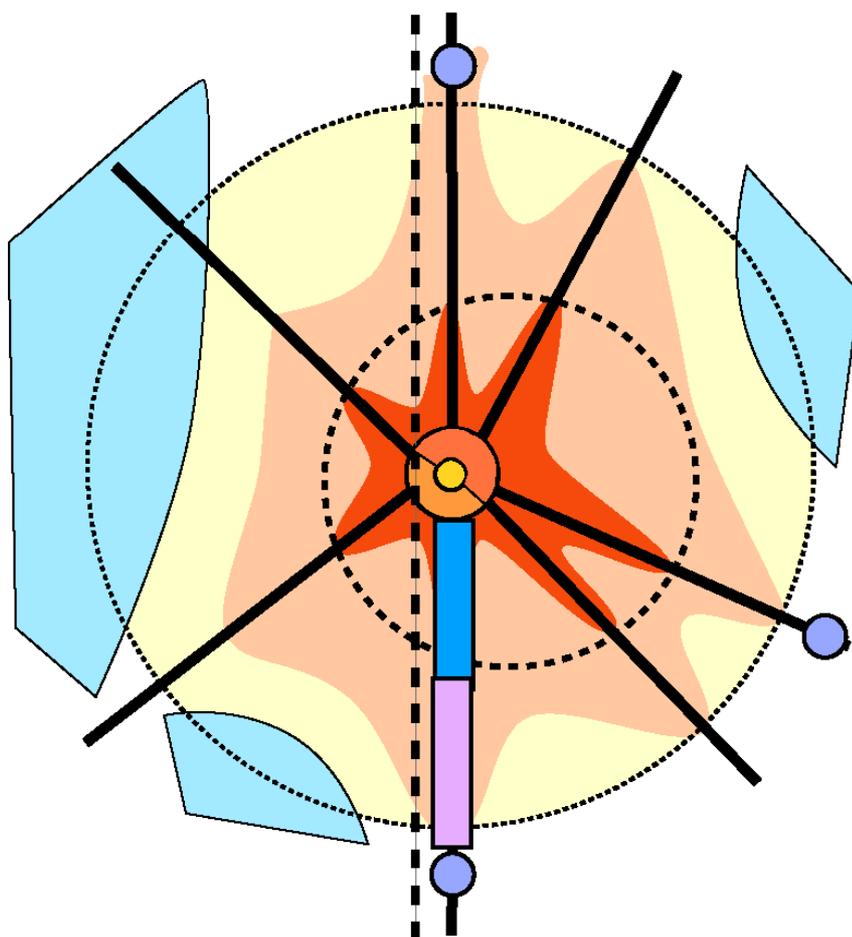
La partie ouest, autrefois mise à l'écart de la croissance entre 1962 et 1975, retrouve un certain dynamisme pour les communes les plus proches de Dijon et situées dans la vallée de l'Ouche. Le reste du plateau conserve des densités inférieures à 30 hab./km².

Enfin, la carte de 1990 ne fait que confirmer la précédente, offrant une image identique pour les communes de l'Est et un certain rattrapage des territoires occidentaux. Il se manifeste alors par un mouvement d'élargissement de la zone de croissance le long de la vallée de l'Ouche, très nettement dessinée sur la carte de 1990.

⁴⁷ *Atlas de l'aire urbaine dijonnaise*

Figure 27 :

Les dynamiques démographiques de l'aire urbaine dijonnaise



Source : Atlas de l'aire urbaine dijonnaise

2.1.3) La situation actuelle

les densités de population actuelles sont à peu près identiques à celles de 1990. Ainsi retrouve t-on l'opposition classique entre l'Est et l'Ouest de la zone, qui tend néanmoins à se réduire. Parallèlement, apparaît également une différenciation très nette entre les communes de la COMADI et les autres.

Plus spécifiquement, l'espace purement urbain s'est étendu incluant de nouvelles communes dans l'orbite dijonnaise comme Ouges, Ahuy (qui l'était déjà mais où les densités restaient relativement modestes), Ruffey-les-Echirey et Couternon. La population s'est également étoffée dans les anciennes communes de la COMADI comme Quetigny, Fontaine-les-Dijon ou Chevigny-Saint-Sauveur. Le tarissement de la croissance urbaine, visible en 1990 semble donc de moins en moins d'actualité dans des espaces où la dynamique suburbaine reprend de la vigueur.

Face à cette croissance centrale, le périurbain, s'essouffle peu à peu. Bien évidemment, quelques communes gagnent des effectifs passant de la classe 0-30 à plus de 30 hab./km². Ce sont les communes de l'axe de Gray qui profitent de cette croissance ainsi que les espaces proches de la D28 (Clenay, Ruffey-les-Echirey ou Saint-Julien).

Sur les plateaux, la croissance est semble t-il moins soutenue que dans la plaine, même si on peut observer un regain de dynamisme dans la vallée de l'Ouche et la plaine de Mâlain. Cet élan de la dynamique périurbaine ne se résume pourtant pas uniquement dans la vallée, puisque d'autres communes du plateau sont venues s'adjoindre à cet ensemble : l'effet « autoroute » avec la présence de l'A 38 explique sans nul doute ce phénomène de croissance le long et à proximité de la vallée de l'Ouche.

L'évolution des densités de population permet de décrire assez bien à la fois le mouvement de concentration des populations sur Dijon entre 1851 et 1954 puis un phénomène inverse de déconcentration périurbaine de 1954 à 1999 même si cette tendance est en train de s'essouffler peu à peu. Plus localement, peut on distinguer des nuances que nous n'avons pas pu mettre en évidence avec les densités de population au niveau communal ?

2.2) Les densités au niveau des IRIS

Nous ne reviendrons pas sur la description des espaces périurbains, qui a été faite précédemment, mais nous analyserons plus en détail la répartition des densités de population à l'intérieur de l'agglomération dijonnaise au niveau des I.R.I.S., ce qui, bien entendu, ne nous donnera pas la précision des îlots, mais permet tout de même de dégager quelques tendances pour l'organisation du peuplement.

Figure 28 : densité de population des communes et des IRIS en 1999

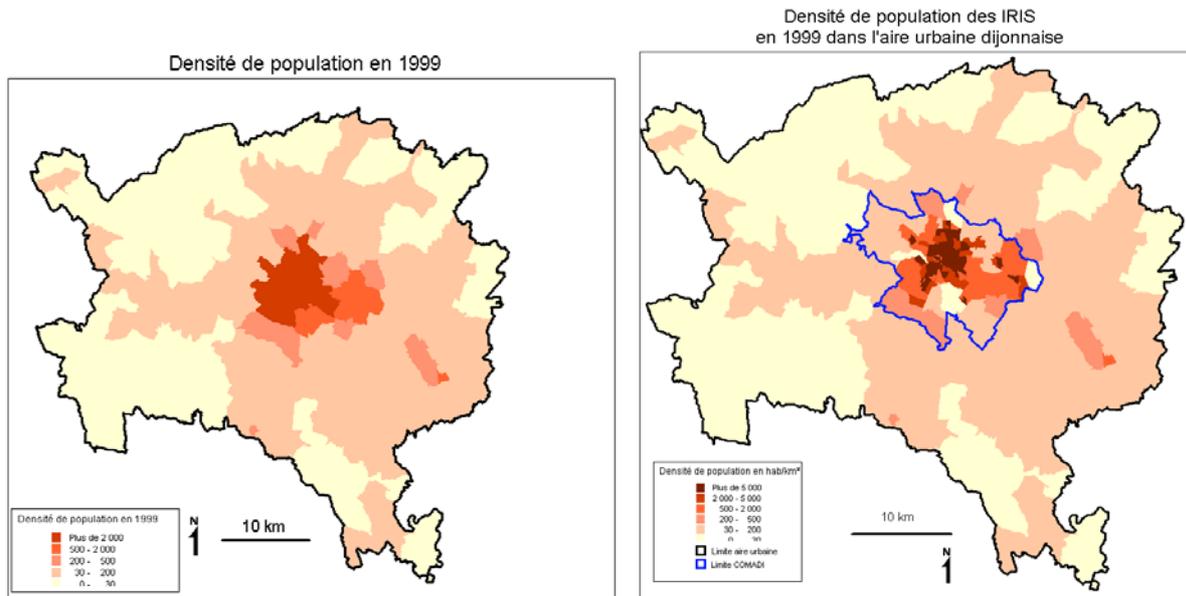
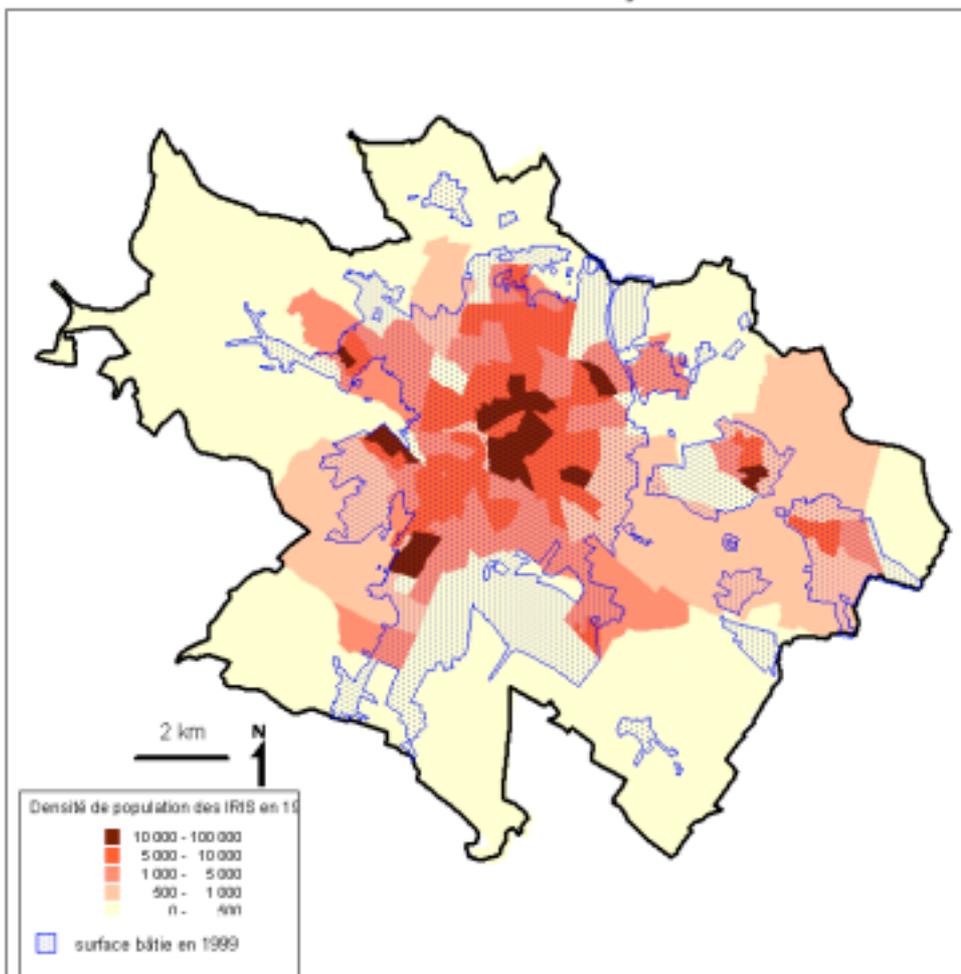


Figure 29 : densité de population des IRIS dans l'agglomération dijonnaise



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

La répartition des densités de population au sein de l'agglomération est assez hétérogène et un histogramme de dispersion des densités des I.R.I.S. (figure 30) permet d'opposer deux types d'espaces : -d'une part, apparaissent les zones purement urbaines où les densités moyennes brutes sont équivalentes aux densités nettes.

-ensuite peuvent être individualisées les zones où les densités nettes ne sont pas équivalentes aux densités brutes.

En conservant la densité brute (présentée sur la carte précédente), on perçoit alors une image déformée de la densité pour les zones où la surface urbaine utile pour la population (surface urbaine) ne représente qu'une petite partie de l'ensemble de la surface des I.R.I.S..

Le graphique suivant (figure 30) laisse apparaître une très grande diversité des densités quand la moyenne rend très peu compte de l'ensemble. On trouvera ainsi deux modes : un premier autour de 1 000 hab./km² et un second vers 7 500 hab./km² dans le cas d'une organisation fondée sur les densités brutes.

Nous proposons plutôt de considérer les densités nettes (Population/surface urbaine).

Ce choix rend mieux compte de l'organisation du peuplement, et on s'approche davantage de la notion de concentration.

Ainsi, paradoxalement, les communes qui disposaient des densités les plus faibles se retrouvent dans les catégories supérieures.

Tout comme on avait pu distinguer deux ensembles dans la carte des densités brutes, apparaissent également deux groupes de communes :

- les zones dont les densités restent extrêmement fortes lors du passage aux densités nettes compte tenu du fait que la surface urbaine est identique à la surface de l'I.R.I.S.
- des zones dont la densité est modifiée car la surface urbaine est sensiblement différente de la surface des I.R.I.S..

On peut alors observer une certaine rupture ouest/est :

- la partie ouest dispose de densités nettes très élevées (Plombière-les-Dijon, Marsannay-la-Côte, Ahuy, Fontaine-les-Dijon), ce qui implique une certaine concentration des populations dans des villages très ramassés.
- La partie est apparaît paradoxalement moins densément peuplée, signe d'une moindre concentration des populations dans des villages ou des villes moins denses, à l'exception des anciens noyaux comme ceux de Quetigny ou de Chevigny-Saint-Sauveur.

Les densités nettes sont également symptomatiques de l'opposition entre zones résidentielles et zones d'activités ou de loisirs.

Figure 30 :

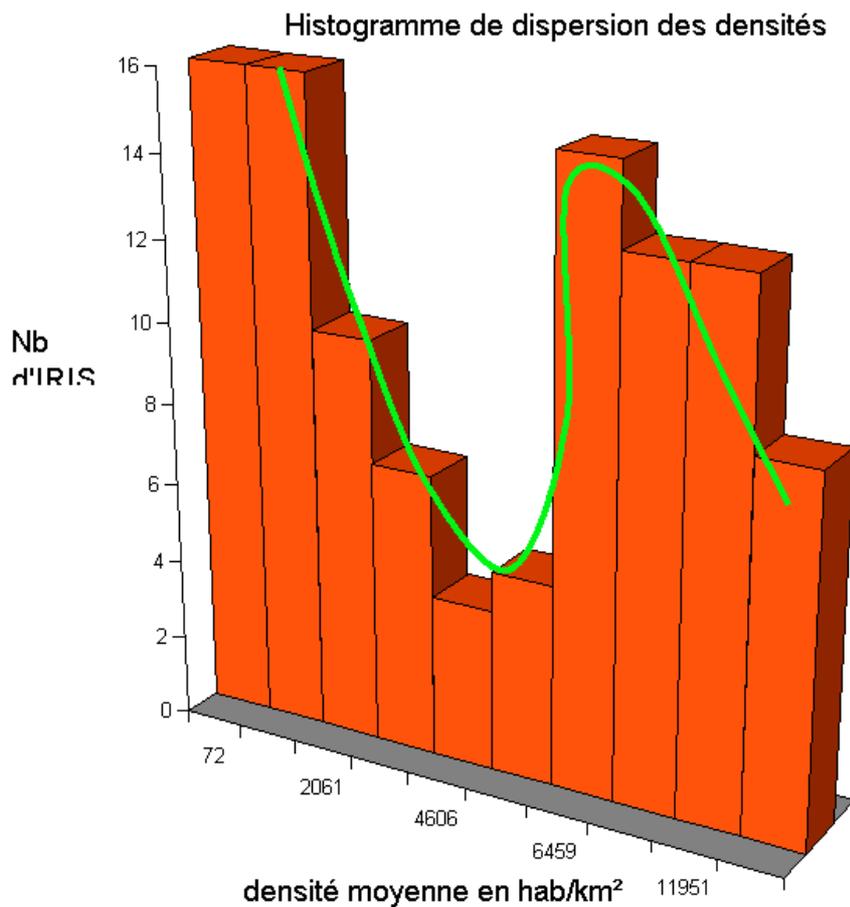
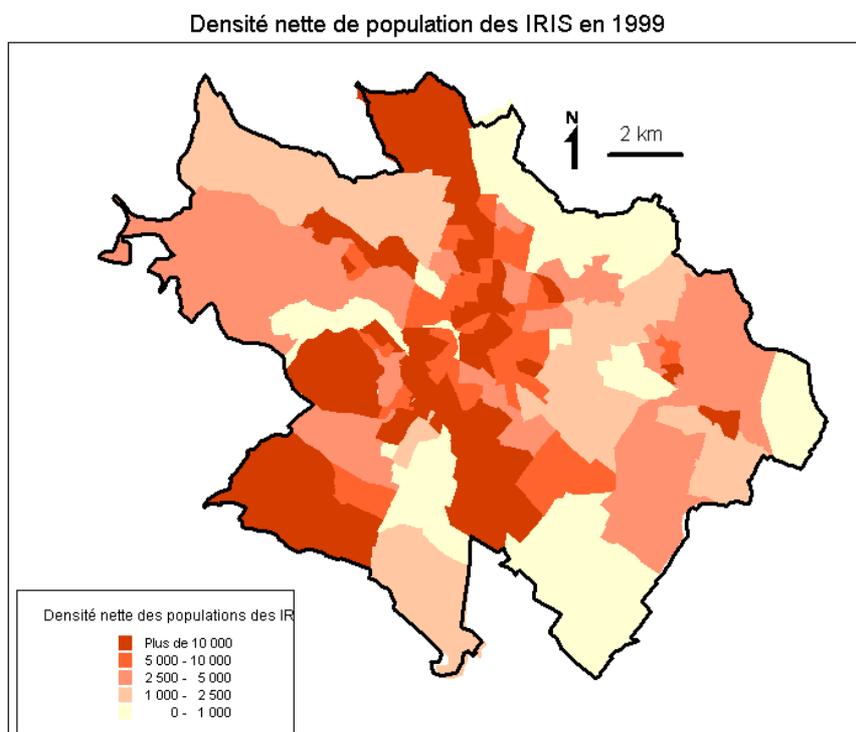


Figure 31 :

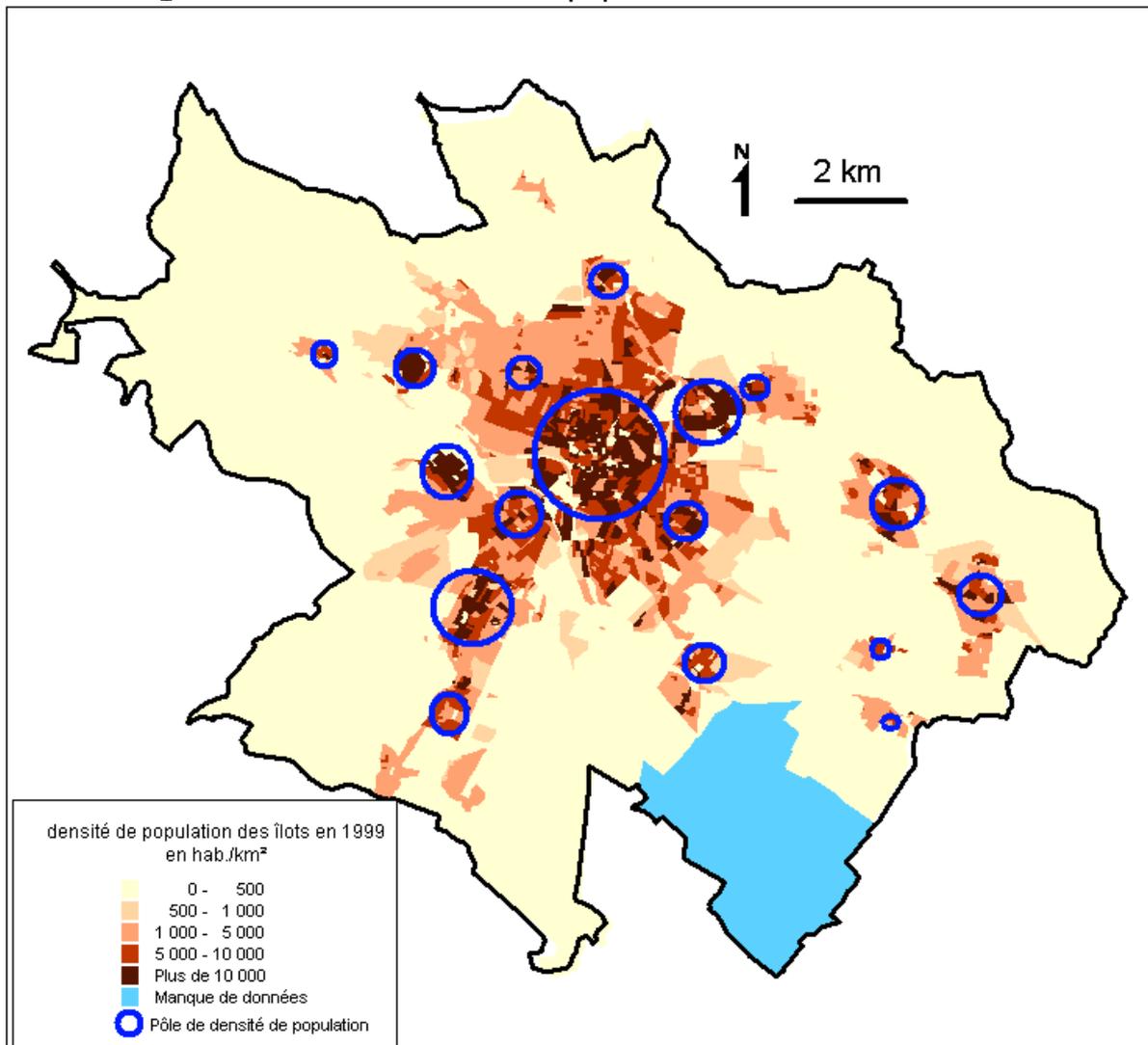


2.3) Les densités par îlots : une description de la morphologie urbaine

2.3.1) Généralité sur les densités

Les densités de population nous permettent d'approcher la morphologie urbaine et de dégager les zones d'activités.

Figure 32 : Pôles de densité de population des îlots en 1999



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

Sans grande surprise, la densité semble décroître du centre vers la périphérie. Cela donne aux espaces bâtis une disposition plus ou moins concentrique à l'exception de quelques zones s'étirant le long de grandes infrastructures.

Ce sont ainsi quelques radiales qui vont diffuser les densités dans certaine direction plus que d'autres.

Une première direction apparaît très nettement dans la partie sud-ouest le long de la N74, s'effilochant à mesure que l'on s'éloigne des espaces centraux. On retrouve ce type d'organisation, mais moins marquée, vers Saint-Apollinaire, ainsi que Longvic ou Talant. On pourrait également reconnaître une

avancée plus ou moins prononcée dans la partie nord, en direction du nouveau quartier de la Toison d'Or.

Même si l'on observe une certaine continuité du bâti, il peut arriver que l'on trouve des villages ou des villes isolés du reste du tissu urbain.

C'est le cas de Quetigny ou Chevigny-Saint-Sauveur qui se trouvent légèrement décentrées à l'Est du centre de l'agglomération. Cette même remarque peut être faite pour des communes plus petites, mais faisant tout de même partie de l'ensemble urbain : ces villages sont au nombre de sept : Sennecey-les-Dijon, Neuilly-les-Dijon, Ahuy, Perrigny-les-Dijon et Plombière-les-Dijon, ce qui donne à l'agglomération un visage moins compact que ce que l'on aurait pu penser.

Intéressons nous à présent aux valeurs prises par les densités au niveau le plus fin.

La première remarque évoque le centre qui reste incontestablement le pôle principal de densité au niveau de ses valeurs, mais aussi et surtout de sa taille : les densités de population sont extrêmement forte dans une aire de près de 13 km² couvrant le centre historique mais également la totalité du péricentre allant des faubourgs (Saint-Nicolas au Nord, Saint-Bernard au Nord-Ouest, Guillaume à l'Ouest, d'Ouche au Sud-Ouest, Saint-Pierre au Sud-Est et enfin Saint-Michel à l'Est) aux quartiers pavillonnaires des années 30 où les densités sont certes plus faibles, mais restent en moyenne tout de même supérieures à 10 000 hab./km². A l'intérieur de cet ensemble relativement vaste, s'établit un gradient centre-périphérie. Néanmoins, si l'on regarde de plus près ces densités, principalement au centre de l'agglomération et plus précisément au centre du cœur historique, on constate l'existence d'un cratère de densité tel qu'envisagé par NEWLING (1969), ce qui peut nous conduire à envisager un profil de type quadratique dans la suite de notre étude.

Pourtant, au-delà de cette distance radiale de 2.5 km, la logique centre-périphérie n'est plus aussi nette, car l'on constate l'émergence de pics de densité situés pour la plupart vers 3.5, 4 km du centre. Les densités y sont certes plus ponctuelles, mais les valeurs excèdent parfois 20 000 à 30 000 hab./km². On peut alors distinguer les pics principaux des pics secondaires et isolés:

- les pics principaux sont au nombre de 4 : Belvédère de Talant , Fontaine d'Ouche, Chenôve et les Grésilles. Les concentrations de ces zones sont très importantes même si elles restent ponctuelles. Il s'agit des grands ensembles des années 1960.
- les pics secondaires ont des valeurs nettement plus faibles, et sont encore plus ponctuels que les pics principaux. Les densités n'y dépassent que rarement les 10 000 hab./km² . Ces pôles sont au nombre de 4 : centre de Fontaine-les-Dijon, Toison d'Or, quartier Eiffel et quartier Université.
- les pics isolés où les densités sont nettement plus faibles mais qui forment tout de même des îlots de fortes densités par rapport à l'espace environnant. Il s'agit de noyaux d'anciens villages : Longvic, Plombière-les-Dijon, Marsannay-la-Côte, Sennecey-les-Dijon et Neuilly-les-Dijon. A cela il convient d'ajouter les deux exceptions de Quetigny et Chevigny-Saint-Sauveur qui ont également un ancien noyau villageois autour duquel se sont développés des grands ensembles, ainsi à Quetigny, ou un bâti plus mixte comme à Chevigny-Saint-Sauveur.

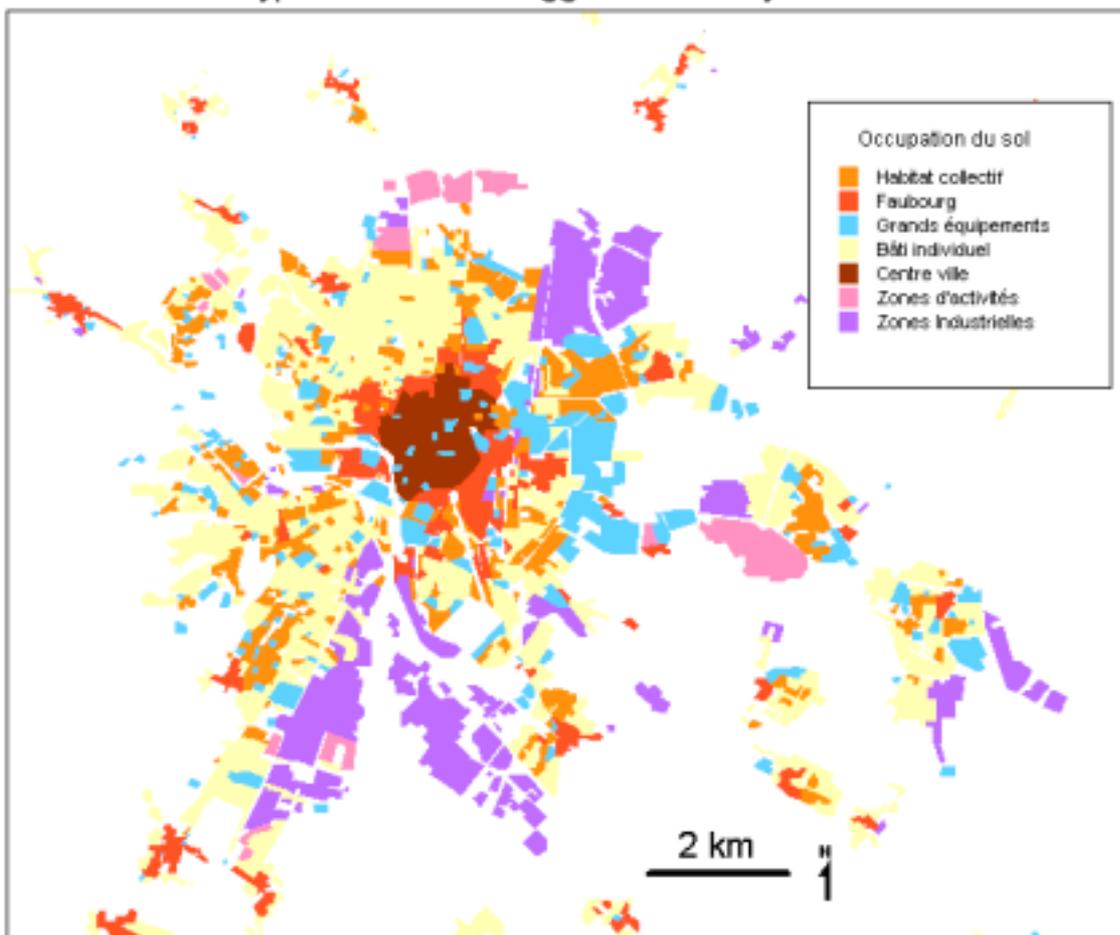
Les densités de population nous permettent ainsi d'approcher la morphologie urbaine : il se dégage alors une certaine opposition entre des espaces dits centraux suivant une logique centre-périphérie assez nette jusqu'à 2.5 ou 3 km du centre, et d'autres zones moins structurées dotées de pics de densités plus ou moins importants, ce qui perturbe la logique globale. Comment l'expliquer, si ce n'est par un zonage plus important des activités et du type d'habitat dans les espaces situés au-delà de 3.5 km du centre.

Cette opposition entre les espaces centraux et les espaces périphériques n'est pas nouvelle puisque D.LEGRAS⁴⁸ (1978) séparait déjà le péricentre et le centre ville de la deuxième couronne.

2.3.2) La partie centrale

Ces espaces se divisent en deux sous catégories : le centre ville et le péricentre.

Figure 33 : Types de bâti dans l'agglomération dijonnaise



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

Le centre ville d'un rayon approximatif de 500 m résulte d'un processus de densification interne à l'abri des anciens remparts antérieurs au XIX^{ième}. L'espace central devient alors le lieu de fortes densités de population oscillant en 1978 entre 10 000 et 13 000 hab./km².

Le plan suit une trame médiévale, au tracé sinueux hérité de la ville des XIII^{ième} et XIV^{ième} siècles. Encore aujourd'hui, les rues permettent de distinguer les contours de l'ancien castrum vers la place de la Libération.

Autour de ce noyau, est venu se greffer le tissu de la Renaissance, plus régulier avec un souci de décor. La trame est plus orthogonale (en particulier dans la partie ouest du centre ville et au Nord-Ouest).

⁴⁸ *L'espace urbain : ses grandes divisions* in *Cahier de Géographie de Dijon* N°7 pp36-76

L'ensemble forme ce que l'on a coutume de qualifier le « secteur sauvegardé » où le patrimoine est mis en valeur (ravalement), et quelques immeubles rénovés ou restaurés.

Les densités sont relativement homogènes compte tenu de l'importance des commerces et administrations. Aujourd'hui, même si un certain nombre d'activités ont été déconcentrées dans le reste de l'agglomération, les administrations ont conservé leur place au cœur du centre historique, ce qui n'a modifié que quelque peu la répartition des densités de population.

Au-delà de la distance de 1 km, on entre dans le péri-centre où les densités en 1978, étaient plus faibles. Il s'agit d'un espace plus hétérogène où se mêlent habitat individuel et collectif. Il résulte de l'extension de la ville du XIX^{ième} siècle et de la croissance de la première moitié du XX^{ième} siècle.

Organisé autour de grandes radiales, l'espace oppose des secteurs plus denses et des espaces plus aérés. Les secteurs de forte densité se sont développés au cours du XIX^{ième} siècle et de la première moitié du XX^{ième} siècle. Ils se présentent comme des appendices dissymétriques centrés sur les grandes radiales de l'agglomération dijonnaise. Entre ces zones émergent des ensembles moins homogènes, et surtout nettement moins denses. Alors que les zones de fortes densités sont constituées d'un mélange d'habitat, immeubles alignés et continus le long des rues ainsi que d'anciens bâtiments industriels, les secteurs de faible densité sont constitués d'un bâti plus diversifié : on trouvera à la fois des secteurs de villas pavillonnaires et des petits collectifs. A cela s'ajoute de grands équipements qui font décroître les densités de population : Palais des sports, Parc des expositions, patinoire ou hôpital général, ANPE, centre spécialisé de la Chartreuse.

2.3.3) La deuxième couronne

La deuxième couronne est mieux structurée que la précédente, avec une très forte ségrégation du bâti.

En premier lieu, on trouve les zones commerciales et les zones industrielles au nombre de quatre.

La zone industrielle de Longvic est la plus ancienne. Datant de 1958, elle regroupe en 1978, essentiellement des industries mécaniques, électriques et électroniques. Encore relativement limitée à cette date, elle est aujourd'hui assez étendue s'étirant le long de la D 996.

La seconde zone d'activités de Chenôve (1963) suit une direction Nord-Sud parallèle à la N 74. Depuis 1978, elle s'est largement étendue plus au Sud, et a été complétée par la zone Acti-sud de Marsannay-la-Côte où les activités sont plutôt de nature commerciale.

A la fin des années 60, s'est également développée une nouvelle zone industrielle au Nord Est de Dijon. Elle sera complétée plus tard par une nouvelle zone d'activité vers Saint-Apollinaire en 1971 sous la forme d'une ZAC. Elle se développe assez rapidement et aujourd'hui est une des plus importantes zones industrielles de Dijon.

A partir de 1973, Carrefour s'installe à Quetigny dans une zone commerciale que l'on appellera Grand Marché Quetigny.

Le milieu des années 70, voit l'aménagement de deux nouvelles zones : une zone d'activité artisanale et une zone industrielle (1976) à Chevigny-Saint-Sauveur.

Enfin, et c'est la plus récente, la Toison d'Or s'est dotée de deux zones d'activités : une zone artisanale et de service ainsi qu'un parc technologique, et une deuxième zone artisanale à Ahuy.

En dehors de ces zones, on trouve deux types d'habitat : les grands ensembles collectifs et des zones pavillonnaires. Ces dernières représentent l'essentiel de l'habitat en périphérie. Il s'agit généralement

d'un tissu urbain plus lâche que le pavillonnaire des années 1930 mais moins aéré que celui des communes périurbaines. Les densités y restent par conséquent relativement élevées (entre 500 et 5 000 hab./km²).

A côté de cela, on trouve les grands ensembles des années 1960 construits rapidement, aux densités extrêmement fortes. Enfin, et c'est le dernier constituant des périphéries dijonnaises, il existe de grands équipements qui font parfois suite à ceux du péricentre : Universités, Lycées, Gendarmerie.

3) Analyse quantitative des densités de population

L'étude monocentrique la plus élémentaire des agglomérations nécessite l'usage d'un centre, sans lequel il est impossible de mesurer les distances. Nous proposons une méthode de vérification de l'emplacement du centre utilisant des outils géométriques : les barycentres.

3.1) Le centre ville reste-t-il le cœur de l'aire urbaine? Où placer le centre ?

3.1.1) Définition géométrique de l'iso-barycentre du pôle dijonnais

En géométrie, on a coutume de distinguer ce que l'on appelle le centre de gravité ou iso-barycentre, du barycentre forme généralisée et pondérée par des coefficients du centre de gravité. Le centre de gravité se définit généralement par le point G remplissant la condition suivante dans l'hypothèse où il n'existe que trois points A, B et C. La figure 34 illustre la position prise par G

$$\vec{GA} + \vec{GB} + \vec{GC} = \vec{0} \quad (22)$$

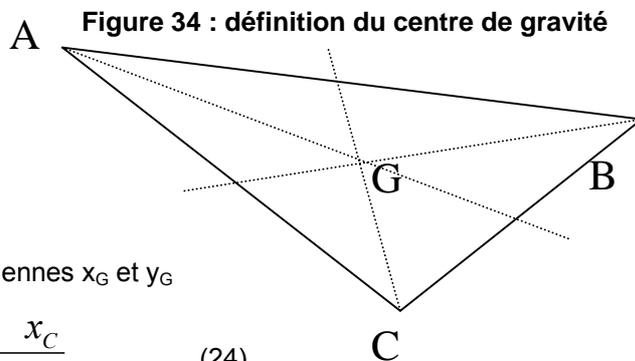
ou en introduisant par la relation de Chasles le point d'origine O

$$\vec{OG} = \frac{\vec{OA} + \vec{OB} + \vec{OC}}{3} \quad (23)$$

On peut alors définir des coordonnées cartésiennes x_G et y_G

$$\left\{ \begin{array}{l} x_G = \frac{x_A + x_B + x_C}{3} \end{array} \right. \quad (24)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} y_G = \frac{y_A + y_B + y_C}{3} \end{array} \right. \quad (25)$$



A présent, il est possible de généraliser les deux relations précédentes dans l'hypothèse où il existe n points soit :

$$\left\{ \begin{array}{l} x_G = \frac{x_{A1} + x_{A2} + \dots + x_{An}}{n} \end{array} \right. \quad (26)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} y_G = \frac{y_{A1} + y_{A2} + \dots + y_{An}}{n} \end{array} \right. \quad (27)$$

Ces relations permettent de déterminer dans un repère (O, i, j) les coordonnées en x et en y du centre de gravité d'un ensemble de points. En considérant le système Lambert II carto comme un repère, il devient possible de définir, grâce à un ensemble de points, les coordonnées de leur centre de gravité ou leur centroïde. Pourtant, le point G peut ne pas être représentatif, dans la mesure où sa position dépend uniquement de l'emplacement des autres points et, ainsi, ne fait pas intervenir la masse des différents éléments. C'est pourquoi, plutôt que d'utiliser le centre de gravité, nous proposons de prendre le barycentre.

3.1.2) Définition du barycentre

Le barycentre peut être défini comme un centre de gravité pondéré par des masses (emploi, population...). Dans un triangle, le centre de gravité se situe à l'intersection des bissectrices (figure 34), le barycentre, quant à lui, n'a pas de position unique et son emplacement dépend du poids de chaque point. Plus importante est la masse d'un point par rapport à un autre, plus proche de lui sera le barycentre. La notation la plus courante pour définir un barycentre est la suivante :

G barycentre (A, α) (B, β) et (C, γ), ce qui signifie que G est le barycentre de A affecté de α , B affecté de β et C affecté de γ . L'expression vectorielle suivante, généralisation de (22), permet de placer le barycentre :

$$\alpha \overrightarrow{GA} + \beta \overrightarrow{GB} + \gamma \overrightarrow{GC} = \vec{0} \quad (28)$$

La relation de Chasles permet d'introduire l'origine O dans (28) :

$$\alpha \overrightarrow{GO} + \alpha \overrightarrow{OA} + \beta \overrightarrow{GO} + \beta \overrightarrow{OB} + \gamma \overrightarrow{GO} + \gamma \overrightarrow{OC} = \vec{0}$$

$$\text{soit : } \overrightarrow{OG} = \frac{\alpha \overrightarrow{OA} + \beta \overrightarrow{OB} + \gamma \overrightarrow{OC}}{\alpha + \beta + \gamma} \quad (29)$$

Les coordonnées du barycentre des trois points (a, α), (B, β) et (C, γ) sont de ce fait :

$$\begin{cases} x_G = \frac{\alpha x_A + \beta x_B + \gamma x_C}{\alpha + \beta + \gamma} & (30) \\ y_G = \frac{\alpha y_A + \beta y_B + \gamma y_C}{\alpha + \beta + \gamma} & (31) \end{cases}$$

En étendant le nombre de sommet à n points, il est possible de généraliser les relations (30) et (31), ce qui nous donne deux expressions relativement proches de (26) et (27).

$$\begin{cases} x_G = \frac{\alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n} & (32) \end{cases}$$

$$\begin{cases} y_G = \frac{\alpha_1 y_1 + \alpha_2 y_2 + \dots + \alpha_n y_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n} & (33) \end{cases}$$

En quoi le barycentre permet t-il de tester le poids du centre ville ? Pour répondre à cette question, nous devons tout d'abord faire référence à l'origine de la forme, autrement dit le noyau de la ville, son centre historique. Considérer le centre de gravité de ce dernier comme le point de référence, tout du moins dans les villes européennes, n'est pas faux.

Envisageons alors deux cas :

- dans le premier, le barycentre n'est pas confondu avec le centre de gravité, ce qui signifie que les populations périphériques l'emportent sur celles de l'agrégat central, le barycentre sera plus proche des masses de population les plus importantes.
- dans un second cas de figure, le barycentre est très proche du centre de gravité du cœur historique ; deux situations peuvent être à l'origine de ce phénomène :
 1. les populations du noyau central l'emportent très largement sur le reste de l'espace, ce qui fait que le barycentre se situe au centre et non en périphérie. Le cœur historique domine l'ensemble de l'espace urbain : la ville dispose d'un centre ville relativement puissant.
 2. les populations du noyau central attirent à elles le barycentre et des pôles secondaires de même importance existent en périphérie et forment entre eux une figure géométrique quasi-parfaite ayant comme point de symétrie le centre de gravité du cœur historique. En conséquence, le barycentre correspond à ce point central, même si l'hypothèse monocentrique n'est pas viable.

De ces deux hypothèses, il est extrêmement rare que la seconde soit pleinement réalisée, et ainsi l'obtention d'un barycentre confondu avec le centre de gravité du noyau historique sera plutôt le signe d'une forte concentration dans le centre ville.

Voyons à présent ce qu'il en est pour l'aire urbaine dijonnaise.

3.1.3) Application à l'aire urbaine dijonnaise.

Pour commencer, essayons de définir *a priori* un centre pouvant être considéré comme le cœur du CBD de Dijon, si tant est que la ville en ait un. Nous proposons de retenir le centre de gravité du cœur historique de la ville centre. Pour cela, on choisit les quatre I.R.I.S. qui composent le centre historique et l'on effectue un assemblage de ces polygones. Il devient alors facile d'obtenir les coordonnées de centre de gravité du noyau central. Ce point se situe approximativement devant la mairie, place de la Libération. Cette position peut de ce fait être considérée comme centrale de l'agglomération. Un barycentre confondu avec ce dernier serait le signe que le choix de ce point n'est pas une erreur.

En utilisant les expressions (32) et (33), nous analyserons dans un premier temps l'évolution de la position du barycentre de chaque recensement, ainsi que l'écart qui peut exister avec le centre fixé *a priori*. Le déplacement du barycentre entraîne-t-il un accroissement de l'éloignement par rapport au centre ? Quel peut être la signification en terme de morphologie ?

Dans un premier temps, pour chaque date (1954, 1975, 1982, 1990 et 1999) et ce pour l'ensemble des communes de l'aire urbaine dijonnaise, on calcule par l'intermédiaire du SIG, les coordonnées en X des centres de gravité des différentes communes puis les coordonnées en Y selon les deux expressions :
CentroidX(obj) CentroidY(obj)

Parallèlement, on dispose des données de population pour chaque date. L'ensemble est ensuite exporté sous EXCEL pour réaliser le calcul des coordonnées du barycentre.

La première opération consiste à multiplier la population par les coordonnées en X pour l'ensemble des communes de l'aire urbaine dijonnaise. On effectue la même opération pour les coordonnées en Y.

On procède alors à une addition des facteurs $\alpha_n x_n$ (population*centroidX(obj)) puis des facteurs $\alpha_n y_n$ (population*centroidY(obj)). On ajoute ensuite toutes les populations ($\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n$). Il suffit de diviser la somme des facteurs $\alpha_n x_n$ par la somme des populations pour obtenir les coordonnées en X du

barycentre et la somme des facteurs $\alpha_n \gamma_n$ par la somme des populations pour trouver les coordonnées en Y du barycentre.

A chaque date correspond un barycentre renseignant sur l'organisation des populations au sein de l'aire urbaine dijonnaise.

Ce travail effectué pour les cinq dates, on peut suivre l'évolution de la répartition des populations.

Il apparaît alors que le barycentre de l'aire urbaine dijonnaise, quelle que soit la date, ne se situe pas au même emplacement que notre centre fixé *a priori*, ce qui tend à prouver que notre choix est moyennement satisfaisant au niveau de l'aire urbaine. Néanmoins, l'éloignement de ce point placé au cœur du centre historique (899 m) est assez faible, et confirme l'idée d'une concentration de la population autour d'un point central (par exemple la place de la mairie de Dijon). Il est tout de même bon de noter qu'à cette échelle (la maille communale), le calcul du barycentre est fortement contestable, car les communes sont réduites à leur centre de gravité. Or, la surface communale est loin d'être un point.

En dépit de ces imprécisions, on trouve un barycentre extrêmement proche de notre point initial, ce qui reste assez performant à cette échelle.

D'un point de vue évolutif, on constate le déplacement du barycentre vers l'Est et, en conséquence, un éloignement de ce point par rapport au centre du cœur historique (899m en 1954, 971m en 1975, 1.041 km en 1982, 1.175 km en 1990 et enfin 1.268 km en 1999). Cela s'explique par la croissance spectaculaire de l'Est dijonnais et, en particulier, les communes de Quetigny ou Chevigny-Saint-Sauveur. Le déplacement s'effectue également vers le Sud, soulignant ainsi la croissance de communes urbaines comme Longvic ou Marsannay-la-Côte. Notons que cette évolution n'est observable que depuis 1982 et semble s'interrompre entre 1990 et 1999.

En somme, la croissance des communes du Sud et de l'Est dijonnais ont eu pour effet d'accélérer la déconcentration des populations et d'accroître ainsi la périphérisation des populations. Même si elle reste de mise à l'échelle de l'aire urbaine, la concentration tend tout de même à s'amenuiser entre 1954 et 1999.

Essayons à présent de voir, à des niveaux plus fins, les I.R.I.S., ou les îlots, si le barycentre se rapproche du centre de gravité du pôle historique.

On utilise la même méthode que précédemment mais en employant des objets plus fins : les îlots et les I.R.I.S..

Commençons par un calcul au niveau des I.R.I.S. en conservant la totalité de l'aire urbaine dijonnaise. Le barycentre apparaît alors extrêmement éloigné de notre centre de gravité du secteur sauvegardé ; la distance séparant les deux points est de 1.538 km au Sud-Est, ce qui est probablement dû à la présence d'I.R.I.S. relativement peuplés dans toute cette partie, à la fois au cœur de la COMADI mais également, et certainement bien plus, dans le reste de l'aire urbaine.

En fait, si l'on désire tester la configuration urbaine, on doit se référer principalement à la partie la plus centrale de l'aire urbaine et non plus à l'ensemble de la zone considérée ; de ce fait, recalculer le barycentre seulement à partir des I.R.I.S. de la COMADI nous donne de meilleurs indices sur l'organisation de l'espace urbain.

Figure 35 :

Déplacement du barycentre de l'aire urbaine dijonnaise entre 1954 et 1999

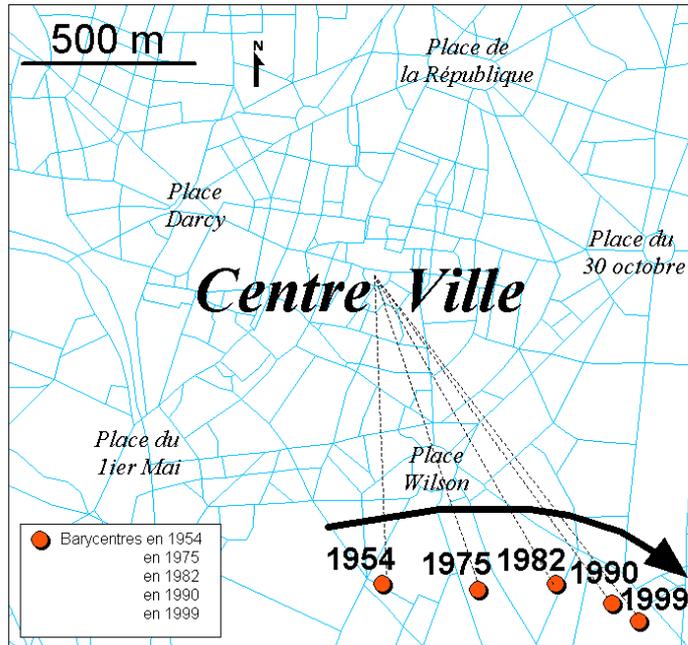
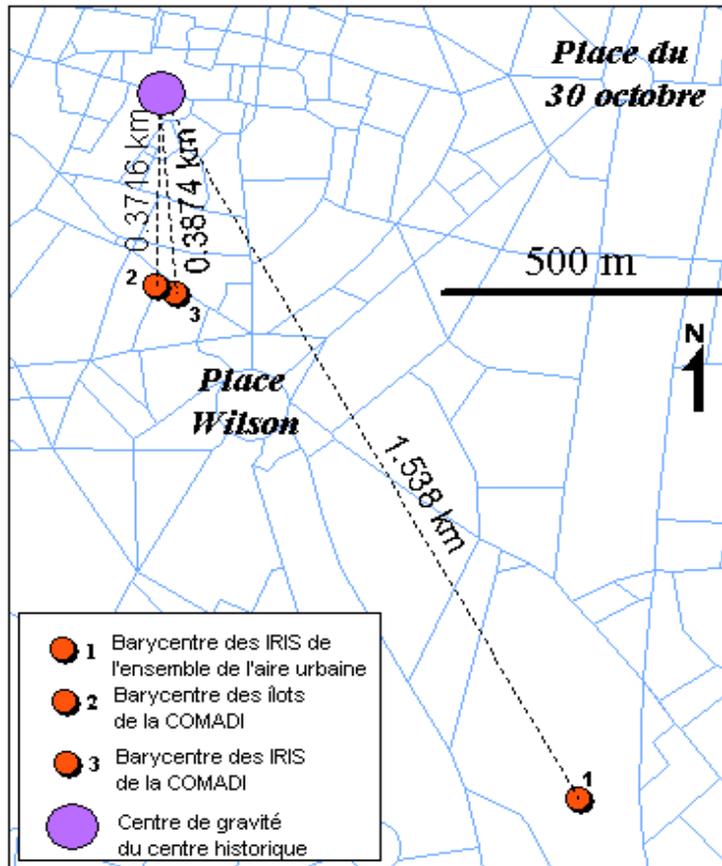


Figure 36 :

Barycentre au niveau des IRIS et des îlots



On obtient alors un point qui n'est plus aussi éloigné du centre de gravité, ce qui tend à prouver que le centre ville conserve un certain poids au sein de l'ensemble de l'espace urbain. La distance séparant ce point du cœur fixé *a priori* n'est que de 387m, ce qui est extrêmement faible au niveau de l'agglomération.

Confirmons à présent ce résultat en recalculant les coordonnées du barycentre des îlots : ce point n'est éloigné que d'une dizaine de mètres du précédent, et se situe à 371 mètres à vol d'oiseau de notre centre de gravité. Cela conforte notre précédent résultat et nous permet de conclure en disant que le choix de la place de Libération comme centre de la COMADI est assez satisfaisant dans un contexte de forte concentration autour du centre historique.

Pour la suite de notre étude, nous proposons donc de conserver cette position centrale comme cœur de l'espace urbain.

3.2) Les modèles monocentriques et Dijon.

Bien que la carte des densités de population par îlots laisse augurer l'existence d'un modèle polycentrique, nous proposons de tester les modèles monocentriques les plus courants. Dans un premier temps nous avons opté pour les calculs de densité au niveau des I.R.I.S. pour l'aire urbaine, puis nous nous sommes intéressés à un niveau plus fin, aux îlots mais dans l'espace de la COMADI.

3.2.1) Les densités de l'aire urbaine dijonnaise

Notre méthode s'appuie sur les calculs géographiques de la densité et de la distance. Nous avons donc commencé par calculer la surface de chaque objet par la fonction : $area(obj)$, « km », puis la distance selon l'expression : $distance(xG,yG,centroidX(obj),centroidY(obj))$, « km » pour évaluer la distance séparant les centroides des I.R.I.S. du centre de gravité G.

La table, exportée sous EXCEL, nous permet d'obtenir une liste d'I.R.I.S. pour lesquels on dispose en abscisse des distances au centre et en ordonnées des densités de population. Le nuage de point ne fait *a priori* pas ressortir de relation d'ordre linéaire, mais plutôt de nature exponentielle. Pour synthétiser l'information, il nous a fallu calculer les moyennes des densités par pas de 0.5 km entre 0 et 10 km puis par pas de 1 km ensuite.

Comme on l'a vu dans le chapitre précédent, CLARK a pu tester la relation exponentielle négative au niveau des agglomérations. Voyons si Dijon suit cette logique. Pour cela, nous utiliserons la régression exponentielle suivant l'expression (9).

Il suffit par conséquent de calculer le logarithme naturel de la densité, et de le mettre en relation avec la distance au centre pour obtenir la figure 37 :

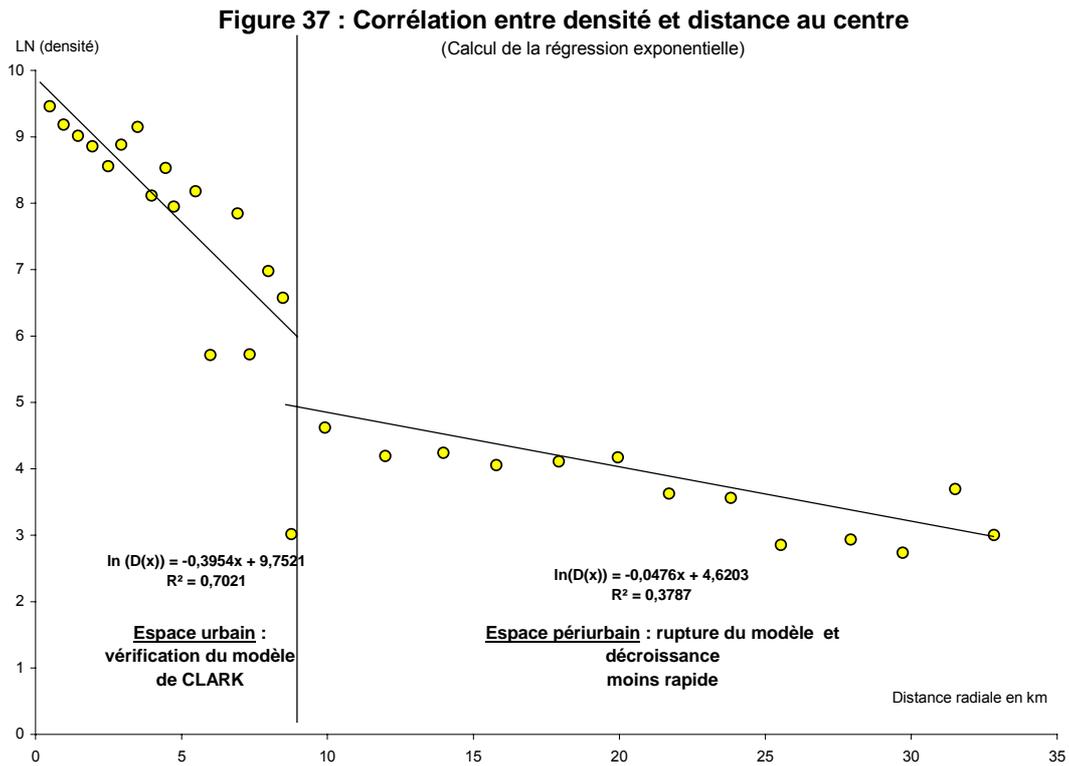
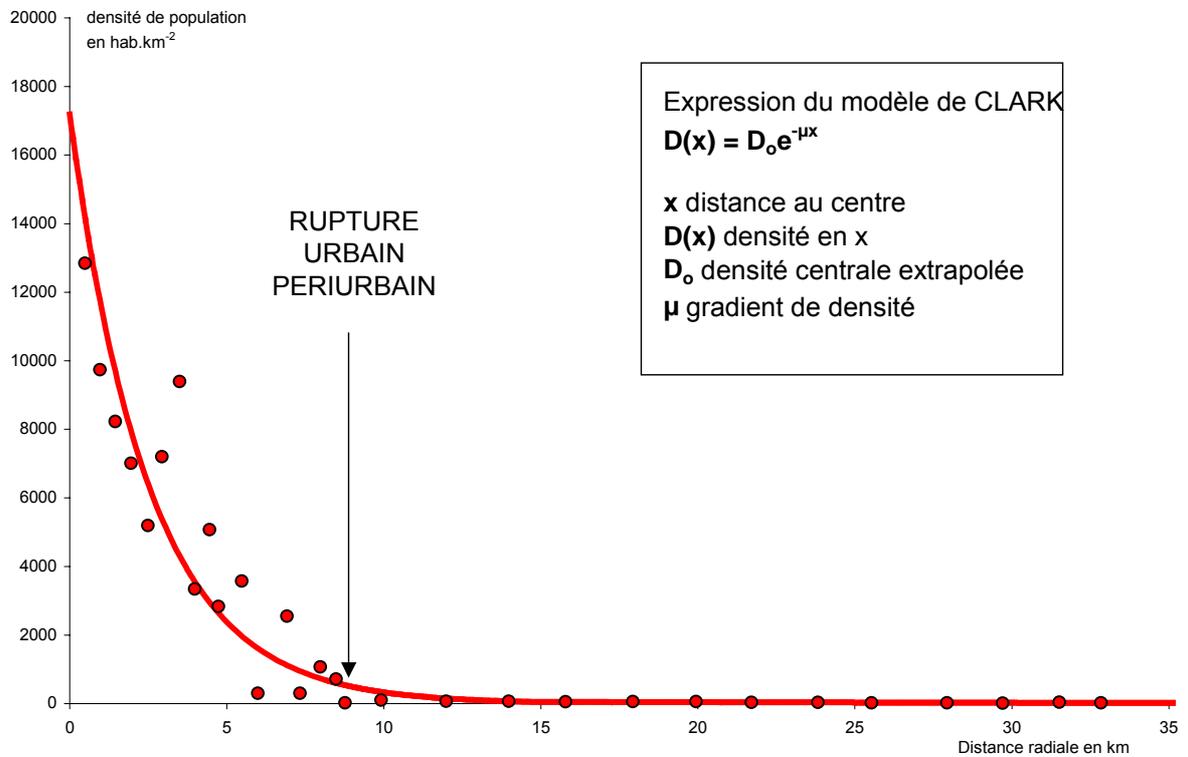


Figure 38 : Densité de population

(fonctions de CLARK)



Si CLARK a pu montrer l'existence d'une décroissance exponentielle de la densité en fonction de la distance au centre, il ne s'est pas intéressé à l'espace périurbain. Or, il semble exister une certaine rupture entre les deux milieux, repérable pour Dijon aux alentours de 7, 8 km du centre ville.

En deçà, les densités correspondent à une régression exponentielle dont le coefficient de détermination paraît tout à fait satisfaisant (0.7021). Au-delà, les densités ont une pente nettement plus faibles et surtout un coefficient de détermination assez médiocre (0.3787).

Dans le détail, la pente des densités est relativement forte entre 0 et 8 km puisque le coefficient γ est de l'ordre de 0.4. Parallèlement, la densité extrapolée au centre est de l'ordre de $exp(9.7521) = 17190.29$.

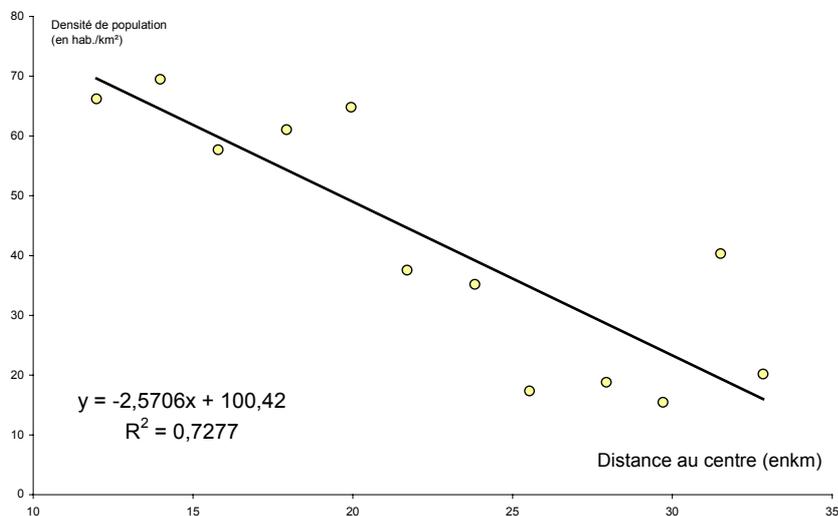
Au-delà, il devient plus difficile de parler de pente et de régression exponentielle, compte tenu de la faiblesse du coefficient de détermination. En somme, il semble exister un gradient centre-périphérie mais bien moins marqué qu'en milieu urbain, ce qui donne une fonction exponentielle bien plus aplatie.

La figure 37 permet alors d'identifier une double régression, soit deux fonctions exponentielles négatives : une première permet facilement d'identifier le milieu urbain, et une seconde le milieu périurbain.

Si l'hypothèse de CLARK semble validée en regard des données pour le milieu urbain, il en est tout autrement pour le périurbain où l'on pourrait, au lieu d'utiliser une régression exponentielle, opter pour une simple régression linéaire.

Le graphique suivant, présentant les densités de population en fonction de la distance au centre, permet de mettre en évidence une relation beaucoup plus significative, avec un coefficient de corrélation qui dépasse cette fois-ci 0.70, en prenant comme données les densités de population entre 10 et 35 km du centre de l'agglomération.

figure 39 : Corrélation linéaire entre distance au centre et densité de population



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

En conclusion, les densités de population au sein de l'aire urbaine dijonnaise répondent à une double logique :

- une première est le fait de l'espace urbain, où la décroissance est rapide et suit une évolution radiale de type exponentiel.
- une seconde est nettement plus lente en milieu périurbain, où les densités de population décroissent de manière non plus exponentielle mais linéaire.

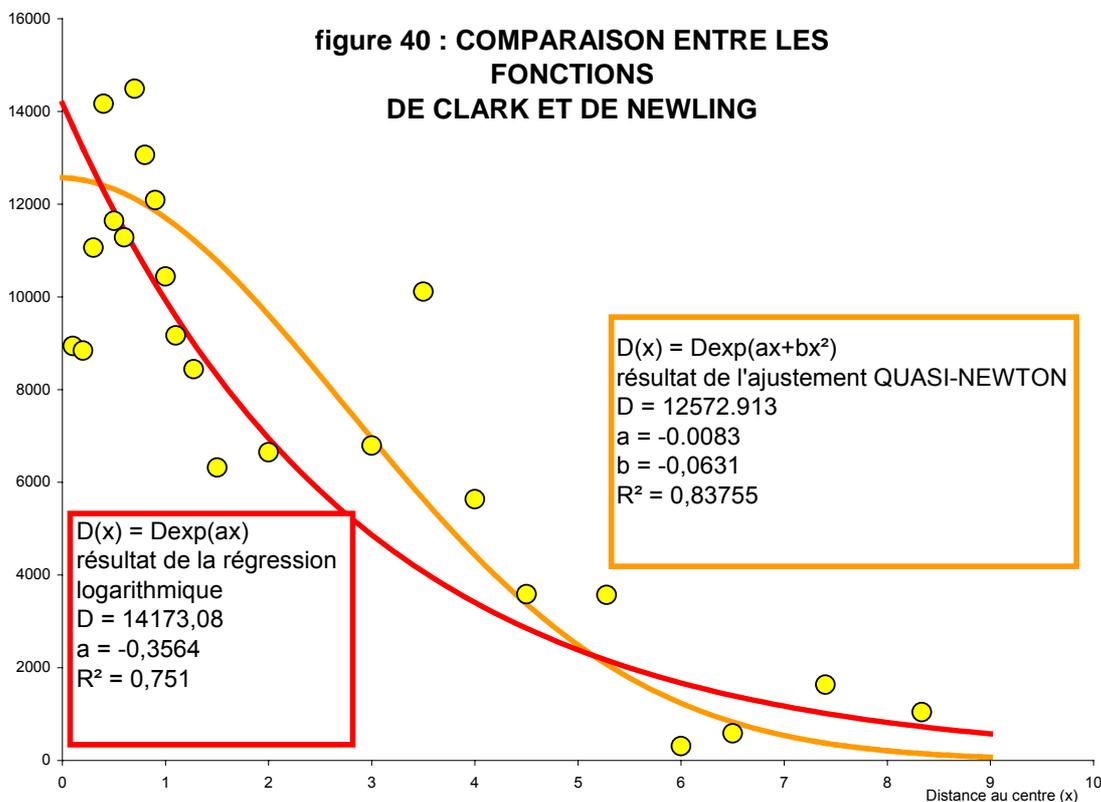
- entre les deux, existe un saut quantitatif quand on passe de densités de type urbain, supérieures à 200 hab.km⁻², à des densités plutôt de type rural quand seul le village concentre les populations, et qu'il subsiste une majorité d'espaces non-bâties.

Voyons à présent à un niveau plus fin, celui des îlots, comment s'organisent les densités, et si le modèle de CLARK est le mieux adapté pour le milieu strictement urbain ?

3.2.2) La logique de CLARK pour l'agglomération dijonnaise ?

Nous avons utilisé la même méthodologie que pour les parties précédentes en calculant ainsi des moyennes par couronne mais au niveau des îlots et non plus des I.R.I.S.. Les résultats sont de ce fait bien plus précis, et permettent de mettre en évidence des logiques que l'on aurait laissé passer à des échelles plus petites.

Nous commencerons tout d'abord par envisager l'hypothèse de CLARK, puis nous verrons que cette dernière semble *a priori* moins pertinente que ce que NEWLING avait pu proposer.



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

La première possibilité est donc de considérer comme valide le modèle de CLARK. En conséquence, le logarithme des densités suit une logique de type linéaire, permettant une régression dont les coefficients nous sont donnés dans le graphique précédent.

On le voit bien, l'investigation à des niveaux plus fins permet de corriger des erreurs que l'on a pu faire au niveau des I.R.I.S.. En effet, la densité extrapolée au centre atteint près de 17 000 hab./km² avec les I.R.I.S. alors qu'elle n'est en réalité que de 14 173 hab/km². En somme, le calcul des moyennes de densité par couronne a eu pour effet de lisser l'ensemble des densités, donnant ainsi un profil bien moins irrégulier, se rapprochant davantage de la logique de CLARK.

La valeur du gradient de densité est assez proche de celle que l'on avait pu observer pour les grandes métropoles américaines : -0.34. Ce facteur, relativement faible, conduit à une décroissance des densités de population lente du centre vers la périphérie. La densité extrapolée, quant à elle, est en revanche assez forte. Il s'agit d'une des caractéristiques de la ville de Dijon : une agglomération relativement dense en son centre. Notons que dans le détail, et c'est une des limites du modèle de CLARK, les fortes densités de population approchant les 14 000 hab./km² ne décroissent pas de façon uniforme dans la réalité : les densités restent relativement fortes entre 0 et 1km avec des moyennes de 13 à 14 000 hab./km². Au-delà de cette limite, les densités décroissent alors lentement jusqu'à atteindre en moyenne 1500 hab./km² dans la grande périphérie (9 km).

3.2.3) Un compromis : le modèle de NEWLING

En somme, il semble se dégager une zone centrale où la pente de décroissance des densités de population est plus faible qu'ailleurs, ce que le modèle de CLARK n'est pas en mesure de produire. Toujours dans le sens de la critique, la pente des densités au-delà de 1 km est plus forte que ce que les données montrent, autrement dit la courbe reflète assez mal le profil des densités entre 2 et 5 km du centre. En se basant sur le coefficient de détermination R² de près de 0.75, et en le comparant au coefficient d'un ajustement non-linéaire de la fonction de NEWLING (annexe II), on pourra montrer que la seconde hypothèse est semble t-il plus adaptée aux données.

Pour Dijon, l'évaluation donne des valeurs *a* et *b* toutes deux négatives, ce qui implique que le modèle suit une logique intermédiaire entre le profil de TANNER SHERRAT et celui de CLARK. La densité centrale est plus faible que dans le cas précédent, et se présente alors bien plus comme une moyenne entre un minimum au centre, formant ainsi un très léger cratère à peine perceptible, et des densités maximales dans les faubourgs aux alentours de 14 000 hab./km². Le modèle classique de CLARK ne tient pas compte de ce creux de densité, et place de fait de très fortes densités dans la partie centrale, dépassant même le seuil de 14 000 hab./km², alors que la réalité montre des densités plus proches des 9 000 hab./km² au centre.

D'un point de vue plus statistique, il apparaît que l'estimation non-linéaire semble plus adaptée en regard du coefficient de détermination approchant les 0.84, c'est-à-dire près de 9 points au-dessus du modèle de CLARK.

3.3) Mise en évidence du polycentrisme des densités

Si les coefficients présentent des valeurs satisfaisantes, elles ne doivent pas masquer l'existence de multiples pics dans la périphérie dijonnaise. Avant de nous engager sur les modèles polycentriques à proprement parler, nous allons analyser les densités de population, toujours en fonction de la distance au centre, mais par grandes directions, ce qui permettra peut-être d'observer de fortes variations selon les directions et de mettre à jour le polycentrisme.

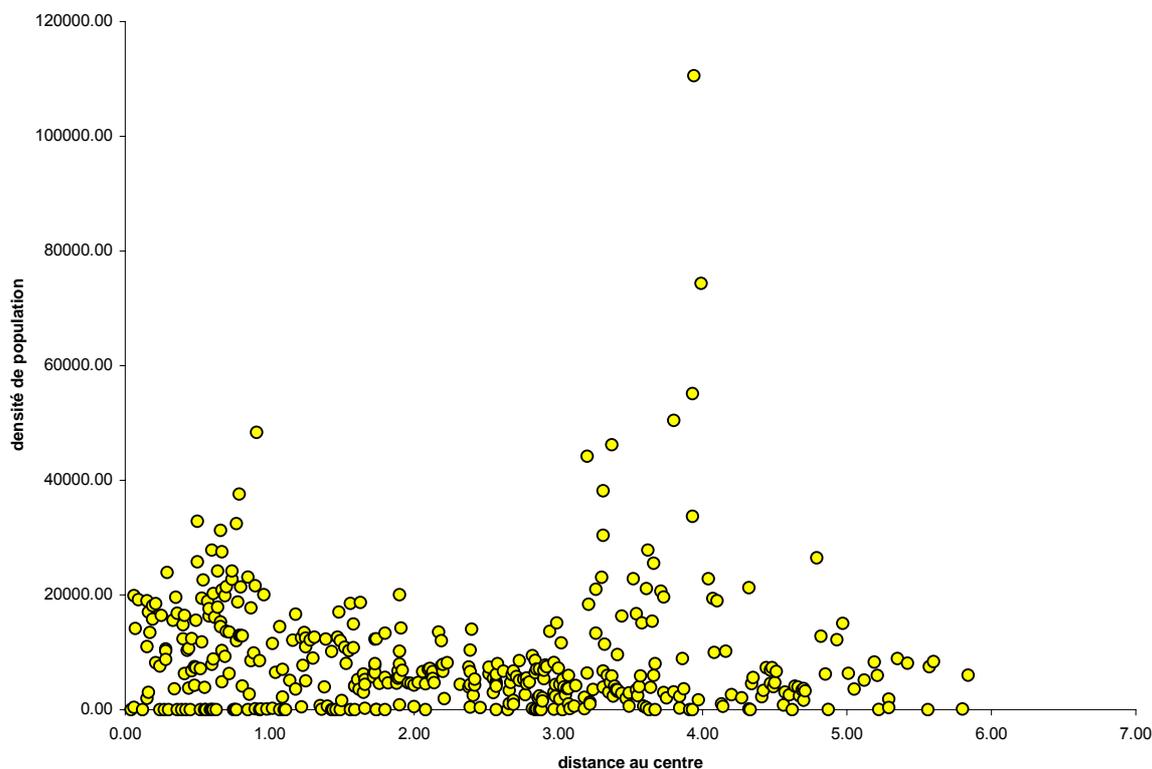
3.3.1) Les densités selon la direction centre ville-Chenôve

Nous avons, dans la couche ilot 99, tracé un trait reliant le centre ville au centre de la ZUP de Chenôve, puis, dans un second temps, nous avons utilisé l'outil *tampon* pour tracer une couronne de 1km autour du trait, ce qui nous a permis de définir une zone directionnelle.

Nous avons alors calculé la distance au centre pour chaque îlot en utilisant la fonction « distance ».

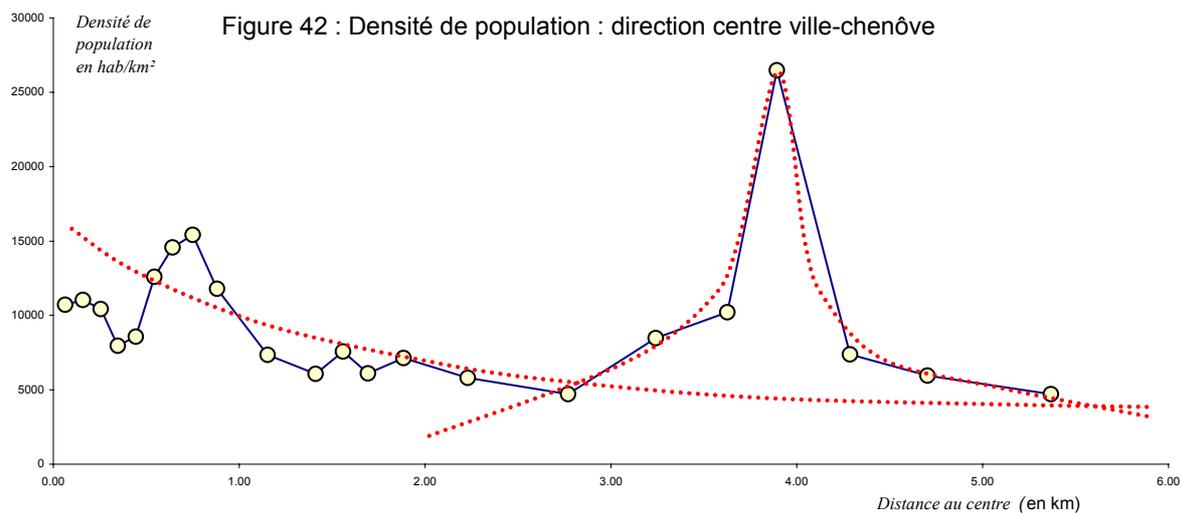
Par le biais d'une requête SQL multicouche, il nous a été possible ensuite de retenir l'ensemble des îlots se trouvant à l'intérieur de notre *buffer*. On extrait une couche ayant comme colonne la distance au centre, ainsi que la densité, base de données que l'on peut exporter sous EXCEL.

Figure 41 : Densité de population des îlots direction centre ville-chenôve



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

En représentant le nuage de point formé par la distance au centre en abscisse et la densité en ordonnée, il ne semble pas se dégager de logique significative, c'est pourquoi, tout comme nous l'avons fait pour le modèle de CLARK, nous avons opté pour le calcul de moyennes par pas de 100 m à proximité du centre, puis de 500 m à partir de 1.5 km.



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

On obtient un graphique qui permet de dégager un profil des densités de population.

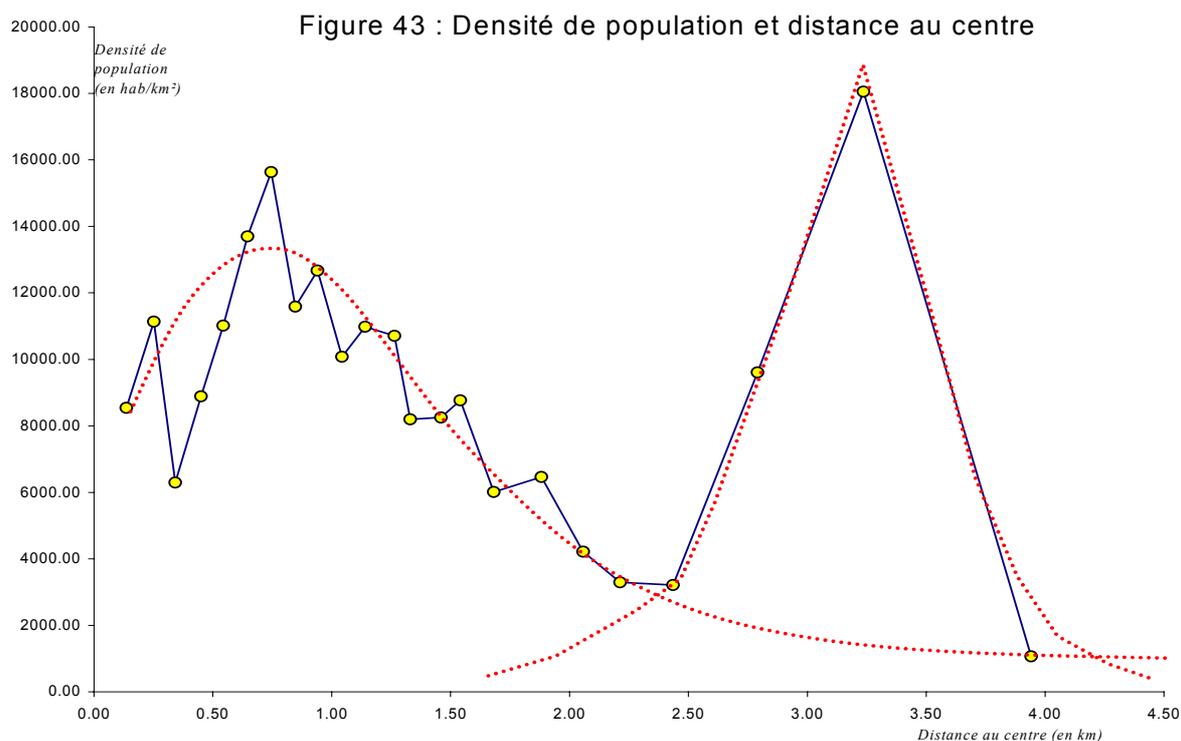
La relation entre distance au centre et densité de population met clairement en évidence un gradient centre-périphérie, fortement perturbé par un pic de densité autour de 4 km du centre. Ce qui conduit à une organisation bicéphale, rappelant celle de quelques grandes métropoles comme Dallas ou Phoenix ou même Tokyo.

En dehors de cette bipolarité, les densités semblent obéir à une logique centre périphérie contrôlée par un gradient probablement non-uniforme. Les densités ne croissent plus alors de façon exponentielle entre 0 et 1.5 km, mais suivent une toute autre logique probablement de nature asymptotique. Cette direction de la ville de Dijon, en dehors des pics locaux de densité, présente donc un profil de type NEWLING, et plus spécifiquement de nature TANNER-SHERRAT.

Voyons à présent si cette logique se reproduit pour les autres directions.

3.3.2) Les densités selon la direction centre ville-Fontaine d'Ouche

En utilisant la même méthode que pour la direction précédente, on met en évidence la logique qui prévaut pour ce transect de l'agglomération dijonnaise.



C.

ENault Laboratoire THEMA Dijon

Là encore, la ville de Dijon apparaît à nouveau plus polycentrique que monocentrique : il se dégage une structure à nouveau bicéphale, opposant le centre à une périphérie dotée de densités plus importantes. Le pic maximum est présent à 3.5 km du centre, avec des densités de l'ordre de 18 000 hab./km². Ces fortes densités ne sont pas si isolées, car c'est à partir de 2.5 km que les densités commencent à croître selon une logique probablement exponentielle.

Le reste de l'espace est caractérisé par un gradient centre-périphérie qui, à nouveau, n'est pas constant en fonction de la distance au centre. Il semble *a priori* que le profil de CLARK ne soit que très peu adapté aux densités de population dans cette direction. On constate la présence d'un cratère de densité entre 0 et 0.7 km du centre, ce qui correspond approximativement au centre historique. Les plus fortes densités du centre ville se situent de ce fait à 0.7, 0.8 km du centre et montent jusqu'à 16 000 hab./km², soit un gain de 6000 habitants par rapport au centre du centre historique. Au-delà de cette limite, les densités décroissent régulièrement selon un gradient relativement fort jusqu'à la distance de 2.5 km, distance à laquelle on peut à nouveau observer une nouvelle croissance des densités de population jusqu'au pic de 3.5 km.

3.3.3) Les densités selon la direction centre ville-Talant

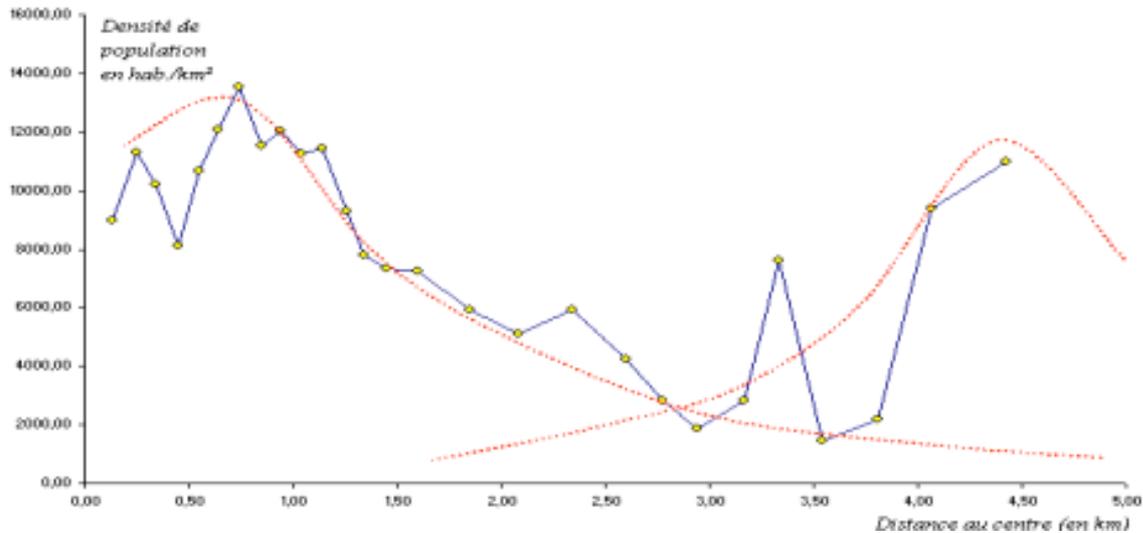
Cette variante confirme en gros les résultats des deux autres observations en montrant une structure toujours bicéphale qui oppose le centre ville et une périphérie aux fortes densités.

Tout comme nous l'avons noté, apparaît également un pic à une distance relativement lointaine du centre ville, c'est-à-dire approximativement vers 4.5 km où les densités avoisinent les 11 000 habitants.

Les plus fortes densités se situent, à l'inverse des deux situations précédentes, dans les faubourgs de Dijon qui atteignent des valeurs de 12 000 à 14 000 hab./km².

Dans l'hypercentre, les densités sont, là encore, plus faibles que dans les faubourgs et oscillent entre 8000 et 10 000 hab./km²

Figure 44 : Densité de population et distance au centre

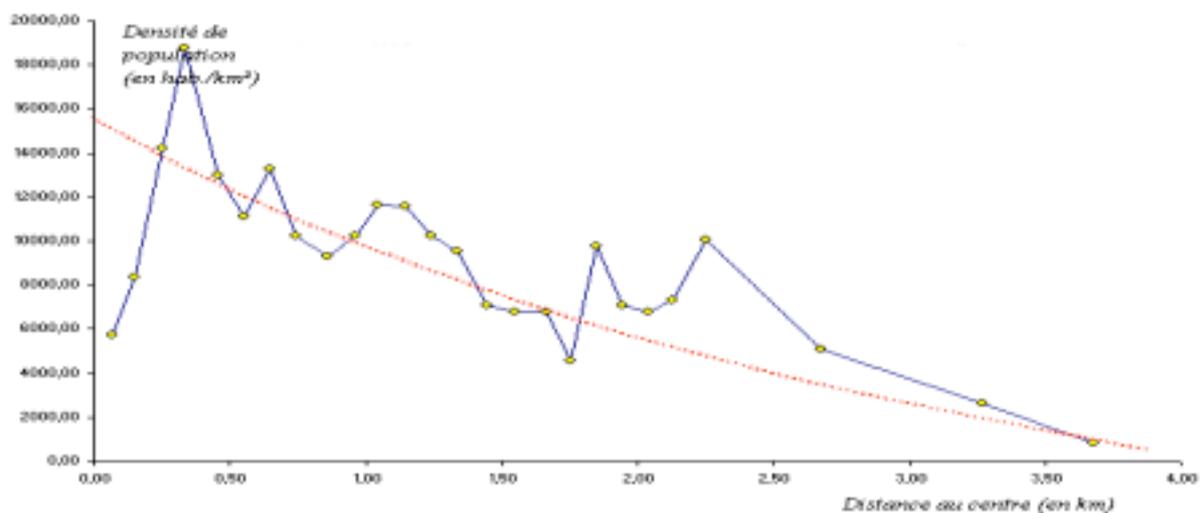


C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

De ce fait, les densités de population semblent à nouveau suivre une logique centre-périphérie avec un cratère de densité perturbée par un pic périphérique. Examinons enfin la dernière direction Centre ville-Gresilles.

3.3.4) Les densités selon la direction centre ville-Gresilles

Figure 45 : densité de population et distance au centre



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

Cette direction est singulière car elle ne présente pas de structure bicéphale très marquée : s'il existe un pic périphérique, il n'est pas aussi présent que dans les autres cas. Les densités n'y dépassent pas les 10 000 hab./km², loin derrière celles des faubourgs, autour de 18 000 hab./km². Il semble se dégager un cratère de densité bien creusé mais peu étendu, ce qui permet de le négliger. Dans ce cas, le profil suit une logique de type CLARK assez nette, avec un gradient centre-périphérie relativement constant, perturbé par un pic secondaire autour de 2,5 km du centre.

L'analyse des densités selon les quatre directions a permis de confirmer que Dijon semble ne pas suivre un modèle monocentrique et, qu'au contraire, paraît se dégager une structure de densités de population polycentrique. Les quatre cas ont également montré qu'une logique unique centre-périphérie n'était pas envisageable et qu'à chaque direction correspondent des gradients de densité et des distances du pic secondaire propres.

Plus intéressante est en outre la mise en évidence d'un cratère de densité central plus ou moins marqué selon les directions : l'agglomération dijonnaise peut par conséquent assez difficilement être envisagée uniquement par le modèle de CLARK. En somme, envisager Dijon par les densités, c'est considérer d'emblée des modèles théoriques plus complexes que les simples profils monocentriques.

Chapitre 4 : Le cas dijonnais, un modèle plus complexe que la simple dichotomie centre-périphérie

Bien que les analyses de densité par les modèles monocentriques aient pu nous fournir de bonnes corrélations, elles ne reflètent qu'une partie de la réalité urbaine. En effet, les études par grandes directions l'ont confirmé, une logique unique centre-périphérie peut difficilement rendre compte de la configuration de la ville. A un centre unique, on préfère substituer une série de pôles se localisant en dehors des parties les plus centrales.

Nous proposons dans ce chapitre de réfléchir sur la localisation des zones de forte densité. On observe alors une organisation dans laquelle se profile une dissociation entre lieu d'emplois et de population. Les travaux des économistes tendent à montrer que la ville actuelle répond de plus en plus à une logique d'implantation périphérique des emplois. La question essentielle est alors de savoir si cet éloignement des emplois peut engendrer une multipolarisation des lieux de résidences.

Le cas dijonnais, dont le LATEC (laboratoire d'analyse et techniques économiques) a pu montrer le polycentrisme au niveau des emplois, témoigne d'une répartition des densités de population de type polycentrique. La logique globale a-t-elle cédé le pas à une fonction dispersive?

A priori, il ne le semble pas, puisqu'une analyse angulaire des densités de population confirme le fait que la ville suit toujours peu ou prou un modèle général : une tendance de type sectoriel.

Reprenant en partie l'analyse des seuils d'emplois, nous identifierons donc les différents pôles de densité, ce qui nous conduira à une approche empirique assez précise de ces derniers ; notre recherche s'efforcera ensuite d'établir une typologie de ces espaces.

Enfin, nous analyserons les densités en fonction de l'angle au nord géographique à partir du centre, ce qui ne manquera pas de fournir des éléments au modèle sectoriel. Par ailleurs, il sera également possible de cartographier un modèle polycentrique dijonnais pour les densités de population.

1) Les pôles dijonnais

Qu'entend-t-on par pôle ? C.BAUMONT, J.LE GALLO, P.H.DERYCK et H.JAYET (2002) en donnent une définition synthétique : « le lieu de concentration d'activités productives, dont la formation résulte de l'équilibre des forces centrifuges poussant à la dispersion et des forces centripètes allant dans le sens de leur regroupement géographique ».

1.1) Les méthodes d'identification des pôles d'emploi

Pour individualiser des pôles d'emploi ou de population, il existe deux grandes classes de méthodes d'identification :

- une première qualifiée d'exogène, qui s'appuie sur les caractéristiques d'un centre économique : on définit alors les différents centres par des statistiques ou des cartes,
- une seconde, endogène, s'appuie sur les caractéristiques d'influence

W.COFFEY et R.G.SHEARMUR⁴⁹ (1996), regroupent en six catégories les méthodes d'identification des pôles.

1) une première utilisée par T.FUJII et T.A.HARTSHORN (1995) fixe des seuils de 1000 emplois dans chacun des trois secteurs suivants : le commerce, la finance et les assurances et services (incluant les hôtels, les divertissements, l'éducation, les services médicaux et les services d'affaires)

2) une seconde, plus complexe, envisagée par Mc DONALD et PRATHER (1994) utilise les résidus du modèle polycentrique, et considère ainsi que les développements des centres sont indépendants les uns des autres.

3) une troisième repose sur le ratio emploi/population (FORSALL et GREENE (1997))

4) La plus connue, proposée par GUILIANO et SMALL (1991) combine les densités d'emplois D avec un seuil d'emplois E . Cette méthode a été reprise par SONG (1994), SMALL et SONG (1994) et BOGART et FERRY (1999) suivant une version légèrement modifiée. Un pôle d'emploi est alors « une zone ou un ensemble de zones contigües dont l'emploi est supérieur d'une part à un seuil donné E et, d'autre part, à l'emploi des zones qui l'entourent. »

5) Une cinquième propose de sélectionner les centres en fonction d'un ratio entre emploi total et résidents travailleurs combiné à un seuil d'emploi (COFFEY et SHEARMUR 1999-2000 voir figure 46)

Il apparaît, après une application des différentes méthodes, que le choix des seuils modifie considérablement le nombre de centres identifiés.

COFFEY et SHEARMUR(2000) comparent, par exemple, l'ensemble des différentes méthodes dans l'agglomération montréalaise.

La première permet d'identifier, par le simple seuil d'emploi, soit 6 centres avec un seuil de 14 000 emplois (soit 23.4% de l'emploi total), soit 11 si l'on choisit un seuil de 7 000 emplois. Une seconde méthode, toujours sur le même modèle, consiste à retenir des seuils pour chaque secteur d'activité. On choisit alors 1 000 emplois, ce qui conduit à ne retenir que deux centres (soit trois cantons): le CBD et Laval représentant 7.8% du total d'emploi. En abaissant le seuil à 500 emplois, on retient 12 cantons soit 20% du total, ce qui est nettement plus satisfaisant. La seconde grande série de méthodes propose de

⁴⁹ « The identification of employment centres in Canadian Metropolitan Areas : the example of Montreal », document de travail

retenir les cantons en fonction du ratio emploi population. Avec un ratio de 2, on parvient à identifier 44 cantons, soit au moins 6 grands centres représentant 33% du total. Un seuil de 3 réduit le nombre de cantons à 30, ce qui conduit à une meilleure définition de certains centres et, au contraire, à en masquer d'autres.

Il est aussi possible de calculer le ratio entre emploi et résidents travailleurs. Sur la base de FORSALL et GREENE (1997), seuil retenu pour Los Angeles 1.25, on retient 133 cantons soit 53.8% du total. L'augmentation à 2 donne 83 cantons contenant 44.1% de l'emploi.

En employant à présent une densité d'emploi combinée à un total d'emplois, on parvient à obtenir seulement deux centres (sept cantons) en utilisant les seuils 7000 pour le total d'emplois et 4940 emplois par km² (20 emplois par acres). En abaissant le seuil de densité à 10, on trouve alors 12 cantons et cinq centres. Estimant cette définition trop restrictive, les auteurs choisissent de d'abaisser à nouveau le seuil à 5 (1235 emplois par km²). Il en résulte 19 cantons inclus dans six centres. (cela représente 28.6% du total des emplois). L'autre possibilité est d'accroître le total d'emplois à 14 000 en conservant la densité à 1235. Un centre disparaît et le pourcentage passe à 21.8% du total des emplois.

Un deuxième test de critère multiple peut être utilisé : le ratio et le seuil d'emploi. L'approche est alors assez proche de la précédente puisque l'on conserve les mêmes seuils d'emploi : 7 000 et 14 000. En commençant par le plus faible des deux seuils, on peut tester les ratios par pas de 0.5 entre 1 et 5. La même méthode est employée pour le second seuil d'emploi de 14 000. Les auteurs soulignent la robustesse de la méthode, et c'est pour cette raison que cette dernière a été affinée. Globalement, on peut dire en observant le tableau des résultats obtenus, que le critère de 7 000 conduit à une définition légèrement moins restrictive que pour 14 000 en nombre de centres. Pourtant, si l'on examine en terme de cantons, la situation est fort différente. Les valeurs sont alors pratiquement divisées par deux. Quant aux pourcentages, ils sont en moyenne près de 10 points au-dessous pour le seuil d'emploi le plus élevé. Pour le cas dijonnais, la méthode employée par C.BAUMONT et F.BOURDON⁵⁰ (2001) utilise deux critères comme certaines des méthodes présentées : à savoir l'emploi total et la densité d'emploi. Le choix du ratio a également pu être évoqué mais apparaît moins pertinent en raison du découpage en I.R.I.S. des zones. Par une analyse statistique de la distribution des emplois, les auteurs ont pu montrer qu'il était nécessaire de retenir le seuil de 1600 en 1990 pour que les centres regroupent plus de 50% du total (choix défini *a priori*) et 1400 en 1999. A partir de cela est retenue une densité de 10 emplois par acre (seuil proposé par GIULIANO et SMALL 1991 équivalant à 2470 emplois par km²). Avec le premier critère, en 1990, on dénombre un total de 11 zones dont seulement 5 répondent au deuxième seuil de densité. Les six autres zones satisfont à un critère de ratio emploi-population supérieure à 1, chiffre qui passe à 4 en 1999. En regroupant l'ensemble des zones en pôles d'emploi, on retrouve en 1990 et 1999 cinq ensembles.

Le centre ville est en 1990 le premier pôle (constitué des quartiers Monge, Grangier, Darcy et de la gare) avec 13364 emplois devant le secteur sud constitué des deux zones industrielles sud de Dijon, et Chenôve et du quartier de l'Arsenal (12608 emplois). Au Nord, loin derrière avec 6957 emplois, se trouvent les deux zones industrielles Nord-Est et de Saint-Appolinaire. Enfin le « Grand Marché Quetigny » et Perrigny regroupent respectivement 3073 emplois et 1633.

⁵⁰ « Centres secondaires et recomposition économique des espaces urbains : le cas dijonnais 1990-1999 », III journées de la proximité nouvelles croissances et territoires 13-14 dec 2001 Paris

Figure 46 : Résultats de la combinaison entre le rapport E/R et le critère E

Table 1 Results of Various E/R and E criteria combinations, Montreal, 1996

E/R	E = 7,000			E = 14,000		
	CTs	Centres	% CMA	CTs	Centres	% CMA
A. 769 CTs						
1	21	7 ^a	29.8	10	5 ^x	21.8
1.25	21	7 ^a	29.8	10	5 ^x	21.8
1.5	21	7 ^a	29.8	10	5 ^x	21.8
2	20	6 ^b	29.2	10	5 ^x	21.8
2.5	19	6 ^b	28.6	10	5 ^x	21.8
3	17	5 ^c	26.9	9	4 ^y	20.6
3.5	17	5 ^c	26.9	9	4 ^y	20.6
4	14	4 ^d	24.4	8	3 ^z	19.6
4.5	14	4 ^d	24.4	8	3 ^z	19.6
5	12	3 ^e	22.8	8	3 ^z	19.6

a) CBD, VSL/Dorval, Laval, Chabanel, Anjou, Longueuil, Mirabel

b) Mirabel disappears

c) Longueuil disappears

d) Anjou disappears

e) Chabanel disappears

x) CBD, VSL/Dorval, Laval, Anjou, Longueuil

y) Longueuil disappears

z) Anjou disappears

B. 613 CTs

Sources : *the identification of employment centres in canadian metropolitan areas : the example of montreal*

W.COFFEY, R.G.SHEARMUR

En 1999, la situation évolue quelque peu car le centre ville devient le second centre derrière le secteur Sud, dont la composition a été modifiée (Chenôve, Longvic Colombière et ZAC de Marsannay). Le Nord s'est étoffé du centre de la Toison d'Or et fait ainsi pratiquement jeu égal avec le centre ville (9634 contre 9644). Ce dernier a perdu la zone Darcy. Les deux derniers pôles sont Quetigny (4014) et Chevigny (1421).

En conséquence l'agglomération dijonnaise a connu entre 1990 et 1999 une déconcentration progressive des emplois du centre vers la périphérie, et principalement en direction des nouveaux pôles d'emplois que sont la zone Acti-Sud de Marsannay-la-Côte et le quartier de la Toison d'Or.

1.2) Le polycentrisme des emplois des villes contemporaines

M.A BUISSON, D.MIGNOT et A.AGUILERA BELANGER⁵¹ (2001) montrent que l'organisation urbaine des emplois résulte de trois stratégies de localisation.

- 1) Les emplois les plus centraux recherchent en priorité la proximité avec la clientèle, une desserte ferroviaire (de préférence le TGV) pour accéder plus facilement aux fonctions de commandement extérieures, une bonne accessibilité routière, des possibilités de stationnement et une image de marque, le centre joue *un rôle de vitrine*.
- 2) On trouve également des stratégies de localisation dans les pôles secondaires où généralement sont recherchés une bonne accessibilité routière et principalement autoroutière, la proximité des lieux de résidence des personnels, des services aux entreprises et surtout la disponibilité de terrain.
- 3) Enfin les pôles périphériques sont investis par les entreprises recherchant la proximité des autoroutes et les possibilités de stationnement et d'entreposage.

En somme trois grands facteurs vont intervenir dans le choix de localisation des entreprises : le coût de location ou d'achat semble le plus important des facteurs, ainsi que la fiscalité qui est pratiquée. En second, l'accessibilité est liée au type d'activité : pour les industries, c'est l'accessibilité aux routes et autoroutes qui prévaut, alors que pour le tertiaire, il s'agit de l'accessibilité aux fonctions décisionnelles. Enfin le troisième facteur est la qualité environnementale du site qui semble agir de façon plus déterminante pour les entreprises tertiaires (au centre ville, se trouvent les locaux de standing, les quartiers valorisants favorisant la proximité des autres entreprises).

L'exemple lyonnais est de ce point de vue assez représentatif puisque l'on va constater une organisation largement dépendante des trois facteurs que nous avons énoncés. Ainsi le centre connaît progressivement le départ des fonctions industrielles et tertiaires les plus banales, ce qui laisse la place aux activités plus spécialisées recherchant un certain affichage d'image de marque, lié au prestige du centre.

En conséquence, les centres secondaires récupèrent en partie les emplois fuyant les zones les plus centrales. Les avantages y sont importants puisque ces pôles, d'une taille relativement importante (30 000 habitants), bénéficient d'un rayonnement régional historique et d'une localisation suffisamment éloignée de l'agglomération lyonnaise (entre 25 et 30 km) pour accéder à une situation d'autonomie et créer leur propre zone périphérique.

⁵¹ « Métropolisation et polarités intra-urbaines : le cas de Lyon », *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n°2, p. 271-296

D'autres pôles périphériques connaissent également un regain de croissance . Ils peuvent être définis pour Lyon comme des centres spécialisés, dont le rayonnement régional est toutefois insuffisant pour observer une véritable centralité. Il s'y développe des zones industrielles et des parcs d'activités à proximité des grands axes de communication. On y trouve également des zones pavillonnaires, d'habitat collectif et parfois de vastes zones commerciales. Ces pôles se situent dans une couronne ayant un rayon entre 7 et 20 km du centre. En dépit de ces nombreuses activités, le pôle ne parvient toutefois pas à se dégager de l'emprise du centre, puisque l'ensemble des emplois vient du centre ou du reste de l'agglomération, et les services et équipements sont ceux du centre (enseignement, santé...). En somme les stratégies de localisation dépendent largement du fonctionnement de l'agglomération.

Plus spécifiquement, D.MIGOT⁵² (2001) montre en détail comment se répartissent les emplois tertiaires au sein de l'espace urbain. On observe alors une certaine diffusion pour les services les plus banaux, alors qu'au contraire les services les plus rares restent relativement concentrés ou centralisés. Ainsi les agences de voyage conservent leur place centrale, tout comme les assurances ou les banques centrales. D'autres services à la personne, en revanche, tendent plutôt à se disperser comme les laboratoires d'analyse médicale, les garages, les salons de coiffure, les banques mutualistes ou les agences immobilières. Il se constitue en périphérie des pôles secondaires comme Villefranche-sur-Saône ou Saint-Chamond. Par ailleurs, émergent des pôles périphériques, en symbiose avec Lyon au cœur de l'agglomération : Vaulx-en-Velin, Venissieux, Chassieu, Genas et Dardilly

Si on observe une tendance à la déconcentration pour certains services, le centre reste le siège des fonctions les plus nobles pour les grandes villes françaises, ce qui n'est plus aujourd'hui le cas des grandes villes nord américaines comme le montrent W.J.COFFEY et R.DROLET⁵³ (1994). Depuis les années 80, s'observe une tendance à la déconcentration des emplois de service jusqu'à présent concentrés au cœur de l'espace urbain. Ce phénomène de migration du tertiaire supérieur dans des pôles périphériques a abouti à la création d'*Edge Cities*. Les services à la production participent à cette dynamique (finance, assurance, affaire immobilière) autant que les sièges sociaux des entreprises du secteur primaire, manufacturier, et tertiaire. COFFEY montre que l'agglomération de Montréal suit une logique de constitution d'*Edge Cities* dans le même temps où la ville centre reste forte. R.SHEARMUR et L.TERRAL (2001) confirment cela en évoquant la toute puissance du centre ville, et ainsi la composante centrale de l'ensemble des secteurs de services, surtout supérieurs. Doit-on considérer dans ce cas que l'agglomération montréalaise se caractérise par des *Edges Cities*? J.P.COLLIN⁵⁴ (1997) ne le pense pas et, au contraire, met en évidence la singularité de la ville par rapport aux autres grandes métropoles nord américaine de même taille aux Etats-Unis. Existerait-il alors une exception canadienne ? En tout cas, l'auteur souligne que la part du centre ville en matière d'emplois reste inchangée entre 1981 et 1991, et qu'elle a même augmenté pour les services supérieurs, passant de 44,2% à 47.5%. En revanche certains emplois manufacturiers se sont déconcentrés dans les communes de banlieue comme Saint-Laurent, Saint-Léonard-Laval ou Longueuil.

⁵² « Dépendance et autonomisation des pôles : le cas de l'agglomération lyonnaise », *37ième colloque de l'association de science régionale de langue française* Bordeaux 3-5 septembre 2001 session E3 : Ville et métropolisation

⁵³ « La déconcentration intramétropolitaine des activités économiques dans la région de Montreal 1981-1991 », *cahiers de géographie du Québec*, Vol. 38, n°105, p. 371-394.

⁵⁴ *La dynamique intramétropolitaine dans l'agglomération montréalaise* site internet <http://www.ub.es/geocrit/colmnr.htm>

Dijon est-il ou non marqué par ce phénomène ?

Selon GARREAU (1991) il faut plus de 5 000 000 de pieds carré d'espace de bureau locatif correspondant approximativement à un total de 20 000 emplois, et plus d'emplois que de chambres à coucher pour que l'on puisse parler d'*Edge Cities*. Dans ce cas, l'agglomération est loin de ces valeurs, et ne peut pas accueillir ce type d'organisation. Peut-on pour autant parler de logique monocentrique ? Assurément non, ce que confirme l'étude de C.BAUMONT et F.BOURDON (2001).

Ainsi, par une analyse factorielle, les auteurs font apparaître un accroissement plus important des emplois dans la périphérie que dans le centre. Par ailleurs, les différents pôles se spécialisent. Le centre perd des emplois de service aux particuliers ainsi qu'aux entreprises, alors que la périphérie perd des emplois dans les secteurs traditionnels de l'industrie, mais en gagne dans les services aux entreprises et aux particuliers. L'origine de ces mutations est la création de zones d'activités tertiaires, et la construction du centre commercial de la Toison d'Or au Nord de Dijon. Parallèlement, la création de la voie rapide à l'Est de Dijon a certainement contribué à la déconcentration des emplois. Face à ce phénomène, les populations ont également connu une phase d'expansion hors du noyau central, des pôles de densité de population commencent à se constituer. Ainsi, comme pour les emplois, les localisations des populations semblent assez nettement polycentriques.

1.3) Les pôles de densité de population

Nous proposons de cerner plus précisément les pôles de densité que nous ne l'avons fait lors de l'analyse de la carte par îlot.

Notre méthode s'inspirera très fortement de celles employées pour les emplois, ce qui naturellement nous conduit à envisager des seuils selon des critères prédéfinis. Le premier peut être le nombre d'habitants, mais nous savons qu'au niveau des I.R.I.S., du fait de la définition même de l'espace, ce critère est entièrement biaisé. Il reste par conséquent la seule densité de population sur laquelle nous nous appuyerons.

Tout le problème est de savoir quel seuil choisir pour individualiser les différentes zones.

Empiriquement, le seuil le plus adapté est aux alentours de 9000 habitant au km², car il laisse apparaître la plupart des zones de forte densité. Il convient de revenir sur le paragraphe 3.3 où nous avons mis en relation la distance au centre et la densité de population en fonction de quatre grandes directions. Nous avons alors pu constater l'existence de pics de densité plus ou moins nets, dont les valeurs oscillaient entre 9500 et 27000 habitants au km². Pour qu'ils apparaissent tous, nous proposons de retenir la valeur de densité des pics la plus faible, à savoir 9500 et même 9000. Procédons cependant à des essais avant de choisir un seuil définitif.

La première limite que nous pouvons fixer est à 8000. On obtient alors 8 pôles de densité (voir figure 47) : un ensemble recouvrant le centre ville ainsi qu'une très large bande au Nord, la totalité du belvédère de Talant, la ZUP de Chenôve, la ZUP des Grésilles, le quartier Université, des Bourroches, la Fontaine d'Ouche et Quétigny. La sélection des différentes zones qui ont pu être mises en évidence n'est pas globalement pas contestable cependant, le nombre d'I.R.I.S. par zones contiguës semble trop important, en particulier pour les quartiers les plus petits. On peut également critiquer la présence du quartier des Bourroches, qui ne semble pas être si densément peuplé. Fixons donc un seuil plus élevé par exemple 9000 : le nombre de zones est moins important (7), car le quartier des Bourroches n'est alors plus pris en

compte. Les autres zones s'individualisent bien et sont relativement homogènes. Voyons, si en augmentant ce seuil, on obtient de meilleurs résultats ; par exemple avec 9500. Si le nombre de zones ne varie plus, le nombre d'I.R.I.S. se réduit, et des ensembles homogènes bien individualisés se trouvent coupés comme les Grésilles ou le Belvédère de Talant. Le seuil de 9000 semble par conséquent le mieux adapté. En suivant cette méthode, on peut à présent descendre au niveau des îlots, et ainsi ne retenir que les unités spatiales dont les densités sont supérieures à 9000 habitants au km² à l'intérieur des I.R.I.S. déjà retenus.

Ce travail nous permet de déterminer des zones plus fines ; on voit alors que les I.R.I.S. ne sont pas homogènes, et, même si la majorité des îlots dispose de densités supérieures à 9000, il existe néanmoins des creux plus ou moins nets.

2) Nature des différents pôles

Même si les densités dépassent en moyenne les 9000 habitants au km² dans les 7 I.R.I.S. retenus, elles sont dans le détail fort différentes d'un quartier à l'autre, en relation avec des morphologies du bâti très variées. Nous proposons d'examiner chaque pôle de densité pour essayer de comprendre son organisation interne en terme de densité et de morphologie du bâti.

Avant de poursuivre, nous décrivons la méthode de construction des cartes de compacité. Nous sommes parti de la carte numérisée du bâti maison par maison des I.R.I.S. de fortes densités résidentielles. Nous avons ensuite découpé le bâti par îlots, puis calculé la surface des bâtiments par îlot. En divisant la surface du bâti par la surface totale de l'îlot, nous obtenons le pourcentage de surface bâtie. Nous avons ensuite codé les valeurs en trois items : entre 0 et 25% de surface bâtie, habitat « peu compact », entre 25 et 50, habitat « compact », entre 50 et 100%, habitat « très compact »

2.1) Le centre ville élargi

Il est le plus vaste des pôles de forte densité, et regroupe une masse importante de population. Malgré *a priori* une certaine homogénéité, l'analyse des densités de population par îlot permet de dégager des mini-pôles.

Ainsi, on peut individualiser quatre grands ensembles de forte densité de population (voir figure 48).

Le premier regroupe les îlots du quart sud-ouest du centre historique : on y trouve des quartiers où se mêle un habitat relativement dense avec de nombreux logements rénovés (en particulier le quartier Berbisey), et quelques restaurants et commerces de proximité. Les densités y dépassent souvent les 20 000 habitants au km².

Figure 47 : Les pôles de forte densité

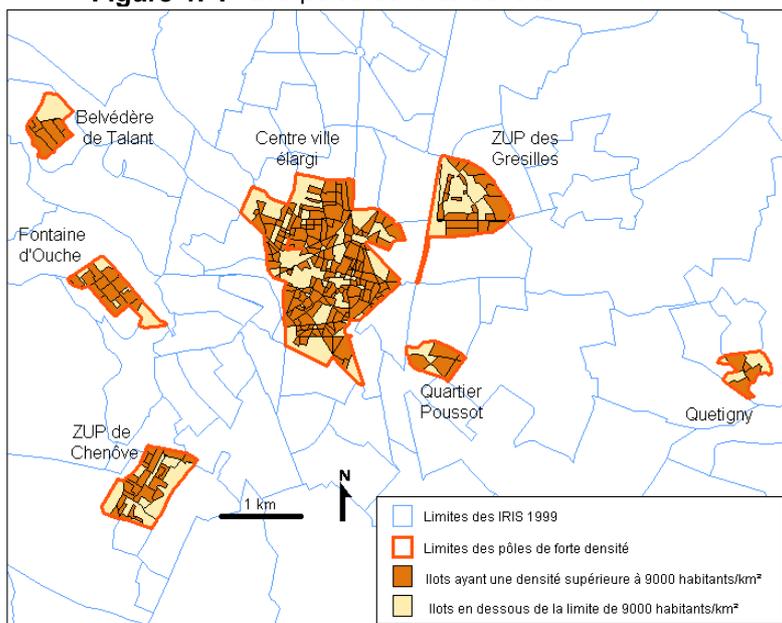
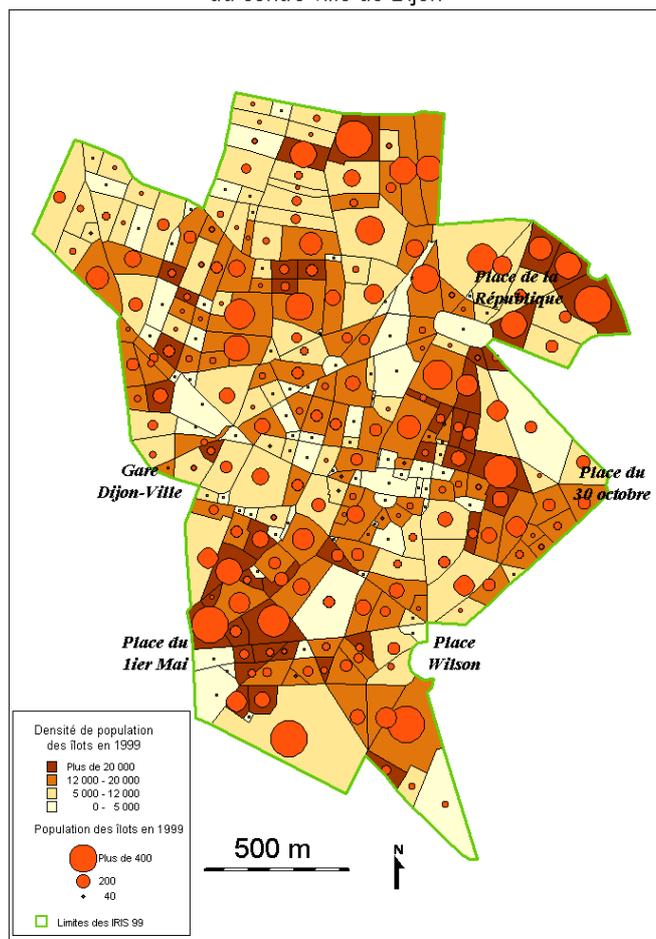


Figure 48 :

**Densité et population
du centre ville de Dijon**



Un troisième ensemble apparaît hors du centre historique dans le quartier Clémenceau, dont on peut souligner la récente opération de rénovation. Cette zone assez spécifique intègre à la fois des zones de très forte densité (plus de 20 000 habitants au km²) et des espaces plus aérés.

Enfin un quatrième ensemble s'impose dans toute la partie nord-ouest. Il se définit davantage comme une bande à l'intérieur de laquelle émergent ponctuellement des îlots de forte densité.

A l'inverse, les zones de faibles densités sont disséminées plutôt à l'intérieur du centre ville formant une sorte de T qui s'étire le long de la rue de la Liberté (en raison du nombre de commerces) et de la rue Chabot Charny (en raison du grand nombre d'administrations et de commerces). D'autres zones de plus faibles densités peuvent apparaître à proximité de la place Darcy ou de la République. Néanmoins l'essentiel des îlots de faible densité se situent dans l'extrême Nord de notre zone, au-delà de la bande de fortes densités.

Existe-t-il un lien entre l'histoire de ces quartiers et leur densité ?

La logique voudrait que ce qui est ancien soit aussi le plus densément habité. Observe-t-on cela au cœur de Dijon ?

Il semble que ce soit le cas d'un certain nombre de quartiers au Nord et au Sud du centre historique où ancienneté et densité vont de pair (figure 49). Pourtant, l'inverse est aussi vrai ; les quartiers situés le long de la rue de la Liberté, de la place Darcy et de la rue Chabot Charny sont plutôt le siège de faibles densités dans des espaces anciens.

A l'extérieur, dans les faubourgs, les densités sont également fortes et parfois plus denses qu'au centre ville, alors qu'il s'agit d'espaces bien plus récents. L'histoire semble par conséquent ne pas être un bon déterminant des densités, peut-être les types de bâti le sont-ils ?

Plus intéressante est la carte de la compacité du bâti dans le centre ville de Dijon, où l'on peut constater une certaine homogénéité du cœur historique avec un habitat de type « très compact » (figure 50).

On peut mettre en avant l'importance du type « compact » avec près de 49% de l'ensemble de la surface suivi par l'habitat « très compact » du centre historique avec 26%. Ces deux espaces représentent, à eux seuls, pratiquement 75% de la surface totale. L'habitat « peu compact » occupe 23% de la surface totale de la zone.

Nous remarquerons que bien souvent, le bâti historique est aussi le plus compact comme dans la partie centrale. Par ailleurs, les zones les moins compactes au sud au Nord-Ouest sont les plus récentes. Quant au lien avec les densités résidentielles, il est plus discutable. En représentant graphiquement les densités en fonction du pourcentage de surface bâtie, on s'aperçoit qu'il n'existe pas de lien significatif. Comment l'expliquer ? Plusieurs éléments peuvent être indiqués. Tout d'abord, il existe un biais dans notre approche de la compacité qui est fondée sur la seule surface de plancher alors qu'il conviendrait de raisonner plus en terme de surface habitable, prenant ainsi en compte la hauteur des bâtiments. Ensuite, un bâtiment peut parfaitement avoir un autre usage que les résidences (par exemple équipement).

Figure 49 :

Années de construction des
différents secteurs du centre ville

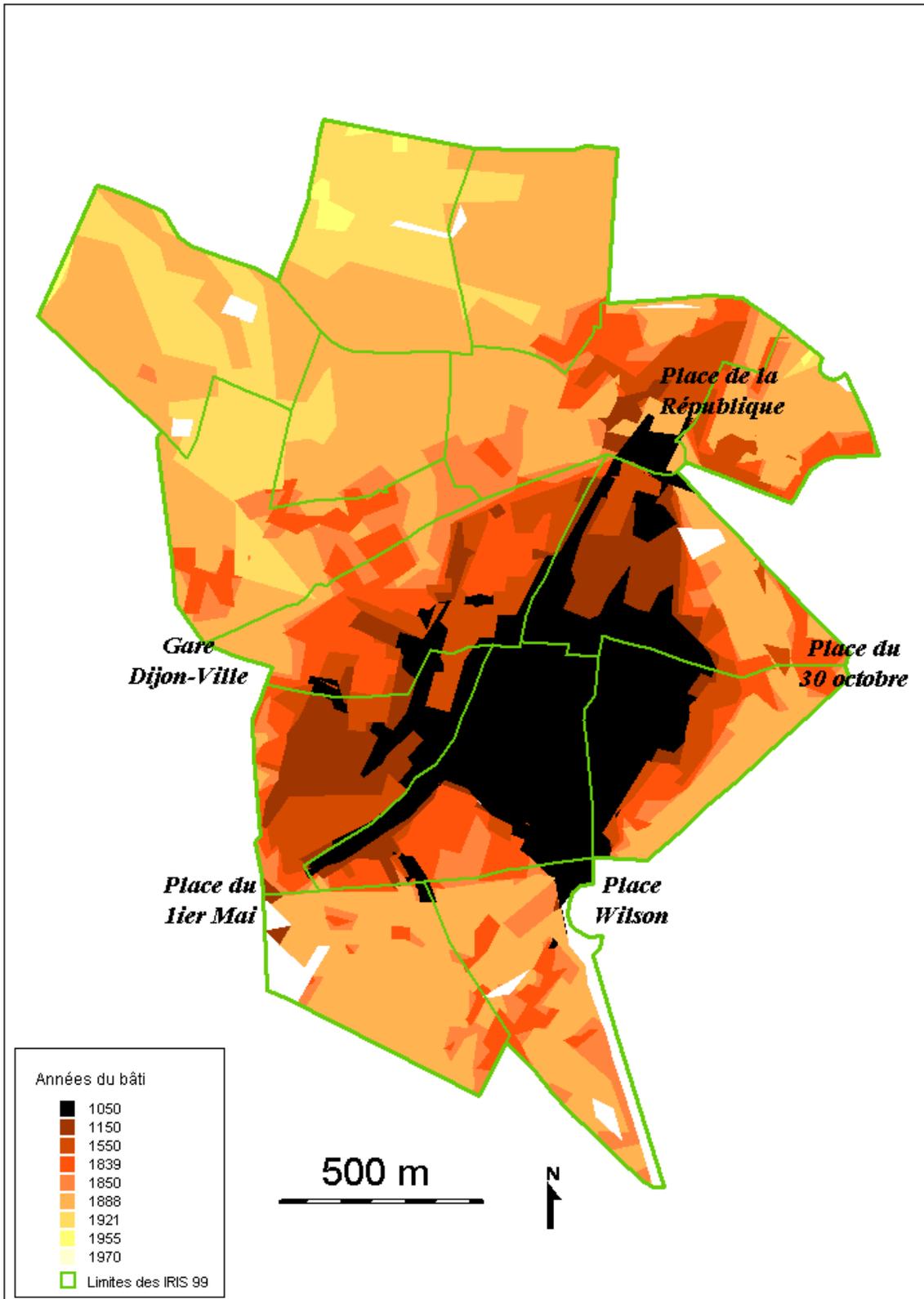
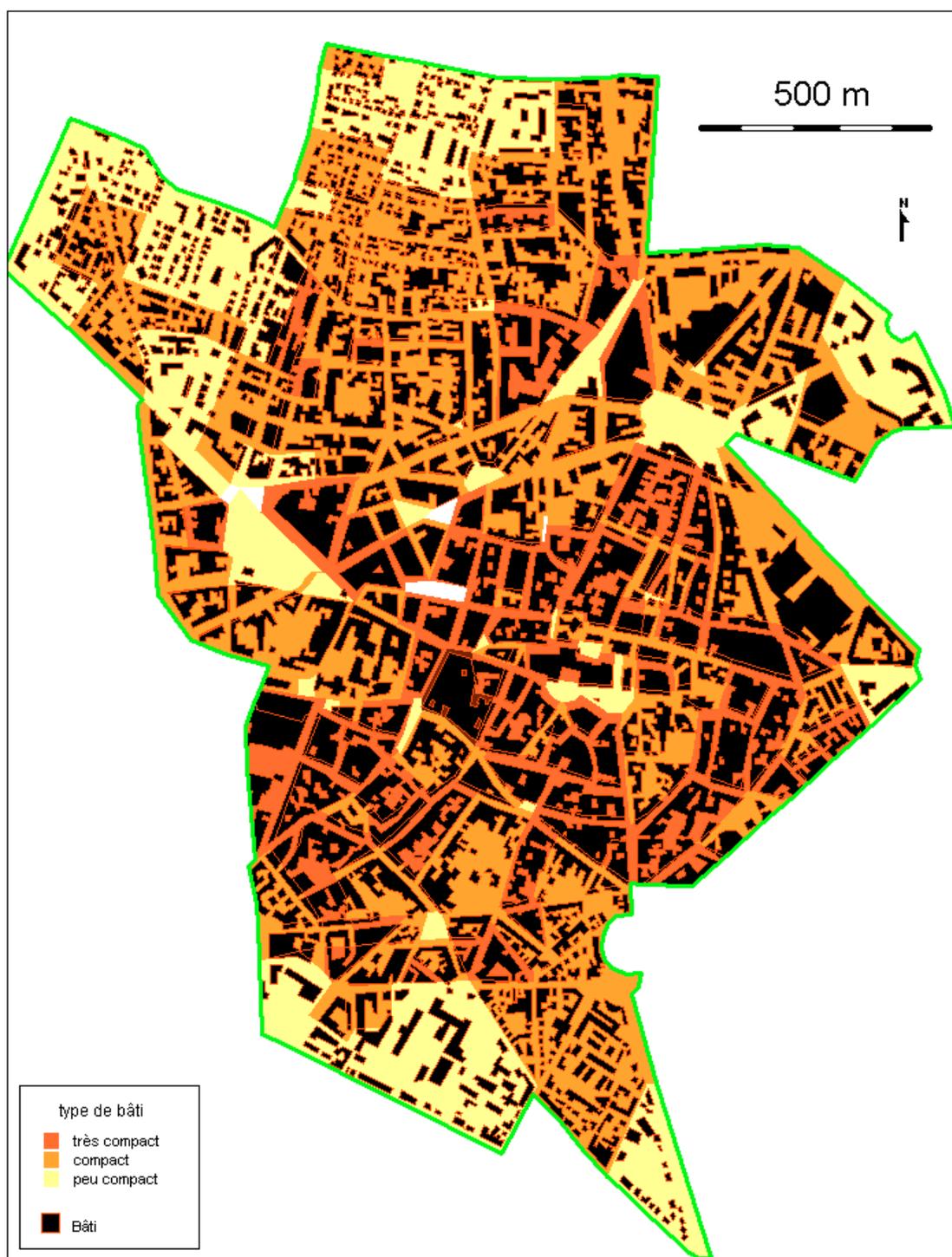


Figure 50 :

Compacité du bâti dans le centre ville



Voyons à présent comment s'organisent spatialement les types de bâtis dans le centre ville.

Commençons par le type « compact » qui occupe la plus grande partie de l'espace ; une partie du centre historique est construite ainsi ; il s'agit ici d'un bâti datant des années antérieures à 1839. La carte de l'évolution du bâti est assez explicite, individualisant une zone qui correspond à l'heure actuelle au secteur sauvegardé, et qui, à l'époque, était la zone comprise à l'intérieur des remparts. L'autre partie du bâti « compact » est formée par un tissu plus récent datant de périodes postérieures à 1839. Ces quartiers dérivent des faubourgs nord de Dijon (Faubourgs Saint-Bernard, Faubourgs Guillaume et Faubourgs Saint-Nicolas) qui sont apparus lors du débastonnement du Nord dijonnais. Autrefois, ces tissus mêlaient industries et habitat, aujourd'hui, les activités industrielles ont déserté, et seul n'a subsisté qu'un habitat très compact donnant des densités démographiques relativement fortes.

Les zones d'habitat « compact » sont en quelque sorte les prolongements directs des espaces « très compact ». Il s'agit, pour ces derniers, de zones quasiment en totalité incluses dans le centre historique, avec des dates de construction s'échelonnant entre 1050 et 1839.. En somme, ces bâtiments sont les restes de l'ancien noyau historique. Il représente 26% de la surface totale.

Il reste enfin l'habitat de type peu compact qui représente seulement 23% de la surface totale. On le trouve dans la partie nord-ouest et dans le Sud. Les dates de construction sont généralement postérieures à 1839.

2.2) Le pôle de densité de la Fontaine d'Ouche

Les densités de population du quartier de la Fontaine d'Ouche, contrairement à celle du centre ville, se repartissent de façon relativement homogène, en gros blocs de densités dépassant largement les 20 000 hab.km². A l'inverse, les faibles densités sont plutôt situées au Sud et à l'extrême nord de la carte. La caractéristique essentielle de la zone est l'opposition nette entre les espaces de faible et de forte densité. Voyons si la date de construction présente un lien avec les fortes densités.

L'analyse de cette carte montre que les plus fortes densités sont essentiellement positionnées dans les zones dont la date de construction se situe entre 1970 et 1995 (à noter que la date de construction de 1995 est en réalité une réhabilitation de l'ancien bâti, plutôt qu'une réelle reconstruction). En somme la densité de population est corrélable à la date de construction.

Plus intéressante est la comparaison avec les types de bâtis. On constate alors une répartition à 50% pour le bâti « compact » et à 50% pour le bâti « peu compact ». Spatialement, on constate alors que les fortes densités se répartissent à part égale entre le bâti « compact » et le bâti « peu compact ». Les fortes densités résidentielles sont donc très différentes de celles du centre ville, puisqu'ici, les populations sont massées dans de grands ensembles. L'emprise au sol est de ce fait assez faible.

Figure 51 :

Densité et population
du quartier de la Fontaine d'Ouche

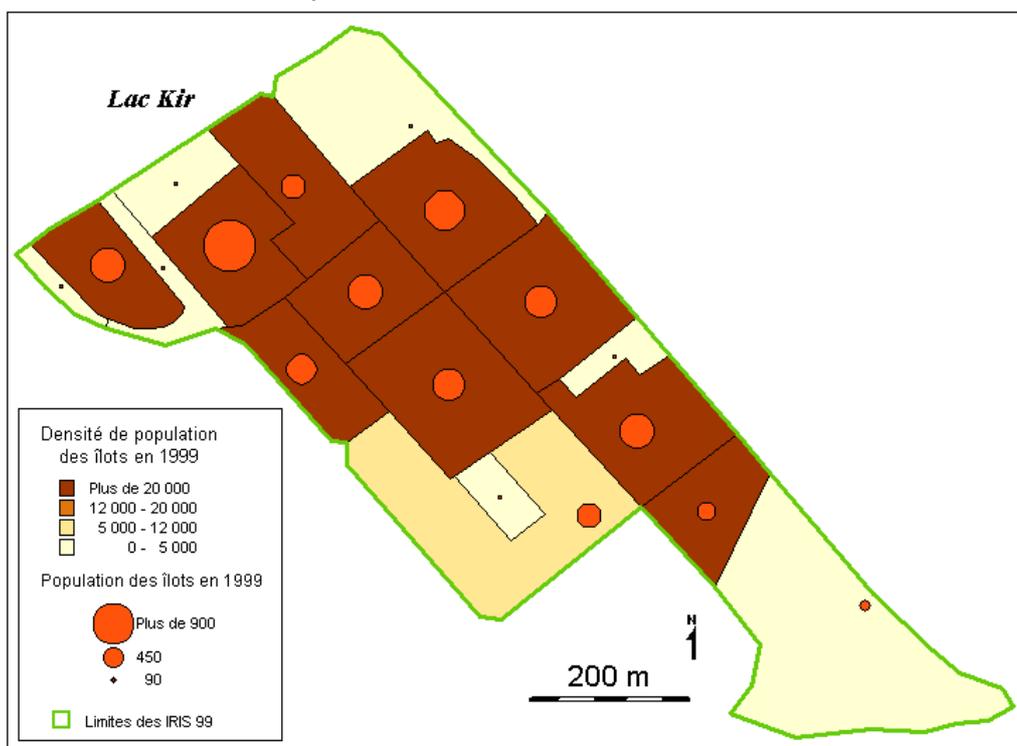


Figure 52 :

Années de construction
des différents secteurs
du quartier de la Fontaine d'Ouche

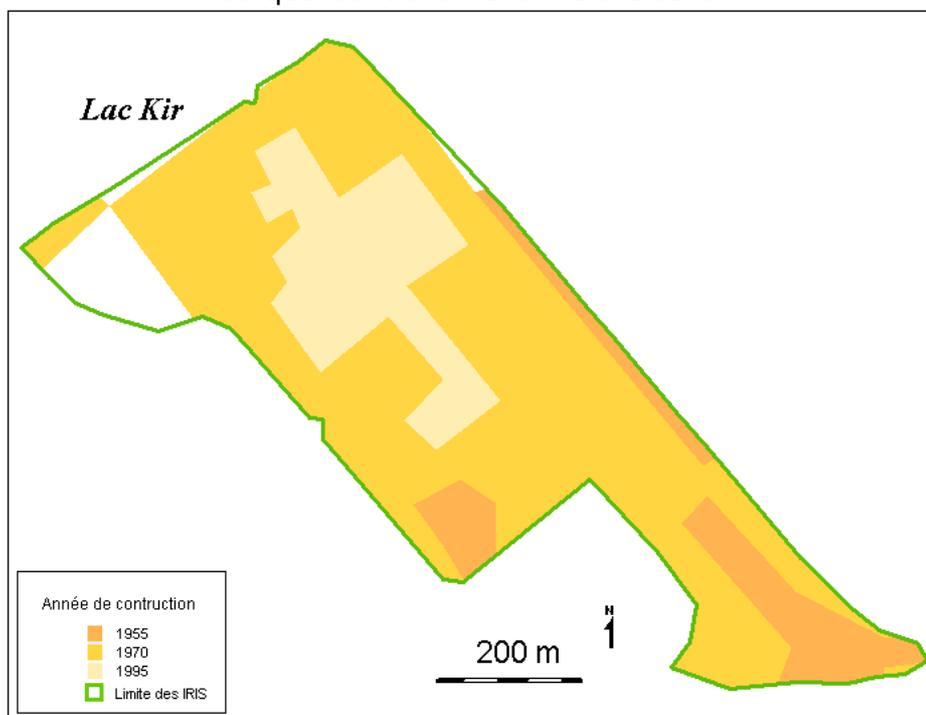
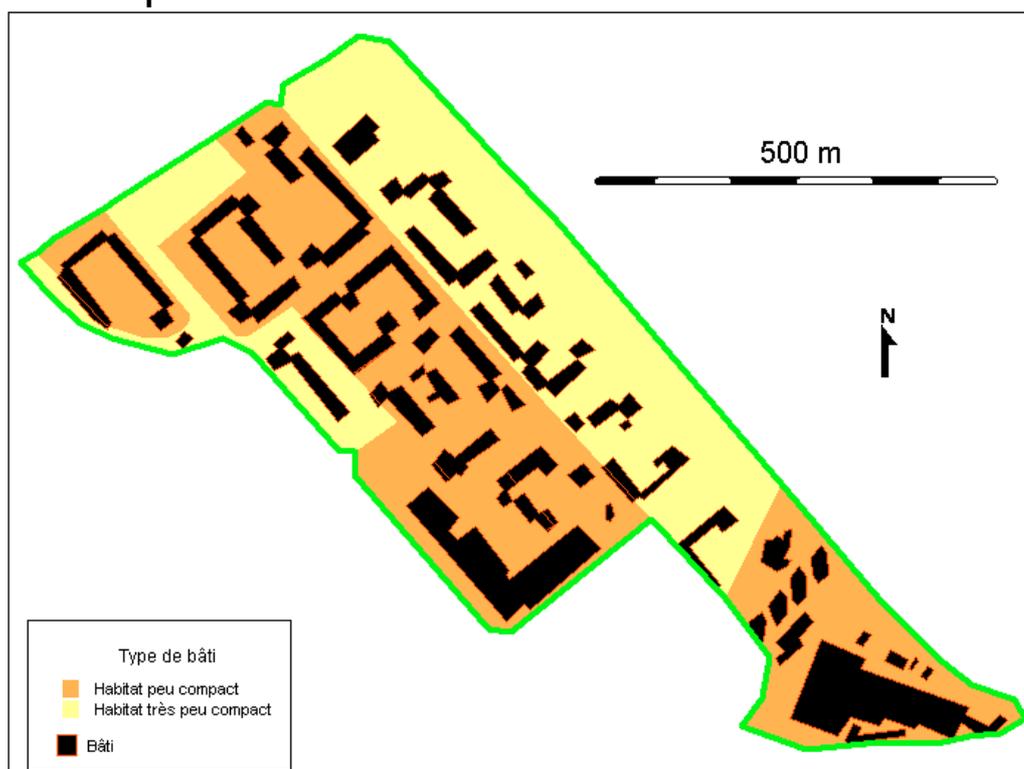


Figure 53 :

Compacité du bâti dans le quartier de la ZUP de Fontaine d'Ouche



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

2.3) La ZUP de Chenôve

L'analyse fine des densités de population permet d'individualiser quatre mini-pôles de densité : un premier au Nord de la carte vers la piscine, un second à proximité des deux écoles, un troisième vers la rue des Narcisses (depuis de nombreux bâtiments très compacts y ont été détruits). Enfin, un dernier se trouve dans la partie sud, à proximité du centre de l'ancien village de Chenôve.

Tout comme nous l'avons noté pour la ZUP de la Fontaine d'Ouche, il semble que les fortes densités soient le fait de concentration de population dans les grands ensembles. Pour le confirmer, nous proposons d'examiner cela à travers les cartes de l'évolution historique du quartier et des types de bâtis.

Le quartier est relativement récent puisqu'il date en moyenne de 1960-1970 en dehors de quelques portions de la partie est.

Les pourcentages de surface bâtie laissent apparaître une prépondérance, de peu, du bâti « peu compact » (51%) sur le « compact » (49%).

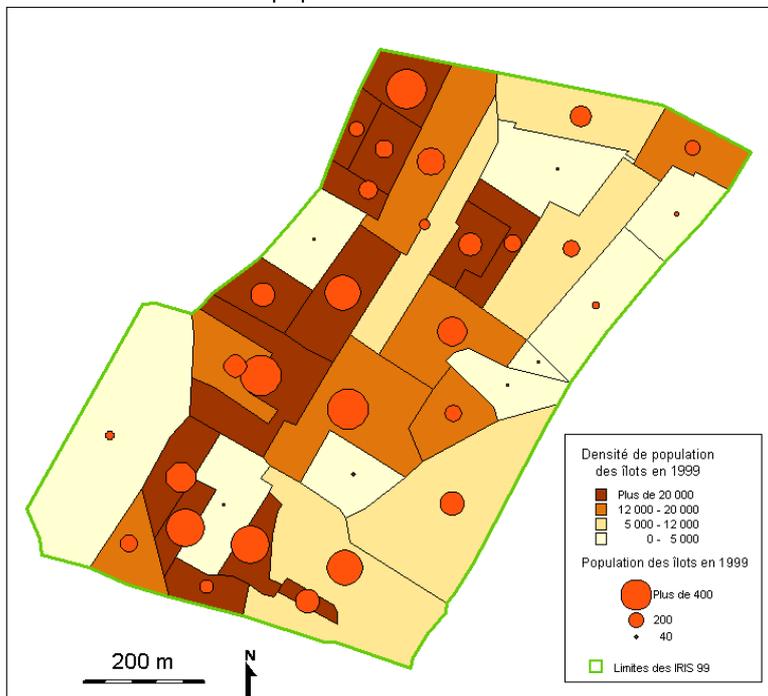
Spatialement, l'emprise au sol est assez importante pour les lotissement de l'Est que pour certaines barres de collectif de l'Ouest. Le résultat est un habitat compact réparti pratiquement à égalité entre l'Est et l'Ouest.

A présent, si l'on raisonne sur les densités, on constate alors deux types fondamentaux d'organisation spatiale. Une première à l'Ouest, où le bâti peut être soit « compact » (souvent les fortes densités résidentielles ne correspondent pas à ce type de bâti) soit « peu compact », l'habitat est alors formé de

collectif très haut et ayant une faible empreise au sol. Une seconde, à l'Est, avec un bâti essentiellement individuel, représentant une surface construite relativement importante. Comme les densités sont faibles et le bâti « compact », on en déduit que les logements sont composés de un ou deux étages seulement.

Figure 54 :

Densité et population de la ZUP de Chenôve



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

Figure 55 :

Années de construction des différents secteurs de la ZUP de Chenôve



Figure 56 :

Compacité du bâti dans le quartier de la ZUP de Chenôve



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

2.4) Le quartier des Grésilles

Les densités de populations du quartier des grésilles sont moins importantes que pour les deux autres ZUP du pôle urbain dijonnais, puisque l'on atteint beaucoup plus rarement les 20 000 habitants/km². On trouve alors des îlots plus petits au centre des I.R.I.S.. Il semble néanmoins que ce soit ici la taille des îlots qui explique l'importance relative des valeurs de densité résidentielle. En réalité, la majeure partie de la population se concentre le long des grands boulevards dessinant ainsi un arc de densité.

La carte de l'évolution du bâti laisse apparaître un territoire bien plus ancien que les deux précédentes zones, puisque les parties les plus anciennes remontent à la fin du XIX^{ième}. Une portion du quartier des Grésilles existe donc dès 1888, bien qu'il s'agisse des zones industrielles de l'époque datant pour la plupart de l'entre deux guerres. Progressivement le bâti s'est étendu plus au Nord le long de la voie de chemin de fer et le long de l'avenue Poincaré. C'est seulement à partir de 1960 que le quartier s'est véritablement développé avec la construction des grands ensembles dans toute la partie est.

Aujourd'hui, le bâti des I.R.I.S. des Grésilles est constitué à 57% de collectif et 24.5% d'individuel, le reste se partageant entre les vestiges de l'ancienne zone industrielle des années 1920 et le Nord des entrepôts de la gare de Dijon-Porte Neuve.

Contrairement à Chenôve ou à Fontaine d'Ouche, il est difficile de faire un zonage strict de l'espace par suite du mélange du collectif et du pavillonnaire. Néanmoins, plus on se rapproche du boulevard de l'Est, plus la ségrégation est marquée. Aussi, les fortes densités sont le fait de grands collectifs bordant les grands axes.

Du point de vue de la compacité, on constate que les îlots « compact » sont plutôt le fait de petit collectif et de bâti individuel. Ce type représente 65% de la totalité des surfaces contre 30% pour le bâti « peu compact » et 3% pour le bâti « très compact ».

Figure 57 : Densité et population dans la ZUP des Grésilles



Figure 58 :

Années de construction des différents secteurs du quartier des Grésilles

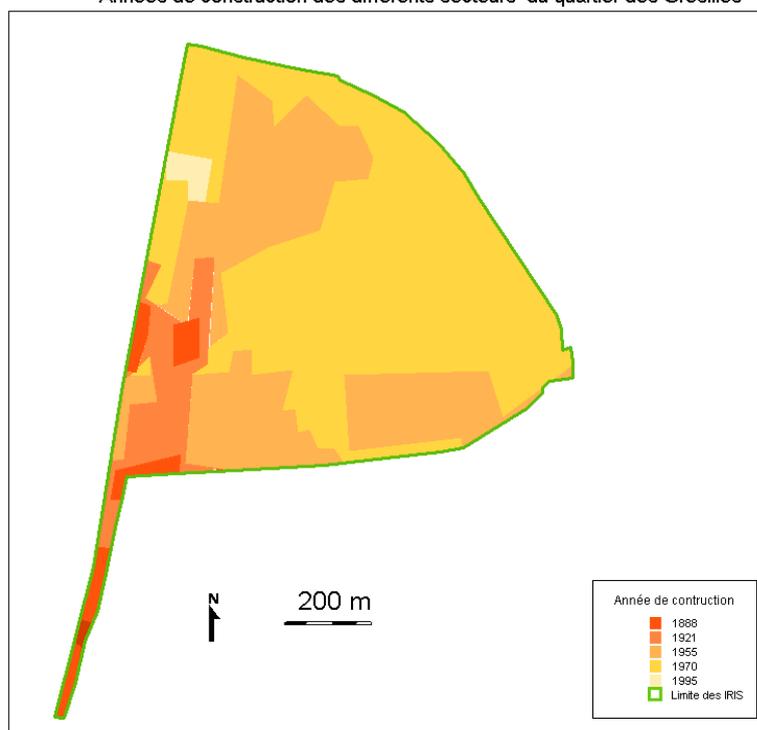


Figure 59 :

Compacité du bâti dans la ZUP du quartier des Grésilles



2.5) Le Belvédère de Talant

Les densités de population de la ZAC du Belvédère de Talant font apparaître une très forte ségrégation opposant la partie sud où les valeurs dépassent les 20 000 habitants au km² avec les densités du Nord en-dessous de 5000.

Les populations suivent les logiques précédemment énoncées, à savoir une sur-représentation de la partie où l'on dépasse les 400 habitants par îlot.

L'analyse des pourcentages de type de bâtis met en évidence une sur-représentation du collectif avec près de 60%, ce chiffre, bien qu'élevé, n'atteint toutefois pas les valeurs observées pour Fontaine d'Ouche ou la ZUP de Chenôve. On se situe alors au même niveau que le quartier des Grésilles qui intègre approximativement 20 à 22% de bâti individuel. Le niveau d'équipement est également le même, conforme à ce qui existe généralement dans les zones d'habitat collectif.

D'un point de vue spatial, l'immobilier collectif n'est pas réparti équitablement, et il se dégage deux ensembles :

- un premier dans la partie la plus orientale, où le collectif est largement dominant, les services alternant avec de grands collectifs,
- à l'Ouest, apparaît également quelques collectifs mais surtout un habitat qui prend une forme nettement plus individuelle, bien qu'il s'agisse souvent de maisons jumelées.

Historiquement, la quasi totalité de la zone fut construite entre 1955 et 1970.

Les fortes densités correspondent donc à un habitat collectif des années 60-70. Au Nord, il est d'un autre type puisque les densités sont nettement plus faibles. Il se rapproche davantage de l'individuel.

Figure 60 :

Densité et population du Belvédère

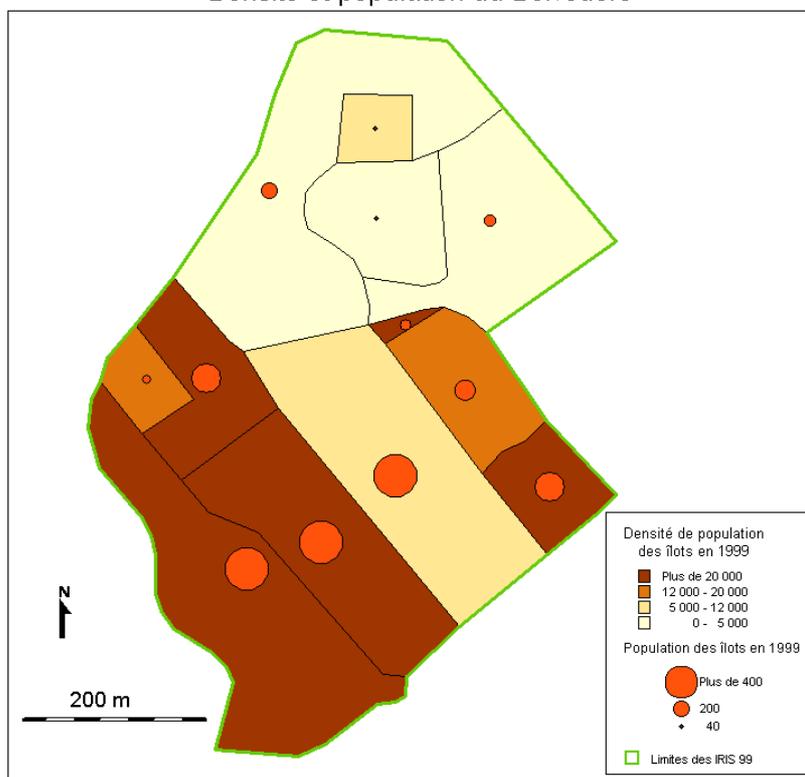


Figure 61 :

Années de construction des différents secteurs du Belvédère

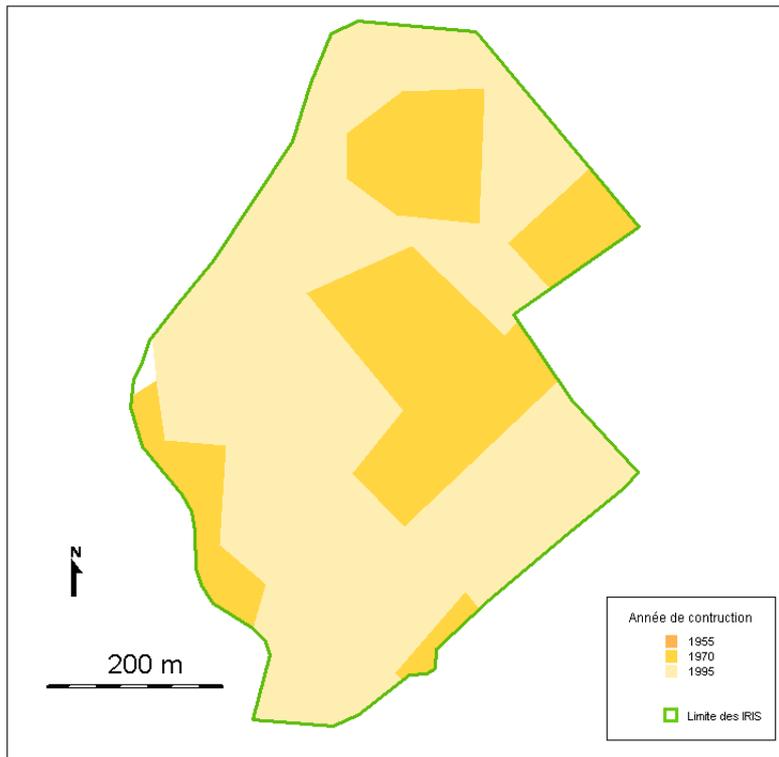
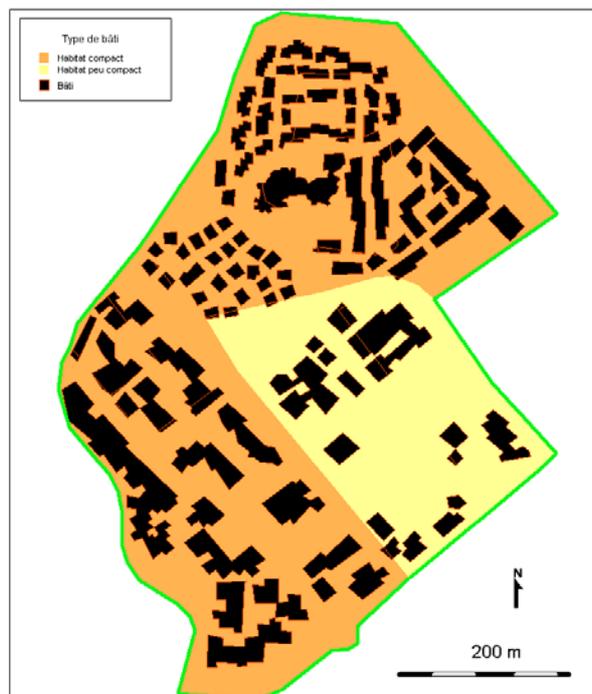


Figure 62 :

Compacité du bâti dans le quartier de la ZUP de Talant



2.6) Les autres pôles de fortes densité

Il reste à examiner les deux quartiers de l'université et de la ZUP de Quetigny. Nous les avons regroupé par commodité mais aussi, et surtout, car les densités n'atteignent pas les niveaux observés dans les autres zones.

Au regard des cartes par îlots, on constate que les densités ne dépassent pas les 20 000 habitants au km².

Il ne semble pas se dégager de logique particulière. Néanmoins, en regardant de plus près, on constate pour le quartier de l'université, que les plus fortes densités semblent se développer le long des principales infrastructures routières : boulevard Mansart ou boulevard de l'université. Le cœur de l'I.R.I.S., en revanche, dispose de densités nettement plus faibles (entre les rues des Bégonias, rue des Péjoces, rue Pierre et Boulevard de l'Université).

A Quetigny, la situation est inverse car c'est le centre de l'I.R.I.S. qui est le plus peuplé. Un secteur défini par les rues des Aiguisons, rue du Midi et cours Sully se retrouve ainsi avec des densités comprises entre 12 000 et 20 000 habitants/km².

En conclusion de ces deux cartes, on peut retenir que nos deux quartiers ne sont pas si denses que cela et l'on peut difficilement les comparer aux ZUP ou au centre ville.

En dépit de densité relativement identique, on constate tout de même de très grandes différences dans la formation des deux quartiers. Le pôle de forte densité de l'université est par nature nettement plus ancien que la ZUP de Quetigny :

- le quartier de l'université s'est développé depuis 1888 le long des chemins de l'époque, à savoir le chemin des Petites Roches et l'actuelle rue Ernest Lory. Peu d'évolutions sont décelables jusqu'aux années 50, date à partir de laquelle vont se construire les collectifs bordant le boulevard de l'université.
- La ZUP de Quetigny est beaucoup plus récente puisque sa construction a débuté à la fin des années 60 et s'est poursuivie durant les années 70.

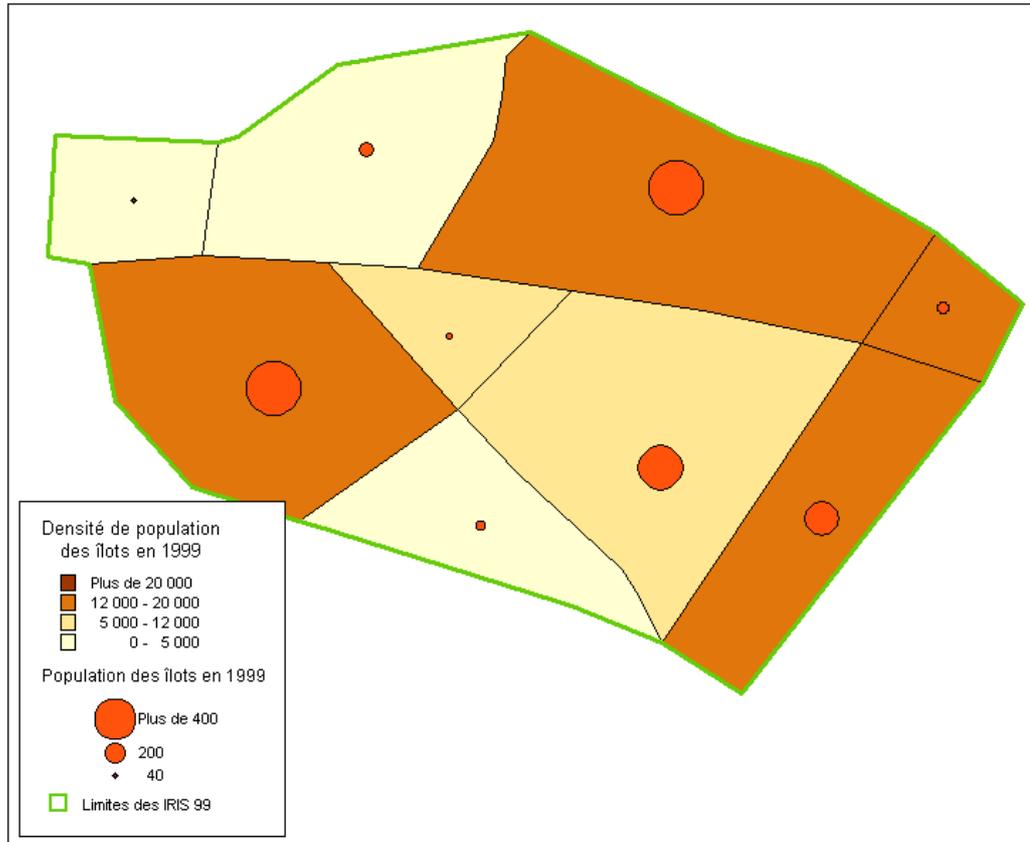
Si l'on regarde les types de bâti, on notera une très nette opposition entre les deux quartiers. L'aire proche de l'université est ainsi, liée à la date d'édification des logements du quartier constitué d'un mélange de villas (42%) et de collectif (57.8) alors que la ZUP de Quetigny est entièrement faite de collectif (97.9%)

Si l'on cherche à comparer les cartes des types de bâti avec celles des densités, on peut dégager des éléments importants :

- 1) les fortes densités du quartier de l'université sont le fait de collectif, en voie de conséquence les faibles densités correspondent à un bâti de type individuel
- 2) les fortes et les faibles densités de la ZUP de Quetigny ne dépendent pas de l'individuel car l'ensemble de l'espace est occupé par le collectif. En réalité, il existe deux types de collectif : un habitat dense dans la portion centrale de l'I.R.I.S. qui correspond aux fortes densités et un habitat plus lâche, également en collectif se retrouvant à travers les faibles densités.

Figure 63 :

Densité et population du quartier Université



Densité et population de la ZUP de Quetigny

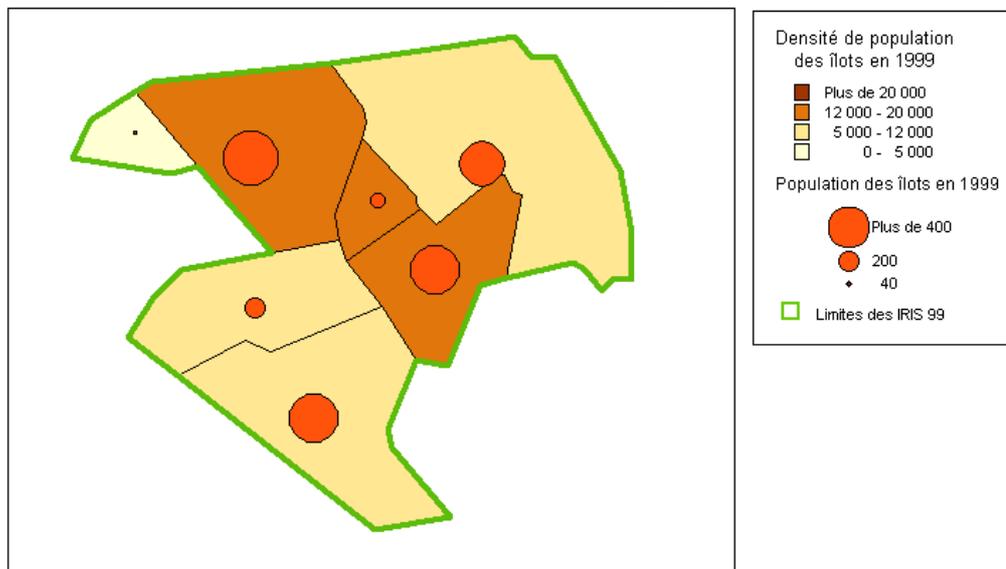
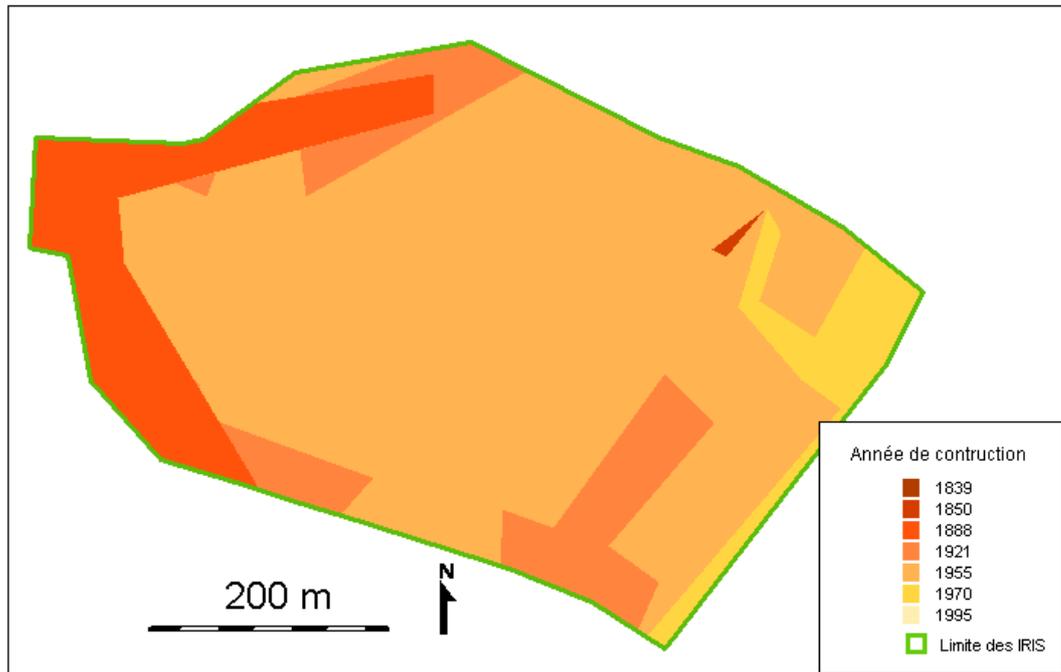


Figure 64 :

Années de construction des différents secteurs du quartier Poussot



Années de construction des différents secteurs de la ZUP de Quetigny

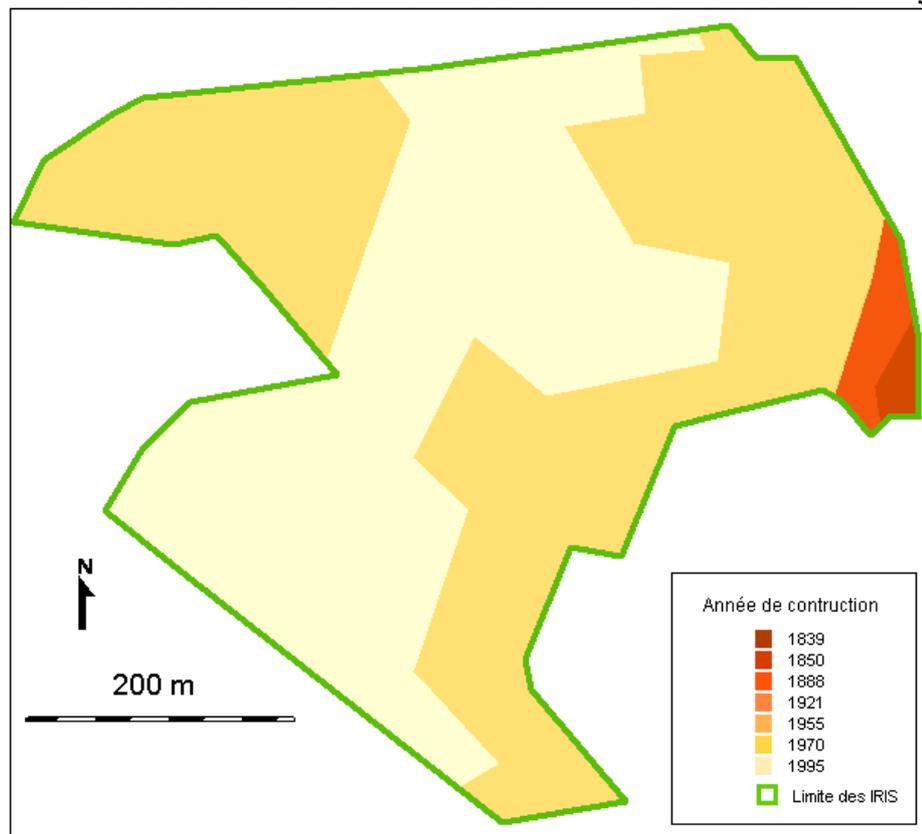
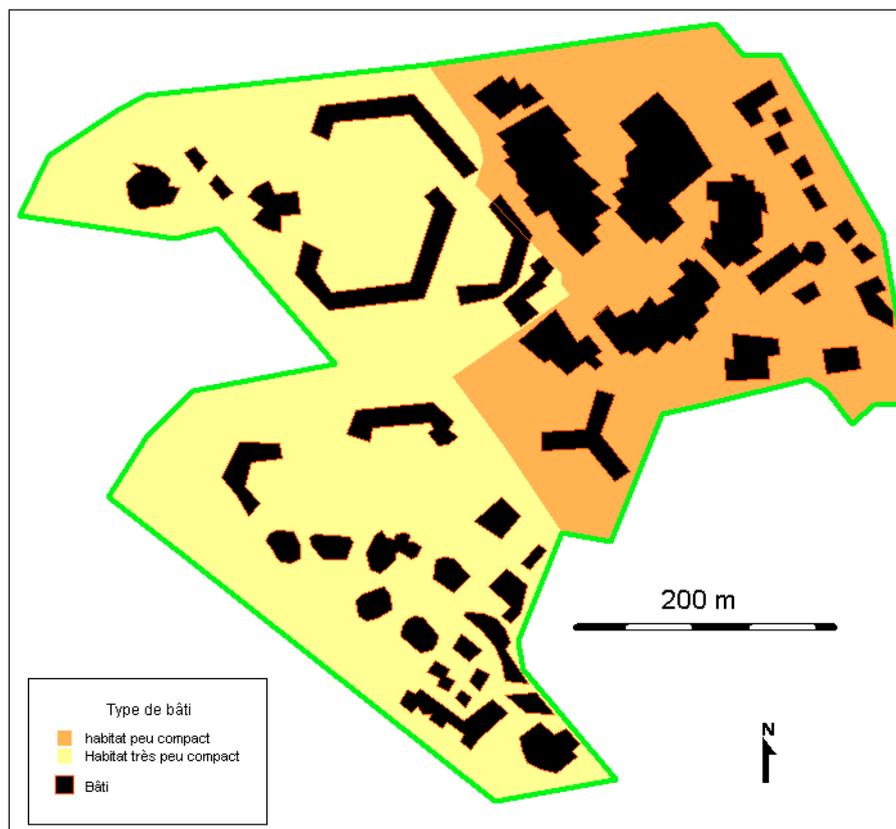


Figure 65 :

Compacité du bâti dans le quartier des universités



Compacité du bâti dans la ZUP de Quétigny



3) Les densités angulaires

L'idée de cette partie est d'envisager les densités de population non plus en fonction de la distance au centre, ce qui est généralement fait, mais de déterminer les densités en fonction de l'angle par rapport au Nord géographique.

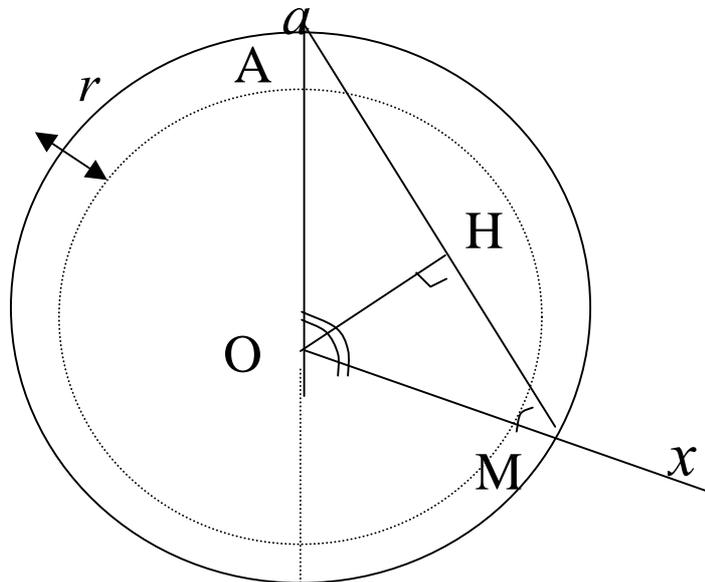
Méthode de calcul de la densité angulaire

Le point de départ de notre propos est la géométrie classique qui va nous aider à calculer notre angle.

Pour ce faire, on définit un cercle de centre O et de rayon x . Soit M l'ensemble des points situés à une distance x de notre centre.

On trace ensuite une couronne de rayon r centrée sur le périmètre du cercle. Le point A est l'intersection entre la droite Oa et le cercle.

Figure 66 : Détermination de l'angle au nord géographique



On cherche à calculer \widehat{AOM} . Pour cela, on doit tout d'abord diviser le cercle en deux parties :

- une première où l'angle \widehat{AOM} est inférieur à π , c'est-à-dire lorsque l'on se situe à droite de (Oa)
- une seconde lorsque \widehat{AOM} est supérieur à π , à gauche de (Oa) .

A droite de (Oa) , on conserve l'angle alors que dans l'autre cas, on doit considérer son complémentaire.

Il est facile de montrer que $\widehat{OMH} = \pi - \frac{\pi}{2} - \frac{\widehat{AOM}}{2}$

$$\text{Soit : } \widehat{OMH} = \frac{\pi}{2} - \frac{\widehat{AOM}}{2} \quad (34)$$

On peut alors calculer le cosinus de l'angle : $\cos \widehat{OMH} = \frac{MH}{OM}$

Les distances MH et OM sont connues d'où : $\cos \widehat{OMH} = \frac{AM}{2x}$

En déterminant l'angle \widehat{OMH} de départ par l'arc-cosinus, on peut exprimer l'angle que l'on cherche par la relation suivante :

$$\widehat{AOM} = \pi - 2 \text{Arccos} \frac{AM}{2x} \quad (35)$$

A gauche de la droite (Oa) , \widehat{OMH} est déterminé de la même manière mais \widehat{AOM} devient alors le complémentaire de l'angle précédemment obtenu c'est-à-dire :

$$\widehat{AOM} = 2\pi - \left(\pi - 2\text{Arccos}\frac{AM}{2x} \right) = \pi + 2\text{Arccos}\frac{AM}{2x} \quad (36)$$

Application à la zone d'étude

Tout d'abord fixons les différents points et droites :

- le point O est le cœur de l'aire urbaine , c'est-à-dire la place de la Libération
- la droite (Oa) peut être définie pour notre espace d'étude comme la ligne indiquant le Nord géographique et passant par le centre O.
- On met en place également une couronne et une distance médiane x .
- Le point A est à l'intersection entre le cercle de rayon x et la droite (Oa) .
- Les point M représente l'ensemble des centroïdes des îlots.

1) Concrètement, on crée une première couronne de 1km de rayon à l'aide de l'outil Tampon en couronne (couronne située entre 1.5 et 2.5km) et une seconde de même rayon mais entre 2.5 et 3.5 km.

2) On trace ensuite un polygone permettant de découper les deux couronnes en deux parties est et ouest équivalentes. On ne retient, en premier lieu, que les couronnes de l'Est puis ensuite celles de l'Ouest.

3) Par une requête SQL multicouche, on retient l'ensemble des îlots qui se situe dans les couronnes précédentes.

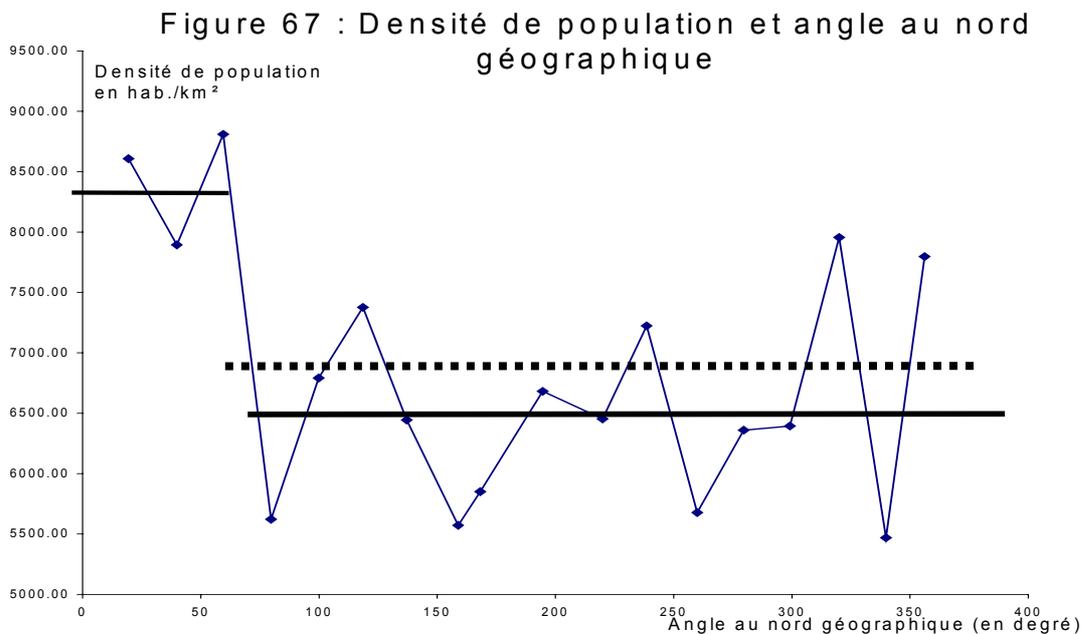
4) On calcule alors la distance AM séparant le point A (coordonnées x_A et $y_A = y_O$) des centroïdes de chaque îlot ainsi que la distance OM, c'est-à-dire x .

5) L'ensemble est ensuite exporté sous EXCEL : on dispose alors des distances AM et OM et des densités.

6) Il suffit ensuite de calculer la formule (35) pour les îlots des deux couronnes est, à savoir la couronne interne (îlots inclus dans la couronne 1.5km, 2.5km et îlots inclus dans la couronne 2.5, 3.5km). On réalise ensuite un second calcul avec l'expression (36) pour la partie ouest de la carte.

Il devient alors possible d'examiner les densités par couronne en fonction de l'angle au nord géographique.

3.1) la première couronne

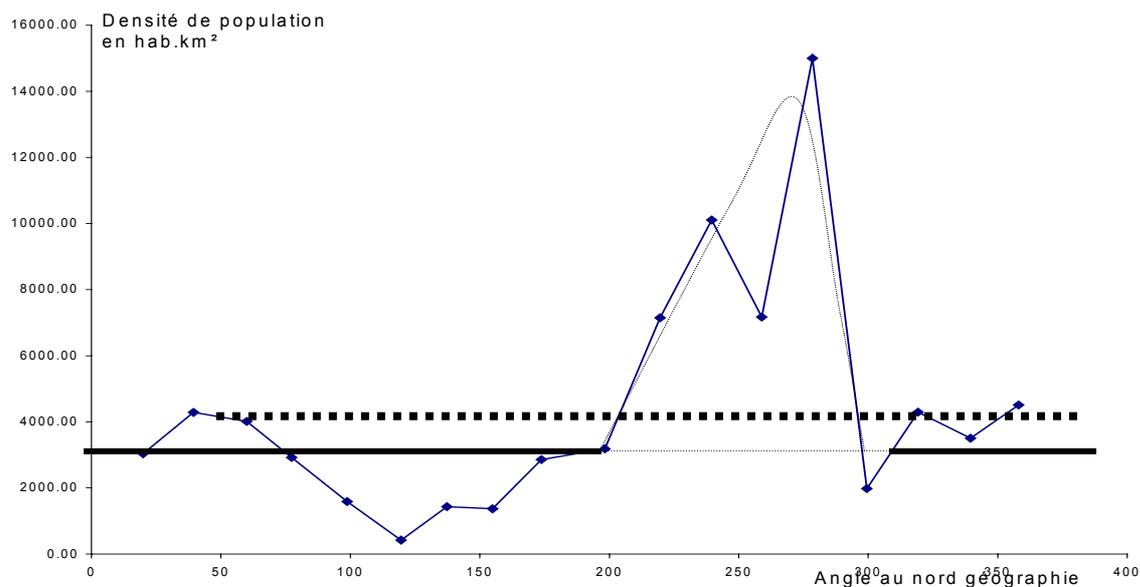


Entre 1.5 km et 2.5 km, les densités semblent relativement uniformes tournant autour de 6750 hab./km², ce qui implique l'existence d'un gradient de densité relativement constant quelle que soit la direction considérée.

Néanmoins, si l'on cherche à rentrer dans le détail, on s'aperçoit que les densités sont plus fortes entre 0 et 60°, ce qui correspond grossièrement aux fortes densités du quartier Clémenceau.

3.2) La seconde couronne

Figure 68 : Densité de population et angle au nord géographique



C.ENAULT laboratoire THEMA Dijon

Cette couronne s'oppose fondamentalement à la précédente car on peut y trouver une très nette distinction entre des espaces aux densités homogènes et d'autres zones où s'observe un pic assez marqué. Entre 0 et 200° (c'est-à-dire à $9\pi/10$), les densités sont faibles et tournent autour de 3 000 habitants au km² bien que l'on puisse déceler quelques variations autour d'une valeur médiane. La moyenne globale, autour de 8200 habitants au km², rend assez mal compte de l'ensemble si bien que le modèle circulaire ne peut être entièrement appliqué. Nous proposons de le définir que pour une portion de l'espace où doit s'observer une certaine homogénéité angulaire.

A partir de 200° et ce jusqu'à 310°, les densités sont extrêmement fortes allant jusqu'à 14 000 habitants/km², cette exception conduit à ne retenir pour l'application que les secteurs situés entre 0 et 200° et entre 310 et 360° soit un total angulaire de 250° ($25\pi/36$).

4) Les densités polycentriques

Conformément à ce qui a pu être mis en évidence dans les parties précédentes, le monocentrisme ne semble pas s'appliquer entièrement à l'agglomération dijonnaise. Nous avons pu montrer à la fois l'existence de pôles de densité et une certaine dissymétrie de la COMADI augurant pour la ville un profil sectorisé où l'Est (secteur $25\pi/36$) paraît obéir à une logique de type radiale à partir du centre. Dans ce

paragraphe, nous montrerons que le secteur défini empiriquement à une certaine validité, au regard de modèle de densité polycentrique.

Le principe de calcul de la fonction polycentrique est relativement simple car reposant sur les modèles de densité les plus connus, à savoir le modèle de CLARK et celui de NEWLING.

L'idée générale est de considérer qu'un individu ne fréquente qu'un seul pôle densité et généralement le plus proche. En somme la fonction surfacique de densité sera ainsi le maximum de l'ensemble des fonctions de densité individuelles soit :

$$\Omega(x_n) = \text{Max}(f_n(x_n))$$

Où $\Omega(x_n)$ est la fonction globale de densité, x_n la distance au centre n et $f_n(x_n)$ la fonction individuelle de x_n , ce qui revient à l'expression (14)

Dans la pratique, on utilise généralement le modèle exponentiel négatif pour la plupart des fonctions excepté celle du centre ville où nous avons noté l'existence d'un cratère de densité.

Techniquement, on définit autour des sept centroides des centres de la partie précédente des tampons de 0.5, 1 ou 1.5 km en fonction de la taille de l'I.R.I.S. considéré.

Ainsi, nous avons fixé à 1.5 km la distance maximale du tampon autour du noyau du centre ville, 1km pour le quartier des Grésilles, de Chenôve, de Fontaine d'Ouche et de Talant puis à 0.5 km pour les pôles de l'Université et de Quetigny.

Par une requête SQL multicouche, on retient les îlots compris à l'intérieur de ces tampons puis on calcule la distance les séparant du centre le plus proche.

Sept zones sont alors définies et exportées sous EXCEL afin que l'on dispose pour chacune d'entre elles de la densité et de la distance au pôle.

Suivant la même méthode que pour l'analyse des fonctions de densité, on obtient les moyennes des densités par couronne en deçà de 0.5, 1 ou 1.5 km. Pour le centre ville, le calcul est assez spécifique puisque l'on doit ajuster une fonction non linéaire et de nature différente de la fonction de CLARK. Les données sont donc exportées sous STATISTICA et ajustées par le module estimations non-linéaires.

Pour les autres pôles, il suffit de calculer le logarithme naturel des densités.

Sous MAPINFO, on recalcule les distances séparant chaque îlot des sept pôles de densité. A partir des ces valeurs, il est possible de déterminer les fonctions de densité individuelles à partir des valeurs de paramètres obtenus sous EXCEL.

On dispose ainsi à nouveau de sept fonctions de densité pour chaque îlot. Il suffit sous EXCEL de calculer le maximum de ces dernières, valeurs à nouveau exportées sous MAPINFO.

La figure 70 est le résultat du calcul de maximisation des fonctions individuelles de densité.

Elle montre que manifestement l'agglomération dijonnaise obéit à une double logique. Une première met en évidence la puissance de pôles secondaires comme Talant, Fontaine d'Ouche ou Chenôve à l'Ouest de la ville alors qu'une seconde met plutôt en lumière un phénomène de développement radiale des densités avec un gradient relativement faible à l'Est de la zone.

La COMADI est donc bien de nature dissymétrique. L'analyse des densités de population polycentrique tend à prouver que la croissance de la ville est elle-même sectorisée, opposant un angle mort dans le quart sud-est (correspondant au complémentaire de l'angle du paragraphe 3.3.2, soit $11\pi/36$) au reste de l'agglomération ; cette zone n'a *a priori* pas pu développer de très fortes densités en dehors de pôles locaux. En somme, la construction de grands ensembles a certainement bloqué l'urbanisation d'un espace qui aurait dû bénéficier d'une rente de situation avec le relief. A l'inverse, les zones urbaines de l'est se sont davantage développées, donnant des densités relativement homogènes qui décroissent plus régulièrement et plus lentement du centre ville vers la périphérie. L'existence de pôles locaux de densité (Grésilles, Quetigny ou Université) ne donne pas de profil aussi tranché que dans la partie ouest et contribue plutôt à un étalement des espaces urbanisés.

Cette organisation en couronne décentrée vers l'Est nous fait bien entendu penser à ce que l'on peut observer au niveau de l'aire urbaine, ce qui peut nous conduire à émettre l'hypothèse que les fortes densités de la campagne sont en quelque sorte un prolongement du centre.

Dans ce cas, les densités de l'Ouest doivent se trouver en situation de faiblesse due bien entendu au relief qui a pu bloquer un certain temps l'urbanisation (de la fin du XIX au milieu du XX) mais aussi, et surtout, en raison de la présence des pics de densité dans le pôle urbain qui ont sans nul doute bloqué le développement des tissus.

L'est de la zone en revanche a pu bénéficier de l'homogénéité et de la relative proximité en temps à Dijon. Les densités du pôle urbain vont à l'inverse de la zone précédente en offrant un visage plus étalé que l'on retrouve semble-t-il dans les espaces périurbains.

Figure 69 :

Le modèle dijonnais

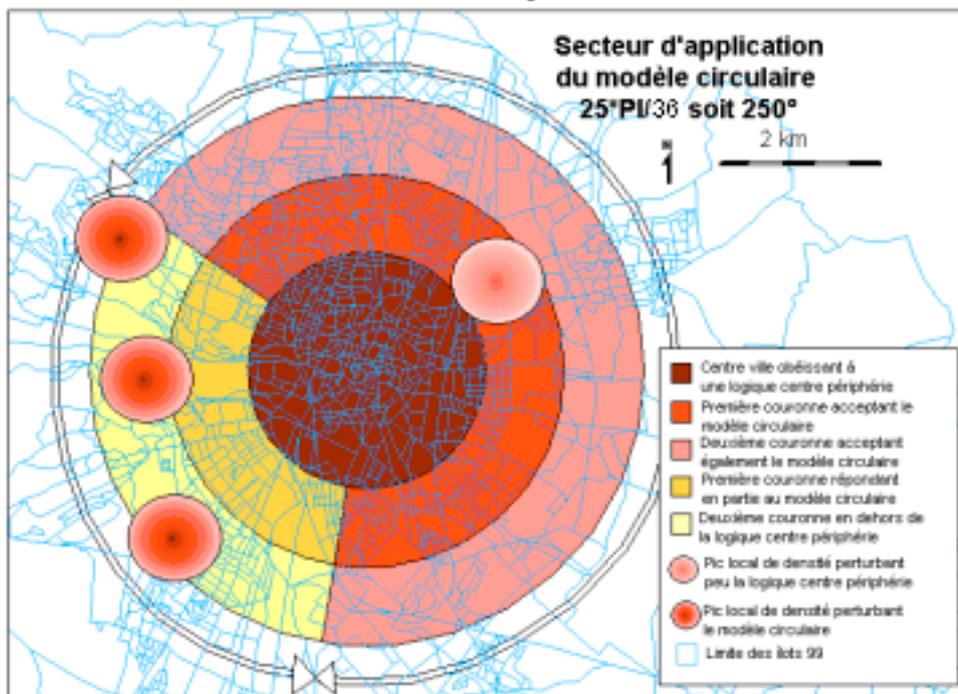
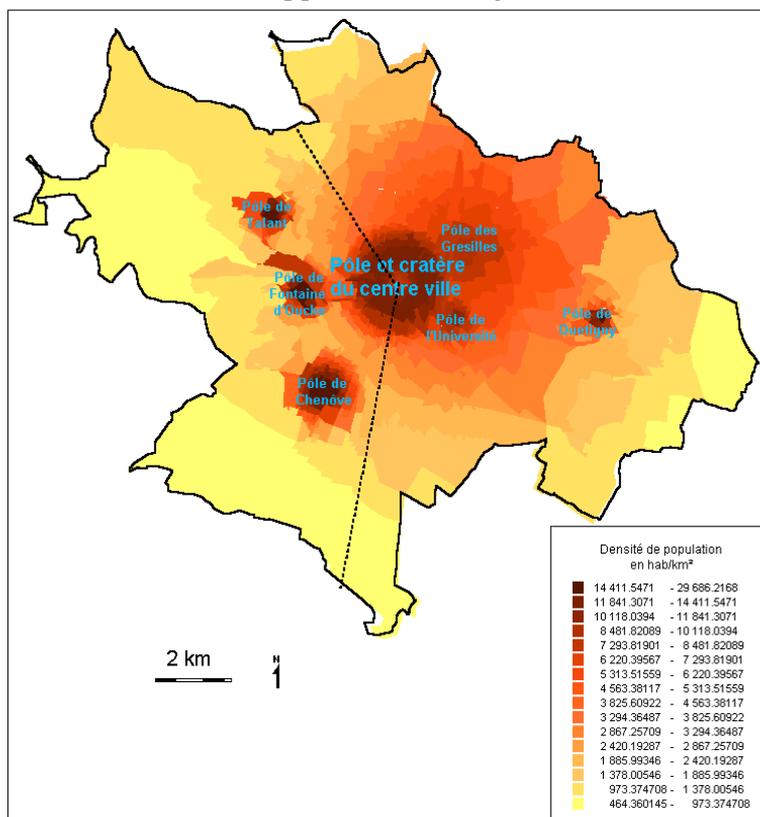


Figure 70 :

Modèle polycentrique de densité de population dans l'agglomération dijonnaise



L'évolution des densités dijonnaise est assez révélatrice des transformations de l'espace urbain mais surtout périurbain ; à une logique de désertification qui a prévalu tout le long du XIX^{ième} siècle et au début du XX^{ième} siècle, s'est substituée une évolution inverse de repeuplement selon des logiques axiales ou liées au relief. A des niveaux plus fins et pour les périodes les plus récentes, les densités, à défaut de nous renseigner sur l'évolution des espaces urbains, nous ont permis de comprendre comment la COMADI s'organisait. Tant les analyses cartographiques globales que les études plus ponctuelles par directions ont confirmé qu'il existe une organisation multipolaire où le centre reste visiblement un lieu fondamental de l'agglomération, où se concentre une grande partie de la population et des emplois, mais qu'il existe également une série de pics secondaires plus ou moins importants où les densités peuvent excéder celles du centre.

Fort de ces observations, nous avons recherché l'emplacement exact du centre de gravité de la ville afin de tester la pertinence de modèles monocentriques simples.

Bien que les corrélations fussent satisfaisantes, l'analyse par grande direction nous avait suggéré le polycentrisme, voie vers laquelle nous nous sommes engagés en étudiant chaque pôle de densité. Cette opération nous a permis de constater l'existence d'une certaine dissymétrie urbaine, phénomène qui a pu être mis en évidence par les calculs angulaires. Pour conforter ce travail, nous avons alors appliqué un des modèles polycentriques de densité, confirmant la précédente hypothèse.

En conséquence, dans une agglomération dijonnaise radioconcentrique s'opposent une partie occidentale assez nettement polycentrique à des secteurs orientaux plus réguliers qui associent un centre fort à une périphérie selon un modèle globalement concentrique.

Conclusion de la première partie

En résumé, la structure des villes contemporaines est bien caractérisée par la complexité. L'analyse la plus exhaustive que l'on pourrait faire nous renvoie directement à l'occupation du sol. On peut bien évidemment s'attarder sur la richesse des villes, sur leur histoire, leur variété et par conséquent leurs spécificités dans une approche comparative plus longue à mener. D'après nos recherches, il se dégage des « lois générales » communes à la plupart des villes et que pour peu que l'on s'intéresse à un seul paramètre, la densité, il est possible d'établir des formalisations plus ou moins complexes, ces dernières reposant sur deux modèles principaux : soit une logique de nature centre-périphérie, soit une vision plus polycentrique.

Que ce soit la ville exponentielle ou à cratère, l'idée de base reste la même et il faut aller vers des formalisations plus associatives (somme, produit ou maximisation) pour envisager d'autres logiques.

L'analyse pour Dijon montre une certaine validité des modèles monocentriques en dépit d'indices évidents de polycentrisme. Hors du centre, nombreux sont les pôles secondaires dans cette agglomération au plan radioconcentrique. Les modèles polycentriques sont de ce fait une des voies possibles vers laquelle nous avons pu nous engager pour Dijon. Après avoir identifié sept pôles de densité de population, nous avons pu montrer une assez forte dissymétrie de l'agglomération où seule la partie est semblait répondre pleinement aux conditions du modèle monocentrique.

Au niveau de l'aire urbaine, on peut néanmoins considérer que l'agglomération ne forme qu'un seul et unique pôle uniforme, et par conséquent, la base monocentrique peut être conservée.

D'un point de vue plus dynamique à présent, on est en droit de se demander si la structure du centre détermine en partie l'évolution des périphéries. L'étalement urbain et périurbain trouve-t-il, tout du moins partiellement, son origine dans le centre ? Cette question mérite d'être posée dans la mesure où nous avons une sectorisation des parties les plus centrales. Nous aboutissons ainsi à une deuxième question fondamentale : le fait de répondre ou non à la logique centre-périphérie influe-t-il sur l'étalement urbain ?

Partie II : Etalement et dilution de l'aire urbaine dijonnaise

On ne peut pas envisager la croissance des agglomérations si l'on ne tient pas compte de la partie la plus centrale, à la fois lieu de résidence et d'emplois, pour la plupart des grandes villes européennes. L'analyse de cette portion, à la fois réduite, représentant un espace assez restreint mais également fortement dense par rapport à la totalité de l'agglomération, constitue une étape importante dans la connaissance de la ville. De l'évolution de ce noyau, souvent historique, dépendra l'étalement des périphéries.

Aussi pour comprendre les logiques de croissance de la ville, il sera nécessaire de s'interroger sur la construction du centre.

La question des modalités d'extension de l'agglomération est directement liée au cœur urbain. Dans certains pays, comme aux Etats-Unis, les périphéries bâties se présentent sous la forme d'un tissu relativement homogène, s'étendant à perte de vue d'une manière continue. La ville s'étale sur de très vastes superficies selon des modalités qui n'ont rien à voir avec ce que l'on peut observer en Europe. A ces banlieues, sans véritable identité, appelées souvent suburbs, se substituent des villages, présentant un caractère rural encore fort. De ce fait, la croissance de la ville s'effectue d'une manière continue sur les franges de l'agglomération, même si la majeure partie de la croissance est aujourd'hui rurale. Doit-on considérer que c'est la nature même du cœur de l'agglomération, dense et peuplé ou au contraire, occupé par des bureaux, qui est l'origine de cet état de fait ?

L'autre question qui s'impose lorsque l'on cherche à caractériser l'étalement urbain est la vitesse. Le phénomène est avant tout de nature diachronique. Une étude de l'étalement urbain d'une ville suppose d'envisager le phénomène de son origine jusqu'à nos jours. Sur un laps de temps relativement long, on parvient à dégager de fortes variations dans les rythmes de croissance depuis l'Antiquité, pour les villes les plus anciennes, jusqu'à la période actuelle. L'étalement urbain se cerne ainsi à partir d'une étude des élargissements successifs des limites urbaines.

Enfin, l'étalement urbain présente un enjeu plus actuel, dans un contexte de très forte croissance, sur des territoires qui ne cessent d'être phagocytés par le bâti. On est davantage préoccupé par un phénomène contemporain qui, chaque jour, pose de plus en plus de problèmes en termes de transport, de pollution, d'encombrements et de destruction des terres agricoles. La phase actuelle de l'étalement urbain est bien au centre de nombreux débats et constitue aujourd'hui un problème majeur de société. Voulons-nous une

ville agréable à vivre, où chacun choisirait son domicile le plus loin possible du centre mais engendrant des coûts exorbitants ou au contraire une ville nettement plus dense où les individus sont obligés de cohabiter les uns avec les autres mais où les problèmes de transport sont moins importants ? Pour prévoir les futures tendances de cet étalement, nous avons cherché à le mesurer précisément .

Une première série de travaux envisage les densités de population, en s'engageant vers une voie similaire à celle de la structure urbaine.

D'autres études ont pris le parti de raisonner directement sur la production surfacique. Comprendre l'étalement urbain, c'est essayer d'en dégager les modalités, d'étudier les rythmes à travers une analyse historique, de le mesurer en terme de population ou d'emprises bâties.

En réponse à ces quatre aspects, nous proposons une étude déclinée en six chapitres :

- le premier répond aux problèmes de définition et envisage les facteurs de l'étalement urbain
- le second analyse les rythmes de croissance de la ville antique et médiévale
- le troisième fait de même pour la ville du XIX^{ième} et du début du XX^{ième} siècles
- le quatrième s'intéresse aux rythmes de la ville actuelle
- le cinquième mesure l'étalement urbain par le biais des densités
- le sixième propose une alternative aux modèles de population cumulée.

Chapitre I : Définitions et facteurs de l'étalement urbain

Comment définir l'étalement urbain ? Cette question simple est en réalité bien plus complexe qu'il n'y paraît car le terme même d'étalement est sujet à caution.

Proche de la définition de la diffusion spatiale, l'étalement repose en réalité sur une dialectique spatiale.

Il peut se décliner sous deux ou trois définitions distinctes. L'observation montre que l'étalement induit deux formes spécifiques de développement.

Au-delà de la simple définition, on peut également s'interroger sur les facteurs. Nous en avons retenu quatre : la population, les transports, le foncier et les acteurs et aménités naturelles.

1) La notion d'étalement

1.1) Une notion reposant sur la dialectique spatiale

L'étalement vient du verbe s'étaler signifiant s'étendre, se répandre, croître en surface. Il se rapporte donc exclusivement aux objets planaires et sa mesure nécessite toujours l'utilisation de deux dimensions. Il s'emploie dans un sens statique ou plus dynamique. Ainsi il sera, selon le contexte, synonyme soit d'étendue soit de variation de surface. Néanmoins, on préférera désigner par aire ou surface la caractéristique 2D mesurable de l'objet, préférant donner à l'étalement le sens d'évolution de cette dimension. Dans ce cas, il ne peut exister de variation que si celle-ci est positive, un étalement impliquant toujours une croissance.

En géographie, cette notion est également employée dans le sens d'évolution surfacique. *Les mots de la Géographie* coordonnés par R.BRUNET (1992) ne définissent pas le terme, lui préférant des équivalents comme expansion, extension, diffusion. On pourrait ajouter à ceux-ci : propagation ou accroissement. L'extension, est, de ces mots, sans doute le plus neutre car il désigne tout simplement l'augmentation d'étendue. L'expansion, au contraire, est employée lorsque l'on cherche à introduire l'idée de conquête. La diffusion est couramment employée pour décrire l'évolution en surface de phénomène.

La première possibilité est de considérer l'étalement comme une simple extension. Dans ce cas, le terme ne peut exister que si l'espace est différencié ; on y trouve ainsi au minimum deux types de zones disposant chacune de caractéristiques propres. Si les caractéristiques de chaque zone sont comparables, deux cas peuvent apparaître :

- soit les caractéristiques des deux portions de l'espace sont équivalentes, alors l'ensemble reste stable, l'interface ne varie pas dans le temps
- soit l'une des deux zones l'emporte sur l'autre au niveau de ces caractéristiques, ce qui a pour conséquence l'extension d'une partie aux dépens de l'autre. Ce cas s'apparente à une expansion.

Le processus d'étalement connaît plusieurs phases :

1) dans un premier temps, les deux zones s'opposent fortement. En comparant les deux espaces, on constate, en mesurant les différentes caractéristiques, qu'il existe d'un côté, une certaine « supériorité ». Dans le même temps, on peut définir une zone de contact où s'effectuent des mélanges dans un sens ou dans l'autre.

2) ce décalage entre les deux zones renforce la domination de la zone « la plus forte » sur les échanges du contact, si bien que les relations en direction de la zone la plus faible l'emportent très largement. Ces flux ont pour conséquence de déstabiliser l'interface, modifiant ainsi les caractéristiques qui étaient à mi-chemin entre les deux zones. Progressivement, le contact se transforme et adopte les formes « de la zone forte ».

3) Lorsque l'ensemble de la zone médiane présente les mêmes formes que l'espace initiateur de l'étalement, il s'intègre alors et la rupture se déplace au-delà de l'ancien front.

En somme, l'étalement ne décrit que les variations positives de la forme.

1.2) Etalement et diffusion : deux notions complémentaires

La diffusion recouvre davantage d'éléments que le simple étalement.

R.BRUNET la définit comme « l'action de se répandre dans toutes les directions » ; il s'agit aussi de l'expansion d'un phénomène dans l'espace. Pour qu'il y ait diffusion, il doit y avoir un émetteur et un récepteur. La définition de T.ST JULIEN⁵⁵ est relativement voisine puisqu'elle parle d'un phénomène correspondant à « tous les déplacements qui cherchent à se répandre ». Cependant, elle ajoute que la notion est « associée à une innovation au sens large, à l'introduction d'une nouveauté ». L'auteur note en outre que la propagation entraîne une évolution irréversible de l'espace. Parfois, « la diffusion peut se manifester par une extension [...] le front de mutation se déplace à mesure de l'adoption de la nouveauté lorsque le site est épuisé ».

Les éléments qui participent à la diffusion sont dépendants de l'émetteur, du récepteur et du milieu traversé.

L'émetteur fixe « une force de propagation initiale ». L'effet de la distance est considérable et influence en particulier la vitesse de transformation. Par distance, il faut comprendre non seulement l'éloignement kilométrique mais également sociologique et économique. L'innovation est plus ou moins ralentie en fonction de l'espace. Ainsi le phénomène dépend fortement des configurations spatiales, et du terrain. Le relief peut constituer un obstacle tout comme une mer, un fleuve, ou dans le cas contraire, une vallée peut guider la nouveauté.

Les moyens de communications ont également une très grande incidence sur la progression du phénomène et contribuent à accélérer et étendre l'espace de changement. Les évolutions techniques dans ce domaine jouent un rôle majeur en améliorant l'accessibilité.

« Les processus de diffusion spatiale procèdent largement par contagion [...] les probabilités de contact entre émetteurs et récepteurs du changement diminuent rapidement avec la distance, le degré de voisinage joue un rôle essentiel [...] la distance en kilomètres, en temps de déplacement, en coût entrera nécessairement dans la détermination des probabilités de contact » .

1.3) Etapes et expression de la diffusion

Selon la terminologie de T.HAGERSTRAND (1952), la diffusion se déroule en quatre étapes :

- la première dite stade primaire est l'amorce, avec l'apparition des premiers centres adoptant le changement : il existe alors un contraste important entre les lieux ayant adopté la transformation et les autres.
- la deuxième phase amorce une période de développement du processus où l'on observe des forces centrifuges qui intègrent de nouveaux centres. Plus ces derniers sont éloignés des centres initialement atteints plus la transformation est rapide. Les contrastes tendent donc à se réduire.
- la troisième phase, prolongement direct de la seconde, accélère le rattrapage des centres non transformés.
- enfin, la phase de saturation se caractérise par « un taux de pénétration asymptotique au maximum ».

⁵⁵ « Diffusion spatiale », *Encyclopédie de géographie* sous la direction de A.BAILLY, R.FERRAS et D.PUMAIN, Economica, p. 577-595

Si le processus arrive à son terme, tous les éléments sont modifiés : dans ce cas, les déséquilibres qui existaient sont conservés. Dans l'éventualité où, au contraire, le phénomène est interrompu, des déséquilibres apparaissent.

Étalement et diffusion sont liés car ils font appel à une dialectique spatiale opposant soit deux espaces, soit un émetteur et un récepteur. L'aspect diachronique rapproche également les deux termes. La diffusion peut présenter de fortes similitudes avec l'étalement si elle a des effets spatiaux. Dans ce cas, l'étalement est la partie visible de la diffusion, sa dimension spatiale, une expression de son intensité. Si l'on considère que l'urbanisation est un phénomène qui se diffuse, se caractérise par une transformation spatiale et occupe une place variant au cours du temps, il est alors possible de définir l'étalement urbain comme une diffusion de l'urbanisation.

2) L'étalement urbain

2.1) Définition

Le phénomène d'étalement des villes est aujourd'hui relativement bien connu et de nombreuses études, menées à la fois par des économistes et des géographes se sont intéressées à la question.

D'un point de vue extrêmement général, G.RITCHOT, G.MERCIER et S.MASCOLO⁵⁶ (1994) définissent l'étalement urbain comme « l'extension d'un corps sur une surface ». Le qualificatif urbain concerne la substance de ce corps en extension. Par opposition, la surface de support n'étant pas urbaine, elle est rurale. Ainsi le concept d'étalement urbain signifie, que l'urbain en tant que corps, c'est-à-dire en tant que surface matérielle localisée, dessine une tache qui s'agrandit sur un substrat rural. Selon cette approche sémantique, l'étalement est « diffusant » et envahit le substrat rural à partir de foyers urbains.

D'autres définitions plus gestionnaires ont également été proposées comme celle des autorités municipales de Québec qui envisagent l'étalement urbain selon quatre points principaux :

- « on peut le définir comme une extension du territoire urbain qui produit à l'échelle métropolitaine une forme urbaine diffuse, ayant l'apparence de taches d'huile contenant un tissu urbain, généralement de faible densité, séparées par des espaces de friche.
- on peut également l'envisager comme une intervention consistant à implanter une structure urbaine en dehors de l'aire centrale.
- enfin, il s'agit aussi d'une intervention consistant à implanter une structure urbaine à une distance éloignée d'un centre d'équipement pouvant desservir cette structure ».

En conséquence, les auteurs de l'article retiennent la définition suivante : « une action qui soutient à l'échelle métropolitaine l'éparpillement urbain ».

Plus précisément, deux types de définitions semblent s'opposer.

J.GAGNEUR⁵⁷ (1993) note que l'étalement est avant tout « synonyme de dédensification de l'habitat » et qu'il entraîne une diffusion du bâti avec la construction de logements neufs en banlieue, mais également

⁵⁶ « L'étalement urbain comme phénomène géographique : l'exemple de Québec », *Cahier de géographie du Québec*, Vol 38, n°105, p. 261-283

⁵⁷ « De l'agglomération à la région urbaine, une dynamique des territoires, le cas de la région grenobloise », *Transport et Etalement urbain : les enjeux* dirigés par Y.BUSSIERE et A.BONAFIOUS

à la campagne. Dans le même état d'esprit, C.RAUX⁵⁸ (1993) envisage l'étalement urbain comme étant « un étalement dans l'espace de la concentration urbaine (habitat, emplois, commerces). La croissance urbaine s'est opérée au cours de ces dernières années essentiellement sous la forme d'un double phénomène de concentration spatiale de la population dans les zones urbaines et l'extension de ces zones urbaines ».

Dans ces conditions, l'auteur définit l'étalement comme l'extension surfacique des zones à dominante urbaine, ce qui n'est pas le cas de C.LANGLOIS⁵⁹ (1993) qui, lui, le réduit à un type de croissance urbaine : « l'étalement urbain est la forme la plus courante de la croissance urbaine. Cette forme de croissance urbaine a pour caractéristique principale un tissu urbain étendu sur une grande surface en couche fine, c'est-à-dire avec une densité relativement faible ». La ville progresse donc à la fois par étalement mais également par éparpillement. Dans certains cas, l'étalement urbain se limite au phénomène responsable de l'édification des banlieues (suburbanisation). Notre choix sera de ne pas se limiter à cet état de fait et de retenir une extension bien plus large incluant à la fois les banlieues mais également les périphéries rurales.

2.2) Processus de l'étalement des villes : deux modes d'action sur la campagne

En observant la surface urbanisée, on peut distinguer deux types de zones : le bâti purement urbain qui touche la ville centre et les villages ou agglomérations isolés. Ces deux formes sont le fait de deux modes d'action nettement différenciés.

Pour les déterminer, il est nécessaire de considérer la ville comme un foyer émetteur capable de convertir les espaces ruraux en surfaces urbaines. La transformation s'opère par simple contact entre l'agglomération et la campagne mais également par « échauffement ». Ainsi le foyer urbain polarise un large périmètre rural dont le « potentiel de croissance » décroît à mesure que l'on s'éloigne du centre de la ville. Tel un feu de forêt, la ville consume les surfaces les plus proches tout en envoyant des mèches enflammées sur de longues distances. Ces dernières sont à l'origine de nouveaux feux secondaires agissant comme le foyer principal. Tout comme un processus de diffusion classique, l'étalement urbain procède donc par contagion.

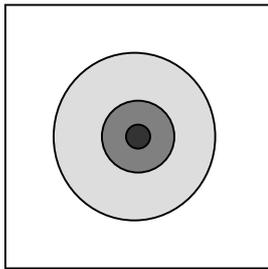
La distance au centre est essentielle pour la dynamique surfacique pour les deux modes d'action. S'il est évident que la probabilité de contact entre urbain et rural décroît avec la distance au centre, cela reste vrai pour la transformation spontanée d'espaces campagnards.

Le processus d'étalement urbain peut se résumer alors en trois étapes successives :

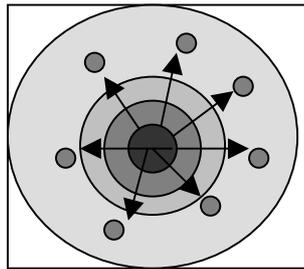
⁵⁸ « Centralité, polynucléarité et étalement urbain : application au cas de l'agglomération lyonnaise », *Transport et Etalement urbain : les enjeux* dirigés par Y.BUSSIÈRE et A.BONAFOUS

⁵⁹ « Montreal, de villes de banlieue à mégabanlieue », *Transport et Etalement urbain : les enjeux* dirigés par Y.BUSSIÈRE et A.BONAFOUS

Etape I : le foyer s'étale par contact tout en polarisant un petit périmètre rural



Etape II : le foyer convertit les franges urbaines et dynamise des centres locaux qui deviennent des foyers émetteurs secondaires



Etape III : Généralisation du processus avec étalement à partir des foyers secondaires, création de nouveaux foyers et extension de l'aire polarisée

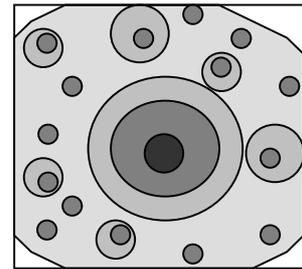


Figure 71 : étapes de l'étalement urbain

2.3) Mesure de l'étalement urbain fondée sur les populations

S'il était simple de suivre l'évolution de la surface urbanisée jusqu'aux années 60, on a dû, avec la croissance des espaces non-continus, envisager d'autres formes d'analyses que la simple mesure aréale (étant donné le flou de la zone à considérer). L'INSEE a certes pu apporter une limite statistique au phénomène périurbain, marquant ainsi un périmètre de croissance des aires urbaines dans lequel il est possible de calculer une surface. Or, bien souvent, il est difficile de déterminer avec précision la surface bâtie. Ce qui explique que de nombreux auteurs préfèrent employer d'autres types de données comme la population rapportée à la surface ou à la distance au centre. B.NICOT⁶⁰ (1996) propose une méthode pour la mesure de l'étalement urbain fondée sur la dynamique des populations au sein d'une ZPIU. L'auteur détermine des couronnes à partir du centre de l'agglomération puis calcule pour chaque pas de distance la population comprise à l'intérieur du périmètre délimité par ces dernières. Il envisage ainsi l'évolution de la courbe de la population en fonction de la distance au centre. Il additionne les populations qu'il divise ensuite par la distance, il obtient ainsi un graphique donnant la courbe de la population en fonction de la distance au centre. Ce travail est réalisé pour plusieurs dates.

En établissant un pourcentage de population au lieu de la valeur réelle, il détermine des points de mesure. Le premier est fixé à 50% et le second à 90%. Il est alors possible de repérer une distance dite « médiane » pour le seuil 50% et une distance nonantane pour le seuil 90%.

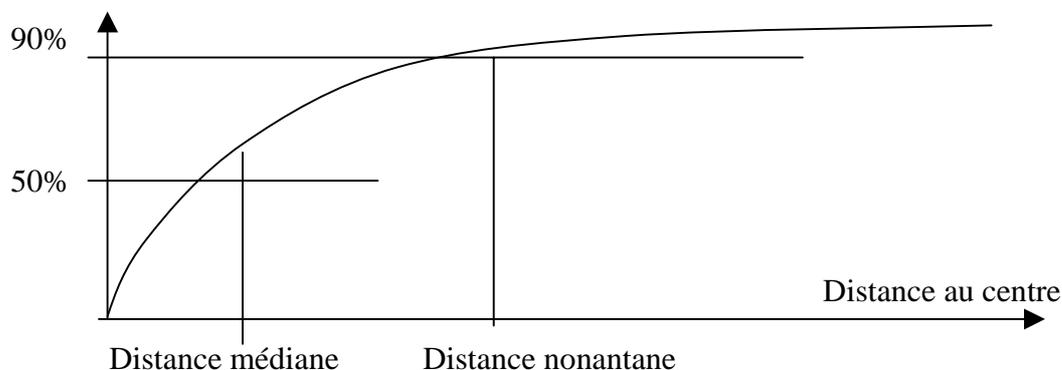


Figure 72 : Distance médiane et nonantane

⁶⁰ « Une mesure de l'étalement en France 82-90 », *Revue d'économie régionale et Urbaine*, n°1, p. 71-98

Ce calcul permet à la fois de comparer l'évolution des distances nonantanes et médianes pour une ville entre deux dates mais également d'analyser le phénomène au niveau national.

L'auteur constate alors un certain nombre de faits généraux :

- tout d'abord, il semble ne pas exister de relation entre la population des villes et les distances nonantanes et médianes
- en revanche, la croissance des distances nonantanes et médianes va dans le même sens que celle de la population (Même si la distance nonantane décroît pour les agglomérations dont la taille est supérieure à 500 000 habitants, c'est-à-dire les plus grandes villes).
- dans les villes de moins de 500 000 habitants, la croissance de la distance médiane est d'autant plus forte que la population est importante
- pour les villes de plus de 500 000 habitants, cette distance augmente fortement.

L'évolution des définitions de la ville ne fait que refléter la mutation du monde urbain lui-même. A l'origine, claire et nette, la rupture semble aujourd'hui plus confuse ; la ville devient une agglomération et l'agglomération une aire urbaine.

La croissance se traduit ainsi par des modifications morphologiques (principalement au niveau de la compacité), mais surtout une croissance des domaines urbanisés. L'étalement urbain, de ce fait, est une préoccupation essentielle des politiques, soucieux de la gestion d'espaces, insondables, inadaptés aux limites administratives et surtout fragmentés.

Expression éclatante de la dynamique contemporaine de la ville, l'accroissement en surface n'en reste pas moins complexe à appréhender au regard de la masse de facteurs qui lui sont associés.

3) Facteurs de l'étalement urbain

Les pionniers dans l'analyse des facteurs de localisation des ménages dans les agglomérations ont été les économistes qui, dès les années 60, ont étudié le phénomène urbain essentiellement d'un point de vue formel. Les enseignements de la NEU (Nouvelle Economie Urbaine) sont encore aujourd'hui d'actualité. Un bon nombre d'études urbaines portant sur les déterminants comme la structure des agglomérations est plus ou moins dérivé des premières théories de 1964 ou 1969. La production scientifique des déterminants spatiaux de la croissance des villes, d'une très grande richesse, ne se limite plus au seul champ disciplinaire économique mais déborde largement sur la sociologie ou la géographie. Nous avons choisi de retenir les facteurs les plus importants et de les regrouper en quatre grandes catégories : l'évolution de la population, les transports, le coût du foncier et le rôle des acteurs, des aides publics, les politiques d'aménagement et les aménités naturelles.

3.1) Population et étalement urbain

Le premier, et sans doute le plus important des facteurs responsables de la croissance de l'espace bâti, est l'évolution de la population urbaine totale.

Des économistes américains comme K.BRUECKNER ou D.A.FANSLER (1983)⁶¹ ont pu démontrer le lien entre population et extension du domaine urbanisé.

En partant de l'idée que chaque ménage se localise dans une ville en fonction de ses revenus, de sa consommation et du coût de son logement, il est possible, à partir de ces variables, de déterminer la population comprise à l'intérieur d'un périmètre urbain donné par le modèle suivant reposant sur la densité :

$$L = \int_0^{\bar{x}} 2 \pi x D(x, t, Y, u) \delta x$$

L représente la population de la ville, x la distance au centre ville, Y le revenu moyen des ménages, D , la densité de population, u une fonction dite d'utilité et \bar{x} la limite urbaine.

Par la suite, WHEATON (1974) dynamise le modèle en étudiant le signe de la variation du rayon urbain par rapport à la variation de la population et montre alors que le quotient est positif. Ce qui signifie, qu'en théorie, la croissance de la population a tendance à entraîner un étalement urbain. En effet, historiquement, la croissance de la population urbaine s'est traduite sur le temps long par une extension surfacique de la ville. L'évolution du bâti n'est alors l'expression que du développement « nécessaire » de la surface allouée aux activités et aux résidences dépendant en partie du « contenu humain ».

J.BASTIE et B.DEZERT notent également que l'étalement des villes vient du manque de place dans le centre, rejetant en périphérie les nouvelles fonctions. Ces dernières posent assez souvent des problèmes de nuisances ou d'enlaidissement (on peut citer comme exemples les hôpitaux psychiatriques, les hospices, terrains militaires, usines, dépôts, ordures, abattoirs, gare de triage...). L'évolution de la surface urbaine est également fortement liée à la construction d'équipements souvent consommateurs d'espaces (santé, éducation, loisirs, circulation, espaces verts, zones d'activités et industrielles).

Lorsque le contenu humain varie, la ville peut, soit s'étendre, soit se densifier, d'où l'importance de la capacité d'accueil de l'espace. Le manque de place traduit le dépassement d'une capacité maximum ; cette dernière étant elle-même fonction du niveau technique de la ville (aptitude à construire en hauteur, hygiène...). Cette densité critique est donc fortement corrélée aux progrès et provoque des effets de saturation. Si cette dernière est atteinte, alors toute nouvelle croissance de population entraîne une extension du bâti.

Si ce mécanisme de densification centrale précédant une croissance périphérique était opérant pour les villes jusqu'au XIX^{ème} siècle, aujourd'hui, il en est autrement : des facteurs tels que les transports ou la valeur des terrains jouent un rôle majeur dans la dynamique des espaces urbains.

3.2) Transport et étalement urbain

Le second facteur le plus important dans la dynamique des surfaces urbaines est l'évolution des transports.

D'un point de vue général, des économistes comme WHEATON, ont pu montrer l'existence d'une relation entre l'extension des domaines urbanisés et l'évolution de l'offre de transport ; il a été prouvé que la variation de la limite urbaine divisée par la variation du coût de transport était négative, ce qui signifie qu'une baisse du coût de transport (= tx , temps d'accès*distance au centre) a pour conséquence

⁶¹ « The economics of urban sprawl : theory and evidence on the spatial sizes of cities », *The review of economics*

d'étendre la limite urbaine. Les progrès en matière de transport agissent de ce fait de manière significative sur l'évolution de la surface de la ville en modifiant les isochrones. Le bus, le train et surtout la voiture vont tour à tour être à l'origine de l'extension des cités.

S.F.LEROY et J.SONSTELIE⁶² (1983) dans l'article *Paradise Lost and Regained: Transportation innovation Income and residential location* étudient ainsi l'impact des innovations techniques dans les transports sur le choix résidentiel. Les auteurs comparent deux modes de transports en envisageant les conséquences en terme de coût. Le bus est le premier type de véhicule (dans le cas des Etats-Unis, pour l'appliquer aux villes européennes, il serait nécessaire d'envisager le train) auquel s'ajoute la voiture.

Les auteurs expriment le coût de transport pour les deux modes de la même manière.

Ils considèrent alors la distance x^* où les deux coûts sont équivalents, ce qui donne les courbes suivantes :

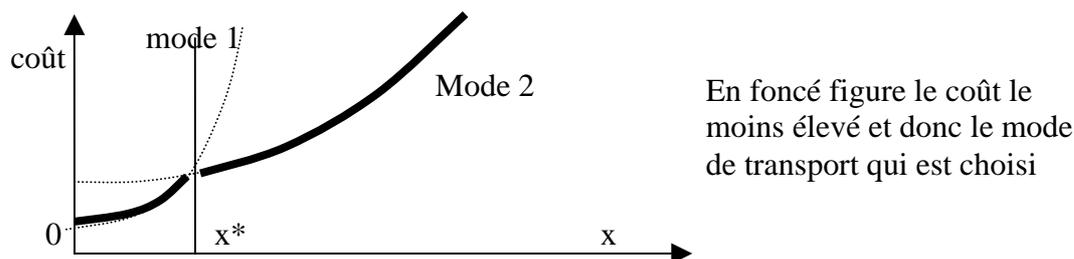


Figure 73 : la comparaison du coût de transport de deux types de véhicule

En comparant ces deux courbes, nous pouvons constater que l'abaissement des coûts est significatif en périphérie, ce qui contribue à étendre la zone d'installation potentielle des populations.

En Europe, les banlieues se sont étirées le long des axes routiers avec une certaine dégradation du bâti à mesure que l'on s'éloignait du centre. Les arrêts de bus ont joué dans les premiers temps un rôle clé dans l'étalement des tissus. Mais c'est avec le train que l'on observa la plus forte dynamique de l'espace périphérique. Ce dernier a permis l'extension de la zone urbaine le long des voies mais surtout autour des gares qui devinrent des pôles secondaires. Enfin, la voiture supprima toute contrainte d'arrêt tout en diminuant le temps d'accès, ce qui eut pour conséquence de généraliser l'urbanisation d'un large périmètre rural.

Aujourd'hui, l'étalement des villes est la conséquence de plusieurs modes de transports d'où le développement plus important des zones multimodales ou des croisements cumulant les avantages de plusieurs modes de locomotion.

Plus globalement, il semble que le fonctionnement des transports et l'étalement urbain soient intimement liés. L'importante analyse de P.W.G.NEWMAN et J.R.KENWORTHY (1991)⁶³ permet de comparer différents types de villes en fonction des transports.

Ainsi, ils montrent l'existence d'une corrélation négative entre de fortes densités, autrement dit une morphologie concentrée et une utilisation des transports individuels, ce qui, explique l'extraordinaire étalement des villes américaines dont les réseaux sont largement structurés par les autoroutes. A l'inverse, une plus faible consommation pétrolière ou une plus faible motorisation semble aller de pair avec de plus fortes densités et ainsi une plus grande compacité de la ville. Les grandes villes

and statistics, vol. 65, n°3

⁶² *Journal of urban economics*, n°13, p. 67-89

⁶³ « Transport and urban form in thirty-two of the world's principal cities », *Transport reviews*, vol. 11, n°3, p. 249-272

américaines s'opposent alors aux villes asiatiques dont la consommation en carburant est la plus faible. Les agglomérations européennes se situent entre les villes asiatiques et américaines, ce qui signifie, en suivant les conclusions des auteurs, une potentialité moyenne de croissance en terme de surface. L'explication est à rechercher du côté du type majoritaire de transport. Ainsi la ville américaine apparaît très fortement motorisée avec l'automobile (le taux de transports publics ne dépasse pas 14% pour le Nord-Ouest, en étant toutefois plus proche de 7.8% pour l'ensemble du territoire). En Europe, les taux sont nettement plus importants (entre 17 et 32%). Enfin les villes asiatiques aboutissent à des taux de l'ordre de 64% (le plus important étant fixé à 76.9%). Les corrélations entre les paramètres morphologiques (densités centrales et densités périphériques) sont liées à la mobilité (pourcentage de transport public, consommation de carburant).

Confirmant ce propos, A.BIEBER, M.H.MASSOT et J.P.ORFEUIL⁶⁴ (1993) ont pu déterminer une typologie urbaine en fonction de l'organisation du réseau de transport et de son fonctionnement. Ainsi, ils dressent une typologie tridimensionnelle, chaque ville apparaissant alors comme un compromis entre trois modèles :

- le modèle Californien
- le modèle Rhénan
- le modèle Saint Simonien

La vision de haut en bas fournit une mesure des potentialités d'étalement alors que la lecture de droite à gauche est le reflet d'une ségrégation.

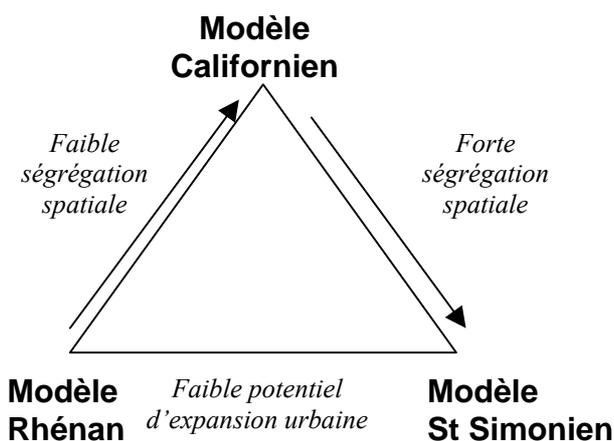


Figure 74 : le triptique de la croissance des villes

La forme classique de la suburbia américaine est le modèle californien que les auteurs décrivent comme une organisation libérale plus axée sur les flux que les stocks et sur l'entreprise sur le patrimoine, les structures historiques n'intervenant que très peu dans la logique territoriale. Morphologiquement, le centre ville est plus ou moins délaissé et ne subsistent au cœur des villes que les activités haut de gamme. Comme les activités se disséminent, en aboutissant toutefois à la création des *Edge cities* (P.GORDON et W.RICHARDSON 1996, GIULIANO et SMALL 1991), elles-mêmes menacées par un processus de dispersion encore plus grand, les populations suivent la même tendance, créant des nébuleuses urbaines aux potentialités de croissance quasi-infinies.

⁶⁴ « Les trois futuribles pour la mobilité quotidienne », *transport et étalement urbain : les enjeux* Programme pluriannuel en sciences humaines Rhône Alpes Lyon p. 5 29

Le scénario Saint Simonien, quant à lui, met l'accent sur une organisation fortement guidée par les pouvoirs publics. Le réseau repose sur de grandes infrastructures aux vitesses importantes. Le zoning y est assez strict. Le centre concentre les bureaux. Le potentiel de croissance en surface est de fait assez réduit.

Enfin le troisième modèle, le modèle Rhéna, décrit une ville, au centre historique fort, combiné à de fortes densités de population. Le transport collectif est largement mis en valeur.

Ces trois logiques confirment la vision d'Y.CHALAS⁶⁵ (1997) qui définit la ville dite « mobile » ; et plus précisément une ville socialement mobile. Ainsi, « l'urbain est devenu l'homme de la mobilité... », ce que l'auteur étaye en comparant deux chiffres : si en 1945, un citoyen marchait environ 3 km/j, en 1975, cette moyenne est passée à 10 km/j. « C'est l'homme de l'intégration par les flux, créant des classes hyper mobiles ou encore surclasses mobiles... »

Il semble, pour cet auteur, que l'origine de la désagrégation ou de la dispersion du bâti soit le fait de la mobilité. La diminution des temps d'accès a eu pour conséquence de rapprocher des lieux autrefois éloignés (« la mobilité qui peut rendre lointain ce qui est proche, a la capacité également de rendre proche ce qui était lointain »), ce dont le citoyen a parfaitement conscience (« Tout habitant a aujourd'hui dans sa tête une chronocarte de sa région urbaine »). Dans ce contexte d'hypermobilité et d'hyperaccessibilité, la compacité n'est plus un impératif : « La mobilité a aussi la capacité de rendre contigu des espaces éclatés⁶⁶. »

La ville perd ainsi toute limite et les qualificatifs, pour la désigner, ne manquent pas : « ville illimitée, ville pays, ville archipel, région urbaine, ville-région, ville diffuse ou ville étale » (synonyme de la ville en tache d'huile) , autant de termes impliquant l'usage de transports rapides.

A l'inverse, Y.CHALAS fait également remarquer l'existence d'une autre ville qui serait l'opposé de la précédente : « la ville vide, encore désignée comme ville de la discontinuité, de la rupture, ville disparate, désunifiée, des contrastes [...] Le vide qui fait ville, ce qui fait la ville, le vide qui non seulement devient un élément urbain lui-même, mais qui façonne également la ville. »

Il s'avère donc que morphologie et étalement urbain soient, peu ou prou, liés aux transports. D'autres facteurs peuvent également jouer un rôle majeur dans la dynamique des espaces urbains.

3.3) Influence du foncier sur le développement du bâti

Dès le XIX^{ième} siècle les économistes s'intéressent au foncier et à ses conséquences sur l'espace. D.RICARDO (1817) montre que le prix des terrains varie fortement selon le type d'occupation du sol. J.H.VON THUNEN (1826) spatialise l'ancien modèle en observant que la rente des terrains varie du centre vers la périphérie du village. Pour évaluer la rente, il considère plusieurs types d'occupation du sol ; chaque type de récolte ayant sa propre fonction de rente. La rente observée est la plus forte, ce qui donne une organisation concentrique de l'occupation du sol.

⁶⁵ « Les figures de la ville émergente », *La ville émergente* ed. de l'Aube G.DUBOIS TAINÉ 1997

⁶⁶ Formule de P.LE GUIRRIC

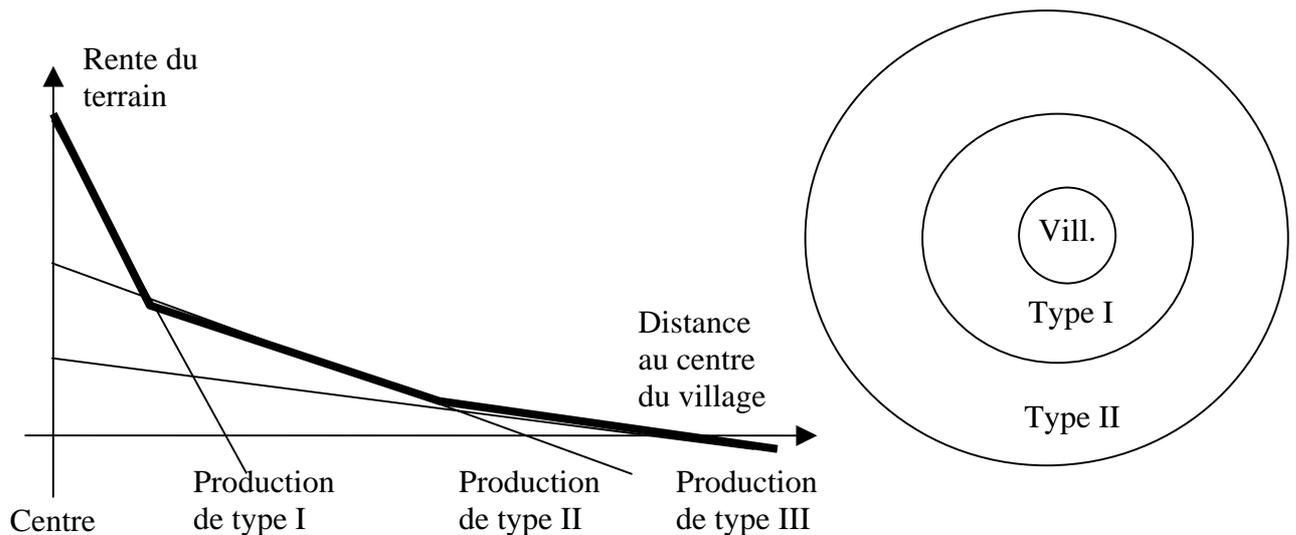


Figure 75 : les rentes rurales

Ces études sont à l'origine des théories urbaines. Le pionnier dans ce domaine est R.M.HURD⁶⁷ (1903), suivi bien plus tard par les écologistes (BURGESS). R.F.MUTH⁶⁸ (1969) et W.ALONSO⁶⁹ (1970) innovent en analysant l'équilibre de marché. Ils montrent que le prix des terrains est également dépendant de la distance au centre. Le prix est alors fixé par les ménages et les firmes, chacun ayant une offre de rente spécifique. ALONSO introduit l'idée d'équilibre des ménages avec l'expression du budget contraint : la localisation se limite à un arbitrage entre le coût de transport en direction du centre, le budget alloué au logement et la consommation soit :

$$Y = z + P(x)q + k(x)$$

Le revenu Y finance la consommation (z), le coût du logement (prix du terrain en fonction de la distance au centre $P(x)$ multiplié par la surface du logement (q)) et le coût du déplacement vers le centre en fonction de la distance au centre ($k(x)$).

En définissant une fonction d'utilité $U(q,z)$, il est possible d'envisager un équilibre lorsque le maximum de U est atteint (dérivée de U par rapport à q et z égale à 0). L'offre de rente sera donc dépendante du revenu, de la consommation et du coût de transport. Cette fonction est appelée offre de rente (Bid rent function) des ménages. Ce que M.FUJITA⁷⁰ (1989) note $\Psi(r,u)$.

$$\Psi(x,u) = \left[\frac{Y - T(x) - Z(s,u)}{s} \right]$$

Y est le revenu du ménage, $T(x)$ le coût de transport, s la surface du logement et $Z(s,u)$ la consommation dépendante de la surface et de la fonction d'utilité $u(s,z)$.

Pour les firmes, ALONSO exprime l'équilibre par une maximisation du profit, ce qui permet, là encore, d'évaluer une offre de rente spécifique.

En situation de concurrence, les courbes d'offres se superposent et le prix du terrain correspond au maximum offert. L'auteur envisage alors le jeu de 3 acteurs : les firmes, les ménages et les agriculteurs,

⁶⁷ *Principles of City Land Values*

⁶⁸ *Cities and Housing* The University of Chicago Press

⁶⁹ *Location and Land Use* Harvard University Press

⁷⁰ *Urban Economic, Theory Land Use and City Size* Cambridge University Press

en exprimant l'offre de ces derniers selon le modèle de THUNEN. De ces trois acteurs, seul le plus offrant l'emporte.

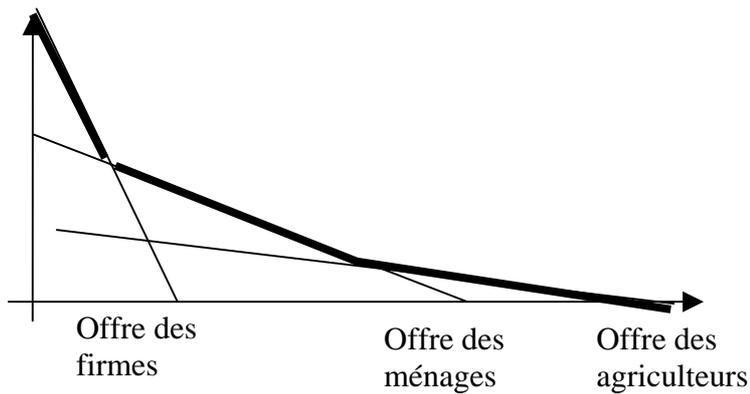


Figure 76 : Offre de rente des différents acteurs urbains

En conséquence, l'offre de rente, ou, pour simplifier le prix du terrain, s'exprime quel que soit le mode d'occupation du sol à l'aide du coût de transport. C'est ce que S.F.LEROY et J.SONSTELIE montrent en différenciant l'offre de rente selon le mode de transport. Une innovation technique entraîne ainsi une baisse de la pente de l'offre de rente donc une baisse du prix du terrain au centre et au contraire une extension de la zone d'offre (et du bâti).

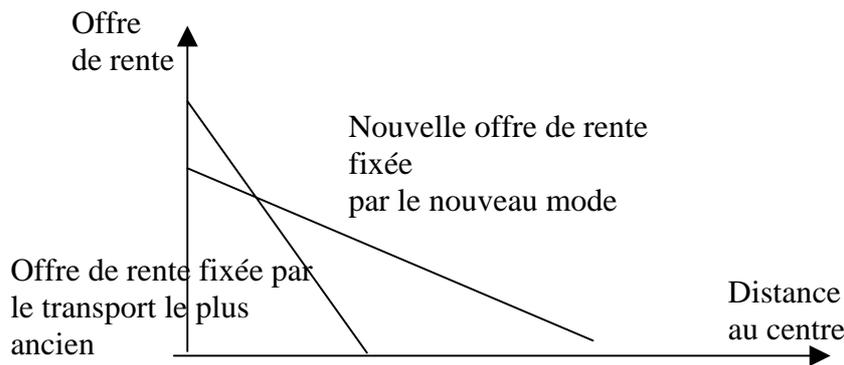


Figure 77 : Rente et transport

Notons qu'une croissance de la population augmente le nombre potentiel de consommateurs de terrains, donc accroît le coût du foncier sans modifier la pente de l'offre. En conséquence, le prix du terrain agit sur l'étalement urbain dans la mesure où il traduit en partie l'évolution des autres paramètres. Pourtant, en dehors de toute considération se rapportant aux prix, la forme parcellaire semble également déterminante dans l'extension des cités car elle affectera le type de constructions. Des parcelles trop petites et trop irrégulières rendent l'urbanisation plus difficile. Ne négligeons également pas le rôle des propriétaires qui peuvent accélérer ou ralentir le développement urbain. Ces facteurs vont agir de manière très localisée tout comme l'environnement ou les décideurs politiques

3.4) Le rôle des aménités naturelles et des acteurs

Comme pour l'origine des villes, les facteurs naturels influencent considérablement le développement du bâti. Le relief peut jouer un rôle de catalyseur ou, au contraire, de barrière. Ainsi, la vallée guide

l'urbanisation. Les effets sont doubles puisque l'influence se situe au niveau des transports par une meilleure accessibilité. La probabilité de l'installation d'une voie rapide y devient alors plus importante qu'ailleurs d'où un impact sur l'offre de rente et l'installation de nouveaux riverains. Un terrain plat est également favorable à l'établissement de zones d'activités ou d'équipements. *A contrario*, une montagne ou des zones inondables peuvent retarder le processus d'urbanisation en nécessitant de lourds travaux de terrassements. Après aménagements, ces handicaps peuvent se transformer en avantages en donnant aux terrains une rente supplémentaire.

Les acteurs jouent également un rôle majeur dans la dynamique de l'espace urbain dans la mesure où ils fixent une partie de l'offre en agissant sur le prix des terrains et sur la surface disponible. Les maires et les élus peuvent ainsi faire varier considérablement le rythme de croissance des espaces urbains par une modification des documents d'occupation du sol (POS...). Par ailleurs, des politiques d'aménagements globales ou plus locales peuvent impulser une dynamique de croissance : cela se traduit par l'installation d'un équipement, le développement d'une voie rapide ou d'un nouveau mode de transport collectif (comme le train) ou plus généralement par une extension contrôlée de la ville par la création *ex nihilo* d'une surface urbaine entièrement nouvelle. L'étalement est ainsi totalement encadré par la définition complète de nouvelles zones d'activités, de loisirs, d'équipements, d'infrastructures routières.

La notion d'étalement urbain, proche du processus de diffusion se doit d'être revisitée. Les études les plus récentes tiennent compte de ce changement d'échelle et intègrent à la ville sa périphérie.

Pour comprendre ces mutations surfaciques, on se doit d'insister sur les déterminants spatiaux de l'étalement urbain. Sans avoir été pleinement exhaustif sur ce point, nous avons tout de même pu montrer à travers l'évocation de quelques uns des facteurs les plus importants, toute la richesse de cette approche : le rôle des revenus, sur les répercussions des nouvelles habitudes de déplacement, de vie, de consommation ou encore sur l'impact des aides aux logements.

Néanmoins, il nous paraissait plus intéressant de comprendre le résultat du jeu factoriel à travers les rythmes de l'étalement urbain, de dégager de grandes tendances historiques en nous appuyant à la fois sur des études globales mais également sur un exemple plus spécifique : Dijon. Le choix de cette ville n'est pas anodin, car si le développement de la ville puis de l'agglomération présente bien entendu quelques particularités qui lui sont propres, elle est en réalité historiquement un cas d'école. Le développement urbain s'y est effectué selon des modalités radioconcentriques assez courantes.

Chapitre 2 : Rythme

de l'étalement urbain au temps de la

ville antique et médiévale

Suivant le lieu, ou plus encore la date, les villes ont connu des rythmes de croissance extrêmement variables à l'origine du changement d'échelle du phénomène.

Si la consommation d'espace s'amorce avec la création de la ville, l'étalement a débuté très lentement puis s'est accéléré jusqu'à atteindre le rythme actuel. Comment l'expliquer ? On ne peut fournir une raison majeure. Cependant, il est évident que la dynamique surfacique est éminemment liée à l'organisation interne de la cité, aux types de liens et de fonctions qui coexistent au sein de cet espace. Analyser l'étalement, c'est envisager tous les éléments internes et externes de l'espace urbain. Chaque époque produit une organisation spécifique de la cité, qui engendre un rythme de croissance unique est engendré.

L'extension des villes est donc la résultante d'un jeu de facteurs positifs et négatifs. Il est alors intéressant de constater que des éléments peuvent jouer en sens inverse selon les époques. Chaque période a ses propres logiques. Néanmoins, la tendance sur le temps long est à l'accélération du phénomène, ce qui suppose un accroissement du nombre de facteurs favorables à l'étalement au cours du temps.

Le but de ce chapitre est d'essayer de comprendre le jeu factoriel propre à l'Antiquité et au Moyen Age. Nous montrerons ainsi comment nous sommes passés d'une situation simple à l'origine des villes où un seul facteur intervenait, à une période plus récente marquée par un grand nombre d'éléments explicatifs, chaque phase ayant ainsi un potentiel de croissance spécifique. Nous proposons de vérifier cela à travers l'exemple dijonnais.

1) Un essai d'approche théorique : comment la cité s'étend-t-elle?

1.1) La sédentarisation et l'agriculture fixent les premiers noyaux : l'homogénéité sociale limite la croissance du bâti

A l'origine de l'humanité, les différentes peuplades migraient à mesure que les ressources s'épuisaient. Le faible nombre d'individus permettait alors une utilisation alternée du sol. Cela supposait l'existence d'un vaste territoire sur lequel apparaissaient et disparaissaient les noyaux de civilisation. Ce mode de vie aussi précaire que peu productif d'un point de vue démographique ne fut qu'à l'origine de foyers villageois.

Il faut attendre le néolithique, avec le développement de l'agriculture, pour qu'apparaissent les premiers lieux de vie fixes jetant ainsi les bases de la future armature du peuplement. Progressivement s'opposent plaines fertiles et humides, aptes à fournir les ressources indispensables à la croissance de la population aux forêts, montagnes ou déserts aux sols pauvres. Il semble s'opérer à une très grande échelle un phénomène de densification autour des zones les plus riches. Le peuplement est composé de villages de petite taille toutefois moins espacés les uns des autres que dans les montagnes ou les déserts.

Ces lieux, en général plus accessibles et plus denses, développent assez rapidement des échanges qui ont des retombées bénéfiques sur la croissance des activités et des hommes. Le foyer reste alors largement dépendant de son approvisionnement en nourriture. Le niveau de production ainsi que les temps d'acheminement réalisés dans les premiers temps à pied, ne permettent pas un accroissement spectaculaire de la population. Le village reste un organisme simple composé de corps de métiers relativement identiques (principalement des agriculteurs). Le travail ne nécessite donc pas la construction d'un emplacement spécifique. L'évolution de la surface urbaine est ainsi directement liée à la croissance de la population (l'usage du sol étant essentiellement résidentiel). Les familles sont elles-mêmes relativement homogènes, ce qui a pour conséquence, en terme d'occupation du sol, des parcelles de taille voisine. Ces dernières sont occupées par des constructions de tailles similaires contenant un logement. Dans ces conditions, toute nouvelle croissance de la population entraîne une augmentation pratiquement proportionnelle de la surface urbaine.

1.2) De la naissance de la ville : un organisme socialement différencié, une mixité du bâti

A mesure que le village s'accroît, les échanges avec les voisins s'intensifient, rendant de plus en plus nécessaire la spécialisation de certains habitants dans la distribution. Ces derniers sont à l'origine des premiers commerces. Dans le même temps, les ressources autres que la nourriture comme les pierres, l'argile ou le fer sont progressivement intégrées dans le cycle de consommation de l'espace bâti et l'usage d'espaces de transformation devient une nécessité : la sociologie se modifie ainsi que le rythme des constructions qui dépendent de la variation de la population elle-même, mais également de plus en plus des besoins de cette dernière. La mixité morphologique suit la mixité sociale. La naissance de la ville peut donc être définie comme étant le moment où l'on observe une première diversification (cf définition de L.MUMFORD⁷¹). La part réservée à l'habitat reste toutefois écrasante.

⁷¹*la cité à travers l'histoire*

Avec l'accroissement de la population urbaine, les activités se diversifient, augmentant un peu plus la variété de l'espace bâti. Par conséquent, la relation entre surface et population ne peut alors plus être résumée à une simple proportionnalité : à mesure que la population progresse, les corps de métiers se diversifient en intensifiant l'éclatement de l'occupation du sol ; l'usage résidentiel, bien que très nettement majoritaire, se réduit au profit d'autres activités. Le taux de croissance de la surface urbaine semble s'accroître avec l'augmentation de population, la surface urbaine variant plus rapidement que la population.

1.3) Les progrès techniques architecturaux, « l'auto-limitation » militaire et leurs conséquences spatiales

Jusqu'à présent nous avons raisonné en deux dimensions. A partir d'un certain stade de développement, la ville ne peut plus se permettre d'accroître à l'infini sa surface pour accueillir de nouvelles activités ou populations. Cette limite est ainsi largement dépendante du mode de transport. Ce dernier se limitant à l'origine des cités à la simple marche à pied, il est alors évident que le seuil critique d'extension de la ville soit assez bas dans les premiers temps. Ce qui explique que les populations cherchant à se loger au mieux aient dû inventer de nouvelles techniques de construction. Les progrès architecturaux permettent ainsi de passer de la simple surface aux trois dimensions : latitude, longitude et densité. Décrire l'étalement nécessite alors de raisonner en terme de densité. L'extension atteint ses limites et la ville croît plus en hauteur qu'en surface.

Economiquement, elle se trouve donc dans l'incapacité de s'étendre, principalement en raison du mode de transport. A cela s'ajoute le rôle de la fonction militaire rendue nécessaire par les rivalités entre Etats : le rempart s'impose comme le moyen le plus efficace pour se prémunir des attaques incessantes en provenance de l'extérieur, ce qui a pour conséquence directe de fixer une frontière entre ville et campagne. L'extension n'est possible que dans le périmètre de protection. Bien souvent, on prévoit, lors de la construction des enceintes, une certaine croissance, ce qui laisse des possibilités d'élargissements, même si dans les faits, le bâti tend à se densifier.

1.4) L'aspect cyclique et phasique de la croissance de la cité

Si l'on examine sur le temps long la croissance de la population comparée à celle du bâti, il devient possible de décomposer l'évolution des cités en phases, chacune étant la conséquence des éléments que nous avons considérés dans les trois paragraphes précédents. On admettra pour l'instant que le profil moyen de la croissance peut être représenté sous la forme de la figure 78:

Figure 78 : Les différents types d'étalement de la ville historique

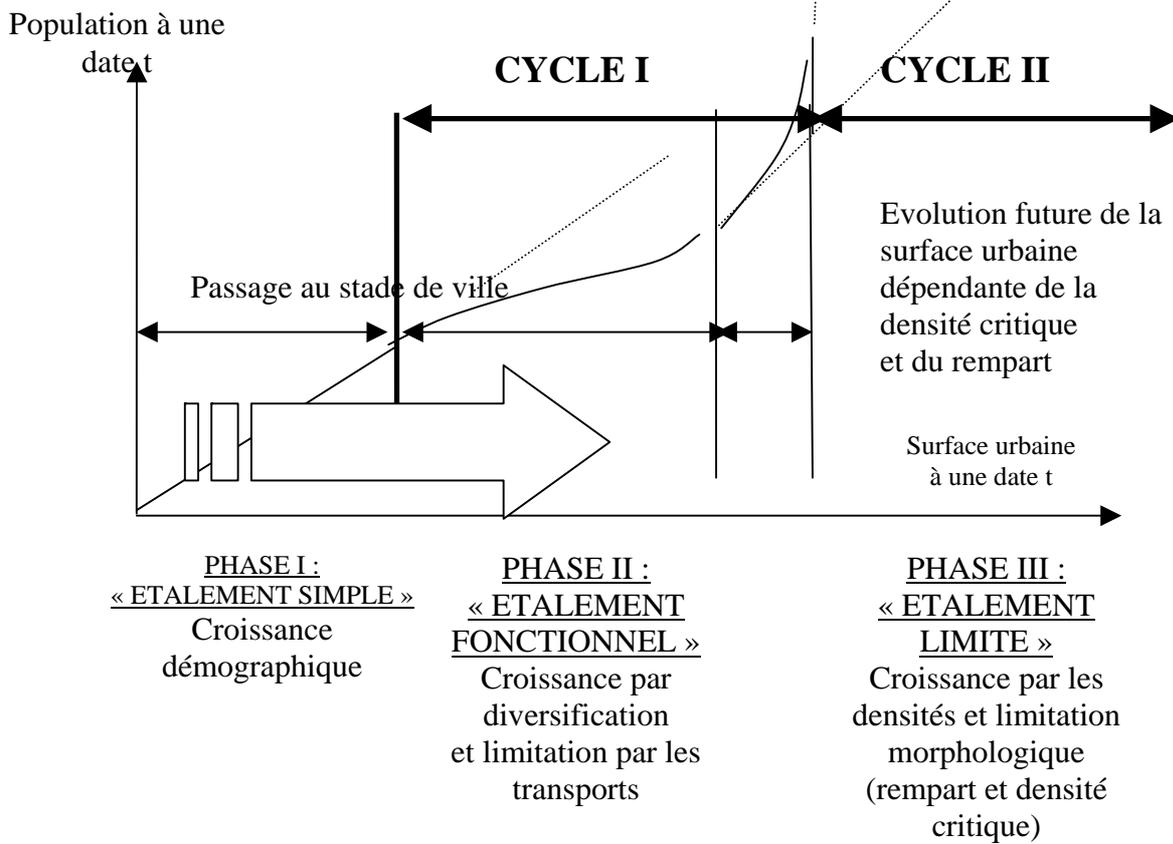


Figure 79 : Les cycles de la cité : « une croissance en escalier »

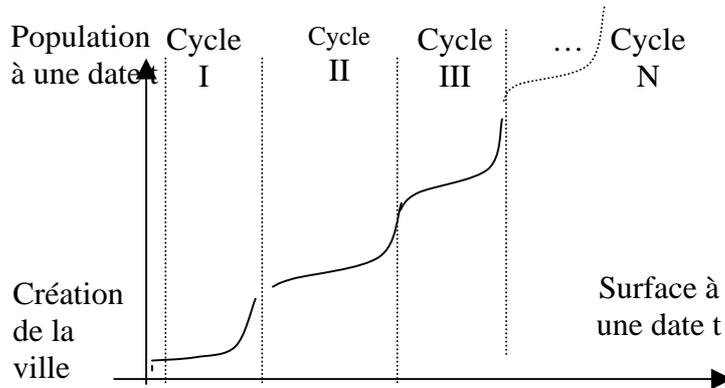
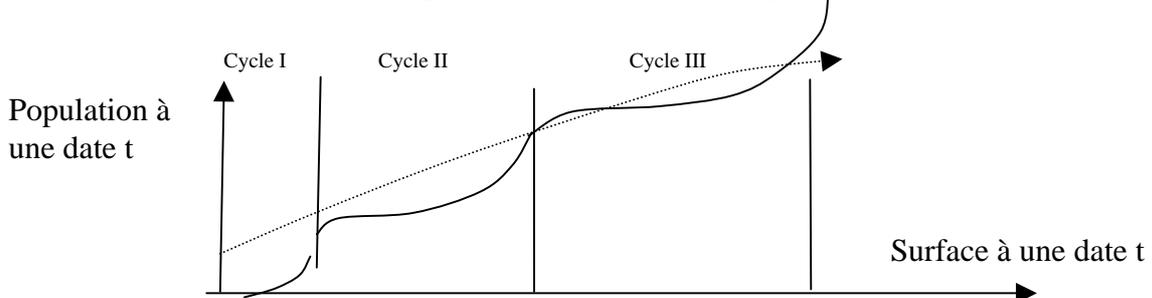


Figure 80 : La variation des cycles



Le rythme de l'étalement urbain avant la révolution industrielle pourrait se décomposer en trois étapes distinctes :

- la première dépendant uniquement de la variation de la population tout en suivant un rythme constant.
- La seconde où la ville se diversifie à mesure que la population croît, le besoin de surface grandit modifiant le rythme de croissance jusqu'à ce que l'extension soit limitée par les transports.
- La troisième phase faisant croître la population plus en hauteur qu'en surface aboutit à une ville encerclée par un rempart. A l'intérieur de ce dernier, les densités vont croître jusqu'à atteindre un niveau « critique » à partir duquel la pression est telle qu'elle impose la construction de faubourgs denses hors de l'enceinte. A mesure que la population progresse dans ces nouveaux espaces, le tissu se diversifie, ce qui entraîne une croissance de type II. L'ancien rempart est alors détruit pour être remplacé par un mur encerclant la totalité du bâti (incluant ville et faubourgs). Les interstices se remplissent au fur et à mesure pour occuper l'ensemble du périmètre de défense. Alors s'amorce une croissance de type III jusqu'au démarrage d'un autre cycle.

Ce processus de croissance met en évidence un rythme non-uniforme de l'étalement urbain qui pourrait procéder, par cycles successifs, de deux ou trois phases jusqu'à l'édification finale du noyau urbain du XIX^{ième} siècle comme le montre la figure 79 :

Cette figure doit être toutefois nuancée par deux éléments :

- Le premier tient à l'amplitude des cycles qui semble se modifier tout au long de la construction du centre historique. Ainsi, on note que l'urbanisme tend à la fois à faire croître « la population critique » (donc la densité critique). Ceci se caractérise à la fois par une augmentation de la limite de population de chaque cycle (la capacité d'accueil du bâti augmente) mais, dans le même temps, un allongement progressif de la phase II ce qui peut conduire à une croissance de la surface indépendante de la variation de population durant un long laps de temps.

Si l'on suit ce type d'évolution, on obtient une croissance de la surface urbaine de type exponentielle où l'évolution moyenne de la surface s'éloigne de plus en plus de celle de la population.

- Le deuxième fait est, qu'historiquement, la population n'a pas connu de croissance constante, ce qui modifie grandement le schéma précédent (et en particulier le temps des cycles). Il est également important de noter que les villes ont subi « des accidents » qui, ponctuellement, ont pu faire chuter la population urbaine (guerres, épidémies...). Dans ce cas, le schéma moyen ne retrouve sa validité que lorsque la population atteint son ancien niveau, ce qui contribue à ralentir le processus.

Si l'étalement peut suivre ce type de logique durant cette longue période, on observe néanmoins de fortes perturbations, voire une totale négation du schéma précédent selon les époques.

Cette logique globale de la croissance urbaine se confirme t-elle historiquement pour les périodes antiques, médiévales et modernes ?

2) L'étalement urbain antique

Le fait urbain durant l'Antiquité est loin d'être marginal car la ville est le siège du pouvoir, le lieu de culte, où sont prises les décisions, d'où partent les conquêtes. Nous verrons, à travers l'étude de quelques cas de grandes villes antiques, comment s'étaient progressivement les cités durant cette période.

2.1) La montée en puissance de la ville entre le VII^e siècle avant JC et le II^e siècle après JC

Dès le I^{er} millénaire avant notre ère se développent les premières grandes cités dont on peut retrouver quelques traces aujourd'hui. La cité de Babylone est l'un des exemples les plus marquants de cette période, même si une telle agglomération reste exceptionnelle. Pour que le phénomène se diffuse, il faut attendre le V^{ème} siècle avec des villes comme Athènes ou Syracuse. Il est difficile d'évaluer la dimension de ces cités ; néanmoins, des études ponctuelles ont permis de mettre en évidence un certain nombre de faits historiques. P.GROS (2000) dans l'article *La construction d'un espace méditerranéen et les premières mégapoles VII^e siècle av JC et VI^e ap JC*⁷² rassemble quelques données chiffrées : Athènes, la cité la plus importante du V^{ème} siècle av JC, aurait compté jusqu'à 50 000 habitants, ce qui la plaçait au VII^{ème} siècle devant Syracuse avec 45 000 habitants. Notons que déjà à cette époque, la ville dispose d'une muraille de près de 33 km. L'exemple d'Agrigente en Sicile apporte un éclairage sur la surface couverte par la ville qui aurait été d'environ 625 ha pour 20 000 personnes au V^{ème} siècle, ce qui la classe dans la catégorie des grandes villes de l'époque. Selon l'auteur le IV^{ème} siècle offre de nouvelles opportunités en Grèce avec une extension significative de la surface des cités (l'exemple de Rhodes a montré que les surfaces pouvaient atteindre 200 à 300 ha pour 20 000 à 30 000 habitants). L'espace urbain se couvre progressivement d'édifices religieux, de portes monumentales, de palais, d'aires de jeux. Le commerce joue, dans le même temps, un rôle de plus en plus important au cœur de la cité consommant également toujours plus d'espaces. Enfin, les romains introduisent aux II^{ème} et III^{ème} siècles les constructions en hauteurs permettant d'accroître un peu plus la population des villes. Selon certains auteurs, le nombre d'étages des *insulae* auraient oscillé entre 5 et 15 (la spéculation foncière et la ségrégation sociale auraient déjà été marquées à cette époque). On estime que les progrès architecturaux ainsi que l'amélioration de l'hygiène ont permis d'atteindre 80 000 à 100 000 habitants pour un grand nombre de cités. L'autre apport de la civilisation romaine, en partie importé de la Grèce, fut la généralisation des structures de détente et de loisirs (thermes, théâtres, colisées, forums...). Tout cela a contribué à étendre la surface de la ville en même temps que la capacité d'accueil. Voici quelques exemples illustrant ce propos général.

2.2) Deux exemples de grandes villes antiques

Une des métropoles les plus importantes de l'époque antique fut Babylone. Même si encore aujourd'hui la ville reste assez mal connue, de nombreuses fouilles ont permis néanmoins de restituer une grande partie du profil de la cité. Bien entendu, la ville fait figure, comme nous l'avons dit, d'exception.

⁷² *Mégapoles méditerranéennes géographie urbaine rétrospective* ss la direction de C.NICOLET Ed Ecole Française de Rome .

J.C.MARGUERON⁷³ fait le point sur les travaux allemands les plus récents en distinguant trois phases dans l'édification de la cité mésopotamienne.

La fondation de la cité serait antérieure au premier millénaire avant notre ère. S'il est impossible de savoir précisément quelle était l'étendue de la surface bâtie, on peut déterminer le périmètre des remparts. Le premier, de forme rectangulaire, ceinturerait près de 450 à 500 hectares.

A l'ancien noyau, s'est ajouté un faubourg sur l'autre rive de l'Euphrate dont le périmètre est estimé à 130 hectares.

Enfin un rempart externe, de forme triangulaire, aurait permis à Babylone d'atteindre 975 hectares.

La croissance de cette ville n'a été possible que grâce à de nombreuses innovations comme la gestion contrôlée de l'eau (construction de nombreux canaux à partir de l'Euphrate) et un urbanisme avancé (plan en damier muni de voies larges hiérarchisées et constructions précoces). L'espace urbain semble se diversifier à mesure que la population progresse : on notera l'importance de la fonction religieuse, l'aspect massif des portes, de nombreuses places et des bâtiments militaires. Cette ville semble obéir à la logique énoncée dans le paragraphe 1 où, aussi bien la diversification fonctionnelle que la densification, et le rôle clé des remparts, influent sur le développement de la surface urbaine.

L'édification d'une cité ne passe pas obligatoirement par la transformation d'un village en ville. Chaque époque voit l'émergence de nouvelles cités. La volonté politique est ici fondamentale. Que ce soit pour des raisons économiques (situation) ou plus stratégiques, la ville peut être créée de toute pièce. L'Antiquité a, elle aussi, été marquée par ce phénomène. La ville d'Alexandrie en est un bon exemple. Comme Babylone, on connaît aujourd'hui en partie le fonctionnement de la cité antique. C'est ce que montre J.Y.EMPEREUR⁷⁴ (2000) en insistant sur le poids du politique dans la création et l'extension de la ville. Peut-on alors observer à Alexandrie les mêmes tendances qu'à Babylone où la croissance a été plus spontanée ?

Nous ne disposons pas d'informations évolutives sur la ville, néanmoins, nous pouvons mettre en évidence les facteurs qui ont influé sur le développement du bâti. Ainsi, l'auteur écrit que le politique a *dès le départ la volonté d'en faire la plus grande ville d'Egypte*, ce qui se caractérise par l'édification d'un rempart de très grande taille (21 km) couvrant près de 1000 ha et d'un plan en damier dont la voie principale est Est/Ouest. Notons l'importance des surfaces allouées aux installations publiques (places, monuments, loisirs et en particulier le phare). Dans le même temps, on aménage un port pour le commerce à la fois ouvert sur la Méditerranée et le Nil. La surface urbaine est donc déterminée et organisée dès le départ par le dirigeant, indépendamment de la population. De fait, l'évolution de la surface ne suit pas l'évolution précédemment présentée puisque l'espace transformé se densifie progressivement jusqu'à atteindre le seuil critique (phase III). Les développements ultérieurs seront largement dépendants de l'intervention du souverain.

D'un point de vue plus général, la ville antique va ainsi être plus ou moins marquée par l'action politique, ce qui va faire varier sa croissance. Plus une cité est organisée et planifiée, plus la phase II aura tendance à disparaître, aboutissant à une extension « discontinue » par saut. Dans ce cas, la croissance de la surface urbaine semble moins liée à la population. A l'inverse, dans une cité moins contrôlée

⁷³ « Babylone : la première mégapole? », *Mégapoles méditerranéennes géographie urbaine rétrospective*

⁷⁴ « Alexandrie : fondation royale et désenclavement du monde », idem note 15

(l'action politique se résume à la construction de remparts et de quelques édifices publics), on pourra observer plus nettement les deux phases du cycle. Voyons plus précisément l'extension d'une ville plus récente : Dijon

2.3) Les origines de Dijon

On sait peu de choses de la ville antique et de son origine : certains auteurs estiment que cette dernière aurait pris naissance autour du quatrième siècle avant notre ère, même s'il est évident que la plaine de la Saône était déjà un lieu de passage depuis la préhistoire.

La naissance de la cité est, selon toute vraisemblance, liée à la présence de grandes routes commerciales et de circulation :

- une première, suivait probablement la côte bourguignonne et reliait le Midi à la Lorraine(cette dernière est souvent considérée comme la route qu'empruntaient les militaires)
- une seconde, de direction Sud-Est/Nord-Ouest conduisait de l'Italie à la vallée de la Seine
- enfin une troisième, de direction Sud-Ouest/Nord-Est passait par l'oppidum de Bibracte et se dirigeait ensuite vers Gray.

C'est au croisement de ces trois routes que se serait développée la ville de Dijon. Selon P.GRAS⁷⁵(1987), Dijon se présente alors comme un point de rupture idéal, une étape indispensable entre le Bassin Parisien et l'Italie. Dans l'hypothèse où un voyageur débarquait à Châlon, il faisait une trentaine de kilomètres et s'arrêtait à Beaune, en revanche s'il passait par la route de l'Italie et franchissait la Saône à Losne, il était plus logique pour lui de s'arrêter à Dijon, juste avant la côte bourguignonne, à la croisée des trois directions. Ainsi, c'est à la faveur de bonnes situations routières que se seraient mises en place les deux agglomérations de Beaune et de Dijon.

Plus localement, la ville de Dijon semble s'être développée à la faveur de facteurs physiques, militaire ou en relation avec sa situation.

- Le premier d'entre eux, et ce n'est pas le moindre, est la présence de la rivière l'Ouche qui aurait joué, dès la naissance de la ville, un rôle crucial sur les développements postérieurs. Ainsi, le castrum se serait installé à la confluence de l'Ouche et du Suzon, petit affluent nord de la rivière. Ce site présentait essentiellement des avantages de protection car, dès le départ, le petit bourg se trouvait encerclé par le cours d'eau : s'il est évident, qu'à l'origine, les protections urbaines n'étaient pas aussi importantes qu'au début de l'an 1000,elles permettaient tout de même à la cité de disposer, avec les conditions physiques, d'une bonne protection. Initialement favorable, le site devient rapidement un obstacle à l'extension de la ville.
- Le deuxième élément, toujours lié aux conditions physiques du terrain, relevait plus du relief : A l'Est, la plaine offrait moins d'avantages en raison d'une trop grande exposition. D'où le choix d'un milieu plus bosselé. A l'inverse, la partie Ouest, trop pentue, rendait toute construction impossible sur la côte. Sur les hauteurs du plateau, enfin, l'avantage de situation lié à la plaine s'annulait. Le confluent de l'Ouche et du Suzon paraît être une sorte de compromis.
- Le troisième élément explicatif de l'emplacement de l'ancien castrum est de nature militaire : si la route de la plaine apparaissait comme un axe de circulation des marchandises, il était aussi pour les

⁷⁵ *Histoire de Dijon* ed. Privas

militaires ; le rôle de Dijon dans les premiers temps est plutôt défensif, un point de contrôle pour les communications nord-sud et, également, comme nous l'avons noté nord-ouest/sud-est ou sud-ouest/nord-est.

Les grandes routes ont posé les possibles et les conditions physiques ont déterminé le site le plus propice à l'établissement d'un noyau urbain.

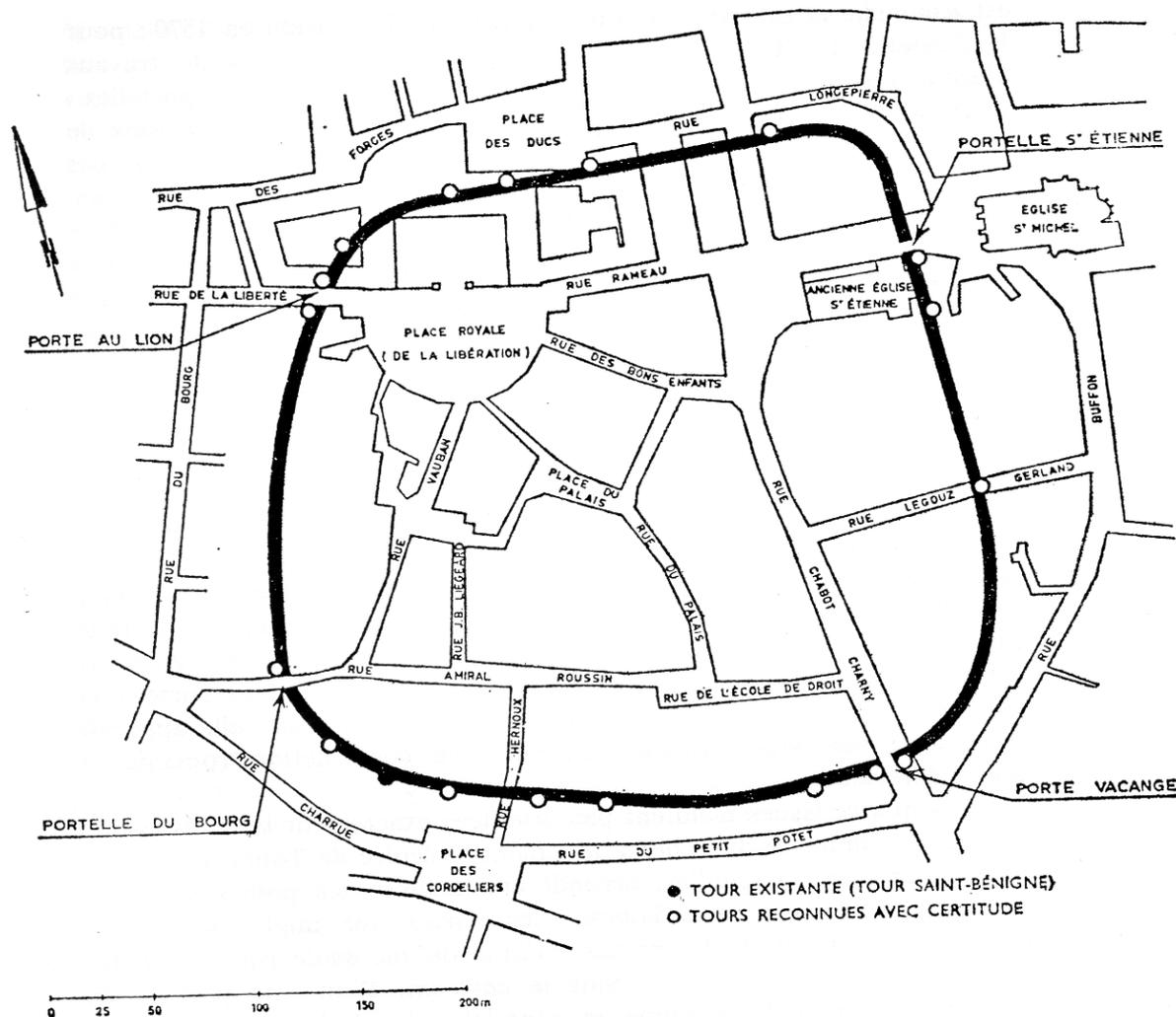
2.4) La croissance surfacique du castrum au cours du premier millénaire

Dès son édification vers la quatrième siècle avant JC, Dijon fait figure de camp fortifié au croisement des routes nord-sud, sud-ouest/nord-est et sud-est/nord-ouest. On sait aujourd'hui que la grande route de la plaine aurait entraîné la construction de camps fortifiés le long de l'axe dont on a pu retrouver des traces au Sud-Est de la ville de Dijon, au lieu dit La Noue (actuel terrain réservé à la gare de triage de Perrigny les Dijon). Il était alors nécessaire, afin de contrôler l'ensemble de ces forts romains, d'édifier une cité non loin de la côte, entourée par de nombreuses collines. Bien protégée par les bras du Suzon formant des douves naturelles, le castrum ressemble dans les premiers temps plus à une garnison qu'à une ville. Les premières traces d'un semblant de mur d'enceinte remontent au quatrième siècle après JC. Les vestiges peu nombreux de cette époque permettent ainsi de montrer que la ville semblait s'étendre jusqu'à l'actuelle préfecture, bien que son mur n'encerclait que la partie la plus centrale du centre historique de Dijon, c'est-à-dire un espace couvrant approximativement la mairie (palais des Ducs), la place de la Libération et descendant jusqu'à la rue Chabot Charny

Reporté sur l'actuel plan de Dijon, le castrum présente une forme légèrement rectangulaire dont le mur d'enceinte est percé par quatre portes de taille relativement modeste, tout du moins au début de la période.

Si l'Ouche se positionne au Sud de l'ensemble bâti, son affluent le Suzon traverse la ville du Nord au Sud en souterrain. Par un système hydrolique présent dès le premier millénaire, il était possible de faire circuler les eaux soit dans les canalisations souterraines au centre à l'intérieur des remparts, ou de les laisser s'écouler en-dehors dans les deux bras qui entouraient la cité.

Figure 81 : le castrum dijonnais



Sources Histoire de Dijon P.GRAS

A la fin du cinquième siècle, la ville va s'étendre à l'extérieur des remparts romains, en particulier dans toute la partie ouest.

C'est autour d'un cimetière d'abord païen puis chrétien que s'édifie une série de monuments religieux comme l'église Saint Philibert, Sainte Benigne ou Saint Jean. A partir de cet ensemble se forme une abbaye qui elle-même donne naissance à partir du XI^{ème} siècle « au bourg cathédral ». Dijon devient l'exemple même de la ville double formée par le castrum appelé alors « En Chastel » ou « le vieux Chastel » et le nouveau quartier périphérique, encore faiblement intégré à l'ensemble urbain, de l'abbaye Sainte Benigne. Entre ces deux secteurs se développe un quartier commerçant le long de la route allant de l'Italie au Bassin Parisien nommé tout simplement le bourg.

La ville du Haut Moyen âge est donc loin d'être unifiée et ce n'est qu'au début de l'an 1000, que l'on peut voir apparaître un semblant de forme du centre historique actuel. La croissance de la ville a été relativement lente au début de cette période, en raison des impératifs de protection contre les invasions, ce qui a probablement limité son extension hors des remparts ; puis, suite aux deuxième invasions, de nouveaux faubourgs se sont constitués en dehors des remparts sans que n'existent de nouvelles limites. L'unification de la ville des XI^{ème}, XII^{ème} siècles conduit t-elle par le biais de la construction d'un nouveau

rempart à rentrer dans une nouvelle phase de l'extension dijonnaise? Peut-on alors définir une croissance médiévale ?

3) Les villes du Moyen Age

Nous essayerons, comme dans le paragraphe précédent, d'évaluer la pertinence du processus évolutif théorique (§1) et de comprendre quelles sont les particularités de la période (et plus particulièrement la gestion de la croissance urbaine par les dirigeants puisque ces derniers semblent court-circuiter la phase II). Comme pour le § 2 nous analyserons l'étalement d'une manière globale puis, à travers quelques exemples significatifs, nous essayerons de comprendre les spécificités de la période .

3.1) La croissance urbaine médiévale : des formes d'urbanisation spécifiques

A partir du IV^{ième} siècle, le profil urbain de l'Europe se modifie considérablement avec les invasions et la chute de l'empire romain. Les villes sont pillées et partiellement détruites et il faudra attendre le VII^{ième} ou le VIII^{ième} siècle pour qu'elles retrouvent un certain dynamisme. Après un rapide état des lieux, nous verrons sous quelle forme s'effectue l'étalement urbain.

3.1.1) L'Europe médiévale urbaine : de l'an 1000 au XV^{ième} siècle, quelques repères

Si entre l'an 1000 et le XV^{ième} siècle, la population urbaine est loin d'être majoritaire en Europe, les villes se sont pourtant largement développées depuis le IV^{ième} siècle (que ce soit en population ou en surface). P.HOHENBERG et L.HOLLEN LEES (1992)⁷⁶ montrent que la population des plus grandes villes a pu atteindre, en fin de période, 100 000 à 150 000 habitants avec une estimation de 275 000 pour Paris en 1400. Si pour certaines villes on observe une décroissance de la population entre 1000 et 1400 (ex : Séville qui passe de 90 000 à 70 000 habitants), en revanche pour d'autres, comme Venise, elle a plus que doublé. Sur le long terme, il semble globalement que les populations des grandes villes aient très peu progressé, voire régressé, ce qui est également le cas de l'ensemble des espaces urbains, principalement en raison des guerres et épidémies du XIV^{ième} siècle. Néanmoins, si l'on examine le nombre de villes, on constate que le fait urbain semble s'être étendu. Il existe en l'an 1000, seulement 4 villes de plus de 70 000 habitants. En 1400, ce chiffre passe à 10. En retenant la classification proposée par ROZNAN, la très grande ville contient au moins 25 000 habitants en 1400 ; l'Europe compte alors 19 cités de cette taille. En fixant la limite à moins 10 000 habitants, on trouve près de 3220 villes dont 3000 avaient moins de 2000 habitants. Le processus d'urbanisation semble ainsi s'être étendu aux petites et moyennes villes tout en faisant peu progresser les grandes concentrations de populations.

3.1.2) Une des formes de la croissance : la naissance du bourg

L'extension du périmètre urbain ne s'est affirmée véritablement qu'au début de l'an 1000, siècle à partir duquel s'amorce un phénomène nouveau : l'étalement urbain non-continu. Alors émergent les premiers bourgs.

Selon G.DUBY⁷⁷, le terme bourg serait apparu pour la première fois autour de 371 ap JC mais aurait pris son sens le plus commun vers le IX^{ème} siècle. Il désigne dans son acception la plus courante, *une hauteur fortifiée*. C'est effectivement longtemps cette fonction de défense qui a dominé. Il se diversifie et ses origines ne dépendent plus exclusivement de la seule fonction militaire.

Autour des anciens *castrums* ou cités, on observe l'émergence de nouvelles surfaces urbaines centrées sur des fonctions spécifiques : le commerce et la fonction religieuse qui participent à la création des nouveaux bourgs entre les VIII^{ème} et le XI^{ème} siècles. C'est à la faveur de croisements de routes commerciales, ou de ports que se développent ces ensembles bâtis, ou en relation avec les monastères ou des abbayes. Ainsi, une nouvelle génération de villes s'ajoute au réseau préexistant et fortifie la périphérie des anciens noyaux urbains. Ce processus de croissance entraîne un éclatement de l'espace urbain. Ce dernier étant alors une succession de petits bourgs spécialisés, séparés du cœur. La surface bâtie va doubler de volume dans certains cas ou même quadrupler en l'espace de 3 ou 4 siècles. Les fonctions les plus prestigieuses (à savoir la fonction politique, les administrations centrales) restent dans le *castrum*, contrairement à des fonctions plus spécialisées comme le commerce ou les monastères. Cependant, ce nouveau style de croissance ne doit pas faire oublier que la « zone urbaine » reste *une suburbia*, c'est-à-dire un espace entre urbain et rural où coexistent bâti et non-bâti ; l'ensemble ne forme en aucun cas un noyau continu, la cité est toujours le *castrum* d'origine.

3.1.3) La ville unifiée du XII^{ème} siècle et sa croissance

Il faut attendre les XI^{ème} et surtout le XII^{ème} siècles pour que l'ensemble de l'espace s'homogénéise et forme un ensemble plus compact assimilable à une ville. Progressivement, les noyaux s'étendent et se rapprochent pour finalement ne former plus qu'un. La cité reprend alors son rythme de croissance des périodes précédentes et le profil évolutif théorique : l'espace étant un tout, les dirigeants décident d'édifier un nouveau rempart encerclant la totalité du bâti. La croissance future de la cité est dès le départ envisagée, ce qui explique que le périmètre de défense ait été beaucoup plus étendu que la cité elle-même. De nombreuses villes vont ainsi conserver ces remparts jusqu'au XIX^{ème} en ne procédant qu'à des améliorations ponctuelles. Le processus de densification-étalement semble toujours avoir cours entre le XII^{ème} et les XIV, XV^{ème} siècles. Les plus grandes villes permettent d'observer très nettement le phénomène. En effet, l'étalement urbain procède plus largement par continuité que par éparpillement. La surface urbaine croît prioritairement à l'intérieur du périmètre défendu, les interstices se remplissent et se densifient jusqu'à atteindre la densité critique de l'époque. Le rempart joue encore le rôle de frontière, même s'il est néanmoins possible de noter l'existence de foyers *extra-muros* qui se présentent alors comme des continuités du bâti interne. Dijon apparaît de ce fait comme un cas d'école.

3.2) L'évolution dijonnaise

années	800	900	1000	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1750	1800	1850
Pop. de Dijon en milliers d'hab.	-	-	3	-	17	11	13	21	21	31	19	32

Source BAIROCH (1988)

⁷⁶ *La formation de l'Europe urbaine 1000-1950* PUF collection histoire

Si la première partie de la croissance urbaine dijonnaise avait favorisé l'émergence d'une ville double, le début de l'an 1000 est plutôt sous le signe de l'unification des anciens noyaux ; En réalité, il ne s'agit pas d'expansion uniforme de l'espace bâti mais plutôt de l'assimilation progressive des bourgs par le *castrum*. L'ensemble forme au XII^{ème} siècle un espace homogène compact entouré par des remparts qui resteront en l'état jusqu'à la révolution française. Le processus d'extension passe alors par un étalement puis une densification progressive des zones internes. On peut toutefois voir émerger des faubourgs, en-dehors des remparts, au Sud et à l'Ouest de la ville. Cette croissance surfacique est à mettre au crédit de l'explosion démographique du Moyen Age. Selon les sources de BAIROCH⁷⁸, la ville de Dijon aurait progressé de 3000 habitants en l'an 1000 à 17 000 en 1300. La ville aurait perdu seulement 6 000 habitants entre 1300 et 1400.

Lorsque que l'on cherche à cartographier l'évolution en surface du bâti entre 400 et 1150, on peut tenter de qualifier l'extension de Dijon durant cette période à travers le calcul des surfaces et des périmètres :

Années	400	1050	1150	1550	1839
Surface	0.098	0.48	0.62	0.85	2.12
Périmètre	1.1613	7.274433	10.4324	13.21	45.77

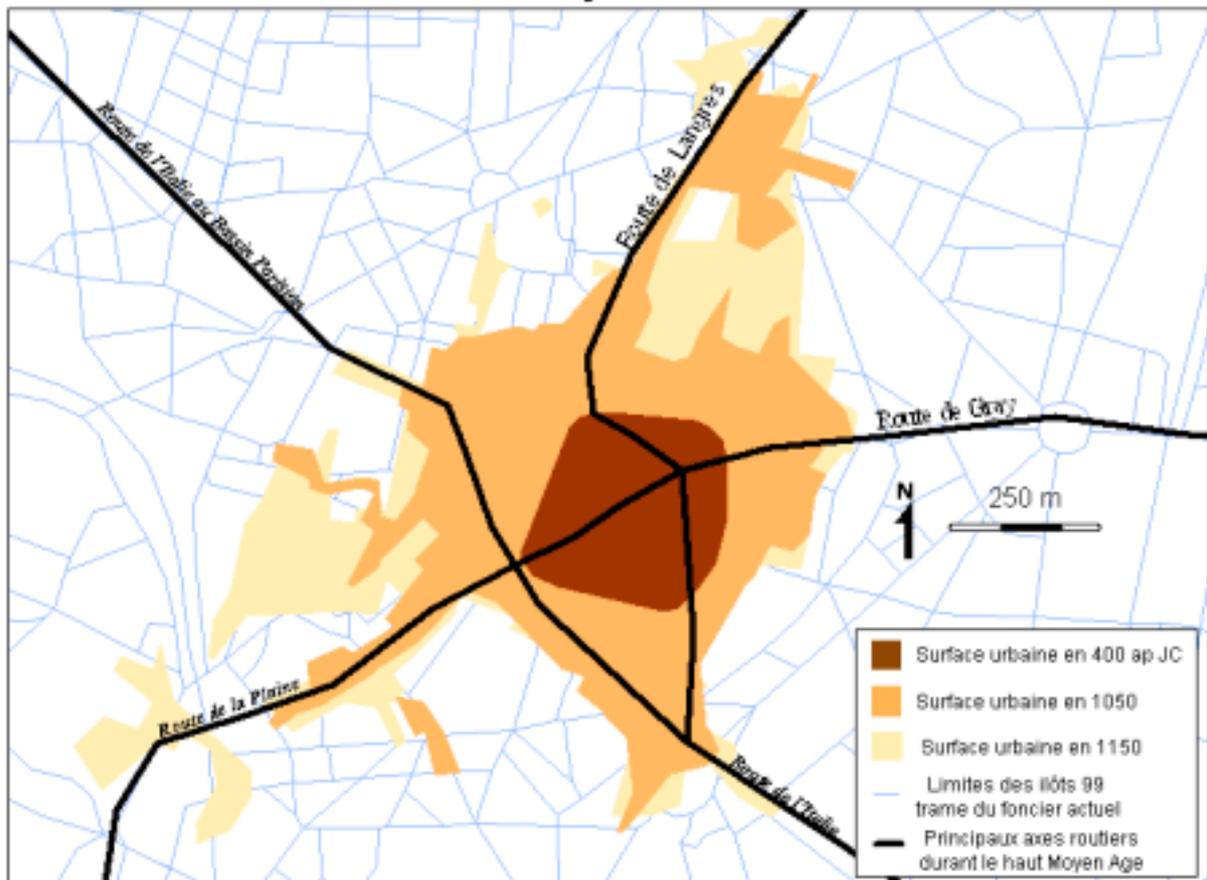
Sources : Carte MAPINFO de l'évolution du bâti dijonnais entre 400 et 1839

Ainsi, quantitativement, l'évolution a semble-t-il été plus importante entre 400 et 1150 avec une multiplication de la surface par 4.9 (soit une augmentation de 0.382 km²), ce qui, rapporté à la durée, ne représente qu'un gain de 0.000587 km²/an. Ce même calcul pour la période 1050-1150 donne une multiplication de la surface de 1050 par 1.3, soit un gain de 0.0014 km²/an. L'augmentation est plus importante au début de l'an 1000 qu'elle ne l'a été durant les premières périodes de la croissance de la cité (le gain de 400/1050 ne représente approximativement que 42% de celui de 1050/1150). L'ensemble de ces chiffres confirme les idées de BAIROCH sur l'évolution des agglomérations durant le début du Moyen Age. En mettant en relation l'évolution de la population avec celle de la surface, il est possible d'évaluer approximativement la densité urbaine moyenne de l'époque qui aurait été de 3000/0.48 = 6250 hab/km².

⁷⁷ *Histoire de la France urbaine* tome 2, la ville médiévale édition du seuil 1980

⁷⁸ *La population des villes européennes de 800 à 1850* Centre d'histoire économique internationale Université de Genève

Figure 82 :
Evolution du bâti dijonnais de 400 à 1150



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

Sources : fond papier archives municipales

L'analyse du périmètre présente également un grand intérêt car il permet de mettre en évidence l'éloignement progressif de la surface urbanisée de la forme géométrique initiale. Ainsi, la première valeur, proche de celle des remparts romains, ne représente que 15% du périmètre de 1050, soit une croissance de 0.00024 km/an. La valeur de 1050, quant à elle, représente près de 70% du chiffre de 1150, soit un gain moyen de 0.0069 km/an. Comme il a pu être montré pour l'évolution de la surface, le périmètre semble alors répondre à la même logique, à savoir une plus forte croissance du périmètre durant la dernière période.

En conséquence, le rythme de croissance de la ville de Dijon s'est globalement accéléré entre 400 et 1150 puis entre 1150 et 1550. Si l'on envisage la ville depuis son origine jusqu'à la fin du Moyen Age, on constate ainsi une augmentation du rythme de croissance conforme à la logique de notre partie théorique, suivant ainsi une évolution que nous avons qualifié de phase II.

Qu'en est-il pour la période de la Renaissance en Europe et plus particulièrement pour la ville de Dijon ?

4) Les villes de la Renaissance

Suite aux grandes guerres et épidémies des XIV^{ième} et XV^{ième} siècles, les villes progressent considérablement en taille jusqu'au XIX^{ième} siècle. D'un point de vue général, le fait urbain gagne sur l'ensemble du continent européen.

4.1) Radiographie d'un fait majeur : l'urbanisation de l'époque moderne

BAIROCH (1988) montre ainsi que le nombre total de villes de plus de 20 000 habitants en Europe passe de 101 en 1500 à 221 en 1800. Plus dans le détail, on peut distinguer les petites et grandes villes. Ainsi, il existe 76 agglomérations disposant de moins de 50 000 habitants en 1500 alors qu'elles sont 154 en 1800. En prenant la catégorie supérieure, on trouve 25 villes entre 50 000 et 300 000 habitants en 1500 alors qu'elles sont 64 en 1800. Plus éclairant est sans doute la croissance du nombre de villes de plus de 300 000 habitants : il n'en existe pas en 1500 alors qu'on en dénombre 3 en 1800 (dont 2 de plus de 500 000 habitants). Ces éléments nous montrent que le fait urbain s'est développé à tous les niveaux en favorisant massivement le développement des cités préexistantes : la capacité d'accueil de ces dernières a fortement augmenté.

BAIROCH estime que le pourcentage de population urbaine passe de 15.1% de la population en 1500 à 17.5% en 1800 (dans sa définition, une ville compte plus de 2000 habitants), ce qui confirme l'idée que le fait urbain se soit propagé.

Comment expliquer cette extension du phénomène ?

Ce qui caractérise le mieux la période est le goût pour la rationalité et la planification de l'espace car, contrairement aux villes médiévales marquées par des rues sinueuses et étroites, la ville baroque ou de la Renaissance apparaît fortement organisée et hiérarchisée : les plans, striés de pénétrantes et d'avenues, donnent à l'espace cette dimension régulière. Les exemples les plus connus de la période absolutiste sont en Allemagne, avec des villes telles Mannheim ou Karlsruhe, aux plans fortement concentriques. De nombreuses cités adoptent une organisation défensive à la « Vauban ». Les remparts deviennent alors un élément clé dans l'organisation de la cité. Tous ces progrès architecturaux ont

permis aux villes d'accroître leur capacité d'accueil ainsi que leur surface (les infrastructures tiennent dans les villes une place de plus en plus importante).

4.2) L'expansion dijonnaise de la Renaissance

Durant cette période, la population urbaine est passée de 11 000 habitants en 1400 à 19 000 en 1800. Notons que la ville compte en 1750, 31 000 habitants. Cette baisse est bien sûr à attribuer à la révolution française et à la guerre civile qui en découla. La croissance a donc eu lieu mais son rythme a été relativement faible au regard de l'importance de la période. La ville de Dijon s'est tout de même développée le long des voies principales jusqu'à ce que la totalité du périmètre soit urbanisé vers 1760-1780. Le rempart adopte alors des formes de type « Vauban ». L'urbanisation dijonnaise s'est effectuée dans la continuité du XV^{ème} siècle sans que l'on observe une spectaculaire croissance du bâti. Si l'étalement n'a pas été si important, la ville s'est davantage transformée qu'étendue. L'urbanisme a joué un grand rôle dans la dédensification de l'espace (en particulier avec la percée de nouvelles artères au centre ville et la construction de nouveaux bâtiments le long de ces axes, mais également le développement des hôtels particuliers), ce que nous vérifierons par des évaluations de la densité urbaine.

Avant de raisonner à partir des surfaces, périmètres et densités, examinons les facteurs qui ont pu avoir des incidences sur les développements du bâti dijonnais.

Le premier d'entre eux est le rempart, édifié dès le XII^{ème} siècle, qui couvrait une surface bien plus importante que celle du bâti de l'époque. Cette réserve urbaine a ainsi permis l'expansion de la cité à l'intérieur de ces remparts sans que les aménagements n'y soient perturbés par une frontière urbanistique quelconque.

L'autre fait marquant de l'époque est l'extension de la ville le long des anciennes routes : si l'on avait déjà pu observer un étalement le long de grands axes de communication dès le début de l'an 1000, il en est de même pour la période de la Renaissance avec toutefois un certain bémol. Le bâti tend à occuper un espace plus vaste et moins étiré, se rapprochant davantage de l'image de la ville concentrée.

C'est à la faveur des grandes portes du Moyen Age qu'émergent les premiers faubourgs dès le XVI^{ème} siècle : faubourg Saint Nicolas au Nord, Saint-Pierre au Sud-Est et faubourg d'Ouche au Sud-Ouest.

Cette expansion surfacique ne doit toutefois pas cacher les profondes modifications qui sont essentiellement centrales : réaménagement des grandes routes avec en particulier le percement de la rue de la Liberté et la construction de la place d'Armes (actuelle place de la Libération), l'édification de nombreux hôtels particuliers pour les parlementaires. Dijon connaît ainsi une période d'intense restructuration de l'habitat et du bâti. Comme le note P.GRAS, la ville était alors encore peu dense ; on y trouvait de très nombreux jardins et parcs dans les cours intérieures et les bâtiments publics, si bien qu'il a été possible de densifier et de réorganiser le bâti assez facilement.

Un autre élément capital pour comprendre le développement de la période est le facteur politique : Dijon, à partir de 1513 (traité de Sens et partage de la Bourgogne), devient une ville frontalière, d'où la nécessité d'en renforcer la défense ; les anciens remparts sont alors remplacés par d'importants bastions (édifiés principalement entre 1547 et 1574). Cette transformation dans les marges de la cité, a eu des

répercussions sur la physionomie urbaine et, en particulier, sur la densification de l'habitat à l'intérieur des remparts.

Parallèlement la ville est devenue capitale de province en entrant dans le royaume. Les nombreux officiers qui siégeaient au parlement ont largement contribué au renouveau de l'urbanisme de la cité, par l'intermédiaire des hôtels particuliers et la rénovation des différents bâtiments publics dont le parlement de Bourgogne mais également de nombreuses autres chambres qui fonctionnaient de concert (chambres des comptes, bureau des finances... qui ont alors gonflé les effectifs de notables) avec l'organisme politique principal. N'oublions pas le rôle de la mairie et surtout celui de la religion, même si le siège de l'évêché, encore à Langres, a pu mettre un certain frein au poids politique de l'Eglise dijonnaise.

Si durant la période précédente, le parlement s'était installé à Dijon, érigeant la ville au rang de capitale, autrefois contestée en raison de sa population relativement faible, la fin de la Renaissance marque une nouvelle étape dans la croissance urbaine en permettant à la cité de dominer politiquement et, c'est une certaine nouveauté, économiquement et démographiquement, l'ensemble des agglomérations de la région, même si elle ne reste qu'une ville moyenne au niveau national comme le note P.GRAS (entre 22 000 et 23 000 habitants au XVIII^{ième} siècle).

Cette fonction parlementaire, entre les XVI^{ième} et le XVIII^{ième} siècles, tend à se renforcer avec le développement de nouvelles institutions comme la Chancellerie, la Chambre des Comptes, le Bureau des Finances, le Baillage, la Monnaie et d'autres organismes secondaires d'ordres financier et juridique. Le développement de cette puissante administration n'a certes pas eu d'incidences directes sur l'étalement urbain mais a agi au niveau du nombre de foyers et également sur l'influence de la ville sur la province, concentrant le dynamisme sur la capitale. Cette fonction s'est également accentuée avec le déplacement de l'évêché de Langres à Dijon en 1731, la conséquence directe fut alors le développement de nouvelles collégiales, du clergé régulier, de l'enseignement et de l'académie.

Parallèlement est apparu l'Hôpital général au Sud-Ouest (né de la fusion de l'ancien hôpital du Saint Esprit et de l'hôpital Notre-Dame de la Charité, tous deux situés au centre ville) en 1648. En somme, Dijon est une ville en plein essor, disposant de la plupart des services et administrations de la grande ville, avec toutefois une incapacité chronique à développer une industrie performante. Bien qu'il y eut des expériences de filature et de draperie entre les XVII^{ième} et XVIII^{ième} siècles, la ville n'a jamais réussi à se doter d'un tissu économique de grande envergure.

La cité, devenue capitale régionale, a ainsi, semble-t-il, connu une croissance assez sensible de sa population, de ses fonctions politiques et administratives.

Quelles ont été les conséquences au niveau de la surface bâtie ? La ville s'est-elle densifiée ou au contraire dédensifiée ?

4.3) L'évolution surfacique du bâti dijonnais

En poursuivant les calculs de surface et périmètre du Moyen Age, on est en mesure de construire un graphique de l'évolution des deux grandeurs au cours du temps. Les deux profils mettent en évidence une relation d'ordre non-linéaire.

Comme nous l'avons noté au cours des périodes précédentes, le rythme de croissance de la surface tend, d'un point de vue global, à s'accroître.

Ainsi, le taux moyen de croissance était de 0.014 km²/an entre 1050 et 1150 et ce dernier passe à 0.000575 km²/an entre 1150 et 1550 puis 0.00439 km²/an entre 1550 et 1839. Donc, la surface semble suivre plutôt une relation de nature exponentielle dont il convient toutefois de noter les irrégularités.

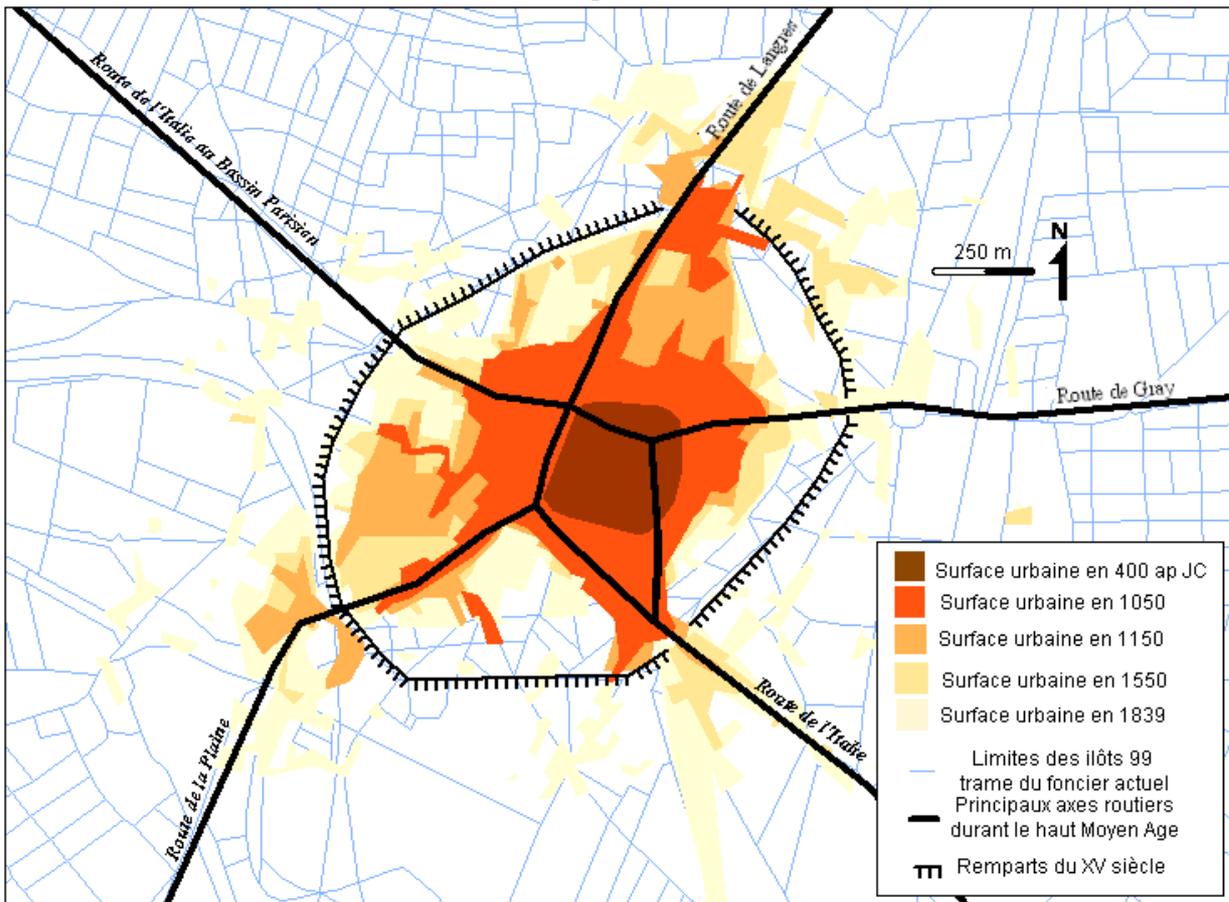
La période 1150-1550 est marquée par une rupture du rythme de croissance principalement due aux crises du XIV^{ième} siècle : guerres, épidémies, ce qui, comme nous l'avons remarqué dans le paragraphe précédent avaient pu faire perdre la moitié, les trois quarts ou même les neuf dixièmes de la population des villes européennes. Remarquons alors qu'à partir de la Renaissance et de la fin de cette période de trouble, la ville retrouve en partie le niveau de population qu'elle avait en 1300 (cf sources BAIROCH). Le rythme de croissance de la surface reprend alors la valeur de 1150.

L'analyse du périmètre conduit aux conclusions suivantes:

- un accroissement du rythme de l'étalement urbain en fonction du temps sensiblement de nature exponentielle
- l'existence d'une rupture du rythme entre 1150 et 1550, c'est-à-dire à la charnière entre le Moyen Age et la Renaissance
- une logique semblable à celle des surfaces.

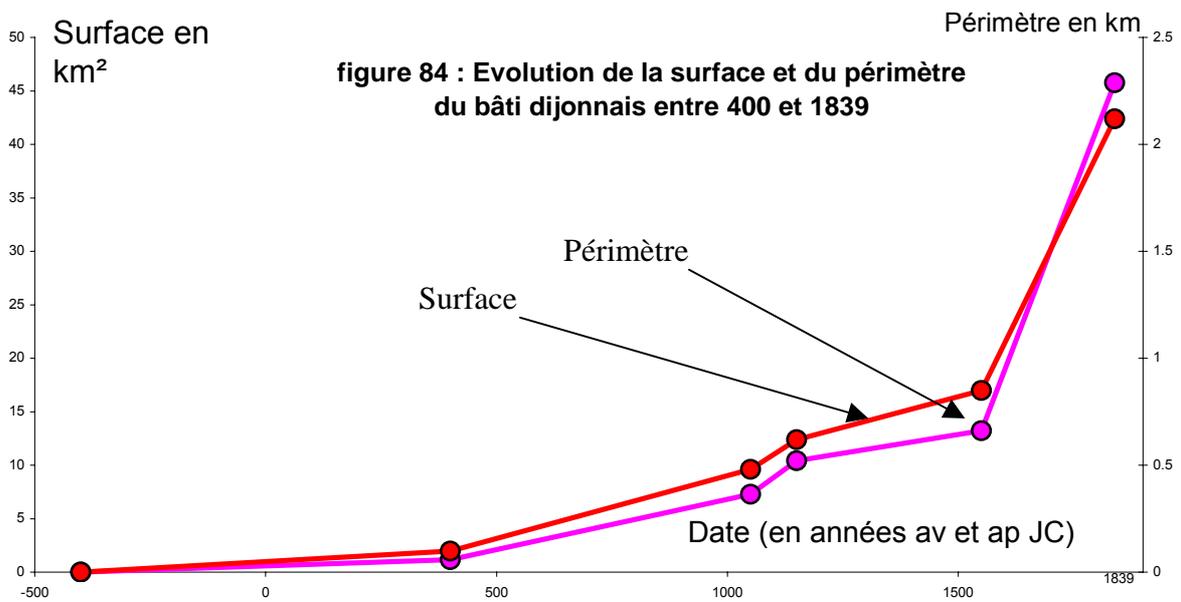
A présent, examinons la densité moyenne de population à l'époque moderne : elle passe ainsi de 6250 vers 1150 à $21\ 000 / 0.85 = 24705.88$ hab/km² vers 1600. Vers 1850, en considérant que l'évolution surfacique a été faible entre ces deux dates, (ce que nous confirmerons par la suite), le même calcul nous donne $32\ 000 / 2.96 = 10810.81$ hab/km². Cette évolution est assez intéressante car elle fait apparaître que, contrairement à la surface qui ne cesse de croître, la densité moyenne s'est accentuée approximativement jusqu'à la Révolution, puis un mouvement inverse s'est produit avec le développement des faubourgs urbains au-delà de la limite des remparts préfigurant les évolutions postérieures de l'agglomération.

Figure 83 :
Evolution du bâti dijonnais de 400 à 1839



C.ENAULT THEMA Dijon

Sources : Services des Archives municipales de la ville de Dijon



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

Entre l'Antiquité et le XIX^{ième} siècle, la croissance de la surface des villes a pu être irrégulière, en raison d'une dynamique démographique variable. Si nous avons pu constater qu'il semblait exister une logique évolutive « en escaliers » fluctuants, nous avons pu voir aussi que la réalité offrait des visages bien souvent sensiblement différents de la théorie. Ce sont des événements ponctuels ou plus globaux qui ont contribué à perturber le schéma. Ainsi, il convient de bien mettre en avant le rôle du politique dans la dynamique surfacique de la ville mais également les faits historiques comme les guerres ou les épidémies. Tous ces éléments rendent toute prévision hasardeuse, même s'il semble se dégager quelques grandes tendances.

Sur cette longue période, l'étalement des villes s'est accentué en dépit d'une évolution de population relativement faible se mesurant d'abord à l'échelon multiséculaire, puis séculaire. A partir de 1800, un siècle seulement suffit pour bouleverser totalement l'espace urbain. L'étalement des villes prend alors une toute autre dimension car à la dynamique continue de la population s'ajoute celle de la surface.

Chapitre 3 : Du tournant du XIX^{ième} siècle aux années 1950 : l'extension des banlieues

Cette phase de la croissance urbaine s'oppose sur bien des points à la précédente.

D'un point de vue purement quantitatif tout d'abord, on observe un important mouvement d'extension du bâti qui fait passer les cités de l'état de ville à celui d'agglomération. La surface urbaine transgresse les limites communales en s'étendant sur une superficie qui, entre le début du XIX^{ième} siècle et les années 1950 est multipliée par près de 10.

On perçoit assez bien qu'il s'agit là d'une rupture nette dans la dynamique de la cité, une sorte de « take off », l'amorce d'une nouvelle phase que l'on se doit d'expliquer.

Si l'on a pu avoir une telle évolution en si peu de temps, c'est que les conditions économiques et politiques ont fondamentalement changé. La ville médiévale, compacte et dense, encerclée par ses remparts, n'est plus et laisse la place à une agglomération libre de toute contrainte, ouvrant la voie à une croissance illimitée, ou tout du moins, c'est ce que l'on pensait à l'époque.

Nombreux sont les facteurs de cette explosion urbaine. Nous pouvons dégager ainsi le rôle de l'industrialisation avec son lot de nouvelles constructions, gourmandes en espace, la croissance démographique des campagnes s'accompagnant d'un exode rural, la hausse du prix du foncier entraînant une fuite des urbains vers les espaces plus périphériques aux coûts moins élevés, la saturation du centre renforçant un peu plus ce mécanisme de fuite et enfin le rôle déterminant des transports (chemin de fer).

A travers l'exemple dijonnais, nous essayerons de comprendre dans quelle mesure, les transports ont contribué à modifier la structure de la ville et à accélérer son étalement. Nous étudierons alors les conséquences en terme de bâti pour l'agglomération.

1) Quelques facteurs globaux de la croissance urbaine

Dans un texte ancien H.CERDA⁷⁹ (1867), fondateur de l'urbanisme récent, montrait que l'émergence des faubourgs ou des banlieues qu'il nomme *suburbies* s'expliquait par quatre facteurs principaux. Le premier d'entre eux est le rôle majeur des routes formant ainsi des extensions urbaines s'étirant le long des infrastructures. Ensuite, l'industrie a favorisé le développement de nouvelles activités en périphérie, suscitant l'expansion de nouvelles localisations résidentielles. La compacité du centre a également joué un rôle non négligeable (parfois la seule possibilité de croissance pour la cité semble alors être l'expansion surfacique). Enfin, il apparaît que les administrations ont pu, dans certains cas, renforcer ou freiner le développement de *suburbies* d'un type spécial tirant leur croissance des bénéfices occasionnés par les avantages de localisation hors du centre de la cité pour des raisons fiscales. Si aujourd'hui les taxes urbaines ont disparu, à la fin du XVIII^{ième} et au début du XIX^{ième}, elles subsistent encore. Tout produit importé de l'extérieur de la ville est majoré d'un droit de douane. Les communes de la périphérie de *l'urbe* échappe à cette surtaxe. Le faubourg ou la banlieue apparaît alors comme le meilleur moyen d'introduire en fraude des marchandises en provenance de l'extérieur.

1.1) La levée des contraintes militaires : la transformation des faubourgs

L'élément fondateur de la dédensification de l'habitat est sans doute la destruction des remparts. Avec la disparition de cette contrainte physique de l'espace urbain, les formes du bâti prennent des libertés et s'éloignent de la simple linéarité. Depuis longtemps la ville restait comprimée à l'intérieur de ses enceintes et les densités y étaient beaucoup trop fortes.

Si, dès le XIV^{ième} siècle, les rois français observent une saturation de l'espace urbain parisien, tant au niveau de l'habitat que de la circulation, à partir de la fin du XVIII^{ième} siècle, le phénomène s'intensifie, les guerres s'éloignent des villes et la défense devient secondaire, mettant davantage en avant le bien de la population. Ce processus de destruction des remparts n'a pas eu lieu au même instant selon les villes ; plus lointaine était la frontière et plus précoce a été la destruction.

Le plus souvent, il existait déjà une amorce urbaine hors de l'espace de défense, aux contacts entre les portes et l'extérieur. Les nouveaux faubourgs, à l'instar des anciens appendices antérieurs au XVIII^{ième} siècle, se présentaient comme les interfaces entre ville et campagne. L'installation s'y effectuait à un rythme relativement faible, principalement pour des raisons de salubrité : le faubourg n'était pas la ville et ainsi ne bénéficiait que très partiellement des aménagements de la cité. Le rempart marquait une véritable frontière.

La destruction de l'enceinte représente une véritable révolution pour l'évolution des faubourgs. A la place du tracé de la ceinture fortifiée se construit progressivement un anneau routier plus ou moins circulaire. L'édification de cette infrastructure a deux effets principaux :

- la coupure nette entre les deux mondes disparaît et ainsi permet d'étendre les réseaux d'eau et la voirie en général.
- l'interface entre la ville et la campagne s'étend à l'ensemble du périmètre urbain gommant l'effet de « porte ». La surface urbaine peut s'élargir d'une façon homogène sans discontinuité.

⁷⁹ « De l'urbanisation », *villes & civilisation urbaine XVIII^e-XX^e siècle* ss la direction de M. RONCAYOLO et T. PAQUOT

L'importance de cette opération de « débastonnement » a sans doute joué un rôle crucial dans la dédensification des populations puisqu'à partir de cet instant le faubourg devient véritablement un quartier urbain disposant des transports, des activités et du réseau d'assainissement de la cité. Le niveau de vie de ces zones atteint dans un premier temps celui des espaces centraux puis le dépasse. Les externalités négatives expliquent en partie la croissance de la périphérie par rapport au centre.

1.2) La saturation de la cité du XIX^{ième} siècle

Tout comme dans la ville actuelle, les centres des cités du début du XIX^{ième} siècle ont subi une saturation. Bien que l'on ait certes pu améliorer l'urbanisme de la cité (en particulier la résistance des bâtiments et leur hauteur), le réseau d'assainissement du centre ville et la voirie par des opérations de rénovation du revêtement des routes, on ne pouvait pas étendre à l'infini les capacités d'accueil. Il s'agissait avant tout d'un problème de place où le nombre de personnes par logement devenait trop important (la construction de nouveaux ensembles n'était plus possible pour une population qui connaissait une croissance, augmentant par conséquent toujours plus le nombre d'individus par foyer).

Les fortes concentrations de populations ont également eu des conséquences sur la qualité de vie au centre de la cité. Certes, l'agglomération permettait de réaliser des économies d'échelle, à savoir de réduire le déplacement entre le lieu de résidence et le lieu de travail ainsi que de contribuer à faire interagir plus facilement les différents corps de métiers, donnant à la ville l'image d'un espace à forte mixité, mais était également un lieu de vie intense bruyant, pollué et stressant. La morphologie du bâti (en particulier l'ancien plan médiéval des villes européennes) n'est alors plus adaptée aux concentrations : la croissance de la population entraîne une mutation dans le fonctionnement de la cité. A la fin du XVIII^{ième} siècle, cette transformation intensifie les relations, les activités, la circulation et la concentration humaine, si bien que les économies d'échelle ne sont plus suffisantes pour compenser les externalités négatives d'où une fuite des populations en direction de la périphérie nouvellement intégrée. La forme du plan d'origine a donc joué un rôle majeur dans la dédensification : les villes européennes se sont rapidement trouvées saturées en raison de la sinuosité des voies, la vétusté des logements et la difficulté de réaliser de nouveaux aménagements aériens et souterrains. L'élévation n'y a pas été possible, ce qui n'est pas le cas des villes du nouveau continent marquées par un plan en damier aux voies larges où il était facile de réaliser de grands ensembles bâtis, en hauteur ; d'où l'apparition des premiers buildings dans les villes des Etats-Unis.

1.3) L'attraction de la ville : les origines de la forte urbanisation du XIX^{ième} siècle

A cette rénovation urbaine s'ajoute la dynamique de la population. La croissance des villes dépasse de loin celle de la moyenne de l'ensemble du pays. On ne peut expliquer cette dernière par l'évolution démographique car, du moins au début du XIX^{ième} siècle, la mortalité urbaine dépasse la natalité ; si la ville gagne en population, c'est en raison de l'exode rural.

De nombreux auteurs ont pu noter que les migrations sont proportionnelles à la masse des villes (en particulier P.CLERGET 1910). Très nettement vont alors se distinguer deux types de villes : les agglomérations de grande taille, millionnaires, et les villes de taille plus modeste disposant d'un pouvoir d'attraction non négligeable. Les premières drainent massivement les populations de régions entières

(P.MEURIOT avait ainsi pu estimer que l'attraction parisienne s'étendait au XIX^{ième} siècle sur un rayon de 250 km) alors que les secondes ont une influence plus réduite se limitant à un ou deux départements pour les plus importantes d'entre elles. Comment expliquer la fascination qu'a, au XIX^{ième} siècle, la ville sur la campagne ? P.BAIROCH⁸⁰ (1985) répond en partie à cette question en montrant que les villes sont avant tout des centres d'innovations, un formidable marché pour écouler les denrées agricoles, un espace de diffusion de la monnaie et de produits manufacturés, un lieu de mobilité sociale et également les cœurs industriels des Etats.

BAIROCH explique l'innovation urbaine ainsi : « La plus forte densité de la population facilite les contacts et, par là, accélère le flux d'informations. L'hétérogénéité des activités suscite tout naturellement des tentatives d'application à un secteur de solutions adoptées dans un autre secteur. La ville concentre les activités éducatives qui, de tout temps, ont combiné l'enseignement et sinon la recherche [...] Le milieu urbain est un refuge naturel pour les individus originaux, mal à l'aise en milieu rural où le conformisme est en règle générale plus strict. Enfin, et ce n'est pas le moins important, la ville est par excellence le lieu de contact avec d'autres villes par le biais du commerce et par le jeu de migrations inter-villes d'artisans, d'ouvriers et de cadres [...] » L'auteur ajoute enfin : « Toutes les études empiriques aboutissent à la même conclusion, à savoir que la taille d'une ville influence favorablement à la fois l'éclosion de l'innovation et sa diffusion spatiale. Plus une ville est grande, plus important est le nombre d'innovations par habitant et plus rapide est le processus d'adoption des nouveautés ».

La forte demande de produits agricoles n'est pas imputable à l'espace urbain mais aux densités présentes sur le territoire urbain. Il semblerait, en effet, toujours d'après BAIROCH, que la demande par habitant ait été plus faible à la campagne au début de la période. C'est seulement à partir de 1880-1900 que la demande par habitant progresse.

L'autre élément explicatif du pouvoir d'attraction urbain est la monnaie. « Le monde rural est par excellence celui de l'autoconsommation et même celui du troc. Le monde urbain est celui du marché et, de ce fait, des moyens monétaires de paiements [...] avec l'industrialisation (rappelons qu'il existe une corrélation forte entre industrialisation et urbanisation), dont l'écoulement des produits implique des intermédiaires et conduit à la disparition quasi totale de l'artisan rural et du troc. » La croissance urbaine par le biais de la révolution industrielle a donc eu pour conséquence la destruction d'une partie de l'emploi rural. Le nouveau migrant, en arrivant en ville, a de fortes chances de changer de métier ou de progresser dans sa carrière. La mobilité horizontale est facilitée en raison du grand nombre de secteurs d'activités présents dans la cité. Le nouveau citoyen pourra, soit passer d'un secteur à un autre, soit simplement changer de métier à l'intérieur d'un même secteur. La mobilité verticale est également de mise : « les possibilités de promotion sociale sont plus grandes qu'en milieu rural. Le monde de l'enseignement joue ici un double rôle : facteur de promotion sociale par l'enseignement dispensé et facteur de promotion aussi par la rapide croissance du nombre d'enseignants ».

Parmi les facteurs clé, il est possible de citer l'extension du marché urbain pour les produits manufacturés. En progressant, les villes forment un marché plus important nécessitant ainsi le développement de nouvelles activités et donc d'emplois.

S'il est avéré que la croissance des villes des XVI^{ième}, XVII^{ième} siècles a entraîné une division du travail (en particulier avec l'accroissement de la demande en produits de luxe), en est-il de même pour les produits manufacturés du XIX^{ième} ? BAIROCH n'en est pas certain. Néanmoins, il est concevable que

⁸⁰ *De Jericho à Mexico, villes et économie dans l'histoire* coll « Arcades », Paris, Gallimard

l'explosion quantitative des villes ait eu pour conséquence une augmentation du nombre d'établissements industriels, ce qui bien entendu a renforcé le pouvoir attractif des agglomérations.

1.4) Les effets de l'industrialisation

Si notre propos n'est pas de discuter des origines de la révolution industrielle, nous pouvons tout de même dire que c'est en Angleterre, dès le milieu du XVIII^{ième} siècle que s'amorce le processus d'industrialisation : les innovations techniques dans le domaine agricole permettent une capitalisation plus importante du secteur manufacturier. Ce dernier se mécanise progressivement afin de répondre à une demande urbaine plus importante. C'est sans doute ce qui explique la précocité de l'urbanisation de la société anglaise : l'industrie n'a pas eu nécessairement besoin de ville pour se développer. Néanmoins la présence d'un réseau urbain a favorisé l'accélération du processus d'industrialisation et, inversement, l'industrie accéléra l'urbanisation. Ce fort lien unissant industrie et ville a donné naissance à toute une génération de cités mais a également transformé les anciens espaces urbains. Si, à l'évidence, la saturation des centres anciens empêchait toute nouvelle construction au cœur des villes (et particulièrement l'édification de structures massives), les faubourgs urbains semblaient particulièrement favorables au développement de l'activité industrielle. Dans un premier temps, les manufactures s'installent à proximité des centres villes créant un tissu mixte mêlant industrie et habitat puis, progressivement, les périphéries se spécialisent pour rejeter le plus loin possible les espaces de production, principalement pour des raisons de nuisances. Corrélativement, les usines drainent une partie de la main d'œuvre hors du centre, dédensifiant ainsi le cœur historique.

1.5) La hausse du prix du foncier

Depuis le milieu de l'époque moderne, les villes ont subi une spéculation des terrains en centre ville qui, toutefois, reste limitée jusqu'au XIX^{ième} siècle. A partir des années 1820-1830, l'extension des limites de la cité ainsi que le réaménagement des espaces urbains entraînent une revalorisation du cœur de la cité, ce qui a pour conséquence d'augmenter significativement le prix des terrains. Comme nous l'avons vu dans un précédent paragraphe, la croissance du prix des terrains est en partie liée à l'explosion démographique de la ville, provoquant alors une hausse de la demande et donc du coût du parcellaire. Le processus de hausse du foncier de cette époque est bien décrit par M.HALBWACHS⁸¹ (1909) : le prix est fixé par comparaison entre les prix actuels et leurs anciennes valeurs. Si à une date t_1 , le prix d'un terrain est fixé à un prix q pour un lieu A, avec les aménagements d'une voie, le prix passe à $q+x$ à une date t_2 . Le vendeur d'un terrain en un lieu B, dont on suppose qu'il connaîtra un aménagement voisin de celui de A aligne alors son prix à la date t_2 soit $q+x$, mais prévoit également que ce dernier va croître de x après l'aménagement de la voie ; ce qui le conduit à fixer finalement le prix à $q+2x$. Ce mécanisme de hausse est ainsi renforcé à partir du XIX^{ième} siècle où se succèdent les aménagements et les constructions de routes. Voyant se développer de nouvelles opportunités de gains par la vente et la revente de terrain, les financiers se lancent dans la spéculation foncière. Le principe en est extrêmement simple : « Ayant acquis du terrain à prix ordinaire, avant que l'on ne soupçonne les avantages à venir de

⁸¹ *Les expropriations et le prix des terrains à Paris (1860-1900)*, Paris, publication de la société nouvelle de librairie et de l'édition

sa situation, dès que ces avantages apparaissent, ils les revendent. Le revendant, ils en fixent le prix à un très haut taux, à un taux qui représente, comme nous l'avons vu, la valeur de l'utilisation du terrain quand la voie sera construite. »

Nous avons donc pu examiner quelques uns des facteurs les plus marquants de la période sans toutefois tenir compte de l'élément le plus important : les transports.

2) Les transports et l'étalement urbain du XIX^{ième} siècle et du début du XX^{ième} siècle

Jusqu'au XIX^{ième} siècle, comme nous l'avons souligné, la croissance surfacique était limitée par les transports. L'essentiel des déplacements se réalisant à pied ou à cheval, on ne pouvait concevoir une agglomération de grande taille sans détruire ce qui faisait son dynamisme ; à savoir la forte concentration d'activités et de populations en un même lieu.

A partir des années 1840-1850, les villes commencent à s'équiper de réseaux de transports facilitant par là même les déplacements intra-urbains ; les périphéries sont alors « plus proches » qu'elles ne l'étaient auparavant. Les avantages de localisation dans les faubourgs se renforcent, accélérant la dédensification du centre ville. Le réseau de transports s'étend, améliorant la desserte des périphéries les plus éloignées : de nouvelles potentialités apparaissent en dehors du périmètre urbain, ce qui contribue à étendre l'aire de croissance des agglomérations : les villes sont alors formées de centres historiques et de leurs banlieues largement dépendantes des relations centre-périphérie. Devant la contrainte physique de l'espace urbain (capacité maximale atteinte en centre ville), l'extension surfacique apparaît comme le seul mode de croissance « tolérable » pour les populations. Les transports sont ainsi la solution à la saturation des centres et, par conséquent celle de la population. Il est évident, et l'ensemble des travaux sur l'étalement le montrent, que la mise en place de transports urbains rapides est un véritable facteur de renouveau dans les agglomérations européennes mais aussi dans les villes du nouveau continent, comme a pu le faire remarquer J.BORCHERT⁸² (1996) dans son étude sur le développement résidentiel des banlieues de Cleveland. Cet exemple est assez révélateur des profondes modifications qu'entraîne la mise en place du tramway dans les grandes métropoles américaines. L'auteur observe dans un premier temps la puissance du phénomène de banlieue dans cette agglomération, contrairement aux autres grandes villes des Etats-Unis. Ainsi, en 1880, la population suburbaine représentait au mieux 16 à 17% du total de la population alors qu'elle est de 54.7% pour Cleveland d'où l'intérêt de cette ville en pointe en matière de développement, de l'urbanisation à la fin du XIX^{ième} siècle. Si l'article ne s'étend pas sur la mise en place du tramway, il permet toutefois de montrer que ce mode de transport est facteur de forte densité : l'auteur note la concordance entre le développement des quartiers suburbains de Lakewood, Lakefront Estates, Clifton Park et Urban Village et le développement du réseau de transport urbain dans les banlieues. Les trois dernières communes ont pris naissance à la fin du XIX^{ième} siècle, même si leur véritable expansion est à mettre au crédit des transports en commun. Ainsi, la congestion des agglomérations de la fin du XIX^{ième} siècle pousse les populations les plus aisées à s'installer en périphérie, loin des nuisances produites par les fortes densités. Le coût élevé du transport individuel joue,

⁸² « Residential City Suburbs : the emergence of a New Suburban Type 1880-1930 », *Journal of Urban History*, Vol.22, n°3, p. 283-307

dans un premier temps, un rôle de filtre et limite l'installation massive des populations en périphérie. Ceci explique que les banlieues de Lakefront Estes, Clifton Park et Urban Village ne soient restées au début, que des lieux de résidence pour ménages fortement aisés. Le bâti s'établit alors sous forme peu dense et s'organise en de vastes demeures que seules les élites peuvent occuper.

A partir de 1893 (mise en place du tramway), la situation évolue sensiblement avec une déconcentration des populations en direction de la partie nord de l'agglomération.

La plupart des banlieues voient alors se développer de nouveaux quartiers nettement plus denses. C'est le cas d'Urban Village, dont l'expansion est à attribuer à l'aménagement d'un ensemble fondé sur une usine (National Carbon Company).

Plus exemplaire est le cas de Lakewood dont le développement est contemporain de la mise en place du réseau de tramway. Au début, communauté de fermiers spécialisés dans les cultures fruitières, le village se transforme avec l'arrivée du transport mécanisé par une anticipation des fermiers qui transforment leurs champs en habitations. D'abord lieux de résidence des élites, les parcelles mutent en logements collectifs organisés le long de grandes avenues où circulent les tramways (Detroit Avenue, Madison Avenue). Selon BORCHERT, le transport collectif est avant tout responsable de mutations sociales elles-mêmes origines ou conséquences de l'étalement urbain.

En Europe, le tramway n'a semble-t-il pas eu le rôle qu'il a pu avoir aux Etats-Unis. Installé néanmoins dans la plupart des grandes villes européennes, il a sans doute été responsable d'une partie de l'expansion urbaine du début du XX^{ième} siècle. Pourtant, ce sont avant tout les voies ferrées qui sont à l'origine de la véritable explosion surfacique des agglomérations entre 1850 et 1930.

Au niveau français, seules les plus grandes agglomérations comme Paris ou Lyon étaient équipées de ce mode de transport et les différentes gares le long du linéaire ferré ont donné naissance à un étalement urbain que l'on a coutume d'appeler croissance en doigts de gant. Des éléments comme les primes qu'a accordé l'Etat français en 1928 (loi Loucheur accordant des prêt à taux bas) ont certainement favorisé ce processus de déconcentration mais la forme étirée le long des infrastructures de transports est directement liée à l'extension des navettes de banlieue. A partir des différentes gares poussent des lotissements où il devient possible, grâce aux trains, de se rendre en peu de temps aussi bien au centre des agglomérations que dans les banlieues industrielles. Le fer est, comme le tramway, un accélérateur de croissance, mais sous une forme dense.

Si ce principe est valable pour les plus grandes villes du pays, en est-il de même pour une agglomération comme Dijon qui apparaît, au vu des recensements de l'époque, comme une ville moyenne ?

3) L'expansion dijonnaise à l'ère du rail : du milieu du XIX^{ième} siècle au début du XX^{ième} siècle.

3.1) Le renouveau d'une capitale régionale

La croissance de la métropole régionale au cours du XIX^{ième} siècle est surtout d'ordre quantitative et les recensements de 1821 à 1872 le montrent bien. Ainsi, en une cinquantaine d'années, la ville va croître de près de 75 % passant de l'indice 100 en 1821 à 175 en 1872. Parallèlement, la population semble s'être progressivement concentrée dans la plus grande ville du département, accentuant un peu plus l'exode rural. On peut évidemment faire remarquer que Dijon représentait déjà 43% de la population totale de la

Côte d'Or, marquant ainsi une concentration initiale des effectifs. Cinquante ans plus tard, cette proportion passe à près de 60%. La ville est de fait un îlot urbain dynamique dans un désert rural. Comment expliquer une telle croissance ?

Durant la période précédente, le dynamisme de la métropole dijonnaise était directement lié à son rôle administratif, à ses fonctions politiques. Au XIX^{ième} siècle, la ville conserve sa place de capitale régionale et renforce sa position de leader en se dotant d'un carrefour ferroviaire de première importance.

La décision de construction de la ligne Paris-Lyon-Marseille aurait pu écarter la capitale d'un axe plus direct passant par le seuil de Bourgogne bien plus à l'ouest.

Après d'âpres discussions, le choix d'un détour par Dijon est adopté, choix dû selon P.GRAS et la plupart des historiens, à l'ingénieur Darcy, qui aurait été pour beaucoup dans cette décision. D'autres hypothèses émises par J.J.BAVOUX⁸³ mettent en avant plutôt un choix économique, une situation qui n'aurait pas tenu du hasard mais n'aurait été que le renforcement du carrefour routier, hypothèse qui n'exclut toutefois pas le rôle certain de DARCY.

Figure 85 : Evolution de la population dijonnaise

Année	Total de la population urbaine en Côte-d'Or	Proportion en % de la pop. totale de Dijon et de la pop. urbaine Côte-d'Or	Population municipale de Dijon	
			Effectif	Indice
1801	47 942	43,80	22 397	100
1821			23 845	106
1826	60 012	42,57	24 728	110
1831			24 822	110
1836			26 131	116
1841	61 274	47,40	26 781	119
1846	63 894	50,47	28 998	129
1851			29 761	132
1856			33 920	151
1861	70 347	60,51	36 797	164
1866			39 154	175
1872				

Sources : Histoire de Dijon P.GRAS

Ainsi, à partir de 1851, la ville dispose d'une gare sur la ligne PLM. A cette première voie, s'ajoutent progressivement d'autres liaisons : Dijon-Belfort, Dijon-Gray (1862), Dijon-Langres, Dijon-Saint-Amour (1872). A cette situation ferroviaire exceptionnelle se greffe le canal de Bourgogne plus ancien construit en 1838.

A l'Ouest de la ville, à l'emplacement de l'actuelle gare Dijon-ville s'installe l'embarcadère situé à 1 km du centre ville, ce qui oblige les dijonnais à prendre plus souvent les transports en commun.

⁸³ *Le carrefour bourguignon, analyse d'un espace de circulation* Paris, CNRS ed.1994

Le système de transport en commun au début du XIX^{ième} siècle est assez rudimentaire : le nombre de lignes est alors extrêmement faible et la vitesse peu élevée, ce qui explique que ce mode de transport ait été, tout comme dans les autres grandes villes françaises, peu utilisé. Les distances, en 1800, n'imposaient pas nécessairement l'usage de moyens de communication rapides : les dijonnais se rendaient de leur lieu de résidence à leur lieu de travail à pied et bien plus rarement à cheval ou en diligence. Cette situation d'origine était adaptée à la ville compacte de la Renaissance comprimée à l'intérieur de ses remparts.

A partir du milieu du siècle, Dijon se trouve à l'étroit dans un espace défini par des remparts dont l'origine remonte au XII^{ième} siècle. Bien entendu, les murs avaient été améliorés et renforcés au cours de la Renaissance, en particulier par la construction de nouvelles tours, de larges bastions et un nouveau château dans la partie nord-ouest (la gendarmerie) comme le montre la carte de l'évolution du bâti entre 1839 et 1850. Suite à la transition démographique, la ville doit se développer en dehors de ces remparts, compte tenu de la compacité du tissu interne.

Ces limites sont alors partiellement éventrées dans la partie nord-ouest, ce qui conduit au développement d'un nouveau faubourg (faubourg Saint-Bernard) entièrement aménagé à partir de grandes infrastructures routières et de places telles que la place Saint Bernard. Aux sorties des grandes portes est, sud-est et sud-ouest, les anciens faubourgs d'Ouche, Saint-Pierre, Saint-Michel et Saint-Nicolas se renforcent. Les portes sont alors détruites et remplacées par des places qui formeront plus tard l'armature de la future ceinture routière centrale.

3.2) Une ville qui reste compacte

La carte de l'évolution du bâti entre 1839 et 1850 fait clairement apparaître une évolution n'entraînant pas une transformation profonde de la morphologie du tissu urbain ; ainsi, même si apparaissent ici et là quelques nouveaux bâtiments, l'opposition entre centre et périphérie demeure.

Plus éloquante est l'analyse des bâtiments publics. Sur l'ensemble des bâtiments remarquables, seuls trois sont situés à l'extérieur des remparts de 1850. La ville historique concentre donc la plupart des fonctions administratives. Les commerces sont également regroupés à l'intérieur du périmètre défensif de la Renaissance.

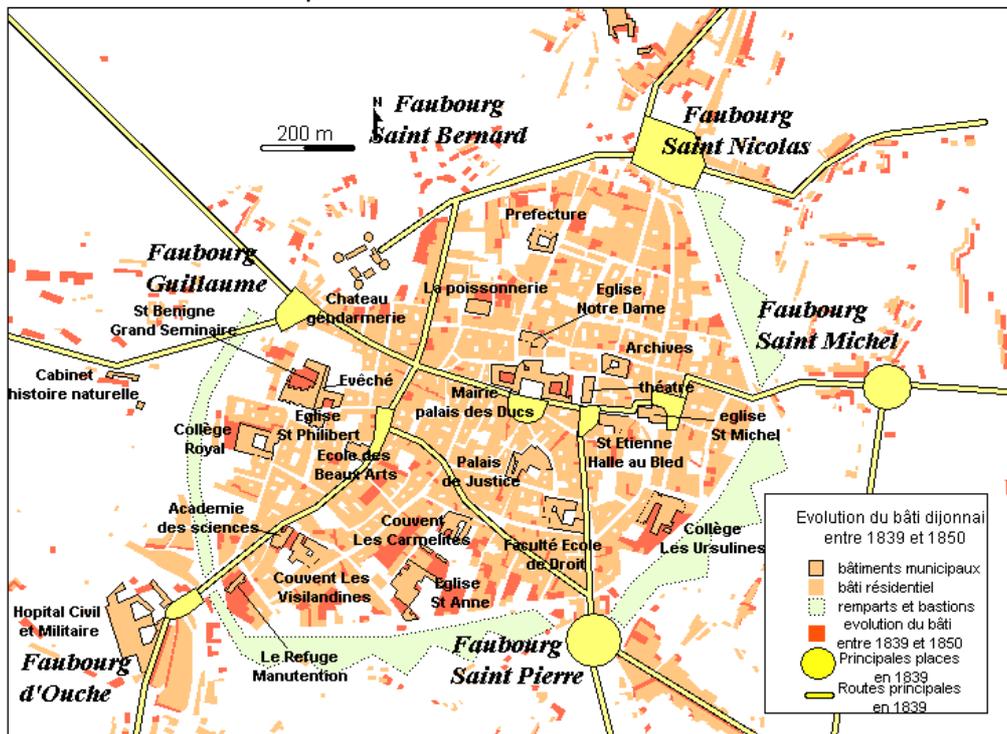
Dijon reste une ville compacte et son centre poursuit sa densification.

Comment expliquer ce phénomène ? Existe-t-il localement une dédensification ? Le réaménagement de la partie nord de la ville a-t-il eu des répercussions sur la dynamique du bâti ?

Nous émettrons l'hypothèse, pour répondre à ces questions, que l'étalement des tissus est en partie dépendant de la structure du réseau routier.

Figure 86 :

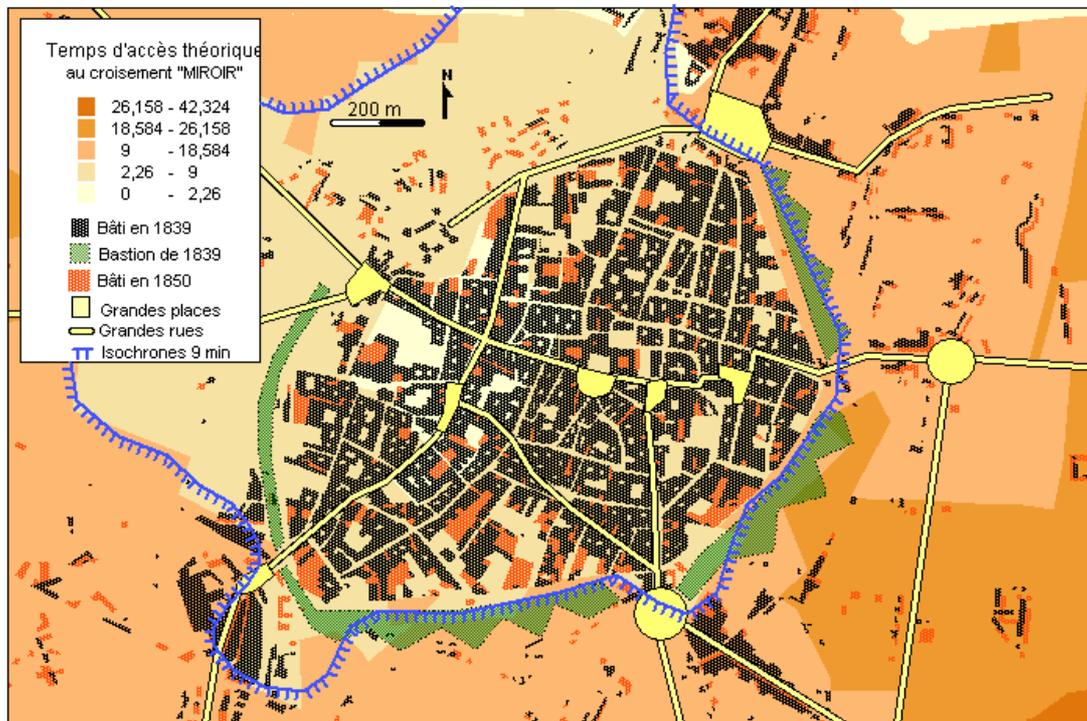
Occupation du sol entre 1839 et 1850



C.ENAULT laboratoire THEMA Dijon

Figure 87 :

Temps d'accès au centre de Dijon



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

MAPINFO-CHRONOVIA

3.3) Un étalement fonction du réseau routier principal

Pour commencer, constatons que le bâti semble s'organiser en fonction des grands axes routiers : là où le réseau routier est le plus dense, le bâti l'est aussi, une modification de capillarité entraînant une transformation de l'organisation des espaces bâtis. Ainsi, à l'intérieur des remparts, le tissu apparaît compact et présente peu de lacunes, y compris dans les arrières cours, ce qui est encore aujourd'hui une caractéristique de la capitale bourguignonne. Le réseau routier est lui même très dense créant une sorte de zone d'hyper-accessibilité dont les contours sont plus ou moins dessinés par les bastions. Ces derniers se présentent alors comme de véritables frontières où les seules pénétrantes ne peuvent exister qu'au niveau des cinq grandes portes.

Nous nous proposons de vérifier ces hypothèses en évaluant l'accessibilité après la destruction des premiers bastions en 1850, à savoir l'ensemble des remparts de la partie nord-ouest et ouest à proximité de la gare. Ne subsistent que les bastions nord-est, sud-est et sud. En se fondant sur la voirie de 1850, il nous est possible de mettre en place un graphe du réseau routier de cette époque.

Nous avons pris comme hypothèse que les individus se déplaçaient à pied à une vitesse de 5 km/h sur l'ensemble du réseau routier. Par conséquent, chaque tronçon a été affecté de cette vitesse. Pour évaluer les temps d'accès au centre, nous avons supposé que le point central de l'époque était le croisement entre la rue des Godrans et la rue de la Liberté (ce qui correspond à l'arrêt de bus actuel « MIROIR »), en raison de la position commerciale exceptionnelle du lieu dans la ville de l'époque.

En prenant l'ensemble du réseau routier de 1850, on est en mesure d'évaluer les incidences des bastions sur les temps d'accès au centre.

Techniquement, le graphe est utilisé pour le calcul de plus courts chemins entre le centre et les îlots INSEE 99 actuels. Le module CHRONOVIA de MAPINFO permet de réaliser l'ensemble de ces itinéraires, leurs distances ainsi que le temps d'accès moyen.

Pour les îlots situés sur les axes routiers, le calcul ne présente aucune difficulté, néanmoins, pour les espaces les plus éloignés, il convient d'ajouter les temps d'accès aux routes les plus proches en ligne droite. Le temps total est donc l'addition d'un temps réseau déterminé par MAPINFO et d'un temps hors réseau en ligne droite (l'hypothèse de la vitesse de 5 km/h est également envisagée).

La superposition des couches du bâti de 1839 et 1850 avec les temps d'accès est assez significative du lien qui semble exister entre étalement urbain et transport.

La croissance en surface la plus importante s'est effectuée à l'intérieur de l'enceinte, ce qui a eu pour effet de compacifier davantage la ville historique. Remarquons que les enceintes ont une incidence sur les temps d'accès puisque les bastions créent de fortes discontinuités dans toute les parties sud et est de la ville. L'ensemble de l'ex-ville de la Renaissance est à moins de neuf minutes à pied du centre commercial de la ville : on peut donc effectivement parler de périmètre d'iso-accessibilité, probablement responsable de la forte croissance du bâti interne.

A partir de 1845, les remparts nord sont éventrés, ce qui produit une diminution assez significative des temps d'accès de l'ensemble de la partie nord de la ville, l'isochrone neuf minutes est ainsi rejetée à plus de 400 ou 500 m de l'ancienne limite du centre historique. Seulement cinq ans plus tard, en 1850-1852, on peut déjà observer quelques modifications dans l'évolution du bâti hors du centre ville. Alors que le tissu urbain s'est peu développé dans les parties sud et est (l'ancien bâti est toujours conservé mais peu de nouvelles maisons se développent dans cette partie), le faubourg nord semble avoir progressé assez

rapidement le long des nouvelles voies de communications (aménagement du faubourg Saint-Bernard). La destruction des remparts permet non seulement de se rendre plus rapidement au centre ville sans effectuer un détour par l'ancienne porte Guillaume mais également de contourner le centre historique en empruntant les nouveaux boulevards (de Brosses et de la Trémouille) pour se diriger vers la place de la République.

Dans la partie sud ouest, les temps d'accès s'étirent à la faveur de l'ouverture de la porte du faubourg d'Ouche, l'isochrone neuf minutes est alors rejetée 200 m plus au sud. Une croissance assez sensible du bâti de l'ensemble du faubourg s'observe parallèlement.

A l'inverse, les parties est et sud est ne connaissent pas d'évolution significative de leurs faubourgs.

4) Les évolutions dijonnaises de la fin du XIX^{ième} siècle et du début du XX^{ième} siècle, l'arrivée des tramways.

4.1) La mise en place des tramways

Le sources des archives municipales de la ville de Dijon nous apprennent que les projets de mise en place du tramway remontent au milieu du XIX^{ième} siècle puisque, dès 1847, on parle d'un système de transport collectif permettant de relier rapidement le centre ville à la nouvelle gare de l'Ouest. L'idée proposée, à l'origine par les citoyens, ne se concrétisera pourtant pas avant la fin du siècle entre les années 1880 et 1898. Le projet, ambitieux pour l'époque, prévoit dès 1881-1882 la construction d'un système de navette à traction animale reliant le centre ville à la gare Dijon-ville. Pourtant, il faudra pratiquement dix ans pour que la première ligne voie le jour à la fin des années 1880-1892, Bientôt, on ajoute une seconde ligne de direction nord-sud reliant l'actuelle place de la République à l'Hôpital. Une troisième ligne est ensuite construite, allant de la place du 30 octobre au parc de la Colombière vers 1898, cette troisième ligne est alors divisée en deux parties : une première allant vers le parc et une seconde empruntant la rue d'Auxonne.

Le matériel, dans cette première phase de la mise en place d'un service de transport en commun dans l'agglomération dijonnaise, reste relativement sommaire : les navettes, constituées de 2 wagons, ne pouvaient probablement excéder les 5 ou 6 km/h, ce qui explique que, dans les premiers temps, le réseau de transport n'ait pas réellement eu d'impact sur l'étalement des tissus.

Il faut attendre le début du XX^{ième} siècle et les avancées technologiques pour que le tramway devienne compétitif face à la marche à pied. Le premier service de navettes motorisées remonte à 1898, où l'ancienne ligne gare-centre ville est bientôt remplacée par de nouvelles voies et surtout par une traction motorisée. Les archives font apparaître nettement l'opposition d'un grand nombre d'élus face à ce projet qu'ils jugent trop coûteux et inutile pour une ville de la taille de Dijon. Néanmoins le réseau prend tout de même forme au début du XX^{ième} siècle, avec la première ligne tout d'abord mais, plus tard, entre 1900 et 1914, une seconde. A partir de la fin de la guerre, la ville cherche plus à se rénover qu'à se reconstruire, car elle a connu peu de destructions, comme l'atteste le livre de P.GRAS. Vers 1919, jusqu'à 1925-1926, le réseau s'agrandit, non pas en nombre de lignes mais en longueur, s'adaptant ainsi à l'extension du bâti dijonnais, en particulier dans les parties sud et nord : la ligne 2 est, quant à elle, allongée au Nord jusqu'aux casernes et au Sud jusqu'à Chenôve.

Pour la première ligne, il faudra attendre les années 30, pour que l'on propose un prolongement jusqu'à Longvic (dont la construction ne se réalisera que bien plus tard).

4.2) Un étalement urbain ne reposant pas sur l'extension du réseau du tramway

Entre 1850 et la fin des années 1890, les bastions sont progressivement détruits et remplacés par des jardins dans un premier temps, en particulier dans les parties sud et est, bloquant ainsi tardivement l'urbanisation de la zone.

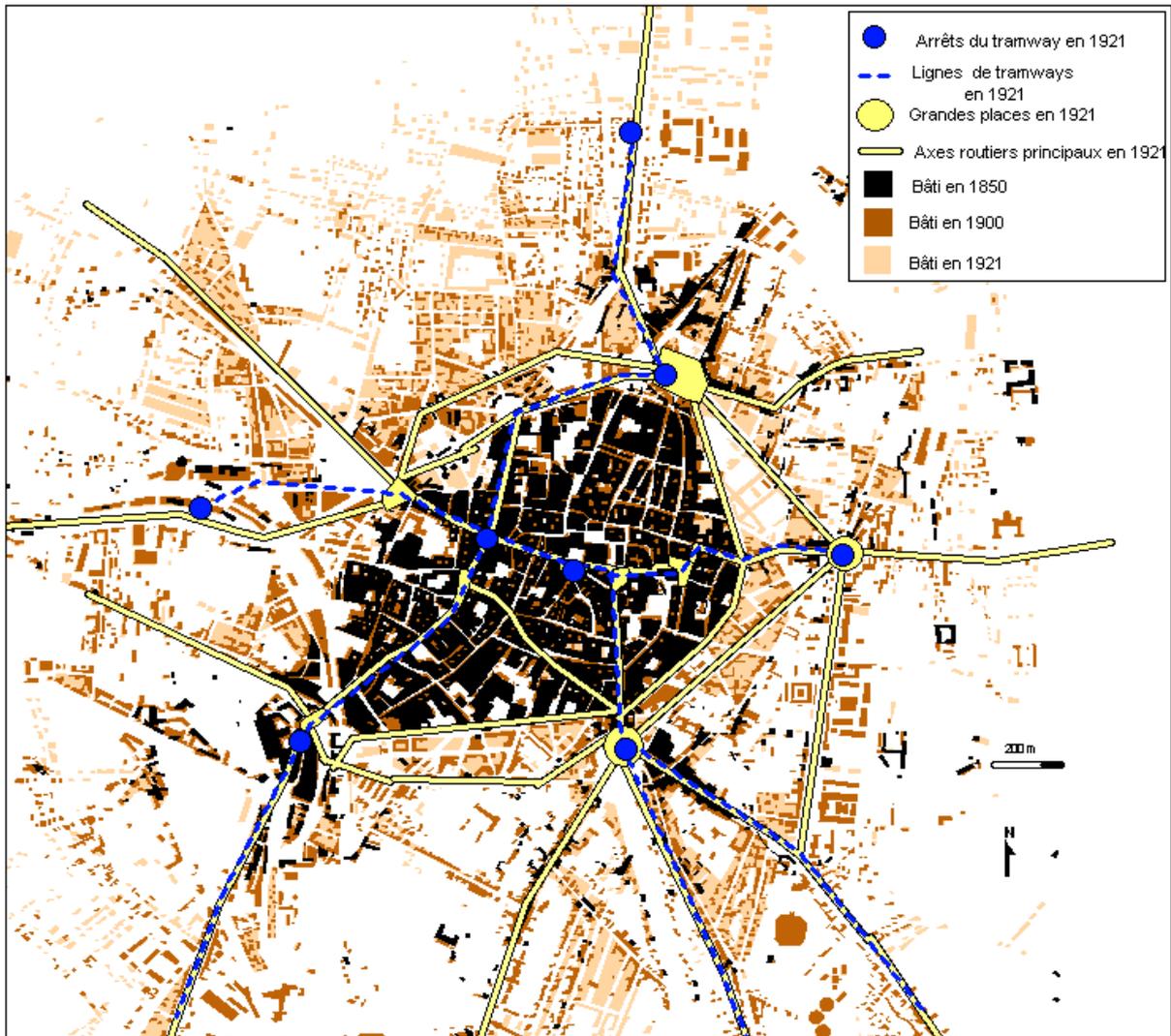
A partir de 1867, le centre historique commence à se saturer : il ne reste que très peu d'espaces vides à l'intérieur de l'enceinte puisque plus de 70% de la surface urbaine est ainsi couverte par le bâti, chiffre qui, en 1850, ne dépassait pas les 50%. De fait, la croissance de l'espace urbain dijonnais ne peut s'effectuer qu'en dehors des remparts ; la ville crève donc ses frontières naturelles. L'élargissement de l'espace bâti, comme dans de nombreuses autres agglomérations européennes, s'effectue en laissant un espace entre les nouvelles habitations et les anciennes zones urbanisées, ce qui explique que les espaces situés à l'extérieur des anciens remparts entre les boulevards de la fin du siècle et les bastions soient restés longtemps à l'abandon.

L'urbanisation de Dijon s'est donc effectuée de manière radio-concentrique sans que le réseau de tramway n'ait pu agir de façon déterminante sur l'étalement de la ville. En effet, l'extension semble avoir été largement plus contrôlée par le réseau routier que par les transports en commun. L'évolution entre 1900 (date à laquelle le réseau de tramway électrique commence à être opérationnel) et 1921 ne permet pas de déceler de croissance plus marquée le long des axes de transport collectif. Le tramway a sans doute joué un rôle, une sorte de catalyseur mais n'a pas été déterminant dans la création des zones urbanisées les plus lointaines de l'époque. En réalité, les individus se rendaient de leur domicile à leur lieu de travail à pied, ce qui explique l'extension radio-concentrique de la ville. Les ménages se sont installés à une distance radiale du centre ville (ce qui correspond approximativement à des distances réseau) inférieures à 2, 1.5 km soit à moins de 20 minutes du centre. La ville de Dijon des années 20, 30 est donc encore une ville pédestre (WEIL⁸⁴ 1996).

Comment l'expliquer ?

⁸⁴ *La transition urbaine ou de la ville pédestre à la ville motorisée*

Figure 88 :
Evolution du bâti entre 1850 et 1921



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

fond des archives municipales de la ville de Dijon (bâti)

Pour répondre à cette question, il convient d'examiner de près la nature du réseau de transport collectif. Il s'avère que la structure même du système de transport soit assez peu performante. Les différentes radiales permettaient alors de s'y rendre sans difficulté à partir des zones situées près des couloirs de circulation des véhicules. Néanmoins, ces derniers restaient assez peu nombreux, ce qui laissait de côté bon nombre de quartiers de la périphérie.

De même, si l'on raisonne en terme de déplacement domicile travail, l'essentiel des mouvements ne se réalisait pas nécessairement de la périphérie vers le centre mais plutôt de quartier à quartier ; de ce point de vue là, les transports dijonnais de l'époque n'étaient également pas performants.

Si l'on rajoute à tout cela la faiblesse de la vitesse des navettes (entre 9 et 14 km/h en ville), on comprend pourquoi les travailleurs préféreraient la marche.

4.3) Les nouveaux quartiers dijonnais

Entre la fin du XIX^{ième} siècle et la première moitié du XX^{ième} siècle, les tissus urbains autrefois disjoints des différents faubourgs se sont progressivement assemblés. Il existait dès la fin du XIX^{ième} siècle bon nombre de logements et de bâtiments à autre usage, à proximité du centre, autour des grandes places du XIX^{ième} siècle. L'aménagement de la ceinture routière est allé de pair avec la construction de nouvelles habitations. Ainsi le quartier Saint-Bernard fut directement lié à l'édification de la place (forme des bâtiments et alignement des maisons le long des routes). De ce point de vue le faubourg est exemplaire : une liaison parfaite entre aménagement routier et habitation. P.GRAS (1987) fait écho de cette vaste opération de débastonnement du Nord-Ouest dijonnais datant approximativement de 1845. L'architecte A.L.LACORDAIRE fut le maître d'œuvre de la rénovation de ce faubourg. Le projet devait intégrer de larges perspectives avec deux grands boulevards (le boulevard De Brosses et de la Trémouille), deux places (la place Saint Nicolas, actuelle place de la République, et la place Saint-Bernard) ainsi qu'une série de rues convergeant vers cette dernière. Parallèlement fut construit une portion de la rue Devosge plus au Nord. Le projet prévoyait aussi la destruction du château près de la place de Darcy. Face à ces grands travaux routiers, on a entièrement revu l'habitat avec la rénovation de l'ensemble des façades des nouveaux axes et la construction de nouveaux logements entre la place Saint Bernard et la rue Devosge. Les autres opérations de débastonnement ne furent pas aussi esthétiques et la relation entre habitat et réseau routier ne semble pas aussi sensible, ce qui donna un habitat plus désordonné le long des grandes places et boulevards. Les logements ont alors investi l'espace petit à petit sans planification. C'est le cas pour le quartier Saint-Pierre ou Saint-Michel.

La périphérie du début du XX^{ième} siècle est constituée par un mélange entre l'habitat, l'industrie et les équipements.

L'industrie dijonnaise, bien que faiblement représentée pour une ville de cette taille, s'est toutefois développée au cours du début du siècle. Dès la fin du XIX^{ième} siècle quelques établissements apparaissent avec l'arrivée de l'électricité en 1882 : Fournier en 1880 (produit pharmaceutique), Vernet en 1882 (fabrication de cisailles et de poinçonneuses), Pétolat en 1884 (métallurgie et wagons), Terrot en 1887 (bicyclette), une grande manufacture de tabac d'Etat, la biscuiterie Pernot qui s'industrialise (la création remonte toutefois à 1869), Gardot (fabrication chimique).

Au total, le secteur industriel occupe 42% des actifs en 1891 soit 9000 salariés. L'habillement avec 3460 employés est la première branche devant la métallurgie avec 1190 salariés. Spatialement les industries se concentrent au Nord, au Sud-Ouest, à l'Est et au Sud de la ville de Dijon. L'industrie dijonnaise est généralement mêlée à l'habitat. C'est particulièrement le cas de la zone industrielle nord qui se développe entre la rue de Jouvence et la rue du Général Fauconnet. On y trouve les grands établissements Fournier, Pernot et les bonneteries Grey. Plus au Nord s'installe l'usine Petolat à l'Est du Suzon. Le canal joue également un rôle localisateur de l'industrie mais principalement dans le secteur du stockage comme les Docks de Bourgogne à proximité du port du canal ou le magasin de céréales à côté de l'arsenal et des fours militaires. A l'Est de la ligne de Chemin de fer et du canal se trouve également une autre zone industrielle de plus petite taille comprenant des usines plus modestes : cartonnerie, fabrique de cibles, de bois tranché, une usine électrique et les manufactures Gardot. Plus au Sud se trouvent trois usines plus importantes : une verrerie et une fabrique de moutarde près du parc de la Colombière. Deux grandes industries se localisent entre le boulevard Voltaire et la voie de chemin de fer : la manufacture de Tabac et les Docks de Bourgogne. Enfin, on trouve également une usine à gaz au sud de la prison.

Les équipements dijonnais se sont aussi développés au cours de la période. Il s'agit tout d'abord d'écoles, de lycées : l'école de Montchapet, école privée Saint-Joseph, école pratique manuelle et de l'industrie (actuel lycée Hyppolite Fontaine) et les deux écoles normales (de filles dans le quartier Saint-Bernard et de garçons à côté du Castel). Près de ces établissements d'enseignement se sont également développées les casernes. La tradition militaire de Dijon n'est pas nouvelle puisque, dès la fin du XIX^{ième} siècle, avec le traité de Francfort (guerre de 1870) qui rapproche la frontière de Dijon, on compte déjà 6 casernes regroupant 4608 militaires soit 7% de la population totale. A cela s'ajoute bon nombre de bâtiments associés à la fonction défensive : arsenaux, poudrière...

4.4) L'extension surfacique de la ville de Dijon

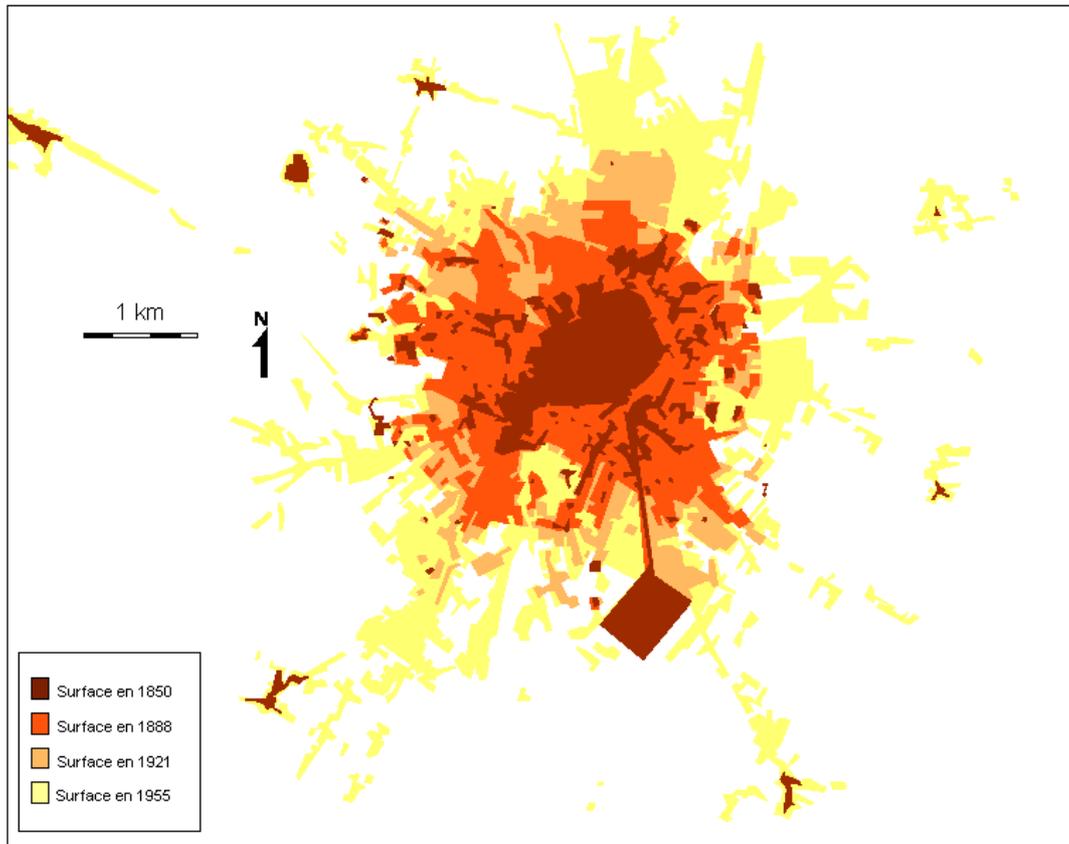
Entre 1850 et 1955, la surface urbaine de Dijon va pratiquement être multipliée par 6. Le taux annuel de croissance sur la période 1850-1955 a été relativement élevé, tournant autour de 0.13 km²par an.

Dans le temps, l'expansion ne fut pas aussi marquée selon les périodes. Si en 1850, la ville se résume à un espace ceinturé par ses remparts, 1888 marque le début de l'explosion du noyau urbain qui prend alors une toute autre dimension en s'accroissant de 238.

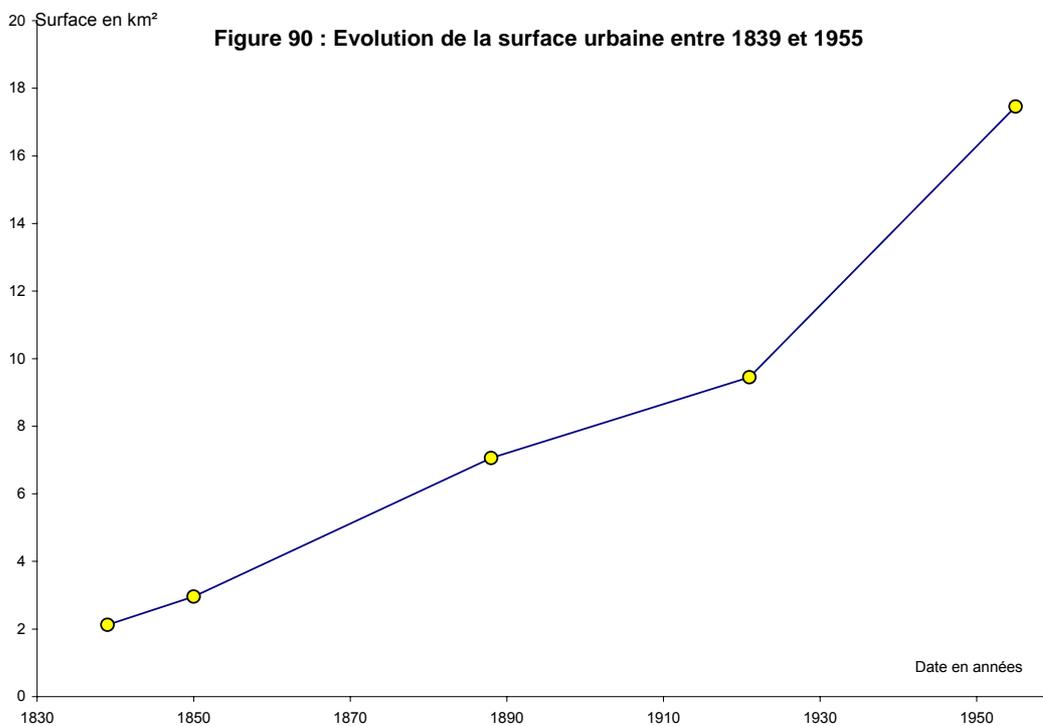
L'explication de cette formidable expansion est, durant la fin du XIX^{ième} siècle, la destruction des derniers bastions sud et est permettant ainsi la construction de nombreuses routes et de voies donnant un accès plus direct au centre ville. Le résultat est la constitution d'un ensemble globalement concentrique où l'effet « radiale » perd son sens.

Figure 89 :

Croissance surfacique de 1850 à 1955



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

Durant les 30 années, les surfaces ne croissent que très peu avec un taux moyen de croissance de l'ordre de 0.07km²/an. L'extension n'a été que de 133% de la surface initiale de 1888. Cette phase de stagnation trouve son origine dans la guerre de 14-18 qui a pu quelque temps limiter la croissance. Il faut attendre 1955 pour observer, à nouveau, une certaine expansion des surfaces urbaines qui vont alors croître de 184%, soit une multiplication par 2. La grande particularité de cette période est sans doute l'extension en forme de doigts de gant le long des grandes radiales, contrairement à ce qui avait pu être mis en évidence précédemment. La mise en place de transports urbains plus rapides et compétitifs est en partie à l'origine de cette transformation de la dynamique de croissance ; celles de Chenôve et de Langres.

Graphiquement, la croissance peut être identifiée entre 1850 et 1955 comme exponentielle, exactement comme ce que nous avons pu observer pour les périodes précédentes.

Les facteurs de la croissance urbaine et suburbaine des villes européennes entre la fin du XIX^{ième} siècle et la première moitié du XX^{ième} siècle sont bien identifiés : débastonnement de la ville médiévale et de la Renaissance, saturation de l'ancien noyau, nouvel essor économique des périphéries lié à l'industrialisation et hausse du coût du foncier dans le centre des villes. Parallèlement, les transports ont pu être un formidable catalyseur : transport intra-urbain (bien que ce rôle soit plus modéré pour Dijon) mais aussi et surtout transport interurbain avec l'arrivée du chemin de fer, induisant de profondes modifications dans les faubourgs de la cité. Indirectement, la construction et l'amélioration de la desserte des périphéries par les routes sont certainement en partie responsables de la croissance d'espaces urbains plus lointains.

L'addition de ces facteurs, auquel il convient d'ajouter l'augmentation de la population, est à l'origine d'une formidable extension du périmètre urbain : surface multipliée par près de 4 pour l'agglomération dijonnaise entre 1850 et 1955.

Plus qu'une croissance uniforme des populations, il se produit une véritable refonte de la structure de l'urbain où le centre a tendance à perdre des effectifs au profit de la périphérie, conformément à ce qui avait été mis en évidence dans la première partie, à propos des densités. Ce mouvement de déconcentration des populations s'accompagne également d'une mutation de la nature même de l'urbain : la croissance n'est alors plus seulement continue, elle tend à déborder sur des espaces ruraux. L'expansion affecte désormais un espace mixte : la ville ainsi qu'une couronne rurale de marge appelée couronne périurbaine.

Chapitre 4 : la croissance de l'urbain au temps de la ville éclatée

Les nouvelles tendances de la croissance urbaine tournent ainsi autour de trois concepts : urbanisation, suburbanisation et périurbanisation. P.AYDALOT et A.GARNIER⁸⁵ définissent ainsi l'urbanisation comme le phénomène qui implique toujours une concentration, qui peut être ponctuelle ou au contraire diffusée. En dépit de cela, l'urbanisation est toujours commandée par la ville et se traduit par une modernisation des campagnes lointaines et des transformations économiques, sociales, culturelles et paysagères pour les campagnes les plus proches.

AYDALOT distingue également la notion de suburbanisation comme un phénomène d'étalement bien connu dès la fin du XIX^{ième} siècle dont les origines diffèrent selon les pays. En France, c'est assurément un mouvement de déconcentration des populations les plus pauvres qui quittent le centre du fait de l'augmentation des coûts du foncier alors qu'en Angleterre le mouvement est initié par la bourgeoisie qui désire s'installer en périphérie, lieu moins pollué et moins congestionné.

Ce terme vient de l'anglais « suburb » qui signifie banlieue. Les ressorts bien connus de cette expansion sont les transports et la nouvelle organisation du travail et de l'emploi. L'Etat, quant à lui, a certainement contribué par des lois comme les prêts à taux bas (loi Loucheur 1928) au desserrement des populations dans les anciens villages et bourgs ruraux de la périphérie. Après la guerre, les villes ont connu une nouvelle forme d'extension des banlieues par grands ensembles, lotissements pavillonnaires et zones industrielles. Parallèlement, sont venus s'adjoindre des hypermarchés avec leurs zones d'activités. Tous ces espaces ont alors contribué à une extension urbaine en tache d'huile où les trous laissés par la « banlieurisation » de la phase précédente ont été progressivement comblés. L'ensemble forme une zone urbaine parfaitement continue où parfois la croissance peut déborder des limites traditionnelles de la ville comme aux Etats-Unis et en Grande-Bretagne. En France, existe une véritable rupture entre les banlieues et l'espace rural environnant.

⁸⁵ « Périurbanisation et Suburbanisation : des concepts à définir », *DISP*, n°80-81, p. 53-55

1) L'urbanisation dans les pays occidentaux de 1950 à nos jours : une croissance inégale dans le temps et dans l'espace

L'urbanisation, comme concentration des populations, est un phénomène relativement récent et ce n'est qu'à partir du milieu du XIX^{ième} siècle que les citadins en Angleterre deviennent plus nombreux que les ruraux. Pour que ce phénomène soit observé en France, il faudra attendre le milieu du XX^{ième} siècle.

Plus tardif qu'en Angleterre mais bien plus rapide, l'urbanisation gagne rapidement les Etats-Unis où, dès 1915, la population urbaine fait jeu égal avec la population rurale. En 1930, le pays compte 57% de population urbaine contre 60% en 1950.

Après cette période la croissance des zones non-urbaines progresse de 0.7% par an alors que celle des SMSA se situe bien au-delà, aux alentours de 2.6%. Avec 70% de population urbaine en 1960, on peut estimer que le pays commence à atteindre le maximum de la croissance urbaine. Pourtant, l'âge d'or de la ville centre est bien fini car on peut observer un ralentissement très net de la progression de ces espaces au profit de leurs périphéries suburbaines recouvrant en partie dans la définition américaine des espaces ruraux que l'on peut qualifier de périurbain.

En Europe occidentale, le phénomène mis en évidence pour les Etats-Unis semble plus récent puisque ce n'est qu'à partir des années 1970 que l'on commence à s'apercevoir de la stagnation ou, tout du moins, du ralentissement des communes urbaines. La croissance semble alors se reporter sur les communes rurales les plus proches de l'agglomération

KAYSER (1990) est un des observateurs de ce renversement démographique des années 1970. Dès la fin des années 1950, les Etats-Unis avaient connu une évolution semblable qui s'est intensifiée au cours des années 70 comme en Europe occidentale. Nombreux sont les auteurs qui font écho de cette mutation des espaces ruraux aux USA (BERRY en 1976, BEALE en 1977) et en Europe occidentale, en particulier dans les pays anglo-saxons (VINING et STRAUSS, 1977 ; CHAMPION, 1989 ; FIELDING, 1982) et scandinaves comme en Suède et au Danemark (FIELDING 1986). Amorcé dès les années 60 en Angleterre, le processus s'est étendu aux autres pays seulement dix ans plus tard en Belgique ; Italie, Allemagne de l'ouest et France.

La question posée par M.C.CORNIER⁸⁶ (1999) est alors de savoir si cette nouvelle croissance des espaces ruraux se présente plutôt comme *une rupture dans l'urbanisation*, ce qui implique de chercher son origine dans les espaces ruraux eux-mêmes ou, s'il s'agit « d'une nouvelle forme d'urbanisation, pilotée par la ville », où une origine proprement urbaine.

Dans la première hypothèse, on pose alors cette croissance comme une Renaissance rurale (KAYSER 1990) ou encore une contre urbanisation (BERRY 1976).

La seconde hypothèse définit cette croissance comme une périurbanisation, c'est-à-dire une urbanisation périphérique.

L'évolution contemporaine des espaces urbains montre un certain tassement de cette croissance rurale et un retour dans les villes. Ce phénomène a pu être identifié aux Etats-Unis et au Danemark dès la fin

⁸⁶ *L'espace périurbain, une nouvelle forme de l'expansion urbain*, thèse de doctorat sous la direction de R.CHAPUIS

des années 80 par FIELDING (1986) et semble se confirmer pour les périodes les plus récentes, comme l'a montré le recensement de 1999 en France.

Au niveau mondial, les phases de la croissance urbaine n'ont donc pas été identiques et M.C.CORNIER (1999) observe les décalages spatiaux et temporels de la périurbanisation dans les différents pays occidentaux.

Ainsi, remarque-t-elle la précocité du phénomène aux Etats-Unis. Si la croissance des villes centres s'essouffle dès l'immédiate après guerre, les banlieues au contraire voient leur population croître assez fortement. Durant les années 1960-1970, les taux de croissance suburbain diminuent mais restent encore assez forts. Parallèlement l'espace non métropolitain maintient ses taux qui atteignent alors ceux de la ville centre. La proximité au centre devient pour ces espaces un facteur de dynamisme.

A partir des années 1980, les rythmes de croissance de l'ensemble des espaces métropolitains s'essoufflent pour les parties centrales (dont le taux est alors pratiquement nul) et pour les banlieues. Finalement, les grands gagnants de cette croissance sont les espaces non-métropolitains qui doublent leur rythme de croissance par rapport aux recensements précédents.

La Grande Bretagne a également subi un renversement démographique précoce mais assez inégal. Entre 1961 et 1971, en dehors de l'agglomération londonienne, qui perd des habitants depuis le début des années 1950, les autres grandes villes du pays connaissent encore un certain dynamisme. Ce sont les espaces périurbains qui gagnent le plus avec un rythme avoisinant les 2.2%. Le rural et le rural profond gagnent aussi des habitants. Localement peuvent apparaître des poches de décroissance des populations lorsque les espaces se retrouvent isolés comme le Pays de Galles ou l'Ecosse. A partir de 1971 et ce jusqu'à 1981, les districts urbains stagnent : les populations des villes décroissent assez fortement pour les plus grandes agglomérations et la stabilité n'existe que grâce au périurbain qui tout de même a divisé par trois sa croissance. A l'inverse, ce sont les espaces ruraux non-métropolitains qui voient leur population progresser.

Plus récent est le cas de la France où l'urbanisation a été semble-t-il plus tardive mais également plus rapide. Il faut en effet attendre le recensement de 1968 pour que l'on puisse observer un certain renversement démographique en faveur des communes rurales.

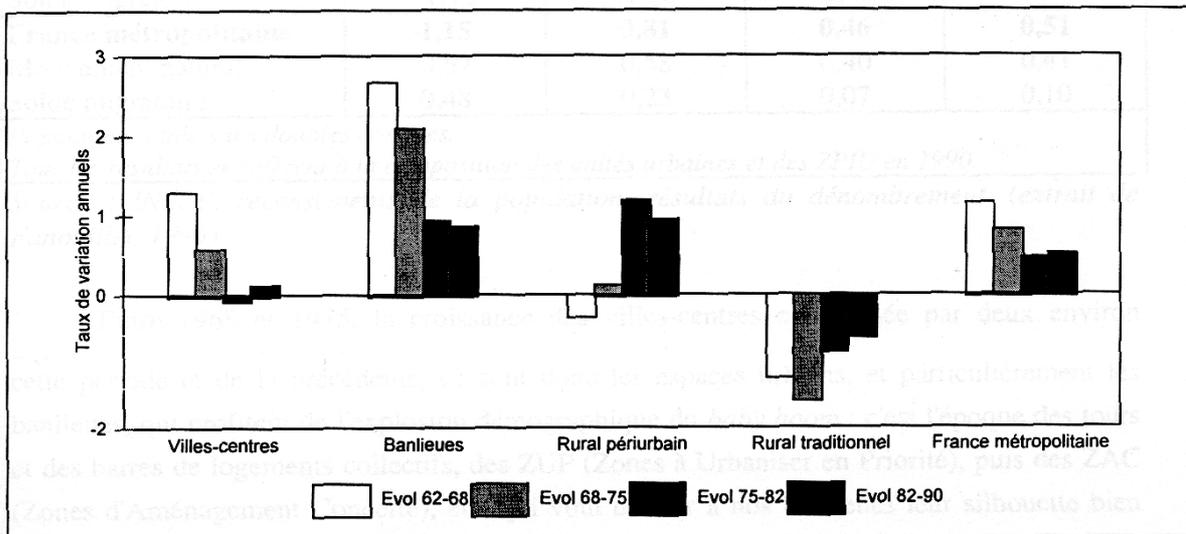
Entre 1962 et 1968, les villes centres continuent à gagner des populations, même si ce sont les banlieues qui progressent le plus avec des taux de l'ordre de 2.8% par an. A l'inverse, les communes rurales telles que le périurbain ou le rural profond sont en décroissance, faible pour le périurbain mais relativement forte pour le reste de l'espace rural. Le recensement de 1968 marque le début d'une nouvelle phase dans la dynamique démographique française puisque l'on assiste à un certain renversement des espaces urbains : les taux de croissance des villes centres diminuent de 50% pour atteindre 0.5%/an. La banlieue poursuit son expansion avec un taux qui ne croît que très peu, atteignant un rythme de 2%/an. La nouveauté de la période est un taux positif du rural périurbain bien que ce chiffre soit encore faible. On observe également une intensification de la perte de population avec un taux qui passe à -1.5%/an.

Le recensement de 1975 amorce une nouvelle phase avec un début de perte dans les centres villes et une stagnation de la croissance des banlieues où les taux représentent la moitié de la valeur du recensement précédent, soit moins de 1%/an. A la même période, les taux de l'espace périurbain font alors jeu égal et même dépassent ceux de la banlieue avec près de 1.2%/an. Dans le rural profond, la décroissance devient moins sensible : la perte s'approche de -1%/an.

Entre 1982 et 1990, la perte amorcée dans les villes centres tend à s'estomper puisque les taux de croissance recommencent à croître mais très faiblement. La banlieue conserve approximativement le rythme qu'elle avait connu durant la période précédente, soit un taux de l'ordre de 1%. Le périurbain, quant à lui, se caractérise par un certain essoufflement avec des taux, qui certes, restent positifs mais commencent à décroître par rapport à la période antérieure.

Figure 91 :

Evolution de la population selon le type de commune entre 1962 et 1990



Source : INSEE, Recensements de la population.

Ainsi de 1950 à nos jours, les différents pays occidentaux ont connu une urbanisation inégale ; si les Etats-Unis avec la Grande-Bretagne amorcent le processus, il se propage aux autres Etats de l'Europe continentale. Suite à ce mouvement de croissance des villes se caractérisant par une évolution très positive des banlieues, s'observe une tendance à une déconcentration plus lointaine des populations dans les espaces que l'on ne peut plus qualifier d'urbain. Les campagnes les plus proches des villes connaissent un regain de vitalité. Amorcé plus tôt aux Etats-Unis, le phénomène se généralise à l'Angleterre approximativement à la même période puis, plus tard, pour les autres Etats d'Europe continentale : cette nouvelle phase de la dynamique démographique est clairement mise en évidence en France dès le recensement de 1982.

2) Caractérisation de la périurbanisation

Les années 1960-1970 voient l'explosion des banlieues doublée d'un renversement démographique des communes rurales les plus proches (recensement de 1968). A l'inverse les villes centres perdent des habitants. Face à cette mutation du paysage urbain, les géographes identifient un nouvel espace. Les formes urbaines apparaissent alors plus floues, plus incertaines et présentant de fortes discontinuités. Ce phénomène s'accroît à mesure que les villes centres se dépeuplent et surtout que la croissance

suburbaine se stabilise. Pour S.LAINE⁸⁷ (1979), trois éléments permettent de cerner les marges de ces espaces :

- un bâti sous forme pavillonnaire avec toutefois quelques zones en collectif (au niveau national, la répartition est de l'ordre de 2/3 pour l'individuel contre 1/3 pour le collectif au recensement de 1975).
- la zone rurale est alors caractérisée par la subsistance d'espaces non-urbanisés dominants, à la différence des banlieues totalement contiguës à la ville mère.
- un éclatement en une multitude de petits îlots bâtis disposés en agrégats

Comment définir ces nouveaux espaces ? Cette nouvelle forme de croissance est-elle encore urbaine ?

2.1) Une définition plurielle de la périurbanisation

M.C.CORNIER (1999) distingue quatre types de définitions pour le terme périurbanisation .

Selon le sociologue RAMBAUD (1969), l'urbanisation recouvre « l'ensemble des processus par lesquels un milieu rural se rapproche de la parité sociale et économique avec les villes voisines, tant dans le revenu par travailleur que dans la mobilité professionnelle terme repris dans ce sens par JULLIARD (1972) ».

En somme, la campagne est commandée par la ville avec un effet non négligeable de distance à la ville centre. Dans les espaces les plus proches de la ville, les transformations sociales, culturelles et paysagères sont importantes alors que les espaces les plus lointains doivent se contenter d'une simple modernisation du bâti. M.C.CORNIER fait toutefois remarquer que cette définition s'applique à l'ensemble de l'espace urbain, ce qui implique que la périurbanisation ne corresponde pas exactement à ce type de signification d'où une autre approche davantage orientée vers l'urbain

Est il possible de définir la périurbanisation en fonction de la notion de suburbanisation ? Le terme vient de l'anglais suburb qui signifie banlieue. Comme nous l'avons fait remarquer, le processus de croissance des banlieues s'amorce au milieu du XIX^{ième} siècle dans la plupart des pays d'Europe et au milieu du XVIII^{ième} siècle en Angleterre, en avance dans les processus d'industrialisation. Les campagnes les plus proches des villes se couvrent rapidement de collectifs et, plus généralement, d'un habitat individuel dense. Les anciens villages sont alors intégrés dans le nouveau corps urbain tout en subsistant en tant que bourgs.

A une croissance en doigts de gants se substitue une expansion plus contrôlée en « grands ensembles » dans l'immédiate après guerre et sous la forme de lotissements, zones industrielles et parfois de nouveaux centres d'affaires hors du cœur historique. L'explosion en tache d'huile comble progressivement les trous de la précédente croissance.

La continuité est encore de mise même si se met en place une nouvelle forme d'urbanisation hors des limites de la cité, sous la forme d'une expansion dite exurbanisation ou déversement de la ville sur la campagne. Ce processus de croissance pourrait être envisagé comme une sorte de périurbanisation. S'appliquant bien aux Etats-Unis et en Grande-Bretagne, le processus à l'origine de la suburbia n'est que très peu décelable en Europe continentale où il existe, la plupart du temps, une rupture assez nette entre

⁸⁷ « A la découverte du phénomène péri-urbain », *Métropolis*, Vol. 5, n°41-42, p. 6-8

urbain et rural, souvent marquée au sol par une ceinture verte, Or M.BERGER⁸⁸ (1989) fait justement remarquer que le processus de périurbanisation est inexistant dans les pays développant les suburbies ou, tout du moins présent sous une autre forme : en conséquence, la périurbanisation ne peut être considérée, tout du moins en France comme une nouvelle forme de la suburbanisation.

D'où une troisième possibilité : définir la périurbanisation comme une Renaissance rurale. Ainsi BERRY (1976) fait remarquer le renversement démographique des campagnes lié probablement à un processus de contre urbanisation. BEALE (1977) parle même d'une rupture complète avec l'urbanisation. FIELDING et STRAUS (1982) notent également que la contre urbanisation a remplacé l'urbanisation comme morphologie dominante modelant les formes de peuplements nationaux.

Il s'agit clairement, dès la fin des années 1960, d'un renversement démographique qui pour KAYSER (1990) ne tient pas seulement au boom des espaces périurbains.

ROBERT et RANDOLPH (1983) envisagent cette transformation avant tout comme une déconcentration et une décentralisation de la population hors du périmètre urbain et en direction des campagnes les plus profondes.

Si l'on envisage ce type de définition, il convient alors de rapprocher périurbanisation et rurbanisation. L'espace rurban est alors une zone « proche des centres urbains et subissant l'apport résidentiel d'une population nouvelle d'origine principalement citadine caractérisée par la subsistance d'un espace non urbain dominant ».

Ce terme est progressivement remplacé par périurbanisation (terme employé par RACINE en 1967).

En 1980, BERGER précise le terme en proposant la définition suivante : *processus de croissance urbaine autour d'un pôle*. L'espace périurbain dépend de ce fait étroitement de son centre.

Les auteurs des *Mots de Géographie* (R.BRUNET 1992) envisagent plus récemment le périurbain « comme tout ce qui est autour de la ville et en réalité en fait partie par les activités et les modes de vie de ces habitants ».

M.C.CORNIER, à la suite de l'ensemble de ces définitions propose un compromis entre qualitatif et quantitatif. L'espace est de fait à la fois urbain et rural, rural par ses caractéristiques physiques impliquant « une discontinuité du bâti et une prédominance des espaces verts ». La discontinuité entre le pôle et son espace périurbain est patente. Parallèlement, le fonctionnement des espaces est très nettement de type urbain. L'auteur note alors que « la périurbanisation peut donc être considérée comme une nouvelle phase d'expansion urbaine mais qui ne devrait pas aboutir à court et moyen terme, à la constitution d'une nouvelle couronne de banlieue ».

Quantitativement, tout comme l'INSEE, R.CHAPUIS propose de délimiter l'espace périurbain par rapport à la proportion d'actifs d'une commune travaillant dans l'unité urbaine voisine avec une limite voisine de 40%.

⁸⁸ « Vers de nouveaux rapport villes-campagnes : la production des espaces périurbains en France et dans les pays d'économie développée », STRATES, n°4, p. 89-106

2.2) L'évolution démographique des aires urbaines

Durant les années 1930, dans les plus grandes villes, existaient déjà des banlieues, même si le noyau historique représentait encore la surface la plus importante au sein de l'espace bâti.

Il faut attendre la fin de la seconde guerre mondiale pour qu'explode le phénomène suburbain (baby boom). Une forte fécondité française (de l'ordre de 3 enfants par femmes) permet d'atteindre des taux de 2% entre 1962 et 1968. A cela s'ajoute un phénomène d'exode rural.

Les années 1970, quant à elles, sont marquées par le phénomène urbain de BAUER⁸⁹ (1976), en même temps, les centres urbains perdent des habitants alors que les communes rurales les plus proches en gagnent. La périurbanisation est d'autant plus importante que la ville est massive. Ainsi le maximum de croissance se situe entre les recensements de 1968 et 1975 pour la capitale française et entre 1975 et 1982 pour les autres agglomérations.

Enfin, les années 1980 marquent elles aussi un tournant dans l'évolution des espaces périphériques : certes la croissance existe mais elle n'est plus aussi soutenue qu'auparavant, ceci s'expliquant aussi bien par la crise, la congestion centrale des agglomérations limitant de fait l'accès au centre et enfin la relative stagnation démographique.

D'un point de vue plus statistique, les travaux de T.LE JEANNIC⁹⁰ (1997) permettent de dégager les grandes tendances des espaces à dominante urbaine :

L'auteur montre ainsi qu'il n'existe manifestement pas de relation entre décroissance des populations au centre et augmentation des communes périurbaines.

On note également que l'ensemble des communes des zones à dominante urbaine françaises profite de cette croissance. Le recensement de 1982 montre que 2/3 des communes périurbaines en ont profité, chiffre qui aurait diminué sensiblement en 1990 avec 50% de communes concernées. T.LE JEANNIC observe qu'il semble exister une triple logique :

- les populations semblent toujours se concentrer mais à une plus vaste échelle (celle de l'aire urbaine)
- plus localement la dynamique urbaine vise à redistribuer les populations par « débordement du centre sur la périphérie ».
- l'emploi continue à se concentrer au centre de l'aire urbaine et progresse de 17% contre une croissance de la population de 31%, d'où une augmentation du chômage. Cette observation semble se confirmer au niveau national où l'on observe que près de 56% des emplois des aires urbaines se concentrent dans les villes centres auquel il convient d'ajouter les 36% des communes suburbaines, ne laissant que 9% pour le périurbain. Dans le pôle urbain, le rapport entre population et emplois est respecté puisque en 1990 il existe 15.8 millions pour 15.6 millions d'actifs. Néanmoins, cette comparaison est assez peu représentative dans la mesure où il faut intégrer l'ensemble des populations périurbaines qui va en majorité travailler dans le pôle urbain, ce qui ne manque pas de poser des problèmes de circulation au centre des agglomérations.

Pour les recensements les plus récents, les formes de la croissance urbaine et périurbaine sont assez spécifiques comme le montre P.BESSY PIETRI⁹¹ (2000). L'espace qui a le plus gagné entre les recensements de 1990 et 1999 est toujours le périurbain avec un taux moyen de 1.03%/an pour

⁸⁹ *La rurbanisation ou la ville éparpillée*

⁹⁰ « 30 ans de périurbanisation : extension et dilution des villes », *Economie et Statistique*, n°307, p. 24-25

l'ensemble des aires urbaines françaises contre 0.42% pour les banlieues et 0.12% pour les villes centres. Le taux de croissance est de plus en plus élevé à mesure que l'on s'éloigne du centre. L'auteur remarque que ce schéma est valide pour 199 aires urbaines en 1999 contre 231 en 1990 sur un total de 361 aires urbaines.

Sur les 73 aires urbaines de plus de 100 000 habitants, 42 vérifient le modèle de l'étalement avec un taux d'évolution de la population croissant du centre vers la périphérie. Ce phénomène apparaît plus important dans les grandes agglomérations que pour les plus modestes. On distingue alors trois groupes qui représentent en tout 73 aires urbaines. L'étalement a été le plus marqué pour les agglomérations de Paris, Marseille Aix, Saint Etienne, Le Havre et Forbach, Toulon, Cannes-Grasse-Antibes plus d'autres agglomérations, l'ensemble représentant 19 aires urbaines de tailles et de régions variées. D'autres villes ont un étalement plus réduit parmi lesquelles Strasbourg, Tours, Caen, Dijon, Bordeaux, Besançon et Clermont Ferrand. L'étalement faible est observé pour les villes de Mulhouse, Brest ou Metz. Enfin, certaines agglomérations vont à l'inverse de la logique globale, c'est-à-dire ne suivent pas un mouvement de croissance des taux croissant en fonction de la distance au centre. Cela peut s'expliquer par des possibilités de croissance encore importantes dans les banlieues du fait de la faible densité ou encore des taux de croissance de la population de la ville centre qui restent important, contrairement à ceux de la banlieue.

2.3) Les différentes formes de la périurbanisation

Bien que quelques études ait été menées dans les sixties et les seventies, l'âge d'or des études spécifiquement périurbaines débute autour des années 1980. Entre 1968 et 1980, le phénomène a gagné en surface et en poids démographique, construisant 3 couronnes concentriques comme le montrent les études de B.KAYSER et G.SCHEKTMAN LABRY⁹² (1982) [études portant toutefois d'avantage sur la troisième couronne périurbaine : celle où le monde rural entre en conflit avec le monde urbain]. On prend alors conscience que la ville ne s'oppose plus au rural mais, qu'au contraire, il existe une zone de transition périurbaine plus ou moins bâtie. J.ORHON⁹³ (1982) fait ainsi remarquer que la périurbanisation est « un nouveau mode de diffusion urbaine, qu'il s'agit d'une forme dérivée de la ville d'origine [...] un espace de transition entre l'urbain et le rural considéré comme des formes pures ». Le modèle radio-concentrique est pour l'auteur une bonne image de la ville et de ses couronnes périphériques déformées par les axes revenant ainsi à une logique plus géométrique (de type chronocité). Deux ans plus tard, le colloque d'Angers de décembre 1984 confirme les précédents travaux et apporte de nombreux éclairages sur les périphéries urbaines ; on connaît alors mieux les formes, les facteurs et les conséquences de cette nouvelle structuration de l'espace sur les déplacements et la localisation des activités. G.JALABERT⁹⁴(1984) note que la périurbanisation est « la forme la plus adéquate à notre société, la meilleure valorisation possible du territoire par le capital ». D'autres articles plus généraux permettent

⁹¹ « Recensement de la population 1999, les formes de la croissance urbaine », *INSEE Première*, n°701

⁹² « La troisième couronne péri-urbaine : une tentative d'identification », *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-ouest*, Tome 53, fasc. 1, p. 27-34

⁹³ *L'espace péri-urbain : un nouvel espace ?*, Etudes foncière N°14 pp 41-44

⁹⁴ « Espace et populations dans les périphéries urbaines », géographie sociale, acte de colloque *d'Angers les périphéries urbaines* 6, 7 décembre 1984

d'avoir une vue d'ensemble du phénomène comme ceux de J.CHEVALIER⁹⁵ (1984). En confirmant la nature concentrique des franges périurbaines, l'auteur note la liaison couronne et histoire, la plus ancienne étant aussi la plus proche du centre. Parallèlement J.DAVID⁹⁶(1984) souligne l'importance et la nécessité de nouveaux mots, « d'un nouveau vocabulaire » pour définir l'espace périurbain, pour désigner ce qu'il conçoit comme étant un continuum urbain/périurbain.

B.DEZERT, A.METTON et J.STEINBERG⁹⁷ (1991) divisent la croissance des villes en trois étapes distinctes :

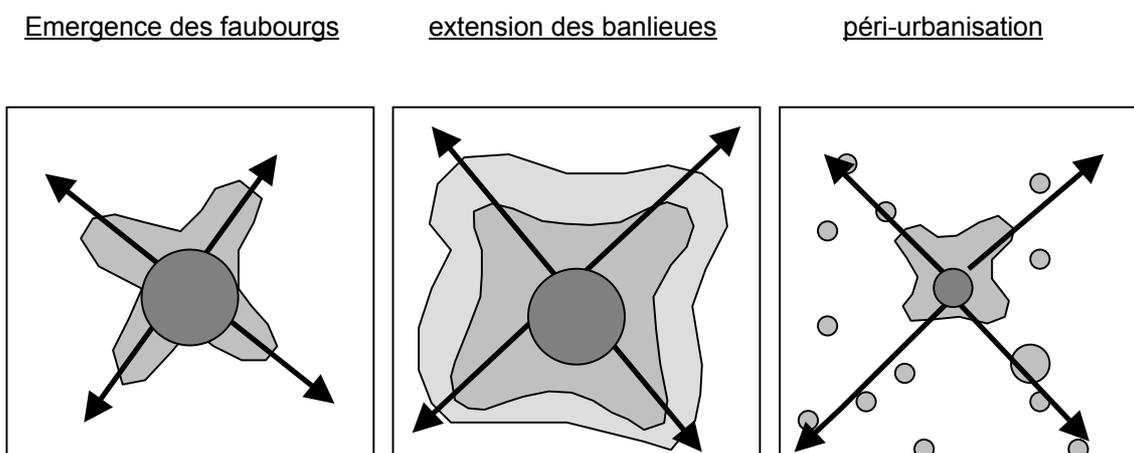


Figure 92 : les trois étapes de la croissance urbaine

1. la première forme (faubourgs) se caractérise par la présence de remparts qui limitent la croissance de la surface urbaine. Les trafics sur les principales radiales sont généralement très importants. L'urbanisation se développe le long des voies d'accès routières au centre ville. Progressivement les faubourgs se rejoignent pour finalement ne former qu'un continuum. C'est autour des gares de banlieue que se développent de nouveaux faubourgs qui, à leur tour, sont absorbés par la ville centre. Cette forme urbaine peut être qualifiée de radio-concentrique.

2. la seconde forme s'oppose à la première par son ampleur accélérant un peu plus la dynamique de croissance des agglomérations.

Les voies de communications restent capitales pour le développement urbain, créant de véritables axes de suburbanisation même si la ville tend en général à perdre son profil étoilé. De nouvelles couronnes rurales s'intègrent dans le tissu urbain. La ville croît en empiétant sur l'espace rural où se développent ici et là de nouvelles constructions sans une véritable planification jusqu'aux années 1920. C'est à partir de cette date que se montent les premiers lotissements dans les périphéries urbaines sans que toutefois ne disparaissent complètement les traces de ce qui était autrefois la campagne. Ce processus de « grignotage » se poursuit avec puissance jusque dans les années 1960 formant ainsi une succession de couronnes de banlieues.

3. enfin, l'ultime étape du développement urbain fait apparaître de nouvelles formes en suscitant une croissance dispersée. Villes et campagnes ne font plus qu'un. Alors que l'agglomération tend à stagner ou à croître faiblement, les campagnes les plus proches voient s'étendre leur surface bâtie. Trois

⁹⁵ « Franges internes et banlieues urbaines dans la dynamique socio-spatiale des agglomérations », géographie sociale, acte de colloque d'Angers *les périphéries urbaines* 6, 7 décembre 1984

⁹⁶ cf note 63

⁹⁷ *La périurbanisation en France*, SEDES

couronnes peuvent alors être individualisées mettant en évidence un gradient périurbain centre-périphérie. Cette logique est ensuite déformée par les axes qui tendent à faire progresser plus rapidement les communes situées au bord des grandes radiales.

En cherchant à définir la morphologie périurbaine, il apparaît nécessaire de raisonner dans le temps:

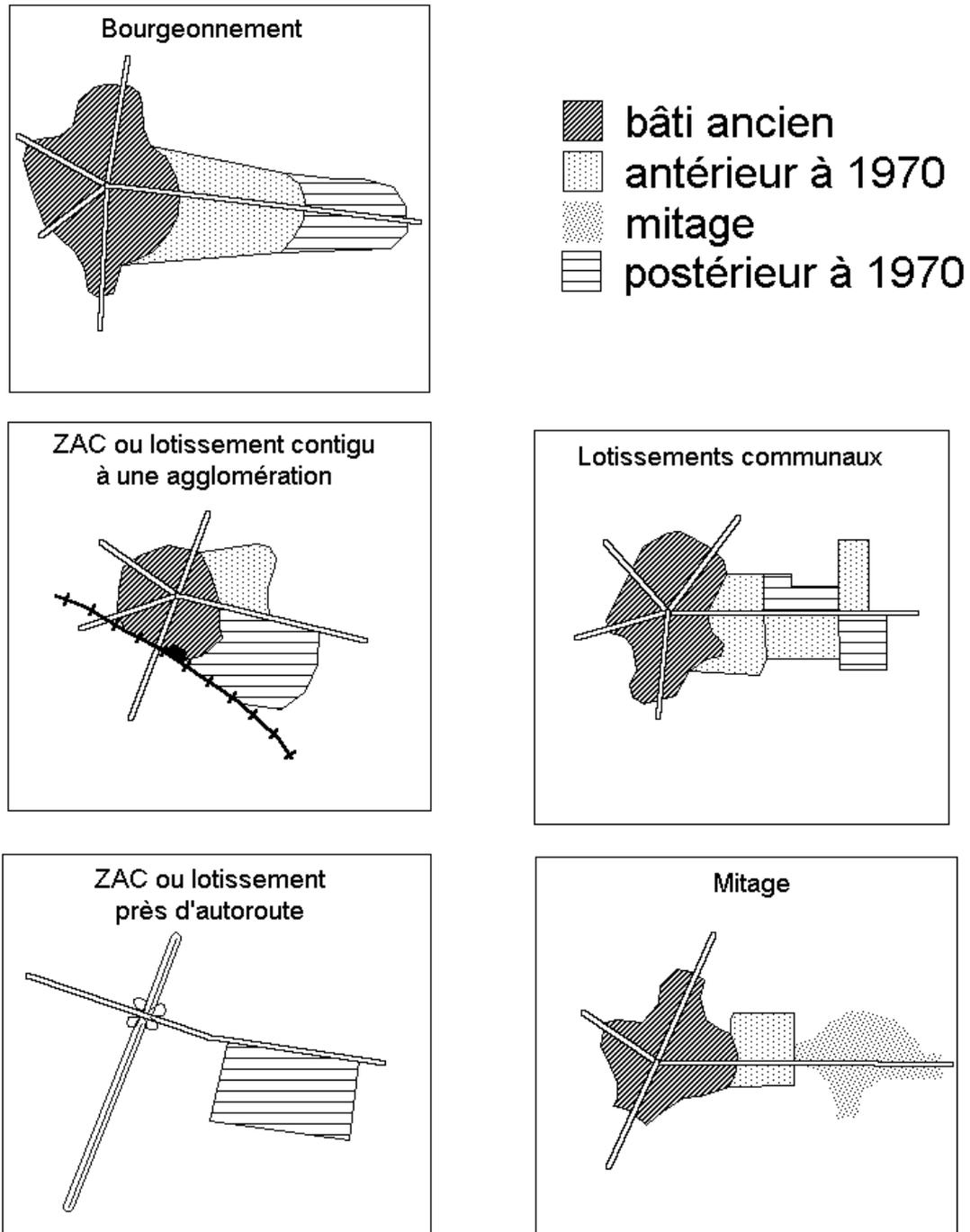
- une première forme, s'appliquant aux espaces périurbain des années 1970 met en avant l'aspect éclaté de la ville, la formation d'une aire urbaine désagrégée, où de nombreux îlots bâtis en milieu rural se détachent très nettement de l'agglomération mère. Ces communes encore isolées dans les années 1970 s'étirent le long des voies de communications donnant une morphologie et des densités décroissantes à mesure que l'on s'éloigne du centre. Les anciens villages sont complétés progressivement par de grands ensembles. Cette couronne, appelée semi-banlieue ou frange périurbaine pour DEZERT, évolue rapidement en tissu urbain continu et cela en comblant les espaces vides.
- La seconde est empruntée à BAUER (1982) qui identifie la troisième couronne de KAYSER, SCHEKTMAN et LABRY. Cette dernière est plus épaisse que la précédente et discontinue en raison de la fragmentation communale. De ce point de vue, les travaux menés sur la CUQ (communauté urbaine de Québec) et la CUM (communauté urbaine de Montréal) sont extrêmement révélateurs. La campagne domine très nettement ce territoire où le bâti s'organise en lotissements et en zones d'activités en périphérie des villages. Dans les anciens noyaux s'organise un nouveau mode de vie urbain (appelé « contamination »).

« Un contraste s'établit entre le paysage où les zones construites demeurent modestes et la place très minoritaire qu'occupent les agriculteurs dans une société qui ne se différencie de la société que par la jeunesse relative de ses adultes (P.BRUNET). KAYSER fait également remarquer que la périurbanisation ne constitue pas un phénomène aussi nouveau que l'on a pu le prétendre, tant au niveau de ses fondements que de sa morphologie : elle ressemble en effet à certaines phases de l'extension des agglomérations en particulier les lotissements de maisons individuelles du premier tiers du siècle ».

Cinq grands types de morphologie villageoise semblent apparaître :

Figure 93 :

Typologie des villages péri-urbains



Cartes reconstituées à partir de La périurbanisation en France
B.DEZERT, A.METTON et J.STEINBERG

Le premier type se caractérise par la présence d'un nouveau village sous la forme d'un habitat pavillonnaire ou du collectif. A cela s'ajoutent des équipements comme les écoles, commissariats. Les années 1970 marquent une étape importante pour ces villages avec la construction de ZAC (Zone d'aménagement concertée).

Le second type est également constitué de lotissements formant de véritables prolongements de la ville la plus proche ou un simple bourgeonnement d'un village existant (ils datent généralement des années 1980).

Un troisième modèle procède par densification des lotissements existants selon une logique de « bourrage interne ».

Un quatrième type fait apparaître une zone dite de mitage où la dispersion du bâti est maximale : des constructions individuelles isolées émergent en même temps que des hameaux de deux ou trois maisons.

Enfin, le dernier type est assez spécifique puisqu'il s'agit de villages ou de zones d'activités entièrement nouvelles créées à une certaine distance d'un échangeur autoroutier. Le cas le plus fréquent étant l'implantation de surfaces industrielles et commerciales. Le paroxysme de l'intégration des campagnes dans la mouvance urbaine peut s'observer à Marne-la-vallée.

C'est selon une logique auréolaire que s'est développé un processus de périurbanisation assez spécifique puisque s'ajoute à la dynamique résidentielle celle des activités, l'ensemble formant un espace intermédiaire très largement sous dominante urbaine.

L'exemple montre que s'organisent dans la périphérie des plus grandes agglomérations de nouvelles centralités produites bien souvent par des logiques d'acteurs. Les populations et les emplois se déconcentrent non plus au niveau de l'agglomération mais de la région urbaine. La périurbanisation n'est donc plus seulement un phénomène spécifiquement démographique. Bien que cette tendance de très forte intégration des marges périurbaines reste encore limitée aux plus grandes villes françaises, ne préfigure t-elle pas une nouvelle évolution des périphéries urbaines adoptant alors des formes de type suburbies. Sur ce point, l'analyse de G.BAUER⁹⁸(1993) est claire, les villes européennes, même de taille plus modestes commencent à adopter des formes similaires à celles du continent américain. Comparer la ville européenne et américaine a-t-il pourtant du sens lorsque l'on sait que la tradition est d'opposer la ville compacte, tassée, plus centralisée de l'Europe à la ville aérée, étendue, fortement décentralisée des Etats-Unis. Sur le continent américain, M.BERGER⁹⁹ (1989) fait remarquer qu'il existe rarement une rupture franche entre l'urbain et le périurbain mais plutôt un gradient centre périphérie, ce qui conduit les auteurs anglo-saxons à qualifier cette frange rurale de « rural-belt ». Comment expliquer cette particularité américaine si ce n'est par le cycle des familles de la middle class (qui représente alors l'essentiel du peuplement du périurbain). On aboutit parfois à des micro-ségrégations avec « des îlots riches ».

Le périurbain américain est constitué le plus souvent par de jeunes adultes ayant une grande mobilité résidentielle.

⁹⁸ « La « suburbia », sommes nous concernés ? », *urbanisme*, hors-série février 1993, n°67, p. 67-68

Le principal facteur de cette croissance des marges sous la forme d'un tissu relativement dense à gradient peut être les transports : l'automobile représente bien l'unique moyen de transport pour se rendre dans le centre à partir des périphéries. D.MOUAFOU¹⁰⁰ (1994) fait ainsi remarquer l'importance des transports dans le développement spatial des agglomérations nord américaines. C'est l'ancienneté des transports en commun qui explique pour l'auteur l'émergence plus historique du périurbain américain car, dès 1920, les tramways ou les trolleys bus vont jouer un rôle considérable dans la mutation des périphéries. La diffusion, là encore relativement ancienne de l'automobile a pu faire émerger plus rapidement les structures continues. C.GORRA GOBIN¹⁰¹ (1994) fait la même constatation en ajoutant que « la culture américaine a valorisé l'espace de la banlieue comme un compromis entre les valeurs rurales et l'impératif de l'émergence de la ville ». Il semble en effet que le développement des espaces périphériques soit ici bien antérieur à l'Europe. L'auteur note que dès le XIX^{ème} siècle, les populations s'installent dans les campagnes les plus proches pour la qualité de vie. Avec le chemin de fer, ce mouvement va s'accroître, renforcé par la politique du New Deal qui fixe des prêts à faible taux pour toute famille désirent obtenir une maison en banlieue. Enfin, 1956 marque, avec le vote de la construction des autoroutes interurbaines et intra-urbaines l'amorce d'un très fort mouvement de déconcentration. Les taux d'évolution des populations sont assez élocants depuis les années 1950 et montrent très nettement une explosion des installations rurales.

Croissance de population en pourcentage

Années	1950-1960	1960-1970	1970-1980	1980-1990
Ville	1.1	0.78	0.09	0.64
Périurbain	3.8	2.33	1.73	1.42

Source : C.GHORRA GOBIN Les mutations du périurbain aux Etats Unis 1994

Le développement du périurbain est donc de ce fait assez ancien puisque, dès les années 1950, on peut déjà observer une croissance trois fois plus importante de l'espace rural. Notons tout de même que ce phénomène, bien qu'il soit encore marqué pour la période la plus récente, tend à s'affaiblir puisque la croissance du périurbain n'était plus que de 1.42% entre 1980 et 1990 alors que parallèlement celle des villes augmentait. Plus fondamentalement, récemment, s'amorce une mutation des espaces périurbains américains ; le rural est soumis non plus à une simple périurbanisation mais à une troisième phase de suburbanisation avec une tertiarisation massive des populations, des industries et des commerces et enfin l'installation de bureaux dans les franges rurales avec la naissance des *Edges Cities*. En somme, cette tendance est, d'ores et déjà, observable pour les grandes agglomérations françaises comme nous l'avons noté pour Marnes-la Vallée. Mais est-ce représentatif de la situation européenne ?

En réalité, en Europe, ce continuum urbain rural semble moins marqué en dehors de la Grande Bretagne. Dans ce pays, on fait très rarement la distinction entre suburbain et périurbain et l'on préfère parler de rural belt comme aux Etats-Unis ou de « rural-urban continuum » ; Dans les faits, on a souvent coutume de définir une ceinture verte (green belt) avec le but affiché de conserver une rupture franche

⁹⁹ « Vers de nouveaux types de rapports villes-campagnes. La production des espaces périurbains en France et dans les pays d'économie développée », *STRATES*, n4, p. 89-106

¹⁰⁰ « La périurbanisation : étude comparative Amérique du nord Afrique du Nord », *Cahiers de géographie du Québec*, Vol. 38, n°105, p. 413-432

¹⁰¹ « Les mutations du périurbain aux Etats Unis », *Cahiers de Géographie du Québec*, Vol. 38, n°105, p. 433-441

entre ville et campagne. Cette vision est à l'heure actuelle remise en cause avec le grignotage progressif de ces espaces et ainsi le développement d'une structure périphérique de type américaine.

En poursuivant notre revue des différents pays européens, on peut également citer le cas de l'Allemagne où l'on ne parle plus de rural-urban continuum ou même de coupure mais plutôt d'urbanisation généralisée des campagnes. Ainsi, l'ensemble de l'espace allemand est sous la coupe de la ville et bien que l'on puisse encore observer un certain gradient centre périphérie, il est très souvent perturbé par un développement quasi généralisé de l'urbanisation dans les villages. Il se produit en quelque sorte un phénomène de métropolisation à grande échelle où la place de la ville centre est progressivement noyé dans un amas de ville secondaire. Prenons le cas de la Ruhr ou de la région urbaine Rhein-Main. L'ensemble est constitué d'une multitude de villes de grande taille par exemple Dortmund, Essen ou Dusseldorf pour la région urbaine de la Rhénanie Westphalie qui sont doublées par toute une série de villes secondaires elle-mêmes relayées par des villages ayant un caractère plus urbain que rural. Pour s'en convaincre, on peut observer le même phénomène pour la région de Rhein-Main. Quatre grandes villes forment l'armature urbaine (Francfort, Mayence, Wiesbaden et Darmstadt) support de l'urbanisation des espaces proprement urbains à la périphérie des grandes agglomérations comme autour de Francfort mais aussi entre les métropoles. Le rural existe dans les faits car on perd progressivement la continuité du bâti à mesure que l'on s'éloigne des centres mais on conserve dans les villages un caractère très fortement urbain. Les populations tout d'abord sont nettement plus importantes que dans un village classique, ce qui conduit, selon une définition française, à une disparition quasi totale de l'entité villageoise au profit de la ville. Chaque noyau de taille moyenne devient alors le point de départ d'une croissance périurbaine comme par exemple la ville de Russelheim. L'impression générale reste donc rurale, où il subsiste un vide entre chaque entité villageoise même si, individuellement, il s'agit de petite ville. En conséquence, il devient difficile de parler de gradient ou de continuum. Cette tendance est également celle des Pays Bas ou de la Belgique, fortement peuplés car là encore l'urbanisation massive a gagné l'ensemble de l'espace.

Finalement, le vrai périurbain, au sens où on l'entend en France, ne peut s'observer que dans notre pays : un espace certes intégré dans la mouvance de la ville mais où subsiste une rupture nette et franche entre l'urbain et le rural. Cette cassure remet en cause l'image du continuum proposé dans les années 1980 par le colloque des périphéries urbaines et par BERGER et ROUZIER (1977)¹⁰². Bien que l'identification d'une césure soit claire, elle ne remet pas en cause la totalité de ces études qui ont pu montrer la liaison de plus en plus forte entre les deux mondes urbains et ruraux.

¹⁰² *Ville et campagne : la fin d'un dualisme* ed Economica

3) Quelques facteurs de la déconcentration des populations : les moteurs des dynamiques périurbaines et suburbaines

3.1) La hausse des revenus

Le premier facteur de la déconcentration des populations est la hausse des revenus. Ce dernier a pu être individualisé par E.MILLS¹⁰³ (1992) comme un des déterminants de la suburbanisation tout comme a pu le faire R.A.MARGO¹⁰⁴ (1992).

Cette augmentation repose sur un budget contraint où l'on introduit une valeur pour le temps de travail, de voyage et de loisir. A partir d'une régression logistique, on est en mesure de confronter les revenus avec d'autres paramètres. Par une égalité entre un bouléen (1 pour des ménages vivant dans la couronne suburbaine et 0 s'ils sont dans la ville centre) et les facteurs de la suburbanisation, il est possible de quantifier la proportion de croissance suburbaine imputable aux revenus. L'auteur montre alors que 40% de l'accroissement des zones suburbaines aux Etats-Unis seraient dûs à la hausse des revenus.

En France, ce mouvement d'élévation du niveau de vie a été également observé sur la totalité du territoire durant les 30 glorieuses. En dépit de la crise des années 1970 et de l'amorce d'un cycle descendant de Kondratiev, les revenus ont eu tout de même tendance à s'accroître. L'inflation n'a certes pas été aussi importante que durant les périodes précédentes mais elle a tout de même contribué à faire s'accroître les revenus des ménages. Avec le retour de la croissance à la fin des années 1990, les revenus ont recommencé à progresser sensiblement.

Toute la question est de savoir si cette hausse des revenus est susceptible, indépendamment de la croissance de population, d'entraîner une déconcentration. Sur ce point, les études américaines sont formelles : à niveau de population constant, sans croissance, s'observe un mouvement de déconcentration dont l'origine est très certainement la hausse du revenu. Les ménages disposant de revenus moyens sont prêts à s'éloigner du centre pour acquérir une surface plus importante à un coût plus élevé que celui de l'ancienne résidence. Si durant les années 1970-1980 la déconcentration a plutôt été en faveur des espaces périurbains avec la croissance de villages relativement éloignés du centre ville, on observe aujourd'hui un mouvement inverse de retour dans les espaces suburbains bien plus proches du centre de l'agglomération. Ainsi les revenus ont eu un impact très fort sur la déconcentration des populations mais selon des modalités assez différentes en fonction des périodes.

3.2) La croissance de la population

Il est évident que l'augmentation de la population a certainement eu un impact sur la déconcentration des populations en direction des banlieues ou même des campagnes les plus proches. Si à l'échelle des pays s'est observée une concentration sur les principaux pôles urbains, au niveau des agglomérations, les mouvements ont été plutôt inverses. A l'évidence, la ville centre commence à se saturer et, avec

¹⁰³ « The measurement and determinants of suburbanization », *Journal of Urban Economics*, n°32, p. 377-387

¹⁰⁴ « Explaining the postwar suburbanization of Population in united Sates : the Role of Income », *Journal of Urban Economics*, n°31, p. 301-310

l'augmentation des populations et leur concentration en un lieu, il devient difficile pour les nouveaux riverains de s'installer dans des espaces qui sont déjà fortement occupés.

Entre 1950 et 1980, avec le baby boom, l'accroissement de la population a été sensible et, pour loger ces nouveaux habitants, il a fallu construire rapidement de très nombreux logements en périphérie des agglomérations. C'est l'âge d'or des grands ensembles. On entasse alors les populations dans de grands collectifs. La croissance de l'espace urbain se résume essentiellement à une explosion de la surface des banlieues proches. Parallèlement les populations les plus favorisées cherchent à quitter le centre pour s'installer dans des logements individuels en périphérie des agglomérations. Le choix entre un pavillon de banlieue ou une maison à la campagne se pose. Souvent les ménages les plus aisés recherchent la qualité de vie, ce qui les conduit à quitter définitivement les limites de l'agglomération.

Au début des années 1970 et ce jusqu'au milieu des années 1990, la natalité poursuit sa décroissance et les taux de croissance de la population ne sont alimentés que par le solde migratoire. La population progresse faiblement à l'intérieur des aires urbaines. En dépit de cela, on continue à observer des mouvements de déconcentration de population : les centres villes vont progressivement se vider au profit des banlieues qui continuent à progresser au même rythme. Le taux de croissance des communes périurbaines reste positif en raison du solde migratoire encore important.

3.3) Les mutations des transports et la déconcentration

C'est sans doute un des facteurs les plus importants de la déconcentration des populations entre 1950 et 2003. On peut alors évoquer rapidement les effets combinés du transport collectif permettant une meilleure desserte et une extension des zones urbaines et également l'amélioration de l'accessibilité des espaces périurbains par la voiture soit par une diffusion massive du bien automobile mais également par une amélioration du réseau routier.

Nombreuses sont les études qui ont pu mettre en évidence le rôle clé des transports dans la dynamique de la déconcentration. Il apparaît alors qu'à une structure de réseau correspond à la fois un type de circulation et une organisation spatiale que l'on peut sommairement regrouper en deux grands ensembles : soit un habitat de type compact, soit un habitat de type diffus.

Dès le XIX^{ième} siècle, on avait pu montrer l'importance des voies de chemins de fer ou du tramway dans la dynamique périphérique. Comment l'expliquer si ce n'est par une mutation des systèmes de transport. Selon D.PUMAIN, A.BRETAGNOLLE et M.DEGORGE LAVAGNE¹⁰⁵ (1999), cette transformation est d'abord celle des vitesses. On ne doit plus raisonner en terme de simple distance mais en temps d'accès ; entre le XIX^{ième} et le début du second millénaire s'est produit un phénomène de contraction de l'espace temps, « tout se passe comme si les distances physiques entre les lieux se réduisaient au cours du temps ». Les déplacements de l'avant XIX^{ième} siècle s'effectuaient à pied à une vitesse de 4 km/h, puis la diligence a permis d'améliorer la vitesse au cours du XIX^{ième} siècle avec 10km/h jusqu'à ce qu'apparaissent les systèmes de transports contemporains : tramways électriques, bus et voitures. Cette accroissement des vitesses a permis une réduction d'échelle fonction de la nature de l'espace environnant. Si en ville la moyenne des vitesses au centre est de l'ordre de 4 à 20km, elle passe à 60 en périphérie et 90 à 120 hors de la ville, ou plus si l'on prend en compte le TGV. Ce changement de l'espace temps a sans aucun doute contribué à redistribuer les populations au sein des espaces urbains.

¹⁰⁵ « La ville et la croissance urbaine dans l'espace temps », *Mappemonde*, vol 55, n°3, p. 38-42

La saturation routière est facteur de décroissance alors que la fluidité est plutôt synonyme de gain : le centre perd donc des habitants au profit de la banlieue ou des espaces périurbains.

Un des exemples les plus manifestes de la mutation des systèmes de transport est la mise en place des voies ferrées au cours du XIX^{ième} siècle et le long du XX^{ième} siècle. H.HUANG¹⁰⁶(1996) a pu étudier l'impact des voies de communication sur la localisation des individus et, d'une manière générale, sur l'utilisation du sol. D'un point de vue purement théorique, la relation entre usage du sol et transport est avant tout lié à l'accessibilité. ALONSO(1964) ou MUTH (1969) ont pu montrer qu'une baisse du coût de transport en temps et en argent entraînait également une diminution de la pente de la rente urbaine. Ainsi, coût de transport et coût de logement sont intimement liés. Le centre est alors favorisé car plus accessible. Dans l'hypothèse où ce coût en temps décroît, c'est-à-dire dans une logique de contraction de l'espace temps de PUMAIN, la rente diminue au centre alors qu'elle progresse en périphérie, ce qui se traduit par une déconcentration des populations.

Les technologies de transport ont pu alors contribuer à cette dynamique par la succession des différents moyens de transport. Avant le XIX^{ième} siècle, les relations domicile-travail ne s'effectuaient qu'à pied, ce qui se traduisait spatialement par une distance maximale au-delà de laquelle il devient impossible de s'installer. Cette dernière a été fixée à 30 à 45 minutes par MULLER (1986) qui parle alors pour la ville de « cité marchante » nécessairement concentrée. A partir du XIX^{ième} siècle, la ville se dote de systèmes de transport plus performants utilisant notamment l'électricité. Le transport public devient un instrument de transformation et accentue la suburbanisation des populations. Cette ville est qualifiée de « traked City ». Au XX^{ième} siècle, c'est la prédominance de la voiture individuelle qui donne un visage nouveau à la ville actuelle appelée « Rubber City ou ville caoutchouc ». On observe de très fortes différences entre la structure des anciennes banlieues de la Traked City et de la ville contemporaine au niveau des activités, des densités et du plan. Cette expansion est encore plus manifeste après la seconde guerre mondiale où la hausse des revenus permet une diffusion massive de l'automobile. Il se crée une véritable culture de la conduite avec les stations services, les fast foods, les centres commerciaux et les motels. Suite à la dispersion des activités en périphérie, les déplacements automobiles se sont intensifiés et ont contribué à la saturation des centres villes dans la plupart des grandes villes américaines. Si ce phénomène est très marqué aux Etats-Unis, on est en droit de se demander si c'est également le cas d'autres agglomérations ailleurs dans le monde. Y.BUSSIERE et Y.DALLAIRE¹⁰⁷ (1994) répondent en partie à cette question en évoquant la situation de Montréal face à d'autres grandes cités. Il apparaît que le cas des grandes villes américaines est loin d'être isolé et, progressivement, il semble que le retard des villes européennes pour le taux de possession d'automobile soit en voie de comblement avec une augmentation de +166% en Europe et de +95% en Australie entre 1960 et 1980. Si la ville européenne n'est pas encore celle du tout automobile, elle semble, d'après les auteurs, en prendre le chemin car depuis les années 1980 le processus d'étalement s'est accusé en même temps que le taux de motorisation. Aujourd'hui, il est tout à fait courant qu'un ménage dispose de deux voitures, si bien que la ville est construite pour l'automobile. R.CERVERO et R.GORHAM¹⁰⁸ (1995) ont pu montrer qu'à un type de plan correspondait un type de

¹⁰⁶ « The Land Use Impacts of Urban Rail Transit Systems », *Journal of Planning Literature*, Vol 11, n°1, p. 17-30

¹⁰⁷ « Etalement urbain et motorisation. Où se situe Montréal par rapport à d'autres agglomérations ? », *Cahiers de géographie du Québec*, Vol. 38 n°105, p. 327-343

¹⁰⁸ « Commuting in transit Versus Automobile Neighborhoods », *Journal of the American Planning Association*, Vol. 61, n°2, p. 210-225

circulation, en somme, que l'étalement urbain dérivait de la nature des circulations. Les auteurs définissent alors deux espaces :

- les quartiers en X, où plus de 50% des croisements routiers s'effectuent en angle droit : ce qu'ils qualifient de transit banlieue. Ils dérivent généralement des rues de bus ou de la proximité de ligne de chemin de fer et ont été construits avant 1945. Ce type de quartier correspond en partie aux espaces proposés par M.A.BERMAN¹⁰⁹ (1996) comme étant les développements néo-traditionnels
- Les quartiers en T, où plus de 50% des croisements routiers ne sont pas en angle droit mais à deux branches ou en cul de sac. Ces quartiers ont été construits pour la plupart après 1945 et ne disposent pas de lignes de transit présentes ou passées.

3.4) Autres facteurs de la déconcentration suburbaine et périurbaine

D'autres facteurs tout aussi importants peuvent intervenir, comme le prix des logements qui, on l'a vu d'un point de vue général, peut agir de façon directe par le biais de la fonction d'enchère. MUTH¹¹⁰ (1969) a pu montrer que le prix du terrain était une fonction exponentielle négative de la distance au centre comme la densité de population. Les individus se localisent alors en fonction de leurs revenus et il s'établit une compétition pour l'acquisition des logements, ce sont les plus offrants qui occupent le terrain. Toujours au niveau du foncier, peut également intervenir l'impôt plus ou moins élevé.

En dehors d'aspects purement financiers, ce sont aussi les structures familiales qui peuvent jouer un certain rôle dans la dynamique des populations. Un ménage de deux personnes n'aura bien évidemment pas les mêmes besoins qu'un couple avec deux enfants. Le choix de localisation est éminemment dépendant de la position du ménage dans le cycle de vie. Un couple ou un célibataire aura plutôt tendance à vivre au centre ville, disposant ainsi de tous les services centraux, de l'accessibilité aux grands équipements, aux loisirs sans qu'il n'ait nécessairement besoin d'un grand espace. Un ménage avec un ou deux enfants recherche, plus que l'accessibilité, un logement de plus grande taille, ce que le centre peut difficilement lui offrir, il va donc s'en éloigner pour se rendre en périphérie urbaine dans les banlieues, ou encore plus loin, dans les espaces périurbains, qui lui permet alors d'acquérir une maison individuelle. Lorsque les enfants fondent un nouveau foyer, il ne vont pas s'installer en périphérie mais plutôt au centre de la ville, là où le coût des logements est plus élevé au m² mais où ils peuvent aussi trouver des loyers peu élevés pour de petits logements.

Ce qui pousse également les gens à s'installer en périphérie est l'attrait pour la campagne, le besoin d'espace que nous avons pu évoquer précédemment. Depuis la fin des années 1960, l'écologie, cette envie de verdure est assez sensible dans la tête des individus, le désir de s'installer dans les pavillons apparaît relativement fort. Le choix est alors entre une maison en banlieue et une résidence privée dans le périurbain. Le calcul a été vite fait pour beaucoup de périurbains qui ont tout de suite vu qu'ils perdraient peut être 5 à dix minutes de plus en voiture mais pour une qualité de vie nettement plus confortable. Cela explique ainsi en partie la formidable poussée du périurbain entre les années 1960 et la fin des années 1980. Depuis le début des années 1990, le phénomène semble toutefois s'être essoufflé.

¹⁰⁹ « *The transportation effects of the Neo-traditional Development* », Journal of the Planning Literature, Vol. 10, n°4, p. 347-363

Parallèlement à cela est venu se greffer l'action de l'Etat qui a pu contribuer, par le biais des politiques d'aménagement telles que la création des villes nouvelles, à limiter la périurbanisation. Par ailleurs, les aides aux logements ont pu encourager l'accession à la propriété. Plus localement, des initiatives municipales ont pu contribuer, par le POS, à accélérer ou, au contraire, ralentir le processus de périurbanisation.

Entre 1950 et 2003, les villes ont connu une importante croissance due à la fois à la suburbanisation et à la périurbanisation. Si le premier a permis à l'agglomération de s'étendre d'une manière continue, le second a eu tendance à accroître les populations d'espaces plus lointains et surtout plus fragmentées. Les facteurs de cette double déconcentration sont bien identifiées : les transports, le foncier ou la croissance de la population en sont responsables. Dans le monde, l'étalement n'a pas eu la même ampleur en raison de la variété des facteurs qui ont pu agir sur les villes. Nous proposons d'examiner à présent Dijon et son aire urbaine afin de cerner les spécificités ou les facteurs plus globaux de la croissance urbaine de la ville.

4) L'étalement urbain dijonnais de 1950 à nos jours

Pour analyser cet étalement, nous procéderons en trois étapes : une première où nous nous limiterons à examiner le rôle de carrefour pour expliquer une partie l'étalement de la ville, une seconde où nous suivrons la croissance surfacique des espaces bâtis et enfin une troisième où nous examinerons le prolongement de cette croissance bien au-delà de la limite de l'agglomération.

4.1) Dijon : un carrefour routier et ferroviaire d'importance

En 1954, l'agglomération compte près de 117 000 habitants avec 48 000 actifs.

C'est en 1970 que la ville, grâce à son décollage économique est déclarée « assimilée aux métropoles d'équilibre ». Les compétences politiques de la ville s'accroissent. Nombreuses sont les études de l'époque qui confirment son poids et son importance dans le commerce, l'équipement scolaire et son rôle administratif. Son imposant carrefour ferroviaire et routier en font un pôle d'influence dans la région.

Si l'ensemble des voies était déjà présent avant 1950, elles sont renforcées par la gare de triage de Gevrey-Chambertin et toutes les lignes sont électrifiées, ce qui permet un gain de temps substantiel pour se rendre dans les grandes métropoles. Paris qui était à 4h20 de Dijon, en 1948 passe à 2h10, Lyon était à 2h et se trouve alors à 1h50 et bientôt 1h30. La gare de Dijon devient une plaque tournante de l'Est français. Avec la mise en place du TGV, la ville se retrouve à l'écart du nouveau couloir de circulation nord-ouest sud-est, il faudra attendre son rattachement à la ligne sud-est et son prolongement jusqu'à Besançon et Lausanne en Suisse pour que la ville retrouve une certaine centralité ferroviaire.

Parallèlement les infrastructures de transport routières se sont également développées et ont largement plus contribué que le fer à l'étalement urbain. Dès son origine Dijon disposait de grandes voies de circulation qui se sont renforcées avec le temps. Aujourd'hui, les grandes routes départementales et nationales sont à l'origine d'une extension des tissus et d'une croissance des villages dans certaines directions plutôt que d'autres.

¹¹⁰ *Cities and Housing* the University of Chicago Press Chicago and London

Plus récemment, ce sont les autoroutes A38 et A39 qui ont permis aussi le développement d'une certaine périurbanisation autour de la ville

4.2) L'étalement quantitatif

L'étalement urbain de Dijon et de son agglomération a été caractérisé par une extension des surfaces urbaines entre 1955 et 1995, bien plus importante que durant les périodes précédentes ; la croissance s'est effectuée le long des grands axes de communication mais également entre les différentes radiales, si bien que les élongations surfaciques des grands couloirs de circulation ne sont plus aussi prononcées en 1970 qu'au cours des différentes périodes.

L'autre nouveauté est la création de zones urbaines hors du territoire de la ville de Dijon ; la surface urbaine perd de sa compacité et se brise en de multiples fragments qui néanmoins ne sont pas si éloignés les uns des autres.

D'un point de vue purement quantitatif, Dijon s'est accrue de 645.82% entre 1921 et 1995, soit une multiplication de la surface par près de 6.5. Dans le détail, la croissance n'a pas été homogène.

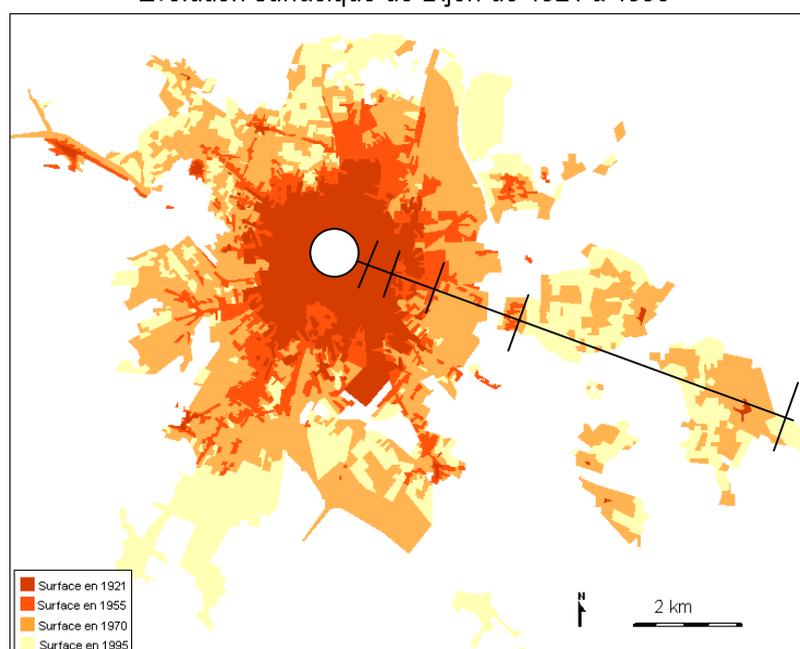
Si entre 1921 et 1955, l'expansion a été de 184.76%, elle a pu atteindre 246.1% entre 1955 et 1970, chiffre qui est le plus important de l'ensemble des phases de la croissance urbaine dijonnaise depuis son origine. A partir de 1970, la croissance reste soutenue, même si on commence à percevoir un certain tassement : l'expansion a été de 142% entre 1970 et 1995.

A présent, si l'on examine les taux, on constate que le plus faible se situe entre 1921 et 1955 avec 0.21km²/an suivi du plus fort taux entre 1955 et 1970 avec 1.70 km²/an et enfin 0.7224km²/an entre 1970 et 1995.

En somme, là encore, il semble se dégager une logique de nature exponentielle que nous proposons de mettre en évidence pour l'ensemble des périodes.

Figure 94 :

Evolution surfacique de Dijon de 1921 à 1995



La relation que nous pouvons essayer d'approcher est :

$$S(t) = S_0 e^{\alpha t} \quad (37)$$

où t est la date, $S(t)$ est la surface à une date t , S_0 , la surface de la ville à $t = 0$ et α le gradient de croissance de la surface.

En suivant la même logique que pour les densités, on peut linéariser cette expression sous la forme :

$$\ln S(t) = \alpha t + \ln S_0 \quad (38)$$

Il devient alors possible d'examiner la nature de la régression exponentielle.

On constate qu'il n'existe pas une mais deux régressions :

- une première dispose d'un gradient nettement plus faible que la seconde et d'une surface initiale bien plus forte. Le coefficient de détermination est alors tout à fait satisfaisant avec 0.9672.
- une seconde phase débute au cours du XIX^{ième} siècle et marque le début du véritable décollage de l'étalement urbain dijonnais lié probablement au débastonnement et la révolution des transports qui a suivi. Entre les deux existe donc une véritable rupture qui trouve son origine dans la révolution industrielle avec la construction du canal et l'arrivée du chemin de fer.

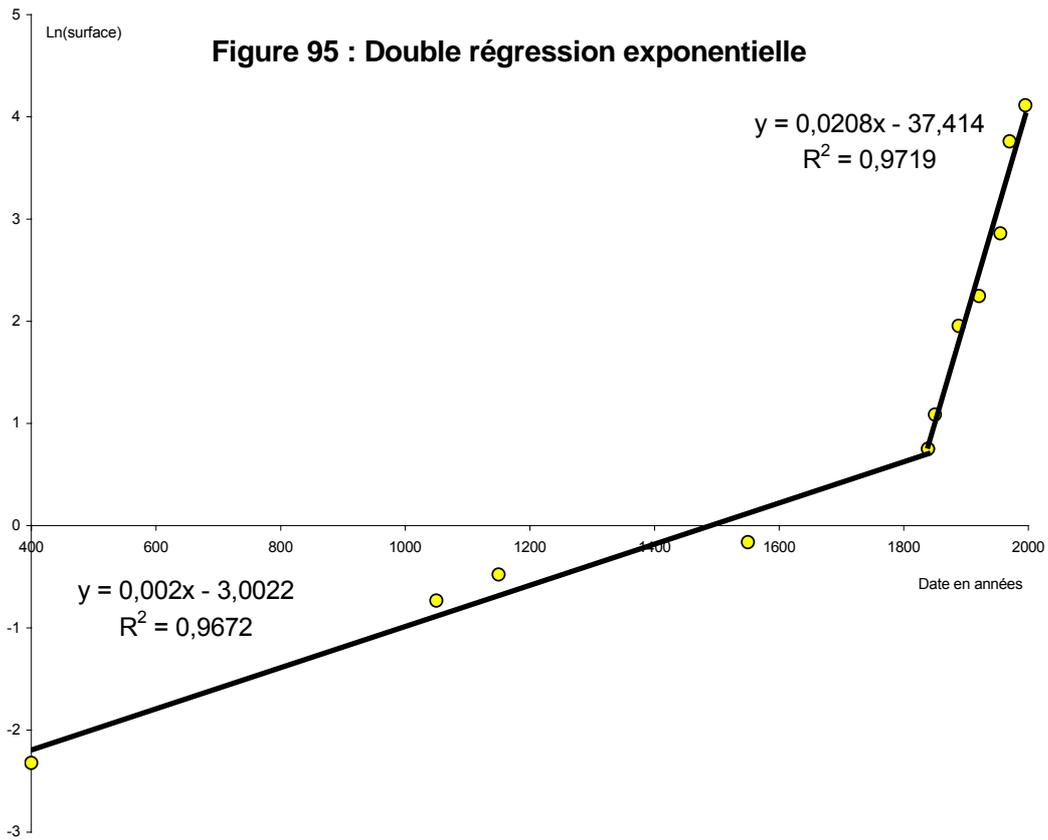
Si le modèle s'ajuste bien, voire très bien, aux données, il ne doit toutefois pas masquer les quelques variations. Pour la période contemporaine, c'est-à-dire depuis le début du XIX^{ième} siècle jusqu'à la fin du XX^{ième} siècle, les écarts les plus importants sont observés entre 1921 et 1970 où il semble que le modèle prévoyait un accroissement de la surface supérieure à celui qui a pu être relevé. Par la suite, le retard est rattrapé et les données correspondent alors correctement à la courbe théorique. Plus discutable est la tendance de la fin du XX^{ième} siècle et du début du troisième millénaire ; la courbe est de nature exponentielle bien que le rythme de croissance de la surface tende à diminuer quelque peu. Ce phénomène n'est pas encore parfaitement décelable et seules les données de 1995 le mettent en évidence. Si l'on considère une surface limitée, il serait normal que cette croissance soit elle-même bornée, peut-être sera-t-il plus judicieux pour les périodes postérieures de raisonner en terme de logistique plutôt qu'en exponentielle positive ?

4.3) Au-delà de l'agglomération : un étalement périurbain

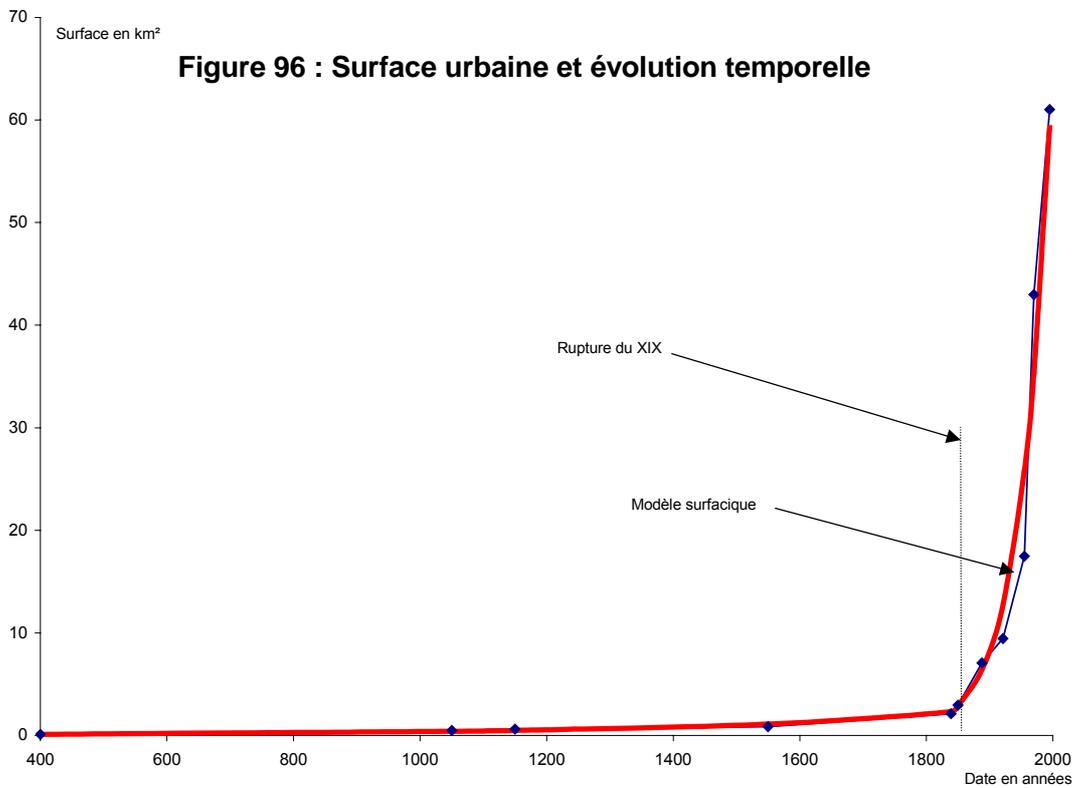
En poursuivant au-delà des limites de l'agglomération, on trouve une logique de croissance assez singulière. Si l'on cherche à dégager une structure dans l'organisation du bâti, on se doit de distinguer trois couronnes comme il a pu être fait dans l'atlas de l'aire urbaine dijonnaise¹¹¹.

On définit alors :

- une première couronne proche de Dijon, « d'aspect irrégulier, limitée par la vallée encaissée du Suzon, déformée par les grands axes de communication : la RN 71 au Nord-Est, la RN 5 à l'Est, vers Genlis, la RN 74 au Sud, déformée également vers les premières communes de la Côte viticole où la vigne constitue un obstacle foncier majeur au développement de la périurbanisation ».
- une seconde composée de « communes facilement accessibles et donc peu éloignées (en temps) de Dijon. Ces communes voient alors la construction de lotissements plus ou moins important, comme par exemple Genlis ».



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

¹¹¹ *Atlas de l'aire urbaine dijonnaise*, laboratoire de géographie THEMA-CNRS décembre 2001

- enfin une troisième regroupant « les communes les plus éloignées, (plus d'une demi heure de trajet vers Dijon), dans lesquelles les constructions neuves sont limitées, voire absentes, au profit de la réhabilitation du bâti ancien ».

Au-delà de cette partition, on peut également observer qu'il existe une opposition est-ouest déjà soulignée à propos des densités. L'aire urbaine peut être divisée en deux :

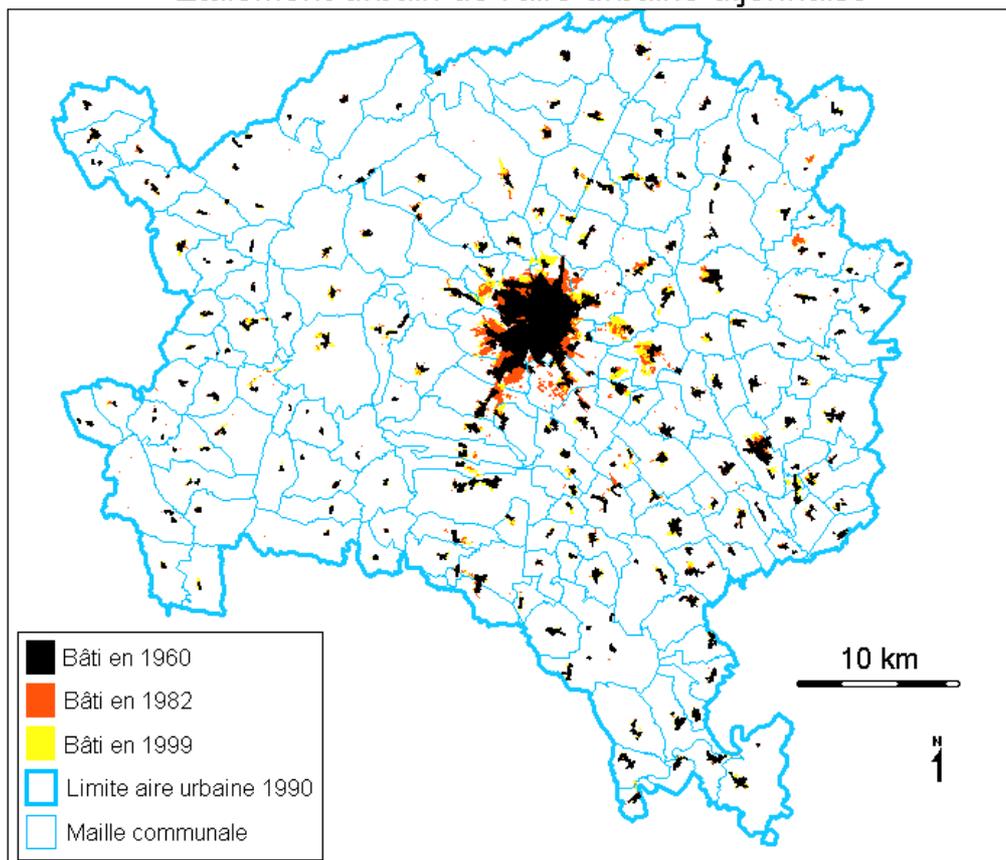
- l'Ouest où les espaces bâtis sont peu étendus. Il est néanmoins possible de remarquer une certaine hétérogénéité entre les sommets des plateaux et le fond des différentes vallées. Ainsi apparaissent deux secteurs nord-ouest et sud ouest peu développés s'opposant aux communes des vallées encaissées de l'Ouche (haute et basse vallée de l'Ouche), plaine de Mâlain et vallée de l'Oze, à l'extrême nord-ouest. D'un point de vue dynamique, la croissance a été sensible dans les vallées alors, qu'en revanche, elle fut bien plus modeste sur les plateaux, accusant un peu plus l'écart qui existe entre les deux types d'espaces.
- l'Est apparaît comme un territoire bien anthropisé et, d'un point de vue statique, en se référant uniquement à la situation de 1999, il semble effectivement se dégager une logique globalement radiale selon les trois couronnes concentriques. Bien entendu, les axes contribuent à déformer l'espace bâti en fonction de trois directions préférentielles :
 - une première bande de 5 km de large le long de la RN 5 et de l'A 39
 - une seconde plus fine le long de la Côte viticole de 2.5 km de large
 - une troisième s'étirant au nord le long de la RN 74 également de 2.5 km de large.

D'un point de vue dynamique à présent, il s'avère que la croissance se soit localisée essentiellement le long des grandes infrastructures de transport, à savoir RN 74 partie sud, RN5-A39 et RN74 partie nord. Entre les axes, la croissance n'a pas été aussi manifeste bien qu'elle fut plus prononcée que sur les plateaux. L'expansion du bâti entre 1960 et 1999 semble obéir la encore à une logique de type radiale : Plus on est proche de Dijon, plus rapide est l'extension des domaines urbanisés, conformément à ce qui avait pu être observé dans l'Atlas.

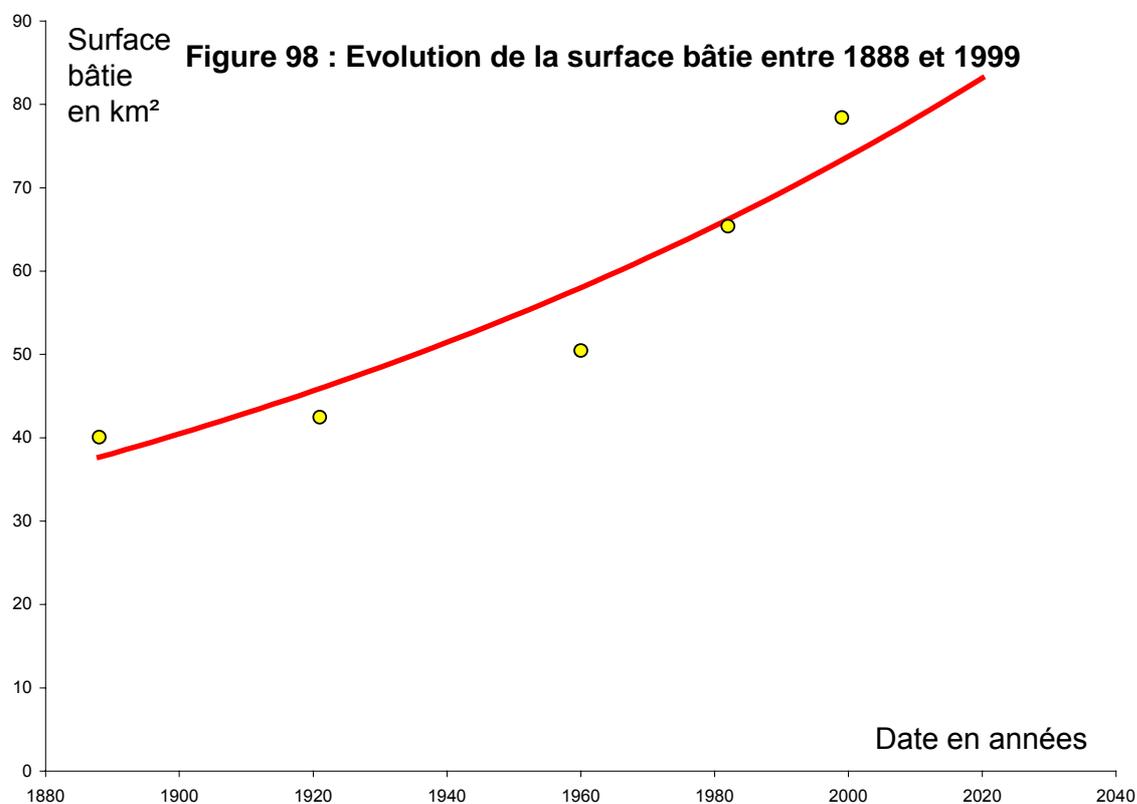
Essayons, après avoir étudié la répartition spatiale du phénomène d'étalement, de dégager une logique temporelle quantitative. Avec trois dates, il est impossible de tracer une tendance, c'est pourquoi nous avons été obligés d'utiliser les données de 1960 pour procéder à une retropolation sur les périodes antérieures. L'idée est de dire que le bâti des campagnes a peu évolué entre le début du siècle et les années 60, ce qui, par conséquent, peut nous conduire à envisager que la surface bâtie de ces périodes soit sensiblement la même qu'en 1960. Par une simple soustraction avec les surfaces de l'agglomération qui ont en revanche beaucoup évolué, on peut essayer de retrouver la surface bâtie globale de l'aire urbaine.

Figure 97 :

Etagement urbain de l'aire urbaine dijonnaise



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

Ainsi, la surface bâtie totale était de 50.4776 km² en 1960, surface que l'on peut considérer équivalente à celle de 1955, date pour laquelle nous disposons de la surface urbaine de Dijon soit 17.46km². La surface rurale de l'époque est donc de 50.4776-17.46 = 33.0176km². Ce chiffre peut être considéré comme constant entre la fin du XIX^{ième} siècle et le milieu des années 1950. Pour obtenir la surface totale, il suffit d'additionner les valeurs de la surface de Dijon avec 33.01.

En 1888, la surface bâtie de l'aire urbaine est de 33.0176 + 7.06 = 40.0776 km².

En 1921, elle est de 33.0176 + 9.45 = 42.4676 km².

Il est alors possible de représenter graphiquement l'évolution de la surface urbaine au cours du temps.

Comme pour les espaces proprement urbains, la tendance semble bien être de nature exponentielle, ce qui nous permet d'utiliser le modèle présenté dans la partie précédente. Nous devons tout de même mettre beaucoup de réserve quant à ces résultats qui ont été construits, nous le rappelons, sur la base de l'unique couche bâti de 1960 pour le rural, ce qui, bien évidemment, peut être soumis à discussion. En dépit de cela les résultats sont relativement conformes à ce que l'on aurait pu attendre, compte tenu de l'évolution observée au niveau de l'agglomération. On peut ainsi signifier que jusqu'aux années 1960, l'évolution de la surface totale est largement dépendante de l'extension des domaines urbanisés, la tendance est donc exponentielle. A partir de 1960, le bâti de l'aire urbaine et principalement des espaces périurbains, a cru de manière exponentielle ; la tendance globale cumulant les deux exponentielles urbaines et rurales n'en pouvait être elle-même qu'exponentielle.

C'est avec la naissance des premières villes autour du premier millénaire avant notre ère que s'amorce le processus de croissance surfacique. Les rythmes de l'étalement urbain ont pu connaître de fortes variations selon les périodes. Les divers facteurs tels que les transports, les techniques de construction, la diversification sociale, la contrainte militaire, le besoin de nature, la croissance de la population, l'augmentation du prix des terrains ou les choix politiques de dirigeants ont pu modifier les taux de croissance des surfaces urbaines.

Depuis l'origine des villes, jusqu'à nos jours, on assiste à un phénomène d'accélération de la dynamique de l'étalement. En lien avec les évolutions de population, il nous est possible d'opposer grossièrement deux phases historiques.

Dans une première phase, la ville croît de manière surproportionnelle à la population. On décèle alors une logique temporelle de nature exponentielle mais rapidement limitée par les remparts.

La destruction de ces derniers marque le début d'une seconde phase, en rupture complète avec la précédente, avec un rythme de croissance multiplié par près de 10 par rapport au XVIII^{ème} siècle, même si la logique temporelle reste exponentielle.

Parallèlement, la morphologie urbaine a été profondément bouleversée, passant d'une structure compacte dense et comprimée à une évolution plus libre et fragmentée.

Comment analyser ces modifications ? A l'évidence, l'analyse qualitative du rythme ne nous a fourni qu'une partie des réponses. C'est pourquoi nous proposons d'aller vers d'autres approches, plus quantifiées, plus à même de mesurer précisément l'étalement urbain.

Chapitre 5 : Approche quantitative

de l'étalement urbain :

le modèle de BUSSIERE

Si les fonctions de densité de population rendent relativement bien compte de la morphologie strictement urbaine, sont-elles adaptées à un contexte mixte liant urbain et espace de transition, ce que P.Y.PEGUY¹¹² définit comme région-ville (1999), ou que les géographes étudient largement sous le thème périurbain ? Ce changement d'échelle de la ville n'est pas sans conséquence sur la signification des relations de densité où s'observent des points de ruptures. Les études récentes sur l'étalement urbain visent à appréhender les variations dans la répartition des populations dans ces domaines urbains polarisés. R.BUSSIÈRE (1972) a mis au point, à partir de la relation de CLARK, sous les contraintes fixées par les modèles d'ALONSO (1964) et de WILSON (1970), une nouvelle expression permettant d'appréhender la répartition des populations.

Ce modèle, tout d'abord resté confidentiel dans les années 70, sert aujourd'hui de base à de nombreuses études urbaines en économie comme en géographie. Peu diffusé aux USA, il semble pourtant s'appliquer à des villes qu'elles soient de taille variable ou de type fondamentalement différents. Les travaux de R.BUSSIÈRE ont montré que Paris (études portant sur la période 1911-1968) suivait cette logique, ainsi que trois villes canadiennes (Montréal (1941-1964), Toronto (1941-1961) et Winnipeg (1941-1961)) et scandinaves (Stockholm (1957-1969), Malmö(1960-1969) et enfin Helsingborg (1960-1969)). Plus récemment, le modèle a été testé sur l'agglomération lyonnaise et sa région urbaine, ce qui a permis à A.BONNAFOUS et E.TABOURIN de proposer une nouvelle formalisation plus adaptée à la périphérie des espaces urbains.

Les recherches sur le modèle de BUSSIÈRE sont ainsi aujourd'hui exclusivement françaises et se concentrent au sein de trois principaux laboratoires : le L.E.T.(Laboratoire d'Economie des Transports de Lyon) en collaboration avec l'ENTPE (Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat), le LATEC (Laboratoire d'analyse et de techniques économiques) et l'équipe PARIS (de D.PUMAIN) à Paris.

Le modèle comporte trois volets principaux : un premier spécifiquement statique où l'on recherche la relation liant les populations et la distance, un second, dynamique, permettant des investigations sur la prospective urbaine et enfin un troisième tourné vers la nouvelle formalisation et la dynamique.

¹¹² *Croissance des aires urbaines et fonction exponentielle négative*, document de travail, LET, ENTPE 1999

1) Les hypothèses du modèle de BUSSIERE

Les modèles de répartitions de la population reposent en partie sur les théories néo-classiques de la nouvelle économie. Les modèles d'ALONSO (1964) et MUTH (1969) se sont fondés sur la théorie des rentes agricoles de VON THUNEN (HURIOT 1994). Munie d'un centre unique concentrant tous les emplois et une grande partie des services et des commerces (CBD central Business District), la ville de population totale N tend à privilégier les déplacements en direction du centre. C'est autour de ce cœur urbain que s'organise l'espace en fonction de l'éloignement au centre.

Trois grandes propriétés sont à ajouter à cette hypothèse d'unicité du centre :

- l'homogénéité spatiale : l'espace est considéré comme uniforme (exemple de la plaine). Ainsi sont évacuées en théorie les agglomérations coupées par des discontinuités telles qu'un linéaire côtier, ou bien un talus, ou encore déformées comme dans les espaces montagneux, ou les plateaux. Il est évident que le critère idéal de la plaine homogène est rarement observé, ce qui semble poser des problèmes de validité pour le modèle. Néanmoins, il faut bien garder à l'esprit qu'il ne s'agit là que d'une moyenne pouvant, par conséquent, s'ajuster à un grand nombre de situations s'éloignant plus ou moins du cas le plus pertinent sans que pour autant ne soit remis en question l'ajustement.
- La seconde hypothèse est la continuité spatiale que ce soit au niveau du relief, des infrastructures routières ou des institutions. Autrement dit, la localisation résidentielle est possible en tous points et il n'existe aucun lieu qui ne soit inaccessible.
Ainsi, cela suppose une très grande capillarité du réseau routier et également la négation ou tout du moins une minimisation des effets du maillage sur la dynamique résidentielle.
- Enfin, la dernière hypothèse est l'isotropie spatiale qui suppose « un coût de transport indépendant de la direction empruntée » (P.Y.PEGUY), ce qui se traduit par des temps d'accès identiques quelle que soit la direction, d'où l'image de la ville circulaire.

Un deuxième volet théorique a servi de base pour la conception du modèle de BUSSIERE : la maximisation de l'entropie¹¹³.

L'entropie d'un système définit le niveau de désordre de ce dernier. Plus l'entropie est élevée, plus l'ensemble a du mal à rendre compte du local, autrement dit, le macroscopique devient fondamentalement différent du microscopique. Cette augmentation entraîne « une dégradation des flux d'énergie circulant dans un système économique ouvert sur l'environnement » (définition économique de l'entropie Encycl. Larousse), soit une diminution des flux de personnes et produits entre les différents lieux du système. La maximisation d'entropie tend à produire un système en équilibre.

En économie, l'existence de système en équilibre est rare (donc d'une forte entropie), du fait de l'ouverture vers l'extérieur.

Le modèle de BUSSIERE suppose ainsi, qu'à un moment donné, le système est en équilibre, ce qui permet de mesurer la répartition de la population.

¹¹³ AG.WILSON *Entropy in urban and regional modelling*. Londres Pion. 1970

Compte tenu de ces deux ensembles théoriques, R.BUSSIÈRE a mis au moins un premier modèle dit statique fonctionnant pour une date fixe.

2) le modèle de BUSSIÈRE et ses logiques

2.1) Présentation du modèle

La maximisation de l'entropie du système conduit « à une répartition la plus probable de la densité résidentielle » (P.Y.PEGUY) soit :

$$D(x) = \frac{N\gamma^2}{2\pi} e^{-\gamma x} \quad (39)$$

En remplaçant $D_o = \frac{N\gamma^2}{2\pi}$ dans (39), on retrouve le modèle de CLARK (8).

On l'a vu, une des hypothèses de base est la continuité spatiale, difficilement acceptable, au vu du maillage communal. Pour pallier à cela, BUSSIÈRE propose de raisonner en terme de population cumulée.

Pour l'obtenir, l'auteur multiplie la densité en un point (fonction de type CLARK) par la surface de l'aire urbaine.

On obtient par une transformation du modèle de CLARK (Annexe III) l'expression suivante :

$$P(x) = \frac{2D_o\pi}{\gamma^2} \left(1 - (1 + \gamma x) e^{-\gamma x} \right) \quad (40)$$

Les paramètres de (40) sont identiques à ceux de (8). L'expression (40) est connue sous le nom de modèle de BUSSIÈRE.

Quand x tend vers l'infini, le terme entre parenthèses tend vers 1, donc le modèle tend vers :

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} P(x) = \frac{2\pi D_o}{\gamma^2} \quad (41)$$

Dans l'expression (41), la limite de la population cumulée est assimilable à la population totale de l'espace urbain notée N d'où la relation (42) qui permet d'évaluer la population totale en fonction des paramètres D_o et γ

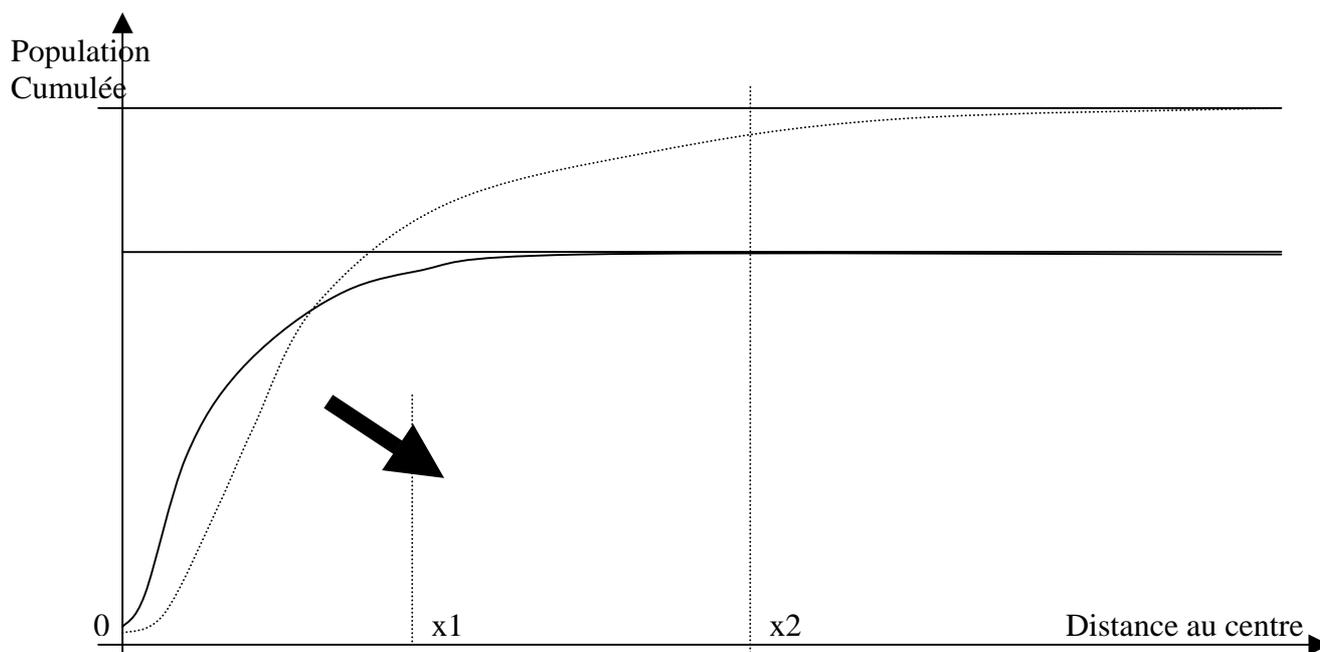
$$N = \frac{2\pi D_o}{\gamma^2} \quad (42)$$

L'expression (42) peut être utilisée à des fins purement statistiques pour déterminer donc la population totale, si au préalable, on a évalué le gradient à l'aide des populations pour deux distances au centre ville (voir annexe V).

Toujours dans un but statistique, il est aussi possible de retrouver voire de simuler les populations communales à partir du modèle de BUSSIÈRE.

Le modèle de BUSSIÈRE adopte le profil suivant :

Figure 99 : Evolution de la courbe du modèle de BUSSIERE



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

Cette courbe traduit le cumul des population avec une pente dépendante de la loi de CLARK.

Si le modèle est parfaitement adapté à la ville, il suppose que cette dernière ne connaît pas de limite (autrement dit que la distance au centre de la ville croît à l'infini comme le suppose le modèle de CLARK). De fait, la densité diminue du centre vers la périphérie pour finalement tendre vers zéro à l'infini. On suppose ainsi que la ville se trouve isolée en plein désert, avec de fortes densités au centre et un vide en périphérie. L'hypothèse mathématiquement acceptable du modèle de BUSSIERE ne peut l'être d'un point de vue géographique. Le milieu rural environnant la ville n'est pas neutre, il est également habité. Dans la réalité, la courbe ne tend certainement pas vers une asymptote horizontale.

On peut tout aussi bien s'interroger sur la construction même du modèle. Pourquoi ne pas supposer que la ville considérée présente un profil de densité sensiblement différent adoptant une logique de nature NEWLING ? Il est alors nécessaire de revoir la formulation de BUSSIERE (voir annexe VII). La courbe résultante, bien que fondamentalement peu différente de celle du modèle original, présente tout de même un profil à plus forte rupture suivant la nature des paramètres a et b .

2.2) Modèle dynamique

Pour analyser l'étalement des villes, il convient de raisonner en terme d'évolution ; le modèle de BUSSIERE peut être dynamisé. Pour cela, on définit D_o et γ , non plus comme des constantes mais des variables du temps. BUSSIERE montre alors qu'il existe une relation de la forme :

$$D_o(t) = \alpha\gamma(t) + \beta \quad (43)$$

Où α et β sont des coefficients à évaluer par une corrélation linéaire simple. En reportant (43) dans la relation (40), on est en mesure d'évaluer pour toutes dates le gradient de densité si l'on dispose de la

seule population totale ($N(t)$), ce qui permet bien entendu d'estimer la densité au centre. On peut ainsi simplement simuler l'évolution de la fonction de densité ainsi que la variante de BUSSIERE

L'évolution théorique de la courbe conduit à un rééquilibrage entre le centre et la périphérie : à savoir une décroissance de la population dans les espaces centraux et, en revanche, une augmentation de la population dans les espaces ruraux périurbains.

L'étalement urbain se mesure en calculant la différence entre la distance x_2 et x_1 (x_1 et x_2 sont les distances pour les dates t_1 et t_2 auxquelles les variations de population cumulée deviennent négligeables).

A.BONNAFOUS¹¹⁴ écrit : « le point x_1 est la croissance urbaine au sens d'augmentation de population et le point x_2 l'étalement urbain supplémentaire. Le point M a tendance à s'éloigner du centre historique (pour Paris, M était situé à 6 km du centre en 1900, 12 km entre 1962 et 1968 et pourrait dépasser 25 km dans le futur) ».

Trois remarques doivent toutefois être soulignées :

- « le modèle ne tient pas compte des variations internes des zones »

- « il ne fonctionne pas lorsqu'il y a plusieurs agglomérations (conurbation) »

« Dans les pays européens, l'étalement urbain est alimenté par le solde naturel des populations urbaines, ce qui risque à terme d'entraîner un tassement du processus ».

2.3) Le modèle de BUSSIERE amendé

Faisant suite aux travaux de R.BUSSIERE, quelques années plus tard (1996), A.BONNAFOUS et E.TABOURIN testent le modèle sur un espace plus large que la stricte agglomération lyonnaise. Au-delà d'une certaine distance, l'ajustement apparaît alors peu satisfaisant et conduit à une courbe moyenne ne correspondant plus aux données de populations cumulées démontré par les deux graphiques de la figure 100.

Les deux auteurs proposent alors une nouvelle formalisation du modèle tenant compte de la répartition linéaire des populations en milieu non-urbain. Ils introduisent un nouveau facteur Kx susceptible de traduire cette tendance périphérique, d'où un nouveau modèle de BUSSIERE dit amendé proposé dès 1994 dans un document descriptif¹¹⁵.

Cette nouvelle formalisation amendée nous donne la relation suivante :

$$P(x) = \frac{2 \pi D_o}{\gamma^2} \left(1 - (1 + \gamma x) e^{-\gamma x} \right) + Kx \quad (44)$$

où l'ensemble des paramètres sont ceux de la relation (40) en dehors du paramètre K qu'il convient d'évaluer de la même manière que les précédents. Selon M.A.BUISSON, D.MIGNOT et A.AGUILERA BELANGER¹¹⁶ (2001) « l'amendement Kx représente ainsi en quelque sorte la croissance accélérée de l'étalement urbain, la facilité de sortie de la ville [...] La croissance de K reflète l'étalement urbain ».

¹¹⁴ « Prospective de la mobilité urbaine », *Transport et Etalement urbain : les enjeux* Programme pluriannuel en Sciences humaines Rhône Alpes Lyon pp 187-205

¹¹⁵ *INVENTUR, modèle « Bussière Amendé »* issu de la page internet <http://www.cerma.archi.fr/inventur/inventur030.html>

¹¹⁶ « Métropolisation et polarités intra-urbaines : le cas de Lyon », *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n°2, p. 271-296

Comme le montre ces deux nouveaux graphiques de la figure 101 pour les mêmes dates et le même espace, la relation (44) s'ajuste aussi bien au centre qu'en périphérie :

A.BONNAFOUS et E.TABOURIN¹¹⁷ (1998) montrent que la nouvelle expression entraîne une modification dans la formulation du modèle d'origine que l'on doit alors écrire :

$$D(x) = De^{-\gamma x} + \frac{K}{2\pi x} \quad (45)$$

Figure 100 :

Figure 106: Distributions réelles et estimées de la population cumulée (1962 et 1990)

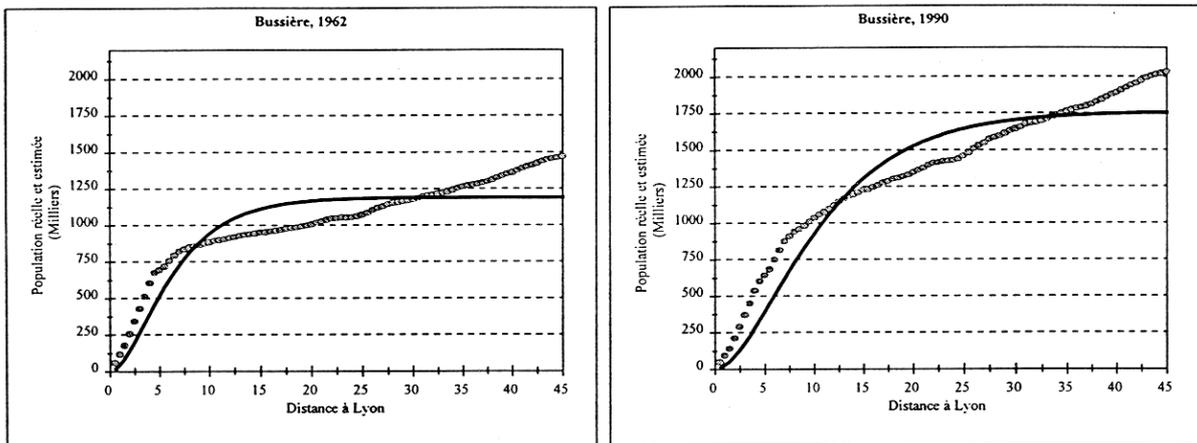
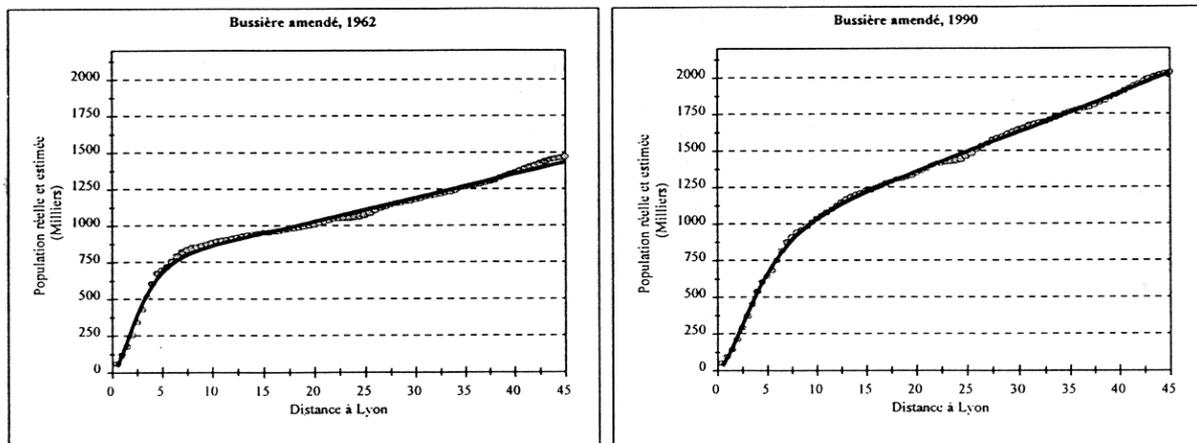


Figure 101 :

Figure 107 : Distributions théoriques et réelles de la population cumulée de Lyon (45 km)



Si encore une fois, on peut mathématiquement accepter le modèle amendé pour l'urbain et le périurbain, (les ajustements statistiques le montrent bien), il est assez difficile de s'en contenter d'un point de vue géographique.

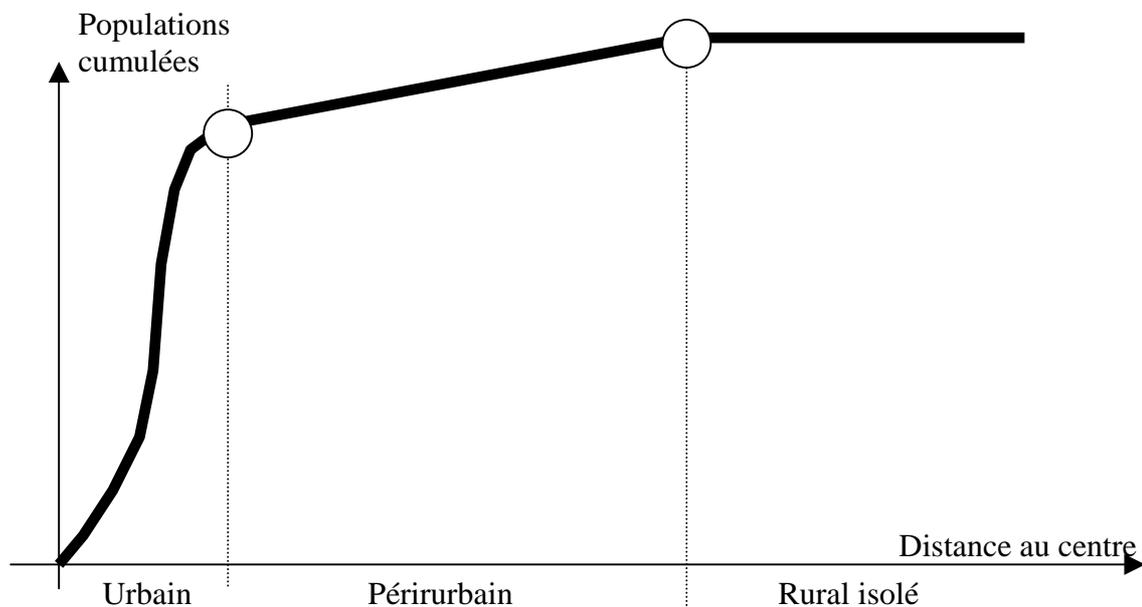
Il présuppose d'une part que l'amendement Kx affecte le périurbain, et même détermine la pente de la courbe, mais également qu'il agit sur l'urbain (le modèle de CLARK doit alors être reformulé avec un ajout de $K/2\pi x$) ; en suivant cette nouvelle expression, nous arrivons à une densité centrale tendant vers l'infini, cette hypothèse n'est pas acceptable. Rappelons que cette dernière est égale à D_0 .

D'autre part, en ajoutant le facteur Kx , on envisage que les différentes couronnes périurbaines ont les mêmes populations, ce qui signifie que les densités sont à peu près constantes ou en très faible augmentation de la périphérie vers le centre. Cela n'est pas particulièrement gênant. Ce qui l'est en revanche plus, c'est que l'on se retrouve à nouveau dans la situation du modèle de BUSSIERE classique aux franges de l'espace périurbain. On considère, dans le modèle amendé, que la distance au centre croît à l'infini et ainsi que la frange périurbaine s'étend également à l'infini. Or, à une certaine distance de la ville, on passe d'un espace aux densités quasiment stables ou en très légère augmentation, à des densités nettement plus faibles du « rural isolé ». Il semble bien qu'entre le périurbain et cet espace, il y ait bien une rupture que le modèle amendé ne prend pas en compte.

En conséquence, si l'on désire représenter les populations cumulées, nous ne devons pas, en géographie, nous contenter d'un simple ajustement non linéaire, mais au contraire, raisonner en terme de ruptures. L'espace urbain et rural est assurément varié et le modèle doit en tenir compte. Nous proposons donc une suite de courbes pour modéliser les populations cumulées.

- Entre le centre et la limite de la ville, nous avons bien un modèle de densité de type CLARK, avec, en conséquence, une fonction de répartition de la population cumulée de type BUSSIERE (en non BUSSIERE amendé).
- Lorsque l'on entre dans le périurbain, les densités de population sont de type linéaire, la population cumulée croît selon un profil linéaire
- A la marge de l'espace périurbain, on observe une diminution de la densité (on se trouve dans les ZFD : zone de faibles densités), la pente de la population cumulée va croître bien plus faiblement, il ne s'agit plus, à l'évidence, du modèle que dans le périurbain.

Figure 102 : Couronnes autour de la ville et populations cumulées



¹¹⁷ « Modélisation de l'évolution des densités urbaines », *Données urbaines tome 2* ss la direction de D.PUMAIN et M.F.MATTEI ed economica Anthropos collection villes pp167-180

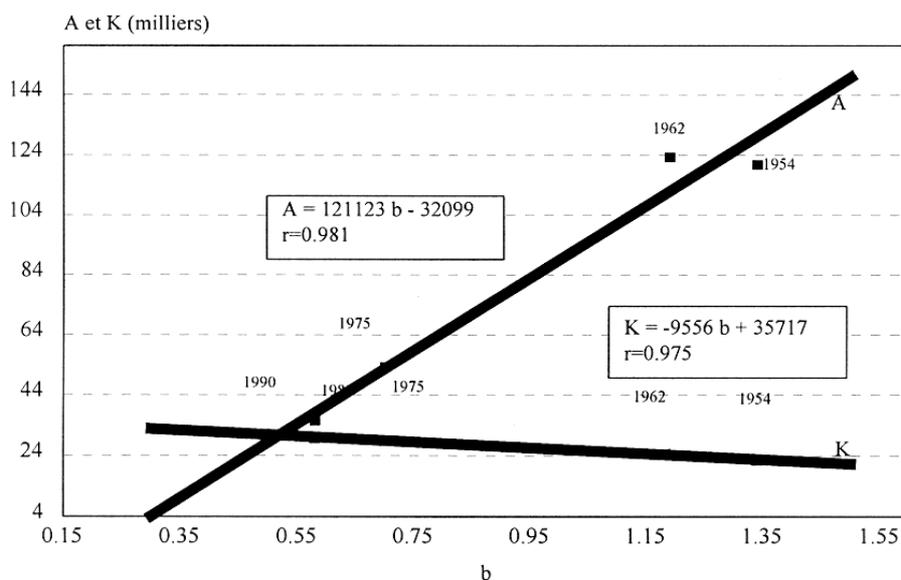
2.4) Le modèle amendé dynamique

Naturellement, tout comme l'était le modèle de BUSSIERE classique, la formule amendée est également dynamique, en établissant une régression linéaire selon la relation (43) et en remplaçant D par K , on obtient deux régressions fonctions du paramètre γ . La encore, les coefficients de corrélations paraissent extrêmement satisfaisants comme a pu le montrer SCHEOU (figure 103).

Ainsi, une dynamique du modèle de BUSSIERE amendé. peut être évaluée en fonction d'une évolution du gradient (par exemple de la forme (20)) L'ensemble de ces modèles formels semble relativement abstrait si l'on ne donne pas de significations aux différentes évolutions et si l'on ne les traduit pas en terme d'étalement urbain.

Figure 103 :

Figure 108 - Liaison entre les paramètres A , K et b
Modèle de Bussière amendé sur la région lyonnaise (calage sur 100 km)



Notons que dans notre nomenclature D_0 correspond à A et γ à b

2.5) Les significations du modèle de BUSSIERE

2.5.1) La logique globale

Si l'expression de BUSSIERE est un bon indicateur de la répartition des populations, peut-on en dire autant pour l'étalement urbain ?

La réponse à cette question nous est donnée par E.TABOURIN¹¹⁸ (1996). Cette relation entre étalement urbain et modèle fut déjà analysée par R.BUSSIERE (1972) qui formalisa alors « une logique de la croissance urbaine ».

¹¹⁸ « Les formes de l'étalement urbain, la logique de Bussière appliquée à l'agglomération lyonnaise », *Annales de la recherche urbaine*, n°67, p. 32-42

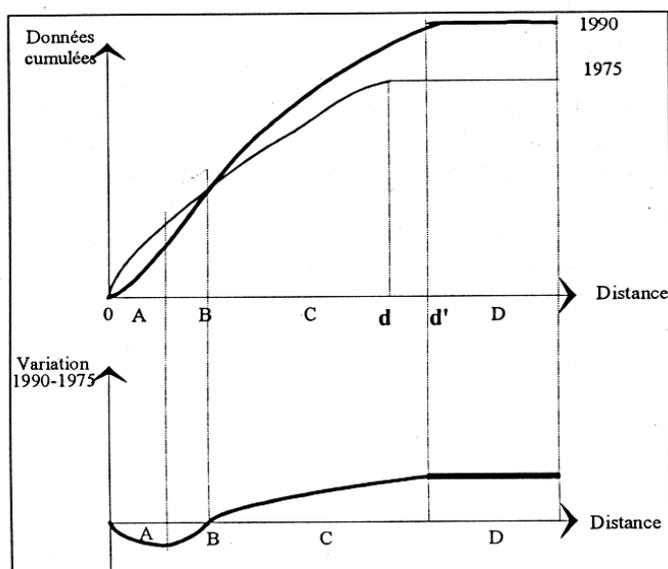
Une étude approfondie de la variation des populations cumulées permet alors de dégager différentes tendances dans l'évolution des espaces urbains.

- la première remarque touche à la population totale N qui, en suivant la logique de BUSSIERE, doit entraîner une augmentation.
- la seconde est l'accroissement de la distance d , notée d' pour la date la plus récente, ce qui produit un étalement urbain.
- en troisième lieu la modification est également d'ordre interne aux agglomérations où, d'une part, existe une zone de perte de population notée AB sur le graphique et, d'autre part, un espace de croissance par concrétion (partie C).

Cette évolution globale n'est pas systématique car, comme le fait remarquer TABOURIN, l'étalement urbain ne va pas nécessairement de pair avec la croissance ou la décroissance de la population. En réalité, il adopte plusieurs formes ; ce qui naturellement produit plusieurs logiques de BUSSIERE.

Figure 104 :

LA CROISSANCE URBAINE DE RENÉ BUSSIERE



Source : Atlas du grand Lyon, INSEE Rhône-Alpes.

2.5.2) Les logiques de la croissance urbaine

L'étalement urbain peut ainsi exister sans croissance de population. Deux cas peuvent alors apparaître :

- soit les populations tendent à se localiser en périphérie et même au-delà de l'espace considéré, produisant ainsi une figure où les zones C et D sont entièrement absentes. La région urbaine est de ce fait déficitaire en totalité. Ce sont souvent les grandes agglomérations industrielles qui présentent ce type d'évolution.
- il existe une zone de décroissance très marquée au centre des agglomérations (AB) qui s'étend jusqu'aux confins de l'aire urbaine mais dont la perte de population se limite au-delà d'une certaine distance présentant alors un profil quasi-stable de type D mais négatif.

Un cas extrêmement rare peut également apparaître dans certaines agglomérations où les caractères B et C deviennent inexistantes. Il s'agit de la seule logique à ne pas produire d'étalement urbain (c'est-à-dire un non déplacement de d).

D'un autre côté, existent des logiques d'étalement urbain par concrétion pure, c'est-à-dire où les parties A et B disparaissent produisant alors des agglomérations où le noyau central ne perd pas de population et où, bien entendu, les périphéries gagnent en effectif. Cette concrétion peut dans un premier cas s'observer du centre jusqu'à la périphérie sans exclusion (absence de l'ensemble des zones, à l'exception de la portion C) ou se limiter à une portion autour du noyau central (caractères A et B absents).

D'un point de vue général, la logique la plus courante reste tout de même la croissance de la population simultanément par concrétion et altération du noyau central, soit la situation type de la figure 113.

En suivant les logiques de BUSSIERE, on est en mesure de déterminer les limites de l'espace urbain ; ces dernières sont déterminées par l'asymptote en d .

Dans l'hypothèse où le caractère D est visible sur la courbe, soit dans le cas d'une croissance par concrétion ou une décroissance totale de population limitée (caractère D présent dans le négatif), la ville se limite au point d .

Dans une deuxième hypothèse, le caractère D peut être absent ; ce qui entraîne nécessairement l'absence d'une limite urbaine dans l'aire considérée et son rejet hors de la région étudiée.

A partir du modèle de base de BUSSIERE, fondé sur les densités de population, on a pu estimer des paramètres (population totale, gradient de densité et densité au centre) ou calculer des populations communales. Nous avons de même quantifié l'étalement urbain.

D'abord limité à l'espace urbain, le modèle fut ensuite étendu au périurbain (modèle amendé et critique du modèle amendé).

Dynamisé depuis son origine, il apparut facile de l'utiliser comme ressource prédictive pour un milieu mixte.

On disposait ainsi d'un outil relativement solide qui, toutefois, ne devait pas faire oublier les hypothèses restrictives qui le sous-tendait. Un simple changement de densité suffit à modifier le modèle le plus simple.

En se basant sur les hypothèses de la première partie, nous proposons de tester la fonction de BUSSIERE sur l'aire urbaine dijonnaise, afin d'évaluer l'étalement urbain et d'en prévoir les évolutions d'ici 10 ou 20 ans.

Comment se comporte alors notre aire d'étude ? Répond t-elle partiellement, ou en totalité, à la logique de BUSSIERE ?

3) Application à l'aire urbaine dijonnaise

Afin de comprendre la répartition des populations au sein de notre aire d'étude, nous avons envisagé l'évolution de des populations communales de 1851 à nos jours. Peut-on dégager intuitivement des logiques en couronne et ainsi mettre en évidence un étalement urbain des populations ?

3.1) Analyse de l'évolution des populations de 1851 à nos jours

3.1.1) Evolution des populations communales entre 1851 et 1954

Dans cette partie, nous avons cherché à montrer comment se développait l'étalement urbain à travers l'évolution des populations. Cela est assez peu visible par les cartes par symboles proportionnels, habituellement utilisées pour ce type de données. Nous avons opté pour des cartes par plages qui sont affectées à des types que nous avons définis en fonction de la population. Un premier (type I) regroupe l'ensemble des communes urbaines, c'est-à-dire les communes disposant de plus de 2000 habitants, viennent ensuite les communes du second type que l'on peut définir comme étant les gros bourgs (entre 500 et 2000 habitants). Le type III individualise les communes rurales moyennes (entre 200 et 500) et enfin la quatrième catégorie regroupe toutes les communes de petite taille.

Compte tenu de cette typologie, voyons comment s'organisent et évoluent les communes de l'aire urbaine dijonnaise.

Les cartes de 1851 à 1954 mettent *a priori* en avant une absence de logique et ainsi une répartition des types relativement aléatoire.

En 1851, une seule logique semble prévaloir : celle qui oppose le centre dijonnais au reste de l'espace, autrement dit une dualité ville campagne. Pourtant, en y regardant de plus près, ne peut-on pas déceler une certaine opposition est-ouest ? On retrouve ce que nous avons pu examiner à propos des densités, à savoir une plaine *a priori* plus peuplée en moyenne que le plateau. Il se dégage alors un ensemble assez peu homogène constitué de petits villages au Nord et au Sud de la vallée de l'Ouche. Notons qu'en dehors des zones les plus élevées, les populations sont plus importantes puisque l'on va y trouver des villages de taille moyenne voire, dans certains cas, de gros bourgs comme Fleurey-sur-Ouche, Mâlain, Plombière-les-Dijon et Talant. La partie est apparaît bien plus peuplée avec une majorité de villages de taille moyenne (type III) ainsi que quelques gros bourgs ruraux. Il semble s'individualiser un axe de forte population le long de la côte bourguignonne à l'emplacement des vignes. Les gros villages y sont particulièrement nombreux.

En 1901, on assiste à une évolution qui tend à vider progressivement le plateau de ses populations et à faire croître les villages les plus proches du centre dijonnais. On le voit bien, les zones les plus éloignées des axes, tout comme pour les densités, sont en décroissance et passent de la troisième catégorie à la quatrième. « Une zone de vide » émerge plus largement dans l'ensemble de la partie ouest de la carte. La haute vallée de l'Ouche, qui précédemment conservait encore des villages de taille moyenne, est significativement amputée. Toujours dans le sens des décroissances, on peut également observer très localement une diminution des populations d'un certain nombre de villages de la côte bourguignonne. En dehors de cela, on ne perçoit pas réellement de modification dans la partie est de la carte, les villages restent en moyenne relativement peuplés, mêlant une majorité de villages que nous avons qualifiée de moyen à quelques villages plus petits et à de gros bourgs.

Finalement, le phénomène le plus marquant est l'extension des domaines urbanisés dès le début du siècle avec la croissance des villages contigus à Dijon qui passent ainsi dans la catégorie des gros bourgs sans être encore des banlieues.

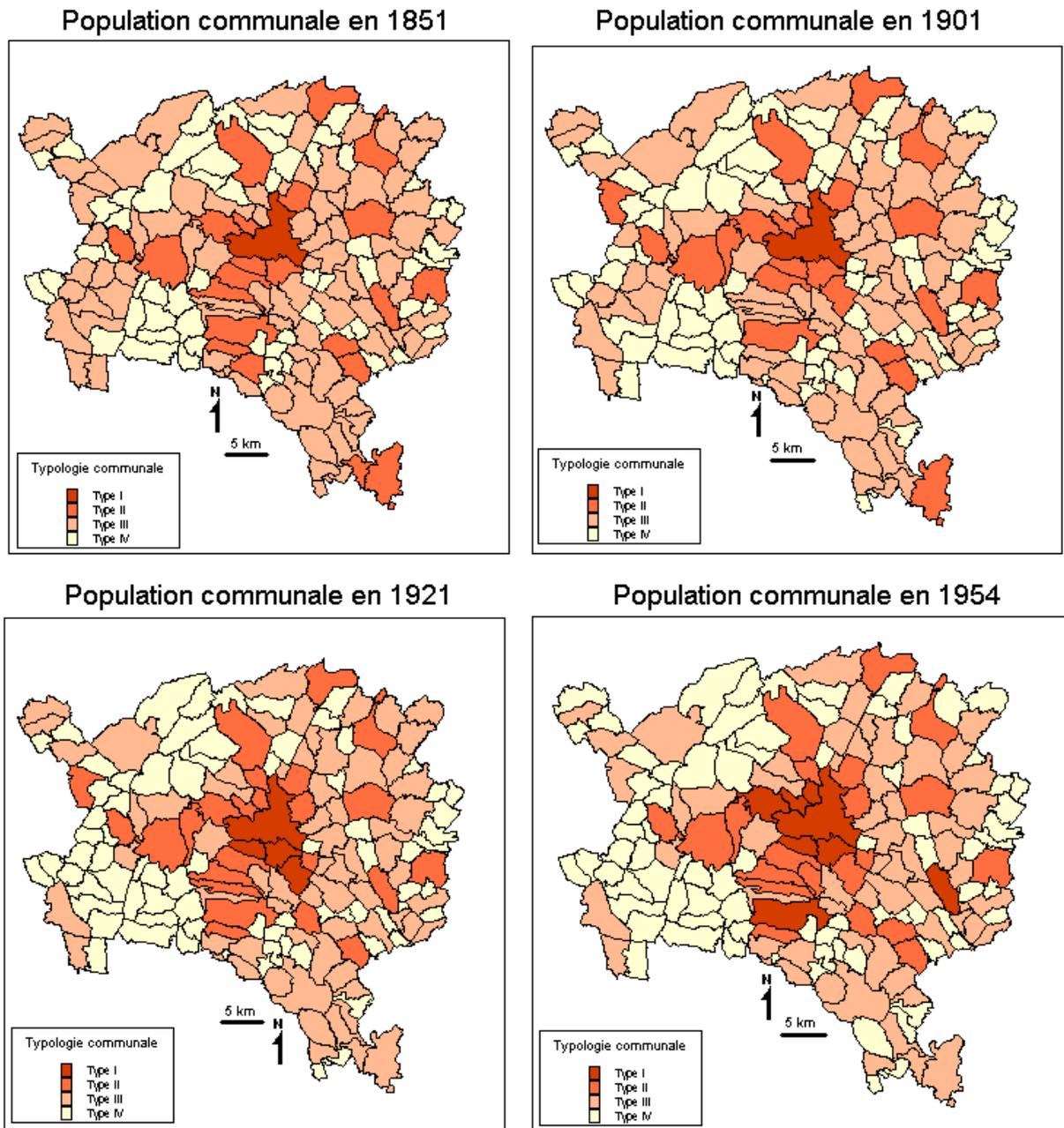
La carte de 1921 confirme les observations que nous avons pu faire pour la carte précédente, à savoir un phénomène de déprise de l'ouest doublé par une croissance des zones des communes les plus proches de Dijon. L'exode rural semble plus que jamais d'actualité dans des territoires ruraux qui perdent de plus en plus d'habitants.

Cette carte met bien plus clairement en évidence la dissymétrie entre l'Est et l'Ouest. Le plateau poursuit sa décroissance et aucune zone n'est épargnée, que ce soit la vallée de l'Ouche ou les hauteurs. C'est en particulier le cas de la haute vallée de l'Ouche qui connaît une chute importante de sa population. L'Est, en revanche, se maintient avec seulement un ou deux villages déclassés. La côte bourguignonne, quant à elle, connaît un regain de croissance qui entraîne un accroissement sensible des populations de trois villages qui (re)deviennent de gros bourgs. Enfin, au centre de l'espace, le phénomène urbain s'est étendu, englobant des communes excepté Dijon dans le processus de suburbanisation, comme Longvic ou Chenôve.

La dernière carte de la première moitié du siècle correspond sensiblement à la précédente tout en apportant quelques compléments. Il semble qu'à l'Ouest la décroissance se soit stabilisée : le nombre de communes de chaque type est alors équivalent entre les recensements de 1921 et 1954. Le plateau est et reste « un désert humain ». Plus intéressante est la situation de la partie est de l'aire urbaine où l'on peut distinguer l'émergence de pôles périphériques comme Gevrey-Chambertin ou Genlis (passant de la catégorie de gros bourgs à celle de ville). Au centre de l'aire urbaine, le processus d'intégration suburbain se poursuit, englobant davantage de communes (Plombières-les-Dijon, Talant et Fontaine-les-Dijon). Neuilly-les-Dijon, Saint-Apollinaire, Ruffey-les-Echirey et Ahuy passent dans la catégorie des gros bourgs).

L'évolution entre 1851 et 1954 est caractéristique de la mutation des campagnes françaises. Les espaces les plus éloignés des grands axes de circulation se vident progressivement de leurs habitants alors que les communes proches des villes conservent un certain dynamisme. Pourtant la carte de 1954 montre un certain tassement de l'exode rural qui préfigure les évolutions postérieures

Figure 105 : Population communale entre 1851 et 1954



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

3.1.2) Evolution entre 1954 et 1990

Les cartes de 1968 et 1975 mettent assez clairement en évidence les logiques de périurbanisation de l'aire urbaine dijonnaise, c'est en somme le processus inverse de ce qui a pu être observé pour les recensements précédents. Cette carte met en lumière assez nettement le contraste saisissant entre l'Est et l'Ouest, formant alors deux ensembles relativement homogènes. L'Ouest est toujours marqué par de faibles populations avec une très grande majorité de petits villages sur les plateaux et d'autres plus moyens dans la basse vallée de l'Ouche. Il est également bon de signaler que subsistent aussi de gros bourgs lorsque l'on se dirige vers Dijon. La situation de 1962 n'est pas fondamentalement différente de celle de 1954 puisque l'on se trouve, pour la majorité des communes, dans la catégorie inférieure.

Un phénomène intéressant apparaît toutefois dans la partie nord-est où s'observe une décroissance des populations. Les populations communales les plus importantes forment alors un cercle autour de Dijon décentré vers le Sud-Est. A l'intérieur de ce dernier apparaissent des communes aux populations plus massives (catégorie II), c'est-à-dire les gros bourgs ruraux, qui semblent obéir alors à une logique de type axiale. Les directions sud (côte viticole), sud-est (en gros les communes bordant l'actuelle D 968), nord-est (D 70) et nord (la N 74) alignent de multiples villages aux fortes populations. En s'approchant de Dijon, on perçoit une couronne de gros bourgs directement en relation avec anciennes et nouvelles communes urbaines. Ainsi, on peut remarquer la spectaculaire ascension des communes de l'Est dijonnais qui rentrent dans « le club urbain ». Il s'agit de Chevigny-Saint-Sauveur et Quetigny. Ces ex-bourgs ruraux bénéficient des plans d'urbanismes du début des années 1960 et sont en cela assez spécifiques. R.CHAPUIS¹¹⁹ (1982) a pu établir un bilan comparatif de l'expansion urbaine des deux communes de Chevigny-Saint-Sauveur et de Quetigny.

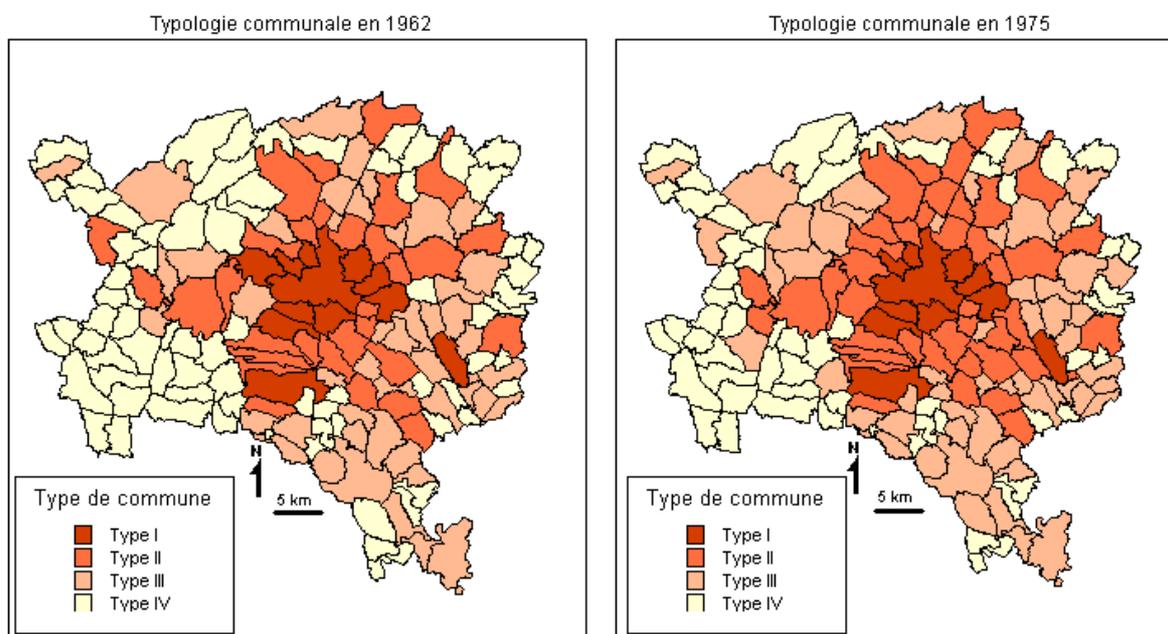
Commençons par Quetigny, très fortement encadrée dès le début des années 60. Avec 480 habitants en 1962, cette commune est loin d'être une ville et pourtant, dès 1959, un maire agriculteur décide d'urbaniser sa commune à 5 km de Dijon. Le pari est ambitieux, il s'agit de construire une cité dont la population devrait atteindre assez rapidement les 10 000 habitants avec une part réservée au collectif, de l'ordre de 60%. Pour ce faire, la mairie met en place un POS avant 1962 dans lequel une large place est réservée aux zones d'activités, à l'agriculture, aux espaces verts et à l'habitat. Le résultat de cette urbanisation aboutit à la constitution d'une ville, avec une très forte ségrégation entre un habitat de type collectif d'un côté d'un axe et, de l'autre, une majorité de pavillonnaire.

Le cas de Chevigny-Saint-Sauveur est sensiblement différent puisque la municipalité n'a contrôlé qu'une partie de l'urbanisation. Dans notre période de 1968 à 1975, l'extension urbaine s'est effectuée sous la forme de lotissements rétrocédés à des promoteurs sociaux. Cette solution a contribué à la formation d'un tissu fortement hétérogène mêlant 40% de collectif à 60% d'individuel. Notons que le POS n'a pas été publié avant 1976.

Pour revenir à notre propos initial, notons que d'autres communes sont venues s'adjoindre à cet ensemble suburbain : Saint-Apollinaire, qui n'a pas bénéficié d'un plan d'urbanisme strict et Marsannay-la-Côte qui n'est entrée que très récemment dans la COMADI.

¹¹⁹ « L'urbanisation de Quetigny et Chevigny-saint-sauveur : deux communes de l'agglomération dijonnaise », *Cahiers de géographie de Dijon*, n°14, p. 18-32

Figure 106 : Population communale en 1962 et 1975



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

En 1975, le processus de croissance s'est donc intensifié, produisant un accroissement des différentes communes et gommant en partie le décalage qui pouvait exister entre l'Est et l'Ouest.

On distingue toujours ce cercle de forte population décentrée vers le Sud-Est. Les communes du type I sont les mêmes que dans la carte de 1968, à savoir une partie des communes de l'actuelle COMADI plus les communes de Genlis et Gevrey-Chambertin. Ce qui frappe, lorsque l'on examine de près l'aire urbaine est le développement de la couronne du type II. On avait déjà pu l'observer en 1968 mais le phénomène restait limité aux communes contigües à la ville. A présent, on trouvera deux, voire trois rangées de gros bourgs, ce qui fixe la limite de cette première couronne périurbaine à 11, 12 km du centre. Au-delà se dégage un nouvel ensemble moins homogène où alternent type II, le long des infrastructures, et type III dans les zones plus à l'écart des couloirs de circulation. L'axialisation tend alors à se renforcer.

L'évolution de population communale confirme bien évidemment ce que nous avons pu observer avec les densités. Deux phases se sont alors succédées une première où s'exercent des forces centripètes et une seconde, au contraire, où apparaissent des mouvements de type centrifuge. Ces dynamiques sont également doublées par un phénomène transversal de suburbanisation. Quelles en sont les conséquences sur la carte de 1999 ?

3.1.3) Situation contemporaine au niveau des I.R.I.S. et des îlots

C'est à partir des I.R.I.S. que nous proposons d'analyser les populations dans l'aire urbaine dijonnaise. Il nous est alors possible de mettre en évidence un phénomène assez marqué de concentration des populations ainsi que le développement d'une périurbanisation dissymétrique.

Commençons tout d'abord par remarquer qu'en dépit de la croissance des communes de l'ouest et en particulier celles de la vallée de l'Ouche, il subsiste encore en 1999, une rupture assez importante entre l'Est et l'Ouest de l'aire urbaine. Les remarques qui ont pu être faites, à propos des cartes typologiques peuvent être réitérées en 1999, à savoir à l'ouest une opposition vallées encaissées et plateau. Notons à ce titre que toutes les communes les plus peuplées se trouvent dans les zones plates comme Velars-sur-Ouche, Fleurey-sur-Ouche ou encore Mâlain. Sur le plateau, on atteint généralement assez peu les 500 habitants.

De l'autre côté de la Côte se trouvent des communes en moyenne plus peuplées car bénéficiant sans doute d'une meilleure accessibilité à Dijon. La grande majorité des communes se trouve dans la classe 500-1000 habitants, ce qui a permis, dans les précédentes cartes, d'envisager une couronne périurbaine d'un rayon approximatif de 20 km.

D'un point de vue général, on peut distinguer trois couronnes, comme l'avait suggéré les études portant sur le périurbain du colloque d'Angers¹²⁰ :

- une première regroupe les communes de la banlieue dijonnaise où les populations des I.R.I.S. approchent les 2000 habitants. Elle forme un cercle dont le rayon approximatif est de 7 à 8 km
- une seconde est constituée des communes de la proche banlieue dijonnaise, les populations sont importantes puisque les chiffres oscillent entre 1000 et 2000 habitants. La limite peut être fixée à 10-12 km

¹²⁰ *Les périphéries urbaines, géographie sociale*

- enfin une troisième couronne combine de fortes populations pour quelques pôles isolés et plus généralement en ensemble de communes ayant des populations entre 500 et 1000 habitants. Une limite peut être fixée à 20 km. Au sein de cet ensemble les trois pôles de Genlis, Arc-sur-Tille et Gevrey-Chambertin se détachent.

L'analyse du centre urbain apporte un autre éclairage sur la répartition des populations puisque l'on peut alors mettre en évidence une organisation inégale à l'échelle de l'agglomération.

Il semble alors exister, comme pour les densités, « une organisation en grappe ». Le centre ville est de fait, comme nous l'avions montré dans la partie précédente, le siège de fortes populations, très concentrées donnant l'image d'un noyau relativement compact. A une certaine distance émergent les structures ponctuelles des Grésilles ou de la Fontaine d'Ouche puis, au-delà, on distingue de noyaux secondaires comme Talant, Quetigny, Chevigny-Saint-Sauveur ou encore Saint-Apollinaire.

En conséquence, les populations de l'aire urbaine dijonnaise semblent obéir à des logiques de type radiale. Depuis 1851, deux phases se sont succédées et ont fini par développer une organisation en trois couronnes concentriques. Nous proposons dans les deux paragraphes suivants de confirmer ces observations à travers les logiques de BUSSIERE.

3.2) Application du modèle statique de BUSSIERE

3.2.1) Méthodologie

L'obtention de populations cumulées en fonction de la distance au centre nécessite un certain nombre d'opérations sous EXCEL et MAPINFO que nous allons rapidement décrire.

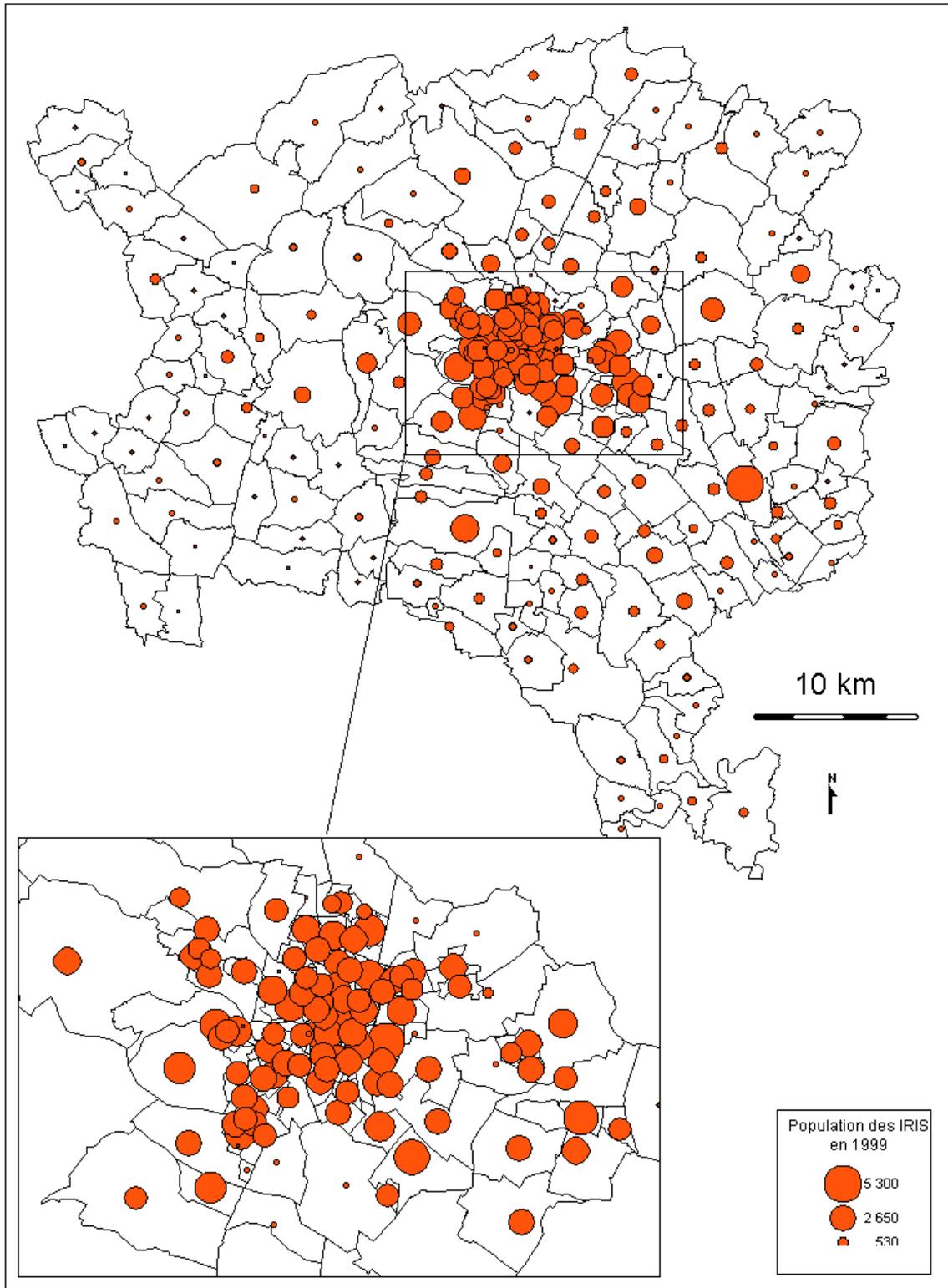
Dans un premier temps on doit calculer pour chaque unité spatiale la distance qui le sépare du centre ville fixé devant la mairie de Dijon. La formule utilisée reste la même que pour les densités. On exporte ensuite la base de données contenant les populations et la distance au centre sous EXCEL. En triant tout d'abord les données par la distance au centre, on dispose des populations pour chaque distance. Pour obtenir les populations cumulées, il suffit de réaliser des sommes de la population de l'unité plus toutes les populations précédentes pour chaque unité spatiale ou des pas définis au préalable. On dispose alors pour certaines distances des populations comprises entre le centre et la distance x .

Un nuage de point permet de mettre en évidence l'existence d'une relation entre distance au centre et populations cumulées. Le modèle de BUSSIERE classique ou amendé apparaît être un bon moyen de synthétiser l'information des points par une courbe. Pour construire un tel modèle, nous procéderons de la même manière, quelle que soit la nature de la fonction à ajuster.

Nous partons d'une feuille vierge dans laquelle nous introduisons une variable x oscillant entre 0 et 40 km avec un pas de 0.5 km (distance maximale de l'aire urbaine dijonnaise) puis, dans une seconde colonne, une formule faisant référence aux x et à des paramètres fixes définis plus loin dans la feuille de calcul. Nous recopions cette formule pour tous les x en veillant bien à ce que nous définissions des paramètres fixe (\$A\$1 par exemple)

Figure 107 :

Population des IRIS en 1999



Il suffit ensuite d'ajouter un nouveau nuage de points dans le graphique des populations cumulées qui est en réalité une courbe représentant le modèle.

Plus difficile est sans doute l'ajustement de la courbe qui peut être réalisé par tâtonnement, en modifiant les valeurs des paramètres et en vérifiant si le modèle s'ajuste aux données. Cette méthode itérative est simple mais présente l'inconvénient d'être imprécise et relativement longue si l'on ne sait *a priori* pas comment faire varier les paramètres pour obtenir le meilleur ajustement. C'est pourquoi, comme pour le modèle quadratique de la première partie, nous avons opté pour un ajustement automatique (estimation non-linéaire personnalisé annexe II) de STATISTICA. Un des avantages de cette méthode, et qui n'est pas le moindre, est la possibilité de vérifier la qualité de l'ajustement par un coefficient de corrélation. La méthode retenue est toujours la même, à savoir celle des moindres carrés suivi par des analyses de type SIMPLEX ou QUASI NEWTON, selon les modèles à ajuster.

Nous avons procédé ainsi pour plusieurs dates et à plusieurs échelles.

Commençons par décrire le modèle de BUSSIERE au niveau de l'agglomération par le biais des îlots.

3.2.2) Description du modèle de BUSSIERE

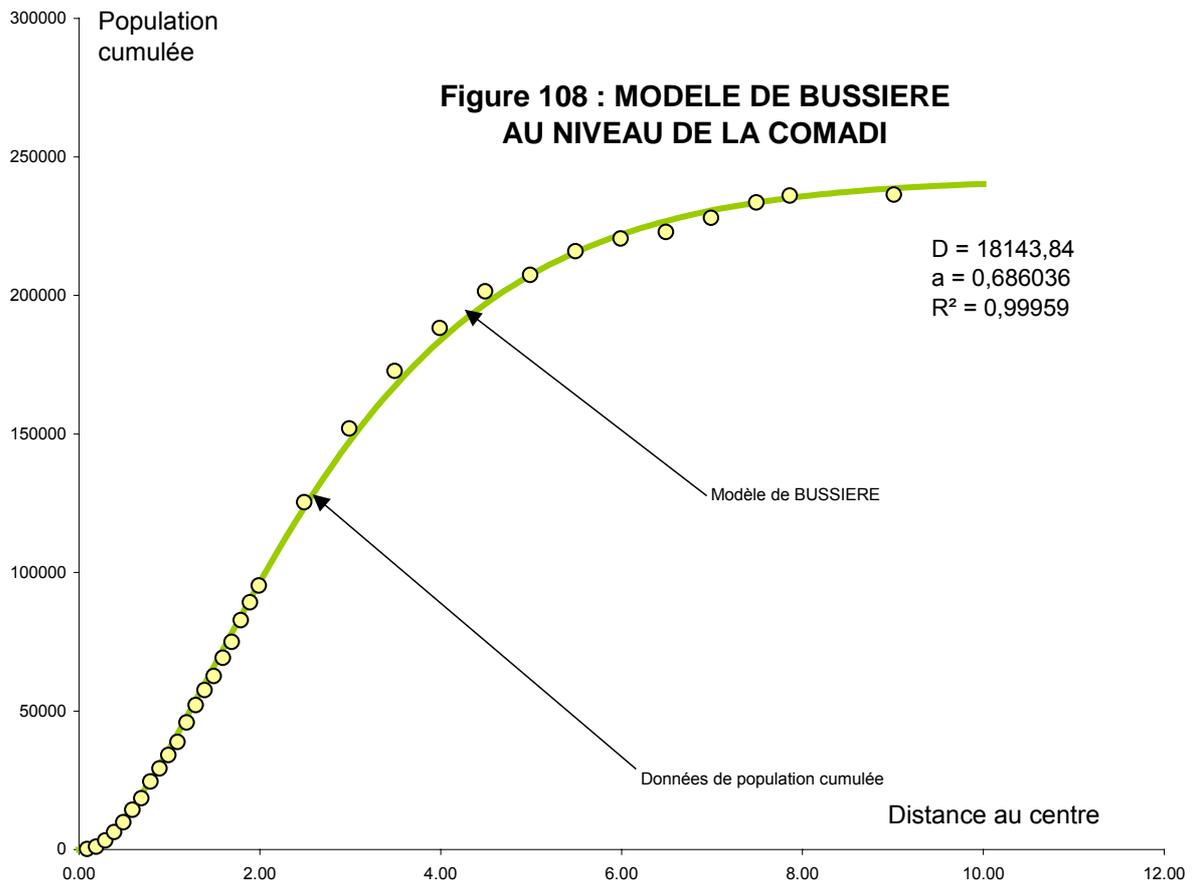
La première remarque que nous ferons tient au coefficient de détermination extrêmement fort de 0.999959, ce qui signifie que l'agglomération dijonnaise répond pratiquement à 100% au modèle.

Détaillons à présent les grandes structures que recèle le modèle de BUSSIERE. Il semble, d'après le graphique, que la croissance des populations soit soutenue entre 0 et 5 km puis se ralentisse pour finalement tendre vers une asymptote à 9 km du centre.

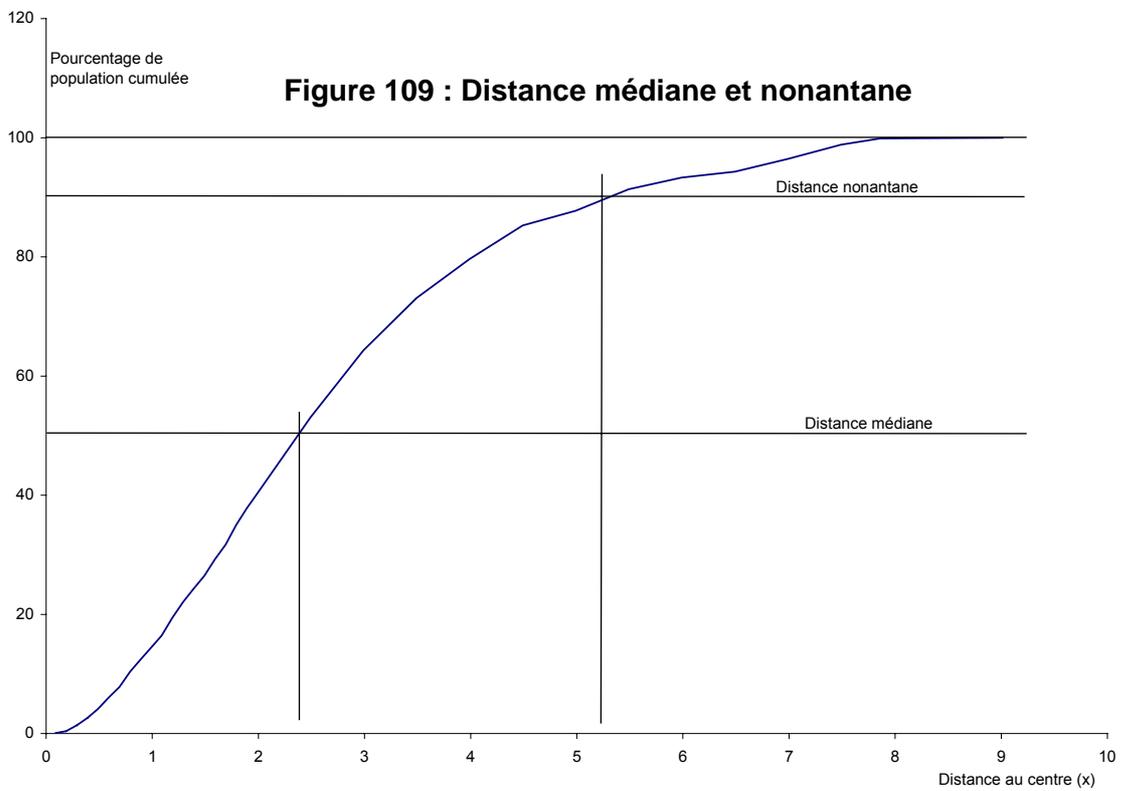
Du centre vers la périphérie, les populations cumulées présentent une partie de type quadratique à proximité des secteurs les plus proches de la place de la libération. Les zones entre 0 et 3 km vont donc concentrer la plus grande partie de la population. Pour comprendre un peu mieux l'organisation des populations au sein de l'espace urbain dijonnais, essayons de construire un graphique comparable à ce que B.NICOT¹²¹ avait pu proposer. Pour cela, il nous a suffi de calculer le quotient de la population cumulée sur la population totale pour savoir en pourcentage quelle place occupe chaque distance.

Les résultats sont assez éclairants car il nous permettent de confirmer le fait que le centre ville reste sans conteste, tout du moins pour les populations, une place résidentielle essentielle (ce que les barycentres nous avaient par ailleurs montré). La limite médiane se positionne à 2.4 km du centre, périmètre à l'intérieur duquel on trouvera 50% de la population de la totalité de l'agglomération. Pour montrer que la population reste assez concentrée dans la ville de Dijon, constatons que la distance nonantane (c'est-à-dire 90% de la population de l'agglomération) est contenue dans un périmètre à moins de 5.2 km du centre, ce qui représente un peu plus de la moitié de la distance totale à laquelle s'observe l'asymptote : Dijon est donc bien une ville concentrée.

¹²¹ « Une mesure de l'étalement en France 82-90 », *Revue d'économie régionale et urbaine*, n°1, p. 71-98



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

On le voit bien, le modèle fonctionne également à cette échelle avec un coefficient de détermination qui frôle les 100%, ce qui implique que les données de population répondent pratiquement en totalité à la logique de BUSSIERE. Notons tout de même que l'imprécision des données a pour conséquence, en comparaison avec les données au niveau des îlots, de donner un coefficient de détermination légèrement plus faible, ce qui ne remet toutefois pas en cause la validité du modèle.

La principale différence entre les deux échelles tient aux valeurs prises par les paramètres. Alors que les îlots nous donnaient 18143 habitants par km² au centre, les IRIS fixent D à 16862. En conséquence, le gradient est plus faible pour la courbe des IRIS (0.65) que pour celle des îlots (0.68).

Nous pouvons donc conclure, en observant que plus la précision des données est importante, meilleur est l'ajustement du modèle de BUSSIERE, ce qui montre bien que Dijon apparaît, semble t-il, comme un cas d'école.

3.2.3) Description du modèle amendé

Le modèle amendé permet contrairement au modèle de BUSSIERE classique de prendre en compte l'espace périurbain. Nous pouvons alors l'appliquer à la totalité de l'aire urbaine.

Nous avons de ce fait divisé les communes du centre de l'aire urbaine en les remplaçant par les I.R.I.S. de la COMADI

Cette nouvelle fonction semble s'ajuster également aussi bien au centre qu'à la périphérie avec un coefficient de détermination de 0.99518, ce qui est extrêmement fort. Les deux milieux urbains et périurbains sont clairement mis en évidence dans une logique où la croissance des populations urbaines est non-linéaire et suit plutôt une logique de type quadratique, alors que la progression périphérique est d'ordre linéaire. Ce double profil est pour BONNAFOUS la conséquence des coûts de transports et donc des temps d'accès.

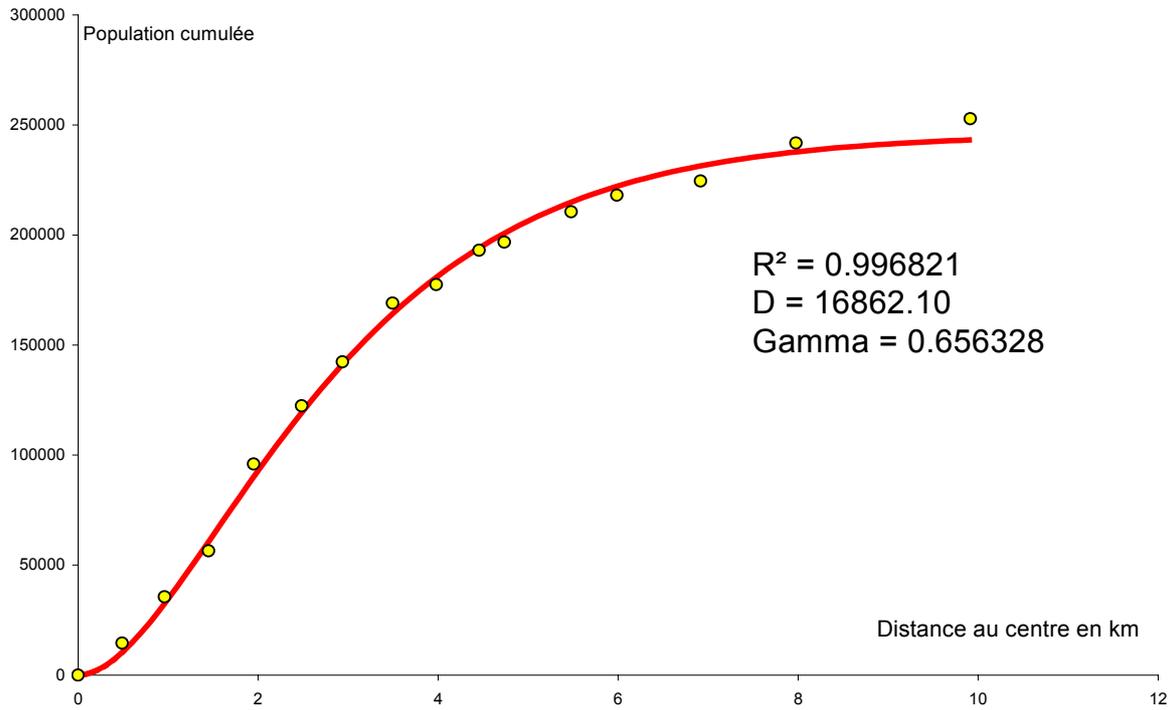
En examinant de plus près le modèle, on décèle tout de même de très légères variations autour de la fonction. L'analyse des résidus permet alors de critiquer une organisation qui ne serait que concentrique.

Au niveau de l'aire urbaine tout d'abord, il convient de signaler les quatre grandes couronnes de forts résidus :

- entre 2.5 et 4.5
- entre 7 et 8 km
- entre 15 et 25
- entre 30 et 35 km

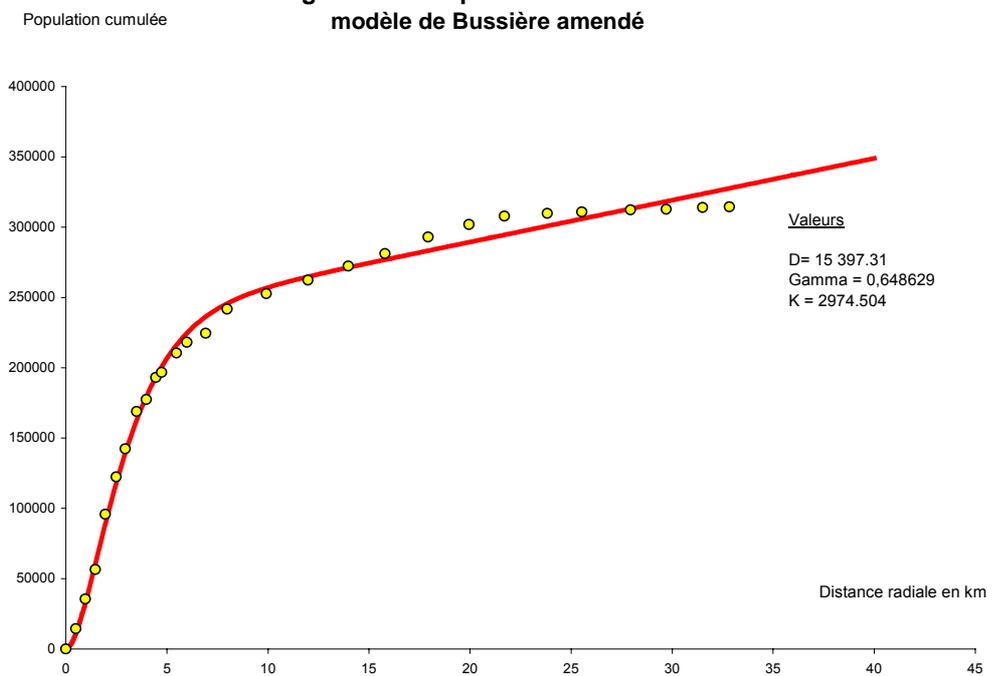
Les plus forts résidus se situent entre 15 et 25 km du centre dans des espaces où le modèle de BUSSIERE amendé sous évalue les populations. Il s'agit des zones où se trouvent les pôles secondaires de Genlis, Arc-sur-Tille ou Gevrey-Chambertin. Par ailleurs, les populations des villages sont plus importantes en moyenne que ce que le modèle de BUSSIERE aurait pu prévoir.

**Figure 110 : Populations cumulées
modèle de Bussière au niveau des IRIS**



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

**Figure 111 : Populations cumulées
modèle de Bussière amendé**



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

Au-delà de la limite des 30 km, le modèle répond également moins bien aux données car on rentre alors dans des zones de faibles densités où les populations sont certainement moins périurbaines. Le profil linéaire tend donc à s'affaiblir pour se rapprocher d'une asymptote horizontale (cette tendance est visible dès la barre des 25 km). En conséquence, le modèle majore les populations de cette zone.

Par les parties les plus centrales de l'aire urbaine, nous raisonnerons sur les résidus au modèle de BUSSIERE classique au niveau des îlots. Il se dégage deux couronnes où les résidus sont les plus importants : entre 2.5 et 4.5 km et entre 6 et 7 km.

Entre 2.5 et 4.5 km, les populations sont minorées par le modèle qui prend ainsi moins bien en compte les zones où existent les pics de densité. Autrement dit, le modèle est moins représentatif en raison des pôles de densité.

A l'inverse, au-delà de 7 km, existe un vide relatif qui se caractérise au niveau des résidus par une majoration du modèle.

Enfin, et c'est le dernier point, les populations sont également majorées à proximité du centre, même si l'écart reste très minime. Plus importante est la pente des résidus qui tend à montrer que le modèle de BUSSIERE n'est peut être pas le meilleur, même pour la partie centrale, conséquence d'un gradient de densité probablement différent de la logique de CLARK, ce qui explique cette décroissance progressive de la pente et ainsi un écart au modèle à mesure que l'on s'éloigne du centre. La pente des densités devrait être plus raide (cf modèle de NEWLING et modèle de BUSSIERE quadratique annexe VII).

Compte tenu de l'ensemble de ces remarques, on est en droit de se poser la question de la validité du modèle de BUSSIERE sur l'ensemble de l'aire urbaine. Les pics et pôles secondaires de densité ne remettent-ils pas en cause cette fonction ? la pente est-elle correcte ?

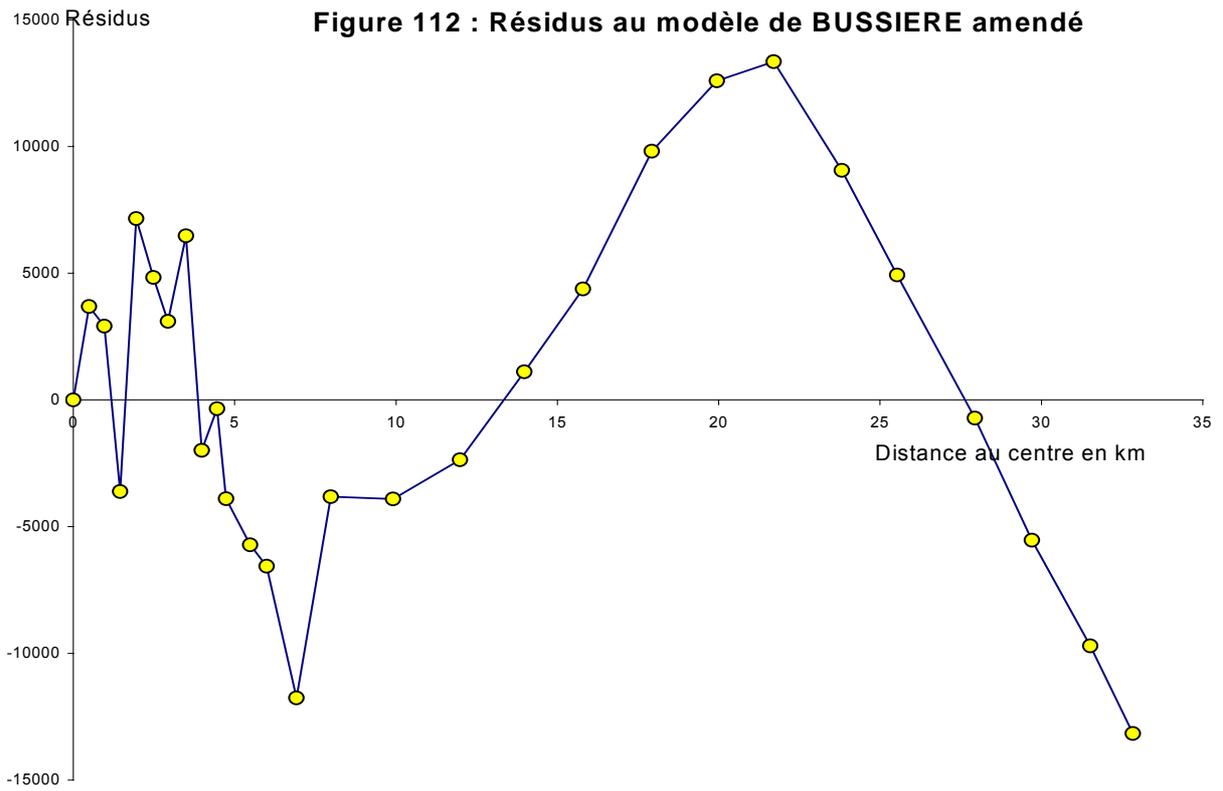
Si, *a priori*, les coefficients de détermination sont hors de toute critique, on peut tout de même s'interroger sur la signification locale.

Nous avons ainsi vu dans la partie précédente que le modèle de CLARK n'était peut-être pas aussi adapté qu'il pouvait le laisser paraître. D'autre part, nous avons également mis en évidence le polycentrisme dijonnaise, ce qui, *a priori*, va *a contrario* d'une application quelconque du modèle de BUSSIERE qui, malgré tout, fonctionne en dehors de quelques résidus. Comment l'expliquer ?

Pour cela, nous devons rappeler que l'agglomération dijonnaise est très fortement dissymétrique et que l'Est, s'opposant ainsi à l'Ouest, répond en grande partie à la logique de CLARK ou de NEWLING. De ce fait, le modèle de BUSSIERE, en tant que moyenne, s'ajuste à l'ensemble de l'espace alors qu'il ne devrait être appliqué que pour les secteurs vérifiant les modèles monocentriques de densité

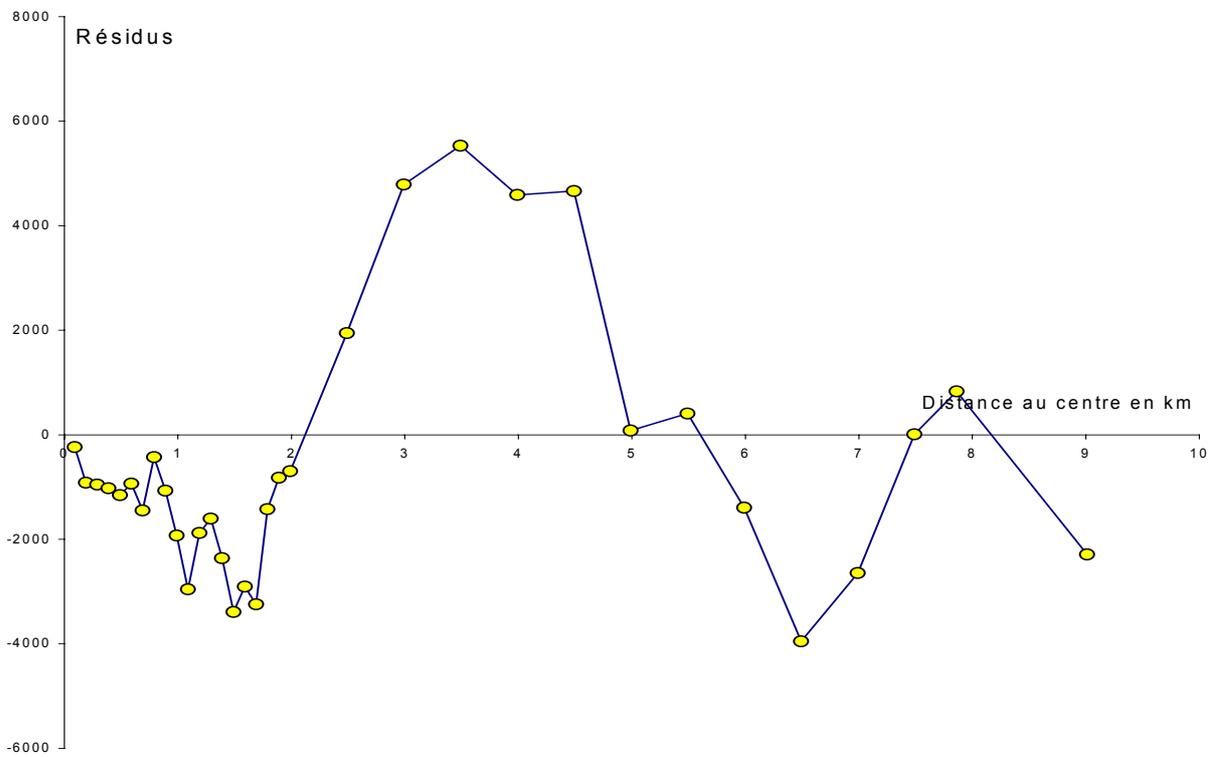
En suivant cette idée, nous proposons donc de reconstruire un modèle de BUSSIERE mais qui ne s'appliquerait qu'au secteur défini dans la partie précédente, autrement dit de considérer un angle de $25\pi/36$ au lieu de 2π .

L'application est strictement identique à ce qui a pu être fait par ailleurs, à l'exception des données qui sont alors sélectionnées par une requête SQL multicouche.



C.ENAULT Laboratoire THEMA

Figure 113 : Résidus au modèle de BUSSIERE



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

3.2.4) Application du modèle amendé sectorisé

Le modèle sectorisé prend comme hypothèse que les espaces sont organisés en secteurs : que le modèle concentrique ne s'applique que pour certains d'entre eux.

Dans la partie précédente, nous avons montré qu'il existait un angle de $25\pi/36$ où il était possible d'envisager une logique radiale de type concentrique et ainsi d'appliquer le modèle de BUSSIÈRE reposant sur cette hypothèse.

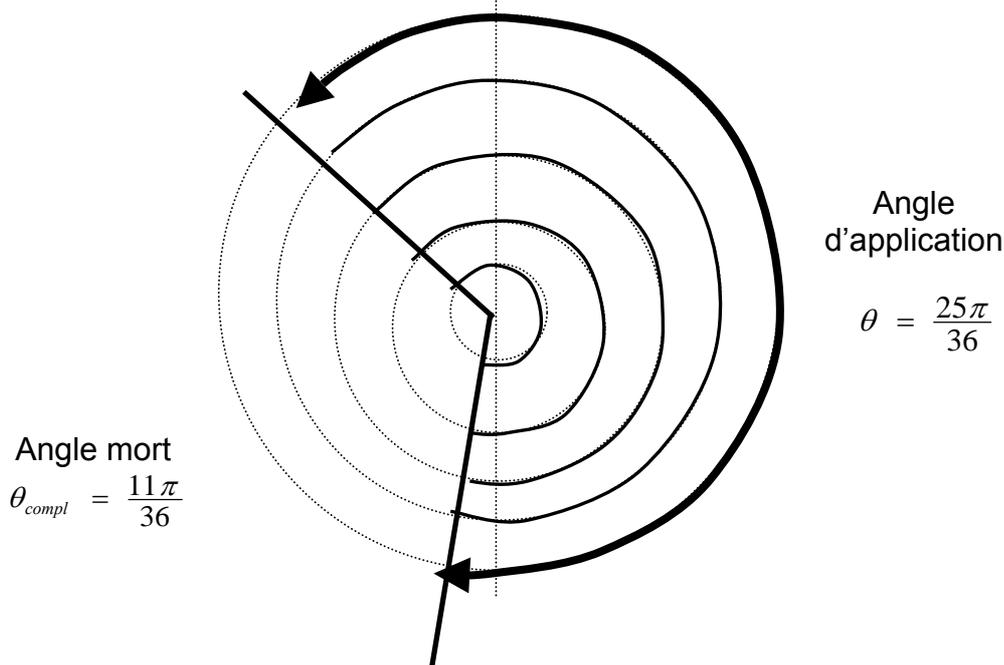
L'application n'est envisageable que si l'on considère alors une variante de BUSSIÈRE déjà proposée par MILLS (1970). Nous pouvons proposer un modèle de BUSSIÈRE sectorisé (voir annexe IV) enrichi de l'amendement Kx de BONNAFOUS(1994) donnant l'expression suivante :

$$P(x) = \frac{\theta D}{\gamma^2} \left(1 - (1 + \gamma x) e^{-\gamma x} \right) + Kx \quad (46)$$

On remplace alors θ par $25\pi/36$ soit :

$$P(x) = \frac{25\pi D}{36\gamma^2} \left(1 - (1 + \gamma x) e^{-\gamma x} \right) + Kx \quad (47)$$

Figure 114 : angle d'application du modèle de BUSSIÈRE



Le modèle sectorisé s'ajuste tout aussi bien aux données que le modèle amendé (le coefficient de détermination est de 0.99072, soit 99% de la variance expliquée par le modèle) mais son champ d'application est, semble-t-il, plus fiable.

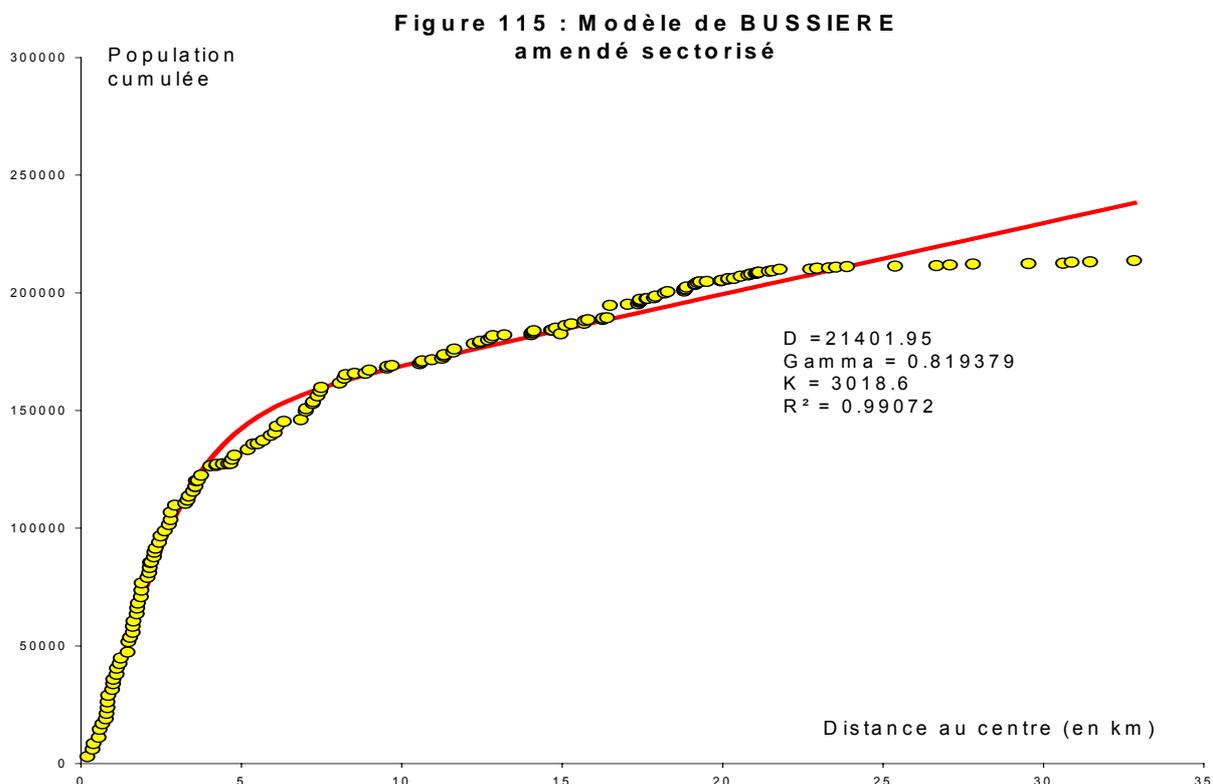
En dehors du modèle en lui-même, l'analyse des résidus est plus intéressante car elle nous permet d'approcher de nouveaux éléments que nous avons pu ignorer ou analyser superficiellement jusqu'à présent.

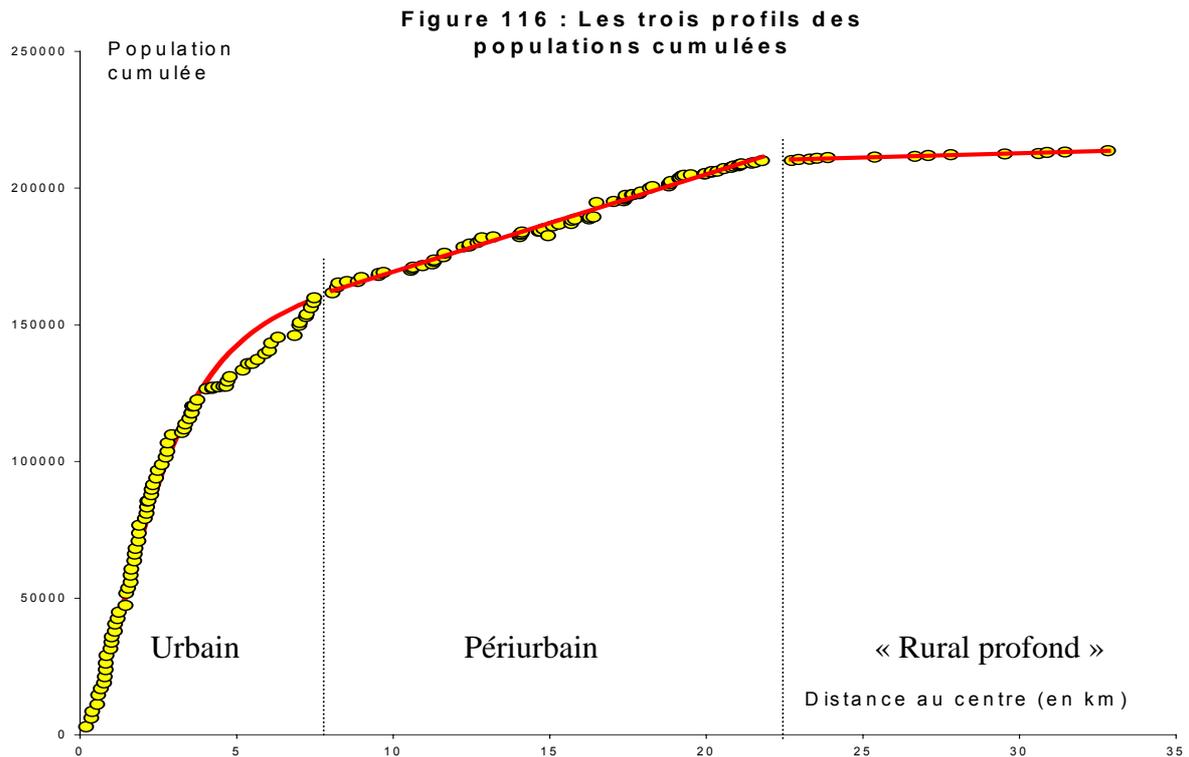
Les résidus oscillent généralement entre plus ou moins 5000, bien que toutefois il puissent dépasser ces deux bornes dans un sens ou dans l'autre.

Ainsi une première infraction est décelable entre 4 et 8 km où le modèle sectorisé tend à majorer les populations cumulées ; cela est parfaitement explicable par la répartition non-uniforme des populations au sein de cette couronne. Il existe alors une organisation où se mêlent espaces vides et zones urbanisées (la campagne s'intercale avec les villes). Notons également l'importance dans cette zone du phénomène d'*Edge Cities* avec le développement de vaste zones commerciales, limitant par conséquent l'expansion de espaces bâtis. Par ailleurs, on trouve dans cette couronne de nombreuses routes et infrastructures de gros gabarit (rocales...). Cette situation est extrêmement marquée dans l'ouest de l'agglomération avec les villes de Chevigny-Saint-Sauveur, Quetigny ou Saint-Apollinaire où l'on peut observer une interpénétration très forte entre campagne et zones bâties. Au regard des territoires entièrement urbains du centre de l'agglomération, ces espaces apparaissent moins peuplés, ce qui se caractérise au niveau des populations cumulées par une légère rupture : une majoration du modèle.

Pour que l'on puisse à nouveau constater une infraction au modèle, il faut attendre la barre des 18 km et ce, jusqu'à 22 km. Les résidus varient autour de 5000, ce qui n'est tout de même pas extraordinaire. Plus importante est la rupture au-delà de 25 km. Notre courbe prévoit une croissance des populations cumulées linéaire selon un gradient fixe. Or, à partir de cette distance, il semble qu'il existe un infléchissement des données. Cela s'explique par la forme de l'aire urbaine qui, à partir de 22 km, n'est plus totalement circulaire et présente donc des lacunes ; les populations cumulées ne se fondent alors que sur une petite partie de la couronne 22/36 km, cela explique que les populations progressent faiblement, voire stagnent. Une autre raison majeure du non-ajustement de cette partie est le passage d'un espace périurbain à une zone « rurale profonde ».

Nous pouvons par conséquent produire un graphique composé d'une suite de modèles pour ajuster les populations cumulées (figure 116).





D'un point de vue purement statique, l'ensemble de ces modèles permet de dégager une organisation de l'urbain et du périurbain dijonnais de type concentrique selon un certain angle. Dijon suit un profil qui correspond à BUSSIERE, ce qui fait de cette ville une nouvelle fois un cas exemplaire : une agglomération certes dissymétrique mais qui, dans sa partie est, est tout à fait représentative du modèle radioconcentrique d'inspiration THUNEN-ALONSO.

Quelles peuvent être les futures limites citadines, quelle est la logique d'étalement de la ville de Dijon, est-ce de ce point de vue également un cas d'école? L'ensemble de ces questions peut trouver des réponses avec le modèle dynamique de BUSSIERE.

3.3) Modèle dynamique

3.3.1) Méthode

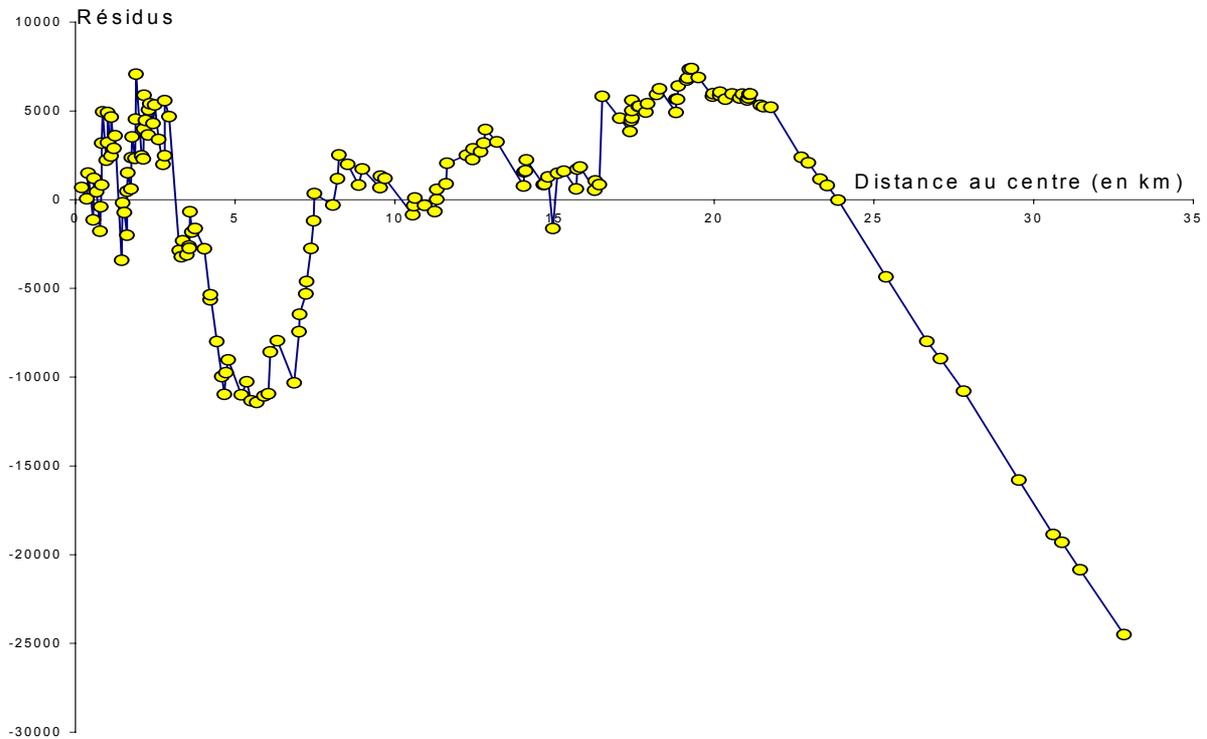
L'application du modèle de BUSSIERE dynamique nécessite l'usage de données à différentes dates, ce dont nous ne disposons pas au niveau des îlots et des I.R.I.S., Par conséquent, nous raisonnerons sur les chiffres de population par commune, valeurs certes contestables pour ce genre d'étude requérant une certaine précision, mais uniques.

Le premier travail est alors de calculer les populations cumulées pour chaque date et d'essayer d'ajuster le modèle de BUSSIERE amendé ; cela nous fournit l'ensemble des paramètres. On procède alors à une dynamisation du gradient de densité en envisageant que ce dernier tend à décroître avec le temps de

manière exponentielle selon la relation (20) soit $\gamma_t = \gamma_0 e^{-\alpha t}$

On peut établir ensuite une régression linéaire entre le paramètre γ_t et la densité au centre et également avec le coefficient K . En projetant l'ensemble des courbes et des droites, on peut prévoir les évolutions à 20 ou 30 ans.

Figure 117 : Analyse des résidus



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

Nous proposons d'évaluer les différents gradients pour le domaine d'application du modèle de BUSSIERE, à savoir l'angle de la partie précédente.

La figure 118 nous montre bien que la régression exponentielle semble parfaitement adaptée compte tenu du coefficient de détermination de 0.9607, soit 96% de la variance expliquée.

Il est alors possible, en admettant que le gradient de densité, suive la même tendance dans le futur de projeter le paramètre à 20 ou 30 ans, c'est-à-dire en 2020, 2030.

Les valeurs du modèle sectorisé descendent alors en-dessous de la barre de 1.

En prenant à présent le paramètre γ en abscisse et les facteurs D et K en ordonnée, il devient possible de mettre en évidence des regressions linéaires.

Une première en D et γ fait apparaître une très forte corrélation entre les deux variables puisque le coefficient de détermination est de 0.9911. Plus contestable est la corrélation entre γ et K puisque l'on peut faire alors apparaître deux droites de régression : une première pour les années entre 1936 et 1962 et une seconde entre 1968 et 1999. Cette opposition est en réalité tout à fait plausible compte tenu des périodes. Durant la première moitié du siècle, le milieu rural est sujet à l'exode rural, ce qui se caractérise par une très lente évolution démographique des espaces, soit un paramètre K en très faible augmentation.

A partir du milieu des années 1960, les populations commencent à s'installer dans le périurbain et le phénomène tend à s'intensifier. En conséquence, le paramètre K est en rapide évolution, d'où une seconde droite de régression nettement plus pentue avec un coefficient de détermination de 0.9914.

Pour dynamiser le modèle de BUSSIERE, il suffit de prendre les projections du paramètre γ et de les faire correspondre avec les modèles de régression linéaires des deux autres variables.

On peut alors présenter les courbes résultantes. La dynamique du modèle met en évidence la logique énoncée par BUSSIERE, à savoir un éloignement du point de faible variation et un rééquilibrage de la fonction au cours du temps. Les populations cumulées tendent à diminuer vers le centre alors que la périphérie accroît ses effectifs.

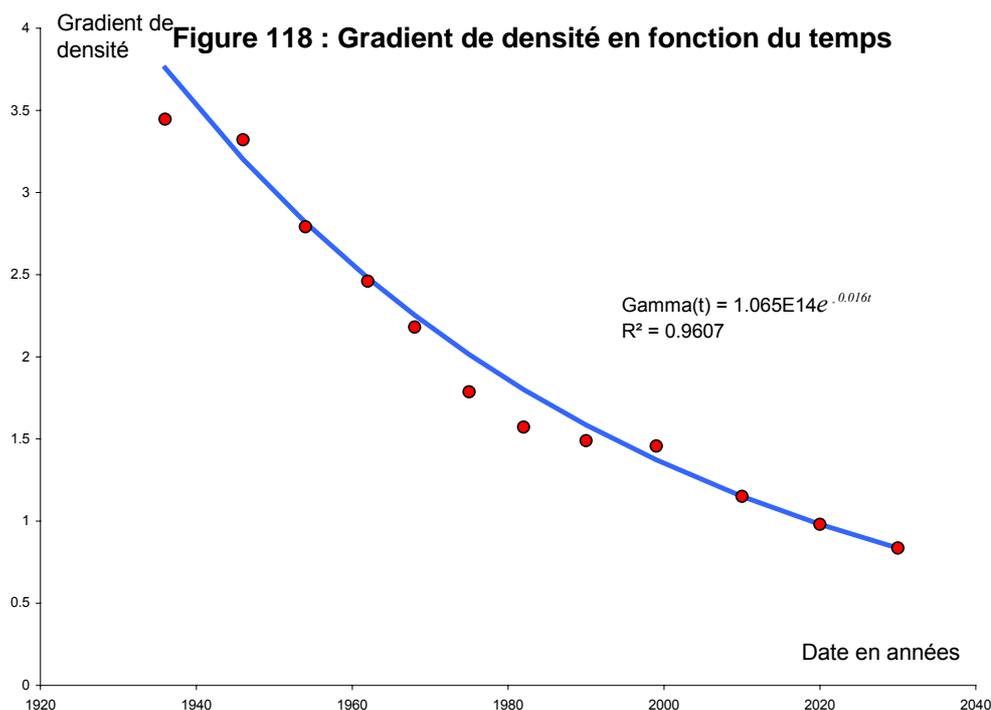
Si la tendance à l'augmentation des populations dans les espaces périurbains se confirme, on peut projeter les courbes en 2010, 2020 et 2030. Rappelons que ces courbes prédictives sont fortement sujettes à la dynamiques des espaces urbains et périurbains et supposent alors que les phénomènes actuelles se poursuivent.

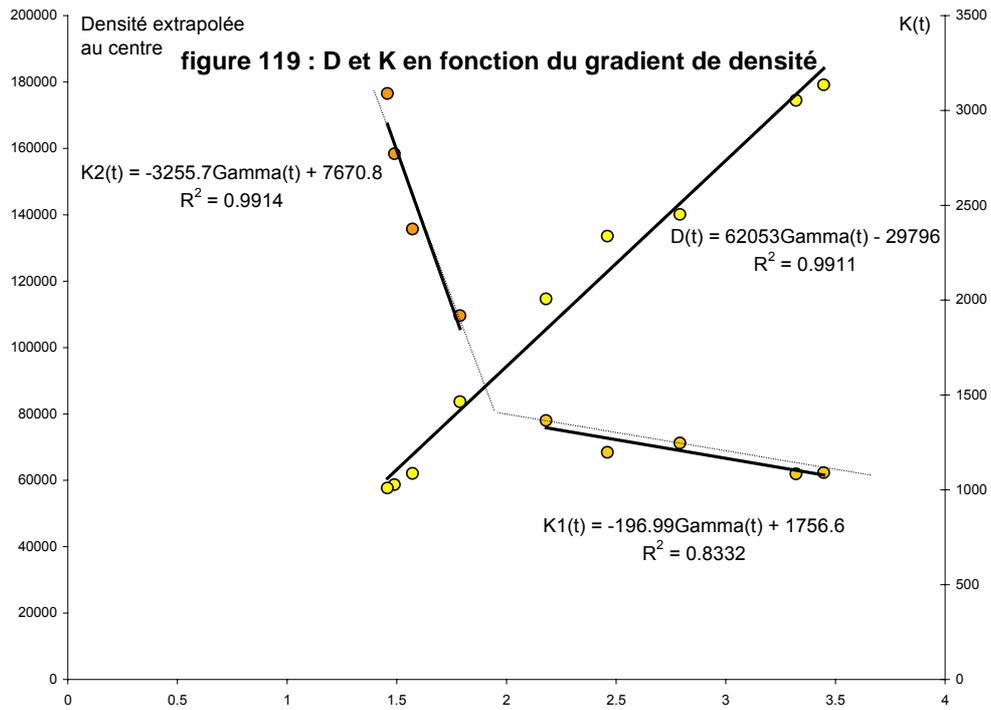
A partir de ces courbes, on peut définir les logiques de l'étalement urbain.

3.3.2) Les logiques de l'étalement urbain dijonnais

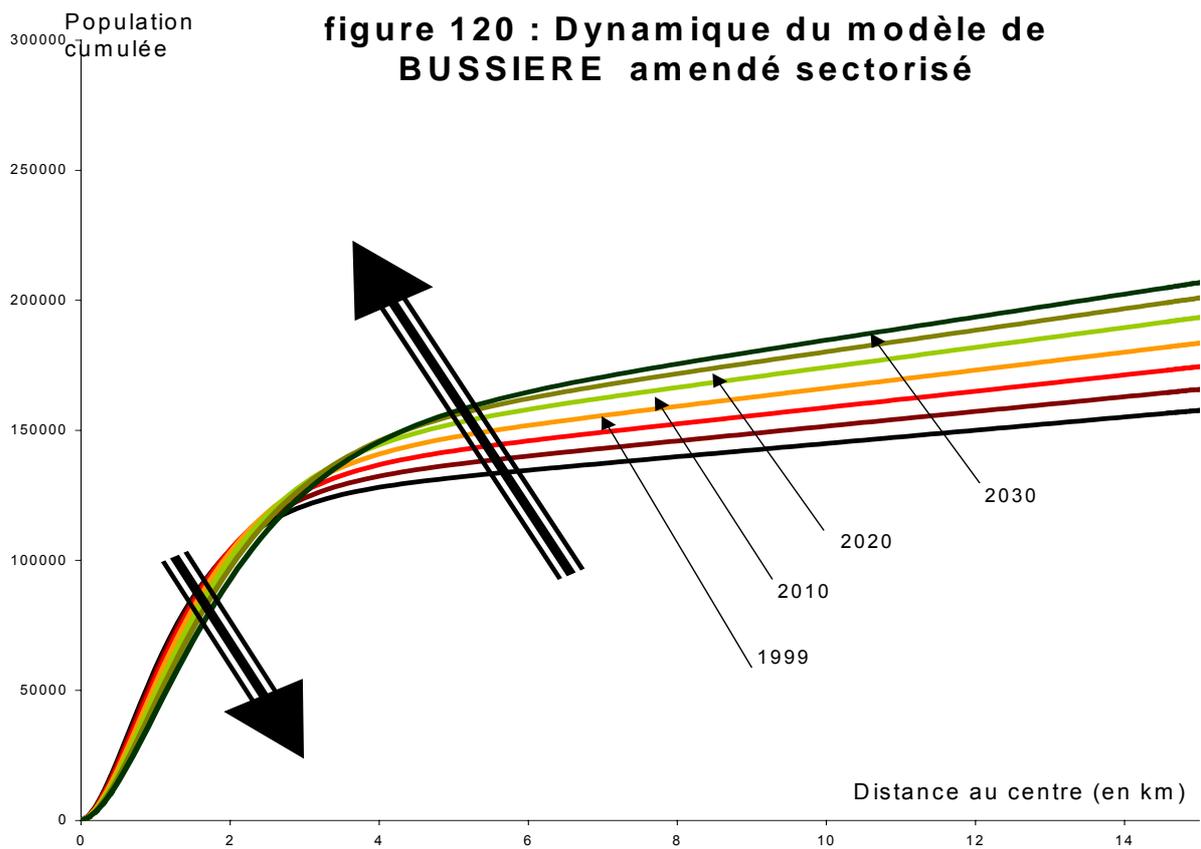
Si l'on retranche les populations cumulées entre deux dates, on peut déterminer les formes de l'étalement urbain (TABOURIN 1996). Une première analyse globale entre 1975 et 2030 (modèle projeté) permet de montrer que l'aire urbaine de Dijon répond à la forme la plus classique de la croissance urbaine, à savoir une croissance par altération du noyau et concrétion de la périphérie, encore une fois, il s'agit d'un cas d'école.

La partie A de la courbe s'étend jusqu'à 1.5 km du centre, distance au-delà de laquelle la différence de population cumulée recommence à croître. Cela signifie que la perte de population a été, et sera, la plus importante pour la distance de 1.5km, c'est-à-dire dans les faubourgs urbains.

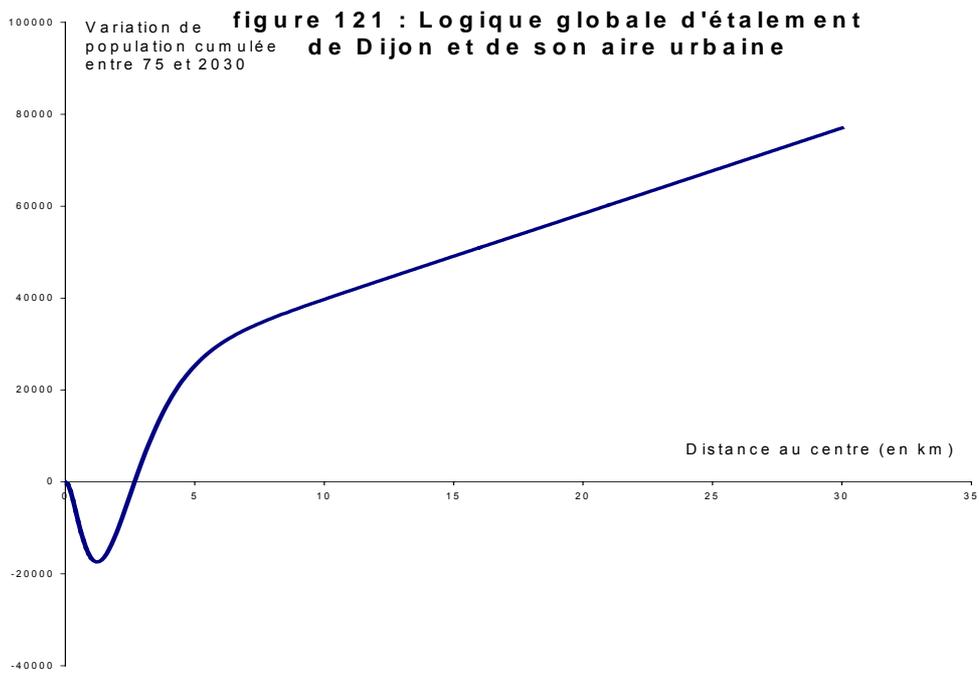




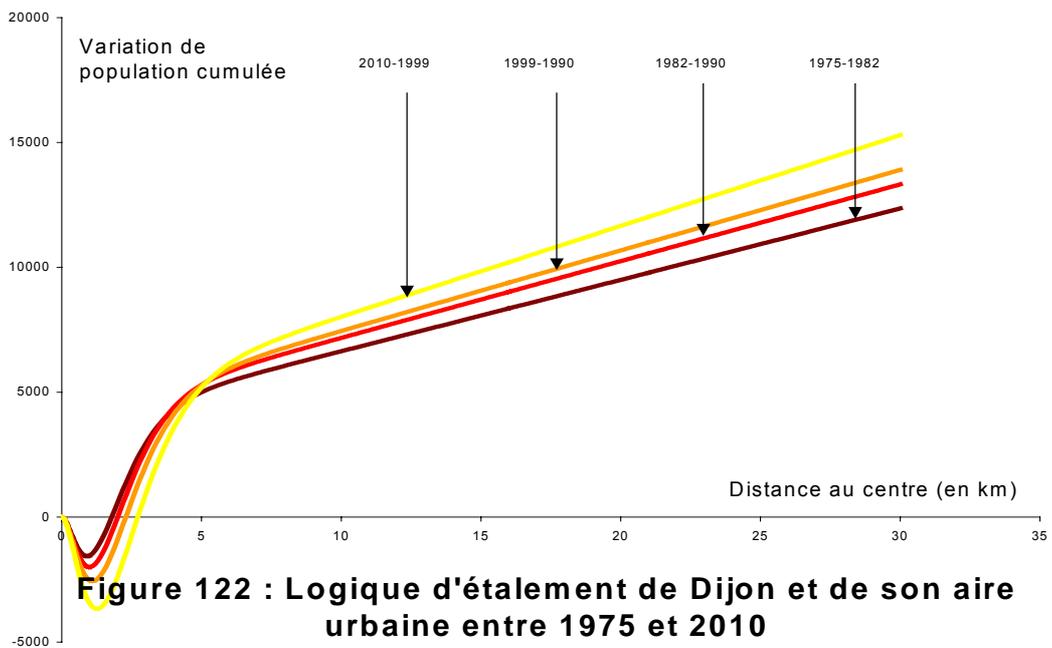
C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

A noter que la décroissance sera aussi manifeste dans le centre historique, bien que moindre que celle des faubourgs. On peut estimer que la perte de population existera jusqu'à une distance de 2.5 km. Cette étude à partir des courbes peut être plus ou moins confirmée par l'observation de la tendance actuelle de l'agglomération et des profondes mutations qui sont en train de voir le jour.

Le centre ville, bien que très peuplé est à l'heure actuelle, et probablement dans un futur proche, restera tel qu'il est, ce qui, sans rénovation de grande ampleur (Une seule opération de rénovation très contrôlée a été entreprise dans le centre : quartier de Guise), ne peut qu'entraîner une stagnation ou une perte de population. La rénovation des faubourgs est aujourd'hui pratiquement terminée et, là encore, il semble peu probable que de nouvelles grandes opérations y soient entreprises. En somme, et c'est la tendance actuelle, la densification du tissu urbain ne peut s'effectuer qu'au-delà d'une certaine distance où il est encore relativement plastique. De très nombreuses opérations immobilières sont en train d'être réalisées dans le quartier des universités. Ailleurs, le phénomène existe également bien qu'il y soit moins marqué. On peut supposer que cette tendance à la densification va se renforcer à partir de 2.5 km du centre et jusqu'à une distance approximative de 6 km.

La partie C de la courbe met clairement en évidence cet accroissement des populations qui sera d'autant plus important que l'on sera loin du centre. Ainsi les grandes opérations d'urbanisme seront sans doute abondantes dans les communes de banlieue ; cela est bien sûr déjà observable mais cette tendance sera sans doute encore plus marquée. L'agglomération devrait encore plus étendre sa surface. En somme, si l'on raisonne en terme de densité, le cratère central, aujourd'hui peu marqué, devrait s'accroître et inclure en plus du centre historique les faubourgs qui sont aujourd'hui les espaces de forte densité du centre. Le front de croissance des densités devrait donc s'éloigner du centre. En revanche peut-être allons nous observer à un certain retour dans l'agglomération ou, du moins, à un regain de dynamisme de la couronne 2.5-6km ? Le périurbain, quant à lui, devrait poursuivre sa croissance au rythme actuel. L'augmentation des populations devrait y être sensible.

En examinant de plus près l'évolution des populations cumulées, on peut constater deux phénomènes majeurs :

- 1) l'altération du noyau central s'intensifie avec le temps. Le point où gain et perte s'équilibrent tend de ce fait à s'éloigner et le cratère à se creuser.
- 2) la limite entre urbain et périurbain s'éloigne également du centre.

Les différentes périodes sont conformes à la logique globale et ainsi répondent à une croissance par altération et concrétion, logique la plus commune pour une ville.

Le modèle de BUSSIERE est incontestablement une référence pour la mesure de l'étalement urbain.

D'abord utilisé à des fins statistiques, pour l'estimation de paramètres, il fut repris en 1972 par R.BUSSIERE qui lui donna un fondement théorique en posant clairement les hypothèses qui le sous-tendaient. Ces investigations permirent à l'auteur d'envisager le phénomène d'étalement urbain pour les agglomérations dans un premier temps et, plus tard, avec les apports de A.BONNAFOUS et E.TABOURIN, pour les espaces périurbains.

Dans le même temps, les deux modèles ont pu être dynamisés afin d'évaluer correctement un phénomène d'étalement largement diachronique.

Testé sur de nombreuses agglomérations américaines et européennes, le modèle s'est avéré particulièrement robuste. Plus récemment, E.TABOURIN et A.BONNAFOUS ont tenté une application sur l'aire lyonnaise avec succès. Il restait à appliquer le modèle à des villes de plus petite taille comme Dijon, ce que nous avons fait. Il est apparu que la fonction résistait à nouveau s'ajustant de façon exemplaire aux données de population même si nous avons montré dans la partie précédente que certaines hypothèses étaient invalidées. Cela nous a conduit à envisager un modèle sectorisé, s'ajustant naturellement parfaitement.

D'autres critiques peuvent être émises quant aux significations de la courbe. Parle-t-on réellement de l'étalement et non de la déconcentration ? Est-il préférable de s'intéresser à la morphologie, à savoir l'emprise au sol ? Telle est la question qui nous a mené à envisager une autre notion : la dilution.

Chapitre 6 : La dilution

urbaine, une autre notion

pour l'étalement urbain

Les études sur les densités de population ont permis d'approcher la structure urbaine mais également d'aller jusqu'à la prospective. L'étalement se poursuivra-t-il, engendrant toujours plus de congestion au centre et une dispersion plus massive des populations dans les campagnes et banlieues les plus lointaines ?

Sous nos yeux, cette ville émergente¹²² s'étend et sa physionomie se modifie, intégrant davantage d'espaces ruraux et de territoires urbains plus « lâches ». Au niveau global, s'observe certes une densification avec une croissance du nombre d'individus par commune, mais en revanche, une dédensification lorsque l'on envisage la densité nette. La production surfacique urbaine semble plus aérée et les anciennes zones urbanisées se dédensifient, il n'est alors pas étonnant qu'à croissance de population constante s'observe une augmentation plus importante de la surface urbaine. G.MERCIER, G.SENECAL et P.ANDRE¹²³ (1994) remarquaient : « Comme Babel, la ville contemporaine semble sous l'emprise d'une puissance qui la disperse. Naguère signe de prospérité, l'étalement urbain apparaît aujourd'hui comme la source de graves problèmes. ».

L'étalement urbain produit ainsi un bâti toujours plus lacunaire, si bien que la ville tend à construire une aire urbaine désagrégée qui, à bien des égards, apparaît plus rurale qu'urbaine même si le centre en contrôle le destin. Les populations se dispersent, le bâti se recompose, le rural, quand à lui, se rapproche de la cité et la ville se rapproche de la campagne. On obtient ainsi une sorte de résultat hybride ni vraiment urbain, ni vraiment rural, une ville-campagne qu'il est possible de qualifier de diluée.

L'idée d'un continuum entre ville et campagne n'est pas nouvelle, c'est ainsi qu'A.BERGER et J.ROUZIER¹²⁴ ont pu montrer, dès la fin des années 1970, la négation du concept de rupture qui, traditionnellement, séparait les deux mondes. La ville, lieu des services publics, des commerces et de l'industrie, tendait à concentrer les surplus agricoles et attirait la main-d'œuvre des campagnes avoisinantes ; puis, progressivement, cet espace, autrefois autonome dans sa croissance, impose et domine un vaste périmètre rural. Une nouvelle phase de la croissance urbaine prend naissance et marque le début de « l'ère périurbaine ». C'est ainsi que J.DAVID¹²⁵ (1984) reprend cette idée morphologique du concept de continuum reliant l'urbain et le rural. Plutôt que de les opposer, il semble préférable d'envisager chacun des deux éléments comme des symbiotes: « L'espace totalement construit

¹²² terme employé par Geneviève DUBOIS TAINE pour désigner les nouvelles formes prises par la ville in *La ville émergente* 1997 édition de l'Aube

¹²³ « L'étalement urbain, les marges de Babel », *Cahiers de géographie du Québec*, n°spécial « étalement urbain », vol. 38, n°105, p. 253-257

¹²⁴ *Ville et Campagne : la fin d'un dualisme*, Economica, 1977

¹²⁵ « Les périphéries urbaines nouvelle espace ou discours », *Géographie sociale*, Acte de colloque *Les périphéries urbaines* 6,7 décembre 1984

doté des fonctions symboliques de la cité s'oppose à la campagne repoussée à son terme ultime : celui de campagne profonde, espace mythique, refuge de toutes les valeurs paysannes, de la nature et de l'isolement [...] Entre ces deux bornes prend place une suite de domaines plus ou moins déterminés qui doivent assurer le passage progressif de l'un à l'autre », il notait également la nécessité d'un nouveau discours, clairement orienté vers l'espace de transition menant ainsi à une nouvelle définition des villes. Les densités urbaines puis les populations cumulées ont permis de mettre en évidence cette absence de limites : un espace mixte où deux milieux s'interpénètrent.

Les études portant sur les densités de population fournissent ainsi une des entrées les plus classiques de la morphologie urbaine. D'autres études, plus récentes, utilisent la géométrie non euclidienne en envisageant les fractales ou la télédétection. Ces dernières, au contraire de la continuité, mettent en avant les ruptures de l'espace urbain.

En constatant que « l'urban sprawl » est une notion plus morphologique que quantitative, nous introduisons la notion de dilution, plus adaptée à la fois au discours géographique mais également à la modélisation des formes urbaines.

1) De la ville compacte à la ville fragmentée

Comment appréhender les formes urbaines ? En agrégat, compacte ou dispersée, la ville actuelle ne tient à la fois ni totalement du rural ni de l'urbain, la notion de centralité est elle-même mise à mal dans des territoires écartelés sans véritable unité morphologique : malgré tout, certaines représentations urbaines restent encore vivaces, comme celle du centre historique, tout du moins en Europe, qui conserve alors une certaine identité, même s'il perd progressivement les prérogatives économiques et administratives qui jadis ont pu faire sa force.

L'étalement urbain apparaît à partir de la fin des années 60 comme un véritable catalyseur morphologique. Le départ d'une partie des fonctions économiques vers les périphéries amorce ainsi une nouvelle forme d'urbanisation. Se substituant au transport en commun, la voiture devient alors le principal acteur de cette dynamique.

La compacité des anciennes agglomérations va ainsi s'opposer à une certaine fragmentation des tissus largement conditionnée par ce que nous supposons être pour l'instant une certaine homogénéité des vitesses en milieux périurbains, soit un accroissement des temps d'accès directement proportionnel à la distance au centre.

Tenant compte de l'évolution des formes urbaines, les spécialistes de la ville ont fait évoluer leur approche de l'urbain, passant de formes compactes, uni-centriques continues et géométriques à des formes plus complexes dites polycentriques mais où l'hypothèse reste celle de la continuité et de la compacité des tissus bâtis.

Gommant toutes limites entre urbain et périurbain, les géographes vont ensuite réfléchir en terme de morphologie d'habitat.

On peut ainsi voir s'opposer une vision économique ou sociale où les études se centrent sur l'urbain, analysant ainsi les périphéries en fonction des pôles, sans descendre jusqu'à des descriptions locales de l'espace. De l'autre côté, les géographes n'établissent que très peu de modèles géométriques mais, en contrepartie, descendent au niveau du bâti et, de ce fait, envisagent l'étalement urbain comme une construction surfacique et les formes de la ville en terme de continuités et de discontinuités prenant l'urbain et le périurbain comme un tout depuis le milieu des années 80. Cette fragmentation de l'urbain entraîne en conséquence une modification de la définition de l'urbain. L'espace autrefois compact et net se transforme progressivement en de multiples agrégats, en somme la notion même de ville disparaît. Il semble se produire une dispersion des symboles de la ville dans un espace de plus en plus vaste, il se crée une « moins ville », le tissu subit une transformation que nous qualifierons dilution.

2) Définition de la dilution urbaine

Le mot dilution, d'un usage courant dans la langue française, est parfois employé en géographie. Sa définition à la fois stricte en géomorphologie, et imprécise en géographie humaine, décrit généralement une action qui mène d'un état initial à un état final.

En géographie humaine, le mot est plutôt employé dans son sens figuré, ce qui permet de l'associer à un grand nombre de phénomènes. En précisant tout d'abord cette définition incertaine, nous reconsidérons la limite entre les espaces urbains et ruraux. Nous essaierons en quelque sorte d'envisager l'espace

urbain, non pas par le biais des populations, mais par l'intermédiaire de la morphologique ; la nature de l'occupation du sol, un espace où se mêle bâti et non-bâti.

Avant de définir le terme dans notre discipline, il convient de le cerner d'un point de vue général, autrement dit d'analyser ses sens propres et figurés, ce qui nous conduit bien évidemment à la définition chimique, discipline de laquelle est issue le mot ; tout cela dans le but de le transposer en géographie humaine.

2.1) Le sens courant

Il existe sommairement deux types de définitions pour le mot dilution : un sens propre utilisé lorsque l'on cherche à mettre en évidence une variation de la composition d'un liquide alors que le sens figuré est employé pour toute substance autre qu'un liquide (ex : texte).

2.1.1) Le sens propre

On a commencé à employer le terme au XVI^{ième} siècle lorsque s'est développée l'alchimie. La définition est alors imprécise et limitée à cet ancêtre de la chimie. L'usage de nombreuses potions et la nécessité de dosages d'une grande précision ont contribué à l'existence du mot. Parallèlement fût inventée la notion de concentration (vocabulaire fixé en 1732). Les deux termes allaient ainsi de pair puisqu'une dilution d'une solution entraînant irrémédiablement une diminution de la concentration par accroissement du volume de la solution.

A partir de 1824, le mot se fixe définitivement. Il s'agit du substantif du verbe diluer synonyme de délayer, étendre, noyer. On l'emploie généralement lorsque l'on cherche à mélanger deux liquides (l'un contenant la substance à diluer et le second étant le liquide dans lequel on le dilue appelé diluant).

La solution résultante diluée est moins concentrée. Il est possible de diluer tous types de liquide de la teinture à la peinture en passant par l'eau de javel. Le mélange initial est généralement plus épais et opaque alors que la solution diluée est transparente et claire, se rapprochant davantage de l'aspect du diluant. Il est également courant d'employer le mot lorsque l'on dilue de l'alcool, on parle alors de mélange étendu à l'eau.

2.1.2) Le sens figuré

Par extension, diluer signifie affaiblir, atténuer ou plus rarement détruire, anéantir si l'on considère qu'une solution très fortement diluée ne peut plus être considérée comme contenant la substance de départ (on utilise le terme de dosage homéopathique pour désigner une solution dont la concentration est proche de 0).

En dehors du domaine strictement médical, biologique ou chimique, on emploie plus ponctuellement le verbe comme synonyme de mélanger, avec l'idée de conservation de la quantité (d'objets, de surfaces, de phrases...) initiale tout en augmentant le volume ou, plus généralement, le contenant (par exemple la taille d'un texte).

En délayant, on produit un nouvel objet dont l'aspect diffère de la base. La taille est alors plus importante mais les éléments sont plus éloignés les uns des autres. Dans certains cas, ils se répartissent

aléatoirement, l'ensemble est homogène alors que dans d'autres ils se regroupent en agrégats donnant un aspect hétérogène (la substance de base perd de sa cohésion).

2.2) La dilution : une notion essentiellement chimique

Toute solution est en réalité un mélange entre une substance donnée et de l'eau. On définit une mesure pour caractériser chaque mélange en fonction de la quantité de substance et du volume global de la solution. Le terme dilution a été utilisé pour la première fois en chimie, ce qui explique qu'encore aujourd'hui, ce soient les disciplines expérimentales qui l'utilisent plus couramment. Les principes employés en chimie sont sensiblement les mêmes dans toutes matières nécessitant des mélanges de liquides.

La dilution est une action consistant à mélanger un fluide d'une certaine concentration d'une substance donnée dans un liquide dont la concentration est moindre (appelé diluant).

Le principe est d'abaisser progressivement la concentration de la solution en augmentant le volume par l'ajout d'une solution moins concentrée (souvent de l'eau).

En somme, lors de la dilution, la dispersion s'accroît.

Si l'on désire étendre le volume de la solution, on casse un peu plus la cohésion de l'ensemble. Le nombre d'entités par unité de volume s'abaisse.

La mesure de la dilution en chimie ou en biologie dépend de la variation de la concentration et s'exprime par l'inverse de la concentration

On définit alors une mesure statique de la dilution et une mesure dynamique où l'on envisage la différence entre la dilution finale et la dilution initiale.

Une deuxième méthode d'évaluation consiste à calculer le rapport entre le volume du diluant et le volume initial. Lorsque l'on dilue une solution, on augmente son volume, donc le rapport est nécessairement supérieur à 1.

L'ensemble de ces considérations, *a priori* fort éloignées de nos préoccupations urbaines, peut pourtant nous servir à construire la notion de dilution en géographie humaine : si l'on considère que le liquide diluant est assimilable à la surface totale et le bâti au corps à diluer, alors la dilution pourrait reposer sur le rapport entre surface urbaine et surface globale, en somme, mesurer la dilution d'un espace c'est envisager la variation de cette dimension

2.3) La dilution en géographie

2.3.1) Une notion mal définie

Le terme dilution est présent dans la littérature géographique bien que son usage soit limité. En géographie physique et, en particulier en géomorphologie, son utilisation est bien entendu importante en raison du lien avec la chimie. En revanche, en géographie humaine, le terme reste difficile à employer dans son sens strict. La définition tourne alors plus autour du sens figuré : affaiblissement, atténuation.

Bien qu'employé dans un certain nombre d'articles, le terme ne dispose pas encore de définition spécifiquement géographique. *Les mots de la géographie* n'y font pas référence mais définissent des termes voisins comme dissolution. Il s'agit « de la décomposition d'un agrégat (comme on dissout une

assemblée ou un parti). On l'utilise là encore plus volontiers en géographie physique pour désigner les processus d'érosion par les eaux (Karst, Lapies).

L'autre sens est celui de corruption, ruine, décadence voire débauche : les arrangements spatiaux se dissolvent ».

L'autre terme approchant est la dispersion, caractéristique de la dilution « au sens de répandre. On parle d'habitat dispersé, la dispersion s'évalue à la distance entre les objets. La dispersion de l'habitat est mesurée par le nombre de lieux habités par unité de surface ou le rapport entre la population considérée comme groupée et celle qui est considérée comme éparse ; ce qui pose un redoutable problème de définition de l'agglomération ».

A l'extrême, se trouve la dissémination, lorsque la source disparaît en totalité et ne subsistent que les bouts éparses.

La définition de la dilution n'est donc pas évidente dans la mesure où l'on ne parvient à l'appréhender dans la discipline qu'au travers de ses conséquences spatiales, à savoir : la déconcentration, la désagrégation ou l'étalement urbain.

Certains auteurs ont employé le mot soit dans le titre de l'article, soit dans le texte lui-même.

T.LE JEANNIC (1997) analyse les évolutions urbaines françaises depuis le début des années 60 en considérant l'extension des aires urbaines et de leur structure. L'auteur remarque que les zones sous influence urbaine se sont étendues en même temps que leur population. Malgré tout la croissance ne s'est pas effectuée uniformément au sein des espaces urbains. Si le centre et les agglomérations ont connu une évolution rapide entre 1960 et 1970, les années 1970 marquent l'extension du phénomène périurbain débuté quelques années plus tôt. Enfin les années 1980 voient l'atténuation du phénomène même s'il reste fort. Si le terme dilution n'est pas défini en tant que tel, il prend le sens global du texte, à savoir la mutation des espaces urbains de moins en moins proches de la structure du centre dense. La dilution serait ainsi responsable de la « moins ville ».

Cette idée n'est pas propre à LE JEANNIC puisque G.BURGEL¹²⁶ (1991) emploie également le mot dans un sens proche mais en l'utilisant pour les agglomérations : « des villes, diluées, dans des extensions pavillonnaires lâches, coupées d'autoroutes et d'échangeurs ». On associe alors faibles densités du bâti et dilution. La définition prend un sens plus morphologique.

G.SENECAL, M.GAUDREAU et S.DES ROCHES¹²⁷ (1994) écrivent : « La dispersion se traduit par de faibles densités, la discontinuité de l'espace urbain et un saute mouton des déplacements résidentiels en fonction du prix du terrain vacants. En d'autres termes, la croissance de l'agglomération s'accompagne d'une sorte de dilution de l'urbain [...] on cherche un équilibre entre la dispersion qui mène à la dissolution du centre ». Le terme, là encore, est associé aux faibles densités mais également, et ce qui est plus intéressant, renvoyé aux notions de discontinuité et de dispersion. Le vocabulaire est celui de la chimie puisque l'on emploie simultanément dilution, dispersion et dissolution.

Le sens morphologique est repris par S.BORDREUIL¹²⁸ (1995) lorsqu'elle envisage les densités urbaines : « une ville qui s'appréhendait comme compacte et une autre qu'on escompte comme diluée, c'est-à-dire délayée, étendue dans un liquide quelconque ». La dilution se définit comme l'inverse de la

¹²⁶ « La périphérie urbaine revisitée », *espace populations sociétés* Les franges périurbaines, n°2, p. 359-366

¹²⁷ « Les mécanismes de production de la forme urbaine et la conservation des espaces agricoles et naturels dans la région de Montréal : le cas de Laval », *Cahiers de Géographie du Québec*, Vol. 58, n°105, p. 301-326

¹²⁸ « De la densité habitante aux densités mouvantes : l'hyperurbanité développement périphérique et mobilité », *Annales de la Recherche urbaine*, n°67, p. 4-14

compacité, un espace dont la « teneur » en bâti est moindre, que l'auteur nomme « moins ville ». Le terme est également vu dans un sens plus dynamique puisqu'il est employé pour signifier un type d'évolution.

2.3.2) Un début de définition

Nous avons pu constater que la dilution était une notion fortement liée à la concentration (ou la densité). Elle peut être comprise comme une forme urbaine, à savoir un type d'organisation où le niveau de concentration est faible soit en habitants, soit en emplois soit en construction soit comme le phénomène responsable de cette organisation permettant de passer d'un espace dit concentré ou compact à un territoire dispersé.

Pourtant, le problème essentiel de cette définition reste l'ambiguïté de la notion de concentration. Doit-on la prendre au sens du peuplement ou plus au sens de la compacité, ce qui s'apparente alors à un éclatement, ou plus encore à une fragmentation ? La notion est d'autant plus complexe qu'elle peut être employée à la fois dans un sens synchronique ou plus dynamique. A t-on le même type de définition ? La dilution est-elle seulement un type d'organisation ou un phénomène plus global ? D'après ce que nous avons pu observer dans le discours géographique, on ne peut envisager la ville diluée que si l'on dispose d'un référent, ce qui suppose la connaissance des situations antérieures, c'est en cela que la dilution est diachronique. Pourtant, si l'on fixe de prime abord le référent comme étant le plus haut niveau de compacité, il n'est pas indispensable de suivre l'évolution de la ville pour en évaluer l'aspect plus ou moins dilué. On l'envisage alors plutôt comme l'inverse de la compacité et non comme l'inverse de la concentration comme en chimie.

2.3.3) Notre définition

En partant du sens chimique, nous pouvons définir la dilution urbaine comme une déconcentration génératrice de désagrégation. La dilution se mesure en calculant l'inverse de la compacité ou la fragmentation. Elle comprend à la fois une partie invisible (les mouvements des populations : phénomène de déconcentration des populations et des activités) et une partie visible (espace plus ou moins fragmenté). Elle ne peut s'observer que par ses conséquences, à savoir la morphologie urbaine. Une ville ayant une forme fortement fragmentée dont le centre compact ne représente qu'une faible part de l'ensemble sera dite diluée. Dans le cas contraire, où l'ensemble est constitué d'un noyau unique, la ville est alors compacte. Elle s'envisage plus en tant que variation de la fragmentation, en fonction de la distance au centre initial. Le processus de déconcentration entraîne déjà une croissance de la surface en périphérie, c'est-à-dire un étalement ; ce dernier peut être continu ou discontinu (fragmentation) ; on parle alors d'éparpillement.

La notion peut également prendre le sens dynamique où elle s'envisage en tant que variation négative de la compacité ou positive de la fragmentation.

La fragmentation est la division, l'éclatement, le morcellement de la ville en un grand nombre d'éléments. Elle est synonyme de désagrégation définie dans *les mots de la géographie* comme « le processus par lequel une structure se défait ». Pour la mesurer, il suffit de compter le nombre de morceaux composant

la surface urbaine à un instant donné, de réaliser la même opération pour toute autre date et de calculer la différence entre les deux.

3) Un complément au modèle de BUSSIERE : la dilution urbaine

Le précédent paragraphe, nous a permis de constater que la ville de la fin du 20^{ème} siècle ne pouvait s'envisager qu'en prenant en compte les zones purement urbanisées ainsi que les communes qualifiées de périurbaines. Le passage de l'un à l'autre s'effectuant selon une transition douce définie par DAVID¹²⁹ comme un continuum, ce qui permet à l'auteur de remarquer l'absence de limite de la ville.

Cette idée de transition progressive est loin d'être propre à DAVID puisque d'autres auteurs comme M.BERGER¹³⁰ (1989) ont pu noter l'originalité d'une zone tampon entre urbain-rural qualifiée par les anglo-saxons de « rural-urban continuum ou de rurban belt ».

Cette logique associant les espaces périurbains et les zones plus centrales de l'agglomération repose en conséquence sur l'idée de continuité ; ce qui semble le plus probable au regard du modèle de BUSSIERE. Pourtant, peut-on réellement identifier l'étalement urbain en envisageant l'aspect proprement démographique, autrement dit, les densités de population ou encore les populations cumulées sont elles adaptées pour l'analyse d'un phénomène qui peut apparaître plus morphologique que démographique ? P.FRANKHAUSER et C.GENRE.GRANDPIERRE¹³¹ (1998) ont pu s'interroger sur ces deux notions : densité et compacité, d'où cette question : « la densité se réfère t-elle à la population ou au bâti? » Pour P.FRANKHAUSER, la densité de population est fortement liée à l'emprise surfacique des agglomérations. L'auteur propose alors de définir la morphologie urbaine à partir d'une géométrie non-euclidienne : la géométrie fractale.

3.1) De la compacité à la fragmentation des espaces bâtis.

L'approche de P.FRANKHAUSER¹³² (1997) est binaire, associant bâti et non-bâti. Il est alors possible d'introduire la notion de densité.

L'analyse fractale repose sur l'idée que l'on peut, à partir d'une figure initiale, procéder à des itérations successives selon un facteur de réduction r en répétant le même motif jusqu'à l'infini comme le montre cette figure.

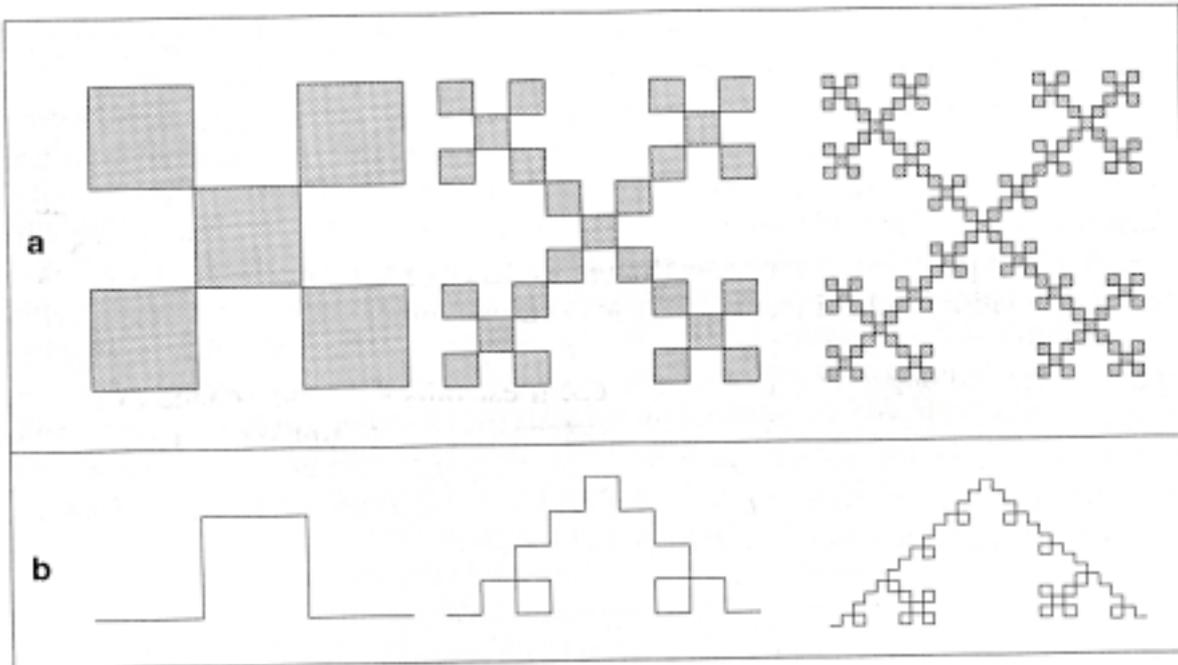
¹²⁹ « Les périphéries urbaines : nouvel espace ou nouveau discours », Géographie Sociale, Acte de Colloque *les périphéries urbaines* 6, 7 decembre 1984

¹³⁰ « Vers de nouveaux types de rapports villes-campagnes. La production des espaces périurbains en France et dans les pays d'économie développée », *STRATES*, n°4 p. 89-106

¹³¹ « La géométrie fractale, un nouvel outil pour évaluer le rôle de la morphologie des réseaux de transport public dans l'organisation spatiale des agglomérations », *Les cahiers scientifiques du transports*, n°33, p. 41-78

¹³² « L'approche fractale, un nouvel outil de réflexion dans l'analyse spatiale des agglomérations urbaines », *Population*, n°4, p. 1005-1040.

Figure 123 : Les premières étapes d'itération pour la construction de deux fractales



Source : P.FRANKHAUSER *l'approche fractale, un nouvel outil de réflexion pour l'analyse spatiale des agglomérations urbaines, Population N°4*

L'auteur démontre alors qu'il est possible de calculer le nombre d'objets à une étape n par la relation suivante : $\text{Log}N_n = \text{Log}Const - D\text{Log}l_n$

Où D définit la dimension fractale, N_n le nombre d'objets à une étapes n , $Const$ une constante et l_n la longueur d'un carré à l'étape n .

A une itération n on peut également poser que $N_n = N^n$ et $l_n = r^n$, D peut par conséquent s'exprimer en fonction de N et de r selon la relation suivante :

$$D = \frac{\text{Log}N}{\text{Log}\frac{1}{r}} \quad (48)$$

Où N est le nombre d'objets initiaux, r le facteur de réduction et D la dimension fractale. La valeur du facteur D va alors déterminer le niveau d'homogénéité d'une structure. Pour $D = 1$, on trouvera une ligne alors que 2 sera synonyme de surface (soit une homogénéité quasi totale) : ce qui est le cas limite d'une géométrie classique euclidienne.

Cette approche théorique repose sur des tissus bien évidemment purement construits mais, dans la réalité, les formes présentent rarement un aspect aussi géométrique. C'est pourquoi l'auteur propose des techniques d'analyses fractales qu'il applique aux structures urbaines. Des trois types d'analyses, la méthode radiale paraît la plus logique pour envisager le niveau d'homogénéité des structures en fonction de l'éloignement à un point donné.

A partir d'un centre de comptage, il est possible de déterminer une loi de répartition de la masse autour de ce point pour chaque pas de distance ; le nombre d'objets bâtis peut s'exprimer par la relation fractale suivante : $N(\rho) = \rho^{D_r}$

Où $N(\rho)$ est le nombre d'objets compris à l'intérieur du d'une surface $\pi\rho^2$, D la dimension fractales de cet ensemble et ρ la distance au centre de comptage

Néanmoins, pour déterminer cette valeur, on utilise plus volontiers, la forme logarithmique $LogN(\rho) = D_r Log\rho$

En plaçant le centre de comptage au centre d'une agglomération, on est en mesure de mettre en évidence les changements de comportement fractal en fonction de la distance au centre.

Toutefois, cette évaluation pose des problèmes que P.FRANKHAUSER qualifie de « distorsion bi-logarithmique », une nouvelle valeur est ainsi introduite pour déterminer la pente, on définit alors la courbe de comportement scalant par :

$$\alpha_i = \frac{LogN_i - LogN_{i-1}}{Log\rho_i - Log\rho_{i-1}} \quad (49)$$

Cette expression permet de mettre en évidence les changements dans l'organisation spatiale des tissus urbains.

C'est de partir de ces indices qu'il est donc possible d'appréhender le niveau d'homogénéité d'un tissu ainsi que des ruptures dans l'organisation des tissus.

L'auteur montre que « dans les agglomérations, on observe souvent une décroissance de la part de la surface occupée dans l'agglomération à partir du centre et une loi hyperbolique a été proposée pour la description de ce phénomène », Alors s'observe à différentes échelles « des irrégularités à des échelles très différentes, soit une non-homogénéité de la répartition des zones bâties ». La ville n'adopte de fait pas un unique comportement pour l'ensemble des échelles géographiques.

Du centre à la périphérie, on observe un dégradé progressif dans les tissus urbains :

- le noyau se caractérise par un comportement scalant constant et élevé
- à la limite de ce dernier, la structure du bâti tend à se modifier, formant ainsi une zone transitoire
- ensuite apparaît une nouvelle zone périphérique au comportement variable
- la quatrième couronne marque enfin une transition vers une zone encore peu affectée par la croissance de l'agrégat central.

Appliquée à l'agglomération moscovite, cette dégradation des tissus apparaît assez nettement.

On retrouve alors trois types d'espaces :

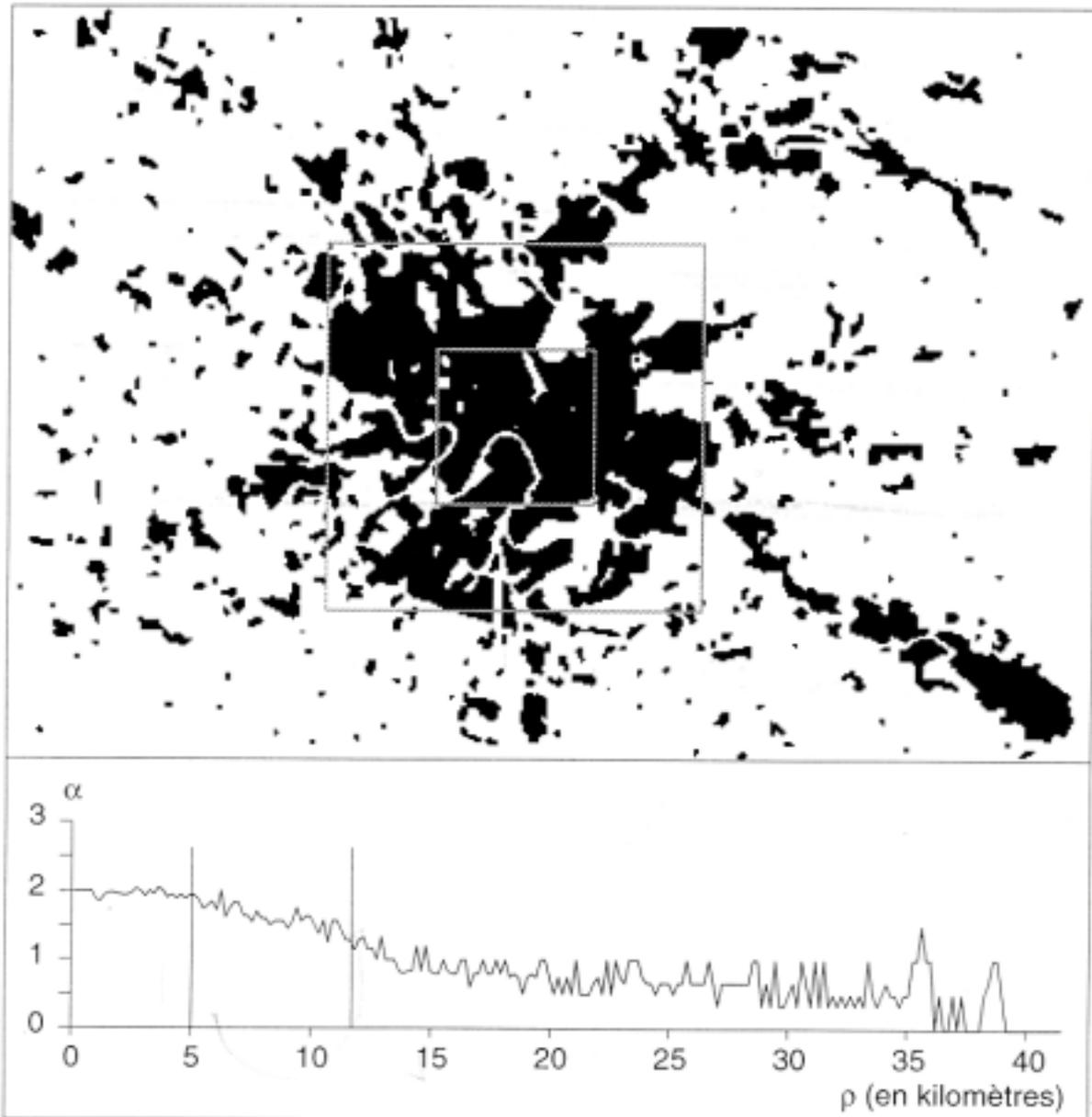
- une première zone entre 0 et 5 km au comportement scalant homogène proche de 2, c'est-à-dire où le bâti paraît plus proche de la surface que de la ligne, les lacunes y sont faibles et la compacité forte
- la seconde portion entre 5 et 12 km se caractérise par une décroissance progressive de la dimension fractale des tissus, sorte de zone de transition où les tissus perdent progressivement leur homogénéité.

A partir de 12 km, la courbe retrouve une certaine linéarité, présentant globalement une tendance homogène mais localement de fortes oscillations.

A partir de 35 km du centre, enfin, une nouvelle rupture apparaît, mettant en évidence le passage progressif d'une structure de plus en plus ponctuelle.

Cette description permet de montrer que la ville va ainsi passer de la compacité à la désagrégation des tissus en fonction de la distance radiale : la dilution est ainsi un processus faisant passer les tissus de la ville compacte à la ville fragmentée.

Figure 124 : L'agglomération de Moscou et la courbe du comportement scalant



Source : P.FRANKHAUSER, Population N°4

L'évolution temporelle des comportements scalants montre une évolution semblable des agglomérations quelle que soit la taille ou le lieu : la courbe, pour Berlin ou Lons présente les mêmes spécificités : à savoir une décroissance du paramètre α en fonction de la distance au centre. Dans le détail, on observe toujours le profil que nous avons pu évoquer précédemment : à savoir une triple rupture dans l'organisation interne des tissus urbains :

- un centre à la fois compact, homogène
- une zone transitoire liant cœur historique et périphérie au comportement scalant non-homogène.
- une périphérie, sorte de plateau, aux tissus intermédiaires
- une troisième zone, elle aussi transitoire, menant à des espaces urbains ponctuels (petits agrégats).

D'un point de vue évolutif, l'urbanisation entraîne à la fois « la construction d'un espace urbanisé de plus en plus dominé par l'agrégat central et une structuration des tissus ».

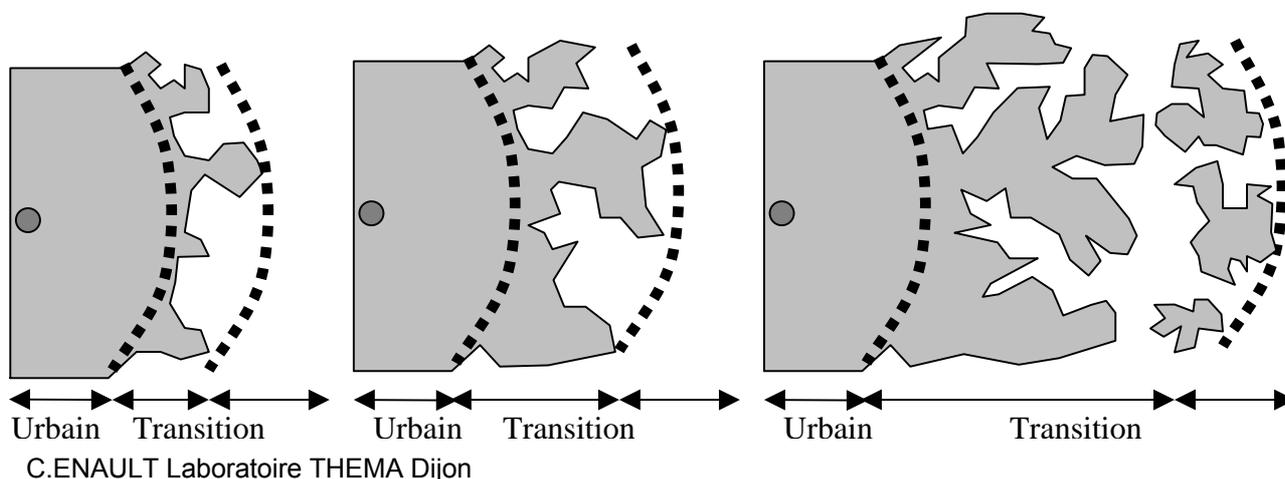
Nous proposons d'analyser ce processus de « déshomogénéisation » et de désagrégation des tissus du centre vers la périphérie en envisageant la part du bâti, ce que l'on a pu envisager comme loi hyperbolique. L'analyse du comportement scalant des agglomérations a pu montrer l'existence d'une certaine homogénéité au centre, formant ainsi une sorte de plateau (où la surface bâtie est répartie équitablement et extrêmement dense) ; la part du bâti y est par conséquent relativement constante. A partir du noyau apparaît une transition douce, qui peut également se retrouver au niveau de la part du bâti. La ville peut ainsi passer de la compacité absolue (qu'on pourrait en quelque sorte définir par une dimension fractale proche de 2), à un espace fragmenté, plus ponctuel (où D est proche de 0).

Une fonction permet de mettre en évidence ce type de profil à transition douce, le modèle logistique voir la description mathématique en annexe VIII).

3.2) La dynamique du pourcentage bâti : la dilution urbaine

Sur le temps long, la transition entre l'urbain et le rural se modifie passant d'un espace rupture à un continuum. Cette mutation peut définir la dilution de l'urbain où le passage des franges, à l'origine nettes et tranchées, à des territoires flous. Il est évident que les limites de la ville, dans les premiers temps, de nature plus régulières, vont tendre à se fractaliser, c'est-à-dire à prendre une dimension fractale qui s'éloigne de celle de la simple ligne (1) et se rapproche davantage de celle de la surface (2); la taille de l'espace de transition, en conséquence, la zone où se mêlent bâti et non-bâti s'accroît.

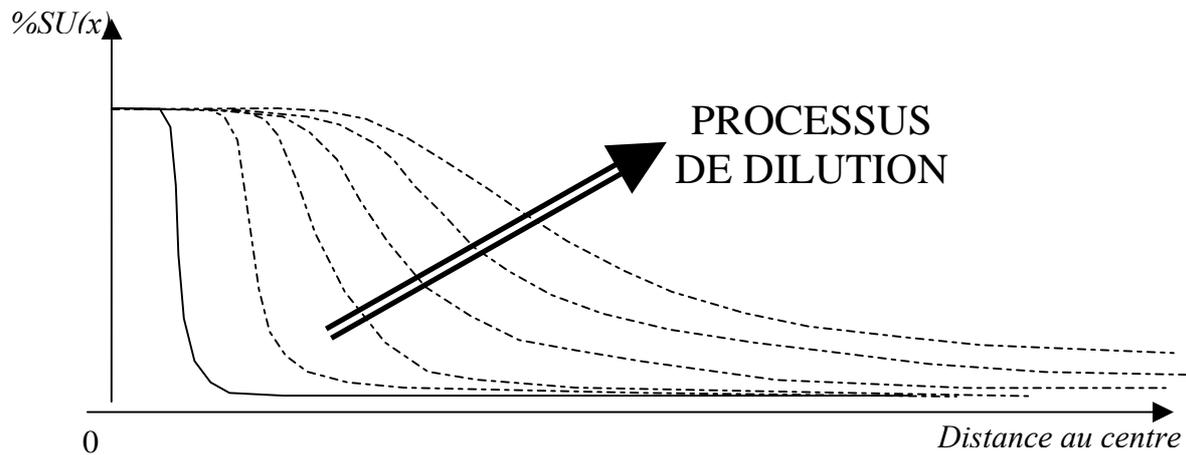
Figure 125 : Dilution du bâti



En somme, la fonction logistique, définie dans l'annexe VIII , adopte un profil qui va tendre à accroître l'espace de transition entre les deux asymptotes, ce qui se traduit mathématiquement par une diminution du facteur w et un accroissement du paramètre p .

D'un point de vue dynamique, w est une relation décroissante du temps à l'évidence non-linéaire, p est une fonction croissante de t et aussi, et surtout, varie en sens inverse de w existe-t-il certainement une corrélation linéaire entre les deux variables ?

Figure 126 : Processus de dilution



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

A l'origine des cités, le bâti est constitué de quelques maisons dont il semble peu probable qu'elles soient disposées en un cercle parfait. La rupture totale et franche entre rural et urbain n'existe alors théoriquement jamais et il apparaît toujours une transition plus ou moins douce entre les deux mondes : le facteur w , lorsque t tend vers moins l'infini, ne tend pas vers plus l'infini mais admet plutôt une asymptote w_0 qu'il convient de définir.

Par la suite, à mesure que le périmètre croît et devient plus irrégulier, l'espace de transition augmente et, comme la surface suit une logique de type exponentielle, le taux de décroissance de w n'est de ce fait pas constant.

Si l'on étend le raisonnement aux périodes postérieures, il arrive un moment où le paramètre w tendra vers 0, à force de décroître, ce qui suppose une homogénéité spatiale, une répartition relativement uniforme des populations, soit une quasi absence de gradient centre périphérie, Mathématiquement, w ne peut jamais être négatif et, en revanche, peut tendre vers 0, suivant une asymptote quand t tend vers plus l'infini. Ce profil de la dynamique de w à double palier (limite supérieure et asymptote en $+\infty$), à transition exponentielle, est alors une fonction logistique.

Il est possible d'exprimer ainsi un modèle dynamique, à partir des variations de w selon l'expression suivante :

$$D_i(t,x) = \frac{Ne^{-w(t)x+p(x)}}{1 + e^{-w(t)x+p(x)}} \quad (50)$$

Où $D_i(t,x)$ est le pourcentage de surface bâtie en fonction de la distance au centre (x) et des paramètres $w(t)$ coefficient de dilution dynamisé et $p(t)$ coefficient d'étalement dynamisé.

Dans la relation (50), $w(t)$ peut s'exprimer également selon une fonction logistique décroissante soit :

$$w(t) = \frac{w_0 e^{-\mu t + \phi}}{1 + e^{-\mu t + \phi}} \quad (51)$$

Où $w(t)$ est le coefficient de dilution à une date t , w_0 l'asymptote à la date initiale (limite supérieure), μ et ϕ des paramètres à estimer.

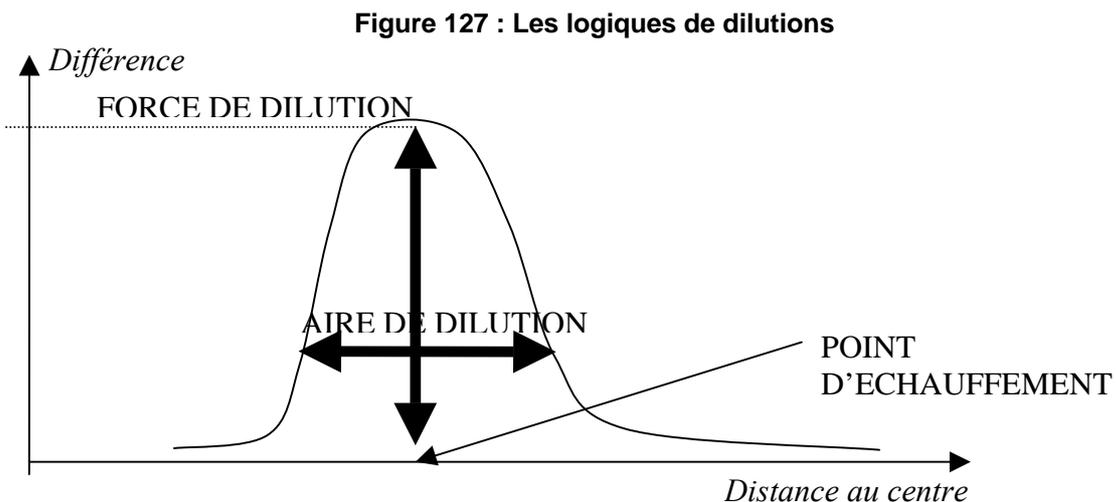
Si l'on considère à présent qu'il existe une corrélation linéaire (comme nous le verrons plus tard) entre w et p , on peut exprimer $p(t)$ par :

$$p(t) = \varepsilon t + \varphi \quad (52)$$

Dans cette relation, t est la date, ε et φ sont des paramètres à évaluer.

3.3) Les notions dérivant de la dilution urbaine

A partir du modèle dynamique et en réalisant une simple différence entre une situation finale et une situation initiale, il est possible de définir des profils évolutifs. Comme pour l'étalement urbain et son modèle de BUSSIERE, on peut définir des logiques de dilution en fonction de trois critères : le point d'échauffement, l'aire de dilution et la force de la dilution.



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

Le point d'échauffement est la distance où s'observe le maximum de dilution de la totalité de l'espace, autrement dit le lieu où, entre les deux dates, la variation de pourcentage bâti a été la plus sensible.

L'aire de dilution peut être définie comme la zone à l'intérieur de laquelle la variation de surface bâtie a été la plus forte. On fixe alors un seuil minimum au-delà duquel on peut parler de variation importante, autrement dit, de dilution du bâti.

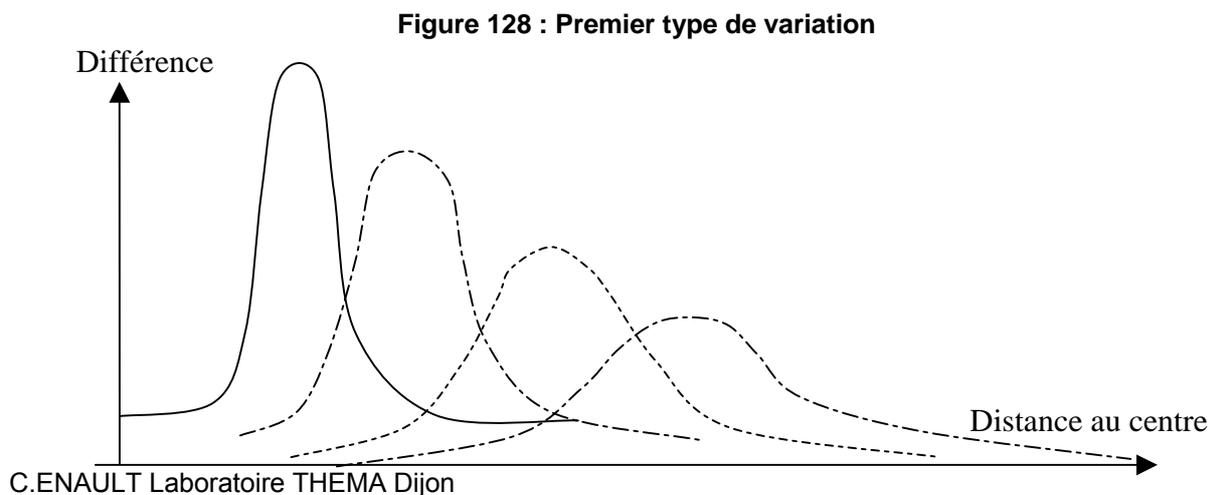
Enfin, la force ou la vigueur de la dilution se mesure en examinant le maximum pris par la différence au point d'échauffement.

La différence est une courbe en cloche et permet ainsi de montrer que la dilution du bâti est loin d'être homogène au sein de l'aire de dilution ; il existe, en deçà et au-delà du point d'échauffement, une décroissance exponentielle de la vigueur de la dilution.

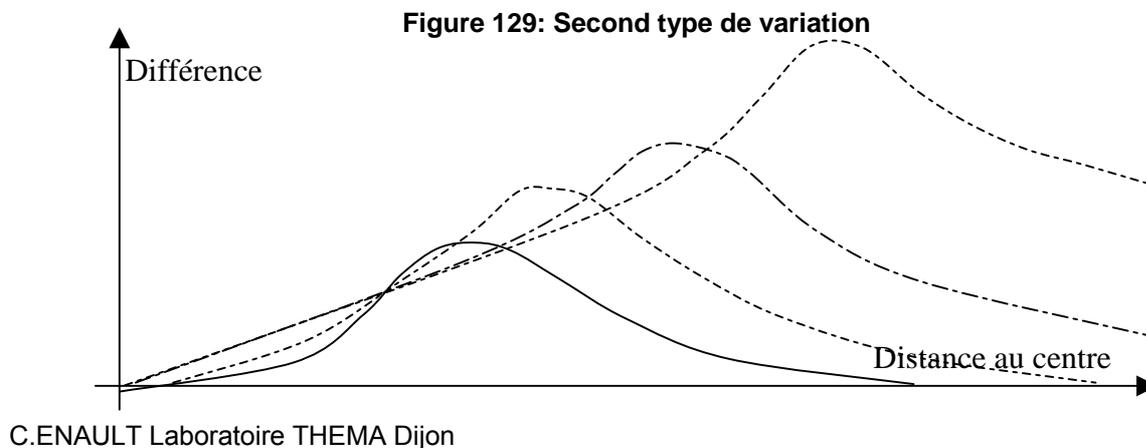
3.4) Les deux formes de dilution

L'évolution historique des valeurs prises par la vigueur, l'aire et le point d'échauffement permettent de définir des profils évolutifs.

Une des premières évolutions possible des espaces bâtis dérive d'une dilution, avec une extension du domaine de transition par diminution du paramètre w bien entendu, mais également un accroissement nettement plus significatif en proportion du paramètre p . Ce type d'évolution étend l'aire de dilution et éloigne le point d'échauffement. La force, quant à elle, décroît à mesure que l'on calcule les variations entre les périodes. Graphiquement, ce type d'évolution peut être représenté sous la forme de la figure 143 :



Cette tendance signe la force de l'urbanisation au sein de l'aire de dilution. Plus le maximum du pic décroît, moins l'espace tend à se transformer en urbain pur (ce qui induit une transformation dans une aire de plus en plus vaste mais en couches de plus en plus fines avec un plus grand nombre de zones bâties, soit en une fragmentation). A l'inverse plus le maximum augmente, plus l'espace devient urbain, plus il se compacifie.



Si d'un point de vue théorique, il nous était possible de définir la dilution, il nous reste à présent à confirmer nos hypothèses sur un exemple : l'aire urbaine dijonnaise

4) La dilution de l'aire urbaine dijonnaise

Dans ce paragraphe, nous proposons d'examiner la dilution de l'urbain dans une agglomération Dijon et son aire urbaine. Pour ce faire, nous examinerons successivement les modalités de décomposition du bâti au sein de l'espace purement rural et urbain, cela nous conduira alors à analyser plus en détail l'évolution de la notion au cours du temps ainsi que les logiques de dilution qui prévalent pour la ville.

4.1) La dilution du bâti dans la ville.

L'idée de ce paragraphe est de montrer qu'il existe un gradient à l'intérieur des limites urbaines, en somme, que la distance au centre est un facteur de la dilution du bâti.

Ne disposant pas de l'ensemble des données cartographiques du bâti vrai, c'est-à-dire le bâti vectorisé maison par maison, nous nous sommes limités à montrer qu'il existe bel et bien une relation entre distance au centre et pourcentage de surface urbaine pour des périodes relativement anciennes, à savoir les dates de 1900 et 1921.

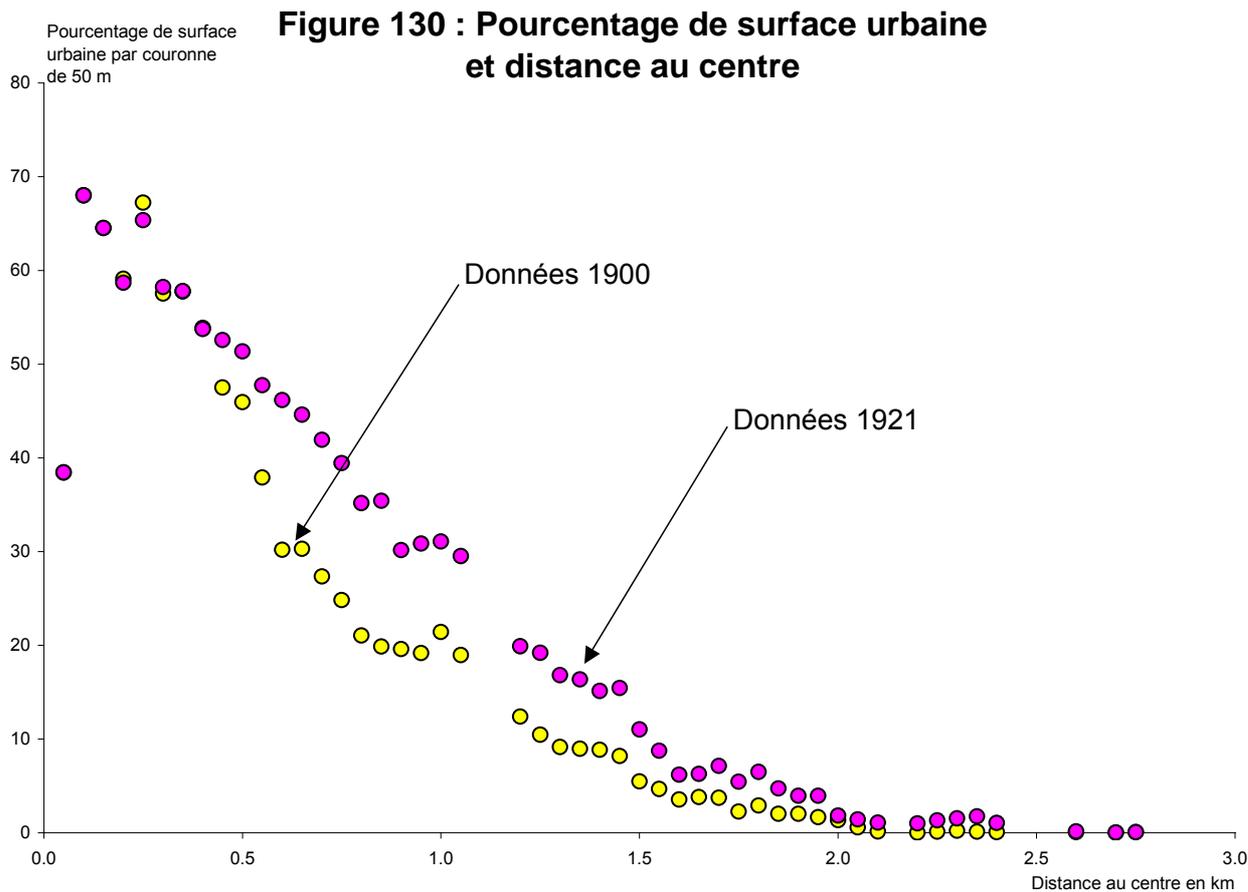
La figure 130 affiche assez distinctement un gradient centre-périphérie. Toute la question est alors de le définir. S'agit-il d'une fonction de type exponentielle négative ou de nature logistique, ce qu'il est logique d'admettre au vu des données ?

L'autre possibilité est d'envisager une expression de type exponentielle négative quadratique, comme il a pu être fait pour les densités de population.

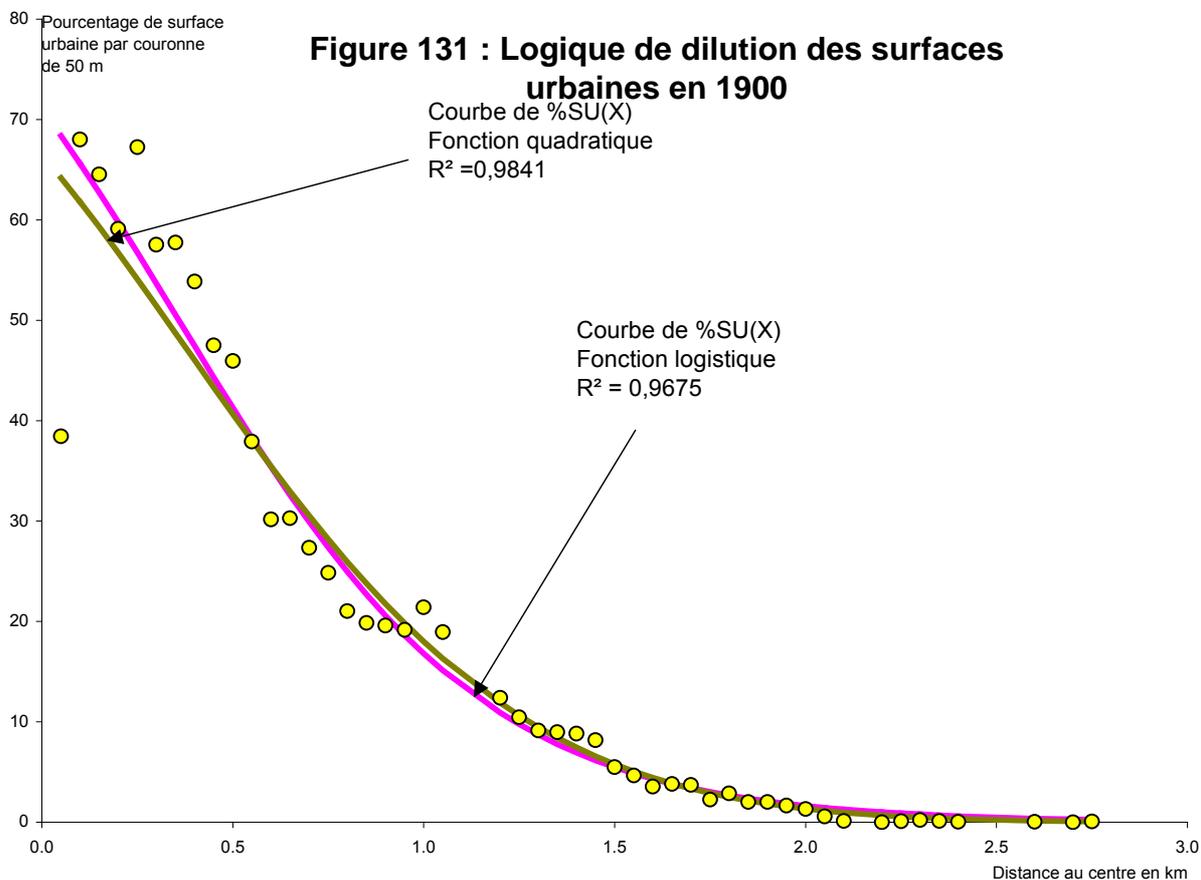
Il suffit d'approximer le nuage de points par un ajustement de type QUASI NEWTON (annexe II).

Voyons à présent les résultats des deux ajustements

Pour la situation de 1900, les statistiques montrent que l'ajustement de type quadratique présente un meilleur coefficient de détermination avec près de 98% de la variance expliquée par la distance au centre. On observe en effet que la courbe colle parfaitement au nuage de points jusqu'à 500 m, distance à laquelle elle se détache légèrement des données. Si l'ajustement de type logistique répond moins bien en globalité aux données (coefficient de détermination de 0.97, soit simplement un point de moins que la quadratique), il semble bien mieux ajusté aux données en deçà de 500 m. Nous prendrons donc comme hypothèse que ce modèle s'adapte pour ce type de logique. Ce résultat logistique ne va pas à l'encontre du propos de FRANKHAUSER quand il affirmait que le pourcentage de surface urbaine (valable pour le bâti vrai) suivait une logique de type hyperbolique. En effet, notre courbe n'admet pas, ou peu, de profil en asymptote horizontale, et, par conséquent, s'approche d'un modèle exponentielle négatif ou hyperbolique. L'analyse fractale radiale de l'auteur avait pu montrer une structure fonctionnant par ruptures successives faisant passer la ville de la compacité la plus forte au centre de l'agglomération à la ponctualité des espaces bâtis dans les périphéries les plus lointaines en milieu périurbain. En examinant de près notre courbe, il est possible de retrouver ces éléments.



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

Certes, la courbe ne présente pas de profil en asymptote horizontale marquée au centre, néanmoins, les données semblent montrer l'existence d'une sorte de plateau de pourcentage en deçà de 300 ou 400m du centre, ce qui correspond *grosso modo* au noyau historique alors assez bien individualisé. Ce dernier présente une structure très compacte avec un indice de dilution proche de 70% ; en terme de fractale, cela se traduit par une densité fractale sensiblement équivalente à 2.

Lorsque l'on s'éloigne de cet espace relativement homogène du point de vue du tissu, on observe très nettement le saut quantitatif dont FRANKHAUSER faisait l'écho, le pourcentage de surface bâtie va ainsi passer rapidement de 70% à 20% en l'espace de 200m. Le milieu devient plus hétérogène, associant bâti plus compact des faubourgs et zones plus aérées. Il s'agit des tissus de la seconde zone disposant de densités fractales comprises entre 1 et 1.5. Du point de vue des surfaces urbaines, les pourcentages ne présentent pas de plateau comme pour α mais continuent à décroître assez régulièrement du centre vers la périphérie. Entre 1 et 1.2 km du centre, on constate une certaine stabilité des surfaces urbaines puis à nouveau un saut quantitatif qui fait passer les pourcentages de 20% à 0 selon une lente transition. On se trouve alors dans l'espace rural aux densités fractales proches de 0, ce qui signifie une ponctualité des espaces bâtis.

En conclusion, l'analyse de 1900 nous l'a montré, les tissus intra-urbains, du point de vue des pourcentages de surfaces urbaines, répondent bien aux logiques qui avaient été énoncées par FRANKHAUSER. La ville, au-delà de ce que l'on peut percevoir dans ces limites globales, semble également se diluer, c'est-à-dire présenter un bâti qui va passer de la plus forte compacité au vide le plus complet. Pour appréhender cette logique centre périphérie intra urbaine, il est possible de conserver le modèle logistique, au même titre que pour les surfaces urbaines globales, en dépit d'un coefficient de détermination moins fort que pour l'exponentielle négative quadratique. Cette fonction traduit assez bien les transformations que l'urbain subit : le passage de la ville compacte à la ville fragmentée, soit une dilution du bâti du centre vers la périphérie.

On peut objecter, bien évidemment, que les données qui ont été analysées sont anciennes. Pourtant, même si nous ne disposons pas des données les plus récentes, nous pouvons affirmer que le centre ville est resté tel qu'il l'était à cette époque et que les faubourgs se sont probablement compaciés. Le profil récent du pourcentage de surface bâtie est vraisemblablement assez peu différent de celui de 1900 avec, toutefois, un accroissement de la distance au centre et une augmentation du pourcentage. En somme, la logique évolutive de l'espace intra-urbain ressemble énormément à celle des limites de la ville.

4.2) La dilution urbaine aux marges de l'agglomération : le passage de l'espace urbain à l'espace rural

Si à l'intérieur des agglomérations, il nous a été possible de constater l'existence d'une logique de type logistique décroissante proche d'un profil exponentiel quadratique, on peut se demander s'il en est de même pour les limites de la ville si l'on considère, non plus le bâti vrai, mais le bâti global, c'est-à-dire si l'on englobe l'ensemble des constructions humaines d'une manière continue.

Les cartes résultantes ont pu être présentées tout au long du chapitre sur les rythmes de l'étalement urbain sans que, toutefois, on ne fasse d'analyse quantitative centre périphérie. Nous nous proposons de reprendre ces cartes afin de dégager une logique radiale en prenant comme hypothèse les courbes et les fonctions théoriques du paragraphe 3.2.

La méthodologie nécessaire à l'obtention des données surfaciques a été celle utilisée pour le paragraphe précédent.

On part du logiciel MAPINFO

- à partir du centre fixé devant la mairie, on construit des couronnes de 100m de large.
- cette couche sert ensuite à découper une couche bâtie
- une fois le découpage effectué, on procède au calcul de surface bâtie des différentes couronnes.
- par une requête SQL multicouche, il suffit de sélectionner les couronnes de bâti contenus à l'intérieur des couronnes et de conserver comme colonnes les surfaces totales des couronnes, les surfaces bâties par couronnes et les distances au centre.
- l'ensemble est exporté sous EXCEL dans lequel il est facile de calculer le pourcentage de surface urbaine.

A partir de ces données, on peut construire des nuages de points pour chaque couche de bâti et ainsi de déterminer les différentes fonctions logistiques en utilisant la régression logistique (voir annexe IX).

Les coefficients de détermination sont importants et montrent ainsi assez bien que les courbes synthétisent relativement bien l'ensemble des données. On observe alors une logique centre périphérie avec, contrairement au bâti vrai, une nette tendance asymptotique vers les centres et en périphérie, si bien qu'entre les deux apparaît une lente transition que nous avons qualifié dilution du bâti. Cela se confirme pour l'ensemble des périodes examinées. Toutefois, les coefficients de détermination semblent décroître avec le temps. Jusqu'en 1970, ces derniers restent supérieurs à 0.9 puis, en 1995, passent à 0.84. Cela s'explique par l'édification de zones bâti au-delà des frontières de la ville de Dijon vers l'est. Les villes nouvelles de Quetigny et Chevigny-Saint-Sauveur vont ainsi à l'encontre de la logique globale centre périphérie et apparaissent alors nettement au niveau des données vers 8 km du centre. Cette anomalie contrarie la régression logistique.

Pour les périodes antérieures, la situation est beaucoup plus simple car il n'existe qu'un seul noyau urbain et par conséquent, le modèle s'adapte parfaitement bien. Cela est vrai pour les dates de 1888, 1955 et 1970.

En somme, le bâti a changé fondamentalement de morphologie, passant de la pure compacité de la ville monobloc à la fragmentation. Cette évolution a été celle de l'agglomération mais elle est également celle de l'aire urbaine.

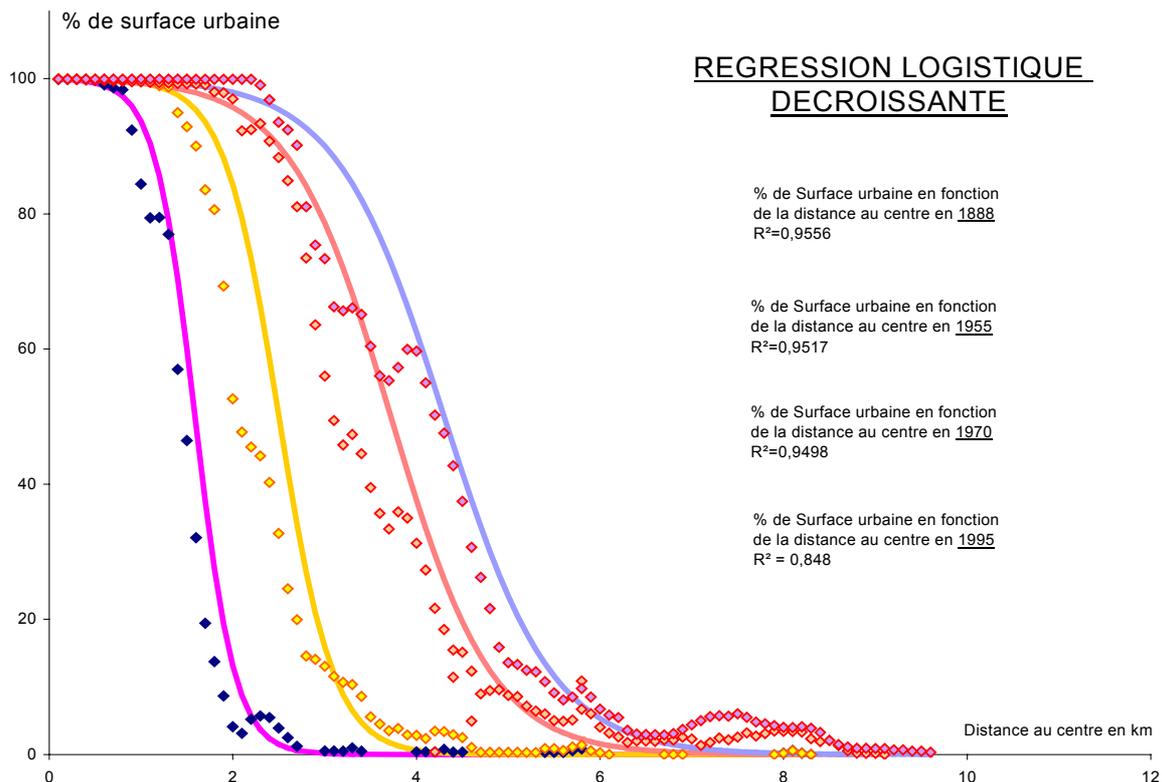
4.3) La dilution de l'aire urbaine

En considérant non plus le bâti spécifiquement urbain mais en étendant l'analyse à des espaces ruraux périurbains, va-t-on retrouver une logique de type logistique ou d'autres profils ?

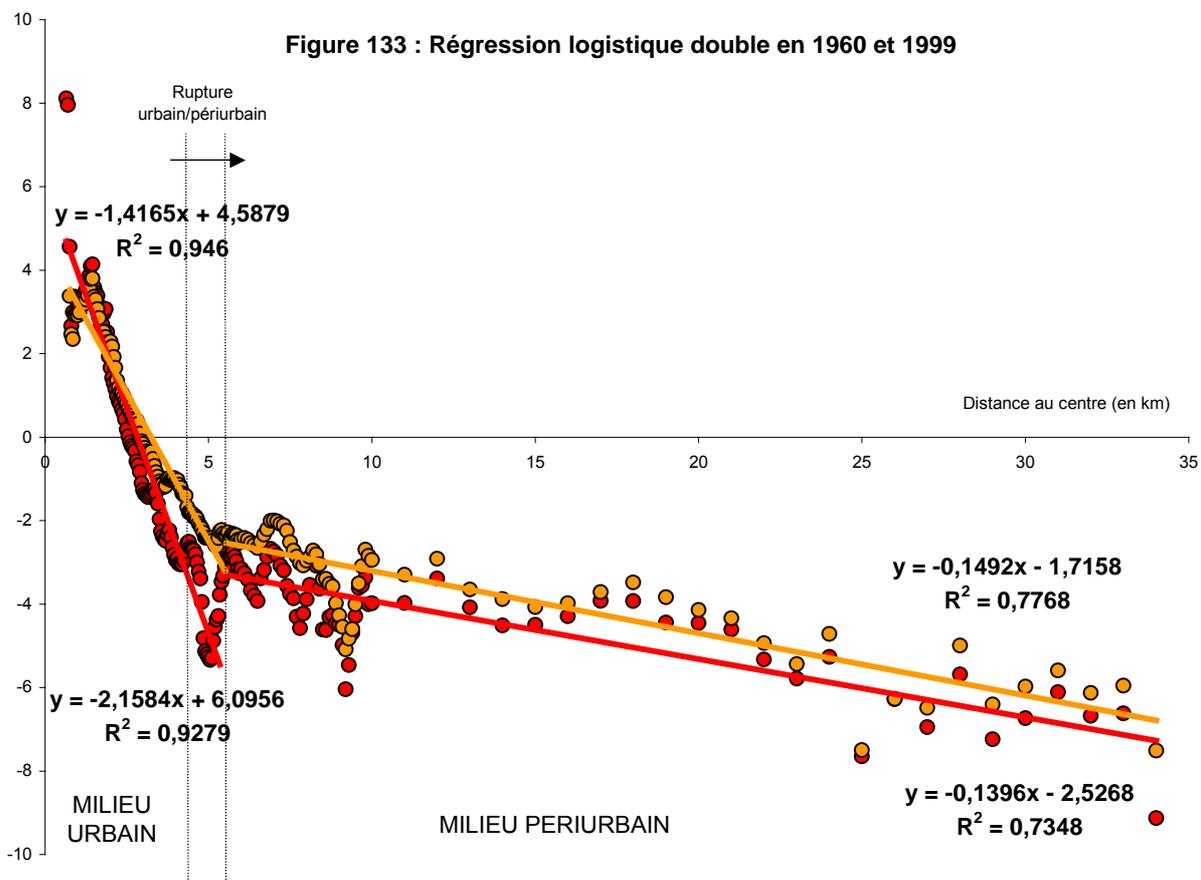
En suivant les mêmes méthodes¹³³, il nous a été possible, en utilisant l'expression de l'annexe IX, de retrouver une logique de type radiale.

¹³³ Les couronnes ont été modifiées : on a construit une couche avec des couronnes de 50 m de rayon jusqu'à 5 km, 100 m entre 5 et 10 km et 500 m entre 5 et 35 km

Figure 132 : Etalement et dilution du bâti de l'agglomération dijonnaise



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

On peut alors constater que le nuage de points du logarithme naturel du pourcentage divisé par le maximum moins le pourcentage n'est pas de nature linéaire, non conformément à ce qui avait pu être observé pour les milieux de type urbain. Il semble alors exister une double logique avec un point de rupture autour de 5, 5.5km du centre. De part et d'autre de cette limite, peuvent être individualisées deux régressions, un peu comme pour les densités de population.

Le premier milieu, que ce soit la situation de 1960 ou de 1999, de type urbain, se caractérise par des gradients ω et p relativement élevés respectivement de 2.1584 et 6.0956 pour 60 et de 1.4165 et 4.5879 en 1999. La tendance est donc, avec le temps, à un affaiblissement généralisé des deux paramètres.

Le second milieu, quand à lui, dispose de paramètres beaucoup plus faibles puisque l'on obtient des valeurs de 0.1396 en 1960 et 0.1492 en 1999 pour ω et deux valeurs négatives pour p : -2.5268 en 1960 et -1.7158 en 1999.

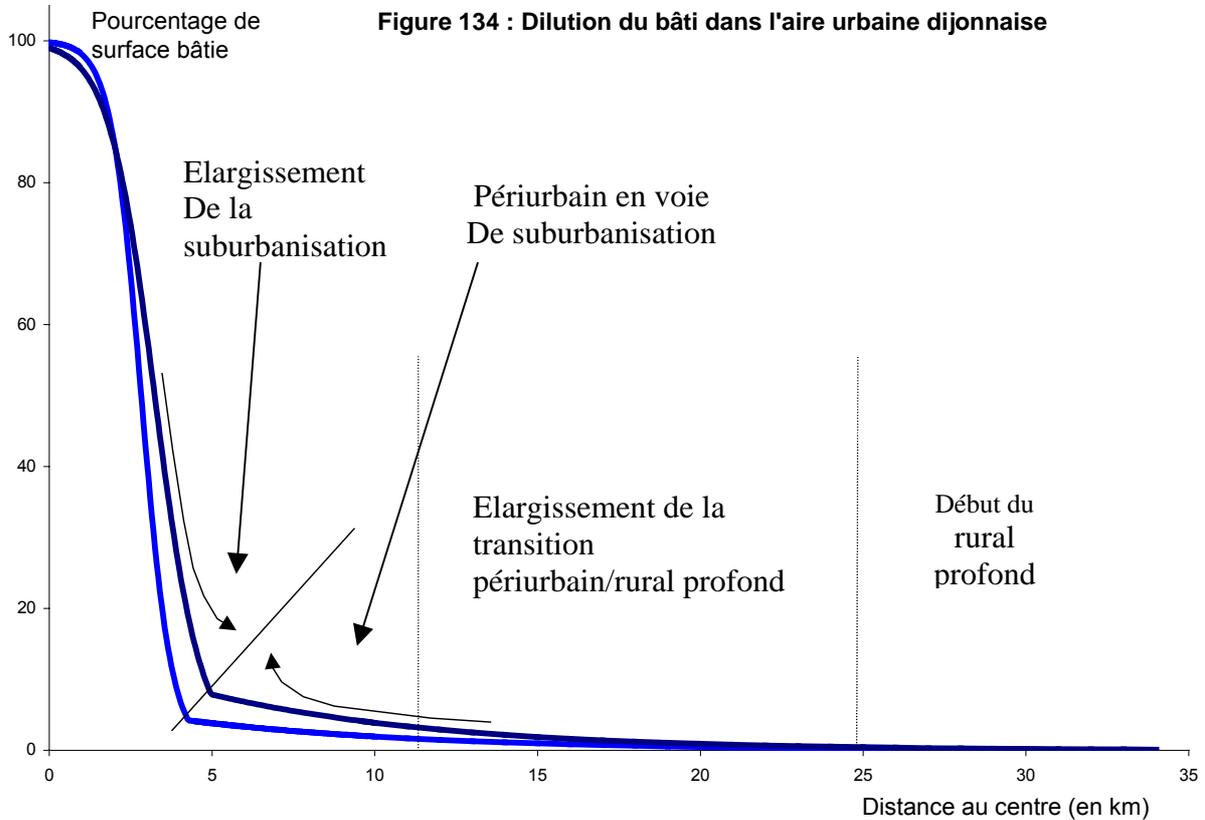
La dilution du bâti de l'aire urbaine dijonnaise aboutit ainsi à deux logiques :

- une première où le bâti tend à décroître très rapidement du centre vers la périphérie, autrement dit, où la transition entre urbain et rural est assez brusque, passant d'un espace purement bâti à des territoires plus aérés autour de 5 km.
- à cette distance, se produit une rupture très forte entre les deux milieux urbain et périurbain. On observe un véritable saut quantitatif puisque l'on va passer d'un espace monobloc à de multiples surfaces bâties entièrement fragmentées (dues à la présence de très nombreuses communes). Le passage de l'urbain au périurbain est en moyenne marqué au niveau de l'occupation du sol.
- au-delà de cette rupture, on rentre, à proprement parler, dans le périurbain où la transition est semblée plus lente. Le profil de type logistique est alors nettement plus affaibli et fait apparaître des domaines non bornés que l'on peut toutefois diviser en trois ensembles :
 - une première portion, entre 5.5 et 10, présentent des oscillations à forte fréquence, ce qui signifie que les surfaces urbaines y sont nombreuses, rapprochées les unes des autres. Vont alors se succéder rapidement espaces bâtis et zones vides ou pratiquement vides. Il s'agit en quelque sorte des espaces ruraux en voie de suburbanisation.
 - une seconde portion, entre 10 et 25 km, où les oscillations entre le bâti et le non-bâti sont nettement plus lentes puisque l'on va pouvoir en distinguer seulement 2 contre 4 pour la première couronne périurbaine précédente. Ces oscillations sont en réalité la manifestation des pôles secondaires tels que Genlis, Arc-sur-Tille ou Gevrey-Chambertin
 - enfin la dernière couronne paraît moins organisée et ne présente plus d'oscillation tout en conservant la décroissance globale selon le gradient mis en évidence pour l'ensemble du périurbain.

Dans le temps, la tendance est à l'augmentation des deux paramètres en milieu périurbain, ce qui implique que la droite de régression suive une translation verticale alors que l'on assiste, au contraire, à une diminution des paramètres pour le milieu urbain.

La courbe urbaine met en évidence un basculement tout à fait conforme au paragraphe théorique. En somme, les surfaces urbaines tendent à gagner en superficie et, en même temps, la zone de transition à s'accroître.

Dans le périurbain, la situation est fondamentalement différente puisque le gradient de dilution tend au contraire à augmenter. En somme, les espaces périurbains se suburbanisent avec, comme idée, que la rupture urbain périurbain à tendance à s'amenuiser. Du côté de la ville, la courbe bascule, alors que du côté du rural, elle se redresse. Parallèlement le facteur d'étalement p , augmente également, ce qui implique que la transition entre périurbain et rural profond s'accroisse.



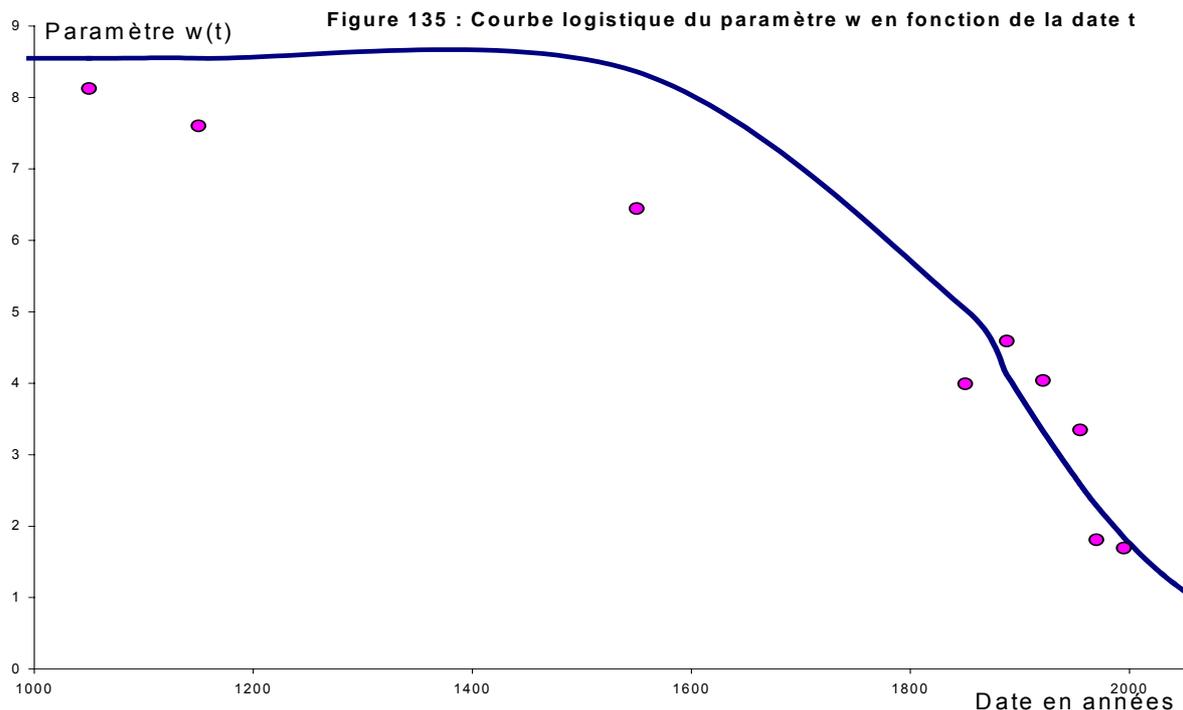
C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

Pour conclure, nous dirons que la suburbanisation progresse donc par estompage des ruptures antérieures et construction de nouvelles de plus en plus loin du centre. Les mouvements s'effectuent sur des distances de plus en plus grandes et donc les transitions apparaissent toujours plus vastes : L'étalement urbain entraîne donc une dilution de l'urbain et du périurbain par la disparition de toutes les ruptures et le changement d'échelle du phénomène, passant d'un espace rupture à un espace transition, tant au niveau de la ville que de la campagne.

4.4) La dynamique et les logiques de dilution

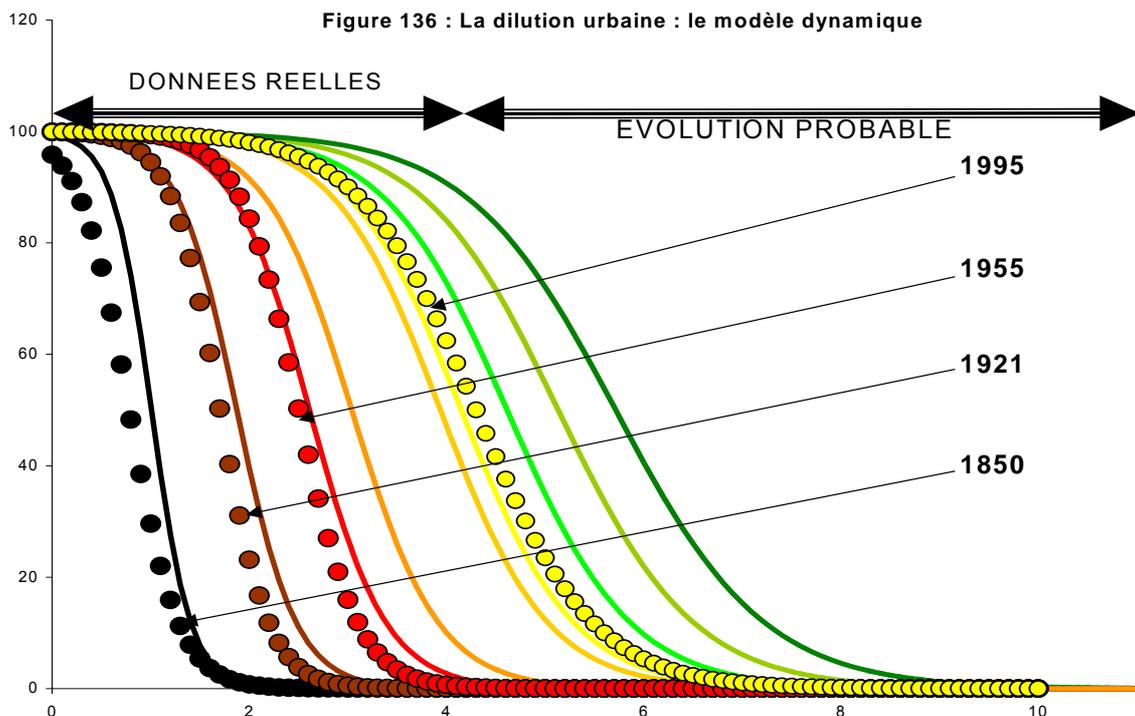
Afin d'évaluer la dynamique de la dilution, il convient d'établir au préalable chacune des courbes logistiques pour l'ensemble des dates et ainsi de les ajuster en faisant varier les différents gradients. A partir de ces derniers, il nous est possible de les mettre en relation avec la date par un nuage de points. Ce dernier est alors de nature logistique d'où l'utilisation de la régression du même nom. La valeur w_0 pour la date initiale en l'an 1000 a été fixée à 8.55. Pour le second paramètre $p(t)$ nous avons utilisé une régression linéaire classique

Grâce à cette courbe et la régression linéaire, il est possible de projeter les courbes de dilution pour les dates postérieures à 2000, en considérant que les tendances actuelles vont se poursuivre d'ici 10 ou 20 ans.



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

On obtient alors un second graphique dans lequel nous avons fait figurer l'ensemble des courbes pour des dates antérieures à 2000, c'est-à-dire les courbes dérivées des données réelles ainsi que les projections pour les dates postérieures à 2000 calées sur les périodes précédentes.



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

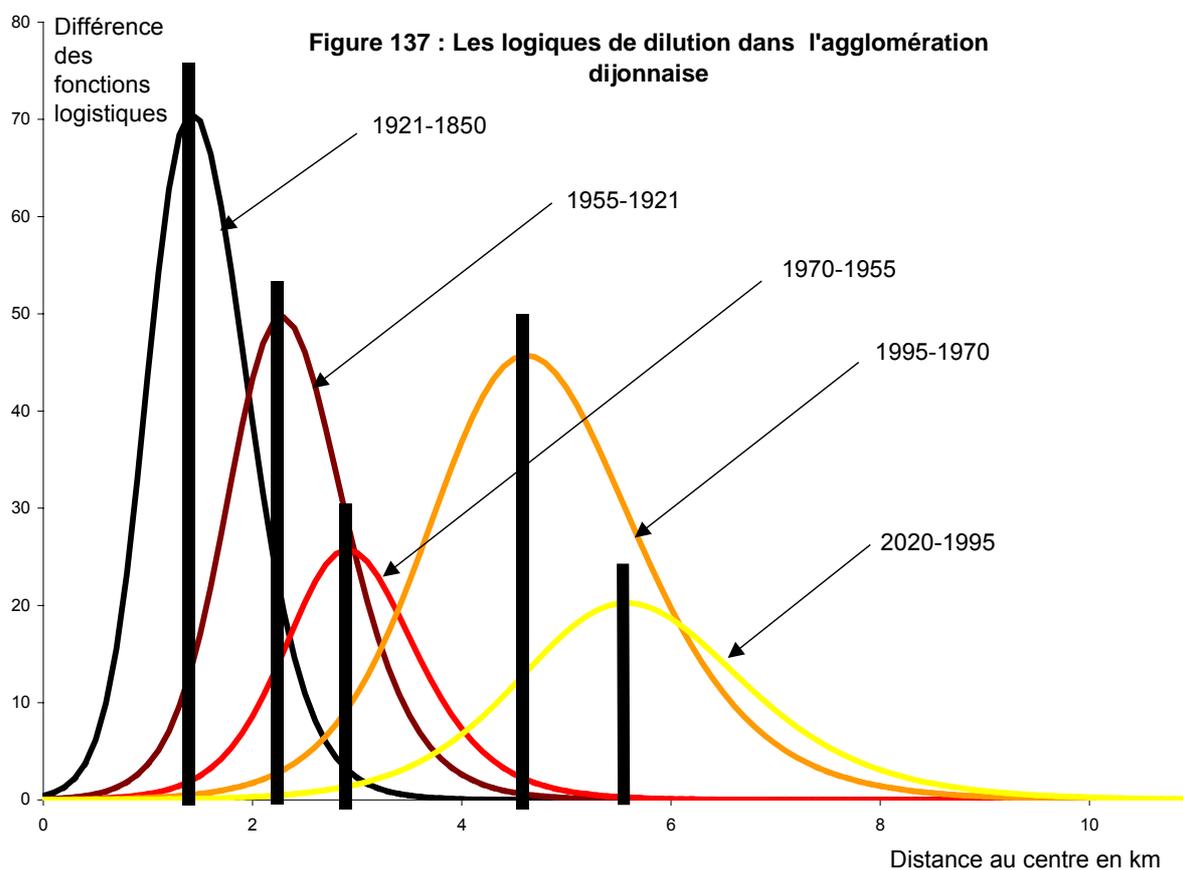
Les courbes de 2010, 2020 et 2030 mettent en avant une extension des domaines bâties par un accroissement de la zone de transition : on observe alors un basculement progressif de la courbe vers l'horizontale. Le paramètre $w(t)$ tend à décroître avec le temps et le gradient $p(t)$, quant à lui, augmente. On perçoit un étalement de la zone entièrement bâtie (pourcentage proche de 100).

En 1850, la courbe décroît très rapidement sans que n'apparaissent véritablement d'asymptotes vers le centre. En somme, il n'existe pas encore de plateau central.

1921 marque une évolution importante puisque déjà semble s'individualiser un ensemble entièrement bâti entre 0 et 800m, ce qui correspond *grosso modo* au périmètre de l'actuel centre ville. Cette limite s'étend par la suite, en 1955, avec une frontière entre l'entièrement bâti et l'espace de transition autour de 1.8km.

C'est en 1995 que s'observe la plus importante évolution de l'ensemble des périodes puisque le rayon a pratiquement doublé : la limite entre le purement urbain et le début d'un espace mixte se fixe aux alentours de 3.8 km du centre. Cette tendance à l'éloignement des frontières devrait s'intensifier durant les prochaines décennies : en 2020-2030, il semble probable que cette limite passe à 4.5 km du centre.

La zone de transition va donc s'étendre.



C.ENAULT Laboratoire THEMA Dijon

Les logiques de dilution qui peuvent s'envisager par les différences des fonctions entre deux dates font apparaître un double processus :

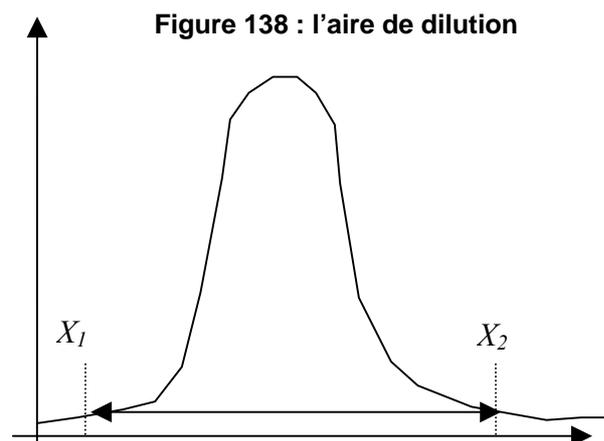
- 1) Quelle que soit la date, on observe un éloignement du point d'échauffement, c'est-à-dire le lieu de la plus forte variation de pourcentage. Cette tendance a été plus lente entre 1850 et 1970, avec une moyenne de 800m pour les trois périodes 1850-1921, 1921-1955 et 1955-1970. Plus

importante a été l'évolution entre 1970 et 1995, avec un éloignement de près de 2km, soit deux fois plus que pour les précédentes périodes. Cela signifie que la croissance du bâti a été plus manifeste pour ces dates que pour les autres, autrement dit, la croissance de la suburbanisation a progressé à un rythme plus élevé entre 1995 et 1970 qu'entre 1850 et 1970. Les évolutions pour les périodes postérieures 1995 adoptent des rythmes relativement voisins de ceux de 1850-1970 avec un éloignement de près d'un kilomètre, ce qui met en évidence une tendance à l'affaiblissement de la consommation spatiale par le bâti pour le futur. Le processus de suburbanisation devrait donc se poursuivre mais à un rythme inférieur à celui de 1850-1970

- 2) La seconde évolution consiste en un élargissement progressif de la zone de dilution, en somme de l'aire à l'intérieur de laquelle se produit l'augmentation du pourcentage de surface urbaine. On passe ainsi de 2.5, 3, 3.5 et enfin 4km de rayon. Essayons à présent de calculer cette aire. Pour cela, on doit retenir, pour chaque période, les bornes des aires de dilution. Il suffit de retrancher les carrés que multiplie pi soit :

$$A_{dil}(x) = \pi x_2^2 - \pi x_1^2 \quad (53)$$

Avec $A_{dil}(x)$ qui représente l'aire de dilution, x_2 , la borne supérieure en distance au centre de cette dernière et x_1 , la borne inférieure



Période	1850-1921	1921-1955	1970-1955	1995-1970	2020-1995
X_1	0.5	1	1.5	2	3
X_2	3	4.5	5	8	9
$A_{dil}(X)$	27.4887	60.4702	71.4713	188.4956	226.1947

Ce tableau fait apparaître non seulement un éloignement des bornes inférieures et supérieures mais également une extension des aires de dilution avec un saut quantitatif plus important entre 1970 et 1995. L'étalement urbain entraîne donc une dilution du bâti sur des surfaces de plus en plus grandes.

La force de la dilution ne suit pas des logiques semblables car on observe une décroissance progressive du pic de dilution jusqu'en 1970 puis une augmentation de cette valeur. La dynamique nous permet ainsi de mettre en évidence une double logique de baisse et de montée de la force de dilution. Plus la valeur décroît, plus on peut affirmer que la dilution s'intensifie et, au contraire, plus la force augmente et plus l'espace s'urbanise fortement. Durant la période

1850-1970, l'étalement urbain a de ce fait conduit, pour les espaces proches de la ville, à l'émergence de surfaces urbanisées plus fragmentées, alors que, pour la période 1970-1995, ce fut au contraire un mouvement de bourrage interne, les espaces autrefois isolés se sont alors progressivement joints. Pour le futur, on peut concevoir que l'espace va à nouveau se diluer sur de plus grandes superficies jusqu'à ce que les vides se comblerent à nouveau.

En somme, l'évolution sur le temps long met donc en évidence un phénomène de contraction puis de dilatation par fragmentation, jusqu'à ce qu'apparaisse une nouvelle phase de contraction. La tendance est donc de nature cyclique.

Il pourrait être intéressant d'examiner le même phénomène au niveau de l'aire urbaine, mais le manque de données nous en empêche.

Dans ce chapitre, nous avons montré que la notion d'étalement pouvait être envisagée autrement que par les densités de population.

Quelques études se sont engagées dans la voie morphologique comme celles de P.FRANKHAUSER avec les fractales. Nous proposons une approche un peu alternative avec la notion de dilution.

D'usage relativement restreint en géographie, elle est constamment usitée dans le langage courant à la fois dans un sens propre (mélange d'une solution dans un diluant) et figuré (au sens de délayé). Dans notre discipline, nous retiendrons qu'elle est avant tout responsable de la « moins ville » ou d'une ville à un dosage plus faible ou encore du pourcentage de surface bâtie. Pour traduire au mieux cela, nous avons observé que l'on pouvait interpréter la transition entre l'urbain et le rural répondant à une fonction logistique. A partir de là, on est en mesure de construire une dynamique qu'il est tout à fait possible d'appliquer à Dijon et à son aire urbaine.

Les résultats nous indiquent qu'il existe pour l'urbain une « loi » radiale centre-périphérie pour le bâti, traduisant une sorte de continuum.

Si on raisonne à présent à l'échelle du périurbain, on observe malgré tout des ruptures, ce qui nous laisse penser que le continuum n'est pas entièrement validé.

La notion d'étalement repose sur une dialectique spatiale opposant deux types d'espace l'un urbain et l'autre rural. C'est cette confrontation qui donne lieu à des processus de croissance, de diffusion spatiale par domination d'un milieu sur l'autre.

Les définitions de l'étalement urbain sont variées et nombreuses sont les études qui tentent d'en établir de nouvelles. En synthétisant l'ensemble de la production scientifique sur la question, on parvient à dégager deux types de définition.

Une première considère que la croissance de l'urbain et donc que l'extension des domaines urbanisés se caractérise avant tout par un phénomène de déconcentration des populations et ainsi que l'étalement urbain est observable par le biais des densités. On définit alors les villes qui s'étalent comme des entités qui progressent en taille sous forme de fines couches, soit de faibles densités.

Une seconde, en revanche, plus morphologique, s'attache à montrer que la croissance de la ville est avant tout surfacique, et que par conséquent, ce n'est pas par les densités que l'on est en mesure d'analyser l'étalement mais par le biais du bâti.

Pour expliquer le phénomène, on considère généralement quelques paramètres globaux : la croissance de la population, les transports, l'influence du foncier, les aménités naturelles et les acteurs.

Au-delà de la définition ou des facteurs, on s'aperçoit que l'étalement urbain, dans l'hypothèse où il débute avec la naissance de la ville, connaît des rythmes extrêmement variés en fonction des époques. Une analyse historique depuis l'Antiquité jusqu'au XIX^{ième} siècle aboutit à la conclusion qu'il est souvent difficile de prévoir les évolutions de la ville pour les périodes les plus anciennes. On parvient malgré tout à montrer que la tendance est à un accroissement des surfaces de nature plus que proportionnelle. La ville de la période préindustrielle gagne en densité et en compacité. Pour les phases plus récentes datant du XIX^{ième} siècle et de la première moitié du XX^{ième} siècle, on décèle une spectaculaire croissance des espaces bâtis, qui en un siècle vont croître quatre à cinq fois plus que durant toutes les périodes précédentes. On assiste à un véritable décollage urbain trouvant son origine dans la révolution industrielle et les progrès technologiques qu'elle suscite en particulier dans le domaine des transports. La troisième et dernière phase de la croissance de la ville est la période la plus récente où le phénomène le plus significatif de l'étalement urbain est la perte de continuité des surfaces bâties. On ne parle alors plus de croissance d'une agglomération ou d'une ville mais de l'aire urbaine qui devient la nouvelle référence.

Entre l'origine de la ville et son développement actuel, on retiendra que la croissance du bâti, donc l'étalement urbain, est de type exponentiel avec une rupture autour de 1850, où la ville sort de ses remparts.

Plus quantitativement, les approches par les densités de population nous fournissent des indices plus techniques sur l'étalement urbain. A partir de la logique de CLARK, on peut construire un modèle portant sur les populations cumulées plus à même de décrire l'étalement urbain. Le

modèle de BUSSIERE est ainsi avec ses logiques de la croissance urbaine une référence en économie spatiale. Appliqué et testé sur Dijon, il apparaît que la ville s'adapte parfaitement au modèle aussi bien au niveau de l'agglomération que de l'aire urbaine.

En dépit de sa robustesse, on peut toutefois contester la définition sur laquelle il repose, à savoir un étalement urbain basé sur les notions de concentration. C'est pourquoi, nous avons également envisagé une autre approche, plus morphologique, reposant sur le modèle logistique. Là encore, les coefficients de détermination sont apparus tout à fait satisfaisants pour l'ensemble des périodes allant du Moyen âge à nos jours. De la même manière qu'il existe des logiques de la croissance urbaine, nous avons pu par le biais de la nouvelle notion ainsi définie (la dilution), construire des logiques de dilution. Les résultats observés apportent des éléments supplémentaires par rapport à l'approche des densités puisque l'on dégage au contraire du modèle de BUSSIERE des phénomènes de discontinuité, au niveau de la morphologie, ce que nous n'avions pas avec les populations. La nouveauté est que la croissance de la ville s'effectue par nappes successives mais que ces dernières tendent à fragmenter le bâti. Par ailleurs, les modalités de cet étalement varie fortement en fonction de la distance au centre. Si à proximité du centre, la « loi » est plutôt de type continu, ce n'est plus le cas du périurbain où au contraire, s'observe un phénomène d'étalement avec un impact moindre de la distance au centre. Comment l'expliquer si ce n'est par les transports.

En effet, l'étalement urbain semble largement dépendant de ce facteur. On ne peut à l'évidence pas comprendre la croissance exponentielle de la ville sans faire appel à la logique des mobilités. Pourquoi la ville médiévale ne pouvait-elle pas croître davantage ? C'est principalement parce qu'il n'existait pas de moyen de transport adapté. Ainsi, la ville moderne, plus rurale qu'urbaine est aujourd'hui celle du tout automobile. En somme, à une taille de ville correspond un type de transport dominant. Il existe bien une relation forte entre étalement urbain et transport.

Partie III : Étalement, dilution et transport automobile

Nous partons du constat que la ville progresse, s'étend, se construit sur un laps de temps extrêmement long selon des modalités qui varient en fonction des époques.

Maintenant que les modalités de l'étalement urbain nous sont connues, il nous reste à chercher la réponse à une autre interrogation : pourquoi ? Autrement dit, il convient d'expliquer l'étalement urbain. Quels en sont les moteurs ?

La seconde partie nous a déjà apporté quelques éléments de réponse. Certains facteurs comme la croissance de la population, les transports, le coût du foncier, les acteurs ou les aménités naturelles ont pu être évoqués. Toute la question est de déterminer lequel de ces derniers est le plus important pour comprendre l'étalement contemporain des agglomérations.

Historiquement, nous avons pu montrer l'existence d'un saut quantitatif de l'étalement urbain se situant approximativement vers le milieu du XIX^{ième} siècle. Que s'est-il alors produit ? La première explication que nous pouvons fournir vient de la population. En effet, le XIX^{ième} siècle est également le siècle de la transition démographique pour les pays occidentaux. La conséquence en terme de population est l'accroissement spectaculaire entre le milieu du XIX^{ième} siècle et le début du troisième millénaire. L'étalement urbain est-il pour autant la conséquence directe de ce phénomène d'expansion démographique ? La réponse n'est pas si simple.

Depuis l'origine des villes, la croissance de la population n'a eu qu'un effet relativement limité sur l'extension des surfaces, la cité restant compacte. Certes, l'évolution démographique n'était pas aussi sensible que durant les dernières périodes, néanmoins la ville semble plus croître en hauteur qu'en surface. A partir du XIX^{ième} siècle, les ressources humaines sont plus importantes, nous nous trouvons donc face à une situation nouvelle où la ville doit, pour se développer, accroître d'une manière significative le nombre de logements pour accueillir les nouveaux résidents. Cette expansion aurait pu s'effectuer par une simple densification, or, ce n'est pas ce qui se produit, la ville va progresser plus en surface qu'en densité allant à l'inverse de la logique des périodes précédentes. On peut donc penser que la croissance de la population renforcée plus tard par les mouvements d'exode rural est l'initiatrice du processus d'expansion surfacique, le phénomène sans lequel rien n'aurait été possible.

Pourtant, comme nous l'avons observé, la ville aurait très bien pu poursuivre sa progression en hauteur donnant des cités toujours plus denses. On observe aujourd'hui et on commence à percevoir avec les projets de tours au Japon que dans un espace sous contrainte, il est possible d'étendre pratiquement à

l'infini la densité. Alors pourquoi n'avons nous pas observé ce phénomène puisque la ville européenne, y compris avec la destruction des remparts était elle-même limitée en croissance. Il ne s'agissait pas d'une contrainte d'ordre physique, d'un manque de place comme au Japon, mais plutôt d'une limite d'ordre temporel. Considérons en effet que la ville médiévale est avant tout pédestre comme l'observe M.WIEL. On peut alors difficilement imaginer une agglomération où un individu mettrait plus d'une demi-heure pour se rendre au centre ville à la fois lieu de travail, de vie, de loisirs et de commerce. En somme pour un piéton circulant à 5 km/h, il n'est guère possible de s'installer à une distance supérieure à 2.5 km du centre ville. La taille de la ville ne peut alors excéder 19.625 km² (Surface = $\pi \text{Rayon}^2 = 2.5^2\pi$).

A partir du XIX^{ième} siècle, les villes commencent pour certaines d'entre elles à dépasser cette taille théorique. Comment l'expliquer ? Notre limite temporelle est toujours présente et pourtant notre ville a été profondément bouleversée. Les changements sont donc à chercher du côté des distances. La contraction de l'espace-temps (A.BRETAGNOLLE, 1999) est donc à l'origine d'une profonde restructuration urbaine. On en déduit naturellement que si les distances ont augmenté, c'est que les vitesses ont largement progressé. En somme, l'origine de l'étalement urbain contemporain paraît liée à la mutation des systèmes de transport.

Il y a bien un phénomène de cooccurrence entre la mutation des transports et l'étalement urbain. Dans quel sens doit-on envisager la relation ? Est-ce l'étalement urbain qui est à l'origine de la mutation des transports ou les transports qui sont responsables de l'extension contemporaine des agglomérations ? Ou bien est-on en présence d'une relation interactive où il ne faut plus privilégier un sens par rapport à l'autre ?

Nous proposons de répondre à ces questions à travers quatre chapitres :

Un premier, à vocation locale, nous décrira le réseau routier d'une aire urbaine : celle de Dijon.

Le suivant, s'intéressera davantage au fonctionnement de ce dernier, en utilisant l'ensemble de l'information pour le calcul des vitesses routières.

Un troisième cherchera à qualifier les liens unissant la vitesse à l'étalement urbain via les densités de population.

Enfin un quatrième chapitre aura valeur d'exemple en raisonnant localement pour évaluer l'impact de la modification d'accessibilité sur la périurbanisation.

Chapitre 1 : Structure du réseau

Avant de pousser nos investigations vers des aspects plus théoriques, nous allons chercher à comprendre le réseau routier de notre espace d'étude, à en étudier les composantes.

Pour cela nous procéderons à une étude en trois points.

Un premier sera une rapide présentation du réseau routier replacé dans un cadre général de circulation puis décrit d'un point de vue global. Nous analyserons ainsi la forme globale du réseau et les densités du linéaire routier.

Ensuite, nous rassemblerons l'ensemble des données sur la morphologie routière, les circulations, le pourcentage de poids lourds et les feux de circulation.

Enfin, un troisième point analysera deux exemples opposés de radiales dijonnaises afin de mieux comprendre les problèmes d'accessibilité au centre.

1) Présentation générale du réseau

1.1) Dijon, un pôle de circulation périphérique ?

Envisagée comme une région de transit par J.J.BAVOUX¹, la Bourgogne est traversée par d'importants courants de circulation. De l'ensemble des flux, ce sont ceux de l'axe Paris Lyon qui l'emportent, laissant ainsi à l'écart les plus grandes villes de la région. Nevers se trouve bloquée sur l'axe de la Loire sans possibilité de liaison rapide en direction du grand couloir de circulation bourguignon. Auxerre, certes sur cet axe, ne parvient pas réellement à faire émerger de pôle de circulation majeur. Que dire de Chalon sur Saône ou Mâcon qui ne parviennent pas à développer de nœud majeur ? Finalement de l'ensemble des « capitales » départementales, seule Dijon tire son épingle du jeu en attirant à elle plusieurs axes routiers. Ainsi, J.J.BAVOUX remarque que « la Bourgogne des nœuds est périphérique, le cœur de la Bourgogne n'est pas un nœud ».

Malgré tout, le pôle dijonnais se trouve ainsi à l'écart du grand axe Paris Lyon Marseille, ce qui ne l'empêche pourtant pas de s'imposer en tant que carrefour majeur régional. Plus que les autres villes, Dijon a su profiter de son rôle de capitale régionale pour attirer à elle un grand nombre d'axes lourds, si bien qu'aujourd'hui l'enclavement dijonnais n'est plus qu'un mauvais souvenir. Elle apparaît particulièrement bien dotée en infrastructures routières. L'A 38 a été la première bretelle permettant un raccordement au réseau autoroutier ouest, ensuite, est venu s'ajouter l'A 31, nouvelle voie permettant les transits nord sud. Enfin, l'A 39 est la dernière bretelle autoroutière donnant accès à l'A 36 (voir figure 139). L'étoile routière est aujourd'hui complète même si elle reste à l'écart des plus grands flux de circulation. Plus récemment, on commence à voir émerger de nouvelles circulations, en dehors du couloir Seine Saône, de plus en plus saturé. L'A 31, avec son raccordement à l'A 5, apparaît comme une alternative au traditionnel trajet Paris Lyon par l'Yonne. Cette situation est renforcée avec le prolongement de l'A 39 au-delà de Bourg-en-Bresse par l'A 40 et l'A 42 jusqu'à Lyon. Dijon, retrouve ainsi le rôle de carrefour et d'étoile routière qu'elle avait pu avoir dès le Moyen Age. La question essentielle est de savoir si ces nouveaux flux, peuvent avoir des répercussions au niveau local. Il est évident que la mise en place d'une infrastructure autoroutière peut avoir des incidences sur le développement de la zone, néanmoins elles ne sont pas identiques en fonction des différents types de trafics. Les circulations de transit sont vraisemblablement moins localisantes que des trafics locaux. Il semble par conséquent que les autoroutes payantes (A 31 et A 39 secteur payant) ne semblent pas jouer de rôle significatif dans les processus de périurbanisation. A l'inverse, la bretelle A 38 ou A 39 (partie gratuite) apparaissent plus aptes à développer les espaces environnants, agissant ainsi comme de véritables radiales.

1.2) Un réseau routier centré sur Dijon (figure 139)

Le réseau routier de l'aire urbaine dijonnaise présente une forte radialité. Le pôle urbain se place en position centrale et attire à lui l'ensemble des grands axes de circulation. Sur l'ensemble de ces voies,

¹ *Le carrefour bourguignon, analyse d'un espace de circulation*, mémoires et documents de géographie, CNRS édition 1994

quatre sont des autoroutes : A 38 à l'Ouest, A 39 au Sud-Est, A 31 au Nord et au Sud. A cela s'ajoutent les grandes départementales ou nationales : N 74 au Nord et au Sud, N71 au Nord-Ouest, N5 à l'Est/Sud-Est, D 70 à l'Est, D 996 et D 968 au Sud-Est et enfin D 903 au Nord/Nord-Ouest. En somme, le réseau apparaît dissymétrique opposant l'Est, largement doté d'infrastructures à l'Ouest bien plus enclavé (seulement deux radiales).

Pour compléter cette description, il convient d'ajouter les voies de contournements. Ainsi, la forme radio-concentrique peut être admise. On distingue quatre ceintures de routes et boulevards :

- 1) les boulevards du XIX^{ième} siècle qui entourent le centre ville et suivent le tracé des anciens remparts
- 2) les boulevards des années 1960-1970 formant approximativement un cercle de 2 km autour du centre de Dijon.
- 3) la voie rapide de l'est dijonnais (voie George Pompidou) construite durant les années 1980-1990.
- 4) enfin l'autoroute A 31 contournant Dijon par l'Est.

En somme, le réseau semble plus radial que concentrique avec un contournement incomplet des ceintures 3 et 4.

D'un point de vue plus quantitatif, il est possible de qualifier les territoires en fonction d'une plus ou moins grande « présence routière ».

1.3) La densité communale du réseau (figure 140)

Nous avons pour cela utilisé la densité du linéaire routier par commune calculé par le simple rapport entre la longueur totale des voies de circulation dans chaque commune et la surface communale.

Le réseau retenu est celui de BD carto et comprend donc la totalité du linéaire routier. Nous avons réalisé une première carte avec l'ensemble des informations du réseau.

Cette dernière met en évidence de fortes inégalités. Les plus faibles densités sont généralement dans les secteurs les plus éloignés de l'agglomération dijonnaise et à l'inverse, les densités les plus fortes semblent se situer au cœur de l'aire urbaine. En faisant ces deux constatations, nous sommes en droit de nous demander si le linéaire suit une logique de type centre-périphérie. Cette hypothèse nous conduit naturellement à envisager la nature de la relation entre la distance au centre et la densité. Au vue de la carte, il ne semble pas que l'expression soit linéaire et c'est pour cette raison que nous proposons plutôt une relation de type :

$$D_R(x) = L_o e^{-\alpha x} \quad (54)$$

Où $D_R(x)$ représente la densité du linéaire routier à une distance x , x la distance au centre, L_o , la densité routière centrale de l'agglomération et α le gradient de densité

Pour vérifier cette expression, nous avons calculé la distance au centre par commune et nous l'avons mise en relation avec la densité.

Cette analyse ne nous a pas conduit à de bons résultats. Le nuage de points s'étire alors le long d'une courbe de nature exponentielle. Même si le calcul du logarithme de la densité permet de linéariser l'expression ($\ln(D_R(x)) = -\alpha x + L_o$), il ne fournit pas de bons coefficients de détermination puisque l'on approche à peine 14 à 15% de la variance. Nous avons donc cherché à calculer les moyennes par pas de 1

km, la distance au centre devient alors un bon descripteur de la densité si l'on place une rupture autour de 12 km du centre.

Il existe deux types d'espaces :

Figure 139 : Réseau routier principal de l'aire urbaine dijonnaise

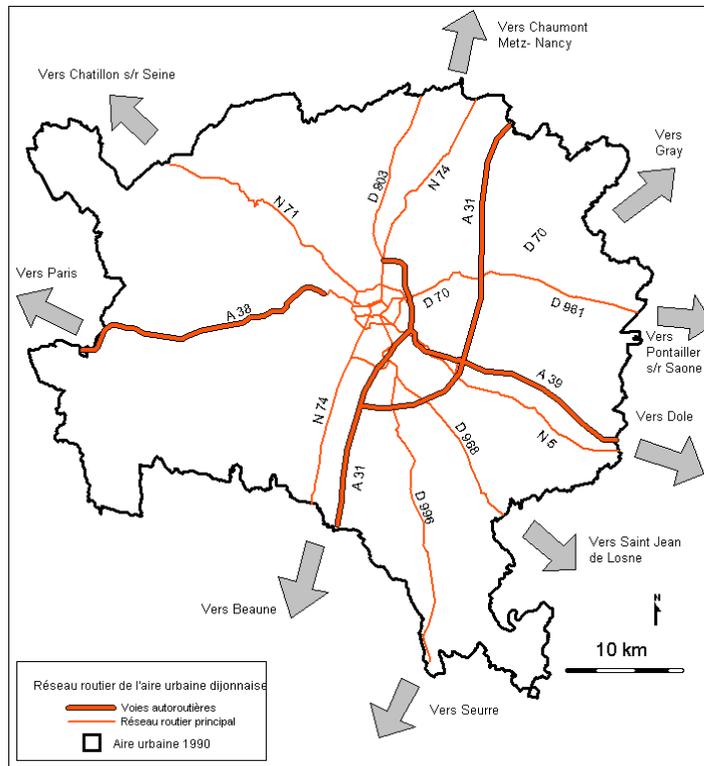
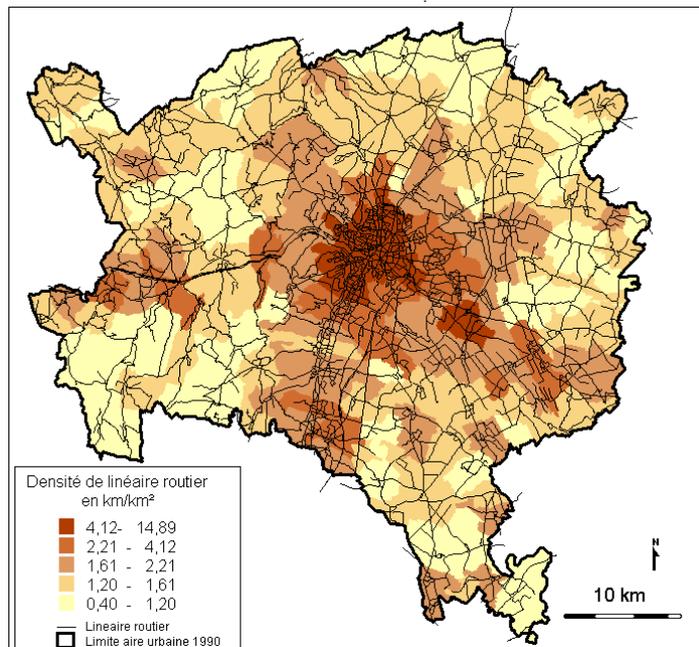
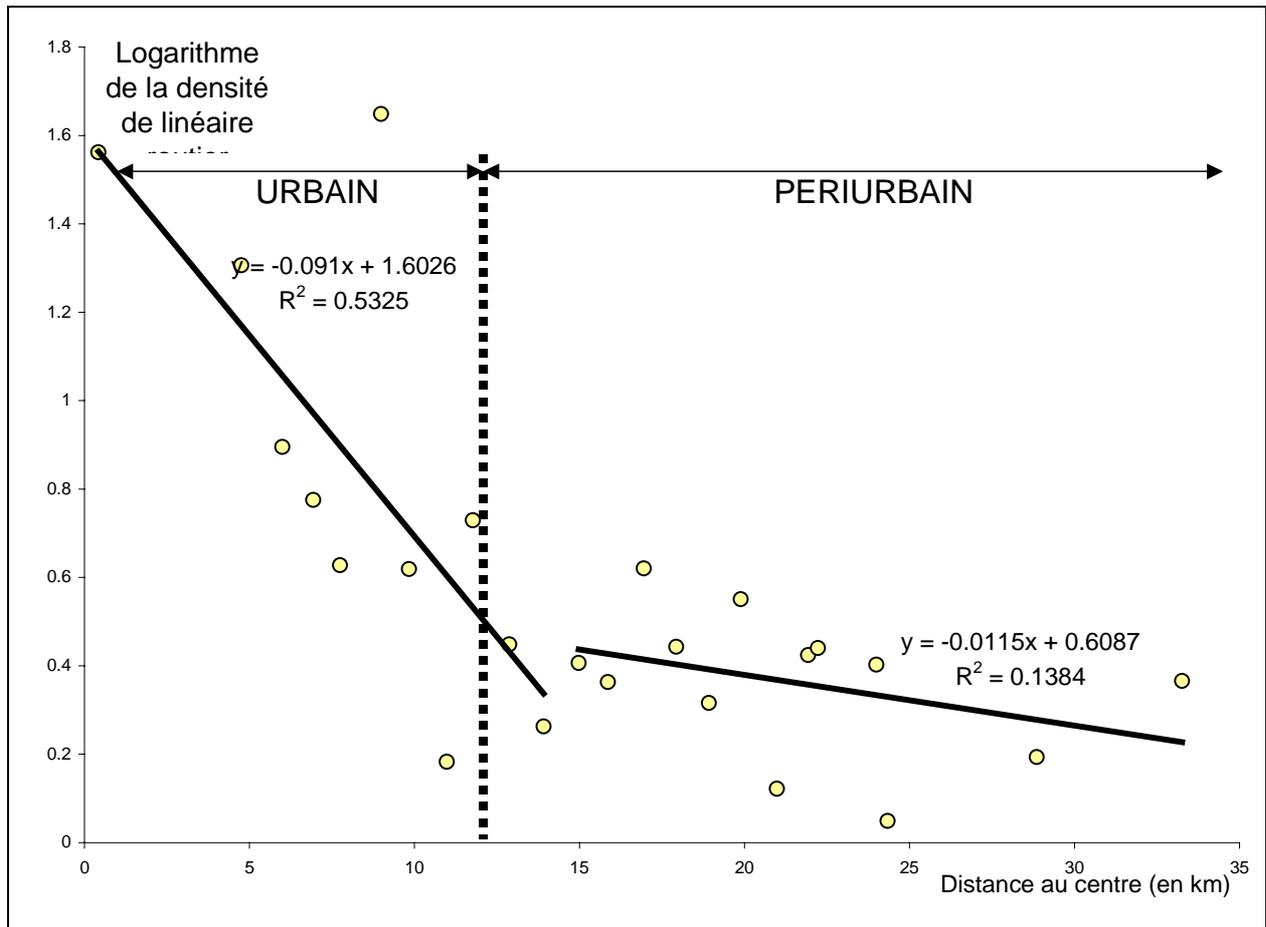


Figure 140 : Densité de réseau routier par commune



- un premier entre 0 et 12 km où la densité du linéaire routier décroît régulièrement selon une exponentielle négative avec un coefficient de détermination proche de 0.54. On peut donc en conclure que la densité est alors bien de nature auréolaire.
- une deuxième zone en revanche semble moins affectée par la décroissance avec un coefficient faible. La régression exponentielle ne parvient à expliquer seulement qu'une petite partie de la variance.

Figure 141 : Densité du linéaire routier et distance au centre



Enault C – THEMA Dijon

Source : IGN BD carto

A présent, nous pouvons affiner ces résultats en dégagant les sous ensembles au sein de notre aire d'étude.

Les coefficients de détermination ont pu nous montrer que la logique centre-périphérie ne parvenait pas à expliquer l'ensemble de l'organisation du réseau routier.

En effet d'autres éléments comme le relief ou les couloirs de circulations apportent des éclairages supplémentaires.

La première remarque tient à la dissymétrie relative du réseau de l'aire urbaine dijonnaise déjà mise en évidence dans le paragraphe précédent. La carte fait apparaître un certain enclavement de bon nombre de communes de l'Ouest dijonnais sur le plateau bourguignon. Les valeurs n'y dépassent pas les 1.2 km/km² dans l'extrême Sud-Ouest ou dans le Nord-Ouest à l'exception de la vallée de l'Oze. De l'autre côté de l'agglomération dijonnaise, on trouve des densités en moyenne plus importantes. On peut toutefois dégager

des ensembles faiblement dotés en infrastructures comme la région de Longchamp ou de Tart-l'Abbaye. Au Nord la région de Gemeaux semble également moins pourvue en infrastructures.

Parallèlement, les densités paraissent également s'étirer le long de deux ou trois couloirs principaux. La grande direction de la N 74 et de l'A 31 s'impose dans toute la partie sud en dessinant une zone de forte densité de réseau de 6 ou 7 km de large et allant jusqu'aux limites de l'aire urbaine. Le linéaire routier y est très fortement aligné le long de la Côte. L'autre grande direction est celle de l'A 39 et de la N5 elle aussi marquée par de fortes densités du centre de l'agglomération jusqu'aux limites de l'aire urbaine. Le couloir fait en moyenne 6 km de large. La totalité de la partie ouest n'est pas à l'écart des routes puisque la vallée de l'Ouche dispose d'un bon réseau dessinant un couloir intermittent de forte densité de 6 km de large. Un « trou » apparaît au niveau de Fleurey-sur-Ouche, lieu de densités plus faibles. En dehors de ces trois principales directions, on décèle des étirements bien moins marqués comme celui de la D 70 au niveau de Saint-Apollinaire ou la N 74-D 28 vers Bellefond et Norges-la-ville ou encore le long de la N 71.

Finalement, on constate que les couloirs de forte densité correspondent aux directions des grandes infrastructures. En somme le réseau secondaire est venu se greffer sur le réseau principal, il n'est donc pas étonnant que la densité soit plus forte à proximité de ces grands axes.

La figure 142 se propose d'analyser plus en détail le rôle des grandes infrastructures pour les densités totales du réseau.

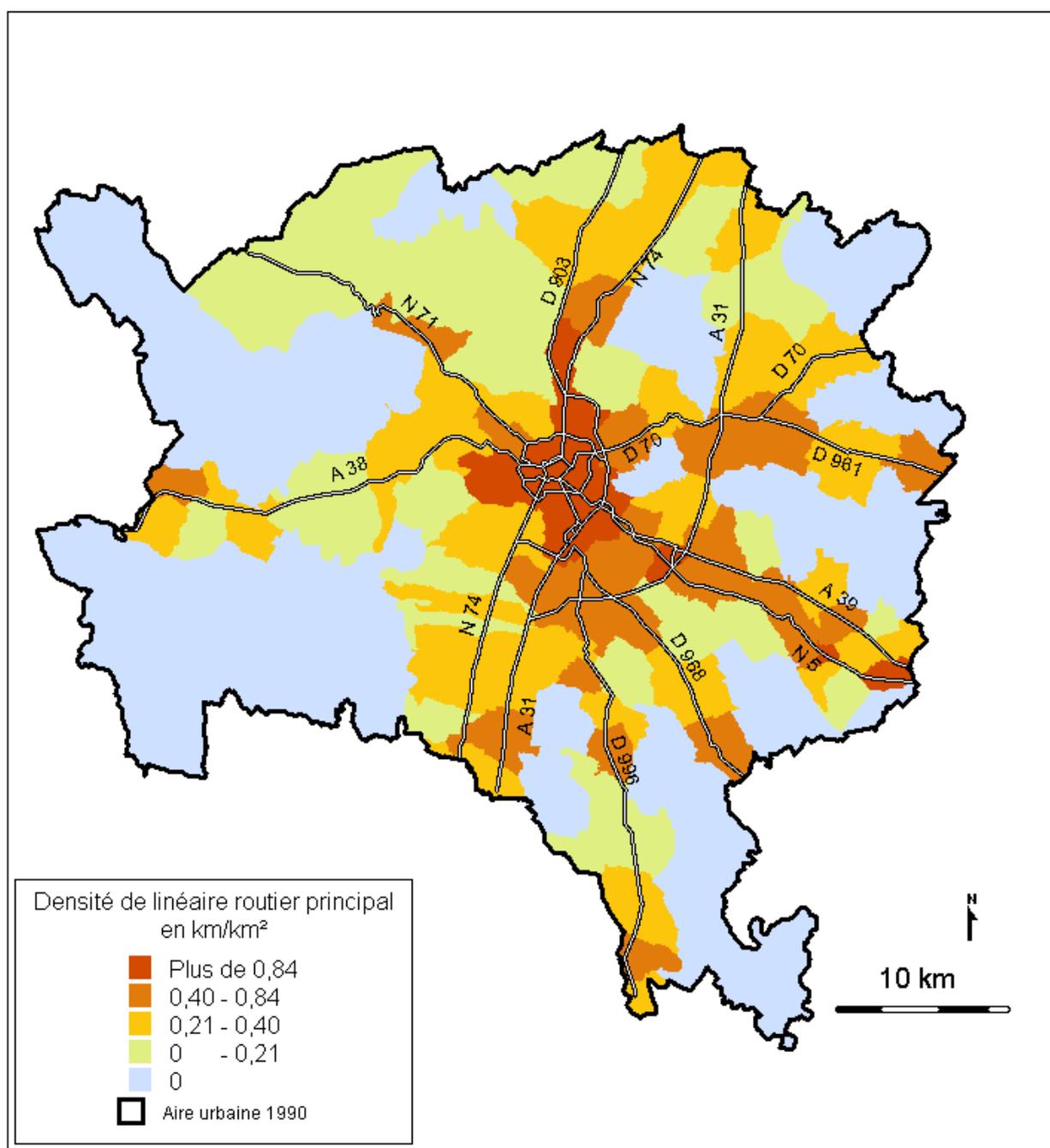
Ce travail renforce les conclusions auxquelles nous étions arrivés à l'issue du précédent paragraphe : on note ainsi une décroissance globale de la densité du linéaire routier en fonction de la distance au centre, une opposition entre l'Est et l'Ouest et enfin une axialisation des communes situées le long des grands axes de communication. Cette carte n'est donc pas une surprise mais accentue en revanche les précédentes tendances.

Toutefois, quelques couloirs ne rentrent pas dans la logique globale du réseau. La carte met en évidence des zones disposant de fortes densités le long de la D 70 et la D 961, alors que le réseau (principal plus secondaire) n'est pas aussi étendu dans les parties les plus éloignées du centre de l'agglomération. La densité routière y reste faible. La même remarque peut être faite pour le Nord de la N 74 et de la D 28. Enfin on doit également exclure des zones de forte densité les espaces situés le long de la D 996 et de la D 968. En somme, seul quelques axes (A 38, A 39, N5 et N 74 partie sud) ont pu développer un réseau secondaire assez puissant donnant d'importantes densités routières pour les communes les bordant.

En conclusion, nous insisterons sur la bonne connexion du réseau de l'aire urbaine à l'extérieur aboutissant à la formation d'un système très nettement radio-concentrique que l'on peut décrire à partir des densités de réseau. Ces dernières mettent en évidence une organisation du réseau de nature radiale fortement perturbée par une opposition plaine-plateau et une certaine densité de routes le long des principales voies d'accès que sont les autoroutes et les nationales.

Nous proposons dans le paragraphe suivant d'examiner en détail l'ensemble des paramètres inhérents aux voies elles-même mais également aux circulations ou à leur régulation.

Figure 142 : Densité du réseau routier principal dans l'aire urbaine dijonnaise



Enault C. – THEMA Dijon

Source : IGN BD Carto

2) Les paramètres du réseau

Pour procéder à une étude approfondie, nous avons dû construire une base de données. Pour ce faire, nous avons tenté de mettre en place des techniques spécifiques de vectorisation. L'idée principale a été d'individualiser autant de tronçons que possible pour aboutir aux vitesses les plus fines se rapprochant ainsi des vitesses instantanées. Cela nous a conduit à envisager de multiples critères définissant la rugosité. Le réseau est alors divisé en tronçons ayant chacun leurs propres caractéristiques, ces derniers devant être

toujours reliés entre eux par des nœuds (points fusionnés sous MAPINFO). Nous proposons dans ce paragraphe de définir les méthodes et les techniques de vectorisation qui ont permis d'aboutir à la création de cette base de données.

2.1) Les paramètres morphologiques

La première catégorie de paramètres du réseau peut être qualifiée de morphologique car elle définit la nature des voies. La courbure, la largeur et le bâti vont nous permettre de définir nos tronçons.

2.1.1) Méthode de vectorisation du réseau

La courbure est le premier des paramètres influant sur la vitesse. L'idée est de considérer comme tronçon toute portion de route qui présente un profil longitudinal différent du précédent, autrement dit, on définit un tronçon dès que le réseau décrit une sinuosité différente de la précédente.

En partant de ce principe, le nombre de tronçons à vectoriser est extrêmement élevé, on doit procéder à une sélection sur l'ensemble des routes présentes sur les cartes IGN au 1/25000. Nous avons donc fait le choix de ne retenir que les axes principaux et moyens de l'aire urbaine, à savoir les routes en rouge et en orange sur la carte IGN.

Le tronçon du réseau suit exactement le profil de la route sur la carte. Les figures 143, 144, 145 et 146 exposent les modalités de vectorisation.

Pour évaluer la courbure, nous envisagerons que le tronçon peut avoir un profil variant entre 0 et 180°, soit entre la route droite et la route en « épingle à cheveux » (figure 144).

Pour le déterminer, on fixe le point initial de début du tronçon puis un autre point au maximum de la courbure. On trace les deux perpendiculaires qui se rejoignent en un point à partir duquel il est possible de tracer une nouvelle perpendiculaire à la route pour fixer la fin du tronçon. L'angle formé par la première perpendiculaire et la seconde est l'angle que nous recherchons (figure 145).

Nous devons ajouter que les tronçons sont également déterminés en fonction des croisements et que chaque intersection produit un tronçon en plus des courbures. Trois cas peuvent alors apparaître :

- soit une voie se greffe à une route de plus grande taille. Alors, on individualise un nouveau tronçon sur la voie secondaire en lui affectant l'angle formé avec la route principal
- soit deux routes se croisent. Nous avons choisi de ne pas ajouter de tronçon supplémentaire. L'angle sur les deux routes est celui qui était initialement prévu.
- soit plus de deux routes se croisent. On doit ajouter des tronçons supplémentaires sur les routes secondaires et l'on calcule l'angle formé avec la route principale.

Figure 143 : Délimitation des tronçons en fonction de la courbure



Figure 144 : les types de virages

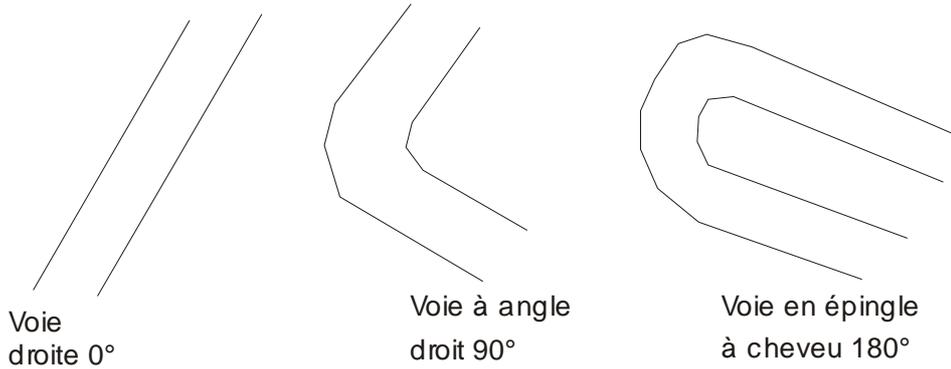


Figure 145 : Modalité de calcul de l'angle d'un virage

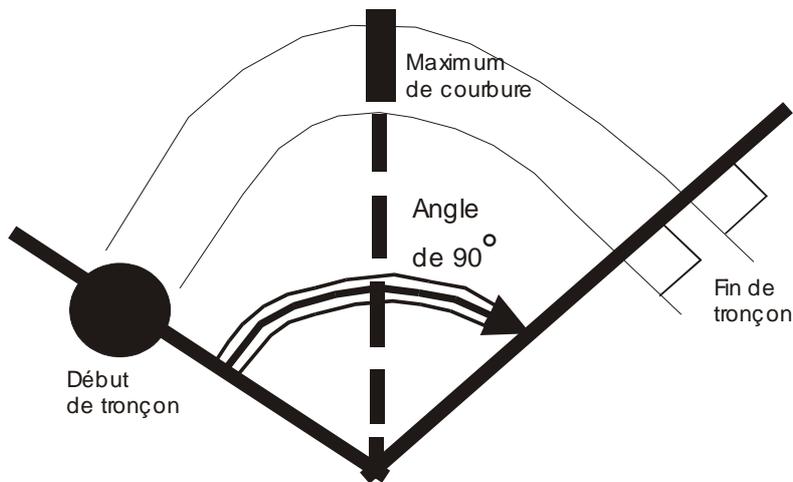
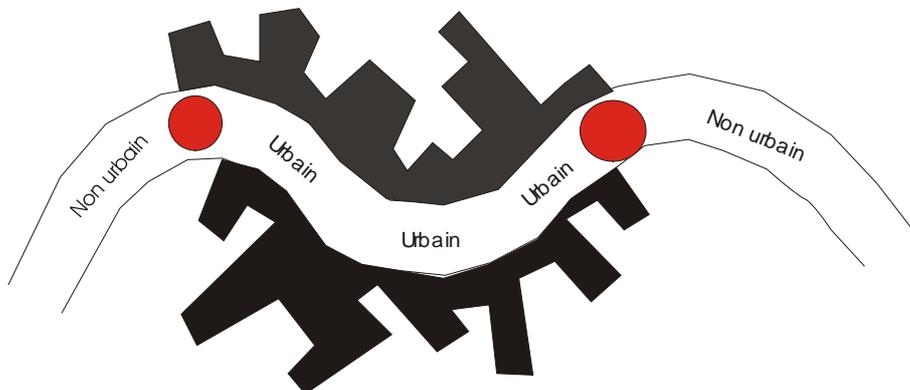


Figure 146 : Délimitation des tronçons en fonction du bâti



Pour le second paramètre morphologique, la largeur, nous avons utilisé les figurés de la carte IGN au 1/25000. Sont considérées comme :

- très larges les autoroutes
- larges, les routes à deux chaussées séparées, les routes de très bonne viabilité (3 voies et plus) et les routes de bonne viabilité (2 voies larges)
- moyennes, les routes de moyenne viabilité (2 voies étroites)
- les routes étroites régulièrement entretenues

A chaque fois qu'une route change de largeur, on ajoute un nouveau tronçon. Pour la longueur, le calcul est aisé car il suffit d'utiliser la fonction géographique de MAPINFO selon l'expression : *OBJECTLEN(obj, « km »)*. Enfin, le bâti n'est pas à proprement parler, un paramètre morphologique du réseau, néanmoins il intervient dans le découpage des tronçons, c'est pour cela que nous l'avons ajouté à ce paragraphe. Il est nécessaire d'opposer les tronçons dits urbains des tronçons non-urbains.

Toute route se trouvant dans une zone urbanisée sera dite urbaine et à l'inverse, en campagne ou en forêt, sera dite non-urbaine.

2.1.2) Une opposition Est/Ouest pour les courbures routières de l'aire urbaine dijonnaise (figure 147)

La courbure des routes fait apparaître de fortes inégalités au sein du réseau de l'aire urbaine. On observera ainsi une opposition assez nette entre l'Ouest et l'Est. La partie occidentale est parcourue par des routes dont les courbures sont souvent supérieures à 60° car elles serpentent sur un plateau coupé de nombreuses vallées encaissées comme l'Ouche ou l'Oze. On pourra ainsi noter la forte sinuosité de la D 33 reliant Sainte-Marie-sur-Ouche à Nolay, de la D 35 entre Sainte-Marie-sur-Ouche et Nuits-Saint-Georges ou encore de la D 108 entre Velars-sur-Ouche et Marsannay-la-Côte. Sur l'ensemble du réseau, seule l'A 38 ne dispose pas de courbes supérieures à 20°. La circulation sur ces axes de l'Ouest semble par conséquent plus difficile que dans la partie orientale de la plaine où les courbes n'apparaissent que sur les petites et moyennes routes. Si l'on ne peut observer de virages à plus de 120°, on note tout de même la présence de nombreuses courbes dépassant les 60°. Le réseau principal est alors peu affecté (principale radiale) à l'inverse des routes secondaires. A mesure que l'on se rapproche de Dijon, on rencontre moins de virages sur les routes pour finalement ne trouver pratiquement que des routes droites à proximité du centre.

2.1.3) Un réseau routier bien hiérarchisé (figure 148)

La carte de la largeur des voies de l'aire urbaine dijonnaise oppose principalement les voies principales aux routes secondaires. Au sommet de la hiérarchie, se trouvent les autoroutes (voies très larges), A 38 et A 39 puis les nationales, N 71 et N 5 et enfin les départementales dont les D 903, D 70, D 996, D 968. On peut estimer que la largeur des routes de type large est comparable pour l'ensemble des voies qu'elles soient départementales ou nationales. Le réseau semble là encore fortement dissymétrique avec une meilleure desserte des voies les plus larges pour la partie est (près de sept routes de caractère large) contre seulement deux pour l'Ouest.

Figure 147 : Courbure des principales routes de l'aire urbaine dijonnaise

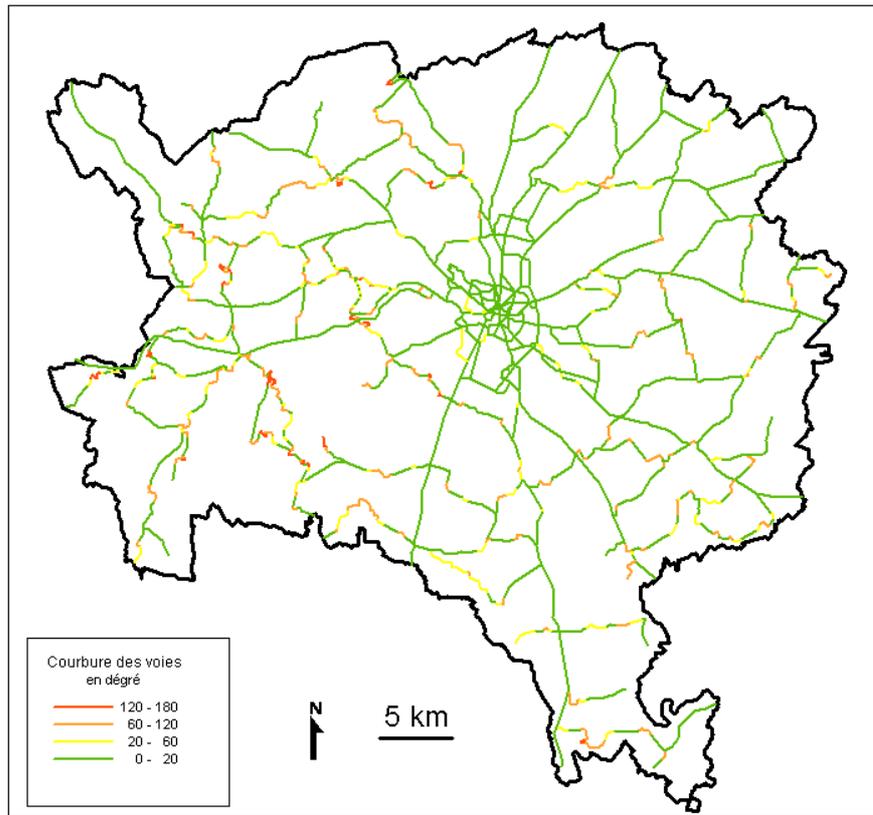
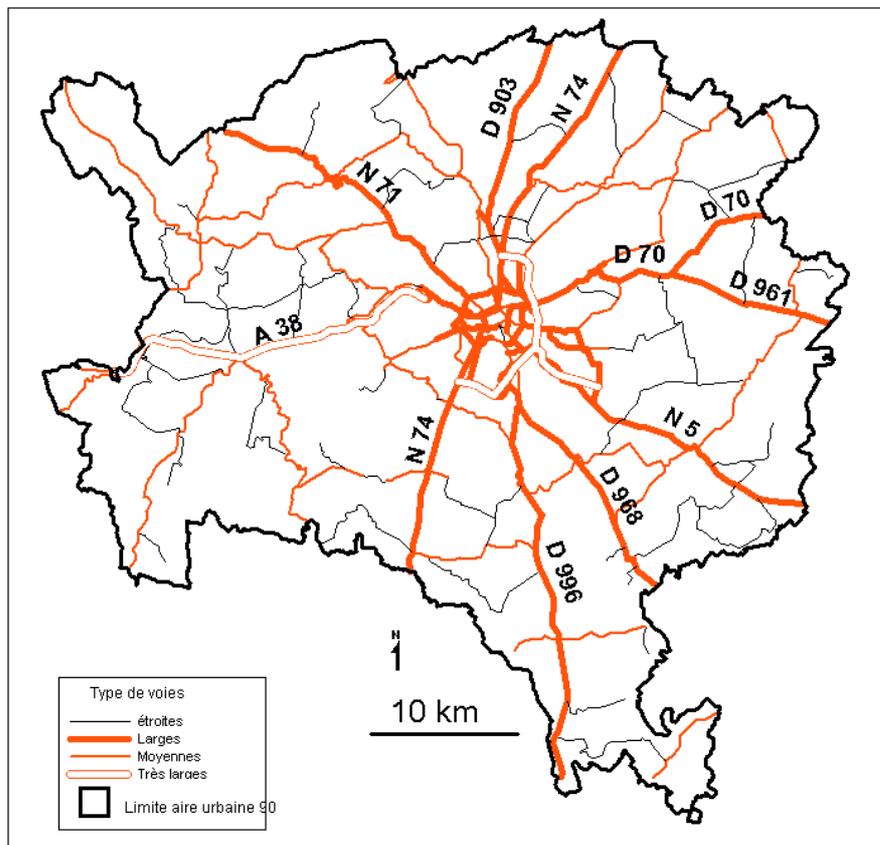


Figure 148 : Largeur des voies de l'aire urbaine dijonnaise



La circulation apparaît *a priori* nettement plus rapide pour les communes de la partie orientale. Nous remarquerons, qu'en revanche, le réseau secondaire (route moyenne) est assez peu développé, seules les D 8 et D 25 permettent un contournement de Dijon par le Sud. La circulation est donc principalement radiale.

Dans la partie ouest, les grandes routes larges sont généralement remplacées par des infrastructures moyennes ou étroites. La circulation radiale se résume à la présence des deux principales routes : A 38 et N 71. En dehors de ces voies, le plateau est irrigué essentiellement par des départementales de taille moyenne au profil relativement sinueux. Ces routes ne s'imposent pas en tant que radiales mais plutôt comme des routes de rabattement. De ce point de vue les D 33 et D 35 sont exemplaires. Pour se rendre à Dijon, pour l'ensemble de la partie sud du plateau, on doit suivre tout d'abord ces deux routes secondaires jusqu'à Sainte-Marie-sur-Ouche puis poursuivre son itinéraire sur l'autoroute. En somme, le réseau semble bien moins organisé en fonction de Dijon que la partie est.

La nature des infrastructures nous donne des indices sur le fonctionnement du réseau, pourtant qu'en est il réellement, les flux sont ils fonctions de cette dissymétrie ouest-est ?

2.2) Les circulations

2.2.1) Des sources fragmentaires

Les données concernant le trafic sont relativement nombreuses mais éparses et peu homogènes. Nous avons essayé de rassembler les sources des années 1960, mais nous nous sommes rapidement aperçu que ces dernières étaient faibles et assez peu fiables. Nous n'avons réussi à obtenir qu'une carte d'archive de la DDE (cellule de comptage) présentant le trafic sur les principales radiales de l'aire urbaine dijonnaise sans que l'on puisse obtenir les données pour les routes secondaires. Il s'agit d'une moyenne journalière dans les deux sens pour une date précise inconnue en 1960. Au niveau de l'agglomération, les données sont inexistantes car les archives du service de travaux de la ville de Dijon auraient brûlé.

Pour avoir des données plus précises, il faut attendre le milieu des années 1970, début des années 1980. La CDES (cellule de comptage de la DDE) publie chaque année depuis 1977-1978, un recensement de la circulation. On dispose alors du trafic sur les principales radiales de l'aire urbaine dijonnaise ainsi que sur quelques petites routes secondaires. Au niveau de l'agglomération, la situation est plus difficile car il n'existe pas de données en dehors de l'année 1975 pour laquelle, nous disposons d'une carte de la DDE assez précise du trafic sur l'ensemble des tronçons de la ville de Dijon. En dehors de cela, il faut attendre le milieu des années 1980, pour que l'on ait les premiers relevés de trafic sur quelques grands axes urbains. Le service de travaux ne dispose que de données fragmentaires à des dates variées entre 1988 et 1996. Il est donc difficile de les utiliser. Plus intéressantes sont les simulations de la DDE réalisées par le logiciel POLYDROM qui donnent une carte précise des trafics de l'ensemble de l'agglomération en 1994. Pour cette même date, nous avons également les données au niveau de l'aire urbaine avec la cellule de comptage.

2.2.2) L'évolution des trafics de 1960 à nos jours

Le caractère fragmentaire des données relatives aux trafics des années 1960 ne permet pas de réaliser une carte complète du réseau routier, ces données sont néanmoins suffisantes pour dégager les tendances de cette période « pré-périurbaine ».

En 1965, le réseau principal se décompose en sept faisceaux : N 71 au Nord-Ouest, N 74 au Nord et au Sud, A 38 à l'Ouest, D 70 à l'Est/Nord-Est, A 39-N5 au Sud-Est et D 996, D 968 au Sud/Sud-Est. Dans quatre directions les trafics sont supérieurs à 5 000 véhicules/jour aussi bien au centre qu'en périphérie, indice d'un transit entre Dijon et d'autres agglomérations comme Paris, Lyon, Besançon ou Nancy-Metz mais qui ne signifie rien du point de vue de la périurbanisation.

Trois autres couloirs sont en revanche révélateurs d'un véritable processus d'urbanisation d'une petite couronne ne dépassant pas alors les 4-5 km autour du centre, mais où les déplacements centre-périphérie sont déjà relativement massifs. Au-delà, apparaît un espace de transit dont les flux, qui ne dépassent guère les 5 000 véhicules/jour, caractérisent une situation faiblement périurbaine.

Enfin, quelques routes (D960 et D 959 au Nord-Est, D 996 au Nord/Nord-Ouest, et D 968 au Sud-Est), qui n'atteignent que des trafics inférieurs à 1 000 véhicules/jour, sont le signe d'une quasi-absence aussi bien de transit que d'échanges centre-périphérie.

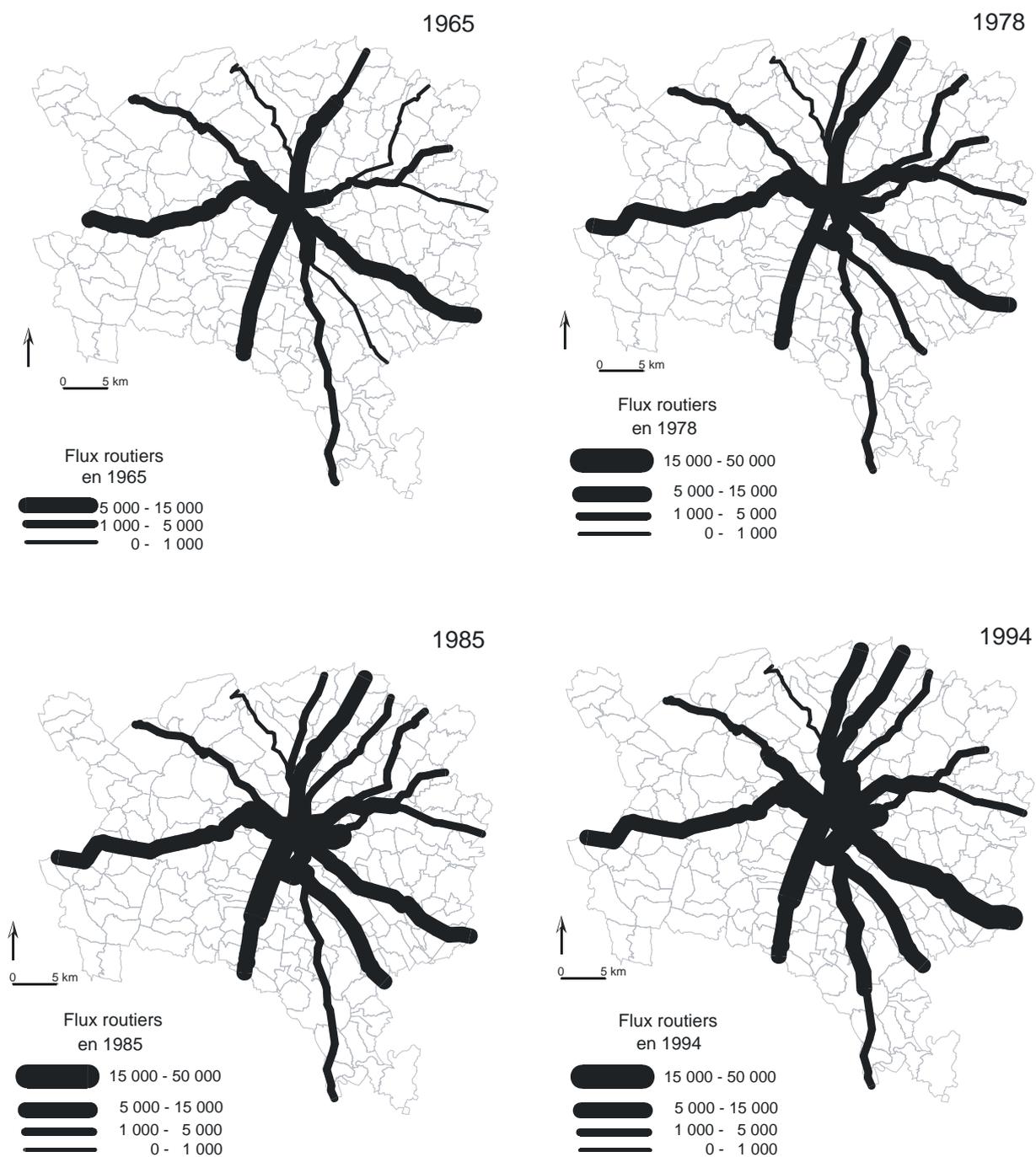
La situation de 1978 fait apparaître un accroissement des flux, signe de l'évolution de la dynamique périurbaine. Les quatre axes principaux de la période précédente s'imposent toujours : les directions ouest, est, nord et sud supportent des trafics de 5 000 à 15 000 véhicules/jour. Les flux se sont intensifiés à proximité du centre de Dijon, conséquence aussi bien d'une modification des comportements de déplacement domicile-travail que d'un accroissement de la dynamique urbaine. Une augmentation notable des flux apparaît à l'entrée occidentale de l'agglomération dijonnaise. La croissance est également sensible sur la D 996 où les trafics progressent jusqu'à la croisée de la D 996 et de la D 968. Plus intéressant encore est l'accroissement des flux sur la D 70 et la D 107A, qui traduisent une poussée démographique de l'Est dijonnais.

Les axes plus secondaires n'enregistrent pas d'évolution significative : la D 996, la D 968 et la D 70 conservent les mêmes trafics qu'en 1965, les D 959, D 960 et D 968 changent de classe mais en enregistrant une augmentation moyenne de 1 000 à 2 000 véhicules/jour seulement.

En 1985, la forte croissance démographique de l'espace urbain et périurbain contribue à un accroissement notable des trafics sur la plupart des axes secondaires. La D 968 passe ainsi de la classe 1 000-5 000 à la classe 5 000-15 000. A proximité du centre, les flux s'accroissent, en particulier sur la N 5 (partie ouest) et la D 107A. Tout cela traduit une poursuite de la croissance suburbaine. Les axes secondaires n'excèdent cependant toujours pas les 5 000 véhicules/jour.

Figure 149 :

Figure 157 : Evolution des trafics sur les grandes radiales de l'aire urbaine
1965 - 1994



La situation de 1994 n'est pas fondamentalement différente de la précédente, à l'exception de quelques routes qui ont connu des augmentations importantes de trafic comme la D 903, l'A 39-N 5 et la D 996. On constate cependant, dans la partie occidentale de l'aire urbaine, une montée en puissance de la périurbanisation d'une zone allant de Saint-Nicolas-lès-Cîteaux à Magny-Saint-Médard.

La croissance des flux sur les grands axes est évidemment une des conséquences de la dynamique résidentielle, mais elle en est également une cause, car l'amélioration des axes, induite par l'augmentation des trafics, allonge et intensifie la périurbanisation elle-même. Les forts trafics, limités dans les années 1960 aux grandes nationales et aux zones strictement urbaines, se sont aujourd'hui généralisés à l'ensemble des espaces périurbains et ont mené progressivement à un allongement des temps de parcours notamment dans la traversée des pôles périphériques. Les nuisances les plus importantes sont cependant surtout le lot de la ville centre où converge l'essentiel des axes routiers : dans ce cœur urbain congestionné s'additionnent, sur des voies aux capacités aujourd'hui limitées, une partie des trafics régionaux, périurbains et purement urbains.

2.2.3) La base de données actuelle (figure 150)

Nous avons vu qu'il semble bien difficile de construire une base de données évolutive complète des trafics, nous nous sommes limités par conséquent à reconstituer les flux pour les dates les plus récentes. Nous précisons tout de suite que les débits du réseau actuel reposent sur des données d'origine variées :

- pour Dijon et son agglomération, nous avons utilisé la carte de simulation de la DDE sous POLYDROM (carte² de 1994)
- pour les grandes radiales de l'aire urbaine, nous n'avions que les comptages en un seul point. Nous avons donc dû extrapoler le trafic sur l'ensemble des tronçons (voir méthode ci-après)
- enfin, sur les petites routes nous n'avions que des données fragmentaires, nous avons donc fixé une valeur minimale proche des relevés de la DDE: 300 véhicules/jour soit 12 véhic./h.

Pour évaluer plus précisément les flux sur les grands axes, nous avons soustrait à chaque intersection 12 véhicules par heure (chiffre qui correspond aux flux sur les axes secondaires) en partant des tronçons les plus proches du centre et en allant vers la périphérie en supposant que les trafics convergeaient vers Dijon. En suivant cette méthode, il nous était possible de reconstituer pour chaque tronçon le trafic théorique.

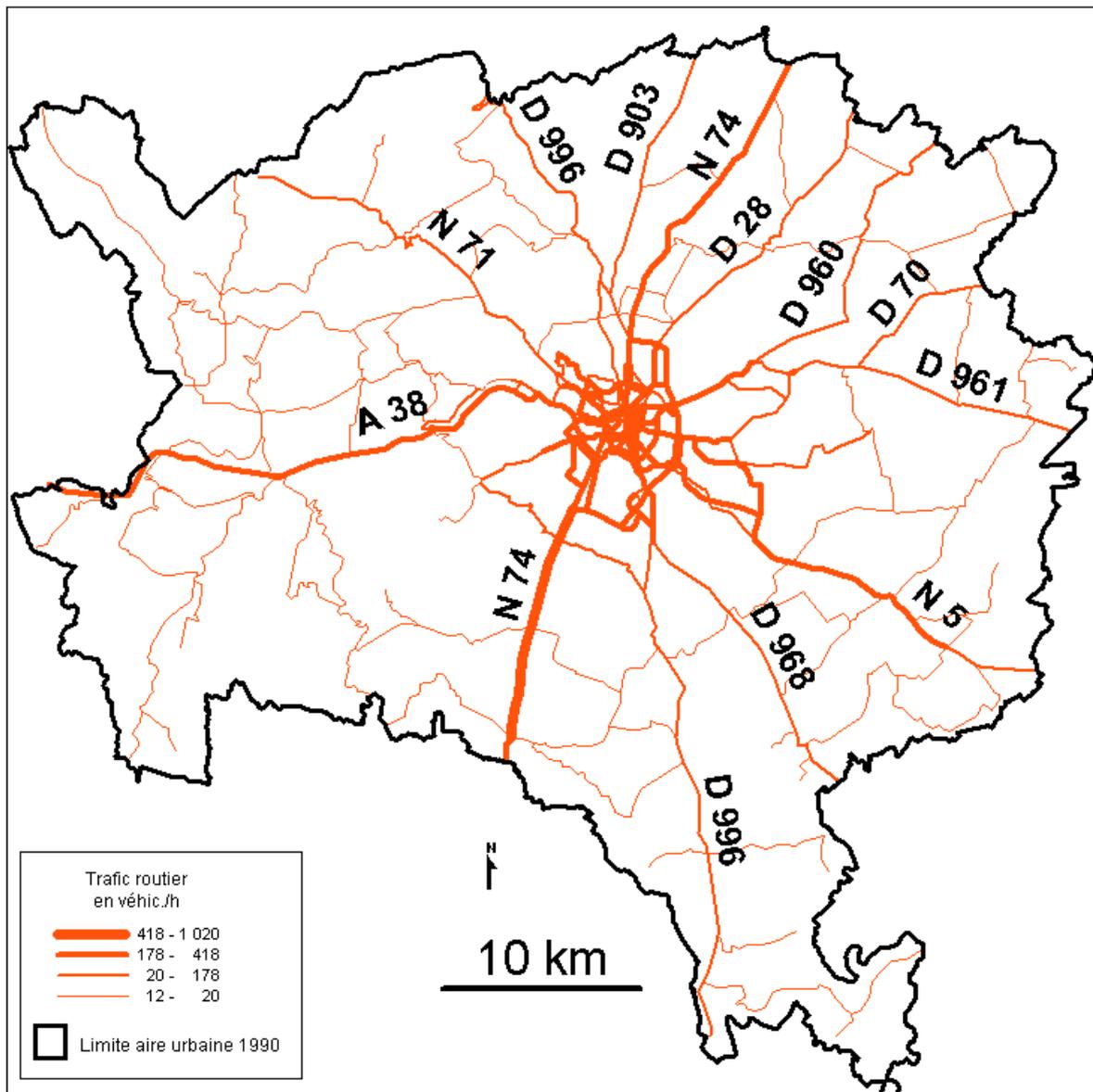
La carte résultante fait apparaître une aire urbaine dont le visage semble se calquer sur la structure du réseau. On retrouve ainsi les plus forts trafics sur les grandes nationales et les bretelles autoroutières :

N 5, A 38 et N 74 partie nord et sud. Mais, plus étonnant est sans doute l'existence de tronçons fortement fréquentés qui ne font pas partie des grandes voies de circulation (D 960, 961, 28 et D 996 partie nord-ouest). Ces départementales forment donc un réseau assez dense dans toute la partie nord est de l'aire urbaine ce qui est moins le cas de la partie sud est caractérisée par trois grandes radiales (la N5 qui s'impose largement, la D 996 assez fréquentée et enfin la D 968 où les trafics sont bien plus faibles).

² Cette carte a été simulée à partir des données de population et des entrées de véhicules aux extrémités du réseau

L'Ouest de l'aire urbaine connaît une situation sensiblement différente du point de vue des trafics car seulement deux routes ont des flux importants : l'A 38 où la circulation est massive et la N 71 légèrement à l'écart.

Figure 150 : Flux routiers des tronçons de l'aire urbaine dijonnaise



Enfin la partie centrale de l'aire urbaine dispose de tronçons largement fréquentés des plus petites routes aux plus grandes avenues. L'infrastructure routière la plus prisée par les Dijonnais est la voie George Pompidou devant les boulevards du XIX^{ième} siècle au centre de l'agglomération. Même si la circulation radiale semble assez forte, elle ne représente finalement qu'une partie des déplacements urbains puisque la majorité des flux se trouvent sur les boulevards de contournement (boulevards du XIX^{ième} siècle, boulevard des années 1960-1970 et rocade). Ces trafics traduisent en réalité la structure d'emploi de l'agglomération, un centre encore relativement dynamique amenant des flux assez massifs sur le premier anneau routier et une périphérie de mieux en mieux équipée, où l'emploi se regroupe en zones industrielles et zones d'activités, disséminées le long des voies rapides. Les périurbains et les urbains se déplacent donc de plus en plus de périphérie à périphérie. Dès 1988, deux études de la DDE³ mettaient en avant l'importance grandissante de ces circulations. On notait ainsi un flux total de 30030 véhic./j entre le centre de l'agglomération et la zone industrielle sud de Dijon alors que le volume de déplacement entre la zone industrielle sud et les autres périphéries représentait 29120 véhicules/j. Allant dans le même sens, les flux entre le centre ville et les villes de l'Est dijonnais (Quetigny, Chevigny-saint-Sauveur, Neuilly-les-Dijon et Sennecey-les-Dijon) étaient de 11970 véhicules/ jour contre 11250 pour les déplacements de périphérie à périphérie. On pourrait multiplier les exemples et constater que finalement les flux radiaux, dans la ville sont en perte de vitesse face à des flux de contournement.

2.3) Le pourcentage de poids lourds (figure 151)

Les données concernant les pourcentages de poids lourds sont encore bien plus fragmentaires que celles sur le trafic. Nous n'avons pu obtenir que les pourcentages des plus grandes radiales de l'aire urbaine dijonnaise, à savoir la N71, l'A 38, la N 5, la D 903, la N 74, la D 70, la D 968 et enfin la D 996 et ce à une position précise sur l'axe. Nous avons donc dû envisager les mêmes pourcentages pour l'ensemble des tronçons de l'axe et des pourcentages négligeables sur le reste du réseau. La figure 151 présente le résultat de ces estimations. Les plus forts pourcentages (entre 8.5 et 15%) sont observables sur cinq radiales : l'A 38, la N 74 partie nord, la D 70, la N 5 et enfin la D 968. Les camions empruntent les directions où il n'existe pas ou peu d'autres routes. C'est le cas de l'A 38, couloir quasi obligatoire pour se rendre de Paris à Dijon. La N 71, en direction de Châtillon-sur-Seine est de fait moins attractive. Notons le cas du faisceau nord regroupant D 903 et N74. Nous observons alors une certaine complémentarité entre les deux routes avec certes des valeurs plus importantes pour la N 74 mais tout de même un bon chiffre pour la D 903. La partie est de l'aire urbaine, quant à elle dispose de trois voies ayant de forts pourcentages. On peut mettre cela au crédit de l'absence de grandes autoroutes radiales (l'autoroute A 39 n'avait pas encore été construite), l'ensemble du trafic se reporte en conséquence sur les départementales ou nationales. Enfin la partie sud semble moins concernée par ces trafics puisque la D 996 se place dans la catégorie 3.6-5.2% et la N 74 entre 5.2 et 8.5%. Cela s'explique par deux faits majeurs :

- la direction de la D 996 tout comme celle de la N 71 n'est pas attractive. La ville de Seurre ne draine ainsi pas massivement de poids lourds.

³ « Visualisation des flux radiaux (véhic./jour) », *enquête Ménage* Dijon 1988, DDE *Enquête Cordon* Dijon 1987
« Visualisation des flux périphériques (véhic./jour) », *enquête Ménage* Dijon 1988

Figure 151 : Pourcentage de poids lourds sur les principales radiales de l'aire urbaine dijonnaise

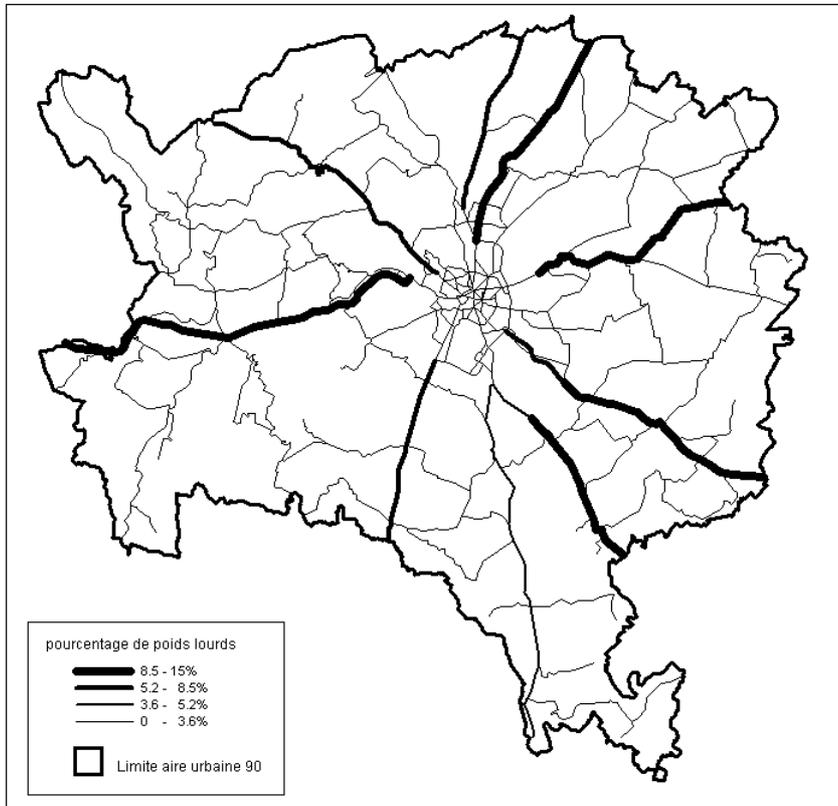
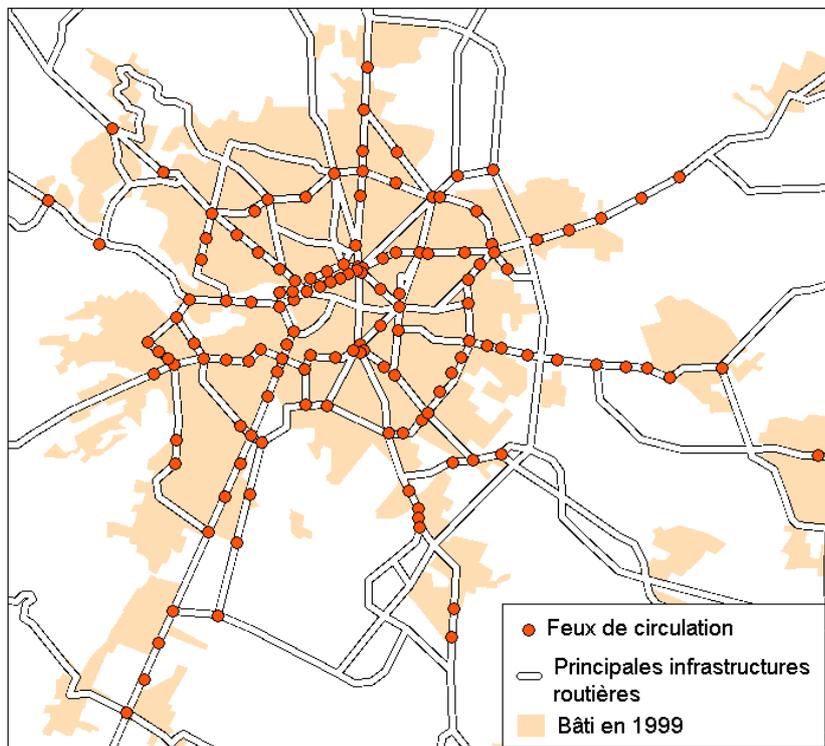


Figure 152 : Les feux de régulation de la circulation dans l'agglomération dijonnaise



- la N 74 est fortement concurrencée par l'A 31, par conséquent elle ne reçoit seulement qu'une partie des flux de poids lourds. Notons à ce sujet que ces trafics sont sur l'autoroute extrêmement importants.

2.4) La carte des feux de circulation (figure 152)

La signalisation et plus particulièrement les feux de circulation sont des éléments capitaux du réseau routier. Au sein de l'aire urbaine, l'agglomération concentre la plupart des feux en dehors de quelques uns à Genlis ou à Epagny si bien que faire une carte des feux revient pratiquement à examiner le pôle urbain dijonnais.

Si l'on analyse plus dans le détail la répartition des feux de circulation, on constate que la totalité des plus grands axes dispose de feux. On observera tout de même que la concentration de feux par unité kilométrique semble plus importante dans la partie centrale. Les boulevards du XIX^{ième} siècle de la partie nord du centre ville sont dotés de 9 feux de circulation dans les deux sens. Ailleurs, les feux sont moins rapprochés les uns des autres mais tendent en revanche à se concentrer sur les places (place du 1^{ier} Mai, place Wilson, place de la République). A mesure que l'on s'éloigne du centre ville, l'écart entre les feux devient plus important. La circulation sur le réseau des radiales est ralentie par de nombreux feux avec toutefois une opposition importante entre la partie est de l'agglomération et la partie ouest moins accessible (en moyenne 2 à trois feux pour 1 km). Le premier boulevard circulaire est régulièrement entrecoupé de feux qui de fait limitent la vitesse. Malgré tout, on peut penser avec la circulation et surtout la largeur des routes que la vitesse est plus importante qu'au centre ville.

Au-delà du péricentrique, la concentration en feux est moindre. Nous devons alors souligner de fortes inégalités au sein des entrées d'agglomération. La carte laisse apparaître un certain déséquilibre entre l'Ouest et l'Est. La N 71 et la N 5 ne sont coupées que par deux feux (au-delà du péricentrique) alors que les D 70, D 107 B et D 996 sont ralenties par en moyenne 4 ou 5 feux. Notons enfin l'exception de la N 74 partie sud où les temps d'attente sont bien plus importants qu'ailleurs et où les arrêts causés par la signalisation se poursuivent au-delà de la limite de l'agglomération (Couchey et Gevrey Chambertin).

Examinons plus précisément deux pénétrantes de l'aire urbaine dijonnaise.

3) Deux exemples de radiales

3.1) L'exemple de la radiale N 74 partie sud (figure 153)

Cette route est assez spécifique dans la mesure où l'entrée dans l'agglomération est particulièrement lente par rapport aux autres secteurs de circulation.

Ainsi, autant par son trafic, sa signalisation que par l'extension des zones urbanisées, il semble probable que les temps d'accès y soient plus fortes qu'ailleurs.

D'un point de vue général tout d'abord, il convient de signaler la qualité de la route souvent munie de trois ou quatre voies (notons que notre étude n'a pas pris en compte les nouvelles transformations du réseau : couloirs de bus). On observera que la largeur s'accroît lorsque l'on se rapproche du centre ville de Dijon, la N 74 est alors pratiquement équivalente à une quatre voie, et ce, depuis le panneau sud de Marsannay-la-

Côte. Les nombreux carrefours sont souvent dangereux avec une certaine difficulté de franchissement pour les conducteurs provenant des routes voisines si bien que la tendance récente est à l'aménagement de ronds points comme à Fixin (croisement route D 122E). Ailleurs, le choix a plutôt été celui des feux de circulation comme au Nord de la zone artisanale de Couchey ou à Gevrey-Chambertin (croisement avec la D 31). Observons également le nombre élevé de traversées de village même si des efforts ont été faits pour éviter les centres. Tous ces ralentissements dus aux nombreux croisements avec les routes secondaires cumulés au trafic (encore important bien que l'A 31 ait récupéré une grande partie de la circulation poids lourds) limitent de fait la vitesse sur une route pourtant droite et large. L'analyse plus fine de la route fait apparaître trois secteurs principaux de circulation :

- la partie entièrement rurale entre 18.11 et 11.19 km de Dijon soit un parcours de plus de 7km
- la partie mixte alternant urbain et rural entre 11.19 km et 6.21 km
- la partie urbaine à moins de 6.21 km.

La première portion de la route se caractérise par un trafic croissant à mesure que l'on se rapproche de Dijon. Il n'existe qu'une traversée de village (Morey-Saint-Denis) et aucun feu de circulation. On peut penser que la vitesse y est assez satisfaisante bien que n'atteignant pas les 90 km/h en raison de l'importance du trafic.

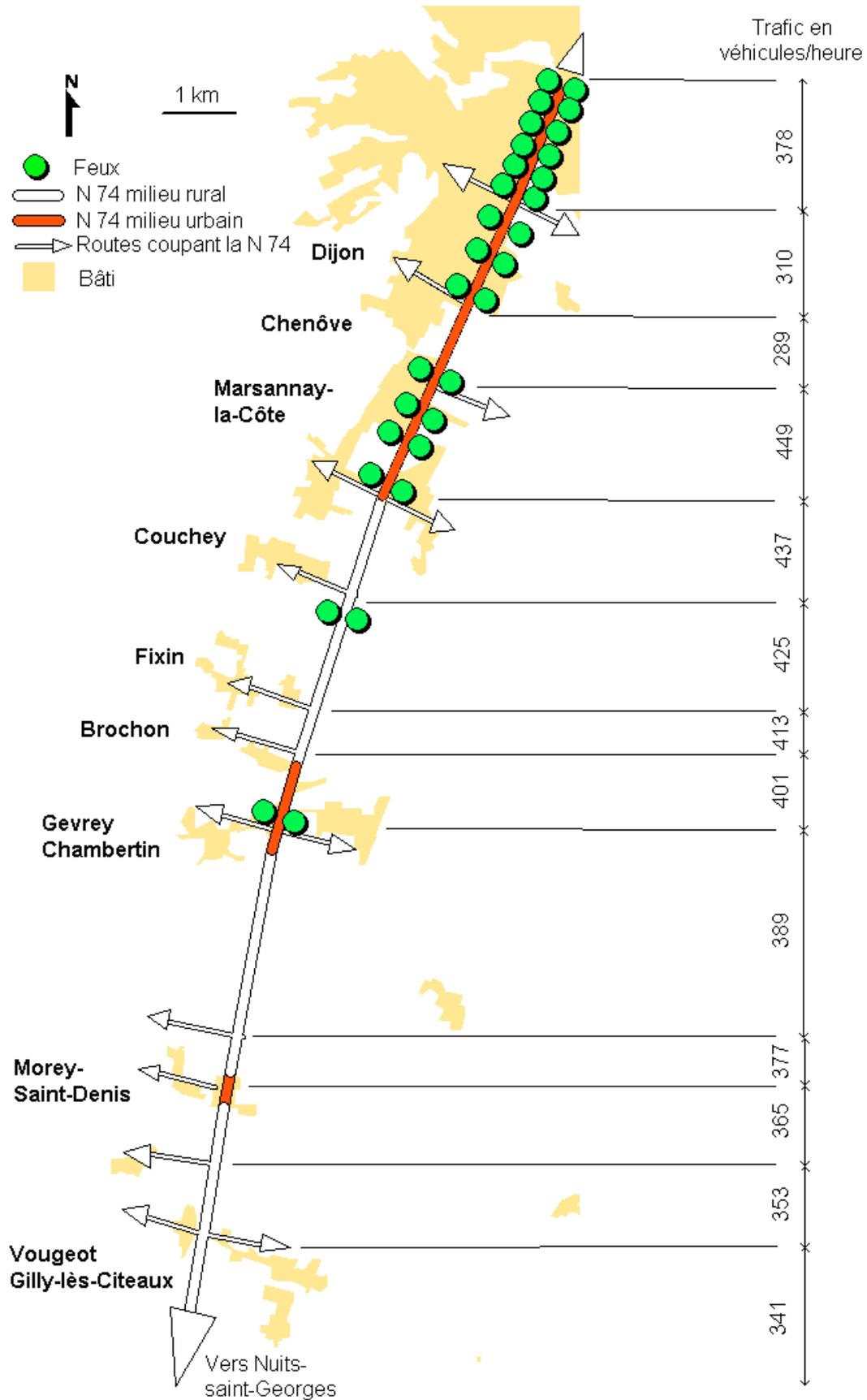
La situation se détériore à partir de Gevrey-Chambertin, où on rencontre le premier feu à l'intersection de la D 31, la vitesse est limitée à 50 sur une grande distance et à 70 sur le tronçon suivant. Il est à noter que le carrefour avec la D 122E (Fixin) impose une diminution de la vitesse (sens giratoire). Cette dernière peut alors progresser pour la suite du parcours sur une distance faible de 1.72 km. L'intersection de la D 122D est un feu. On ne peut approcher la vitesse maximale que sur une distance de 1.49 km (entrée de l'agglomération dijonnaise). Sur le tronçon Gevrey-Chambertin/Marsannay, on a donc pu relever trois arrêts possibles soit $4.92/3 = 1.64$ km en moyenne entre chaque arrêt, il semble dans ces conditions difficile de conserver une vitesse importante.

A partir de l'entrée de l'agglomération, la vitesse diminue à nouveau avec les limitations à 50 ou 70 (entre le Sud de Marsannay et le croisement avec la D 122A rocade sud), une accumulation de feux et également une augmentation du trafic (449 véhicules/h). Sur l'ensemble du trajet urbain, on trouve un arrêt tous les 477 m en moyenne (13 feux sur une distance de 6.21 km). Dans le détail, on se doit de diviser le parcours en deux parties d'accessibilité différente. La première portion (sud de Marsannay-entrée de la commune de Dijon croisement avec les péricentriques) dispose de 7 feux mais pour une distance de 4.55 km soit un feu tous les 642 m, ce qui laisse le temps d'atteindre raisonnablement la vitesse maximale autorisée. Cela est loin d'être le cas pour la partie la plus centrale de la route qui est affectée par 6 feux mais sur une distance très faible (1.71 km) soit un feu tous les 285 m. Ajoutons à cela l'influence du trafic, parmi les plus importants de l'agglomération et nous obtenons une saturation des tronçons les plus centraux.

La N 74 est donc la radiale type de mauvaise accessibilité cumulant les obstacles à la circulation, extension assez lointaine des zones urbanisées, fort trafic et nombreux croisements à forte signalisation.

Voyons à présent la situation inverse, celle d'une voie à bonne accessibilité.

Figure 153 : L'axe N 74

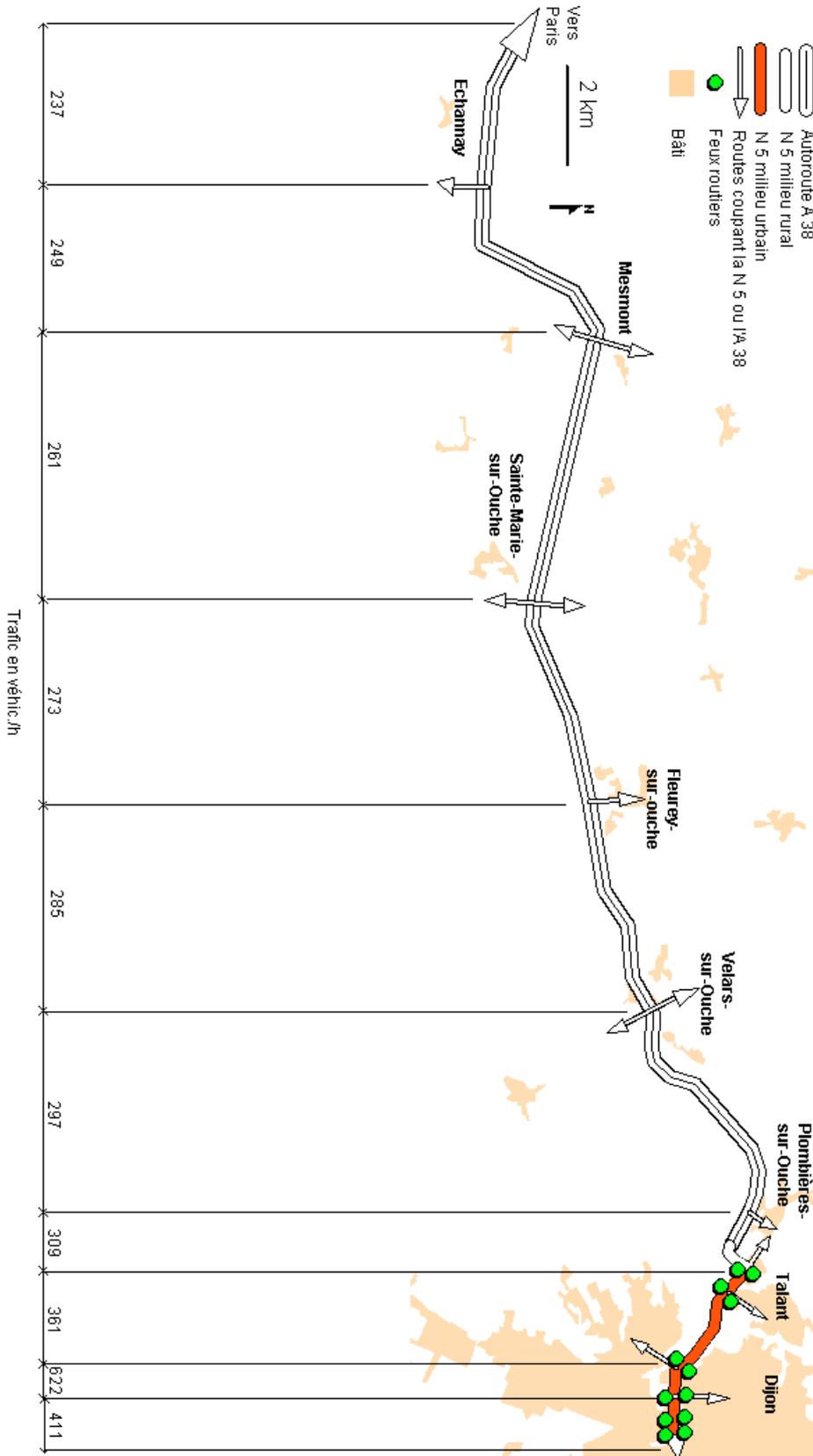


3.2) L'exemple de la radiale A 38 (figure 154)

D'un point de vue général, cette radiale est une des seules pénétrantes de la partie ouest de l'aire urbaine. Elle emprunte la trouée de l'Ouche, vallée à fond plat et relativement large permettant le passage d'une voie de gros gabarit. Initialement, la route conduisant de Dijon à Paris était la N 5 (actuelle D 905). Elle a été remplacée depuis le milieu des années 1970 par l'autoroute A 38, bretelle permettant à Dijon d'être raccordée à l'A 6.

Nous avons donc aujourd'hui, une radiale mixte associant une autoroute de desserte locale à une entrée d'agglomération agissant comme un goulot d'étranglement. Si dans l'ensemble l'accessibilité au centre de Dijon est plus que satisfaisante, on se doit de bien différencier cette partie urbaine à la portion rurale très accessible. Plusieurs phénomènes vont expliquer les fortes vitesses de ce secteur. Tout d'abord la capacité de l'infrastructure, ensuite l'extension assez modeste des espaces urbanisés dans cette direction, le trafic élevé et enfin une signalisation et des feux uniquement présents dans la partie urbaine. Lorsque l'on entre dans l'aire urbaine par l'autoroute A 38, la vitesse est généralement très élevée sur une route où le trafic bien qu'assez fort ne dépasse pas et de très loin la capacité de la voirie. Les migrations alternantes n'ont pas ou peu d'incidence sur les vitesses (l'influence de Dijon ne s'étend que très peu au delà de Pont-de-Pagny et porte sur un nombre de villages relativement faible) . En somme la circulation est aisée et rapide et l'on peut estimer que les vitesses peuvent atteindre en moyenne 120 à 130 km/h sur la totalité de l'autoroute jusqu'à la hauteur de Velars-sur-Ouche. A partir de ce point, la vitesse est limitée à 110 en raison de la dangerosité des accotements (l'autoroute est alors coincée entre les coteaux de la vallée et le canal avec de très nombreuses courbes). Cette vitesse persiste jusqu'à Plombières-les-Dijon où l'autoroute prend fin avec un virage pratiquement à 90°. La vitesse est alors limitée à 60-70. Une ligne droite raccorde la voie à l'ancien axe de la vallée (N 5). Un feu marque l'entrée dans l'agglomération. Observons que le pourcentage de poids lourds est important avec 6%, ce qui bien évidemment a des répercussions sur les vitesses. Le trafic de transit est alors conservé jusqu'au péricentre où les boulevards des années 1960 récupèrent une grande partie des flux. Le carrefour est équipé de feux qui sont bien souvent à l'origine d'engorgements aux heures de pointe (le long du Lac Kir). En se dirigeant vers le centre ville, la route s'élargit en quatre voies pour accueillir les flux des boulevards périphériques. On atteint le maximum d'occupation de la voirie pour le tronçon boulevard Chanoine Kir-boulevard de l'Ouest (622 véhic./h). Un autre feu limite la vitesse au niveau du pont sur la voie ferrée. La suite du trajet vers le centre s'effectue sur une trois voies équipée de deux feux avec des trafics supérieurs à ceux observés à l'entrée de Dijon. Pour résumer, on rencontre entre le centre de Dijon et l'entrée de l'agglomération seulement six feux pour une distance réseau de 3.93 km soit un feu tous les 655 m ; il convient cependant comme pour la précédente radiale de distinguer la partie centrale des portions plus périphériques de la route. La partie allant de la sortie de l'autoroute au croisement avec le boulevard du Chanoine Kir dispose en moyenne d'un feu tous les 769 m alors que la partie boulevard de l'Ouest centre ville est équipé d'un feu tous les 395 m. La radiale N 5 est ainsi bien plus accessible que la N 74, comptant bien moins de feux dans la partie urbaine (6 contre 17) . Pour les parties les plus centrales, la distance séparant les feux est également inférieure pour la N 74. Enfin l'accessibilité en milieu rural est excellente. L'accessibilité de la route est de ce fait bien meilleure pour la vallée de l'Ouche qu'elle ne l'est pour la N 74.

Figure 154 : L'axe A 38



L'ensemble des données que nous avons rassemblées nous permet de conclure que le réseau routier de l'aire urbaine dijonnaise est relativement dense. En considérant la totalité des routes, il apparaît que l'organisation est *a priori* de type radial avec une décroissance progressive de la densité en fonction de la distance au centre. Au sommet de la hiérarchie, se trouvent les autoroutes, routes nationales et grandes départementales qui forment l'armature d'un réseau largement dominé par les secteurs orientaux bien plus accessibles. Cela s'explique autant par le nombre d'infrastructures convergeant vers Dijon que par la nature de ces dernières. La plaine de la Saône s'oppose très nettement au plateau sur trois points principaux.

- 1) les infrastructures sont de type différent : le réseau de l'Ouest se caractérise par des voies moyennes ou étroites
- 2) les courbes et virages sont bien plus importants sur les routes du plateau
- 3) l'organisation du réseau routier est loin d'être radiale. La plupart des routes sont des voies de rabattement sur les deux grandes infrastructures que sont les N 71 et A 38.

Le second enseignement de ce paragraphe est l'opposition centre-périphérie. Dijon et son agglomération disposent en premier lieu d'un réseau bien plus dense en nombre de voies de tous types mais également en infrastructures de gros calibre. Chaque route convergeant vers Dijon tend à s'élargir à mesure que l'on se rapproche du centre si bien que la concentration de voies larges à très larges y est importante. L'autre opposition tient à la signalisation : les feux de circulation se rassemblent pour la plupart dans le centre dijonnais.

Calquées sur la structure du réseau, les circulations s'effectuent principalement du centre vers la périphérie ou inversement et s'intensifient lorsque l'on se rapproche du centre urbain. Le trafic de transit représente une part importante des déplacements même si les flux périurbains se sont accentués depuis les années 1960.

L'ensemble de ces facteurs est responsable d'une plus ou moins grande accessibilité des routes de l'aire urbaine dijonnaise. C'est au travers de deux exemples opposés que nous avons pu constater que les pénétrantes de grande capacité ne disposaient pas nécessairement des mêmes facilités d'accès. Nous proposons dans la suite de notre étude de mesurer plus précisément ces variations d'accessibilité en analysant les temps d'accès au centre.

Chapitre 2 : Utilisation des données du réseau routier de l'aire urbaine dijonnaise pour la mesure des temps d'accès

Depuis une vingtaine d'années, les études sur les transports se sont tournées de plus en plus vers la notion de réseau. Pour la qualifier, on a dû construire un corpus théorique assez fourni. Ainsi de nouvelles notions comme la connexité, la connectivité ou l'accessibilité ont pu être établies. Ces indices ont donné des renseignements essentiels sur la façon dont les réseaux étaient hiérarchisés. On a entre autre pu, à l'aide des temps d'accès, mesurer l'organisation des réseaux et leur performance territoriale⁴. Il est possible de dégager deux grandes catégories d'études portant sur les temps d'accès : les études reposant sur une analyse de type aréal (système raster) et les analyses plus nombreuses reposant sur la théorie des graphes (système vecteur). En nous intéressant tout d'abord aux analyses raster, nous expliquerons pourquoi le choix du mode vecteur s'imposait davantage pour notre étude.

Au-delà de l'aspect purement technique du logiciel, il semble important de raisonner sur la notion de vitesse, essentielle pour la compréhension des graphes. La vitesse dérive d'un dualisme opposant le particulier et l'instantané de l'automobiliste au général et aux données moyennes du trafic global. Face à cette observation, les ingénieurs du trafic, ont mis en place toute une série de modèles allant de l'élémentaire au niveau du véhicule (on parle alors de modèle microscopique) vers le général avec le trafic (on définit ainsi les modèles macroscopiques).

La taille de l'aire d'étude et l'échelle d'observation nous conduisent à ne retenir que le macro. Nous chercherons ainsi à établir un modèle de calcul des vitesses faisant intervenir l'ensemble des facteurs qui ont pu être mis en évidence dans le chapitre précédent. Un programme composé de trois modules permet de définir la vitesse. Le premier module se charge de mettre en relation vitesse, courbure des routes, largeur, type de véhicules et enfin type de milieu. Le second introduit le trafic par l'intermédiaire d'un modèle macroscopique de premier ordre et enfin le troisième fait intervenir les feux de circulation via un modèle probabiliste simple.

Après une approche théorique, nous nous tournerons vers l'application, ce qui nous amènera à procéder à l'évaluation des différents paramètres à partir de relevés sur le terrain.

Nous aboutirons enfin à une étude sur l'aire urbaine dijonnaise avec une première analyse sur les vitesses et une seconde sur les temps d'accès.

⁴ Nikolas Stathopoulos, *La performance territoriale des réseaux de transport*, Presse de l'école des Ponts et Chaussées, 1997.

1) Les modalités de calcul des temps d'accès

1.1) Pourquoi le choix du système vecteur ?

De loin la moins employée, une première méthode de calcul des temps d'accès emploie un carroyage (S.PASSEGUE⁵ 1997). L'auteur indique ainsi «[...] modèle de données *a priori* peu adapté à l'étude des réseaux [...] ». Dans l'approche raster, le réseau n'est pas défini par rapport à des lignes mais est discrétisé à l'aide d'une grille. Le codage s'effectue par l'intermédiaire de la rugosité routière. « L'idée de base est de qualifier pour chaque pixel sa résistance au mouvement » (P.DUMOLARD 1999⁶).

Le codage de la rugosité routière s'effectue à partir du calcul d'une vitesse moyenne, convertie en temps de traversée d'une cellule.

Dans un premier temps, on considère les caractéristiques physiques des infrastructures. La densité des infrastructures détermine la rapidité de traversée d'une cellule. On estime ainsi, connaissant la vitesse maximale praticable et tolérée sur chaque type de route, la vitesse moyenne de déplacement dans la cellule. Par ailleurs, on fait également intervenir la sinuosité qui impose des ralentissements.

Dans un deuxième temps, on introduit les caractéristiques environnantes telles que l'habitat.

Puis enfin, la densité de circulation agit sur la vitesse.

La méthodologie suivie repose sur une suite de cas.

En premier lieu, on définit la route principale (la plus importante) en fonction de la largeur. On distingue sept catégories allant de la route étroite irrégulièrement entretenue à la quatre voies. On obtient une *vitesse moyenne effective* modulée par la sinuosité et la présence d'éléments d'habitat (7 cas).

Cette dernière sert de support au calcul des temps d'accès. Pour ce faire, S.PASSEGUE utilise la fonction COST (coût isotropique) d'IDRISI pour déterminer une surface coût en temps à partir d'un point défini au préalable. A partir de cette surface coût, il est possible de définir des plus courts chemins en temps entre deux points. On emploie pour cela la fonction PATHWAY (fonction de traitement des plus courts chemins). Cette méthode a pu être employée sur l'agglomération dijonnaise pour évaluer le nombre potentiel d'utilisateurs de la voie G.Pompidou⁷. S.PASSEGUE note : « le modèle de données vectoriel est le plus souvent utilisé pour les applications d'analyse de réseau et les études d'accessibilité ». Pourquoi faire un tel constat ?

Les avantages du système raster sont mis en évidence par l'auteur : il permet de « [...] se détacher à la fois de la représentation des réseaux sous forme de graphes vectoriels et de l'appréhension de l'espace à travers les mailles administratives [...] on perd les objets (tronçon routiers par exemple) au profit d'une caractéristique spatiale [...] ».

Or, notre objectif est clairement orienté autour des tronçons qui, par conséquent, doivent être identifiés comme tel. Par ailleurs, nous raisonnons sur des unités spatiales qui sont des entités administratives au niveau des populations. Là encore, le système raster semble assez peu adapté. Nous faisons donc le choix du système vecteur.

⁵ « Rugosité routière et mesure de temps d'accès en milieu rural : une modélisation par carroyage ». *Espace Géographique*, n°4, p. 355-366

⁶ « Accessibilité et diffusion spatiale », *Espace Géographique*, n°3, p. 205-214

1.2) De la vectorisation au calcul des temps d'accès au centre

Aujourd'hui, la plupart des SIG vecteurs permettent de réaliser des calculs de temps d'accès. On pourra citer bien entendu ARCWIEW ou encore des logiciels grand public meilleur marché comme Route 66.

Pour notre étude et dans le soucis d'obtenir des données homogènes et directement intégrables dans nos travaux précédents, nous avons utilisé CHRONOVIA. Cette extension de MAPINFO, toute récente donne au logiciel la possibilité de procéder à des calculs de distance-temps. On peut alors calculer assez facilement les plus courts chemins entre deux points. Une autre extension permet de calculer des surfaces coûts (CHRONOMAP). Pour réaliser ce genre de calcul, il est nécessaire de procéder en quatre étapes :

- construction de la couche réseau et modélisation en graphe
- calcul des vitesses sur les tronçons
- le calcul des plus courts chemins au centre
- réalisation d'une carte thématique en coloration continue

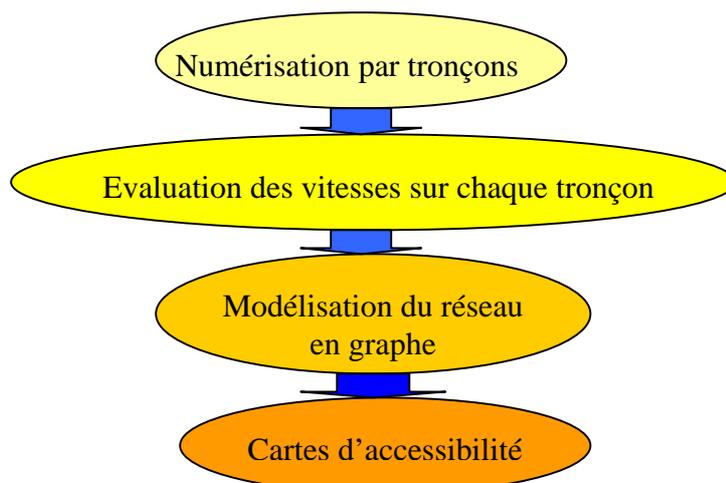
Pour construire la couche réseau, nous sommes partis des cartes IGN au 1/ 25000 de l'aire urbaine dijonnaise. Elles ont ensuite été calées pour disposer des distances entre les objets.

Dans un second temps, l'ensemble du réseau routier a été vectorisé en suivant les principes énoncés dans le premier chapitre. Dans le temps de la vectorisation, des paramètres associés au réseau ont été rentrés : courbure, type de milieu (urbain ou non urbain), trafic (en véhicules par heure), largeur du tronçon (étroite, moyenne, large ou très large), nombre de feux et enfin un dernier champ vitesse que l'on doit calculer ultérieurement.

La vectorisation doit également respecter les principes suivants :

- 1) l'ensemble du réseau doit être connexe, ce qui se traduit au niveau de la couche par des tronçons dont les extrémités doivent être impérativement fusionnées (touche F)
- 2) le réseau doit être planaire et par conséquent chaque intersection doit se traduire par un nœud

Figure 155 : Méthode de calcul des temps d'accès au centre



3) La couche doit être composée exclusivement de polygones, pour que le logiciel modélise le graphe. CHRONOVIA transforme ensuite la couche classique MAPINFO en graphe en interprétant les tronçons comme des arcs. Le logiciel effectue cette reconnaissance en ajoutant quatre colonnes supplémentaires à la couche réseau : ID_CHRONO, NAME_CHRONO, DIR_CHRONO et enfin CLASS_CHRONO. Deux fichiers portant le même nom et les extensions « .RES » et « .TRI » sont également ajoutés.

La colonne ID_CHRONO est essentielle car elle détermine l'identifiant du tronçon ou le nom de l'arc qui sera utilisé pour les communications ou non-communications. Chaque arc dispose d'un identifiant pouvant aller jusqu'à 32 caractères. Ce dernier est formé d'un chiffre allant de 0 au nombre maximal de tronçons. Si le graphe comporte n arcs alors le dernier arc de la liste portera l'identifiant n. Ce nombre est ensuite utilisé pour les calculs de plus courts chemins, les possibilités de communication entre arcs et les mises en service ou hors service.

La colonne DIR_CHRONO indique le sens de circulation sur le tronçon. Ce dernier peut être à double sens (2), interdit dans les deux sens (3), en sens unique dans le sens de la digitalisation (0) ou en sens interdit (1).

Enfin la dernière colonne (CLASS_CHRONO) est le code de fluidité déterminant en partie la vitesse de circulation.

Par défaut, le logiciel, lors de la modélisation du réseau, fixe les mêmes valeurs pour l'ensemble des tronçons :

- route à double sens : DIR_CHRONO = 2
- NAME_CHRONO = sans nom
- CLASS_CHRONO = 3

**Figure 156 : Affichage des différentes colonnes
d'une base de données d'un réseau dans CHRONOVIA**

	h	n	s	c	u	t	h	i	ID_CHRONO	NAME_CHRONO	DIR_CHRONO	CLASS_CHRONO
<input type="checkbox"/>	E	l	l	l	l	l	1	1	5 5 0	Bd Brosses Trémouille	2	20
<input type="checkbox"/>	F	l	l	l	l	l	3	4	3 1	Rue Devosge	2	29
<input type="checkbox"/>	E	n	l	l	l	l	5	2	3 2	Bd Thiers	2	31
<input type="checkbox"/>	E	n	l	l	l	l	2	2	7 3	Bd Carnot	2	30
<input type="checkbox"/>	F	l	l	l	l	l	2	3	3 4	Rue du Transval	2	29
<input type="checkbox"/>	F	l	l	l	l	l	1	2	7 5	Rue de l'Arquebuse1	2	22
<input type="checkbox"/>	E	l	l	l	l	l	4	2	3 6	Bd Sevigné	2	29
<input type="checkbox"/>	l	l	l	l	l	l	1	3	3 7	Av Foch	2	22
<input type="checkbox"/>	F	e	l	l	l	l	3	1	4 8	Rue de Longvic1	2	40
<input type="checkbox"/>	F	e	l	l	l	l	4	2	3 9	Rue d'Auxonne1	2	31
<input type="checkbox"/>	F	n	l	l	l	l	4	1	2 10	Rue d'Auxonne2	2	38
<input type="checkbox"/>	E	n	l	l	l	l	1	1	3 11	Bd Voltaire1	2	31
<input type="checkbox"/>	E	l	l	l	l	l	5	1	3 12	Bd Voltaire2	2	33
<input type="checkbox"/>	F	n	l	l	l	l	5	1	2 13	Rue de Mirande	2	37
<input type="checkbox"/>	l	l	l	l	l	l	3	3	5 14	Av Jaures1	2	32
<input type="checkbox"/>	l	l	l	l	l	l	2	2	2 15	Av Albert 1ier1	2	29
<input type="checkbox"/>	E	n	l	l	l	l	7	3	7 16	Bd Clemenceau-Champagne	2	27
<input type="checkbox"/>	l	l	l	l	l	l	5	3	3 17	Av Raymond Poincare	2	31
<input type="checkbox"/>	l	l	l	l	l	l	5	1	5 18	Av Garibaldi	2	33
<input type="checkbox"/>	l	l	l	l	l	l	4	2	3 19	Av du Drapeau	2	32
<input type="checkbox"/>	F	l	l	l	l	l	5	1	1 20	Rue de Gray	2	36
<input type="checkbox"/>	E	n	l	l	l	l	3	2	3 21	Bd de Verdun	2	25

Il convient donc de mettre à jour ces valeurs en modifiant individuellement les sens de circulation, les noms et surtout le code de fluidité. Ce dernier détermine les paramètres nécessaires au calcul des temps de parcours. CHRONOVIA fait alors les trois hypothèses suivantes :

- 1) un temps mort est perdu à chaque tronçon. Il est fonction du type de voie et du mode de locomotion
- 2) la vitesse de circulation est constante sur l'ensemble du tronçon
- 3) la sinuosité du tronçon ralentit la vitesse de façon non homogène. Le ralentissement est plus sensible sur une voie sinueuse et lente pour un engin rapide que sur une voie sinueuse rapide pour un engin lent. Un camion sur une autoroute ne verra pas sa vitesse affectée par les virages, au contraire d'une moto sur une route de montagne.

Le temps de parcours (T) est alors fonction de cinq paramètres : le temps mort (TM), la longueur du tronçon (L), la distance à vol d'oiseau entre les extrémités du tronçon (D), le pourcentage de sinuosité (PSIN) et la vitesse du tronçon (V). L'extension utilise la relation suivante :

$$T = TM + \frac{L}{V} + PSIN \frac{L - D}{V} \quad (55)$$

On doit ensuite définir les codes de fluidité et les variables qui lui sont associées. Le logiciel propose pour le calcul des plus courts chemins un mode de locomotion qui détermine les codes de fluidité. On dispose d'un choix relativement varié de véhicules prédéfini (voitures, camions, vélos, piétons...) néanmoins il est aussi possible de construire son propre fichier où des codes de fluidité sont plus nombreux que dans le modèle de base. Nous avons donc choisi comme mode de locomotion la voiture avec 120 codes de fluidité correspondant à des vitesses allant de 0 à 120 km/h.

Les tronçons étant de taille suffisamment petite, nous avons pu nous affranchir du calcul de la sinuosité que le logiciel proposait. Notre démarche a été de définir des codes de fluidité équivalents aux vitesses pratiquées sur le tronçon. Pour ce faire, nous n'avons qu'à définir un code pour chaque vitesse possible soit un code compris entre 0 et 120 (120 codes), les décimaux ne pouvant être employés. Pour chaque code, nous avons à définir le temps mort que nous avons fixé à 0 par défaut et un pourcentage de sinuosité à 0 (car nous proposons de calculer l'impact de la sinuosité sur la vitesse par une autre méthode). En employant cette méthode, le calcul de parcours sur un tronçon ne dépend que de la vitesse et de la distance à parcourir. L'expression précédente revient au calcul le plus élémentaire des temps d'accès :

$$T = \frac{L}{V}$$

Autrement dit, le calcul des temps repose entièrement sur la vitesse pratiquée sur le tronçon (nous proposons dans la suite de notre étude une méthode pour la déterminer).

A partir du moment où le réseau est modélisé en graphe et que l'on a défini le type de véhicule ainsi que les codes de fluidité qui lui sont associés, il est possible de procéder au calcul des temps d'accès.

On emploie pour cela les outils de calcul d'itinéraire. On fixe sur la carte un point de départ, un point d'arrivée et éventuellement des points de passage.

L'idée générale est de déterminer les temps de parcours pour se rendre de l'ensemble des communes au centre de Dijon. On fixe pour chaque commune un point de départ au centre de la ville ou du village et un point d'arrivée au centre de Dijon sans positionner de point de passage. Le logiciel procède au calcul du plus court chemin en temps entre les deux points.

Chaque commune peut ainsi disposer des temps d'accès moyens au centre de Dijon. Une simple analyse thématique suffit à réaliser une carte des temps d'accès au centre.

Si la question du calcul des temps d'accès ne pose pas de problème majeur en elle-même, la phase d'évaluation des vitesses requiert une réflexion plus importante.

2) Evaluation de la vitesse : approche théorique

2.1) L'influence du comportement du conducteur sur la vitesse

2.1.1) La voiture, un moyen de se déplacer rapidement

Depuis les années 1930 aux Etats-Unis et 1960 en Europe, la voiture s'est largement diffusée et est aujourd'hui quasiment un objet de première nécessité pour un grand nombre de ménage. G.DUPUY⁸ (1999) parle alors de véritable dépendance automobile. Le terme prend un connotation négative : « en référence aux drogues, qui fournissent des satisfactions momentanées au prix de dommages à long terme, de restriction des libertés de choix ». Et c'est bien comme cela qu'il convient d'analyser la relation entre la voiture et son conducteur, l'automobile en tant qu'objet dont il est difficile de se passer. La plupart du temps, on ignore ou tout du moins on cherche à minimiser à la fois les coûts et les effets néfastes de ce véhicule. En tenant compte de l'usure du matériel, de l'essence, parkings et des taxes, on se rend rapidement compte que la voiture est un des transports le plus coûteux qui existe. Même en tenant compte du gain de temps, G.DUPUY (1999) montre qu'elle est finalement moins compétitive que le vélo ou que le train. Malgré cela, les ventes d'automobiles ne cessent de croître sans doute parce que les usagers ne considèrent qu'une faible partie des frais occasionnés par le véhicule pour un gain de temps que l'on juge important.

Son avantage réside dans la possibilité de se rendre quasiment n'importe où de porte à porte.

« Le système automobile libère en redonnant à chacun une maîtrise du temps et de l'espace qu'il n'avait pas ou n'avait plus » (G.DUPUY⁹ 1995). Une certaine liberté et l'absence d'attente à un arrêt donnent l'impression d'une plus grande rapidité que les transports en commun, elle repousse les limites de ce qui est visitable. L'automobiliste recherche avant tout à gagner du temps et à l'abri dans son véhicule, isolé du reste du monde, a tendance à se considérer comme le seul possesseur de la voirie. C'est à partir de seulement quelques points et axes majeurs sur le réseau, qu'il se construit mentalement des itinéraires qu'il juge plus rapides plus ou moins longs en distance mais avant tout moins encombrés. Son jeu constant est de rejoindre dès que possible ces éléments connus, l'objectif étant bien entendu de réduire au maximum les temps de trajet. V.ALEXANDRE¹⁰ (1988) fait remarquer que ces derniers ne sont souvent pas pris en compte dans les emplois du temps donc ils sont nettement sous estimés d'où la volonté de les minimiser. Pour que les temps en voiture soient moins importants, l'automobiliste est prêt à augmenter sa vitesse et

⁸ *La dépendance automobile, symptômes, analyses, diagnostic, traitements*, Coll. Villes, ed. Anthropos Economica

⁹ *Les territoires de l'automobile*, Coll. Villes, ed. Anthropos Economica

stationner sur des emplacements interdits. Il va également considérer les autres usagers comme des obstacles ou des ralentisseurs. Doubler permet de gagner un peu plus de temps.

Les risques pris sur les routes interurbaines sont plus grands et les distances de sécurité paraissent peu respectées comme le montre l'étude de B.FER¹¹ (1997). On apprend alors que près de 40% des temps intervéhiculaires (TIV) sont inférieurs à 2 secondes, considérées comme l'intervalle minimal de sécurité. Plus les automobilistes conduisent vite et moins ils respectent les écarts. Ainsi, sur les autoroutes de liaison, on constate de grosses différences en fonction des voies de circulation. Sur la file jugée lente, seulement 19% des conducteurs ont un TIV (temps inter-véhiculaire) inférieur à deux secondes. Sur la voie médiane, on passe à 44% et enfin sur la voie rapide, ce sont 52% des usagers qui ne respectent pas les distances minimales de sécurité. La relation entre temps intervéhiculaire et vitesse semble assez évidente : plus les véhicules roulent vite et plus le TIV est faible.

2.1.2) La vitesse définie par les autres automobilistes

Même si un automobiliste pense avoir le contrôle de sa vitesse, il n'en est rien. Il ne fait qu'aller au rythme où vont les autres. Bien sûr, il peut arriver que lorsque la circulation est dégagée, il décide d'aller plus vite ou moins vite, mais la plupart du temps, il se retrouve coincé entre deux véhicules : un devant et un derrière. P.FERRARI¹² (1989) a pu ainsi montrer qu'il existe une relation entre le contrôle de la vitesse d'un automobiliste et la différence entre la vitesse du véhicule suivant et précédent. La variation au compteur dépend inconsciemment de la distance le séparant du véhicule de devant et également de la taille de l'arrière de ce dernier. Un poids lourds incitera ainsi plus probablement à réduire sa vitesse car il va impressionner plus qu'une voiture. La vitesse est ainsi avant tout un ajustement à la circulation et de fait si les véhicules roulent lentement, la vitesse d'un automobiliste sera nécessairement lente, l'inverse est aussi vrai : la limitation de vitesse ne semble avoir qu'une emprise modérée sur le comportement des automobilistes. Pour s'en convaincre examinons la vitesse moyenne sur l'autoroute qui devrait être de 130 km/h maximum et qui en réalité dépasse largement les 140 à 150 km/h. Que dire de la circulation sur les grands boulevards en ville lorsque la circulation le permet où la vitesse descend rarement en dessous de 60 70 km/h ?

Les travaux de P.DELHOMME et J.P.CAUZARD¹³ (2000) montrent que le réflexe moyen est avant tout d'imiter la vitesse de son voisin. La raison invoquée est la difficulté voire la dangerosité du non respect de cette règle. Si la circulation est à 90 km/h en ville, on doit faire de même quitte à enfreindre le code la route. De fait la vitesse moyenne observée sur un tronçon est le résultat d'un comportement collectif des autres automobilistes encadré plus ou moins par des règles légales de limitation de vitesse qui ne sont la plupart du temps pas respectées.

¹⁰ « De la circulation automobile en milieu urbain », *Transport environnement circulation*, n°89

¹¹ « Observation du comportement des automobilistes sur les autoroutes de liaison. Etudes des relations interdistance débit-vitesse », *Revue Générale des routes et des aéroports*, n°757

¹² FERRARI P.« The effect of driver behaviour on motorway reliability », *Transportation Research B*, vol. 23B, n°2, p. 139 150

¹³ « Comparer sa vitesse à celle d'autrui. Comparaison sociale et représentation de conduite chez les automobilistes européens », *Transport Recherche Sécurité*, n°67, p. 39 60

L'enquête menée par les auteurs nous en apprend plus sur la proportion d'automobilistes ayant une vitesse supérieure ou inférieure à la moyenne. On observe que près de 52.4% considèrent rouler à la même vitesse que les autres contre 20.5% plus vite et 27.1% plus lentement. Maintenant si nous tenons compte du fait que la vitesse moyenne des véhicules est supérieure à la vitesse légale, on s'aperçoit que la majeure partie des automobilistes est en infraction.

Lorsque la circulation est assez dense, on peut estimer que la vitesse d'un automobiliste correspond à celle de la majorité des conducteurs. En revanche, si la voie est libre, notre individu aura tendance à moduler sa vitesse en fonction de son propre comportement. Une comparaison entre la vitesse moyenne observée sur le tronçon et celle d'un individu permet de constater d'énormes différences avec des marges de 10 à 30 voire 40% en dessous ou au dessus de la moyenne. La valeur de la vitesse dépend par conséquent de l'échelle d'observation.

2.2) Du microscopique au macroscopique

Commençons, avant de rentrer dans le vif du sujet, par préciser le vocabulaire.

Dans les différents modèles proposés, on a coutume de définir généralement trois grandeurs : la vitesse, le flux et la concentration.

La vitesse peut être définie d'une façon générale par

$$V(t) = \frac{dx(t)}{dt}$$

Au niveau d'un ensemble de véhicule, on passe à une vitesse moyenne voire à une vitesse du trafic en un point d'un axe routier. Cette dernière est selon les cas envisagée comme une moyenne arithmétique ou harmonique.

La seconde grandeur est le flux de véhicules. Si l'on note $N(x,t)$ le nombre de véhicules qui sont passés à l'abscisse x depuis l'instant de référence, on peut considérer que le flux Q de véhicules en (x,t) est

$$Q(x,t) = \frac{\partial N}{\partial t}(x,t)$$

Le flux se mesure en nombre de véhicules par heure.

Enfin la dernière variable est la densité ou concentration véhiculaire. On définit la densité $K(x,t)$ de véhicules comme le nombre de véhicules par unité de longueur, soit

$$K(x,t) = \frac{\partial N}{\partial x}(x,t)$$

On peut alors également définir la densité dans un embouteillage-soit la densité maximale-notée K_{max} .

On en déduit donc que

$$Q(x,t) = \frac{\partial x}{\partial t} K(x,t)$$

soit

$$Q(x,t) = K(x,t)V(t)$$

Le choix du type de vitesse que l'on cherche à évaluer détermine l'échelle à laquelle on doit se placer. Aussi, pour analyser la vitesse moyenne, il semble préférable de raisonner au niveau de l'ensemble du

tronçon alors que le calcul de la vitesse instantanée nécessitera de se placer à l'échelle du véhicule. Fort de cette observation, les ingénieurs du trafic ont mis au point différents types de modèle d'écoulement des flux routiers. On a alors coutume de distinguer les modèles dits microscopiques des macroscopiques ou mésoscopiques.

L'échelle la plus fine qui puisse être définie est donc microscopique. L'ouvrage « Simulation dynamique du trafic routier »¹⁴ définit ces modèles en fonction de variables individuelles caractérisant l'état de chaque véhicule : accélération, vitesse et position. La valeur fondamentale pour l'écoulement des flux est de fait l'accélération positive ou négative propre à chaque véhicule. L'ajustement de cette dernière est dépendante de la distance séparant les véhicules les uns des autres.

Dans l'hypothèse où cette dernière est supérieure à la distance minimale de sécurité, le conducteur estime que sa vitesse n'est pas satisfaisante et va donc chercher à l'accroître jusqu'à atteindre une vitesse désirée. L'accélération va être alors maximale.

Dans le cas contraire, le conducteur ajustera sa vitesse en fonction de divers paramètres tels que la différence de vitesse entre la sienne et celle du véhicule de devant et la distance les séparant. D'une façon générale, des auteurs comme R.AKCELIK et D.C.BIGGS¹⁵ (1987) ont pu montrer que l'accélération suivait un profil relativement constant entre le démarrage et la vitesse désirée répondant à l'équation (56):

$$a(t) = ra_m \left(\frac{t}{t_a} \right)^n \left(1 - \left(\frac{t}{t_a} \right)^m \right)^2 \quad (56)$$

Où $a(t)$ représente l'accélération à un instant t , a_m , l'accélération maximale, t_a , l'instant de fin de l'accélération et m , n et r des paramètres à évaluer.

Graphiquement, le modèle de l'accélération adopte la forme de la figure 157 et pour la vitesse une fonction de type logistique (figure 158).

A l'autre bout du tronçon, l'automobiliste va ralentir jusqu'à ce que sa vitesse atteigne 0 selon un profil équivalent à celui qui a pu être présenté mais en sens inverse.

Un autre façon d'appréhender la circulation est de considérer le tronçon routier dans son ensemble et pour cela on doit envisager d'autres variables que pour le modèle microscopique. Ces dernières sont représentatives de l'état moyen de la route où la circulation est considérée comme un flux homogène.

Le débit (en véhicules par heure), la densité ou concentration (en véhicules par kilomètre) et la vitesse du flot (en kilomètres par heure) sont les trois variables d'état envisagées dans ce genre de modèle¹⁶. Trois relations vont alors faire intervenir les trois variables du modèle.

¹⁴ CERTU, coll. du CERTU avec le concours de l'INRETS, de l'ENTPE et du ministère de l'Équipement, des transports et du logement.

¹⁵ « Acceleration profile. Models for vehicles in road traffic », *Transportation Science*, vol. 21, p. 37 54

Figure 157 : Profil de l'accélération en fonction du temps

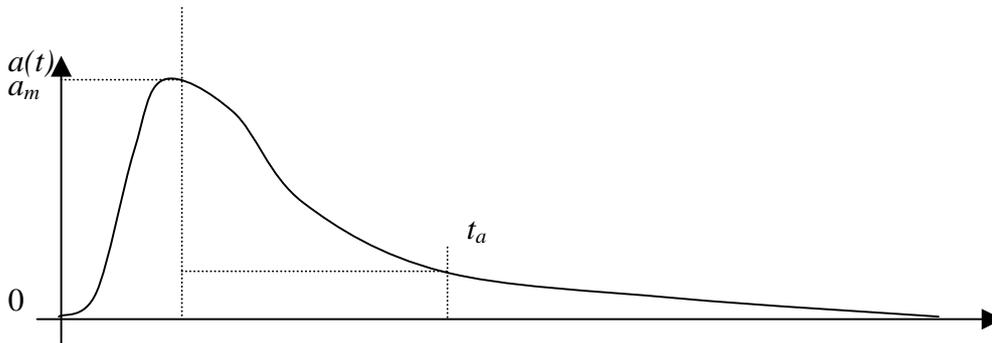


Figure 158 : Profil de la vitesse en fonction du temps

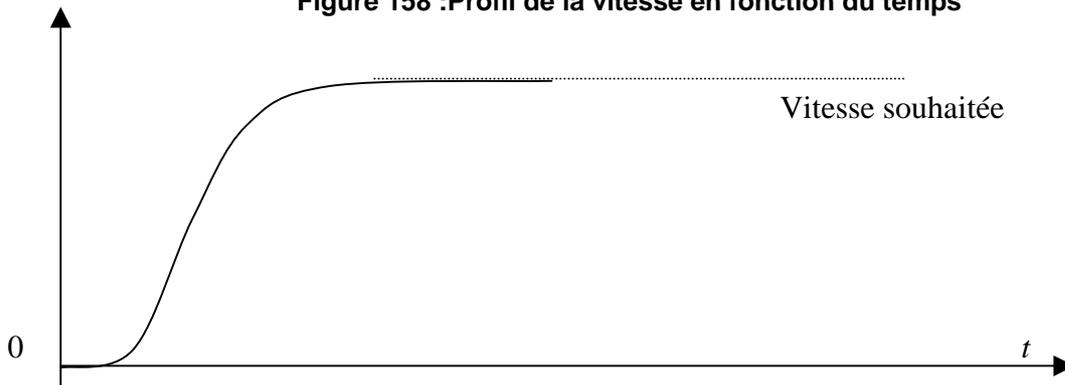
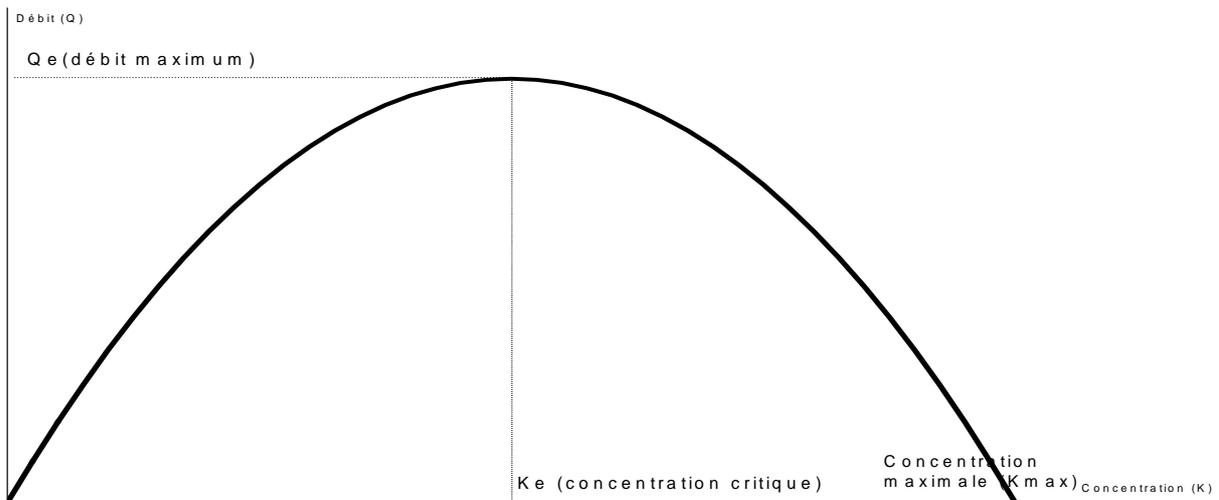


Figure 159 : La relation technologique des infrastructures dans les modèles macroscopiques



La première est dite équation de conservation des masses où le nombre de véhicules à un instant t est égal au nombre de véhicules à un instant $t + dt$ plus le nombre de véhicules entrés entre t et dt moins le nombre de véhicules sortis entre t et dt .

Une deuxième équation relie débit et densité en définissant la vitesse comme le rapport entre le débit et la densité.

¹⁶ voir PETIOT R. *La fraude au stationnement. Enjeux et analyse économique des comportements*, Thèse de doctorat en sciences économiques Université Lyon II ou BERTHIER J.P. « Congestion urbaine : un modèle de trafic de pointe à courbe débit-vitesse et demande élastique », *Les cahiers scientifiques du transport*, n°34, 1998

Enfin la troisième équation est dite relation d'équilibre ou fondamentale utilisée dans les modèles de premier ordre (qui peut être parabolique comme le montre le graphique 159) entre débit et densité supposée vraie à tout instant et en tout point

$$\frac{\partial K}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (57)$$

où $\partial K/\partial t$ est la variation de la concentration par rapport au temps, $\partial Q/\partial x$ est la variation du débit par rapport à la distance x .

La seconde équation peut se définir ainsi :

$$Q = KV \quad (58)$$

Où Q est le débit, V la vitesse et K la concentration.

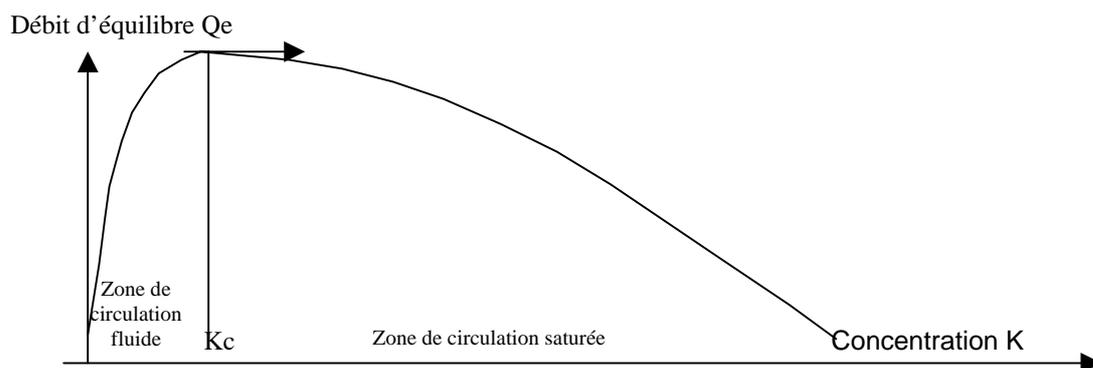
Pour la troisième relation, il convient de différencier les modèles dits macroscopiques de premier ordre de ceux de second ordre. Dans ces derniers, on envisage une troisième relation qui décrit l'accélération. La solution analytique des trois équations (J.P.LEBACQUE 1999¹⁷) conduit au système suivant :

$$\frac{\partial x}{\partial t} = \frac{\partial Q_e}{\partial K}(K(x,t),t)$$

$$Q = Q_e(K(x,t),t)$$

Dans le modèle de premier ordre, « on suppose que le trafic est en permanence en état d'équilibre sur les portions de réseau homogène. Le système d'équation représentant l'écoulement est alors complété par une relation d'équilibre entre le débit et la concentration, appelée diagramme fondamental Q_e » (LECLERCQ 2002¹⁸). Le modèle STRADA, développé par le LICIT (BUISSON 1996¹⁹), propose un diagramme formé par deux arcs de paraboles.

Figure 160 : diagramme fondamental de STRADA



¹⁷ « Comment simuler le caractère fini de l'accélération des véhicules dans le cadre des modèles macroscopiques du premier ordre » in *Modélisation du trafic* sous la direction de J.P.LEBACQUE, Acte n°64, INRETS, p. 93-113

¹⁸ Modélisation du trafic et estimation des nuisances sonores in *Modélisation du trafic Actes INRETS n°83* sous la direction de ARON M., BOILLOT F. et LEBACQUE J.P., p. 37-54

¹⁹ BUISSON C., LEBACQUE J.P., LESORT J.B. (1996) "STRADA, a discretized macroscopic model of vehicular traffic flow in complex networks based on the Godunov scheme", *CESA '96 IMACS Multiconférence*. Computational Engineering in Systems Applications, Lille

D'autres auteurs (MASSON 2000²⁰) considèrent en revanche pour cette troisième relation une unique parabole liant la concentration au débit s'annulant en 0^{21} dont on peut aisément exprimer l'équation :

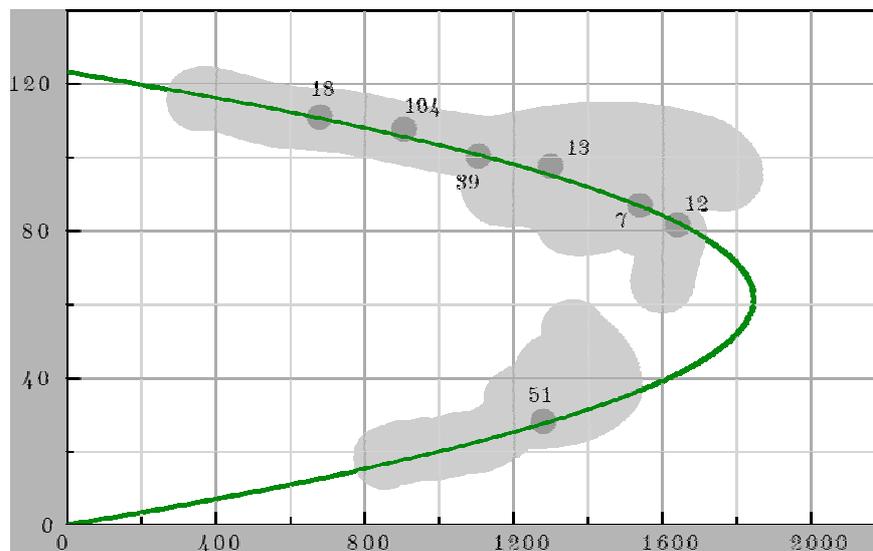
$$Q = -\frac{Q_e}{K_e^2}(K - K_e)^2 + Q_e \quad (59)$$

Q est toujours le débit, K la concentration, Q_e le débit maximum et K_e la concentration critique

Graphiquement, l'équation correspond à la figure 159.

Le modèle présenté dans la thèse de S.MASSON est toutefois à attribuer à B.D.Greenshields²² (1935). L'auteur montre à partir de données de trafic portant sur les autoroutes de Chicago qu'il semble exister une relation linéaire entre la vitesse et la densité. Il en déduit, à partir de l'équation fondamentale des flux que les flux suivent une logique parabolique en fonction de la densité.

Figure 161 : Modèle proposé par Greenshields, étalonné avec les données de Chicago



Ces travaux ont eu des répercussions importantes sur la théorie du trafic durant près de 50 ans et ce n'est que très récemment que d'autres modèles ont émergé. Nous pensons notamment à certains modèles empiriques comme celui du comité du Transportation Research Board (1994). Il ne propose pas une formalisation mais plutôt une approche empirique où les vitesses ne décroissent pas jusqu'aux deux tiers de la valeur de la capacité, puis diminuent faiblement jusqu'à la capacité.

Les modèles de type mésoscopiques se trouvent en situation intermédiaire puisque l'on envisage alors non plus la totalité des véhicules ou un véhicule unique mais des paquets décrits en fonction, de leur débit, leur concentration et leur vitesse.

En observant que la vitesse instantanée reste difficile à appréhender et ainsi que le calcul de la vitesse au niveau des tronçons ne peut être que celui des vitesses moyennes, nous avons fait le choix des modèles de type macroscopique intégrant des paramètres globaux tels que le débit la concentration ou la vitesse. La grande précision des tronçons nous a toutefois permis d'obtenir des vitesses moyennes extrêmement fines.

²⁰ *Les interactions entre systèmes de transport et système de localisation en milieu urbain et leur modélisation* Thèse de doctorat

²¹ Graphique couramment appelé graphique d'équilibre de Greenshields (1935)

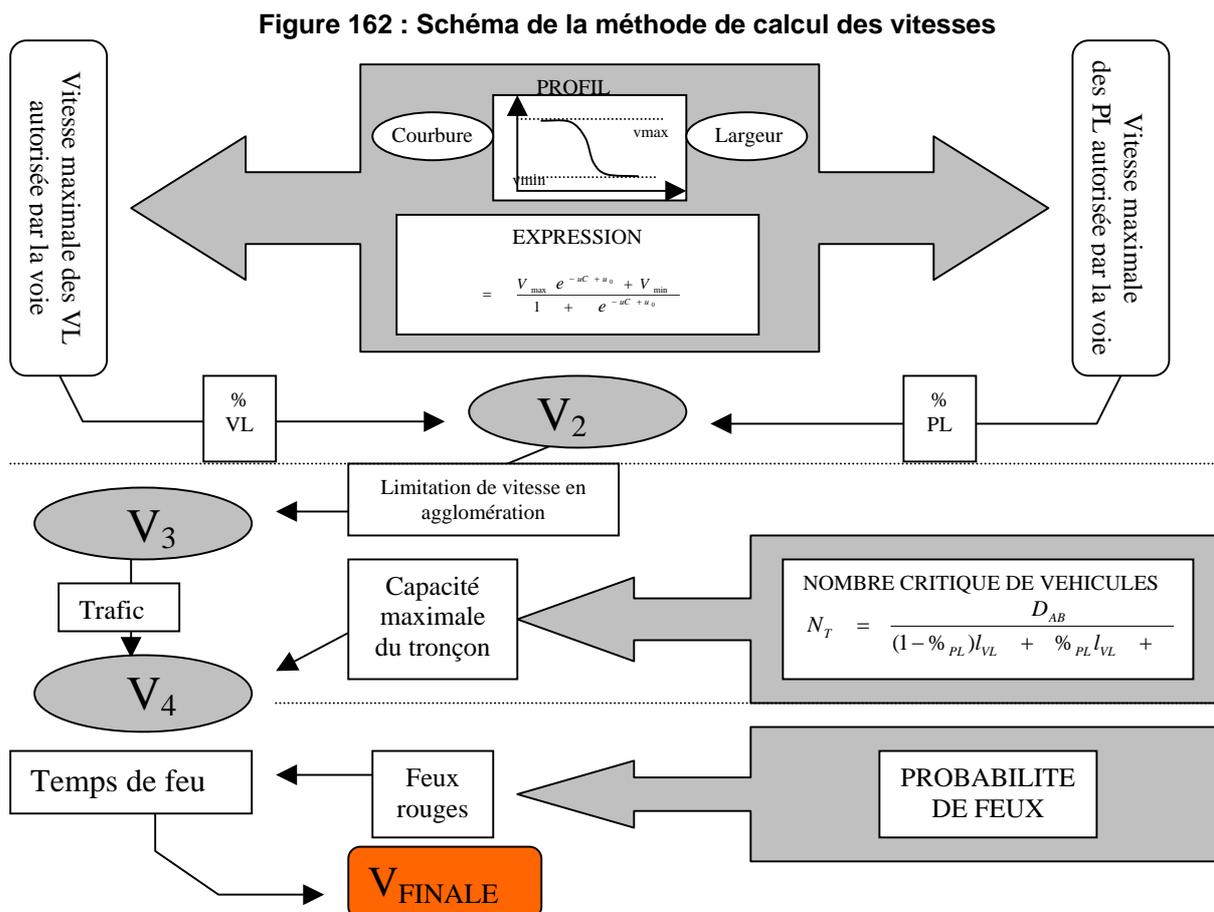
2.3) Méthode d'évaluation des vitesses moyennes par tronçon.

2.3.1) Description du modèle

Pour calculer les vitesses moyennes par tronçon, nous avons dû intégrer progressivement l'ensemble des facteurs au sein d'un modèle fonctionnant à partir de modules, chacun d'eux affinant le précédent permettant à partir d'une relation de base d'aboutir à une vitesse finale tenant compte de l'ensemble des particularités de l'infrastructure. La figure 162 donne un aperçu de la méthode employée.

Le programme se compose de trois modules purement linéaires.

- le premier calcule la vitesse dans des conditions de circulation optimales (temps sec, jour et flux routier faible). On obtient alors une relation fondamentale liant la courbure des infrastructures avec leur vitesse et cela modulé par le type de véhicule (poids lourds ou véhicules légers). Toujours dans le même module, on fait intervenir le type de milieu (urbain ou non urbain).
- Un second module, plus complexe, intègre le trafic et évalue les conséquences de la saturation du tronçon sur la vitesse du module précédent,
- enfin un dernier module permet d'évaluer le nombre de feux ainsi que les temps d'attente.



C.Enault Laboratoire THEMA - Dijon

²² « A study of traffic capacity », *Highway Research Board*, volume 14, 1935

2.3.2) Premier module : intégration de la courbure, du type de véhicule et du milieu

Pour évaluer cette vitesse maximale autorisée par les tronçons que nous noterons V_3 , il est nécessaire d'intégrer les paramètres suivants : type de véhicule, largeur de l'infrastructure et enfin le type de milieu.

Dans un premier temps, il convient d'établir la relation entre la courbure et la vitesse. L'idée générale est de calculer pour une courbure donnée, la vitesse pratiquée sur le tronçon. Nous faisons alors comme hypothèse qu'il existe une relation liant courbure et vitesse, cette dernière étant dépendante de la largeur de l'infrastructure et du type de voie.

En premier lieu, il existe deux types de véhicules circulant sur la chaussée : les poids lourds ainsi que les voitures particulières, ce qui nous donne alors deux arborescences. Ensuite, pour chaque véhicule, on envisage qu'il existe quatre types d'infrastructures : très larges (autoroutes), larges, moyennes et étroites soit un total de 2×4 relations soit 8 arborescences. Pour l'autoroute, les courbures étant faibles, on peut estimer que la vitesse est constante égale à un maximum ($V_{\max\text{trèslarge}}$).

La deuxième question essentielle est de déterminer la relation fondamentale liant vitesse et courbure. Nous faisons comme hypothèse, avant de le vérifier expérimentalement, de l'existence d'une fonction de type logistique décroissante faisant osciller la vitesse entre deux bornes (minimum et maximum) dépendant à la fois du véhicule pour lequel on évalue la relation et du type de voie.

La relation logistique prend alors la forme suivante :

$$V_1 = -\frac{(V_{\max} - V_{\min})e^{-\beta c + \alpha}}{1 + e^{-\beta c + \alpha}} + V_{\min} \quad (60)$$

La relation (60) est équivalente à :

$$V_1 = \frac{V_{\max} e^{-\beta c + \alpha} + V_{\min}}{1 + e^{-\beta c + \alpha}} \quad (61)$$

où c est la courbure, V_1 est la vitesse fonction de la courbure de l'infrastructure, V_{\max} la vitesse maximale lorsque la courbure est proche de 0, V_{\min} la vitesse lorsque la courbure est proche de 180 et α et β des paramètres à évaluer.

La première partie de ce module peut être représentée selon la figure 163 :

A l'issue de cette opération, on dispose de deux fonctions : une pour chaque type de véhicule

Ce type de programme élémentaire reposant sur des emboîtements de conditionnelles peut être réalisé sous EXCEL en utilisant la fonction =SI()

Ce petit algorithme est implémenté de la façon suivante :

= SI(Type Véhicule = « VL » ;

{arborescence Véhicules légers}

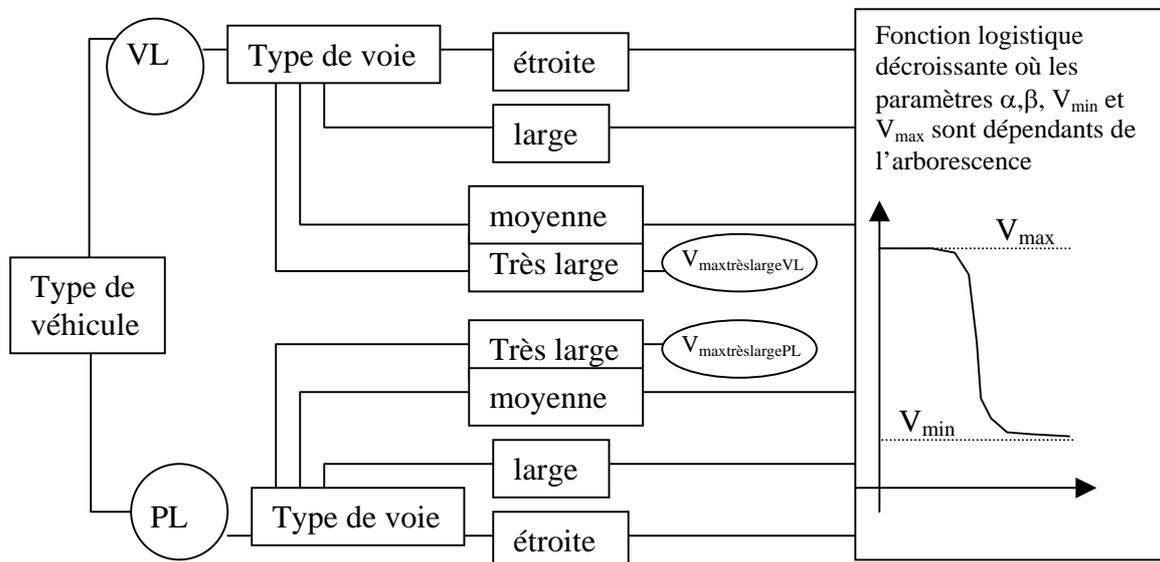
SI(Nbvoie=« étroite » ;(V_{maxétroite}*exp(-β_{étroite}Courbure+α_{étroite})+V_{minétroite})/(1+exp(-β_{étroite}Courbure+α_{étroite})) ;

$SI(Nbvoie = \text{« moyenne »}; (V_{maxmoyenne} * \exp(-\beta_{moyenne} Courbure + \alpha_{moyenne}) + V_{minmoyenne}) / (1 + \exp(-\beta_{moyenne} Courbure + \alpha_{moyenne}))) ;$
 $SI(Nbvoie = \text{« large »}; (V_{maxlarge} * \exp(-\beta_{large} Courbure + \alpha_{large}) + V_{minlarge}) / (1 + \exp(-\beta_{large} Courbure + \alpha_{large}))) ;$
 $V_{maxtrèslarge}))) ;$

{arborescence poids lourds}

$SI(Nbvoie = \text{« étroite »}; (V_{maxétroite} * \exp(-\beta_{étroite} Courbure + \alpha_{étroite}) + V_{minétroite}) / (1 + \exp(-\beta_{étroite} Courbure + \alpha_{étroite}))) ;$
 $SI(Nbvoie = \text{« moyenne »}; (V_{maxmoyenne} * \exp(-\beta_{moyenne} Courbure + \alpha_{moyenne}) + V_{minmoyenne}) / (1 + \exp(-\beta_{moyenne} Courbure + \alpha_{moyenne}))) ;$
 $SI(Nbvoie = \text{« large »}; (V_{maxlarge} * \exp(-\beta_{large} Courbure + \alpha_{large}) + V_{minlarge}) / (1 + \exp(-\beta_{large} Courbure + \alpha_{large}))) ;$
 $V_{maxtrèslarge})))$

Figure 163 : Description de l'algorithme de la première étape du premier module



Enault C. – THEMA Dijon

Les modalités d'évaluation des paramètres α , β , V_{min} et V_{max} seront exposées dans la suite de notre étude.

La seconde étape de ce module est l'introduction du type de véhicule. On fait alors l'hypothèse que la vitesse moyenne observée sur le tronçon est proportionnelle au pourcentage de chaque type de véhicule. En somme la vitesse sur la chaussée est la moyenne des deux vitesses précédentes soit la relation suivante :

$$V_2 = \frac{\%_{VL} V_{VL} + \%_{PL} V_{PL}}{\sum \% (V_{VL} + V_{PL})} \quad (62)$$

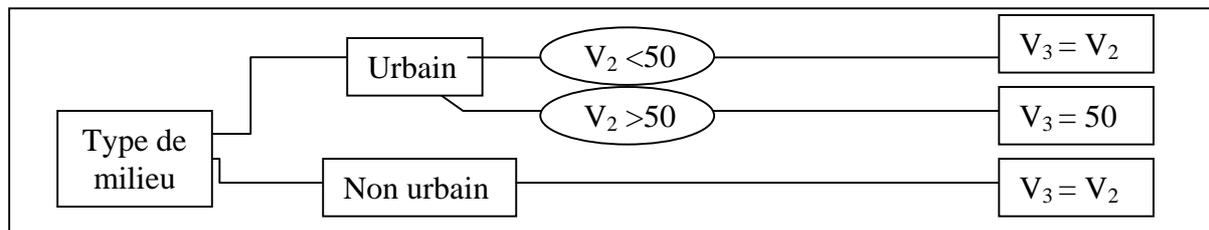
où $\%_{VL}$ est le pourcentage de véhicules légers, V_{VL} est la vitesse calculée selon la formule (61) pour les véhicules légers, $\%_{PL}$ est le pourcentage de poids lourds et enfin V_{PL} la vitesse elle aussi calculée selon la formule (61) pour les poids lourds.

L'étape suivante fait intervenir le type de milieu, à savoir l'urbain ou le rural. L'idée générale est alors de construire un programme permettant de limiter à 50 la vitesse en agglomération.

Dans le cas du milieu rural, la vitesse n'est pas limitée et ainsi reste libre et entièrement fixée par la route. Elle variera par conséquent entre 0 et 90 pour les routes classiques et 0 et 130 pour les autoroutes. En revanche lorsque l'on se trouve en agglomération, on peut mettre en évidence les deux cas suivants : soit la vitesse calculée précédemment (V_2) est supérieure à 50, alors le programme fixe une vitesse arbitraire à 50 ou au contraire cette dernière est inférieure. Dans cette éventualité, la vitesse V_2 est alors conservée à l'identique.

Graphiquement il est possible d'exposer la démarche par la figure 164.

Figure 164 : Description de l'algorithme de la troisième étape du premier module



Enault C. – THEMA Dijon

L'implémentation prend également la forme de conditionnelles emboîtées.

$= SI(Typemilieu = « 0 » ;$

{traitement non urbain}

$V_2 ;$

{traitement urbain}

$SI(Typemilieu = « 1 » ;$

$SI(V_2 < 50 ; V_2 ; 50)))$

2.3.3) Second module : influence du trafic sur la vitesse moyenne

Ce module est, de loin le plus complexe, car il nécessite la construction d'un modèle mathématique faisant intervenir la concentration en véhicules, le débit ainsi que la vitesse.

L'idée générale est de partir de la vitesse V_3 du module précédent et de la faire décroître lorsque cela est nécessaire en fonction du débit. Cela n'est possible que si l'on est en mesure d'évaluer la concentration critique de l'infrastructure par l'intermédiaire de la concentration maximale que le tronçon est en mesure d'accepter (K_{max}). Le calcul est effectué selon la méthode énoncée dans l'annexe X.

On obtient un résultat intégrable dans les modèles macroscopiques de congestion débit-vitesse. En partant des relations (58) et (59), on parvient à exprimer la vitesse en fonction de la concentration critique, du débit et de la vitesse de l'étape précédente (voir annexe XI). On en déduit la relation suivante :

$$V_4 = \frac{Q}{-\sqrt{\frac{K_e(V_3 K_e - 2Q)}{V_3}} + K_e} \quad (63)$$

où V_4 est la vitesse résultante de cette étape, K_e , la concentration critique, V_3 la vitesse de l'étape I et Q le débit.

2.3.4) Troisième module : influence des feux de circulation sur la vitesse

Ce module vise à évaluer la vitesse finale à partir du quotient distance sur temps de parcours. Le temps de traversée du tronçon peut être ainsi décomposé en deux parties :

- un temps où l'on circule à la vitesse autorisée à la fois par le profil de l'infrastructure routière mais également par la circulation ($T_{circulation} = D_{AB}/V_4$)
- un temps global d'attente aux feux ($T_{feux} =$ nombre de feux rouges (n_f) * le temps d'attente à un feu (t_f))

$$V_{Finale} = \frac{D_{AB}}{T_{AB}} = \frac{D_{AB}}{T_{circulation} + T_{feux}} = \frac{D_{AB}}{\frac{D_{AB}}{V_4} + n_f t_f} \quad (64)$$

Dans (64), n_f représente le nombre de feux rouges. Il aurait été possible de choisir une valeur arbitraire de temps d'attente aux feux supposant que la moitié ou un certain pourcentage de feux soit rouge. Néanmoins nous avons préféré raisonner à partir d'un modèle stochastique. L'idée est de traduire au mieux mathématiquement les chances d'obtention d'un ou plusieurs feux. Pour cela nous avons considéré que la probabilité de s'arrêter à un feu était en moyenne de 1 contre 2 (soit rouge soit vert).

On peut alors, pour un tronçon, considérer le total de feux rouges comme une variable aléatoire.

Le nombre de cas possibles (ou cardinal) est de 2^n . On peut, à partir de cinq feux, réaliser $2^5 = 32$ combinaisons : VVVVV, RVVVV, VRVVV, VVRVV, ...

On définit alors une loi probabiliste de la variable aléatoire de l'événement $X = n$ (le nombre de feux rouge est n) en réalisant le quotient du nombre de cas favorables sur le cardinal.

Par exemple toujours pour cinq feux, il existe cinq possibilités pour que $X = 1$: RVVVV, VRVVV, VVRVV, VVVRV et VVVVR.

De la même manière, il est possible de calculer la probabilité de l'ensemble des valeurs prises par X

Ainsi, en comptant les cas, on peut constater que

$$P(X = 0) = 1/32$$

$$P(X = 1) = 5/32$$

$$P(X = 2) = 10/32$$

$$P(X = 3) = 10/32$$

$$P(X = 4) = 5/32$$

$$P(X = 5) = 1/32$$

La somme totale des probabilités est bien égale à 1.

Au-delà de cet exemple, il est tout à fait possible de calculer les probabilités pour un nombre n de feux non déterminé. Le nombre de cas favorables se définit comme une combinaison de p éléments (nombre de feux rouges) parmi n (nombre de feux).

De fait, on a :

$$P(X = n) = \frac{C_n^p}{\text{card}n} = \frac{\frac{n!}{(n-p)!p!}}{2^n} = \frac{n!}{2^n(n-p)!p!} \quad (65)$$

Vérifions à présent notre formule sur le cas précédent.

$$P(X = 0) = \frac{C_5^0}{\text{card}5} = \frac{1}{2^5} = \frac{1}{32}$$

$$P(X = 1) = \frac{C_5^1}{\text{card}5} = \frac{\frac{5!}{(5-1)!1!}}{2^5} = \frac{5}{32}$$

$$P(X = 2) = \frac{C_5^2}{\text{card}5} = \frac{\frac{5!}{(5-2)!2!}}{2^5} = \frac{10}{32}$$

$$P(X = 3) = \frac{C_5^3}{\text{card}5} = \frac{\frac{5!}{(5-3)!3!}}{2^5} = \frac{10}{32}$$

$$P(X = 4) = \frac{C_5^4}{\text{card}5} = \frac{\frac{5!}{(5-4)!4!}}{2^5} = \frac{5}{32}$$

$$P(X = 5) = \frac{C_5^5}{\text{card}5} = \frac{1}{2^5} = \frac{1}{32}$$

Cette loi mathématique est connue sous le nom de loi binomiale.

Cet exemple illustre bien le fait que la probabilité d'obtenir un très grand nombre de feux rouges tout comme celle de ne pas avoir de feux est plus faible que la probabilité de tomber sur des valeurs moyennes. L'étape suivante consiste à traduire le modèle sous EXCEL. Si le nombre de feux avait été fixé, l'entreprise n'aurait pas été difficile et un simple calcul aurait suffi. Or, ici, on se trouve face à une variable aléatoire oscillant entre 0 et $+\infty$. C'est pour cette raison que nous avons dû nous limiter à une certaine valeur de n (10) représentant un nombre de feux maximum que quasiment jamais observé sur les tronçons. La philosophie générale de la formule est d'obtenir un nombre de feux rouges oscillant entre 0 et le nombre n (pour EXCEL 10).

La traduction informatique sous EXCEL du modèle est exposée dans l'annexe XII.

Dans la réalité, les temps d'attente aux feux sont extrêmement variables et dépendent autant du trafic sur la voirie, des piétons que la configuration du carrefour (en particulier de la politique des feux dépendante du temps de cycle du carrefour).

A Dijon, comme dans d'autres agglomérations, la régulation des feux est centralisée dans une salle : le PC de circulation. Un ordinateur central applique un algorithme en fonction des différents paramètres qu'il enregistre et ce pour l'ensemble des feux.

Compte tenu de la variété de situation, de configuration de carrefour qui fait que chaque temps de feux est quasiment unique et fortement dépendant de l'heure ou de la date, nous avons opté pour une valeur moyenne de temps d'attente aux feux reposant sur des relevés.

Le calcul des temps d'accès est loin d'être aisé et nécessite souvent l'intervention de nombreuses techniques qu'elles reposent sur le système vecteur ou sur le système raster. De ces deux types de logiciels, le vecteur semble le plus adapté pour l'évaluation des plus courts chemins. Le cœur du raisonnement n'est pourtant pas le temps d'accès lui-même mais plutôt la vitesse pratiquée sur les tronçons. Nous avons pu voir que les travaux, assez nombreux sur cette question, peuvent être regroupés en deux grandes familles : les modèles de type microscopique et les modèles macroscopiques. Pour des analyses à l'échelle d'une aire urbaine, il semblait plus pertinent de s'interroger sur des problématiques de nature macro où le débit, la concentration et la vitesse moyenne jouent un grand rôle.

Nous avons ainsi conçu un modèle fondé sur un algorithme linéaire composé de trois modules. Un premier met en évidence la relation entre courbure et vitesse en prenant en compte le type de voie et de véhicule, le second à partir des relations traditionnelles des modèles macroscopiques, évalue une nouvelle vitesse prenant en compte la circulation et enfin le troisième s'intéresse aux feux et à leur influence sur la vitesse observée sur le tronçon.

Cette étude théorique nous mène par conséquent à envisager une application, ce que nous proposons sur Dijon et son aire urbaine.

3) Evaluation des temps d'accès dans l'aire urbaine dijonnaise

La première étape de l'évaluation des temps d'accès dans l'aire urbaine dijonnaise, consiste à appliquer le modèle de vitesse afin de déterminer en quelque sorte la rugosité des différents axes. Pour cela, il convient dans un premier temps de calibrer les différents paramètres des trois modules.

3.1) Calibrage du modèle de vitesse

3.1.1) La relation courbure/vitesse

La relation entre courbure et vitesse ne peut être démontrée facilement c'est pourquoi nous avons préféré, à partir de relevés en situation de conduite, tester notre relation hypothétique (logistique décroissante). L'idée est simple. Au-delà d'une certaine courbure, la décroissance de vitesse ne joue plus un rôle fondamental et ainsi elle tend vers une limite (V_{min}). A l'inverse lorsque la courbure est nulle, il existe des limitations de vitesse dues au code de la route ou à la largeur de la voie elle-même. Là encore, la vitesse

tend vers un maximum (V_{max}). En partant de cette idée, le modèle logistique semble relativement bien adapté à ce cas de figure. Nous proposons ici de vérifier cette hypothèse pour les véhicules légers.

Pour obtenir des résultats cohérents, nous avons effectué l'ensemble des relevés dans des conditions spécifiques répondant au besoin du modèle. La vitesse établie par le premier module suppose que le trafic soit nul ou quasi nul, que les conditions de circulation soient optimales, en somme que seule la courbure intervienne dans le calcul de la vitesse.

La période de vacances (début du mois de juillet) est classiquement favorable à une faible circulation sur les différents axes. En plus de cela, nous avons opté pour des routes aux trafics les plus faibles (y compris en périodes scolaires). Enfin, pour la condition de circulation optimale soit entièrement remplie, nous avons effectué nos relevés par temps sec, à heures creuses et de jour (entre 15h et 16h30).

En suivant l'ensemble de ces règles, le choix des routes était relativement réduit car il fallait des voies disposant de préférence de nombreux virages (courbures allant de 0 à 180) et des trois types (étroites, moyennes et larges). La nécessité de relevés sur les autoroutes ne s'imposait pas particulièrement car seule la limitation de vitesse intervenait et les courbures y étaient quasiment inexistantes (en tout cas pour les voies rapides de l'aire urbaine dijonnaise).

Le nombre de voies étroites était assez important, nous avons opté pour une route du plateau bien entendu (présentant un profil assez sinueux).

La largeur de la voie est de nature étroites présentant un profil où le croisement de deux véhicules nécessite un ralentissement et où les poids lourds peuvent difficilement circuler. Nous avons effectuer deux fois le trajet dans un sens et deux fois dans l'autre.

Nous devons également faire remarquer que l'ensemble des relevés ont été effectués par deux personnes : une première conduisant annonçant les vitesses et une seconde prenant les notes sur une feuille.

Les données ont permis de constater effectivement une relation entre courbure et vitesse. Il semble qu'une faible courbure aille de pair avec une forte vitesse et inversement une forte courbure avec une faible vitesse.

On a pu également noter que la vitesse maximale observée en ligne droite ne pouvait dépasser une certaine limite, qui est ici de l'ordre de 70 km/h. Par ailleurs, les vitesses les plus faibles dans les virages les plus accentués ne descendent pas en dessous de 40 km/h. Entre les deux, la vitesse semble décroître avec la hausse de courbure.

Vérifions à présent statistiquement, l'existence de cette relation.

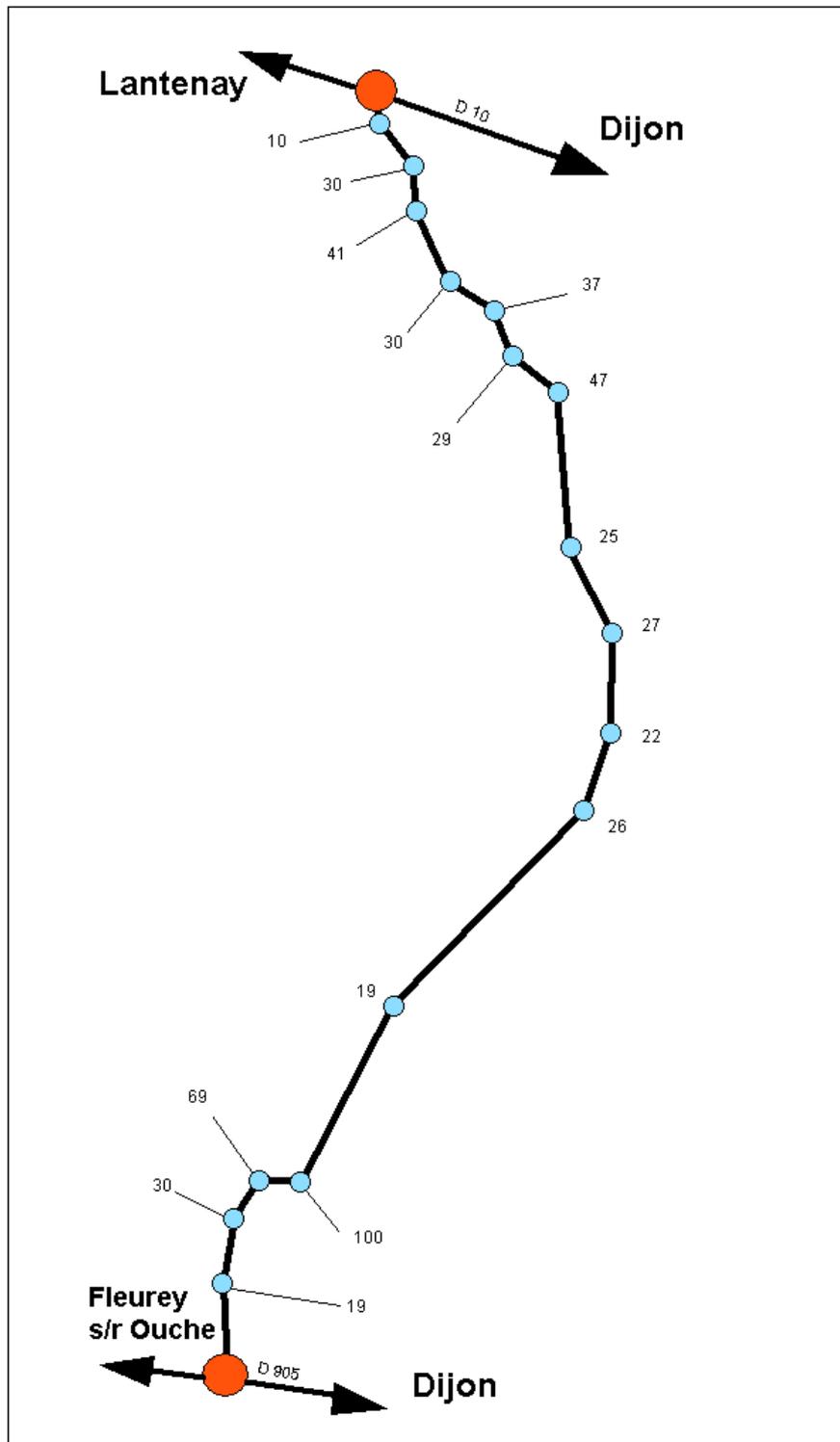
Pour cela, il convient de réaliser une régression logistique spécifique (voir annexe XIII).

Les résultats sont un peu décevants néanmoins, on arrive tout de même à un coefficient de détermination de 0.45, c'est à dire proche de 0.5.

Le choix pour les voies moyennes était plus réduit que pour les routes étroites, nous avons choisi là encore une route du plateau présentant une des plus fortes sinuosité. Trois routes pouvait correspondre à ce que nous attendions : la D 10f partie sud, la D 10 entre Dijon et le croisement de la C 1 et enfin la D 35 entre Sainte-Marie-sur-Ouche et Nuits-Saint-Georges. Nous avons préféré une portion plus petite afin d'effectuer un plus grand nombre de relevés à partir de plusieurs passages, ce qui n'aurait pas été possible sur la D 10 (sud) ou encore plus sur la D 35.

La route dispose d'une largeur satisfaisante pour que deux véhicules puissent se croiser si bien que l'augmentation logique du trafic sur cet axe n'a que peu d'influence sur la vitesse. Les relevés ont été effectués entre 15h et 16h00 le 1 juillet 2002, satisfaisant ainsi également les conditions préalables au modèle.

Figure 165 : Virages sur la communale 1 entre Fleurey et la D 10



Les relevés ont été effectués entre 15h et 16h00 le 01/07/2002.

Figure 166 : Données de vitesse en fonction de la courbure

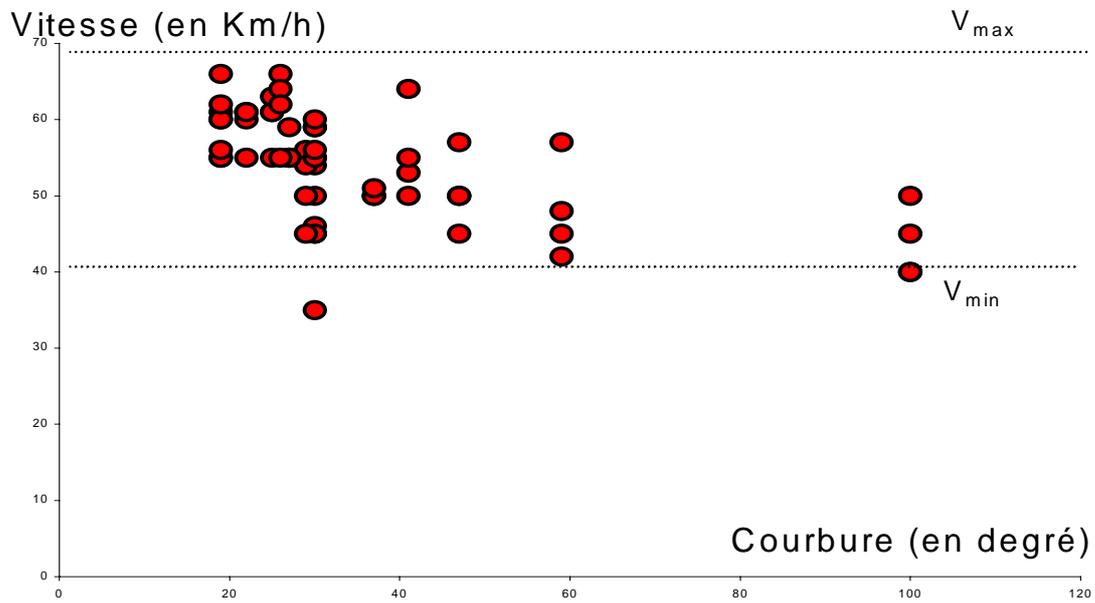
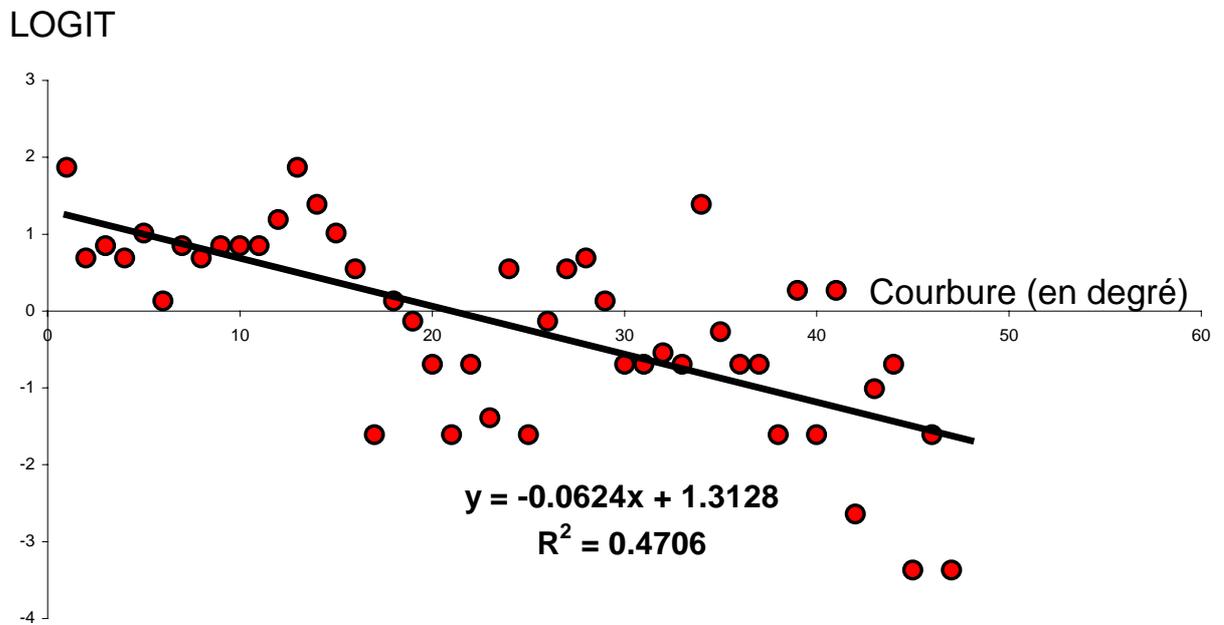


Figure 167 : Régression logistique de la vitesse en fonction de la courbure



Les résultats sont bien plus satisfaisants que ceux de la voie étroite puisque la régression logistique nous donne, sous contrainte d'une vitesse comprise entre un maximum de 80 et un minimum de 40, un coefficient de détermination de l'ordre de 0.8731.

Les voies larges de l'aire urbaine dijonnaise sont bien moins nombreuses que les deux précédentes (étroites et moyennes). Sur l'ensemble des routes possibles, seul la RN 71 présentait, au niveau de Val Suzon, une forte sinuosité permettant d'effectuer des relevés variés pour des courbures allant de 0 à 150.

A ce niveau, la route quitte le plateau pour descendre dans le fond de la vallée encaissée du Suzon puis remonte à nouveau sur le plateau. L'endroit est idéal pour ce genre d'étude.

Sur cette portion, la route est assez large, les virages bien redressés mais le trafic reste important en dépit des horaires et de la date.

Les relevés ont été effectués le 2 juillet 2002 entre 15h et 15h43.

Le tracé en long de la route laisse apparaître 4 secteurs :

- un premier où la route est entièrement droite ou presque (les virages n'excèdent pas 39°)
- un second où la route descend dans la vallée en pente plus ou moins douce. Les virages sont nombreux et très marqués (deux virages à plus de 150)
- un troisième où l'on arrive dans le village : aucun relevé de vitesse n'y a été effectué
- un quatrième où la route remonte sur le plateau par l'intermédiaire d'un vallon encaissé en décrivant un très grand nombre de virages moyens (entre 30 et 70).

Sur ces tronçons, les valeurs de vitesse sont comprises entre 40 (vitesse dans les virages à 150) et 90 (vitesse de pointe sur le plateau). Entre les deux bornes, la logique reste la même que pour les deux autres types de voies, à savoir une décroissance de la vitesse en fonction de l'augmentation de la courbure.

La régression logistique quant à elle donne un bon coefficient de détermination de 0.6251, ce qui est bien compte tenu du trafic.

Disposant de l'ensemble des paramètres, nous sommes en mesure d'afficher les trois relations courbure/vitesse pour les véhicules légers.

Figure 168 :
Virages sur la D 10

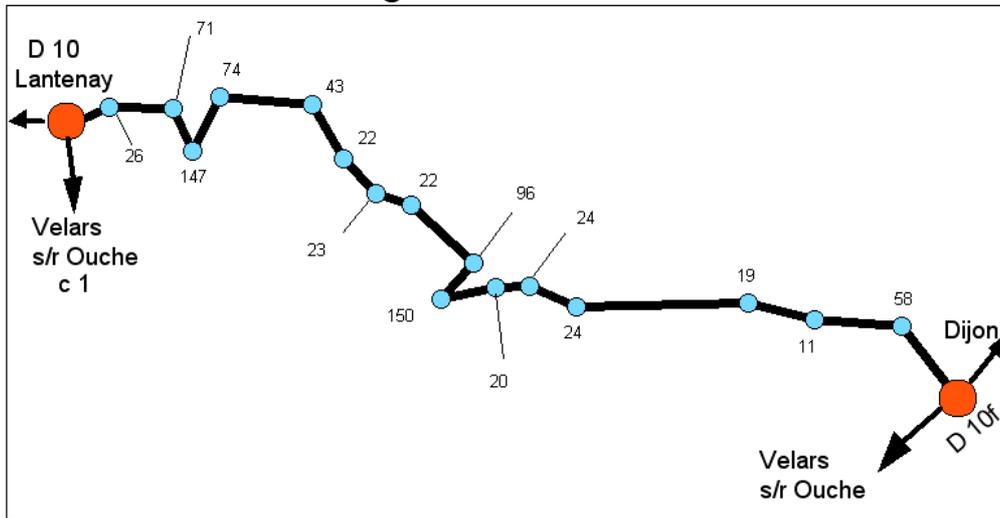


Figure 169 : Données de vitesse en fonction de la courbure

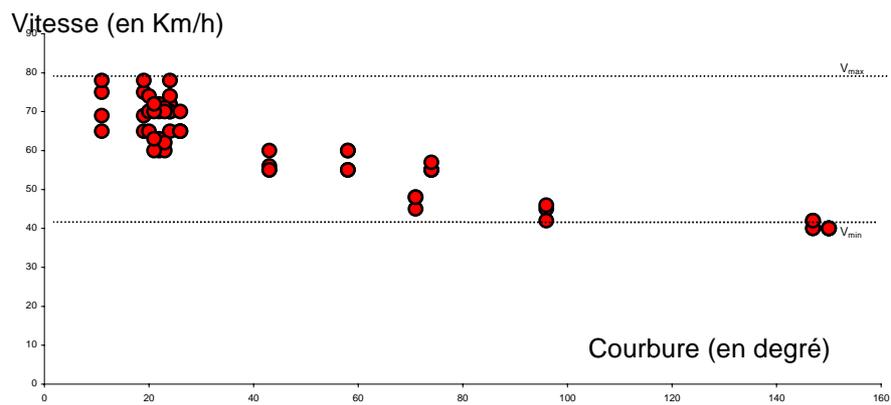


Figure 170 : Régression logistique de la vitesse par rapport à la courbure

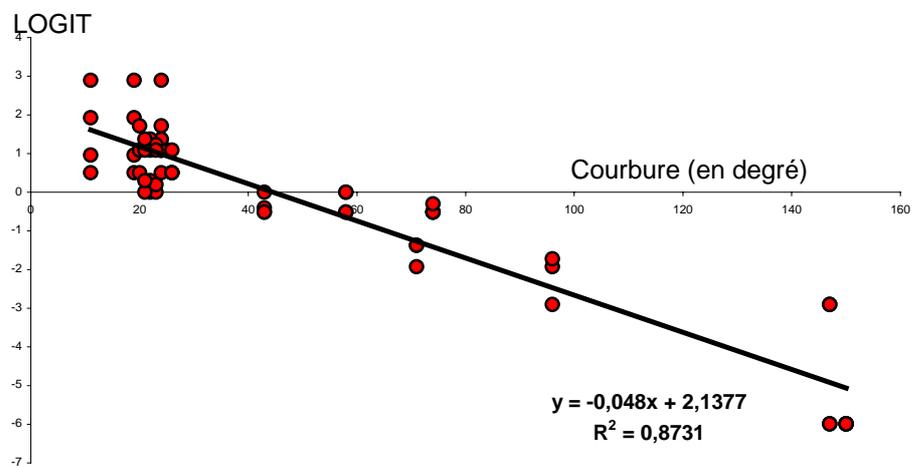


Figure 171 : Virages sur la N 71

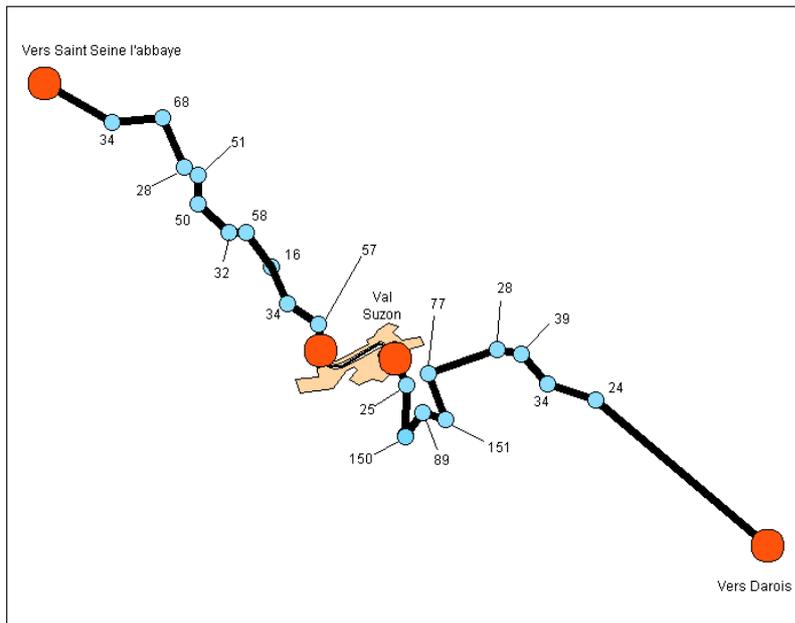


Figure 172 : Données de vitesse en fonction de la courbure

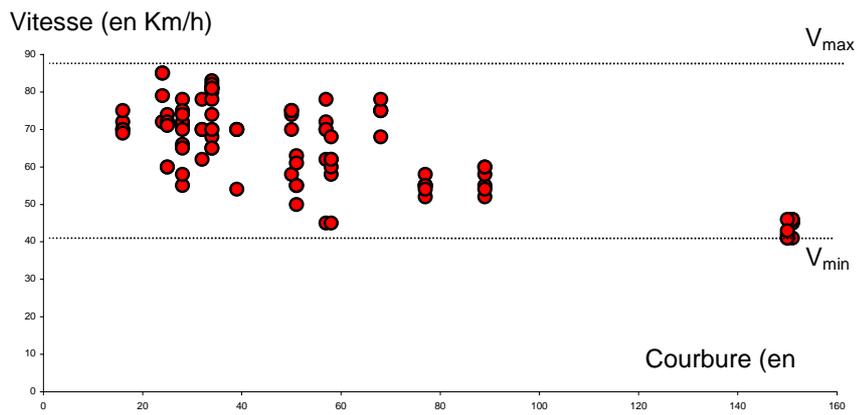


Figure 173 : Régression logistique de la vitesse par rapport à la courbure

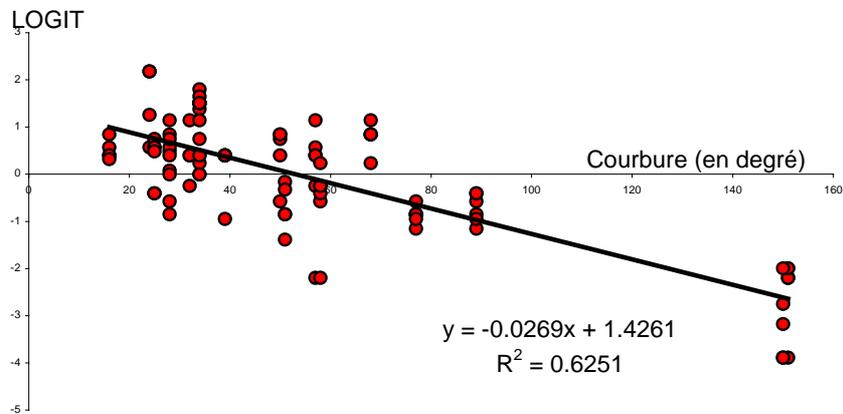
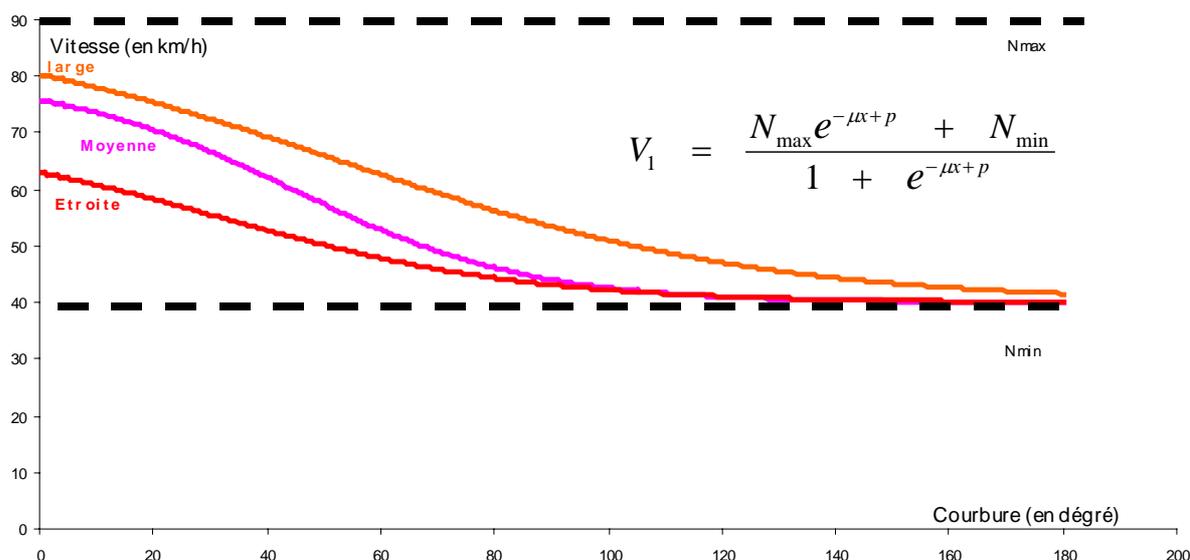


Figure 174 : Courbes dérivées des régressions pour les trois types de voies



Enault C. – THEMA Dijon

Il aurait été intéressant de procéder de la même manière pour le poids lourds, néanmoins nous n'avions pas de véhicule à disposition ni la possibilité d'en conduire. Nous avons donc supposé que le comportement des camions était identique à celui des voitures avec toutefois une pénalité pour les limites de vitesse. Ainsi nous avons soustrait 10 à tous les maxima et 5 aux minima. Ce qui nous donne les valeurs suivantes :

Figure 175 : Valeurs des limites de vitesse

$V_{\max\text{étroite}}$	60
$V_{\max\text{moyenne}}$	70
$V_{\max\text{large}}$	80
$V_{\min\text{étroite}}$	35
$V_{\min\text{moyenne}}$	35
$V_{\min\text{large}}$	35

Les coefficients α et β sont identiques à ceux des véhicules légers.

3.1.2) Les paramètres des deux derniers modules

Dans les deux modules suivants du calcul de vitesse, on doit évaluer cinq paramètres : la distance minimale intervéhiculaire (E_{IVO}), le coefficient de croissance de la distance de sécurité (λ), la longueur moyenne d'une voiture (L_{VL}), la longueur moyenne d'un camion (L_{PL}) et enfin le temps d'attente moyen à un feu (t_f).

L_{VL} et L_{PL} sont faciles à déterminer car la plupart des ouvrages spécialisés sur les transports et les livres de conduite donnent les valeurs suivantes : $L_{VL} \approx 4 \text{ m} = 0.004 \text{ km}$ et $L_{PL} \approx 0.012 \text{ km}$. En revanche les autres paramètres nécessitent une certaine réflexion.

Le dernier des paramètres à évaluer pour notre modèle est le temps moyen d'attente aux feux. Pour cela, nous avons effectué des relevés sur les boulevards péricentriques de Dijon en période de vacance le 7 août 2002 entre 15h25 et 16h16.

Nous avons pu observer de très fortes disparités des temps, principalement pour des raisons de trafic.

Il apparaît que sur l'ensemble des feux observés, la plus forte durée était de 72 secondes et la plus faible de 9. La moyenne, valeur que nous retiendrons est à 33.33 secondes (soit 0,0092 en heure), elle correspond également à un des deux modes et est donc assez représentative.

3.2) Les vitesses théoriques dans l'aire urbaine dijonnaise

Lorsque la totalité des paramètres est intégrée au modèle, on dispose alors d'une valeur finale de vitesse qu'il est possible de cartographier. Nous proposons d'analyser tout d'abord le résultat d'un calcul tiré au hasard.

Comme le troisième module évalue un nombre de feux aléatoire, cela contribue à faire varier assez sensiblement la vitesse résultante du tronçon. Lorsque l'on réalise un calcul pour l'ensemble des tronçon et que l'on réitère ce dernier, le résultat n'est pas exactement identique. Pour obtenir une image « moyenne » des vitesses, nous avons jugé nécessaire d'effectuer une suite de 50 calculs de vitesse. Nous avons alors pu déterminer pour cet échantillon la moyenne, le minimum, le maximum, l'étendue et l'écart type des vitesses pour chaque tronçon.

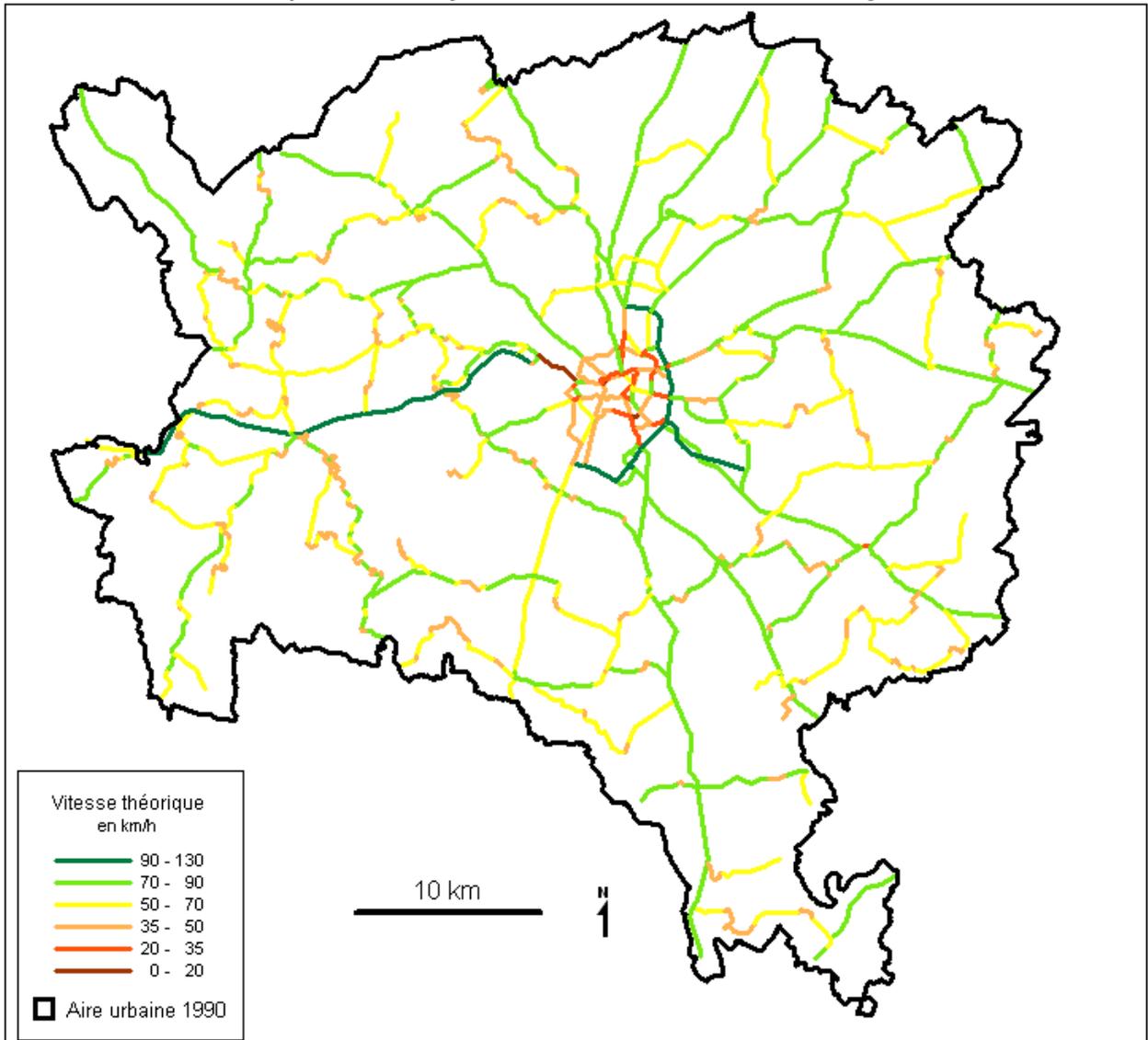
3.2.1) Analyse d'un résultat tiré aléatoirement

Les résultats cartographiques du modèle ne semblent pas particulièrement déroutants compte tenu des éléments intégrés. Il semble ainsi se dégager une logique de type centre-périphérie non-linéaire, déformée par l'opposition plaine/plateau.

- Au centre, les vitesses les plus faibles se trouvent comprises entre 0 et 35. A mesure que l'on s'éloigne des boulevards centraux, les vitesses s'accroissent de manière significative sans toutefois dépasser 40-50 km/h et ce, jusqu'à une distance moyenne de 3.5 à 4 km du centre ville.
- Au-delà, les vitesses augmentent pour se stabiliser en moyenne vers 60-70 km/h dans l'espace périurbain. Ainsi, c'est à partir de 6 km du centre ville que s'observent les vitesses les plus rapides où vont cependant alterner les axes lourds de transit aux vitesses proches de 90km/h, les traversées de villages et les petites routes plus rugueuses. La vitesse moyenne sur cette partie du réseau tend vers un maximum proche de 60-65 km/h, ce qui donne une certaine homogénéité des vitesses en milieu périurbain.

Figure 176 :

Vitesse théorique des tronçons routiers de l'aire urbaine dijonnaise



Enault C. – THEMA Dijon

Cependant, la distance au centre n'est pas seule à intervenir dans la vitesse : le relief a manifestement de fortes répercussions sur la structure du réseau, donc sur la vitesse.

*) à l'Ouest, l'alternance de plateaux et de vallées encaissées multiplie les virages, rend les routes plus tortueuses et moins roulantes et limite la vitesse à 40 km/h dans les « épingles à cheveux ». L'ensemble du réseau est affecté, qu'il s'agisse de départementales ou de nationales. Au Sud, l'itinéraire Pont-de-Pany/Nuits-Saint-Georges nous en donne un de plus beaux exemples : sur la D 35, 7 virages à 40 km/h accidentent le parcours. Au nord de la vallée de l'Ouche, la D 104 est elle aussi très sinueuse notamment à partir de Blaisy-Bas. Plus au Nord, la circulation sur les D 996 et N 71 subissent est ralentie comme dans le creux de Val Suzon (N 71) ou au-delà de Saussy (D 996). Seule l'A 38 permet une vitesse de 120-130 km/h.

*) à l'Est en revanche, sur des routes de plaine plus rectilignes, les vitesses varient généralement entre 50 et 90 km/h. Les ralentissements proviennent cependant de la traversée de villages et de villes comme Genlis où la vitesse décroît assez rapidement sur une petite portion à 20 km/h. Sur la partie méridionale de la N 74, de sérieux ralentissements proviennent de la limitation de vitesse à 50 km/h dans les traversées de villages ou, comme à Gevrey-Chambertin, de l'existence de feux. Observons également que les forts trafics ont un impact important sur la vitesse puisque les valeurs n'excèdent pas les 70 km/h y compris en rase campagne.

Dans la partie la plus au Nord, la vitesse moyenne se situe vers 90 km/h ou même 120-130 km/h sur la portion non payante de l'A 39.

Enfin, les entrées d'agglomération influent de manière décisive sur les vitesses : ainsi les entrées sud et nord-est sont manifestement des points noirs du réseau routier dijonnais. Sur la N 74, dans sa partie méridionale, de nombreux feux contribuent à diminuer considérablement les vitesses du faisceau : 7 feux ramènent à 35-50 km/h la vitesse sur les trois tronçons concernés, ce qui est peu même si l'on sait que le modèle ne prend pas en compte les feux en parallèles. Au Nord-Est, sur la D 70, 9 feux réduisent la vitesse à 28 km/h sur le tronçon du boulevard de Champagne et à proximité de la place de la République.

3.2.2) Les paramètres de distribution

Alors que le paragraphe précédent se place dans une perspective unique, celle d'une situation à une date, une heure donnée, les cartes suivantes sont au contraire une image de la circulation moyenne.

Nous avons ainsi, testé 50 fois de suite le modèle de calcul de vitesse. A partir de cette nouvelle base de données, il nous était possible de construire facilement quelques indicateurs statistiques élémentaires pour ensuite les cartographier.

Le premier et le plus simple est la moyenne.

De l'ensemble des indicateurs, elle est sans doute le plus intéressant et peut être envisagée comme le résultat final de notre étude sur les vitesses. Pour le calcul des temps d'accès « moyens », elle doit être utilisée. Ce sont les valeurs moyennes qui doivent être utilisées pour des analyses mettant en relation les transports avec le fonctionnement des villes et de leur périphérie. On sait bien que l'organisation de la ville, les échanges et la croissance sont avant tout le résultat d'un fonctionnement global, d'une tendance à long terme ne pouvant être envisagée par des mesures mais plutôt par des calculs.

En somme, la moyenne est ici le reflet de la situation actuelle dans l'aire urbaine et ne doit en aucun cas être considérée comme une cartographie des vitesses réellement pratiquées ou encore un instantané.

Nous pouvons commenter la figure 177 et en tirer des conclusions sur le fonctionnement global de la circulation actuelle dans l'aire urbaine dijonnaise.

La plus importante des remarques est sans doute la logique centre-périphérie des vitesses déjà mise en évidence dans la carte test. Ici, on retrouve le même type d'organisation mais bien plus marquée. On distingue parfaitement trois voire quatre couronnes, ce qui n'était pas possible auparavant.

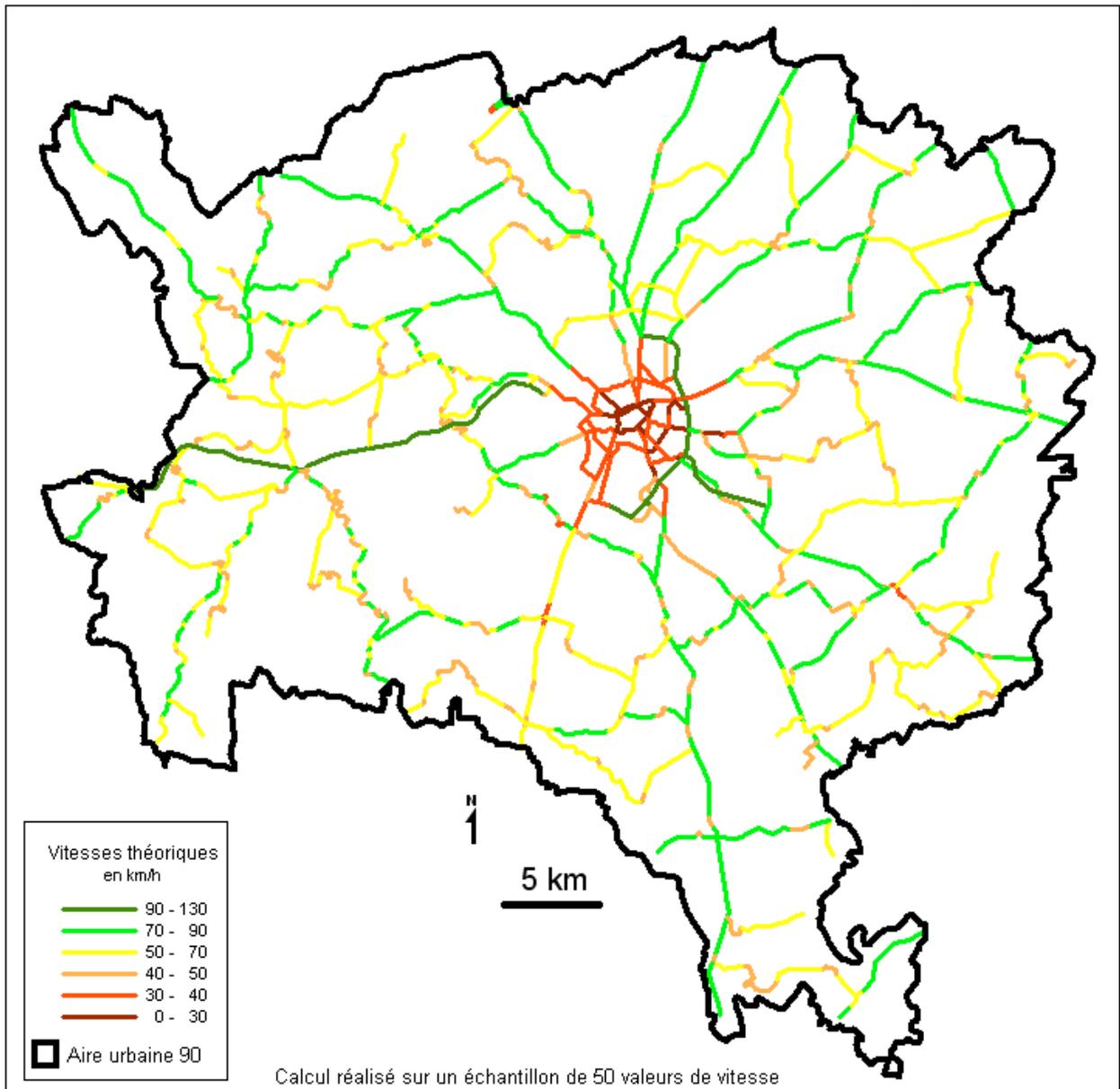
- 1) Les boulevards centraux disposent des vitesses les plus faibles (entre 20 et 35 km/h) et forment en quelque sorte le point noir de la circulation. Il conviendra toutefois d'opposer les faubourgs nord et sud qui n'ont semble-t-il pas le même type de fonctionnement. La rue Devosge et le boulevard de Brosses sont *a priori* les axes les plus rugueux car jonchés d'une impressionnante quantité de feux. A l'inverse, la partie sud est moins contrôlée donc plus roulante (les vitesses varient entre 35 et 50).
- 2) Lorsque l'on s'éloigne de cet hypercentre, on rentre dans un domaine relativement homogène où les vitesses varient entre 35 et 50. Les axes de la partie ouest sont peut-être légèrement plus rapides.
- 3) A une distance approximative de 4 km, ne subsistent que des radiales et la rocade, les vitesses sont ainsi alors comprises entre 50 et 110 voire 120 km/h.
- 4) Enfin, à partir de 5 km, on rentre dans le périurbain aux vitesses alternant entre 35 et 90. Deux remarques peuvent être dégagées :
 - Les grandes radiales de l'aire urbaine dijonnaise disposent des vitesses les plus importantes (comprises entre 50 et 90) et s'opposent aux routes départementales plus locales où la moyenne tombe généralement à 50 ou 60.
 - Localement, on constate d'importantes variations de vitesses dues à la traversée de villages.

La vitesse moyenne de cette couronne est donc fortement hétérogène même si la moyenne reste stable.

La figure 177 met également en lumière un élément que nous avons déjà évoqué : l'opposition plaine/plateau sur laquelle nous ne reviendrons pas.

Figure 177 :

Vitesses théoriques moyennes dans l'aire urbaine dijonnaise



Enault C. – THEMA Dijon

La figure 178 calcule les vitesses maximum dans l'hypothèse où un individu n'a pratiquement aucun feu rouge. Cette situation tend à annuler l'influence des feux de circulation.

La différence essentielle avec la carte précédente est l'absence ou la quasi-absence de logique centre-périphérie qui est alors remplacée par une suite de tronçons, où l'on pratique les plus fortes vitesses possibles, à savoir 50 km/h en ville en dehors de quelques zones de faibles vitesses comme vers la place Darcy.

Le reste de l'aire urbaine conserve les mêmes vitesses que pour la situation moyenne.

La figure 179 est peut être plus représentative car elle fait à nouveau apparaître un semblant de logique centre-périphérie tout en envisageant que l'automobiliste sera automatiquement bloqué par les feux rouges. Il s'agit de la situation inverse de la précédente où le rôle des feux est renforcé.

Une autre façon d'appréhender les variations de vitesse est d'envisager les paramètres de distribution, à savoir l'étendue et l'écart type de l'échantillon.

3.2.3) Les paramètres de dispersion

L'étendue des vitesses théoriques est intéressante dans la mesure où elle permet d'avoir une vision plus juste des variations de la vitesse, autrement dit des limites inférieures et supérieures que le modèle peut prendre.

Naturellement, seuls les tronçons munis de feux de circulation disposent d'étendues non nulles. En somme les variations de vitesse sont sensibles la plupart du temps au cœur de l'aire urbaine dijonnaise, dans le pôle urbain.

D'un point de vue global, il semble difficile de mettre en évidence une logique d'ensemble. Toutefois, nous pouvons remarquer que les anciens boulevards du XIX^{ième} siècle ont des étendues en moyenne plus importantes entre 18 et 25 km/h. De la même façon, on observe un secteur sud-ouest (pour simplifier Chenôve, les Bourroches et Marsannay) où là encore les étendues sont importantes pouvant varier de 18 à 25 km/h.

La partie est de la ville est plus diverse alternant de fortes à très fortes étendues (les plus fortes entre 25 et 47) avec des tronçons bien moins mobiles du point de vue des vitesses.

Enfin les plus faibles étendues s'observent sur les radiales : la N 74, partie sud, la N 5, partie ouest, la route d'Ahuy et la D 28. On peut ajouter à cela les N 71, D 70 et D 996 pour la seconde catégorie en partant de la plus faible (entre 12 et 18 km/h). Ces tronçons sont dans cette situation car ils ne disposent pas ou disposent de feux de circulation. En somme, la différence entre les vitesses est faible. La moyenne des vitesses est de ce fait assez proche du maximum et du minimum.

Figure 178 :

Maxima des vitesses théoriques dans l'aire urbaine dijonnaise

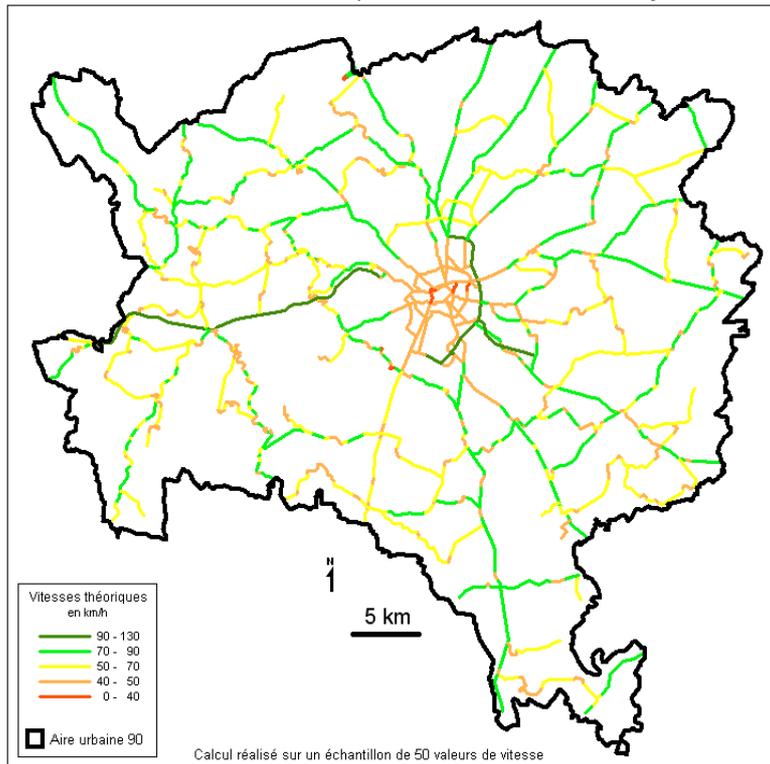


Figure 179 :

Minima des vitesses théoriques dans l'aire urbaine dijonnaise

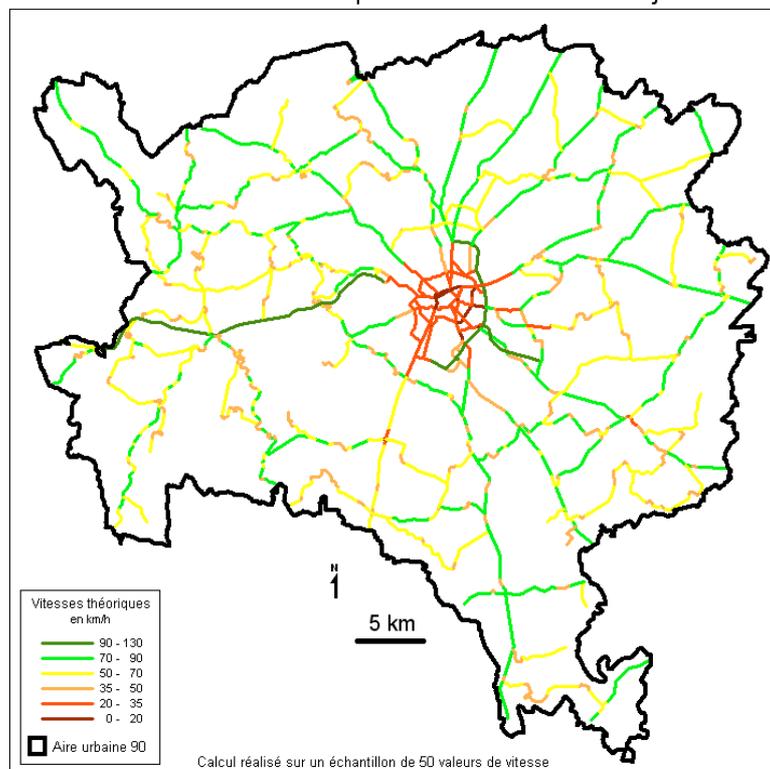


Figure 180 :

Etendue des vitesses théoriques dans l'aire urbaine dijonnaise

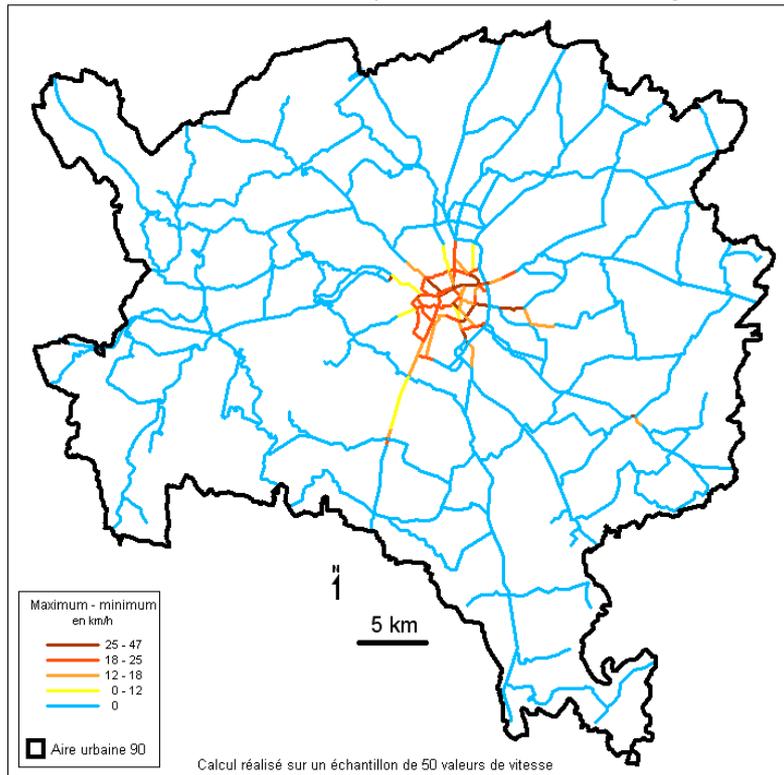
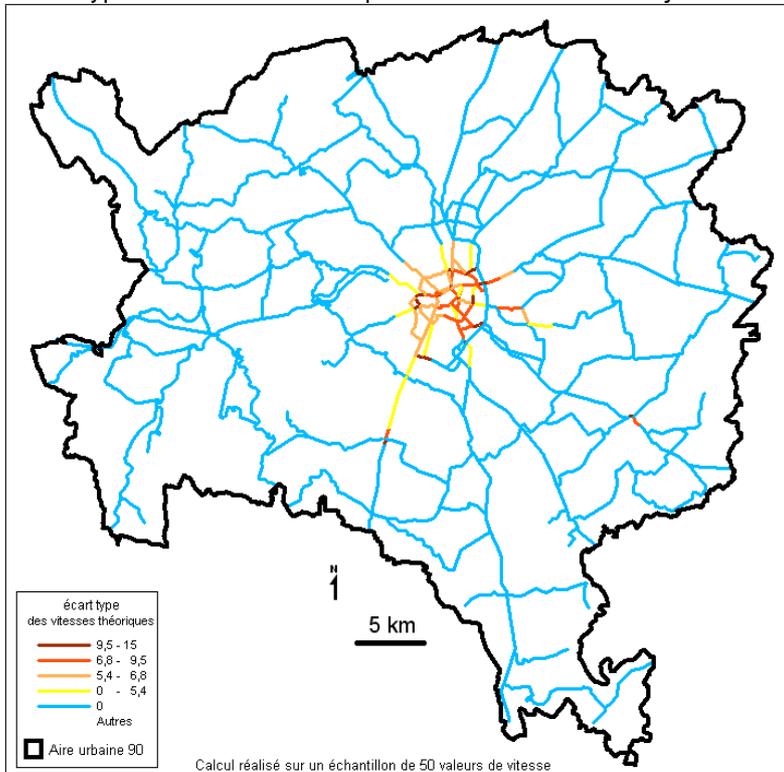


Figure 181 :

Ecart type des vitesses théoriques dans l'aire urbaine dijonnaise



Il est également possible de raisonner en terme d'écart type pour obtenir une image encore plus juste des variations de vitesses pour les 50 essais.

Le résultat semble plus intéressant que pour l'étendue car on peut assez nettement, cette fois-ci dégager une structure dans l'agglomération.

- les routes de la partie ouest paraissent les plus stables, c'est-à-dire que leur vitesse varie en moyenne assez peu même si les extremum sont manifestement éloignés.
- à l'inverse l'Est présente des écarts types plus importants, preuve que les vitesses peuvent varier fortement.
- les boulevards centraux ont des écarts types plus forts pour les infrastructures nord (boulevard de Brosses, Rue Devosge) que sud (rue Tivoli, Boulevard Carnot).
- enfin, les plus faibles écarts types, comme pour les étendues, se retrouvent sur les radiales : N 74 (sud), route d'Ahuy, D 28, N5 (ouest), rue de Corcelles et D 996. Ces routes ont ainsi des vitesses relativement stables.

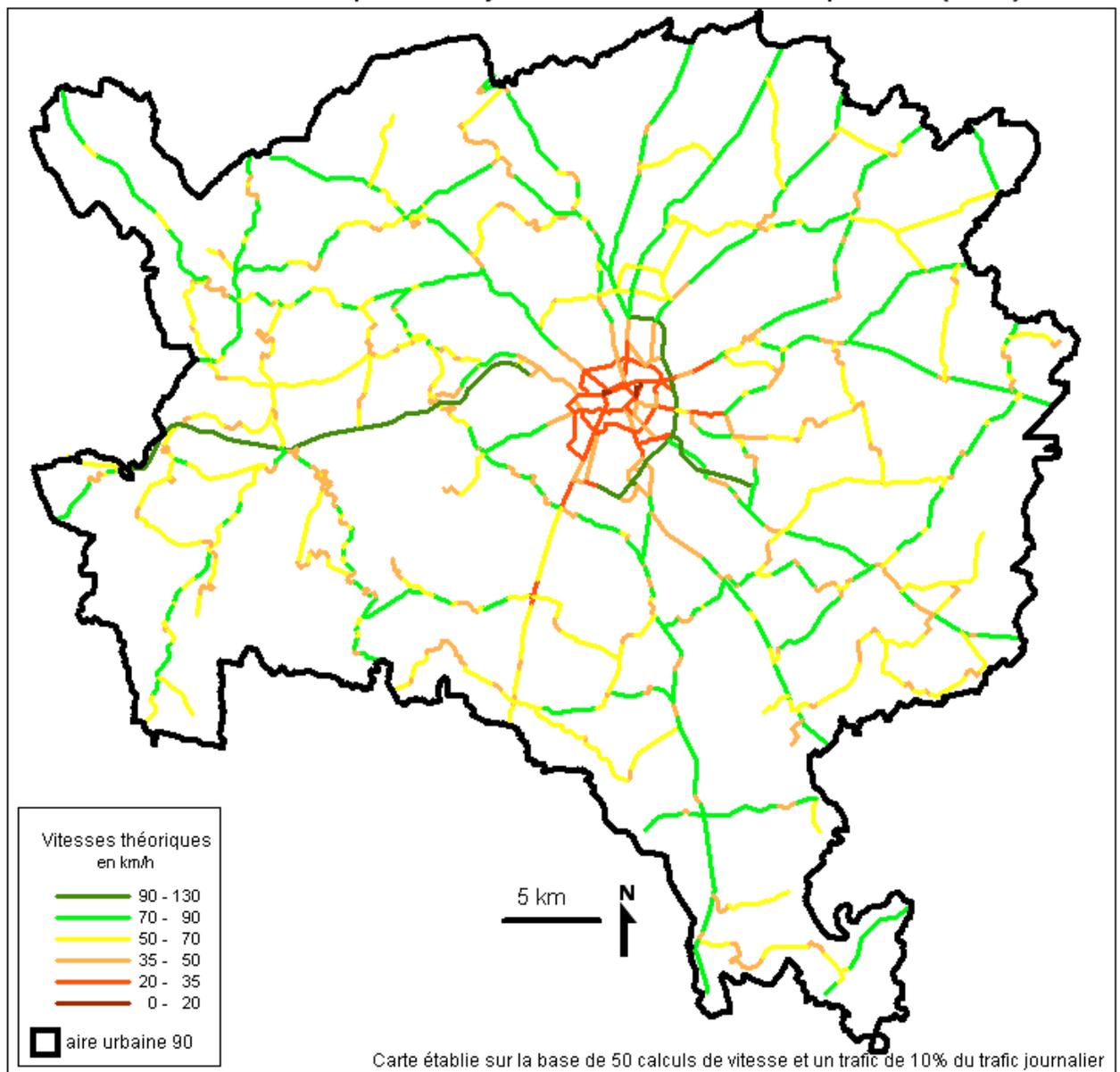
3.2.4) Analyse des vitesses en période de pointe

Les vitesses en heure de pointe mettent clairement en évidence une opposition entre les campagnes et la ville. La congestion de l'aire urbaine en période de pointe ne semble pas s'étendre au-delà du pôle urbain, à l'exception de la partie sud de la N 74, assez fortement engorgée. Sur le reste des routes, la circulation semble loin d'être perturbée par le trafic ou tout du moins n'atteint pas la limite de saturation.

Au centre de l'aire urbaine, en revanche, les vitesses décroissent de manière spectaculaire puisque la majorité des routes et des rues se trouvent dans la classe 20-35 alors qu'elles étaient auparavant dans la classe 35-50. Les plus touchées sont les boulevards péricentriques avec une diminution moyenne de 10 à 20 km/h. Les radiales subissent également une décroissance de la vitesse mais dans des proportions moindres. Quelques exemples sont toutefois assez édifiants comme le carrefour au Sud de Chenôve entre la N 74 et la rocade sud : les vitesses tombent aussi dans la classe 20-35 km/h sur des distances assez importantes. Nous pouvons faire le même type de remarque pour le boulevard de l'Europe entre Quetigny et Dijon et la D 70 à l'entrée de Saint-Apollinaire. En somme, ce sont les entrées d'agglomération qui semblent les plus touchées.

Figure 182 :

Vitesses théoriques moyennes en heure de pointe (18h)



3.3) Les temps d'accès théoriques dans l'aire urbaine dijonnaise

3.3.1) La carte des temps d'accès moyens

En suivant notre méthode, c'est-à-dire en calculant pour chaque commune, le plus court chemin pour se rendre au centre de Dijon (nous avons pris comme points d'arrivées les grandes places bordant le centre ville : Place de la République pour les itinéraires du nord, place du 30 octobre pour les itinéraires du nord est, place Wilson pour l'ensemble des itinéraires des faisceaux de la D968, D996 et A39-N5, place du 1^{er} Mai pour les itinéraires du sud, pont de la gare pour les itinéraires de l'A38 et enfin place Darcy pour les itinéraires de la N71 puis nous avons ajouté 2 à 3 minutes, temps nécessaire pour se rendre des places au centre), nous aboutissons à une carte en coloration continue (carte par isochrone).

Avant de poursuivre notre analyse rappelons bien les quatre hypothèses qui ont pu prévaloir pour la construction de cette carte.

- 1) Les calculs de temps d'accès reposent sur une moyenne des vitesses par tronçon (sur une série de 50 tests de vitesse). Ce modèle ne se propose pas de déterminer les temps d'accès en heure de pointe ni à une date précise de l'année mais une moyenne de l'accessibilité au centre.
- 2) L'itinéraire pour se rendre de la périphérie vers le centre est obligatoirement l'itinéraire le plus rapide.
- 3) L'itinéraire part toujours du centre des villages de l'aire urbaine.
- 4) Le centre de Dijon a été choisi devant la place de la Libération conformément à la première et à la seconde partie de notre propos.

Notons également que notre modèle présente quelques limites qu'il convient de souligner :

- 1) il ne tient pas compte des exceptions et des cas particuliers. Autrement dit, la vitesse n'est pas fonction de l'heure, de la date, de la saison ou même de l'année. Il s'agit d'une moyenne journalière
- 2) le choix d'itinéraire est également d'ordre économique où l'individu cherche avant tout à minimiser les coûts de déplacement en temps donc n'emprunte que les plus courts chemins (en temps) d'un point à un autre. Les effets de préférence de route sont ainsi plus ou moins évacués.
- 3) Enfin, le modèle s'appuie sur un calcul stochastique pour les feux en considérant qu'un feu est aléatoirement vert ou rouge. C'est pour cette raison que nous avons jugé utile de réaliser une cinquantaine d'essai de vitesse et de ne retenir que la moyenne, valeur qui nous semblait plus pertinente pour une étude sur le long terme.

L'analyse de la carte fait apparaître trois éléments fondamentaux :

- A) les temps d'accès forment assez logiquement des auréoles concentriques non circulaires. Elles se présentent comme des ellipses dont les axes semblent orientés Sud-Est/Nord-Ouest. Une première couronne met l'ensemble des sorties de la ville à moins de 10 minutes du centre, ce qui paraît tout à fait satisfaisant pour une agglomération de la taille de Dijon. Toutefois, les directions ne sont pas équivalentes et quelques axes paraissent plus accessibles que d'autres : ainsi, le secteur nord-ouest avec la N71 et la N5 (partie ouest) l'emportent légèrement en temps (il faut 10 minutes pour parcourir 8 à 9 km) sur les deux autres faisceaux D 70 (Nord-Est) et N

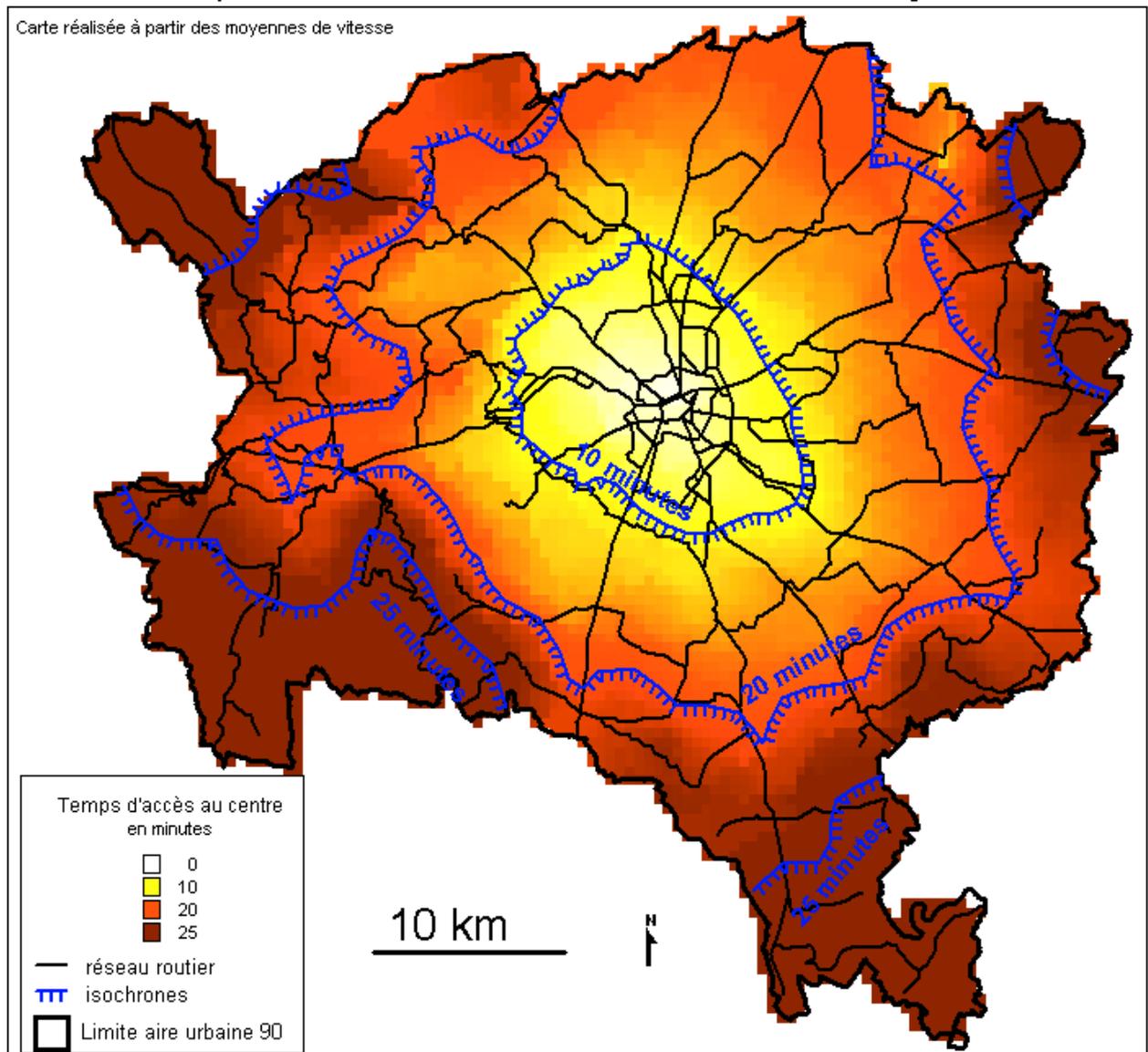
74 (Sud), il faut 10 minutes pour parcourir 4 à 5 km. En revanche la sortie sud-est est également bien accessible. Nous trouvons par conséquent bien deux étirements au Nord-Ouest et au Sud-Est.

La seconde isochrone est un signe de la nature de l'infrastructure en milieu périurbain : à savoir qu'une forte extension montrera que la voie est bien calibrée.

La troisième isochrone marque la limite des zones les plus accessibles du périurbain et ainsi fixe les bornes des domaines éloignés en distance-temps du centre.

Figure 183 :

Temps d'accès au centre de l'aire urbaine dijonnaise



Réalisation Chonovia MAPINFO

B) Nous retiendrons comme seconde remarque la très nette opposition est/ouest expliquée par la présence du plateau bourguignon.

La partie ouest est nettement plus enclavée avec des temps d'accès en moyenne plus importants. Près d'un 1/3 de la carte dispose de valeurs supérieures à 20 minutes. Deux secteurs sud-ouest et nord-ouest sont particulièrement enclavés avec des temps de plus de 25 minutes (haute vallée de l'Ouche, plateau et vallée de l'Oze). Citons particulièrement en exemple le cas de la D 35, véritable obstacle au déplacement avec ces nombreux virages. Le cas de la vallée de l'Oze est assez différent puisque l'on y a accès uniquement par les D 7, D 104 et D 16, routes qui ne sont pas particulièrement roulantes.

De l'autre côté de la Côte bourguignonne, se trouvent les communes de la plaine, bien plus accessibles disposant d'un plus grand nombre de radiales. Si, à l'Ouest, on va trouver la limite des 25 minutes à 12, 13 voire 14 km, il en est tout autrement pour l'Est où cette même limite est à 22, 23 km comme à Marandeuil ou Noiron sur Bèze. Notons à ce titre l'exceptionnelle éloignement de cette isochrone dans la partie sud où on va trouver les 25 minutes à 24.8 km du centre (Bonnecontre, Broin, Charrey-sur-Saône, Magny-les-Aubigny et Aubigny en plaine), la bonne fluidité des axes A 39, D 968 et D 996 explique cela.

L'ellipsoïde décrite est ainsi déportée vers le Sud-Est.

C) on perçoit une certaine déformation des isochrones aux voisinages des plus grandes infrastructures.

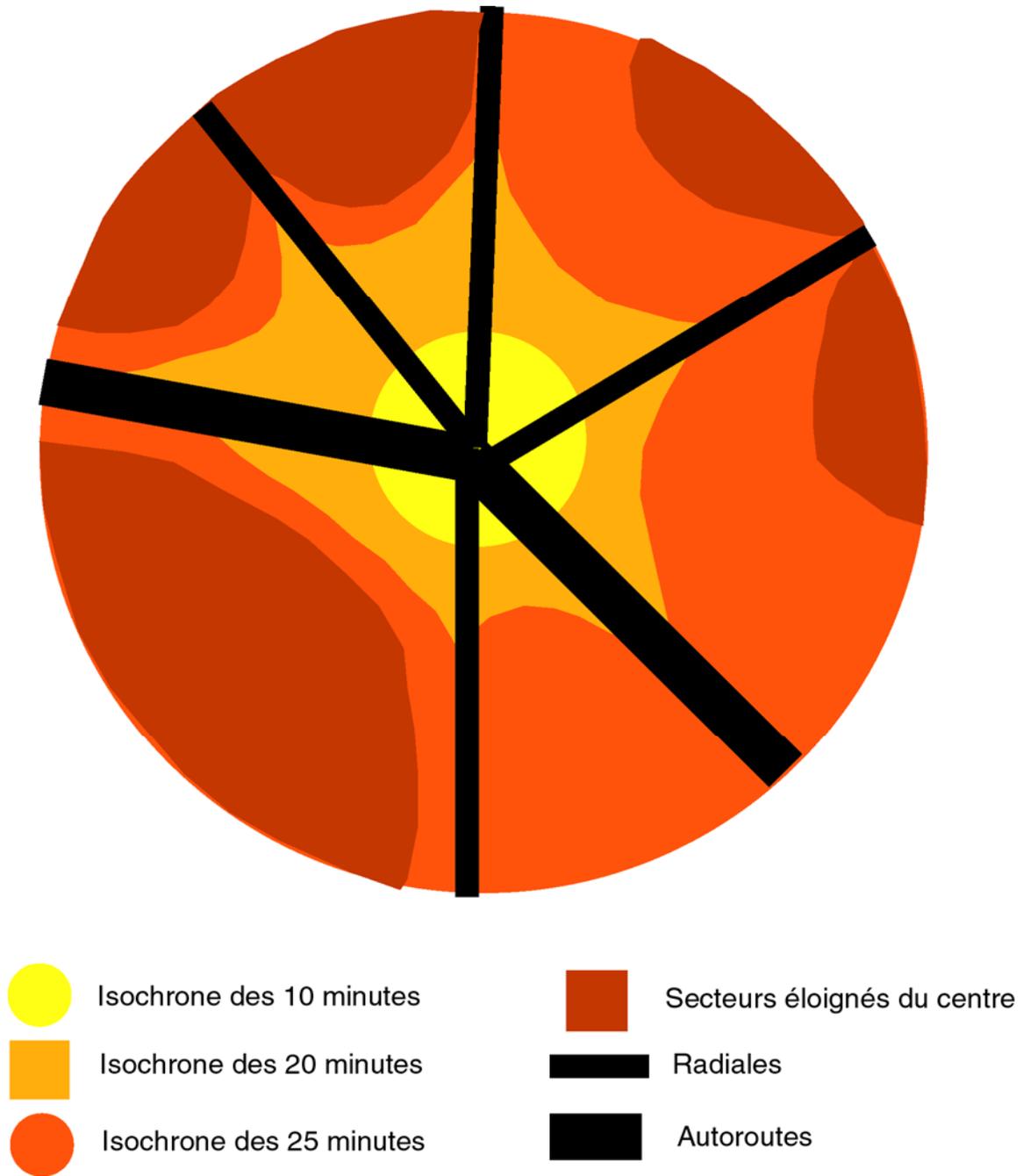
On observe tout d'abord un évasement à chaque route qui s'accroît avec les grandes infrastructures. On aboutit même à de véritables trouées dans les temps d'accès comme dans la partie ouest avec l'A 38, la partie sud-est avec l'A 39 et enfin la partie nord avec la N 74 et la D 903. La carte forme donc, au niveau de la seconde isochrone (20 minutes) une figure géométrique tri-directionnelle.

Nous pouvons simplifier la carte en réalisant un modèle graphique.

Au centre se trouve l'ellipse des 10 minutes orientée Sud-Est/Nord-Ouest puis, au-delà, se trouve la ligne des 20 minutes, tissant une toile étirée le long des infrastructures et principalement au Nord, au Sud-Est et à l'Ouest.

Enfin, le modèle est également divisé en deux sous-ensembles : une partie ouest, plus enclavée où on peut trouver des zones au Nord-Ouest et au Sud-Ouest à plus de 25 minutes du centre et une partie est, bien plus accessible avec des temps souvent inférieurs à la limite des 25 minutes.

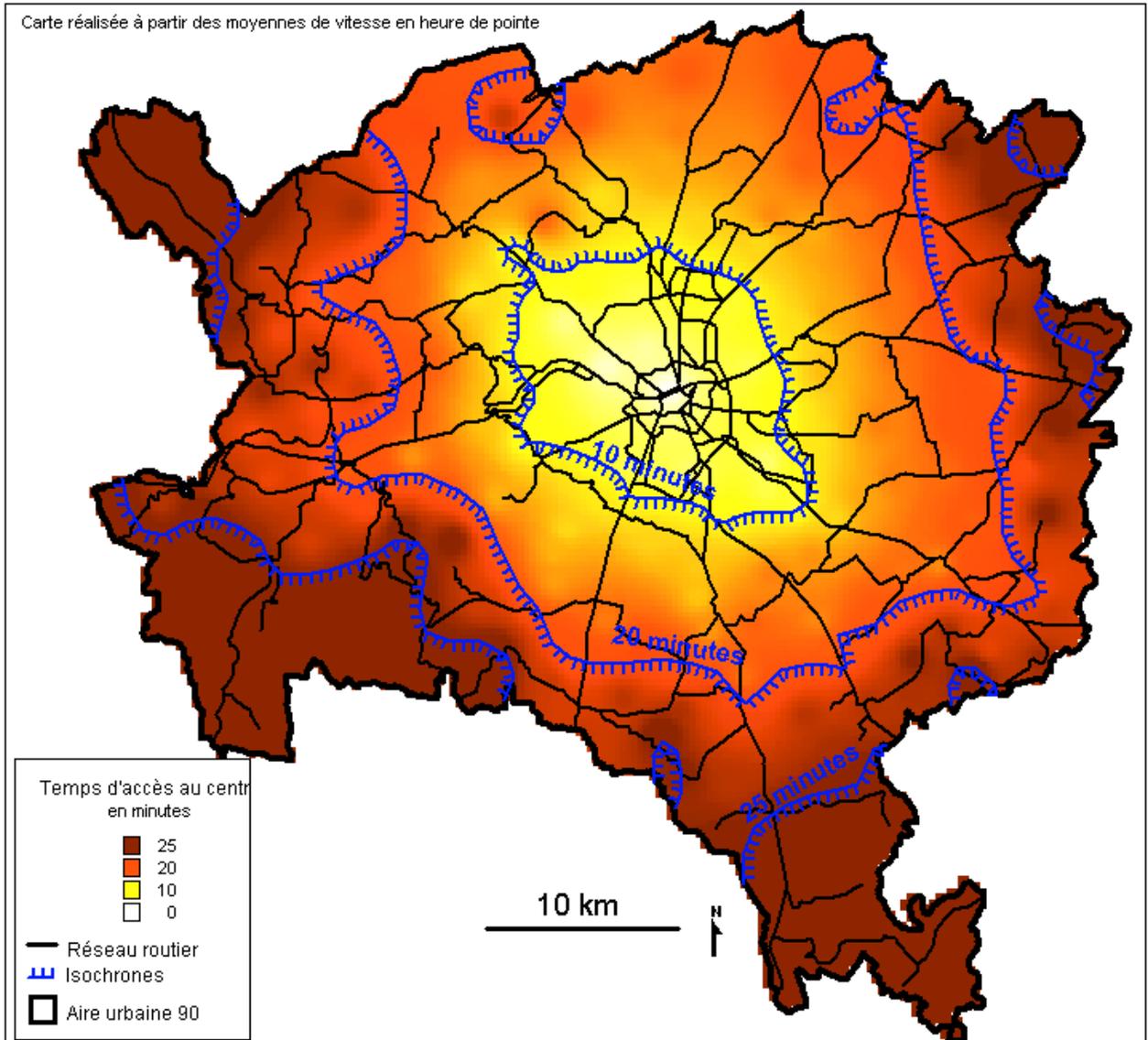
Figure 184 : Forme simplifiée des temps d'accès au centre



Enault C. – THEMA Dijon

Figure 185 :

Temps d'accès au centre de l'aire urbaine dijonnaise en heure de pointe



3.3.2) Les temps d'accès en période de pointe

Si cette carte ne présente pas un intérêt capital, elle a tout de même le mérite de montrer que les remarques faites à propos des moyennes se retrouvent sur des calculs de vitesse assez différents et ainsi qu'il semble exister des constantes en dépit des variations d'accessibilité.

Nous observerons que l'analyse thématique de la figure 185 est de même type que la précédente et donc que la totalité des remarques qui ont pu être faites restent valables mais avec un décalage de 1 à 2 km à partir du centre. En somme l'espace-temps est contracté de 1 à deux kilomètres. La limite des 25 km bouge relativement peu. *A contrario*, celle des 10 minutes change assez fondamentalement et surtout l'écart entre les 10 minutes et 20 minutes s'accroît. Autrement dit, la vitesse en milieu rural contribue paradoxalement plus à la variation des temps d'accès que celle du milieu urbain. Le cas de la N 74 est de ce point de vue assez remarquable puisque la vitesse, en période de pointe est systématiquement en-dessous de 70 alors qu'elle était proche de 80 voire 90 en période normale.

Des deux modes, raster ou vecteur, nous avons fait le choix du second qui semblait plus pertinent pour notre propos.

Cette décision nous a conduit à calculer les plus courts chemins à partir de graphes. La difficulté de l'entreprise n'a pas été le calcul des temps d'accès en eux-mêmes mais celui des vitesses.

Cette variable semblait *a priori* incalculable tant elle fluctue en fonction des automobilistes, de la circulation ou d'une voiture à une autre. Malgré tout, nous avons montré qu'il était possible de raisonner à certaines échelles. L'approche macroscopique semblait, au vue des données, la plus appropriée. Suivant cette idée, il nous a été possible de construire un modèle pour l'évaluation des vitesses faisant intervenir, courbure, nombre de voies, type de milieu, de véhicule, trafic et nombre de feux. Après avoir été calibré, le modèle a été injecté dans le graphe dans la perspective de calculs sur les temps d'accès.

Tout ce travail sur les temps d'accès ne présente qu'un intérêt limité pris séparément, néanmoins couplé à l'étalement urbain, il peut considérablement enrichir notre propos. C'est dans cet esprit que nous poursuivons : essayer de comprendre les mécanismes et les liens entre l'étalement urbain et l'accessibilité.

Chapitre 3 : Analyse des relations entre transport automobile et étalement urbain

Nous avons en introduction émis l'idée qu'il pouvait exister un lien entre transport et étalement urbain sans en avoir la certitude. Pour le mettre en évidence, il convient au préalable de bien comprendre la nature du phénomène d'étalement, ce que la seconde partie nous a permis de faire. Du point de vue des transports, notre second chapitre a apporté des éléments aussi bien théoriques que méthodologiques sur la question précise des vitesses et des temps d'accès.

Nous avons montré que la notion de vitesse était finalement la résultante d'un grand nombre de facteurs descriptifs de la voirie. Aussi, calculer une vitesse, c'est intégrer la plupart des éléments du réseau, allant des paramètres de l'infrastructure elle-même aux flux. On couvre ainsi une grande partie de la question des circulations.

Dans notre propos global, le transport automobile a donc été envisagé par le biais de la vitesse. Il reste à établir le lien avec l'étalement urbain.

Nous proposons dans ce chapitre de répondre à cette question générale : existe-t-il un lien entre étalement urbain et transport ? Si tel est le cas, de quelle nature est-il ?

Pour y répondre, nous déclinerons notre chapitre en deux sous-parties :

- un premier, qualitatif, sera un état des lieux bibliographique sur la question des relations entre étalement urbain et transport
- un second, plus quantitatif, se décomposera en trois points :
 - une mise en place d'une modélisation mathématique pour les vitesses et les temps d'accès
 - une étude des liens mathématiques unissant la vitesse à l'étalement urbain
 - et enfin une analyse des liens entre l'étalement urbain (via le modèle de BUSSIERE) et les temps d'accès

1) Analyse qualitative de la relation transport automobile/étalement urbain

1.1) Transport et formes urbaines

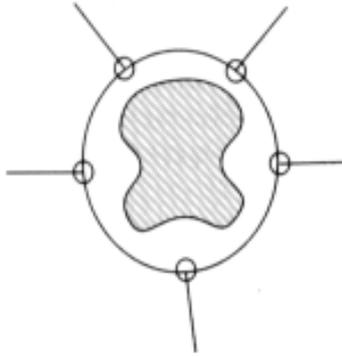
Si de nombreux auteurs se sont intéressés soit aux transports en général soit à la morphologie urbaine, peu ont étudié les liens entre les deux éléments. M.WIEL²³ (1999) est de ceux là. Il raisonne sur la forme des villes en prenant comme hypothèse que les transports jouent un rôle fondamental dans la dynamique de l'urbain. Il distingue ainsi cinq ou six types d'agglomérations dépendantes du fonctionnement des réseaux de transport. Les réseaux de transport semblent selon l'auteur organiser la structure des commerces et du tissu économique, une forme de réseau routier conduisant à un développement urbain spécifique. Le premier type de ville se fonde sur une rocade circulaire construite très tôt et ainsi touchant de près les limites de la ville (c'est le cas de Rennes ou Bordeaux). Les commerces et les industries se développent alors autour des principaux échangeurs. Dans le second type, les rocades circulaires existent mais ont été relativement tardives et construites plus loin du centre. Les commerces et les industries se développent ainsi assez loin de la ville. Le troisième type fait intervenir le relief ou d'autres contraintes de site comme un bord de mer. Les industries ou les commerces se développent soit à la sortie de la ville, à la jonction entre le circulaire et la principale pénétrante pour la ville maritime ou d'une façon plus désordonnée dans le fond de la vallée (cas de Grenoble). Un quatrième cas, assez particulier, est celui de la ville fluviale coupée en deux par le cours d'eau. Les pôles de développement se situent aux deux principales sorties de l'agglomération. Une autre forme de croissance est celle de la ville tangentielle à une route. Ce cas se produit généralement pour les villes adossées à une rivière ou à un relief (cas de Strasbourg ou Nîmes). Enfin une dernière possibilité est celle de la ville multipolaire se développant à la faveur d'une route qui serpente entre les différents centres villes. Les pôles d'activités se positionnent aux principaux croisements. Ce cas est celui des villes minières du nord de la France. Ce rapide aperçu nous donne déjà quelques indices sur les relations entre transport et morphologie urbaine. Malgré tout, nous n'avons pas ou peu de renseignements sur l'extension de la ville elle-même puisque la précédente typologie ne considère que la croissance de pôles d'activité. Du point de vue de l'étalement urbain, l'ouvrage de G.BAUER et J.M.ROUX²⁴ (1976) bien que déjà ancien semble bien plus adapté. Les auteurs vont alors distinguer quatre formes de ville en fonction de la nature des circulations et de la structure du réseau. La première, jusqu'au début du XIX^{ième} siècle voit le développement de la ville et des activités qui lui sont associées à la jointure des différentes routes. Ce processus est dit d'agglutination. La taille de la ville est alors limitée par le temps maximum pour se rendre d'un bout à l'autre de la ville à pied. Plus la ville approche de la limite temporelle, plus elle se densifie et les constructions se font en hauteur. Cette ville est qualifiée d'archaïque. Une seconde forme date du milieu du XIX^{ième} siècle et voit l'émergence du chemin de fer. Les nouvelles constructions se font en périphérie, hors du centre. Chaque gare devient un pôle de développement mais l'éloignement entre les arrêts fait que le tissu urbain reste discontinu. Ce processus est identifié comme essaimage.

²³ *La transition urbaine ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*. Coll. Recherches et architecture Ed. Mardaga 1999

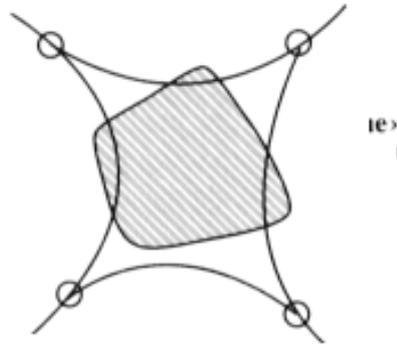
²⁴ *La urbanisation ou la ville éparpillée* ed. du Seuil 1976

Figure 186 : Structure routière et modèle de développement économique

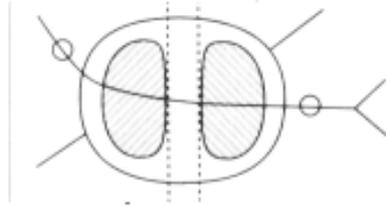
Disposition en rocade



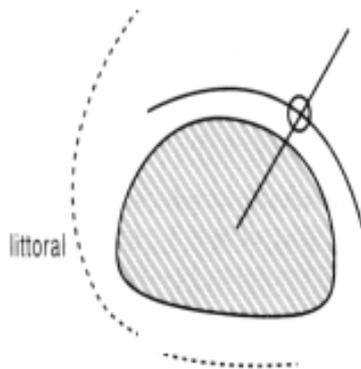
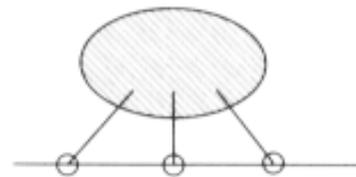
Disposition par «grand secteur périphérique»



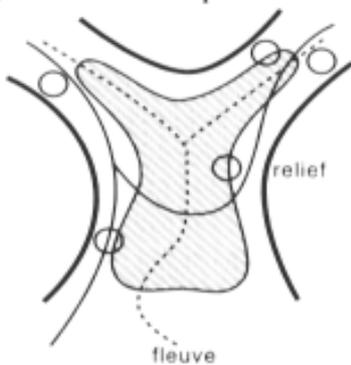
Cas d'une influence du site engendrant la limitation des pôles



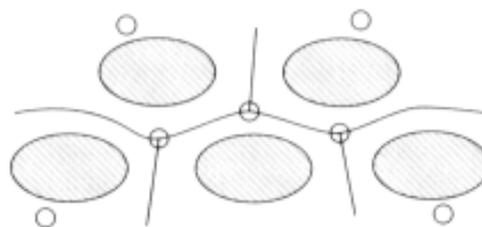
Cas d'une influence du site engendrant leur regroupement suivant une disposition «tangentielle» à l'agglomération



Cas d'une influence du site engendrant la multiplication des pôles

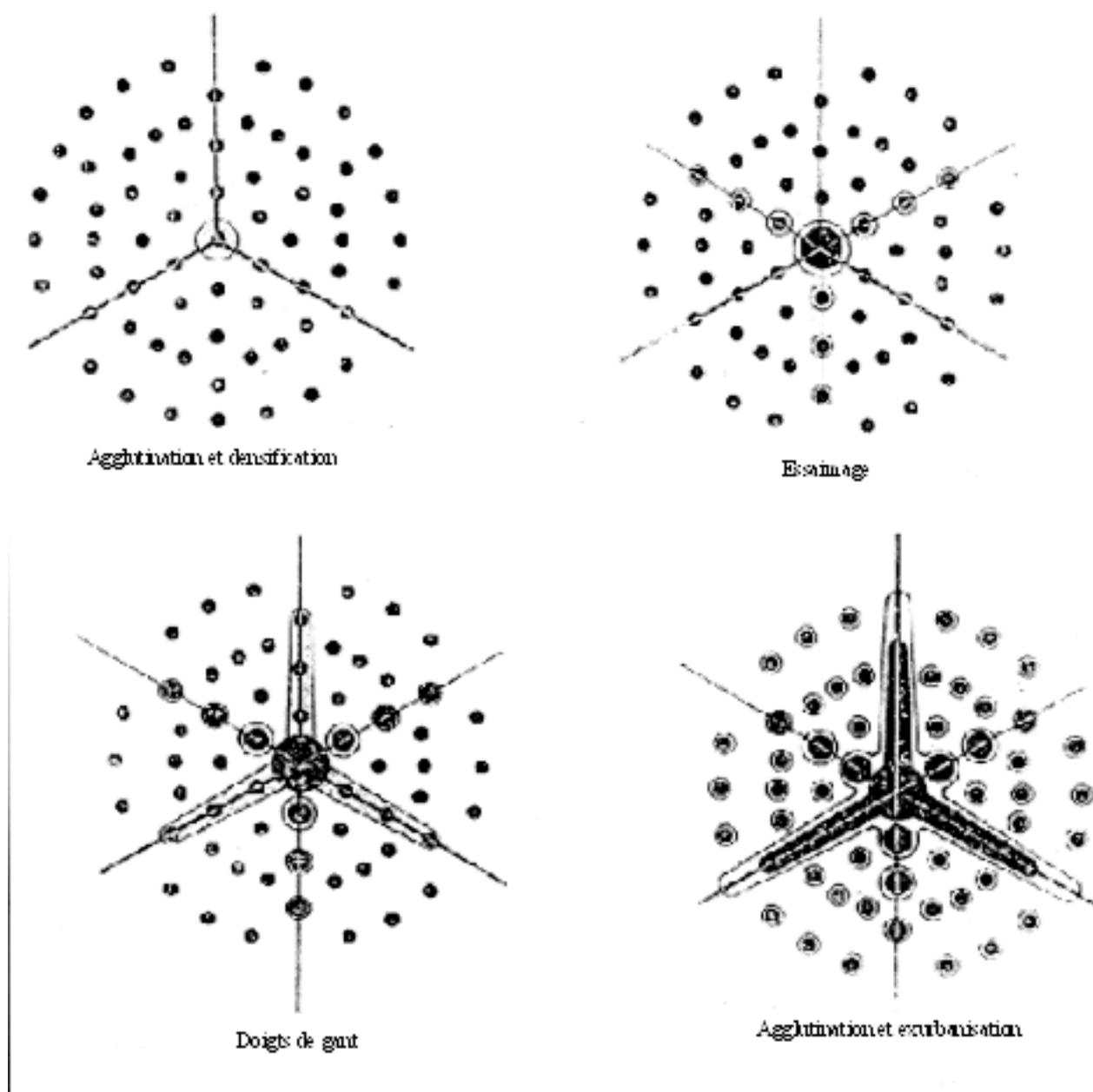


Disposition multipolaire



Source : M.WIEL La transition urbaine ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée (1999)

Figure 187 : Les quatre phases de croissance des agglomérations



La rurbanisation ou la ville éparpillée G.BAUER, J.M.ROUX ed. du Seuil 1976

Une troisième forme dérive des nouveaux modes de transport mis en place à la fin du XIX^{ième} siècle et au début du XX^{ième} siècle Les effets des bus et des tramway viennent s'ajouter aux précédentes évolutions. Contrairement au train, les arrêts sont peu éloignés les uns des autres, ce qui produit une croissance urbaine en continu, en doigt de gant.

Enfin la dernière période (à partir de 1950) voit l'arrivée de l'automobile, un moyen de transport accessible à tous qui permet de se rendre en n'importe quel lieu en ville ou à la campagne. L'effet est donc double :

- 1) l'individu peut aller plus loin et plus vite, ce qui a pour conséquence de rendre accessible des espaces qui ne l'étaient pas

- 2) il n'y a plus de contrainte d'arrêt, ce qui a pour conséquence de rendre accessible la totalité de l'espace rural environnant, la forme la plus adaptée est la périurbanisation (appelée encore rurbanisation par BAUER et ROUX). Parallèlement, le noyau progresse en taille et les doigts de gant s'allongent.

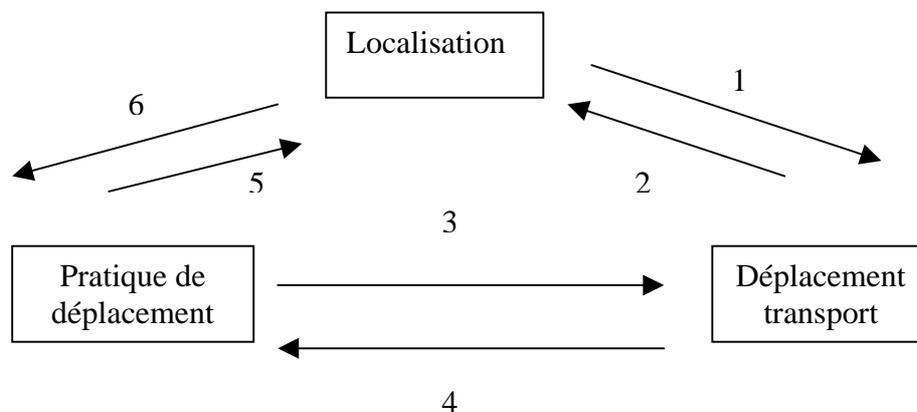
Ces schémas théoriques ont le mérite de nous montrer combien la ville et son développement sont liés à la forme du réseau et à son fonctionnement . Toute la question n'est pas d'identifier le lien, maintenant avéré, mais plutôt d'examiner la nature de ce dernier.

1.2) Les interactions entre transport et localisation urbaine

Comment doit-on les définir ? Est-ce une simple causalité, une causalité circulaire ou encore une ou plusieurs boucles de rétroaction ? Pour répondre à cette question, nous nous référerons à la thèse de S.MASSON²⁵ (2000) qui met en exergue assez nettement les liens entre transport et localisation des individus. Elle envisage l'urbain comme un système composé de trois sous-systèmes intégrant la dimension localisation, les transports et les aspects sociaux des déplacements.

Le système ville peut être représenté sous la forme d'un triptyque où chaque sous système est relié à son voisin par une boucle de rétroaction.

Figure 188 : Mobilité et système urbain



Décrivons sommairement les différentes relations .

La première flèche (1) met en évidence une causalité entre localisation et transport : ce qui peut être explicité comme suit : la forme de la ville influe sur l'organisation des transports autrement dit sur le réseau routier et les flux. La seconde relation (2) est l'inverse de la précédente et signifie que la forme de la ville est influencée par la nature du réseau et le nombre de véhicules. Autrement dit, le niveau d'accessibilité conditionne la forme de la ville. La troisième relation (3) exprime le fait que la répartition modale ou le type de transport influe sur le réseau et la circulation.

²⁵ *Les interactions entre système de transport et système de localisation en milieu urbain et leur modélisation*, Thèse de doctorat sous la direction de A.BONNAFOUS 2000

A l'inverse la relation (4) met en valeur le fait que les trafics ou le réseau privilégient un type de transport en particulier. La relation (5) montre que l'usage de la voiture détermine en partie la forme de la ville, à savoir une organisation périurbaine. En retour, la relation (6) indique que certains types d'organisation urbaine favorisent ou non la voiture.

Dans la suite de notre propos, nous ne nous intéresserons qu'aux relations (1) et (2), ce qui suppose une réflexion de nature univoque entre transport et localisation. Autrement dit, la forme de la ville influe sur les transports ou les déplacements et les déplacements agissent sur la forme de la ville. Il s'agit d'analyser un lien de type causalité circulaire.

Comment analyser ce lien ? S.MASSON répond à la question en observant que l'on peut définir deux types de causalité. Dans un premier cas, on envisage que A entraîne B, ce qui signifie que si A est connu, on peut déterminer B, on parle de causalité prédictive ou bien dans un deuxième cas, on peut prévoir B à partir de A mais en plus on connaît la nature exacte du lien. On parle de causalité GSR (Generalized Stimulus Reponse). Envisageons trois événements A, B et C. On suppose qu'il existe un lien de nature GSR entre A et entre B et C et qu'entre A et C, il n'existe qu'un lien prédictif. Si on examine C à partir de A, on dira que A cause C, ce qui est inexact, lorsque B est connu.

C'est donc bien dans cette démarche qu'il convient de se placer : essayer d'évaluer les liens les plus intéressants possibles, à savoir de type GSR.

Dans la suite de notre analyse, notre but va être ainsi de déterminer l'ensemble des liens unissant les transports et les deux termes, ce qui n'est pas aussi simple qu'il y paraît ; nous rechercherons le plus grand nombre de causalités intermédiaires.

1.3) Le couple étalement urbain-vitesse

La relation ou le lien semblent évidents et nombreux sont les auteurs qui ont pu la décrire. Souvent, si les effets structurants sont assez peu mis en évidence, on a pu tout de même relier deux des éléments inhérents au transport et à la croissance des villes. Plus couramment, on constate que le développement urbain est assez significativement relié aux vitesses. Sur ce thème, nous pouvons nous référer aux travaux de M.WIEL(1999). L'auteur démontre et explique que la forme et la taille des villes paraissent largement dépendantes de la vitesse pratiquée pour se rendre au centre : « à une taille donnée de la ville, l'équilibre du système urbain associe constamment densité et vitesse ». Pour une densification, il semble nécessaire que la vitesse soit minimale ou faible, à l'inverse, une augmentation des vitesses entraîne selon l'auteur mécaniquement une diminution de la densité. En somme « Permettre une vitesse nettement supérieure à cette vitesse minimale effondrera la densité par l'éparpillement [...] décider d'un niveau de vitesse *a priori* revient dans notre configuration institutionnelle à décider de la forme du développement urbain [...] La vitesse autorisée sur les infrastructures tend à faire éclater la ville et à provoquer leur saturation naturelle du fait de l'allongement des trajets induits par cet éclatement. L'objectif de vitesse variera avec la taille de la ville et son développement».

Dans un autre ouvrage, WIEL²⁶ (2002) observe que « densité résidentielle et vitesse forment un couple étroitement dépendant ou l'un croît quand l'autre décroît et inversement ». Pour l'aménagement, « la maîtrise de la vitesse est directement ou indirectement le vrai moyen de modérer les déséquilibres urbains [...] et d'éviter la généralisation de la dépendance automobile. »

Au-delà d'une observation mécaniste des liens, F.BEAUCIRE²⁷ (2002) montre qu'à un niveau de vitesse correspond une forme de croissance urbaine liée à la structure des réseaux et à l'utilisation de mode de transport spécifique. Dans un premier temps, l'auteur remarque qu'il existe « une mécanique de la croissance spatiale appuyée sur l'élévation généralisée de la vitesse ».

Au XIX^{ième} siècle, la transition démographique impose une transition de l'urbain et donc une mutation de la ville : les vitesses croissent, ce qui induit une extension des zones urbanisées. 100 ans plus tard, une nouvelle élévation des vitesses dans toutes les directions entraîne une fragmentation périurbaine car l'offre de terrains accessibles en un minimum de temps est largement supérieure à la demande. Les possibilités d'occupation du sol sont nettement excédentaires. Cette nouvelle expansion représente aujourd'hui près d'un tiers des urbains mais surtout la plus grande partie des distances. Nous nous situons donc dans une seconde révolution des transports où la vitesse augmente tant qu'elle est 6 à 10 fois plus importante qu'elle ne l'était au XIX^{ième} siècle.

Il est ainsi possible de définir trois types de villes :

- la ville pédestre
- la ville motorisée où règne le transport collectif
- et enfin la ville motorisée où l'on circule en voiture.

La ville pédestre associe les cinq éléments suivants : circulation à pied (transport de type individuel), un réseau routier fortement capillaire, une morphologie compacte, des densités élevées et une pression foncière forte. Les vitesses n'excèdent alors pas les 2 à 4 km/h.

La ville motorisée à transport collectif se caractérise par l'utilisation de tramway ou du train. La mobilité est évidemment collective, le réseau sous forme de lignes et de nœuds, la morphologie urbaine de type compact pour des densités élevées à moyenne et un niveau de pression foncière fortes à moyennes. Les vitesses n'y dépassent guère les 10 à 15 km/h.

La ville motorisée automobile repose sur une mobilité de type individuel, avec un réseau capillaire, une morphologie fragmentée, de faibles densités et également une faible pression foncière. Les vitesses atteignent les 20 à 25 km/h.

Nous pouvons conclure ce paragraphe en soulignant à nouveau l'importance de la relation entre transport et croissance urbaine et principalement entre les vitesses et les densités. Une forte vitesse est ainsi responsable d'une extension de la ville, d'une manière continue ou discontinue, et au contraire une faible vitesse est l'essence même de la ville compacte. La relation est alors de nature univoque associant les vitesses à la densité ou à l'extension du bâti.

²⁶ *Ville et automobile* ed. Descartes & Cie Coll. les Urbanités

²⁷ PREDIT Avis d'experts sur les ruptures technologiques sociales ou institutionnelles envisageables à l'horizon 2010, 2002

L'idée de M.WIEL sur l'évolution en trois stades de la ville correspond assez sensiblement aux trois scénarios de A.BIEBER, M.H.MASSOT et J.P.ORFEUIL²⁸ (1993) : modèles Californien, Rhéna et Saint Simonien.

Le modèle où le coût des déplacements et des nuisances est le moins élevé est le modèle Rhéna. Les préoccupations écologistes, importantes, construisent une ville dense où les vitesses sont plus faibles en même temps que les distances parcourues.

Le modèle Saint Simonien est marqué par une congestion qui limite l'extension de l'agglomération. Les vitesses restent toutefois constantes. Les distances parcourues sont en très légère augmentation.

Le troisième modèle (californien), le plus coûteux d'un point de vue énergétique, entraîne un accroissement spectaculaire des limites de la ville, les vitesses sont en augmentation et se double d'un accroissement des distances.

P.W.NEWMAN et J.R.KENWORTHY²⁹ (1992) nous donnent un aperçu du lien entre forme urbaine et vitesse. Les grandes villes américaines et australiennes se caractérisent par de faibles densités avec les vitesses les plus importantes (44 km/h). A un niveau intermédiaire, se trouvent les villes européennes moyennement étendues, avec des densités elles aussi moyennes et des vitesses approchant les 30 km/h. Enfin à l'autre extrémité, on observe les villes asiatiques particulièrement tassées, avec de très faibles vitesses (24 km/h).

Il existe donc bien une relation inverse entre la vitesse et les densités : une forte densité s'explique par de faibles vitesses. Nous proposons dans la suite de notre étude de démontrer cette relation à partir du cas dijonnais.

Prenons comme point de départ qu'une des expressions du fonctionnement des infrastructures est la vitesse. A l'autre bout, nous envisagerons que l'étalement urbain ou les formes de la ville se mesurent par le biais des densités de population. Analyser les liens entre l'étalement urbain et les transports revient à s'intéresser au couple densité-vitesse.

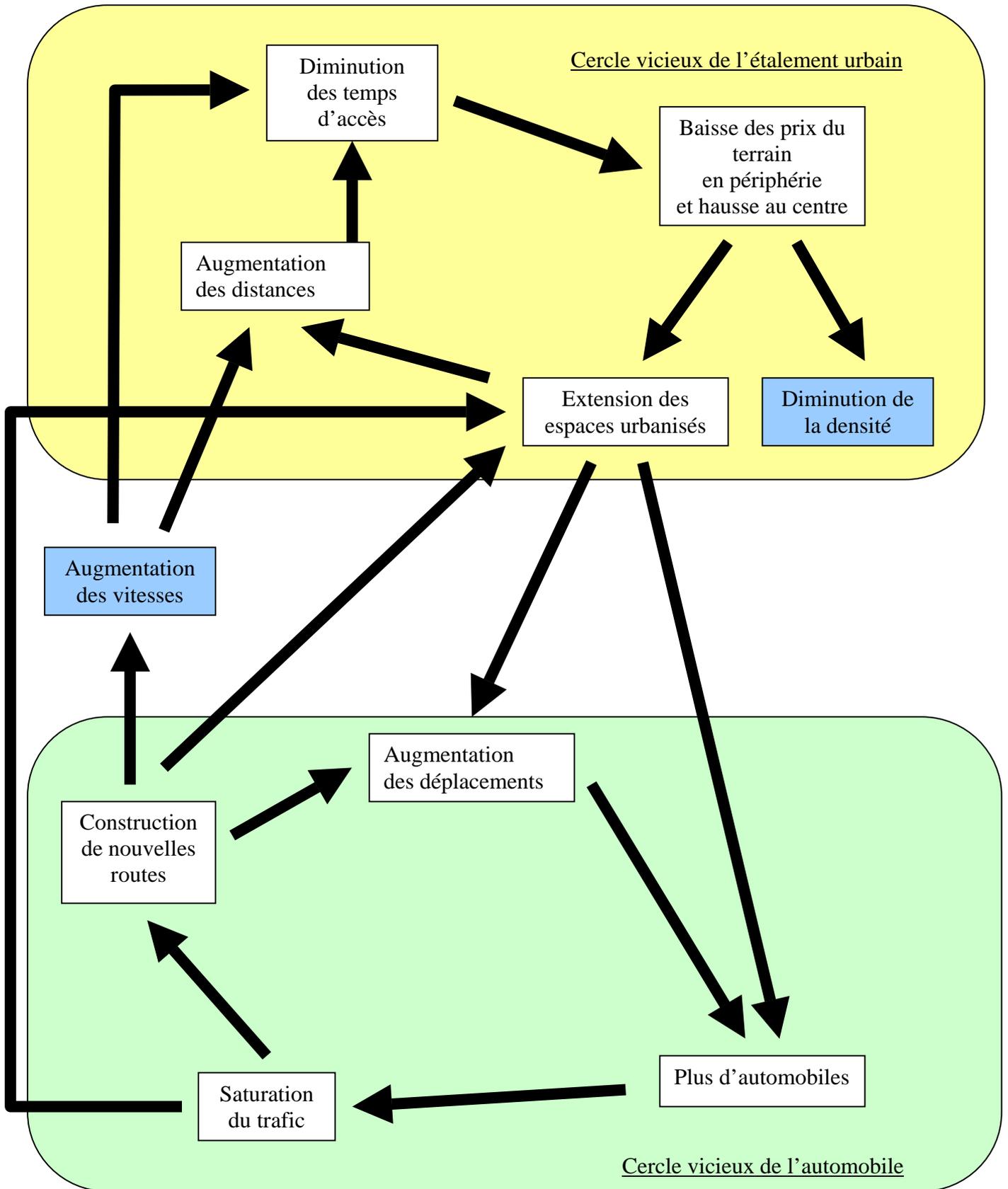
Nous décomposerons notre couple en deux sous systèmes.

Notre premier sous-système tourne autour de la notion de densité et le second des circulations. Nous pouvons établir alors le schéma suivant :

²⁸ *Questions vives pour une prospective de la mobilité quotidienne*, Synthèse INRETS n°19, 1993

²⁹ "Transport and urban form in thirty-two of the world's principal cities", *Transport Reviews* Vol. 11, n°3, p. 249-272

Figure 189 : Le couple étalement urbain- vitesse



Enault C. – THEMA Dijon

Partons de la vitesse. Il existe une relation stricte liant vitesse et temps d'accès ($V=D/T$), Le temps est ainsi directement dépendant de la vitesse, une augmentation de cette dernière, indépendamment de la distance, entraînant une diminution des temps.

Ceux-ci peuvent être interprétés comme des coûts et sont ainsi reliés à la rente des terrains par la relation du budget contraint d'ALONSO ($R=(Y-T-z)/s$). Si le temps décroît, le coût décroît également et ainsi la rente augmente en périphérie et diminue au centre (Cf ALONSO). Dans ces conditions la densité moyenne va baisser et l'aire urbanisée va progresser en même temps que les distances. Si ces dernières s'accroissent, alors les temps vont dériver d'un double mouvement de baisse des vitesses et de croissance de la distance. On pourra observer au bout du compte une certaine stabilité des temps. Ce phénomène est plus connu sous le vocable « conjecture de ZAHAVI »(voir BIEBER, ORFEUIL et MASSOT 1993). On parlera également de la constance des budgets-temps, ce qui signifie en clair que le temps consacré aux déplacements durant une journée reste constant quelle que soit la date ou l'année. Cette loi permet alors de répondre à deux questions essentielles :

- 1) comment l'urbanisation transforme t-elle la mobilité ?
- 2) comment la mobilité transforme t-elle l'urbanisation ?

ZAHAVI répond : « la mobilité évolue de telle sorte que les progrès de vitesse qu'assure la technique permettent d'augmenter la portée spatiale des déplacements, tout en permettant une certaine constance du budget-temps. ».

Si d'un point de vue général, on peut retrouver cette « loi ». Il peut apparaître dans certains cas des exceptions.

Ainsi, A.BIEBER, M.H.MASSOT et J.P.ORFEUIL³⁰ (1993) observent que les différents scénarios précédemment évoqués (californiens, rhénans et saint simoniens) agissent de façon fort différentes sur les budgets-temps. Le modèle Californien tout d'abord fait semble t-il croître légèrement les budgets-temps. Le modèle Rhéna est dans le même cas car les vitesses diminuent plus que les distances. Le modèle Saint Simonien quant à lui fait également croître les budgets-temps.

Notons également que la taille de la ville semble agir sur les budgets-temps. Pour des villes comme Dijon, on peut estimer que la durée moyenne de déplacement ne puisse excéder 40 minutes alors que pour des villes plus importantes le budget-temps devient supérieur à 1h. Ainsi pour Paris, la durée moyenne de déplacement de centre à périphérie pour les résidents les plus éloignés peut dépasser 2h pour un trajet soit 4h sur une journée représentant 4 fois la constante de ZAHAVI. Finalement, on en conclura que les budgets-temps sont constants pour une même ville et que la durée dépend de la taille de la ville et de sa structure. A l'autre bout de la relation vitesse-densité, se trouvent les déplacements ou la mobilité. On peut exprimer l'idée qu'un accroissement des distances peut entraîner à terme une augmentation des déplacements car les principaux services et commerces sont plus éloignés des habitations. Parallèlement, les ménages sont petit à petit, en tout cas pour les plus éloignés du centre, amenés à se doter de deux voitures, d'où un accroissement du nombre d'automobiles sur les routes. La conséquence directe est évidemment une saturation progressive des infrastructures. En réaction, les pouvoirs publics améliorent ou construisent de nouvelles routes, ce qui a pour effet d'augmenter les vitesses de circulation et de participer à l'extension des espaces urbanisés. Puis à nouveau, les temps d'accès vont diminuer...

³⁰ *Questions vives pour une prospective de la mobilité quotidienne*, Synthèse INRETS

Ce paragraphe nous a permis de constater que la relation entre la vitesse et la densité était loin d'être simple et intégrait une double causalité circulaire. Bien qu'il soit plus juste de raisonner à partir des liens développés, nous proposons de déterminer dans la suite de notre travail une expression stricte reliant la vitesse aux densités et également à la notion de dilution mise en place dans la seconde partie.

2) Analyse quantitative de la relation transport automobile/étalement urbain

Pour déterminer la relation, nous devons trouver une expression faisant intervenir la vitesse et la distance au centre pour la rapprocher des autres modèles (densité ou pourcentage de surface urbaine).

2.1) De la vitesse au temps d'accès au centre

Sur la base de la carte des vitesses moyennes de l'aire urbaine dijonnaise, nous tenterons dans cette partie de montrer d'un point de vue quantitatif la relation centre-périphérie, mise en évidence dans le chapitre précédent.

2.1.1) La relation entre vitesse et distance au centre

Nous avons alors calculé les distances entre les centroïdes des tronçons et le centre de l'agglomération dijonnaise. La table contenant les distances et les vitesses est ensuite exportée sous EXCEL. Le nuage de points liant les distances au centre en abscisse et les vitesses en ordonnées nous donne un aperçu de la relation.

Nous avons ensuite calculé les moyennes des vitesses par pas de 500 m, correspondant approximativement à la distance moyenne d'un tronçon. Une logique de nature centre-périphérie apparaît alors.

En restant strict, on doit définir cette relation liant la distance au centre et la vitesse comme une suite de fonctions affines et de fonctions quadratiques.

A proximité du centre, nous avons une vitesse qui tend vers un minimum suivant un profil quadratique, c'est à dire légèrement concave. Cela se traduit sur le terrain par des tronçons ayant des vitesses de plus en plus homogènes à mesure que l'on se rapproche du centre.

Lorsque l'on s'éloigne, on observe une progression de la vitesse moyenne par couronne de nature linéaire jusqu'à une distance de 3.5/5 km C'est à cet emplacement que l'on va trouver les rocares. Par conséquent, les moyennes des vitesses par couronne vont avoir tendance à s'élever pour atteindre un pic local de 73.1 km à 3.8 km du centre puis décroître.

A partir de la distance de 8.49 km, les vitesses moyennes deviennent constantes et sont autour de 60 km/h. Cette valeur nous montre que la distance ne détermine plus la vitesse. Le réseau est alors constitué de multiples tronçons aux vitesses extrêmement hétérogènes oscillant entre 50-60 et 120-130. En réalisant la moyenne par couronne, on obtient malgré tout des vitesses qui semblent relativement constantes autour de 60 km/h.

D'un point de vue purement formel, il est possible de décomposer la relation en trois sous modèles :

-entre 0 et 1.5 km, la relation est de nature quadratique : $V(x) = ax^2+b$

-entre 1.5 et 7 km, la relation est linéaire : $V(x) = ax+b$

-enfin au delà de 7 km, la relation se résume à : $V(x) = V_{max}$

Une autre façon d'appréhender la relation est d'envisager une continuité entre le centre et la périphérie. On doit alors trouver un modèle synthétisant les trois expressions précédentes. Ce qui revient à avoir un profil où l'on passe d'un minimum à un maximum par l'intermédiaire d'une fonction linéaire : le modèle logistique semble bien adapté.

La vitesse moyenne par couronne peut s'exprimer alors à partir de l'expression suivante :

$$V(x) = \frac{V_{max}}{1 + e^{-\lambda x + p}} \quad (66)$$

Où x est la distance au centre, V_{max} est la vitesse maximale en milieu périurbain, λ le coefficient de congestion et p le paramètre définissant la vitesse au centre par la relation suivante :

$$p = Ln\left(\frac{V_{max} - V_{min}}{V_{min}}\right) \quad (67)$$

Notons que V_{min} représente la vitesse minimale au centre.

Nous proposons à présent de vérifier que le modèle (66) soit valide pour tous les calculs de vitesse que nous avons pu faire.

Commençons par la vitesse minimale.

La relation entre la distance et la vitesse semble plausible et même plus affirmée puisque le coefficient de détermination du modèle logistique est de 0.91. Notons que nous retrouvons les mêmes tendances énoncées pour les vitesses moyennes, à savoir une croissance linéaire des vitesses entre 0 et 5-6 km puis une série de données de vitesses supérieures à la limite autour de 6 km et enfin des vitesses constantes après 10 km.

Observons le graphique pour les vitesses maximales.

Les résultats sont alors moins significatifs puisque nous trouvons un coefficient de détermination de l'ordre de 0.21. Nous devons par conséquent commenter la courbe résultante avec beaucoup de précautions. Les vitesses respectent néanmoins une logique centre-périphérie. On retrouve les précédents éléments :

- une pente des vitesses de type quadratique à proximité du centre
- une série de données de vitesse supérieure à la limite du milieu périurbain représentatif des roades et voies rapides à proximité de la ville.
- une relative stabilité de la vitesse en milieu périurbain que nous pouvons noter V_{max}

La vitesse par couronne semble répondre à un modèle logistique croissant où la variable est la distance au centre. Nous proposons dans la suite de notre étude de construire à partir de cette expression un modèle permettant de calculer les temps d'accès au centre.

Figure 190 : Relation entre vitesse moyenne et distance au centre

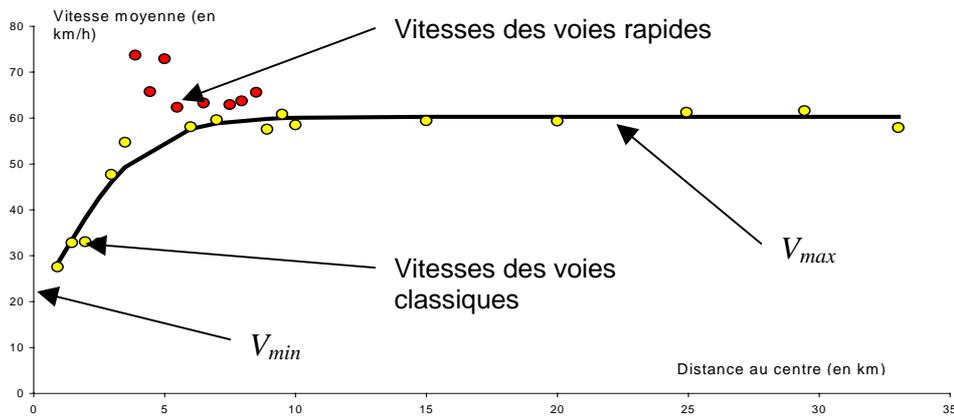


Figure 191 : Relation entre vitesse minimale et distance au centre

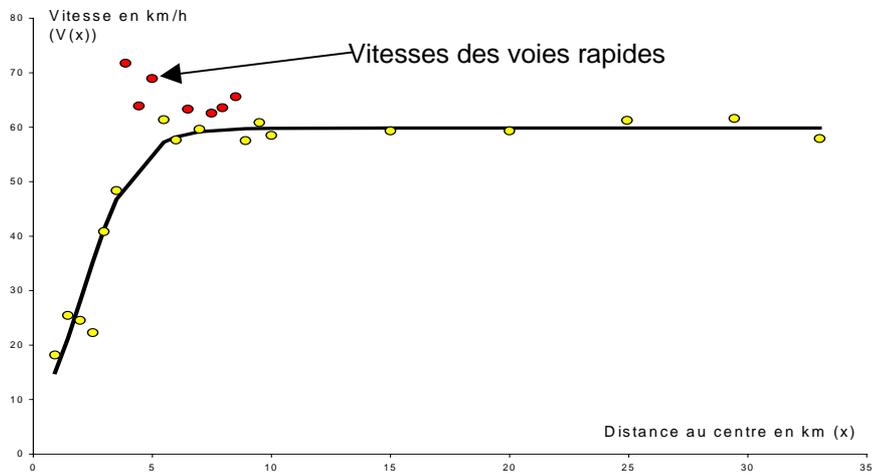
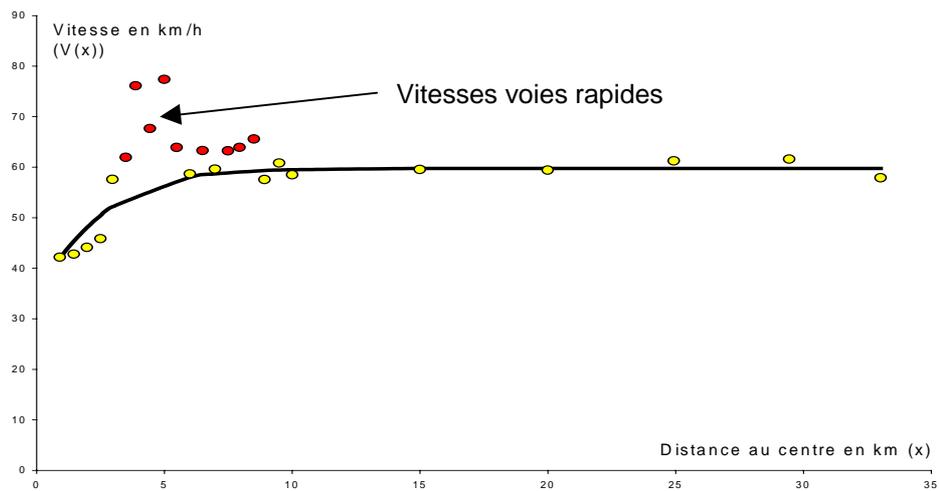


Figure 192 : Relation entre vitesse maximale et distance au centre



2.1.2) De la vitesse au temps d'accès

Pour calculer les temps d'accès au centre, il nous est possible de partir de la vitesse et par une transformation mathématique d'aboutir à l'équation suivante (voir annexe XIV) :

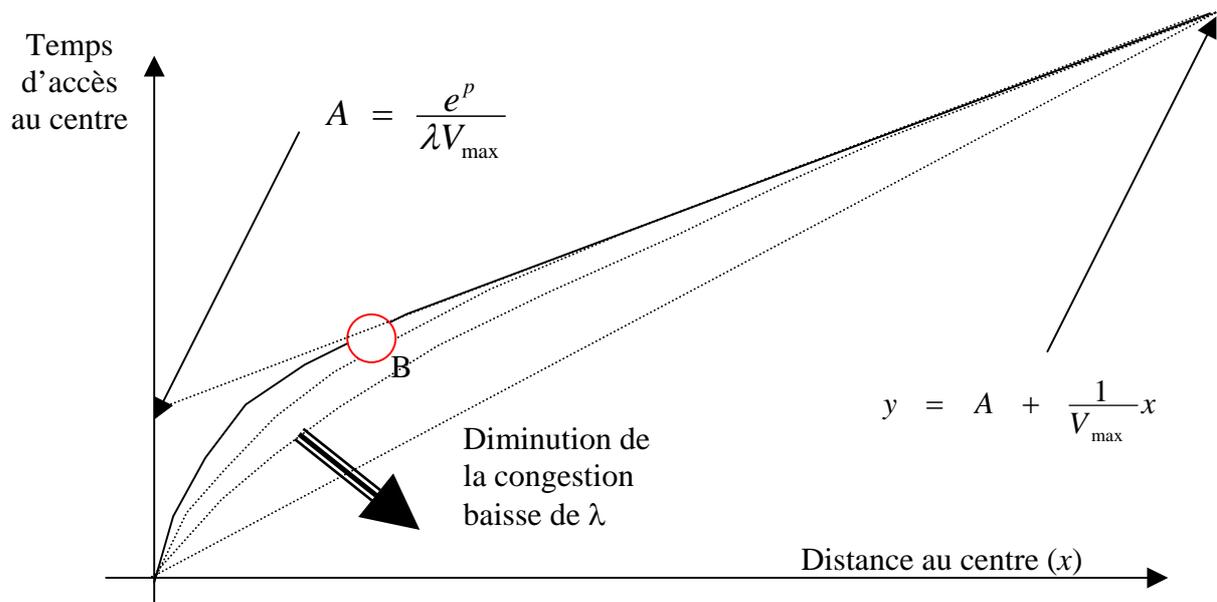
$$T(x) = \frac{e^p}{\lambda V_{\max}} (1 - e^{-\lambda x}) + \frac{x}{V_{\max}} \quad (68)$$

Les temps d'accès sont donc fonctions de la distance au centre et dépendent également de divers paramètres :

- λ représentant le facteur de congestion
- V_{\max} la vitesse maximale en milieu périurbain
- p le facteur caractérisant la vitesse au centre.

La courbe représentative de (68) prend alors la forme suivante :

Figure 193 : Variation de la forme de la courbe des temps d'accès en fonction des différents paramètres



V_{\max} donne la pente de la courbe quand x tend vers plus l'infini et p et λ l'emplacement du point B ainsi que le point A.

La courbe adopte des profils différents en fonction des valeurs prises par les paramètres V_{\max} , p et λ .

Lorsque λ tend vers l'infini, alors la première partie de l'expression (68) va tendre vers 0. La fonction se résume alors à une forme affine où le temps d'accès est directement proportionnel à la distance au centre :

$$T(x) = \frac{1}{V_{\max}}x \quad (69)$$

Cela signifie qu'une augmentation de λ (soit une augmentation généralisée de la vitesse en ville) a pour conséquence une proportionnalité entre le temps d'accès et la distance. La vitesse en ville est alors identique à celle du milieu périurbain car :

$$T(x) = \frac{1}{V_{\max}}x = \int_0^x \frac{1}{V(x)}dx$$

$$\text{D'ou } V(x) = \frac{dx}{dT(x)} = V_{\max} \quad (70)$$

La fonction vitesse est de ce fait une constante égale à la vitesse du milieu périurbain. Notons que cette formulation est celle que la plupart des modèles économiques utilisent car ils envisagent que le coût de transport est directement proportionnel à la distance, ce qui se traduit au niveau des temps d'accès par l'expression (69). On suppose par conséquent que la vitesse est uniforme quelle que soit le milieu (urbain ou rural). Bien évidemment cette situation est extrêmement théorique et ne se produit quasiment jamais.

La vitesse au centre agit également de façon déterminante sur les temps d'accès puisqu'elle va fixer les points A et B de la courbe.

Pour commencer rappelons que la vitesse minimale au centre varie en sens inverse du paramètre p (cf relation (67)). Autrement dit si p augmente, cela signifie que la vitesse V_{\min} diminue. En se référant à l'expression (68), on peut noter que la baisse de la vitesse au centre ville a pour conséquence une augmentation de A . En somme cela accroît le temps passé en ville sans que les infrastructures soient d'une façon générale plus congestionnées en dehors du centre.

Dans les cas les plus fréquents nous pouvons alors décrire la courbe de (68) de la façon suivante :

- entre le centre et le point B (soit une certaine distance du centre ville correspondant à la sortie de la ville), les temps d'accès augmentent très rapidement en raison de vitesses nettement plus faibles que dans les campagnes. Ces dernières décroissent à mesure que l'on se rapproche du centre, ce qui produit un profil des temps d'accès non linéaire.
- Au-delà du point B, les vitesses deviennent constantes, égales à V_{\max} . Les temps d'accès vont tendre vers une asymptote oblique d'équation $y = A + \frac{1}{V_{\max}}x$. Les temps sont pratiquement proportionnels à la distance au centre.

2.1.3) Les temps d'accès moyens de l'aire urbaine dijonnaise

Nous avons pu constater dans le chapitre précédent que les temps d'accès au centre de Dijon se structuraient en ellipse avec une opposition assez nette entre l'Est et l'Ouest. Au regard des multiples étirements le long des axes et des variations d'accessibilité plaine-plateau, on peut légitimement s'interroger sur la validité d'un modèle moyen.

Malgré tout nous allons tout de même tenter de mettre en évidence une logique moyenne à l'aire urbaine pour les temps d'accès. Un ajustement de type non linéaire (voir annexe II) utilisant le modèle (68) est

ensuite réalisé sous le logiciel STATISTICA. Le coefficient de détermination obtenu est plus que satisfaisant (0.85), ce qui prouve qu'en dépit des observations de la carte, les temps d'accès sont de nature auréolaire. Dans le détail, la courbe adopte un profil moyen proche d'une fonction affine en dehors du centre. On note alors une rupture assez faible autour de 5, 6 km du centre, distance à laquelle on passe du rural à l'urbain. Les temps d'accès sont de l'ordre de 8 à 10 minutes.

Les études récentes de l'agence d'urbanisme de Dijon et de la DDE notaient une aggravation des conditions de circulation dans l'aire urbaine dijonnaise due à un accroissement des entrées de véhicules dans l'agglomération (+15% sur 15 ans). Les discours alarmistes des autorités et de ces services municipaux annoncent aujourd'hui un prévisible engorgement des infrastructures d'ici 10 à 15 ans en observant une congestion actuelle importante de Dijon.

Nos résultats vont en sens inverse mais ne tiennent pas compte du phénomène de congestion lui-même. Autrement dit, les temps d'accès de l'aire urbaine dijonnaise restent satisfaisants à condition que l'on ne considère pas les parties les plus submergées du centre et la circulation en heure de pointe. Les temps d'accès qui ici n'excédant pas 12 à 13 minutes de la périphérie vers le centre sont naturellement bien en deçà des conditions réelles de circulation en période de congestion. Il faudra ainsi en période d'affluence pas loin de 1h à 1h30 pour traverser Dijon d'Est en Ouest alors qu'il faudrait 20 à 30 minutes en temps normal.

Cette courbe doit être prise pour ce qu'elle est : un profil moyen qui n'est absolument pas représentatif de l'état de chaque faisceau. C'est pour cette raison qu'une étude plus approfondie est nécessaire.

Nous poursuivrons donc en décrivant le fonctionnement de chaque faisceau de circulation.

Pour commencer, nous en avons identifié neuf : A38, N71, D903, N74 partie nord, D70, A39-N5, D996, D968 et enfin N74 partie sud. Lors du calcul des plus courts chemins des centroïdes de communes au centre, nous avons relevé la grande radiale qui est utilisée. Dans le cas dijonnais, on constate que la totalité des itinéraires passent par les neuf axes cités plus haut.

On obtient la figure 196.

Par ailleurs, nous avons pu observer qu'un certain nombre de communes étaient attirées par des axes plus locaux comme la D 28, la D 107A. Le nombre de communes concerné était trop faible pour constituer des faisceaux à part entière, nous les avons donc inclus dans du non affecté.

Figure 194 : Radiale empruntée vers Dijon pour la commune de Chambolle-Musigny

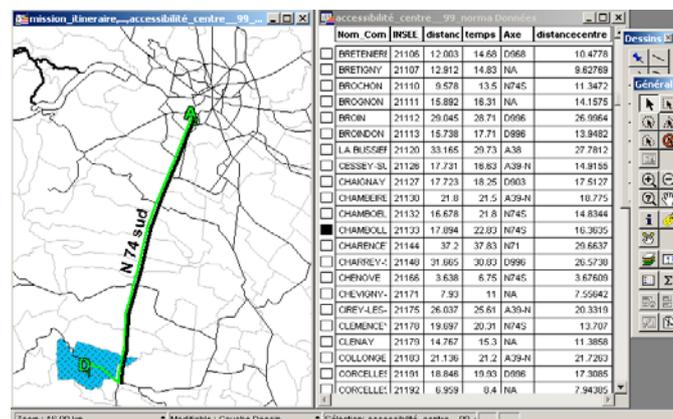


Figure 195 : Temps d'accès et distance au centre dans l'aire urbaine dijonnaise

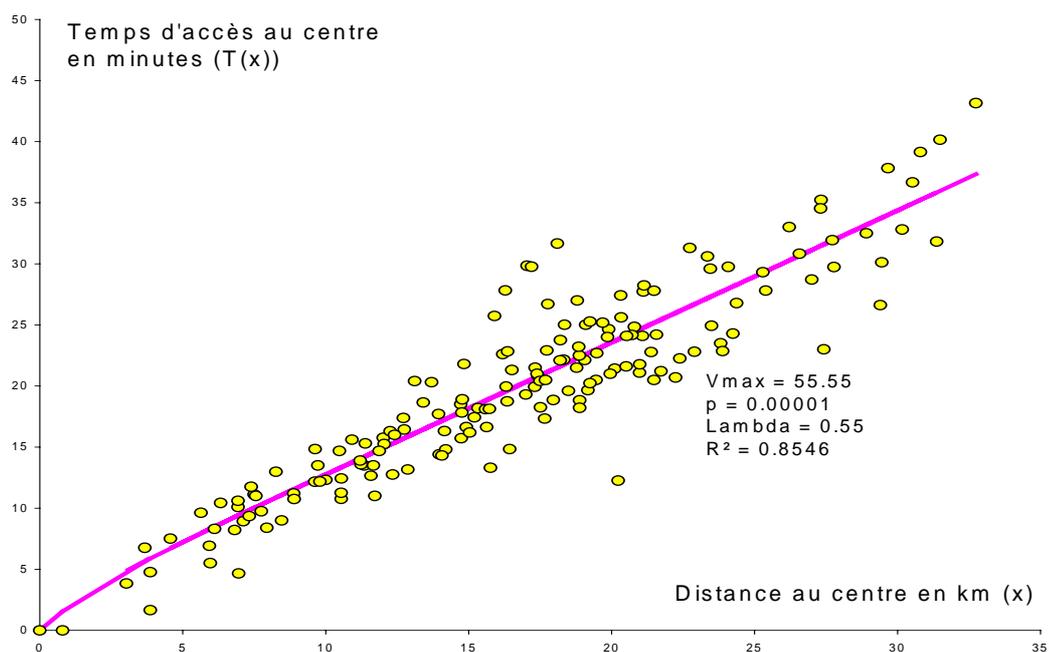
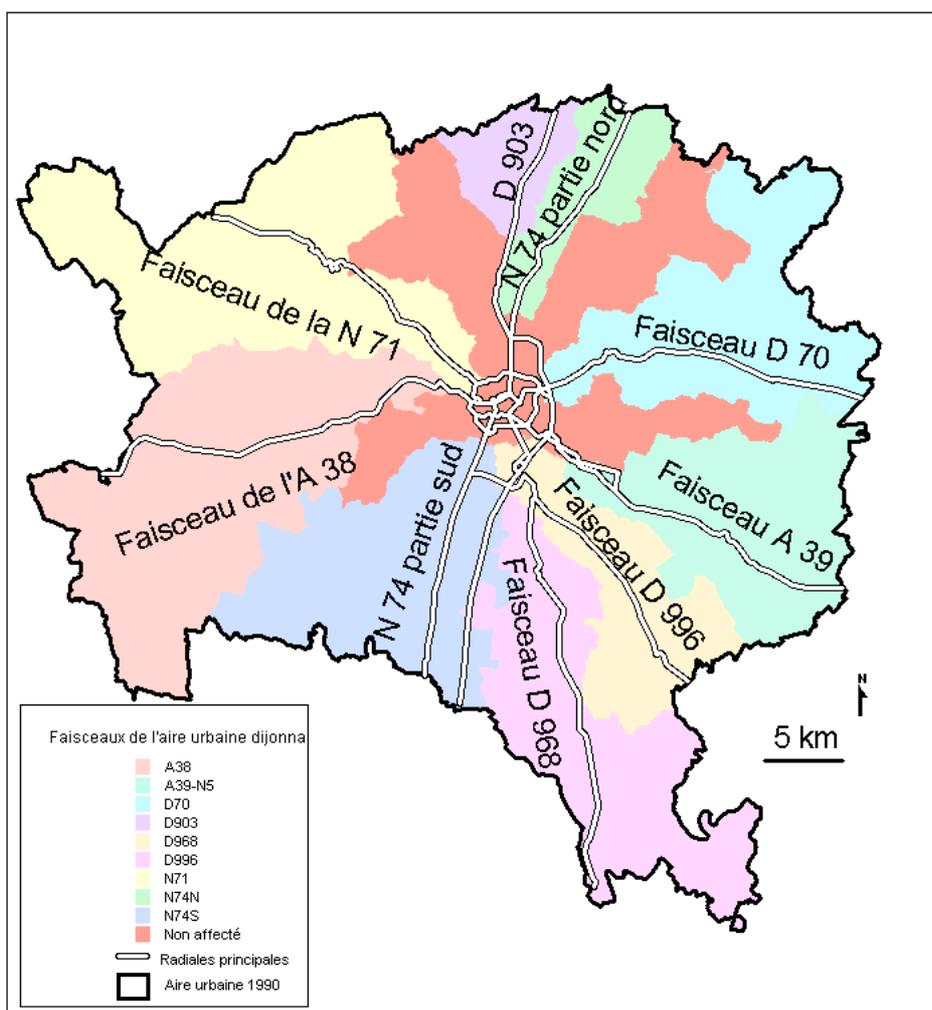


Figure 196 : Faisceaux de l'aire urbaine dijonnaise



Les temps d'accès du faisceau A 38 sont uniques à plusieurs titres :

- 1) il s'agit du seul faisceau où la rupture entre l'urbain et le périurbain est aussi nette. On observe ainsi une augmentation très importante des temps jusqu'à une distance de 4-5km où l'on perçoit un accroissement linéaire
- 2) la pente pour le périurbain est assez faible puisque les valeurs de vitesse dépassent 72 km/h.

Nous devons toutefois faire bien attention en commentant cette courbe car les résultats ne sont en réalité qu'une moyenne qui ne tient guère compte des fortes disparités du réseau de ce faisceau.

Nous devons en effet décomposer cette zone en deux types d'espace :

- la vallée de l'Ouche dispose d'une bonne accessibilité avec des vitesses à peu près constantes en milieu périurbain de l'ordre de 120 à 130 km/h. La progression des temps d'accès est de ce fait linéaire avec une pente très faible, bien inférieure à celle du modèle moyen.
- Au Nord et au Sud de la zone, on trouvera d'autres types d'espaces moins accessibles ou les routes sont d'une part plus étroites mais également plus sinueuses. Les vitesses sont de ce fait bien plus faibles que dans la vallée. La progression des temps est également linéaire puisque les vitesses peuvent être considérées comme constantes. La pente de la courbe des temps est alors plus importante.

D'un point de vue purement théorique, le modèle d'accessibilité au centre doit être envisagé sous une autre forme étant donné que les vitesses du milieu périurbain ne sont plus constantes. Une première partie du trajet s'effectue ainsi dans la vallée avec des vitesses égales à 120-130 km/h et une seconde partie sur le plateau avec des moyennes plus faibles de 40-50 km/h (cf figure 198).

Dans l'espace, les temps d'accès s'organisent en isochrones parallèles à la voie rapide en milieu périurbain alors qu'elles sont concentriques en milieu urbain (cf figure 199).

Nous proposons de poursuivre cette analyse par les faisceaux de la plaine.

Sur le faisceau D 903, Nous disposons de très peu de points (seulement cinq communes voir figure 200) sur la zone. Néanmoins à travers les quelques valeurs dont nous disposons, il nous est possible d'ajuster le modèle d'accessibilité. Les résultats montrent une congestion visiblement très proche du centre avec des vitesses en milieu urbain qui restent tout à fait convenables jusqu'aux boulevards centraux.

En milieu urbain, les vitesses sont plutôt moyennes (50.98).

Figure 197 : Temps d'accès au centre sur le faisceau de l'A 38

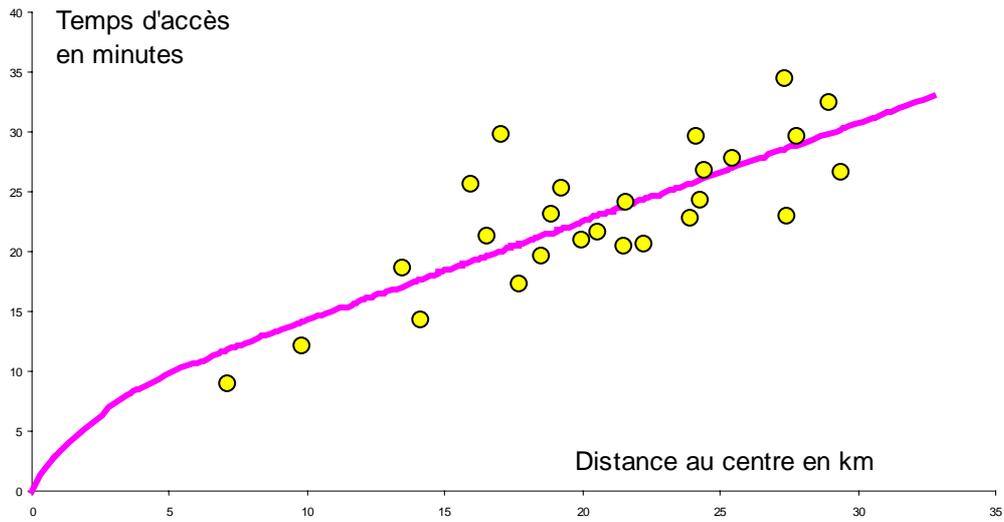


Figure 198 : Vitesses et temps d'accès sur le faisceau A 38

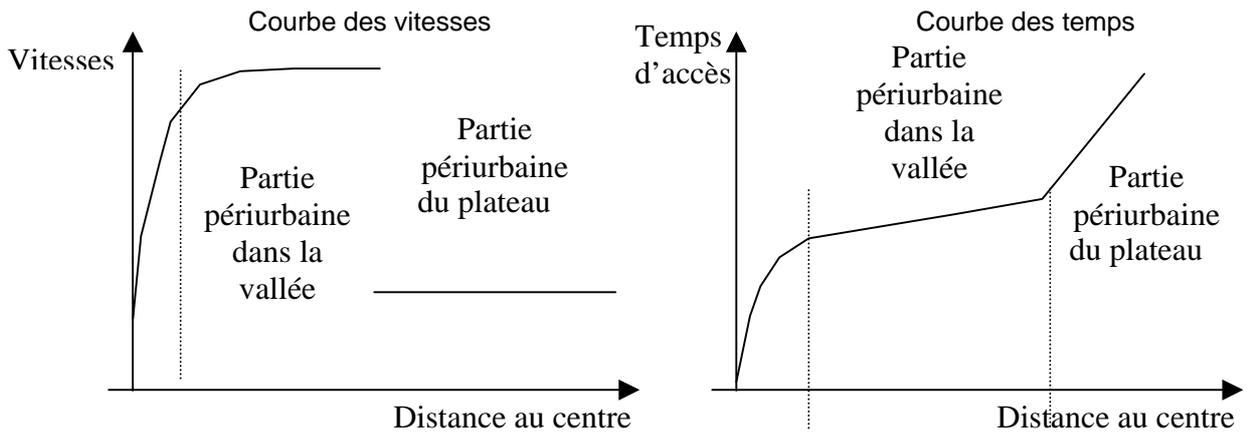
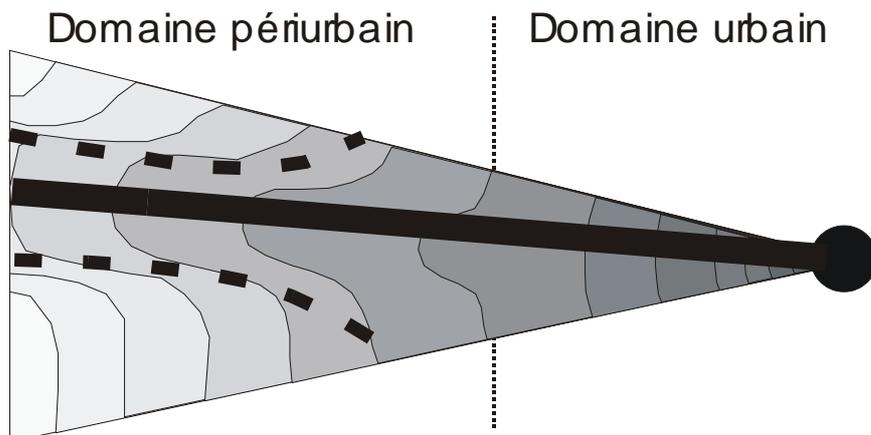


Figure 199 : Profil des isochrones du faisceau A 38



On aboutit à une courbe des temps d'accès quasiment linéaire. La différence entre l'urbain et le rural est à peine perceptible. En somme la courbe des temps est assimilable à une fonction affine dont la pente est moyennement élevée. On ne peut pas, par conséquent, parler de bonne ou de mauvaise accessibilité.

Dans le détail, la faiblesse du nombre de communes ne permet pas de créer de réelle disparités dans les temps si bien que l'organisation des temps d'accès est homogène.

Le faisceau nord de la N 74 est assez classique puisque le coefficient de détermination est de 0.9323. Nous devons émettre des réserves en raison de la faiblesse du nombre de communes. Malgré tout, nous pouvons tout de même affirmer que l'ajustement reste satisfaisant et ainsi que les temps d'accès du faisceau N 74 partie nord répondent à notre logique. Il s'agit du cas le plus classique à savoir une progression des temps de type curviligne jusqu'à la sortie de la ville puis une progression linéaire des temps d'accès en milieu périurbain. En somme, le faisceau est semblé-t-il relativement congestionné au niveau de l'urbain par rapport aux vitesses assez importantes pratiquées dans le périurbain (en moyenne 68,1818 km/h), ce qui donne une bonne accessibilité rurale. Notons que les vitesses à proximité du centre ville restent importantes. Comme pour le faisceau précédent, le faible nombre de communes fait qu'on observe pas véritablement de différenciation importante dans les variations d'accessibilité au sein du faisceau.

Pour le faisceau D 70, nous nous retrouvons dans une situation assez comparable à celle du précédent faisceau, à savoir une répartition des temps d'accès symptomatique d'une congestion centrale doublée d'une progression linéaire des temps d'accès en périphérie.

Notons que les paramètres λ et p nous indiquent que la congestion est plus faible que pour la N 74. Observons également que le coefficient de détermination est de 0.8507, ce qui tout à fait convenable au vue des données.

Dans le périurbain, la vitesse est de 56.03, moyenne qui là encore est nettement plus faible que dans le cas du précédent faisceau. La pente des temps d'accès est de ce fait relativement importante, ce qui tend à donner à la courbe un profil somme toute assez proche de celui d'une droite.

En conclusion, nous remarquons que l'accessibilité de ce faisceau n'est pas extraordinaire en milieu rural et qu'en plus il est congestionné à proximité du centre.

Figure 200 : Temps d'accès au centre sur le faisceau D 903

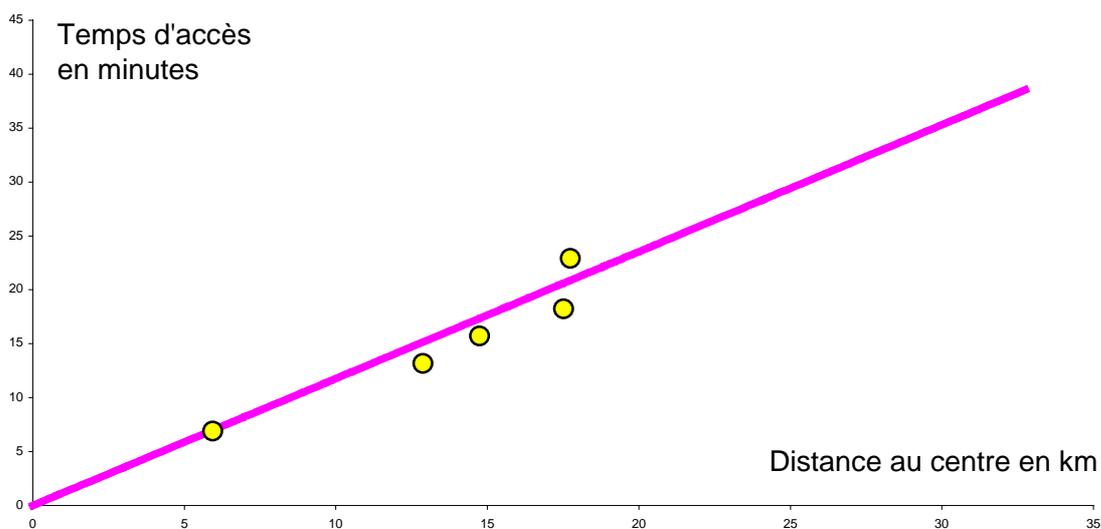


Figure 201 : Temps d'accès au centre sur le faisceau N 74 partie nord

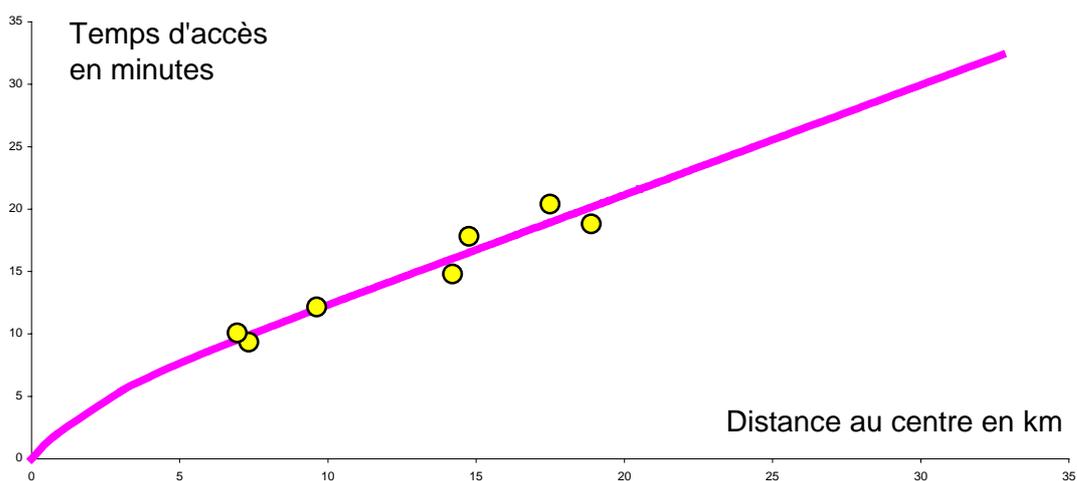
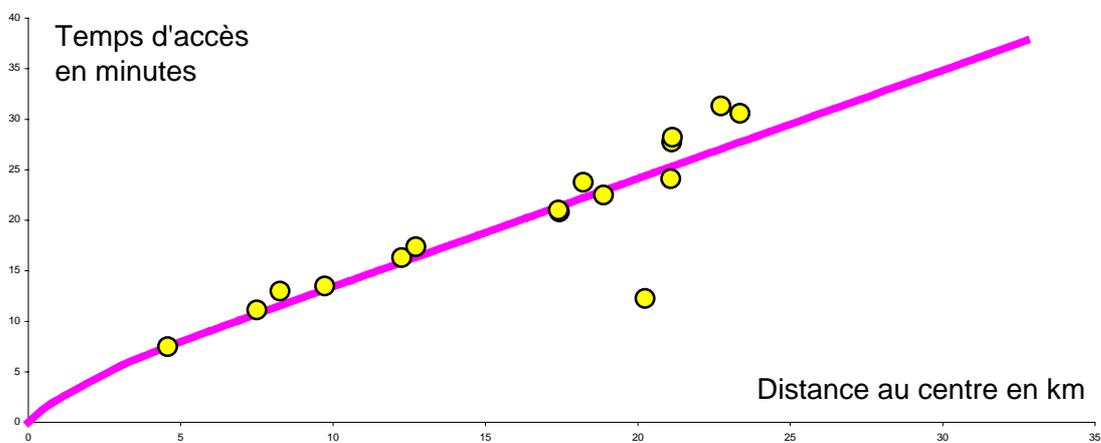


Figure 202 : Temps d'accès au centre sur le faisceau D 70



Le secteur A 39 - N5 est assez semblable aux précédents, nous retrouvons une certaine opposition entre la ville et la campagne avec une congestion centrale. Il convient toutefois de souligner pour ce cas la faiblesse des ralentissements qui n'ont lieu qu'à une distance très proche du centre. En somme les fortes vitesses de la périphérie sont conservées assez loin lorsque l'on se dirige vers le pôle. On peut estimer d'après le graphique que ces dernières restent constantes jusqu'à 3 km puis semblent se réduire car l'on observe alors une inflexion du modèle.

Plus précisément les valeurs de vitesse en milieu périurbain tournent autour de 58 km (58,43) pour un coefficient de détermination de 0.8507 assez important.

On en déduit que le secteur ne peut être qualifié de congestionné mais que les ralentissements s'observent vers le centre.

Plus ponctuellement, il convient de souligner une certaine rupture dans les temps d'accès. Bien entendu, l'urbain se détache du rural, nous l'avions noté, mais plus intéressant est le fait que l'autoroute non payante (la portion que les périurbains utilisent) ne représente qu'une petite partie du trajet du faisceau. Ce dernier doit ainsi, comme pour le secteur de l'A 38 être décomposé en deux parties. Une première tranche autoroutière entre 0 et 10 km où les trajets s'effectuent à une vitesse de 130 et une seconde où l'on change de statut de route. On se retrouve sur une nationale bien plus lente. De ce fait, le profil des temps d'accès observé ne correspond plus exactement au modèle théorique général mais à une suite de courbes et de lignes brisées.

Le graphique présenté pour l'A 38 pourrait correspondre également pour ce faisceau. Ainsi, les quatre voies créent de véritables ruptures dans les temps d'accès qui se traduisent spatialement par des déformations des isochrones.

On peut comme pour l'autre faisceau autoroutier établir un schéma de synthèse (figure 204).

La situation du faisceau D 968 est représentative des routes ayant peu de modifications d'accessibilité quelle que soit la distance. On obtient ainsi un modèle extrêmement proche de la ligne où la congestion n'est visible qu'à une distance faible du centre. Cela peut être la conséquence de deux éléments :

- 1) soit la route est peu congestionnée y compris au niveau du centre
- 2) soit les vitesses du milieu rural sont somme toute relativement proches de celles de la ville, ce qui fait que la fonction des temps d'accès est assez proche de la ligne.

Les valeurs nous confirment nos hypothèses puisque on obtient des vitesses rurales de 51.08, ce qui est relativement faible pour un λ très élevé synonyme d'une congestion très proche du centre. On peut estimer grâce à la courbe que les temps commencent à décroître fortement à partir de 2-2.5 km du centre. Par ailleurs, le coefficient de détermination atteint 0.92, le faible nombre de données l'explique en partie.

Figure 203 : Temps d'accès au centre sur le faisceau A 39-N 5

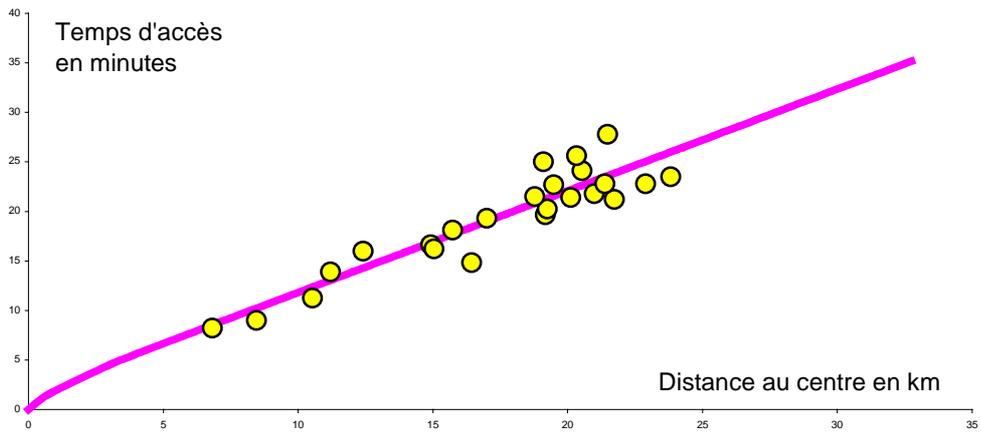


Figure 204 : Isochrones sur le faisceau A 39-N 5

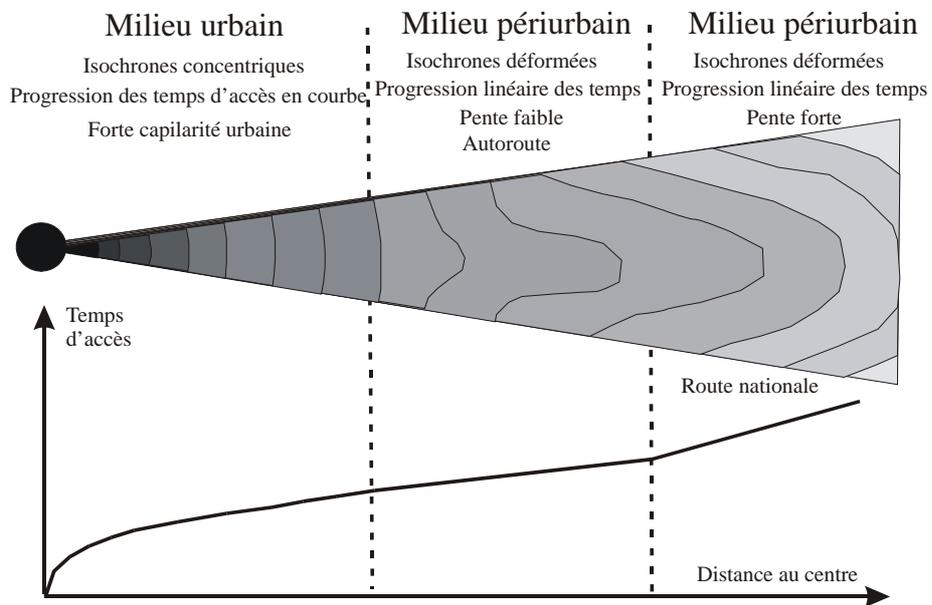
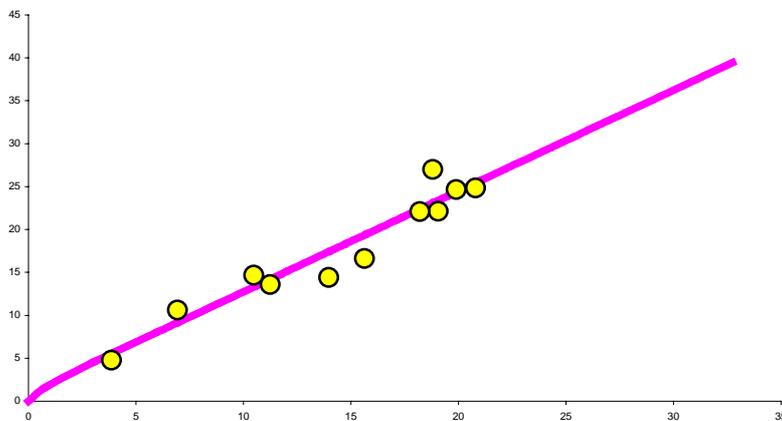


Figure 205 : Temps d'accès au centre sur le faisceau D 968



Nous ferons peu de commentaire sur le faisceau D 996 qui ressemble énormément au précédent. Nous obtenons ainsi une fonction très proche de la ligne où la congestion est là encore proche du centre.

La seule différence avec la D 968 est la pente de la courbe en milieu rural qui est ici légèrement plus faible avec une vitesse moyenne de 53.55. On peut donc en conclure que le faisceau est très légèrement plus accessible que le précédent. Le coefficient est de 0.9109 mais pour un plus grand nombre de données qu'auparavant, cela montre bien que notre modèle s'ajuste assez parfaitement.

De l'ensemble des faisceaux considérés, celui de la N 74 partie sud est sans doute le moins accessible. Au premier abord, il semble que la congestion est quasiment inexistante y compris au centre car nous obtenons une ligne quasi parfaite. Cependant, les valeurs de vitesse en milieu périurbain nous éclairent un peu plus. On trouve une valeur de 42.41 km/h, ce qui est le minimum observé dans toute l'aire urbaine. Le centre n'est donc pas congestionné, c'est la totalité du secteur qui l'est. En effet, si le modèle s'apparente à une ligne, c'est que les vitesses sont quasiment constantes du centre vers la périphérie. On a donc un certain gain de temps par rapport aux autres faisceaux vers le centre mais ce dernier est rapidement perdu à mesure que l'on s'éloigne de Dijon. Comment l'expliquer ? Deux éléments peuvent être mis en avant :

- 1) la N 74 dans sa partie sud traverse un grand nombre de villages, par conséquent la vitesse est assez souvent limitée à 50
- 2) cette limitation n'explique malgré tout pas la valeur de la courbe. Nous devons alors regarder du côté de la circulation. Les flux sont assez massifs sur la totalité du faisceau, ce qui bien évidemment combiné aux feux diminue fortement les vitesses soit par augmentation des temps d'attente à l'arrêt, soit par une vitesse de circulation plus faible due au respect des distances minimales de sécurité.

En commençant par montrer que la vitesse moyenne était fonction de la distance au centre nous avons fait un premier pas vers les temps d'accès. Il nous a donc été possible de construire à partir de la relation de base liant vitesse et distance un modèle moyen des temps d'accès au centre, véritable synthèse de l'accessibilité à une zone urbaine. Les résultats ont montré que l'accessibilité était relativement satisfaisante (en période de non-congestion), compte tenu des paramètres de circulation antérieurs à 2003. Nous n'avons pas ici pris en compte les dernières modifications du réseau (nouveau PDU en vigueur à la rentrée 2002) qui tendent à augmenter d'une façon relativement importante les temps d'accès. L'analyse plus précise par faisceau a malgré tout montré que la logique moyenne ne reflétait que partiellement la situation plus locale des différentes radiales. Si des axes peuvent être qualifiés de congestionnés (N 74 partie sud), d'autres en revanche se caractérisent par une circulation rapide (A 38). Nous avons également pu observer que les autoroutes créaient des ruptures dans les temps d'accès se matérialisant par une déformation des isochrones. Ayant synthétisé l'accessibilité, nous proposons dans la suite de notre travail de la mettre en relation avec l'étalement urbain.

Figure 206 : Temps d'accès sur le faisceau de la D 996

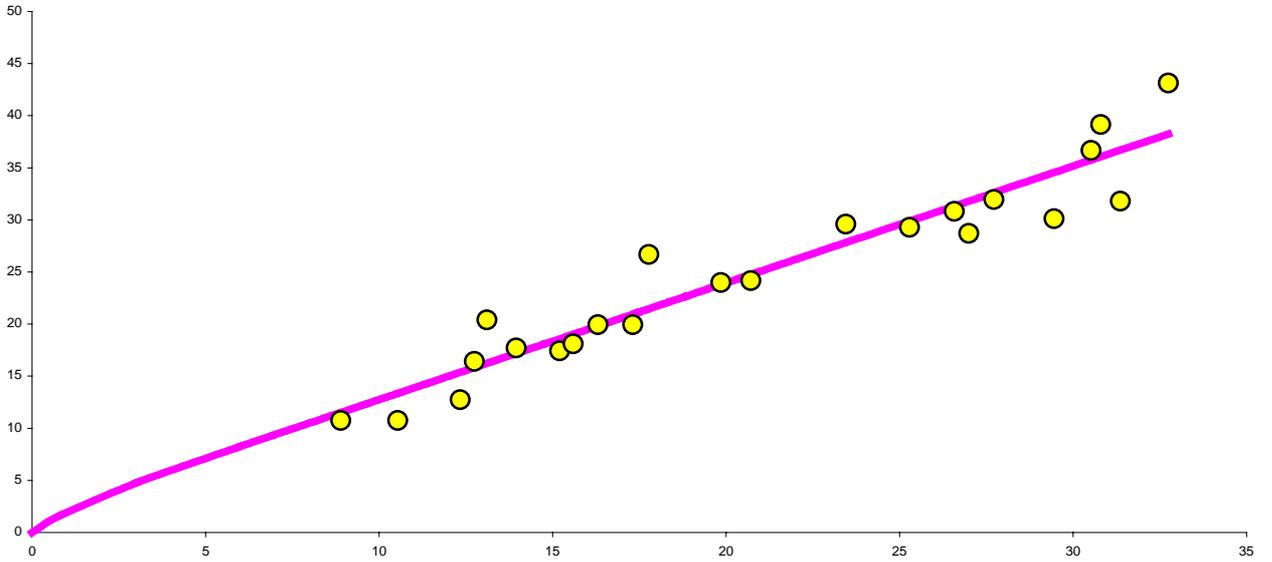
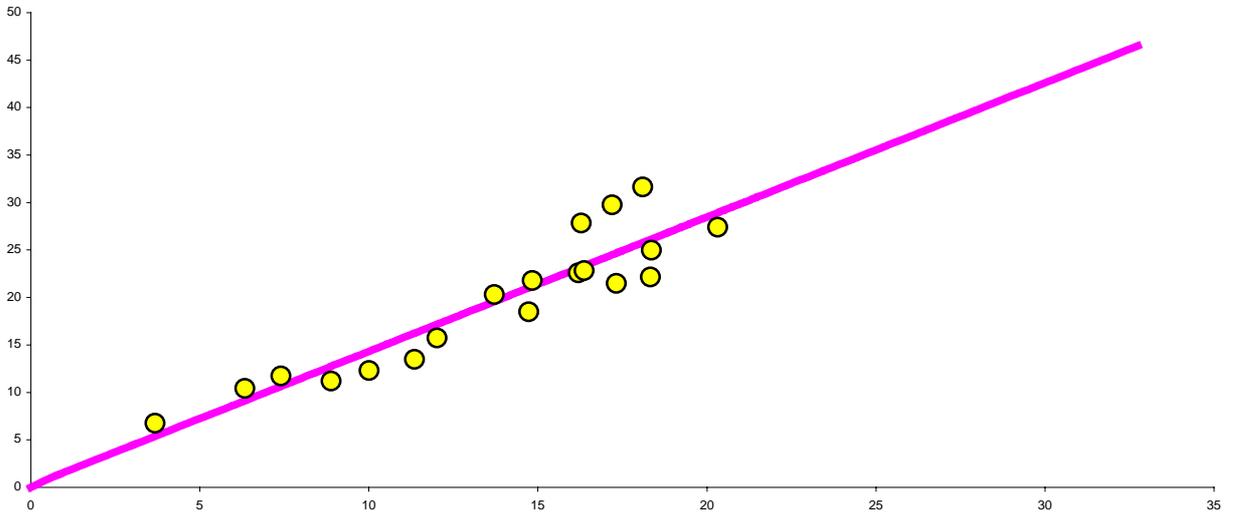


Figure 207 : Temps d'accès sur le faisceau de la N 74 partie sud



2.2) Influence de la vitesse sur l'étalement urbain

La démarche qui suit est assez simple d'un point de vue méthodologique puisque nous nous bornerons à rapprocher les transports (via les vitesses) de l'étalement urbain (via les densités ou le pourcentage de surface bâtie) par l'intermédiaire du facteur distance.

2.2.1) La vitesse et les densités

En rapprochant le modèle de densité de la fonction de vitesse, on obtient une première expression (voir annexe XV) :

$$D(x) = D \left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right)^{\lambda} e^{\frac{-p\alpha}{\lambda}} \quad (71)$$

où $V(x)$ représente la vitesse, V_{\max} , la vitesse maximale en milieu périurbain, λ le coefficient de congestion, α la gradient de densité, p le paramètre de la vitesse au centre D la densité extrapolée au centre enfin $D(x)$ la densité. Le premier résultat que nous pouvons tirer de cette expression est la nature globale de causalité :

d'une façon générale, quand la vitesse augmente, la densité décroît et inversement lorsque la vitesse diminue, la densité augmente, ce qui confirme les résultats de M.WIEL. Nous proposons dans la suite de notre étude d'étudier les variations de la relation entre les densités et la vitesse en fonction des fluctuations de différents paramètres inhérents aux vitesses. Commençons par analyser les modifications de (71) lorsque λ varie. Pour cela nous devons calculer la dérivée de (71) par rapport à λ (voir annexe XVI). La dérivée est toujours positive (voir annexe XVI) donc augmentation générale des vitesses et densités varient dans le même sens. Quand λ augmente, $D(x)$ augmente. On observe toutefois un impact différent en fonction de la distance au centre :

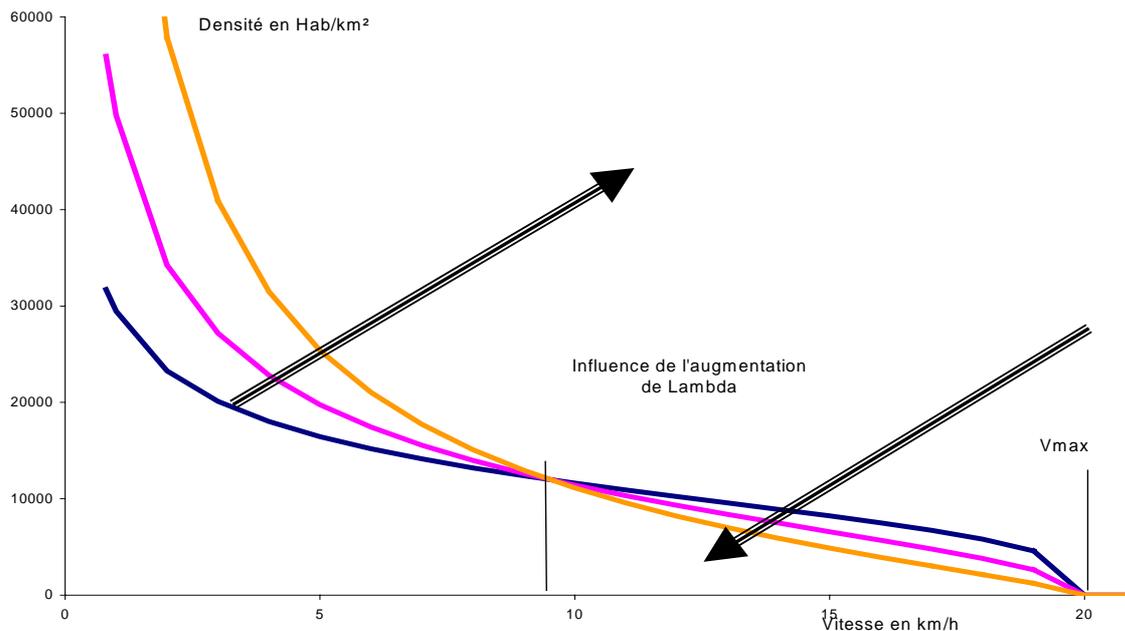
- à proximité du centre, l'impact est faible à nul. Que la ville soit congestionnée ou non n'influe pas sur la localisation des individus dans le centre historique
- Dans la banlieue et à mesure que l'on se rapproche des limites de la ville, l'impact devient plus fort et une augmentation généralisée de la vitesse aura une très forte incidence sur la localisation des individus qui viendront alors grossir les rangs des suburbains
- lorsque l'on s'éloigne de la ville et qu'on rentre dans le périurbain, l'impact décroît rapidement pour devenir nul à quelques kilomètres de l'agglomération.

Ces éléments sont intéressants pour analyser l'étalement des villes depuis le Moyen Age jusqu'à nos jours et permettent de mieux comprendre certaines évolutions. Ainsi, il apparaît que la ville du Moyen Age n'avait pas la possibilité de s'étendre, compte tenu de la forte congestion dans l'hypercentre. De fait, on a pu observer progressivement un mouvement de concentration dans les parties les plus centrales de la ville alors que les parties périphériques se vidaient de leurs habitants. A partir du milieu du XIX^{ième} siècle, l'amélioration de la circulation, en somme la construction de grands et larges boulevards a contribué à décongestionner l'ensemble de la ville. Alors, la nature de la relation liant vitesse et densité s'est inversée. Les espaces extérieurs au centre-ville connaissaient une croissance de leur densité. Ce mouvement s'est

intensifié avec l'arrivée des transports en commun motorisés améliorant un peu plus les vitesses de la partie centrale donc favorisant une nouvelle fois la décongestion.

En somme la diminution des vitesses agit inégalement sur l'espace même si le lien global est invariant. L'augmentation des vitesses favorise l'installation de nouveaux riverains et inversement la congestion limite la croissance de l'urbain et du suburbain mais n'a que peu d'influence sur le centre-ville et l'espace périurbain.

Figure 208 : Les formes de la relation vitesse/densité en fonction des variations de λ



C. Enault laboratoire THEMA Dijon

L'arrivée de l'automobile dans les années 1950 a considérablement modifié le paysage urbain en deux temps.

- A. Les vitesses se sont une nouvelle fois améliorées dans les parties les plus centrales, ce qui a eu pour conséquence de renforcer la tendance à la déconcentration. On peut estimer en tout cas au début de la circulation de ce mode de transport que l'automobile a encore contribué à décongestionner la ville. Les vitesses au centre sont ainsi passées de 20, 25 à 30 voire 35 km/h. La conséquence en terme de densité a été spectaculaire et les centres se sont vidés alors que les périphéries au contraire progressaient. La croissance du périurbain peut être en partie dans les premiers temps (années 1950) expliquée par la relative décongestion du centre.
- B. A partir des années 1960-1970, le mouvement de déconcentration s'est accru si bien que les trafics ont également progressé dans des proportions importantes. La situation actuelle est la conséquence de la rapide évolution de ces flux et de leurs conséquences sur les vitesses. On observe depuis le milieu des années 1980 à nouveau un phénomène de saturation des centres. La congestion routière s'accroît, la relation vitesse-densité a donc à nouveau changé de sens. Les périphéries perdent ou stagnent, ceci est particulièrement visible depuis le recensement de 1990 où l'on peut percevoir une stagnation de la périurbanisation dans l'ensemble des aires urbaines et au

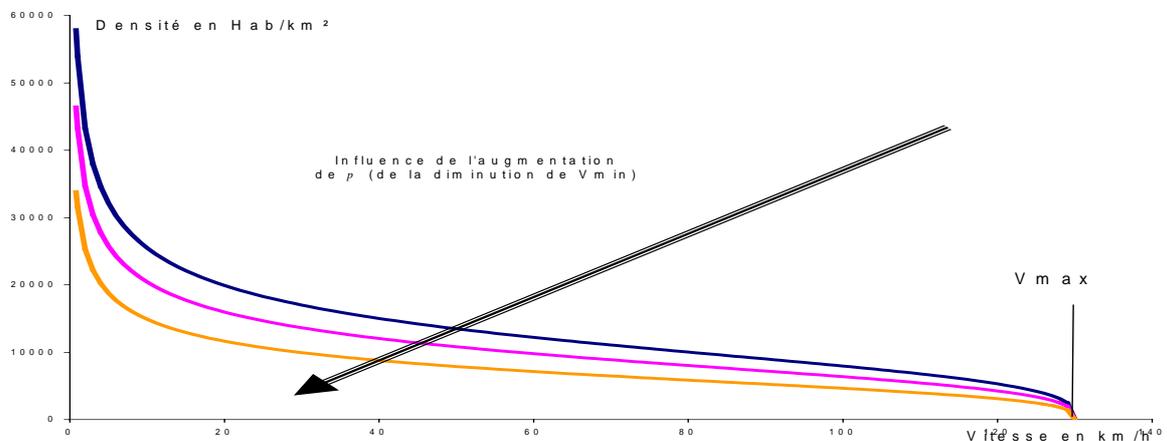
contraire un mouvement de retour dans les centres villes. Nous pensons que ces phénomènes sont la conséquence directe de la congestion routière des centres. Observons également que les vitesses ne sont pas les seules responsables des mouvements de retour vers le centre ville et que d'autres facteurs peuvent aussi jouer comme les politiques d'aménagement, le rôle des acteurs et des décideurs politiques. Comme souvent, si l'on désire réellement évaluer la tendance de l'ensemble du système étalement urbain-transport, on se doit de considérer une très grande quantité de facteurs qui la plupart du temps agissent de concert. Ainsi, les vitesses sont un des facteurs les plus importants mais leurs variations sont à la fois la cause et la conséquence de mouvements des prix du foncier ou de blocages politiques de la périurbanisation. En somme lorsque la vitesse varie, d'autres éléments aussi. C'est pour cette raison qu'il pourrait être judicieux pour une étude plus poussée de raisonner mathématiquement non plus en variation totale mais en terme d'équations simultanées, et ce bien entendu dans l'hypothèse d'une analyse sur la totalité du système transport-étalement urbain. Ici nous faisons le choix délibéré de nous limiter à l'impact d'un seul facteur la vitesse. Il s'agit de l'élément le plus important. L'intégration d'autres facteurs complèxifierait de façon importante notre étude.

Pour déterminer l'influence de la vitesse centrale sur l'étalement urbain, nous utiliserons la même méthode que précédemment. Nous chercherons par conséquent à établir le signe du rapport entre la variation de la densité sur la variation de p (voir annexe XVII).

Ce rapport est toujours de signe négatif donc la variation de densité se fait en sens inverse de p . Or p varie en sens inverse de la vitesse minimale centrale donc cette dernière varie dans le même sens que la densité. Une diminution de la vitesse sur les boulevards centraux entraîne, de ce fait, en moyenne une diminution de la densité et en sens inverse la croissance de la vitesse centrale a pour conséquence une hausse généralisée de la densité. Notons, que dans les parties centrales, la vitesse est aussi importante que les problèmes de stationnement qui peuvent parfois accroître de 30 à 40% le temps total de déplacement. En conséquence la seule vitesse ne sera qu'en partie explicative de l'étalement des villes.

Plus dans le détail, il convient d'examiner les répercussions de la vitesse centrale en fonction de la distance au centre. La figure 209 apporte des renseignements complémentaires :

Figure 209 : les formes de la relation vitesse/densité en fonction des variations de V_{min}



- 1) **la diminution de la vitesse centrale entraîne une diminution globale de la densité quelle que soit la distance**
- 2) **plus on se rapproche du centre, plus l'impact sur les densités est important. Il est maximum au centre. Une diminution de la vitesse centrale fera fortement décroître la densité au centre et plus faiblement en périphérie. L'influence devient quasiment nulle en milieu périurbain.**

Pour évaluer l'influence de la vitesse maximale sur la densité, on procède de la même manière que pour les deux autres paramètres : on calcule la dérivée de la densité par rapport à la vitesse maximale.

On montre que cette dernière est toujours positive (voir annexe XVIII). Cela signifie en clair que l'augmentation des vitesses en milieu périurbain aura pour conséquence directe une croissance de la densité et au contraire une diminution sera responsable d'une diminution globale de la densité.

On peut donc estimer que l'accroissement des vitesses en milieu périurbain avec la motorisation de plus en plus importante des ménages est à l'origine d'une croissance généralisée des densités.

On peut noter graphiquement que la croissance de la vitesse maximale en milieu périurbain a des répercussions sur l'ensemble de l'aire urbaine mais plus spécifiquement sur les espaces périphériques. L'impact croît à mesure que l'on s'éloigne du centre et que l'on se rapproche des parties les plus éloignées de la ville.

Nous proposons à présent d'établir un second modèle à partir de la vitesse et de la densité en exprimant cette fois-ci la vitesse en fonction de la densité pour une causalité densité/vitesse.

Nous avons pu montrer que trois facteurs principaux fixant les conditions de circulations générales de l'aire urbaine étaient à l'origine ou non de l'étalement urbain.

On obtient l'expression suivante (voir annexe XV) :

$$V(x) = \frac{\left(\frac{D}{D(x)}\right)^{\frac{1}{\alpha}} V_{\max}}{\left(\frac{D}{D(x)}\right)^{\frac{1}{\alpha}} + e^p} \quad (72)$$

Figure 210 : Formes de la relation vitesse/densité en fonction des variations de V_{max}

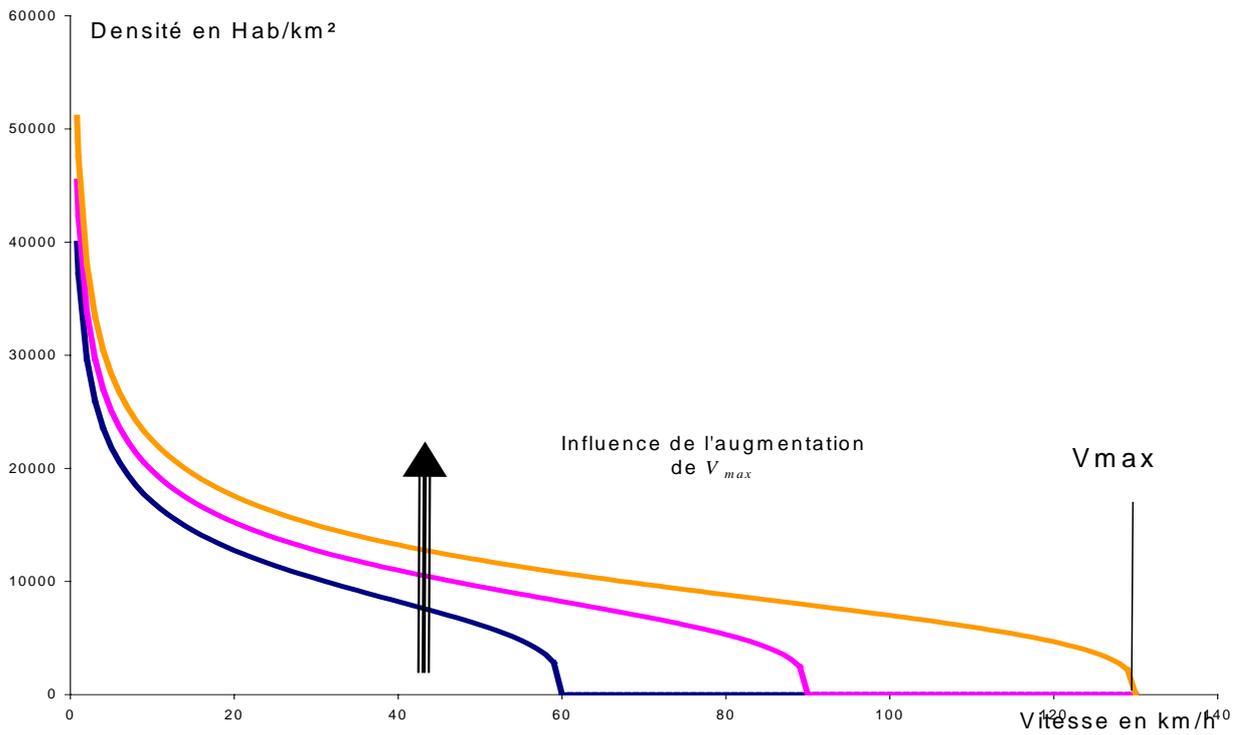
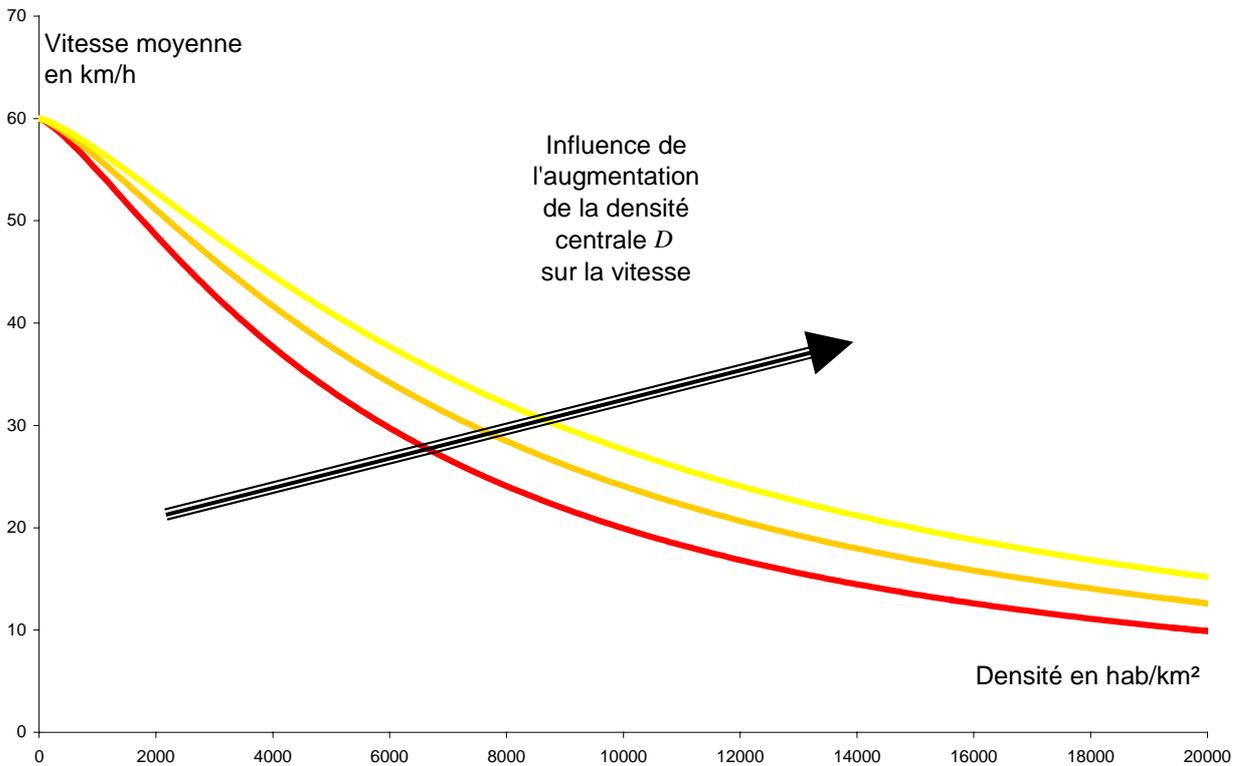


Figure 211 : Formes de la relation densité/vitesse en fonction des variations de D



Pour évaluer l'impact de la densité centrale sur la vitesse, nous devons déterminer la dérivée de la vitesse par rapport à la densité. On peut ainsi montrer que la vitesse varie dans le même sens que la densité centrale (la dérivée est de signe positif voir annexe XIX). Cela signifie que l'augmentation de la densité centrale a pour conséquence un accroissement de la vitesse moyenne. Or nous savons d'après les investigations de la première partie que l'accroissement de la densité centrale est l'effet de l'augmentation de la taille de la ville.

Ainsi, lorsque la ville s'agrandit, la vitesse moyenne aussi. Une petite ville aura une vitesse automobile plus faible que celle de la grande ville. On notera toutefois qu'à partir d'un certain stade de développement, on observe une augmentation moins importante de la vitesse. En somme, l'accroissement des vitesses est maximal pour les villes moyennes françaises comme Dijon. Au-delà de cette taille critique, la vitesse ne progresse plus. On note alors une certaine saturation des voies de communication.

Il nous est possible de procéder de la même manière que précédemment pour l'influence de la déconcentration ou de la concentration sur la vitesse en examinant le signe de la dérivée de la vitesse par rapport au gradient de densité. On montre alors que la dérivée est toujours négative tant que la densité reste inférieure à la densité centrale D (voir annexe XX). Cela permet ainsi d'observer que vitesse et concentration varient en sens inverse.

Autrement dit lorsque les populations se concentrent, la vitesse tend à diminuer. Inversement, les vitesses augmentent si les populations se déconcentrent. Ce résultat est *a priori* absurde. Toutefois, on peut argumenter en notant que lorsque les populations se déconcentrent, cela conduit à un réaménagement des infrastructures donc une croissance des vitesses. On peut donc bien constater que déconcentration et vitesse varient dans le même sens.

Nous avons pu noter à travers l'analyse de l'évolution des divers paramètres de la relation qu'il existe bien une causalité circulaire entre densité et vitesse. Nous proposons de démontrer le même type de relation entre la morphologie et la vitesse

2.2.2) La vitesse et la dilution

On montre que (voir annexe XXI) :

$$D_i(x) = \frac{Ne^\omega}{\left(\frac{V(x)}{V_{\max} - V(x)}\right)^{\frac{\mu}{\lambda}} e^{\frac{\rho\mu}{\lambda}} + e^\omega} \quad (73)$$

Le premier résultat que nous pouvons tirer de cette expression est que la dilution est une fonction inverse de la vitesse.

En somme le pourcentage de surface bâtie diminue lorsque la vitesse augmente, on observe ainsi une diminution des espaces entièrement urbanisés pour aboutir à un espace urbain dilué.

Plus précisément, on peut également envisager les variations des différents paramètres en fonction de (73). La première évolution que nous pouvons percevoir est la relation entre l'augmentation générale des vitesses et la dilution.

Figure 212 : Formes de la relation densité/vitesse en fonction des variations de α

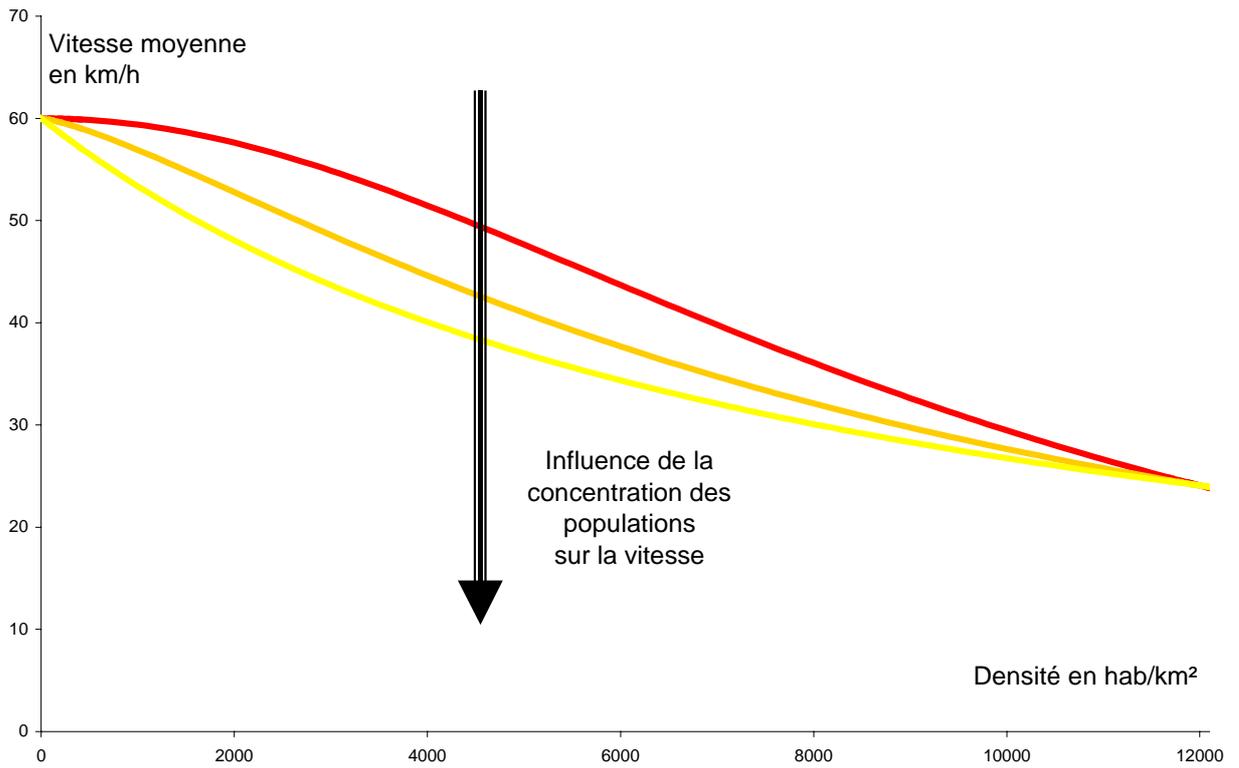
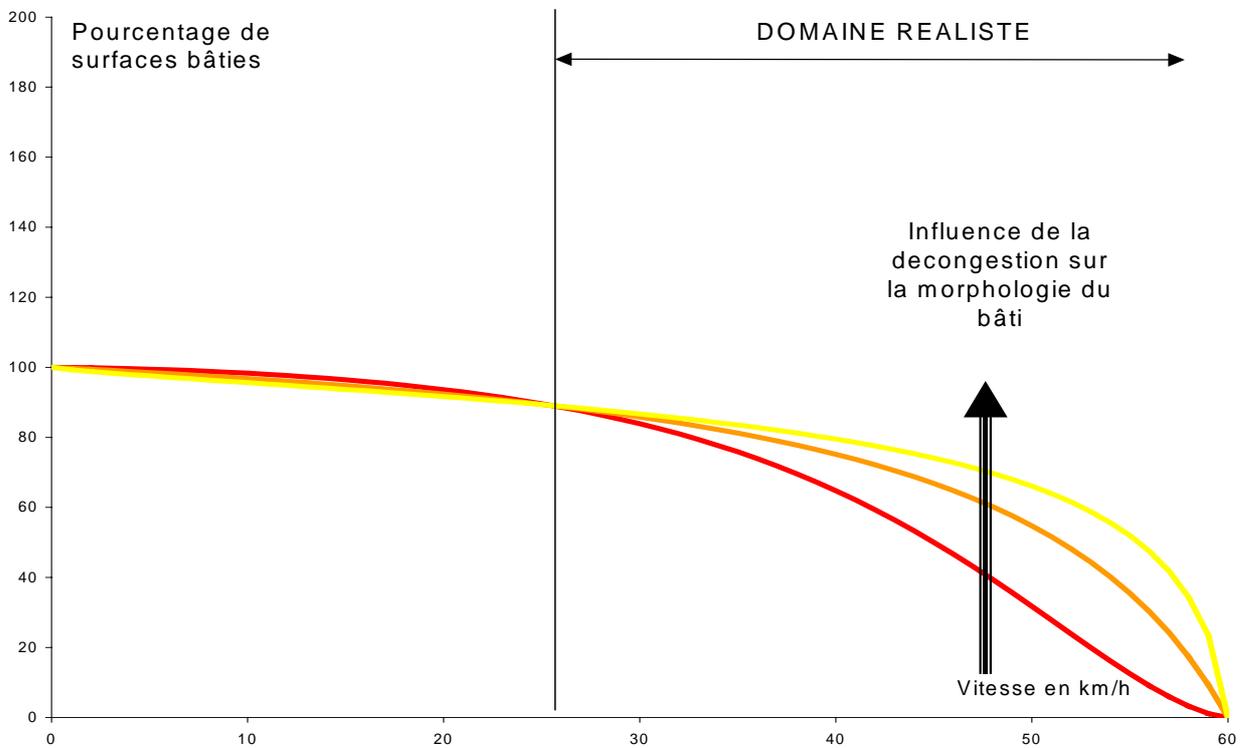


Figure 213 : Formes de la relation vitesse/dilution en fonction des variations de λ



On montre très simplement que la dérivée est toujours de signe positif (voir annexe XXII) , ce qui signifie qu'une croissance de λ , soit un accroissement des vitesses entraîne une augmentation du pourcentage de surface urbaine (cf figure 213).

On apprend alors que la croissance générale des vitesses est responsable de l'accroissement des surfaces bâties non pas au centre des agglomérations où les terrains ne sont plus disponibles mais en périphérie sur les marges où il existe encore de vastes superficies entièrement libres.

On peut donc dire que d'un point de vue morphologique, l'augmentation des vitesses est responsable de l'extension des tissus urbains donc de l'étalement physique des agglomérations.

Cet accroissement est semble t-il très spectaculaire dans les zones de transition entre l'urbain et le rural, c'est-à-dire dans les marges que nous avons identifiées comme en voie de suburbanisation.

Avec la croissance des vitesses, on peut dire que la nature même de la relation est bouleversée. A proximité du centre de l'agglomération, la croissance des zones bâties est faible alors qu'elle est forte voire extrêmement forte dans l'immédiate périphérie de la ville (le suburbain). On observe une véritable croissance par concrétion et par élargissement de la couronne bâtie. L'impact devient moindre à mesure qu'on s'éloigne de l'agglomération.

A l'inverse, la diminution des vitesses ne fait pas décroître le pourcentage de surface bâtie car ce dernier ne peut qu'augmenter. On observe en revanche une limitation de la croissance du pourcentage. L'étalement physique de la ville est donc fortement affecté par les variations de la vitesse.

Dans un deuxième temps, il nous est possible d'évaluer l'impact de la vitesse maximale sur la dilution.

On montre que le rapport est de signe positif (voir annexe XXIII). Par conséquent, le pourcentage de surface bâtie évolue dans le même sens que la vitesse maximale en milieu périurbain. Autrement dit un accroissement de cette dernière favorise la progression des surfaces urbanisées. Toute la question est de savoir comment ? Pour y répondre nous utilisons une nouvelle fois la représentation graphique de la relation.

La figure 214 est assez complexe à analyser car on doit mettre en relation des pourcentages avec des vitesses qui parfois sont inexistantes. Nous allons donc nous contenter de commenter les courbes pour les portions communes (à savoir sur ce graphique, les parties entre 0 et 40 km/h). On notera ainsi que la vitesse maximale progresse, lorsque le pourcentage de surface bâtie augmente, nous l'avions déjà observé avec la dérivée. Plus intéressant est sans doute le fait que la nature de la relation ne varie pas. Autrement dit, la vitesse maximale favorise certes un étalement urbain mais qui se fait selon des modalités identiques. On peut parler d'une extension des domaines urbanisés sans que le niveau de dilution ne varie véritablement.

L'amélioration de l'accessibilité en milieu périurbain repousse les limites de ce qui est urbanisable et reproduit les schémas de l'urbain mais sur des distances plus importantes. Elle crée une aire métropolisée de plus grande taille. Ce qui était frange devient urbain pur et ce qui était rural devient frange. Le fonctionnement de la ville reste fondamentalement identique même si les distances et les tissus ont largement progressé.

Pour évaluer l'impact de la vitesse au centre sur le pourcentage de surface bâtie, la dérivée apporte les premiers éléments de réponse. Le rapport est toujours de signe négatif (voir annexe XXIV), on montre ainsi que lorsque p augmente, le pourcentage de surface bâtie diminue. Cela signifie que quand la vitesse minimale au centre contrôle l'étalement du bâti, une augmentation de cette dernière (diminution de p) favorise l'accroissement de la surface urbanisée.

L'augmentation de la vitesse centrale minimum influe semble t-il sur la totalité de l'aire urbaine mais selon des modalités assez différentes :

- **ainsi, pour les parties les plus centrales, il semble que les effets soient relativement modérés avec un impact qui bien sûr fait croître les domaines urbanisés mais bien moins qu'en périphérie**
- **à mesure qu'on s'éloigne du centre, l'impact croît pour être maximum au sortir de la ville (l'effet de la vitesse minimale est ainsi comparable à celui de l'augmentation des vitesses). Alors que la transition entre l'urbain et le non-urbain était assez douce, avec la croissance de la vitesse centrale, on aboutit à un accroissement de la rupture entre l'urbain et le non-urbain.**
- **lorsqu'on sort de la ville, l'impact décroît fortement pour finalement devenir nul dans les parties les plus reculées du périurbain.**

Comme nous avons pu établir une relation exprimant la dilution en fonction de la vitesse, nous pouvons faire l'inverse : envisager une fonction où la vitesse est l'ordonnée. A partir des expressions de la distance au centre, on peut tirer la relation suivante (voir annexe XXI) :

$$V(x) = \frac{V_{\max} e^{\frac{\lambda \omega}{\mu}}}{\left(\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)} \right)^{\frac{\lambda}{\mu}} e^p + e^{\frac{\lambda \omega}{\mu}}} \quad (74)$$

Figure 214 : Formes de la relation vitesse/dilution en fonction des variations de V_{max}

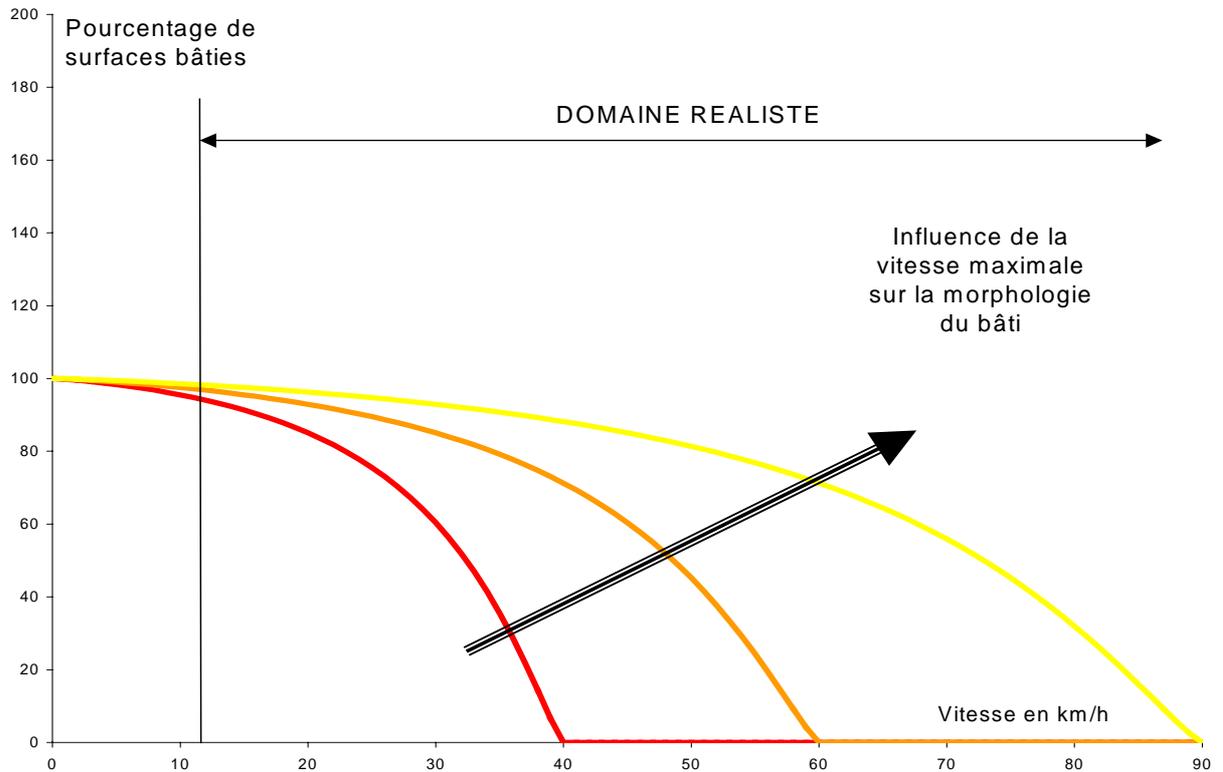
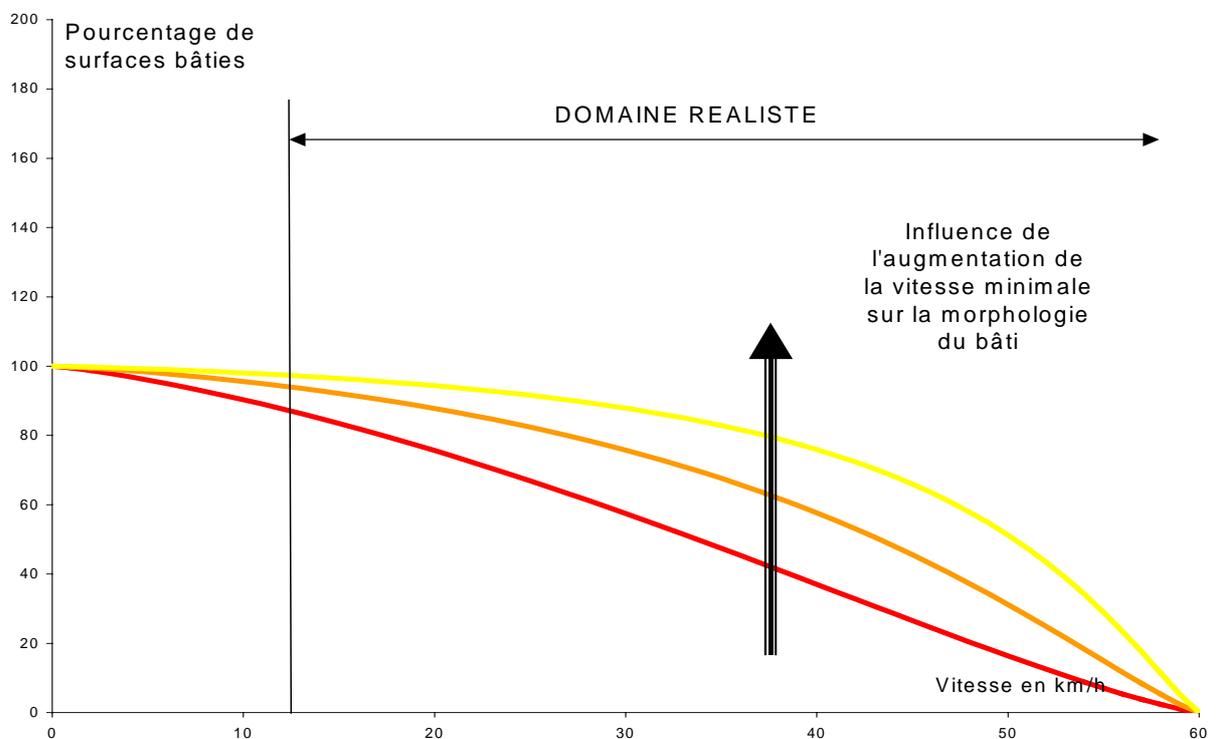


Figure 215 : Formes de la relation vitesse/dilution en fonction de la variation de V_{min}



La première règle générale que nous pouvons tirer de cette relation est l'évolution opposée de la dilution et de la vitesse.

La fonction nous montre que le pourcentage de surface bâtie varie en sens inverse de la vitesse. Autrement dit, plus le bâti est compact, plus la vitesse est faible. Plus l'habitat est dispersé, plus la vitesse est élevée.

Plus spécifiquement, on peut se demander si l'étalement ou la dilution du bâti entraîne une décroissance ou au contraire une augmentation des vitesses.

Pour évaluer l'influence de la dispersion du bâti sur la vitesse, il convient de raisonner sur les variations du paramètre μ .

On montre que la dérivée est de signe négatif pour une valeur $D_i(x) < D_{imax}$.

Concrètement cela signifie que l'augmentation de la dilution du bâti (diminution de μ) a pour conséquence une diminution de la vitesse au-delà de la limite de $D_i(x)$ indiquée plus haut. Cette dernière est fixée pour une distance au centre de $x = 0$. Autrement dit, la dérivée est positive quelque soit μ dans le domaine réaliste ($x > 0$). **On en conclut que la dilution du bâti fait décroître les vitesses.**

L'influence de l'étalement urbain sur la vitesse peut être appréhendé à travers l'évolution du paramètre ω . Il suffit de calculer la dérivée de la dilution par rapport à ω .

Elle est positive quelque soit ω (voir annexe XXVI), ce qui signifie que l'étalement urbain entraîne mécaniquement une croissance des vitesses. Ce résultat peut paraître assez surprenant. Pourtant, lorsque l'on va bâtir plus, on va nécessairement faire croître le réseau routier donc augmenter le nombre de radiales de grand gabarit, d'où un accroissement des vitesses. La figure 217 nous apporte des éclairages supplémentaires.

Figure 216 : Formes de la relation dilution/vitesse en fonction de la variation de ω

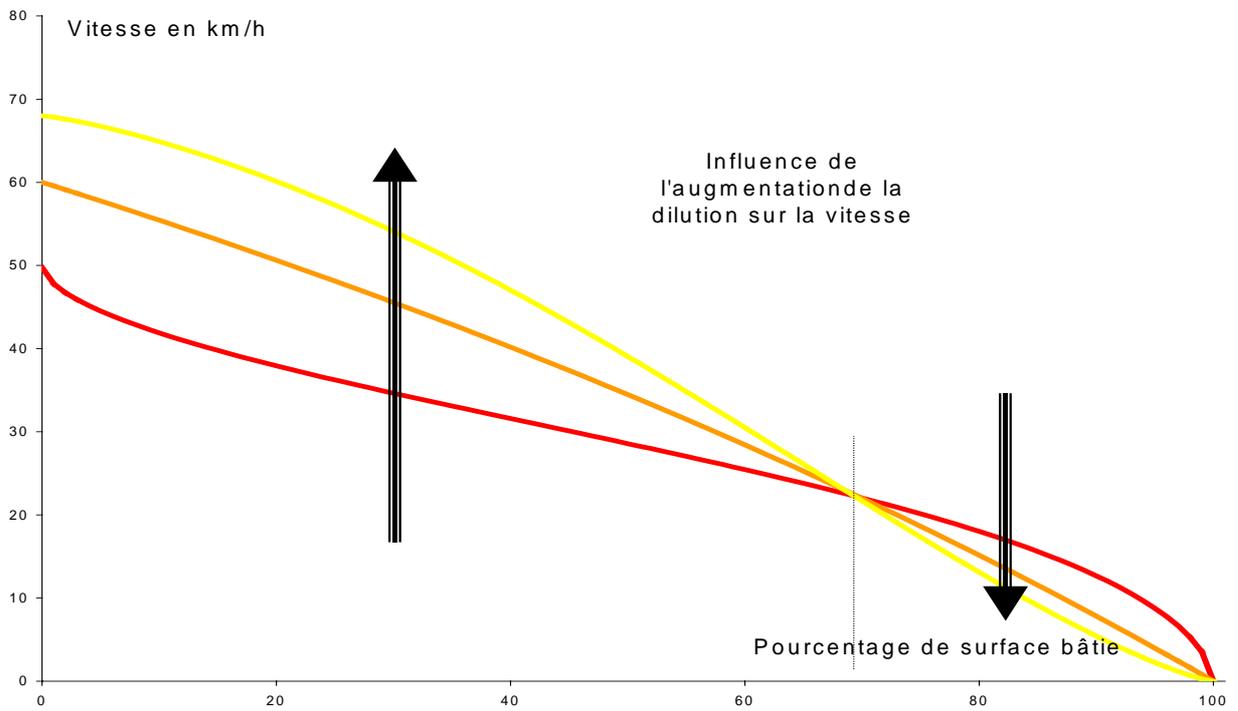
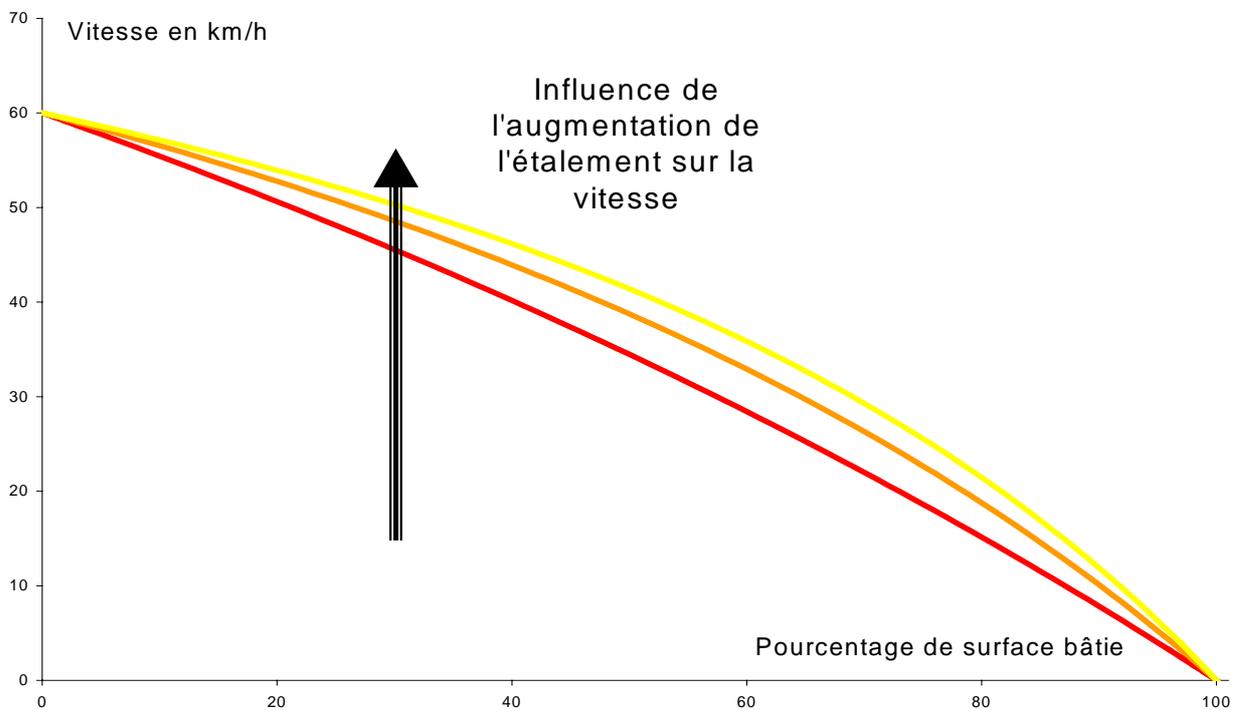


Figure 217 : Formes de la relation dilution/vitesse en fonction des variations de μ



On observe alors que la progression est plus forte à mesure que l'on s'éloigne du centre ville. Elle est maximale aux franges de l'agglomération où le pourcentage de surface bâtie est de 30 à 80% et décroît à nouveau lorsque l'on s'éloigne de cette zone tampon. On peut donc en conclure que l'étalement urbain favorise la progression des vitesses dans un périmètre finalement relativement faible. La nature de la relation entre vitesse et dilution n'est alors pas modifiée.

On peut imaginer que lorsque l'extension physique en continu de la ville se limite, la progression de la vitesse stagne elle aussi.

Ainsi, pour les grandes agglomérations, les surfaces en progression sont extrêmement importantes et donc les aires où les vitesses augmentent le sont aussi.

Après avoir observé que les vitesses jouaient un rôle plus que fondamental dans les processus de concentration, de déconcentration, de dilution et d'étalement urbain, nous proposons de nous intéresser à la question des temps d'accès. Les relations mécaniques entre densités et vitesse nous font bien entendu penser qu'il peut en être de même pour les temps et ainsi que l'on est tout en fait en mesure d'expliquer la croissance des agglomérations, leur extension surfacique par une diminution des temps d'accès. Notre objectif sera par conséquent d'aller vers ce lien, de montrer qu'il existe bien une mécanique temporelle de la croissance.

2.3) Les temps d'accès et l'étalement urbain

La relation (68) nous a montré qu'il était possible d'exprimer les temps d'accès en fonction de la distance. Si, dans des fonctions simples de type densité ou dilution, il est relativement aisé de passer de l'abscisse à l'ordonnée et de l'ordonnée à l'abscisse, cela semble plus difficile dans des modèles plus complexes comme dans (68) ou le modèle de BUSSIERE. On ne peut obtenir de relations strictes dans ce sens. Conscient de ces limites, il ne nous a pas été possible de procéder au calcul d'un modèle liant les temps d'accès à la densité, aux populations cumulées ou la dilution. Comment peut-on dans ces conditions réaliser le lien entre les temps et les autres modèles ?

La solution nous est donnée par les travaux du L.E.T. Le choix a été de remplacer les distances par les temps d'accès. Si d'un point de vue théorique, le raccourci peut sembler discutable, les tests statistiques ont donné d'excellents résultats souvent meilleurs que pour les distances. Cette transformation de la nature même de la relation a permis d'analyser la totalité des aires urbaines à partir d'un unique modèle, ce qui n'était pas nécessairement possible pour les densités avec les distances.

Nous partirons de ces études pour analyser l'étalement urbain de l'aire urbaine dijonnaise.

2.3.1) Les temps d'accès et les densités

La thèse de P.Y.PEGUY³¹ analyse le nuage de points des densités pour les trois indicateurs que sont la distance radiale (à vol d'oiseau), la distance réticulaire et enfin le temps d'accès dans l'aire urbaine lyonnaise.

L'auteur montre que le moins performant des indicateurs est sans nul doute la distance radiale car cela suppose que le temps d'accès est une fonction linéaire de la distance, autrement dit que le réseau est homogène dans la totalité de l'espace, ce qui est loin d'être le cas. Cette répartition ne tient pas compte des variations de vitesse au sein de la zone d'étude.

Le second graphique de la distance réseau semble plus approprié pour ce genre d'étude, puisque l'on peut observer une dispersion beaucoup moins nette que dans le cas précédent. Pourtant, on peut également noter une certaine dissymétrie entre les communes les plus accessibles et ayant une plus forte densité et les autres dans la partie basse du nuage.

Finalement, c'est bien le temps d'accès qui semble être le plus fiable des trois indicateurs. Le nuage s'allonge le long d'une ligne jusqu'à 25 minutes puis s'incurve par la suite contrairement aux autres cas où on avait pu noter une rupture plus nette et surtout bien plus proche du centre. Par ailleurs, la dissymétrie observée pour les deux distances semble moins valide puisque la dispersion se réduit considérablement pour la partie basse du nuage. En somme, les temps d'accès éloignent les limites de l'ancien modèle de densité en fonction de la distance au centre où l'on devait effectuer un partage entre urbain et périurbain. Ici, nous nous retrouvons dans un cas de figure où ce point est repoussé bien plus loin que l'ancienne limite, c'est en cela que l'on peut dire, que le temps d'accès s'ajuste bien mieux à nos données.

Les résultats sur Lyon nous incitent à une application pour une ville de taille plus modeste : Dijon.

Trouvera-t-on des logiques similaires et quelles seront les échelles ?

Nous retrouvons des éléments communs avec Lyon, à savoir une régression linéaire du log jusqu'à une distance-temps assez lointaine du centre de Dijon. Le coefficient de détermination reste toutefois relativement moyen avec 0.45. Il peut malgré tout être considéré comme significatif.

En revanche, au-delà, il semble plus difficile de parler de régression.

Une rupture apparaît autour de 20 minutes du centre ville.

Nous pouvons décomposer l'espace en deux sous portions :

- 1) La première zone entre 0 et 20 minutes s'organise en fonction des isochrones, on peut donc en déduire que l'étalement urbain suit une logique temporelle.

³¹*Analyse économique des configurations urbaines et de leur étalement*, Thèse de doctorat Sciences Economiques 2000 Université Lumière Lyon II

Figure 218 : Densité et distance au centre dans l'aire urbaine lyonnaise

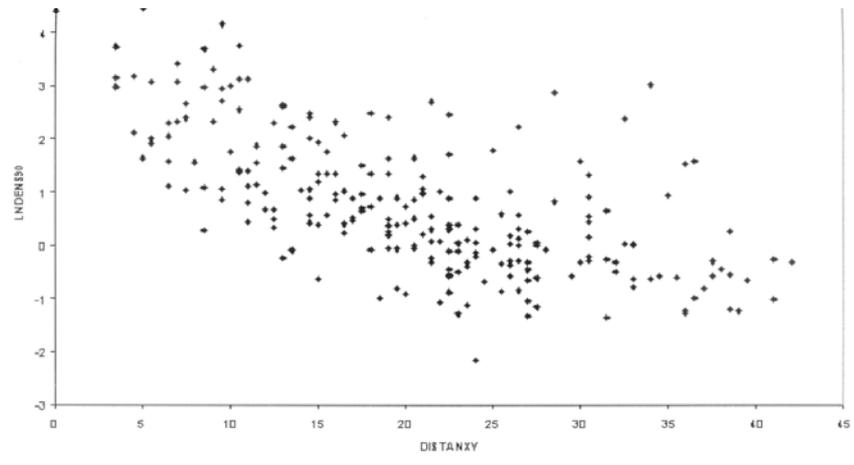


Figure 219 : Densité et distance réticulaire dans l'aire urbaine lyonnaise

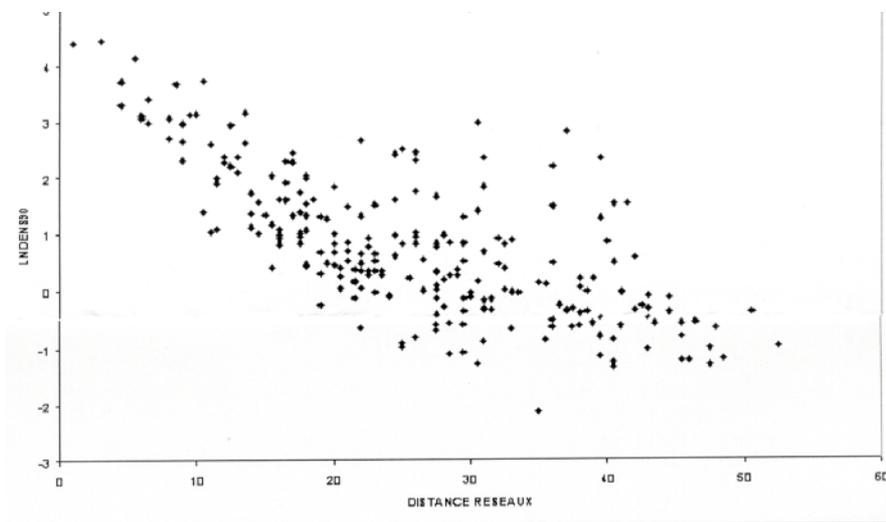
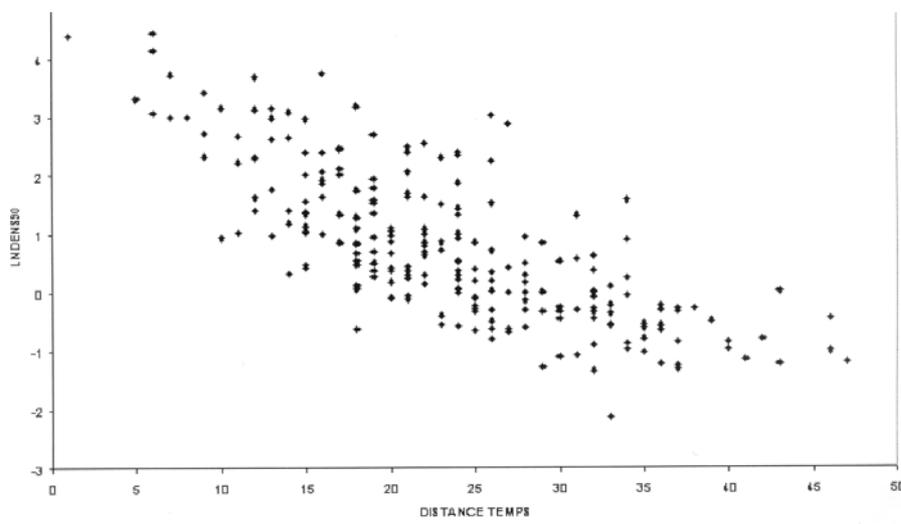


Figure 220 : Densité et distance-temps dans l'aire urbaine lyonnaise



Source P.Y.PEGUY : *Analyse économique des configurations urbaines et de leur étalement*,
thèse de doctorat 2000

- 2) La seconde zone au-delà de 20 minutes ne suit plus de logique de type centre-périphérie, il n'est donc plus possible d'établir un lien entre temps d'accès et étalement urbain.

En somme, la limite des 20 minutes semble assez significative du point de vue de l'étalement urbain.

En deçà de cette dernière, la ville progresse par étalement en nappes successives alors qu'au-delà, il n'existe plus réellement d'attractivité de la ville centre. Cette limite correspond à l'isochrone définie par ZAHAVI comme étant le maximum d'extension spatiale de la ville. Pour les plus grandes villes, il avait pu montrer que la croissance se limitait à une distance-temps de 30 minutes voire plus. Il semble que pour Dijon, cette dernière soit fixée à 20 minutes.

2.3.2) Le modèle de BUSSIERE et les temps d'accès

Comme pour les densités et en observant que la distance semble un indicateur moins intéressant que le temps, il est possible de mettre en relation par un nuage de points les populations cumulées en fonction des distances-temps. Quelle peut être la forme de la relation ?

Les études de P.Y.PEGUY³² (2000) pour les populations ou de D.MIGNOT pour les emplois³³ montrent que la formulation de BUSSIERE conserve sa validité pour les distances-temps.

Les populations cumulées s'ajustent classiquement aux distances à vol d'oiseau en utilisant l'amendement Kx . La question essentielle qui reste ici en suspend est le contenu de cet amendement.

Avec les distances temps, la forme est conservée mais le modèle s'ajuste alors bien mieux à la formule la plus classique : le modèle de BUSSIERE.

Nous remarquerons également que le modèle se décompose en deux ensembles distincts : une première partie de la courbe entre 0 et 30 minutes où l'on observe une croissance des populations cumulées et une seconde au-delà des 30 minutes où la croissance est quasiment nulle. Nous rapprocherons ces éléments des précédentes réflexions sur les densités. Entre 0 et 30 minutes, nous nous trouvons dans une zone de fort gradient où le pôle urbain semble influencer considérablement sur l'étalement urbain.

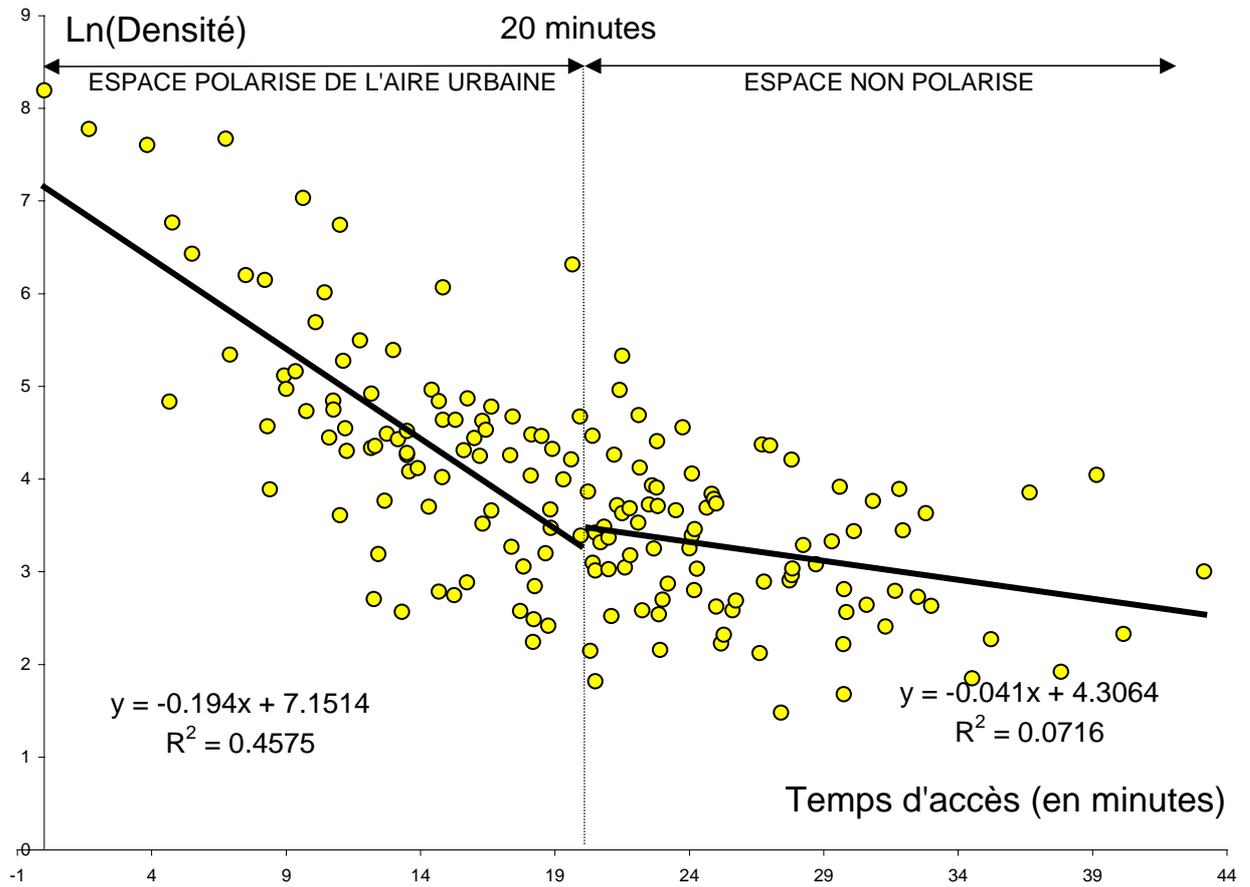
Au-delà, les valeurs stagnent, nous en concluons que ces espaces sont semble t-il moins affectés par le pôle.

L'isochrone 30 minutes apparaît de fait significative du point de vue de l'étalement urbain et se présente en quelque sorte comme la limite temporelle extrême de l'étalement urbain. Qu'en est-il pour Dijon ?

³² H.JAYET et P.Y.PEGUY. « Densités, distances et coût d'accès au centre », 36^{ième} colloque de l'association de Science Régionale de langue Française, nouvelle économie géographique, p.1-23

³³ M.A.BUISSON, D.MIGNOT et A.AGUILERA BELANGER. « Métropolisation et polarités intra-urbaines, le cas de Lyon », *Revue d'Economie Régionale et Urbaine*, n°2, p.271-296, 2001
ou voir D.MIGNOT. « Répartition des activités et distance au centre : pertinence du modèle de Bussière », XXXVI^{ième} colloque de l'association de Science Régionale de langue Française, session C4 socio-économie et géographie des transports structuration spatiale et transports, p.1-14, 2001

Figure 221 : Les densités et les temps d'accès au centre



Enault C.- THEMA Dijon

Source : Recensement INSEE

Figure 222 :

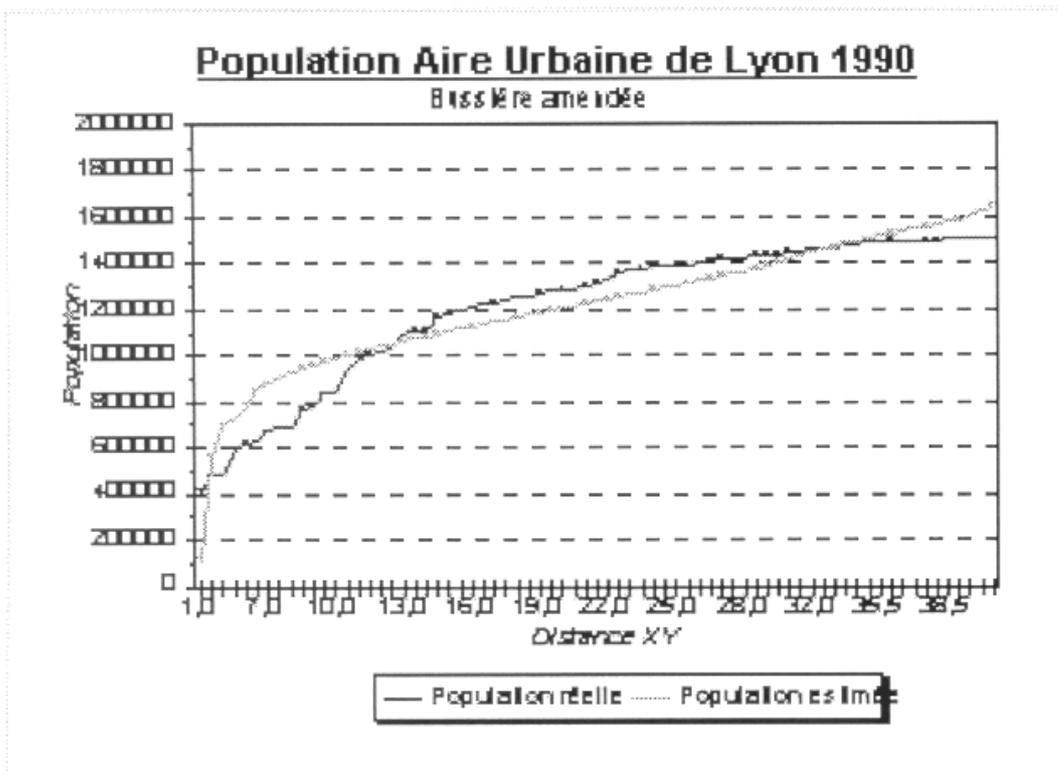
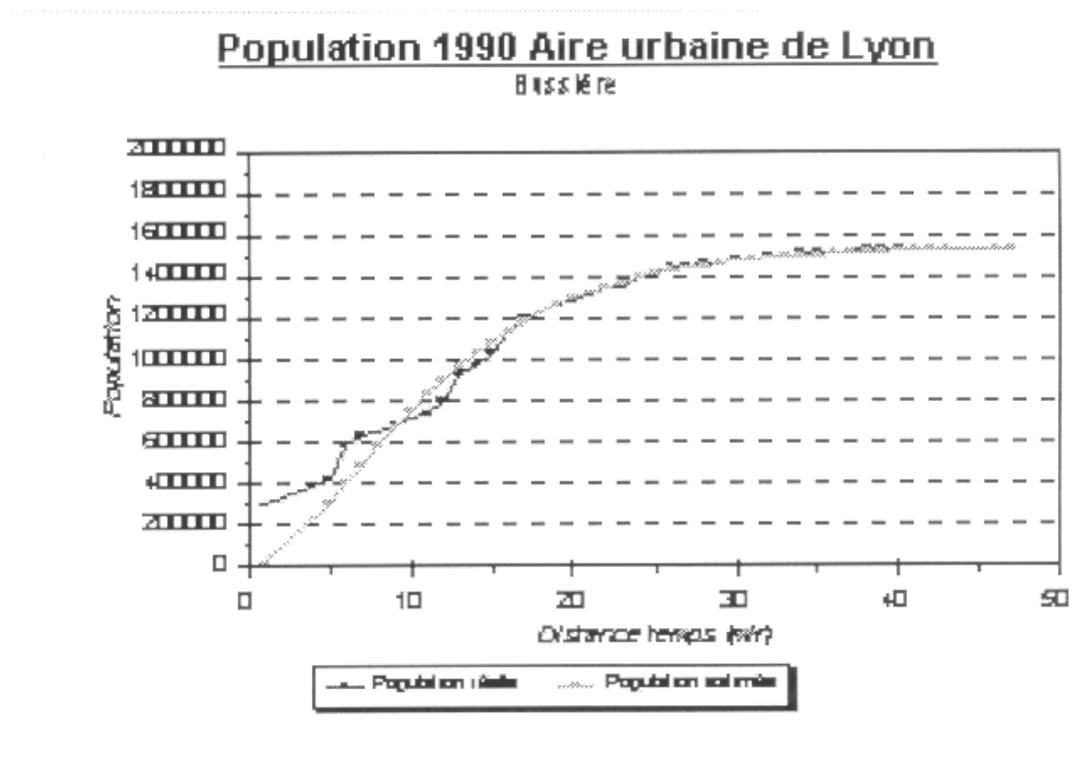


Figure 223



Source : P.Y.PEGUY, *Analyse économique des configurations urbaines et de leur étalement*,
thèse de doctorat 2000

Nos résultats concernant Dijon, sont tout à fait comparables à ceux de Lyon avec toutefois de fortes variations de taille.

Ainsi, nous observerons que la somme totale des populations n'excède pas les 311 000 alors qu'elle était de 1 500 000 pour Lyon. Par ailleurs, le point d'inflexion est situé approximativement à 20 minutes du centre, ce qui correspond une nouvelle fois à notre point de rupture des densités opposant les espaces polarisés aux zones plus à l'écart.

Nous remarquons également que le coefficient de détermination est de 0.88, ce qui est tout à fait satisfaisant mais moins bien ajusté que pour les distances radiales. Ce n'est pourtant pas pour cette raison que nous devons en conclure que les distances s'ajustent mieux que les temps d'accès. En fait, il s'agit essentiellement de la populations cumulée qui est comptabilisée à partir du centre des communes alors qu'il conviendrait de raisonner autrement pour appliquer un modèle, qui par définition, repose sur la continuité spatiale. Il serait plus intéressant de considérer des temps d'accès par îlot (nettement plus précis que les communes) et ce pour l'ensemble de l'aire urbaine. Cependant, nous ne disposons pas des données pour l'ensemble de cet espace.

Comme nous disposons de la carte des distances-temps, il nous est possible de représenter en deux dimensions le modèle de BUSSIERE³⁴. Nous devons également prendre en compte le fait que ce dernier ne s'applique que pour un secteur déterminé de l'aire urbaine (angle Est de $25\pi/36$ cf partie I).

La logique est celle des temps d'accès, à savoir une organisation en ellipse qui oppose assez nettement l'Ouest à l'Est.

- Dans la partie ouest, l'angle de non application, les isochrones sont déformées et l'axe de l'A 38 s'individualise très nettement. Au regard des populations réellement présentes, nous ne percevons pas une si grande extension de la courbe des populations cumulées vers l'Ouest. Le plateau, quant à lui, semble comprimer les populations dans un périmètre relativement réduit.

Même si l'on peut effectivement assister à un mouvement de rassemblement vers le centre et de mise à l'écart des parties du plateau, nous ne devons pas considérer les données du modèle spatialisé comme conforme à la réalité (en référence aux éléments de la première partie).

- C'est finalement la partie est qui « rentre le plus dans le moule » avec des isochrones globalement concentriques et donc une organisation des populations cumulées assez proche de la coupe en deux dimensions.

On peut bien évidemment percevoir des variations d'accessibilité plus locales qui vont naturellement influencer sur la répartition des populations.

On observera ainsi des étirements en direction de l'A 39 et de la D 996. Une troisième direction apparaît également celle de la N 74. Les radiales les plus importantes semblent de fait contribuer à un étalement urbain. Les communes à l'écart (plus de 20 minutes du centre de Dijon) se limitent à l'extrême Sud en direction de la Saône et à l'extrême Est.

³⁴ Cf R.CHAPUIS, C.ENAULT, V.MANNONE, J.L.MAIGROT, P.MILLE et E.RENAUD *Atlas de l'aire urbaine dijonnaise*, tome II, 2002

Figure 224 : Spatialisation du modèle de BUSSIERE en fonction des temps d'accès

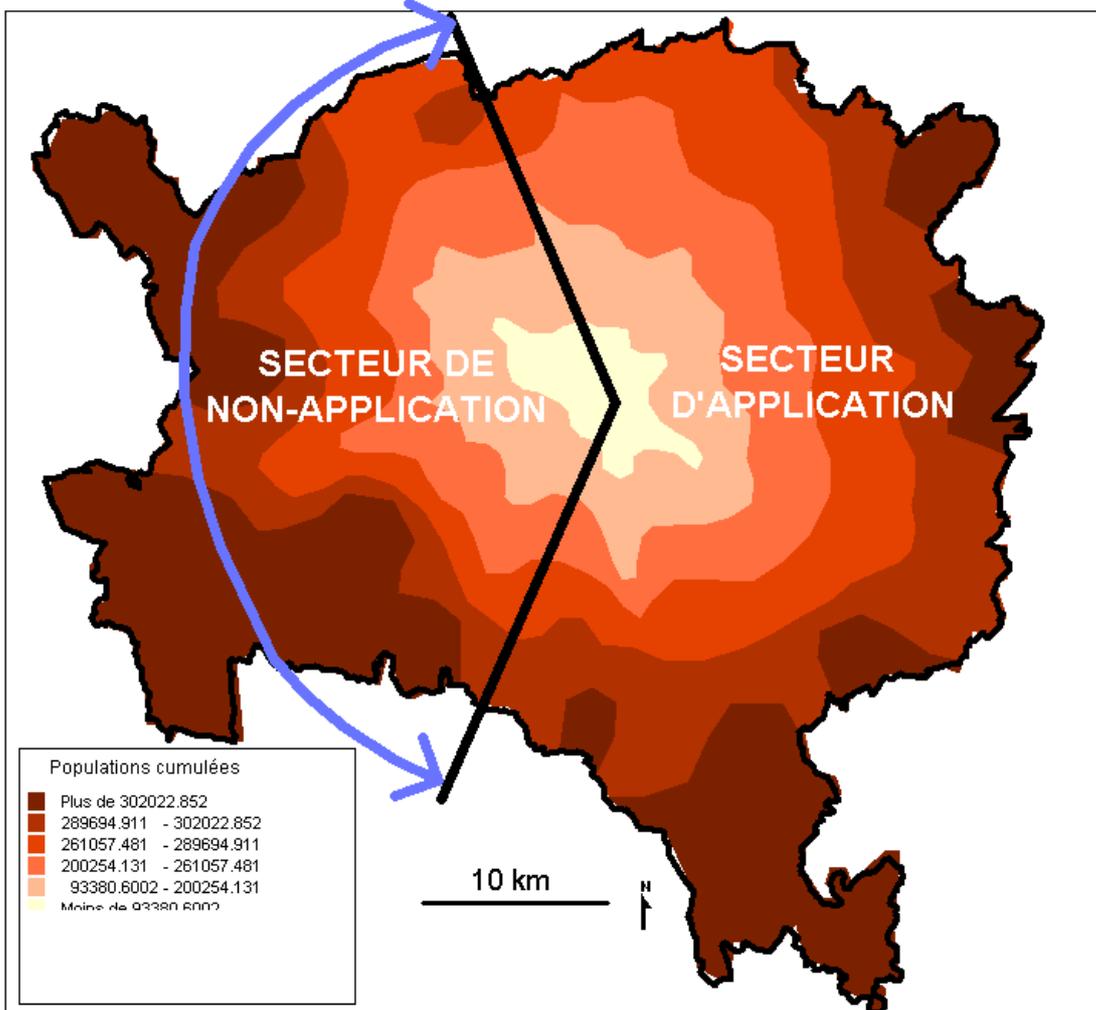
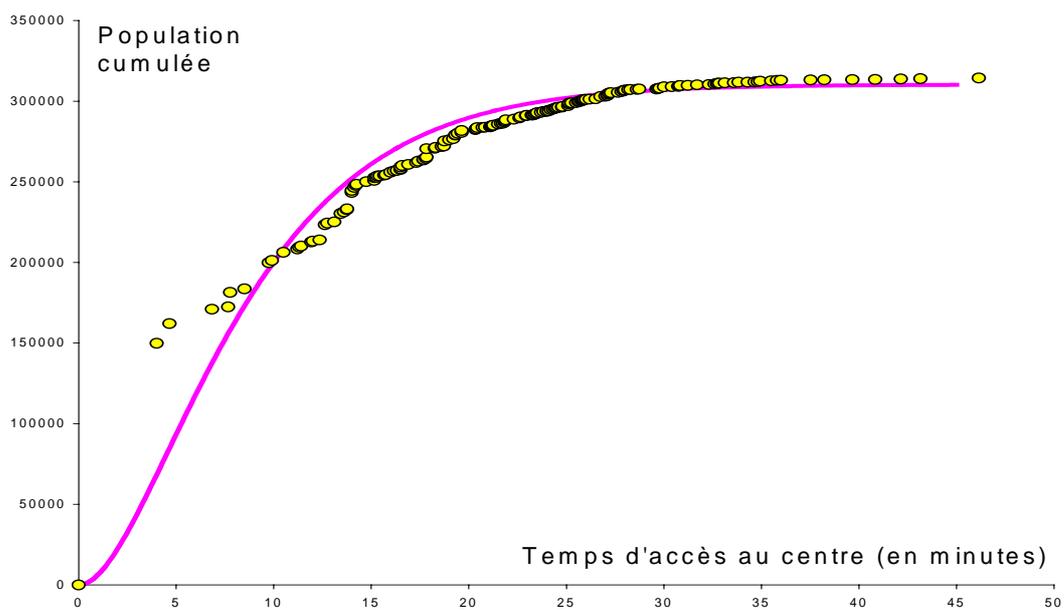


Figure 225 : Les populations cumulées et les temps d'accès



2.3.3) Le temps et la dilution

Nous avons montré que les vitesses sont bien souvent fonction de la dilution et inversement la dilution des vitesses. En partant de cette idée, nous pouvons naturellement envisager que la dilution est fonction du temps. Autrement dit à une situation donnée de temps d'accès correspond un niveau de dilution de l'urbain. Par conséquent, un niveau de dilution peut être à l'origine d'une configuration des temps d'accès.

Nous proposons de reconstituer les temps d'accès des années 1960 pour lesquels nous ne disposons d'aucunes données de trafic, de réseau.

Comme pour les deux autres variables que sont les populations cumulées et les densités, nous cherchons à trouver la relation entre le temps et la dilution. Pour ce faire, nous remplacerons la distance au centre par les temps d'accès pour examiner la conséquence sur la forme du nuage de points.

La régression logistique donne une forme du nuage de points somme toute assez semblable à celle des temps d'accès. Nous avons ainsi, deux fonctions de dilution : une première entre 0 et 7 minutes et une seconde au-delà de 7 minutes.

En-deçà de 7 minutes, le pourcentage de surface bâtie décroît régulièrement avec une forte pente et un coefficient de détermination de 0.9243, ce qui signifie que le modèle logistique rend très bien compte des variations de la surface bâtie.

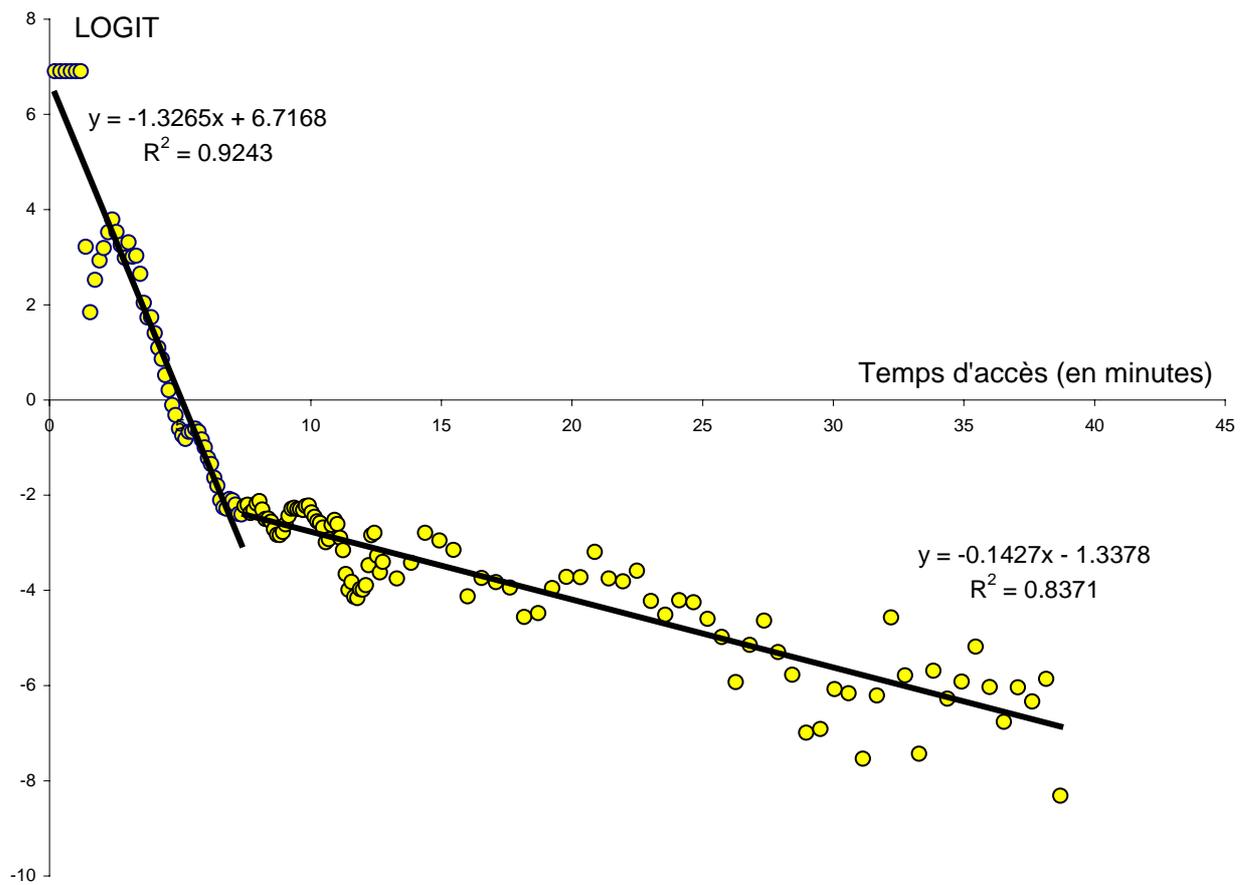
La borne des 7 minutes correspond à une rupture morphologique brutale où l'on va passer d'espaces entièrement bâtis à des zones plus ponctuelles. Il s'agit de la fracture urbain/périurbain.

Après 7 minutes, on rentre à proprement parler, dans le périurbain, la pente est nettement moins forte, ce qui montre que les contrastes deviennent moins importants entre les parties les plus proches de la ville et les plus éloignées.

Comme pour les distances, on distingue alors deux grands ensembles :

- 1) une première couronne entre 7 et 25 minutes à forte fréquence : on aura ainsi une zone où les villages restent assez proches les uns des autres. Elle correspond à l'espace que nous avons pu identifier avec les densités ou les populations cumulées : l'espace d'attraction du pôle dijonnais, au delà duquel les constructions nouvelles de périurbain se font plus rares.
- 2) une seconde couronne s'amorce à 25 minutes. On y observe des oscillations de plus faibles amplitudes. Les territoires sont donc nettement moins marqués par le bâti et surtout les vides gagnent du terrain.

Figure 226 : La dilution et les temps d'accès au centre



Enault C.- THEMA Dijon

Source : agence d'urbanisme

En reprenant les trois paragraphes sur les temps et l'étalement urbain, nous pouvons conclure que les temps semblent être un déterminant de la localisation des populations et déterminent la morphologie du bâti.

On retiendra une organisation de l'aire urbaine en trois sous-espaces :

- A) une première partie peut être qualifiée d'urbaine pure : on y observe de très fortes concentrations de population avec un bâti hégémonique. Malgré tout, à mesure que l'on s'éloigne du centre, la morphologie urbaine change passant de l'entièrement bâti à des espaces mixtes associant bâti et non-bâti. Les densités décroissent également. On observe un gradient à peu près constant.
A partir de 7-8 minutes, on identifie une première rupture qui n'est que de nature morphologique. Le tout urbain compact n'est plus la règle et l'on passe assez brutalement à des espaces bâtis plus dispersés.
- B) on entre ainsi dans la seconde zone, plus naturelle, mais encore fortement marquée par le bâti. Si les densités poursuivent leur décroissance, on observe malgré tout peu de variation du gradient. Autrement dit, les périurbains (puisqu'il convient de les appeler ainsi) ne s'agglomèrent plus mais se rassemblent en une multitude de villages plus ou moins étalées. Ces derniers sont en forte croissance et subissent la forte attractivité du pôle urbain. La longueur du trajet n'est pas encore une limite pour l'installation de nouveaux riverains. Il s'agit du périurbain qui croît par construction de nouveaux logements pavillonnaires.
- C) à partir de 20, 25 minutes, on aboutit à la seconde rupture qui est à la fois démographique et morphologique. Il s'agit de l'isochrone limitative de la croissance urbaine (Hypothèse de ZAHAVI). Les constructions nouvelles se font plus rares et les densités ne suivent plus une logique de nature centre-périphérie (le coefficient de détermination est proche de 0). Autrement dit, la zone n'est plus ou très peu attirée par le pôle urbain même si ces communes restent dans l'aire urbaine.

Dans la suite de notre étude, nous considérerons comme vérifiée la relation liant le temps à la dilution. On substituera par conséquent la distance par le temps obtenant la relation suivante :

$$D_i(x) = \frac{Ne^{-\mu T + \omega}}{1 + e^{-\mu T + \omega}} \quad (75)$$

Nous partirons de la configuration morphologique des espaces bâtis pour retrouver les temps d'accès au centre. Autrement dit, nous rechercherons les conséquences du bâti sur les temps d'accès. Pour ce faire nous nous baserons sur les données actuelles couplant temps/dilution pour effectuer une rétopolation sur les années 1960. A un temps d'accès correspond un niveau de dilution et si la relation est univoque, à l'inverse à un niveau de dilution correspond un temps d'accès. Par exemple, si à une distance-temps de 15 minutes, on a en moyenne 9% de surface bâtie pour la période actuelle et en supposant que les conditions de relation entre les temps d'accès et la dilution restent identiques quelle que soit la date. On supposera ainsi que les ruptures se maintiennent en fonction du niveau de dilution. On sait par exemple qu'une première rupture se situe à 10% de surface bâtie.

Figure 227 : Spatialisation du modèle de dilution en fonction des temps d'accès

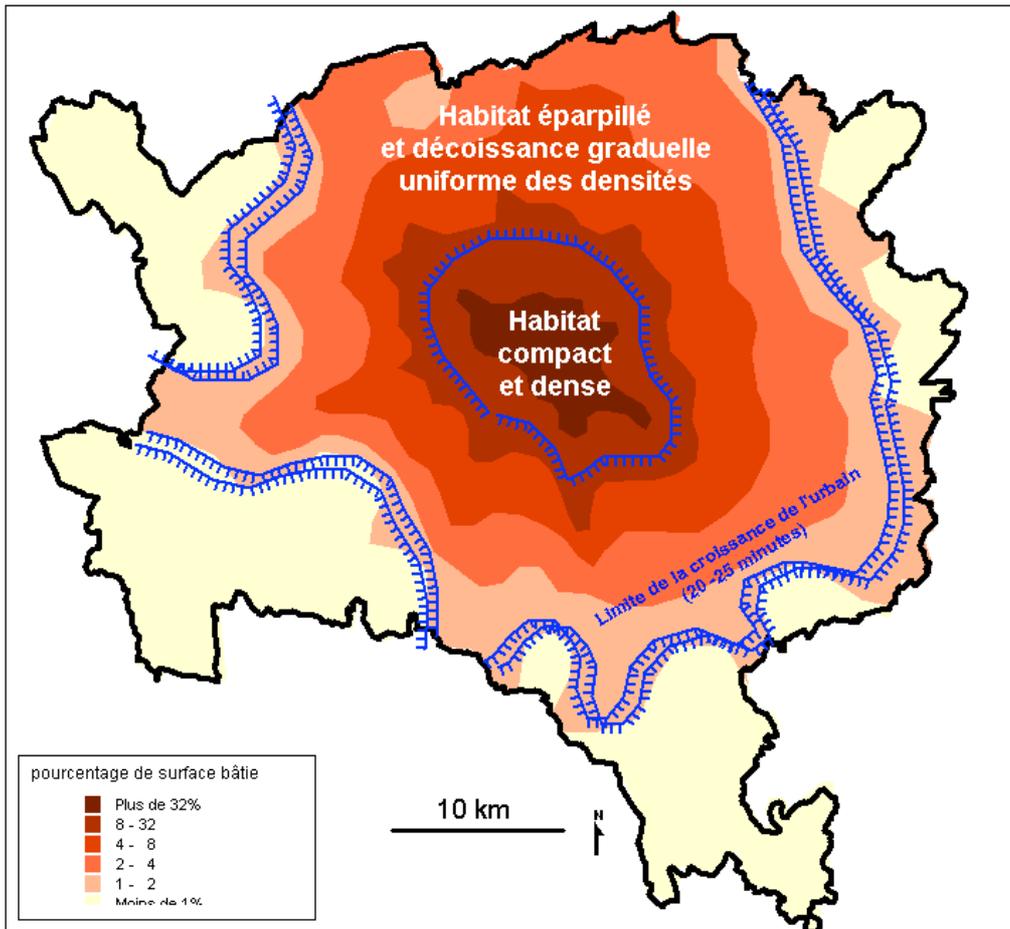
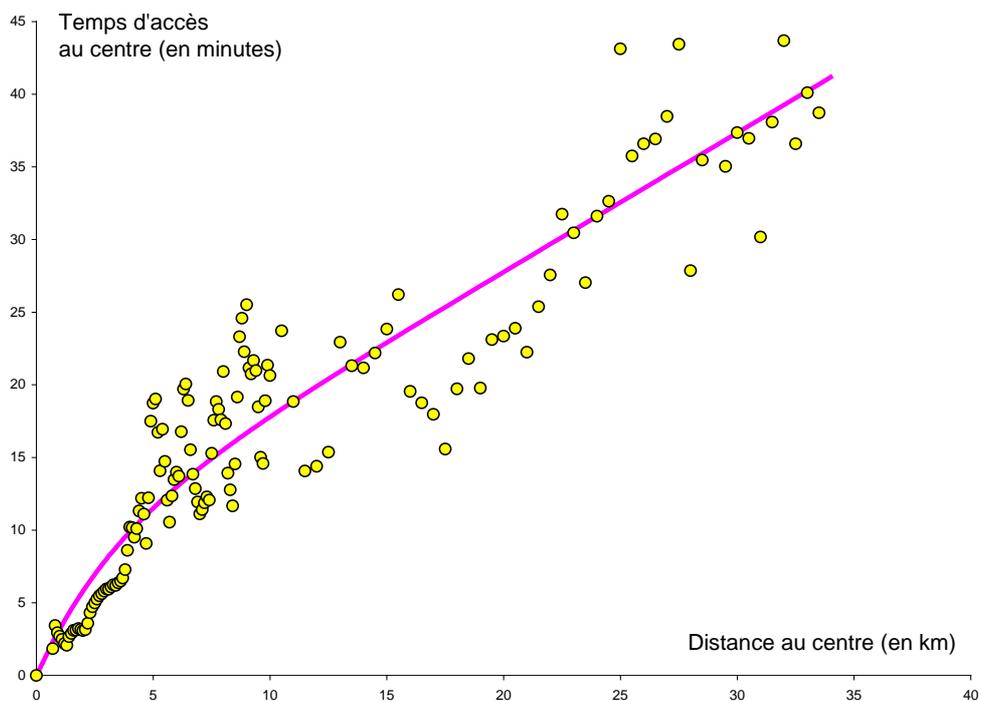


Figure 228 : Distance et temps d'accès en 1960



Si la régression logistique des données du bâti de 1999-2003, met en exergue une double fonction avec une rupture autour de 7 minutes, alors on peut imaginer une certaine constance « morpho-temporelle ». En 1960, on retrouvera la double régression logistique avec des paramètres identiques et une rupture à une même distance-temps. C'est la distance qui a en revanche bougé.

Nous avons défini précédemment le rapport LOGIT pour la distance, nous pouvons le redéfinir de même pour le temps à partir de (75)

$$-\mu T + \omega = \text{Ln}\left(\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)}\right) = \text{LOGIT} \quad (76)$$

Il est alors facile de retrouver le temps :

$$T = \frac{\omega - \text{LOGIT}}{\mu} \quad (77)$$

On met en place ainsi un nuage de points calculé à partir des coefficients de la régression contemporaine et des niveaux de dilution des années 1960 (cf figure 228).

Il nous est alors possible, pour une configuration spatiale des dilutions, de calculer les temps théoriques pratiqués à cette période.

On ajuste, par la méthode habituelle de STATISTICA les points en utilisant l'estimation non linéaire.

On obtient une courbe d'accessibilité sensiblement différente de l'actuelle fonction.

Les paramètres sont de fait assez différents avec une vitesse en milieu périurbain de 62.76, ce qui est supérieur à ce que l'on peut observer actuellement. Et surtout une vitesse minimale de 16.78, par contre inférieure à la vitesse minimale actuelle. Le coefficient de congestion quant à lui, a augmenté, ce qui va dans le sens d'une décongestion.

En résumant, on va vers l'idée que la vitesse en milieu périurbain a très légèrement baissé mais qu'en revanche les vitesses urbaines ont progressé. En somme, l'accessibilité s'est sensiblement améliorée depuis les années 1960, les isochrones ont donc été rejetées plus loin du centre et ainsi la limite de périurbanisation s'est elle-même éloignée du centre. L'étalement urbain s'explique donc par une extension des domaines visitables (à moins de 25 minutes).

A la question existe-t-il une relation entre le transport et l'étalement urbain, nous ne donnons qu'une réponse partielle se fondant sur un couple spécifique : la vitesse et la densité.

Nombreuses sont les études qualitatives qui s'appuient sur ce couple en argumentant qu'un élément a des conséquences sur l'autre et inversement. Nous en déduisons donc que la nature du lien est univoque, ce que l'on pourrait qualifier de boucle de rétroaction. Pourtant, nous observons que les liens sont loin d'être aussi simples et qu'en réalité, il convient de raisonner plus en terme de double boucle de rétroaction où un cercle vicieux de l'étalement urbain agit sur le cercle vicieux de l'automobile et inversement.

Dans le paragraphe 2.2, nous avons cherché au contraire de ce paragraphe, à simplifier la relation vitesse densité pour pouvoir la modéliser.

En partant de l'hypothèse que la densité était une fonction de la distance au centre et que la vitesse l'était également, nous sommes arrivés à la conclusion qu'un lien vitesse-densité semblait effectivement de mise et que l'on pouvait l'exprimer mathématiquement.

Le principal résultat que nous en avons tiré est la confirmation des études empiriques qui émettaient l'hypothèse que vitesse et densité variaient en sens inverse, autrement dit que la forte vitesse était un facteur de dédensification des populations. Nous avons également montré en sens inverse que la déconcentration des populations avait pour effet d'accroître les vitesses et la concentration de les diminuer. En toute logique, on circule donc moins vite dans les villes que dans les campagnes. Par ailleurs, on montre entre autres, que l'augmentation des vitesses périurbaines aurait pour conséquence de densifier la périphérie.

Poursuivant plus loin notre investigation vers la notion de dilution, qui nous permet d'introduire la dimension surfacique des agglomérations dans le raisonnement, nous avons montré principalement que l'augmentation de la vitesse entraînait une diminution simultanée du pourcentage de surface bâtie, autrement dit que l'accroissement des vitesses était responsable de la croissance sous forme d'habitat moins compact, de type périurbain. On montre également que l'augmentation des vitesses périurbaines contribue à la croissance des surfaces bâties.

En somme, ce chapitre confirme des hypothèses qui ont pu être émises sur la relation entre transport et étalement urbain. Il valide mathématiquement certains liens dont ont avait depuis longtemps l'intuition.

Dans la suite de notre travail, nous proposons d'analyser la relation transport-étalement urbain à travers une étude de cas : le nord dijonnais.

Chapitre 4 : Etude de cas, l'exemple du nord dijonnais, la périurbanisation autour de Is-sur-Tille

A une échelle globale, les mécanismes transport-étalement fonctionnent selon les modalités énoncées dans le chapitre précédent.

A un niveau local, nous proposons d'examiner l'impact d'un projet de deux fois deux voies sur la périurbanisation dans le nord dijonnais à un échelle communale. Est-il alors possible de dégager des logiques spécifiques ?

En partant de l'hypothèse que le lien entre transport et étalement urbain est avéré, et que la relation vitesse-temps d'accès est démontrée, on peut en conclure qu'une modification d'accessibilité a des répercussions directes sur la périurbanisation. Nous traiterons essentiellement les conséquences en terme de périurbanisation à partir des modifications de temps d'accès.

Pour aboutir à ce résultat, nous décomposerons cette étude en trois points.

Un premier présentera très rapidement l'aire d'étude ainsi que les enjeux de l'aménagement d'une deux fois deux voies entre Dijon et Is-sur-Tille.

Un second analysera les conséquences d'une quatre voies sur les temps d'accès de la zone d'étude.

Enfin, un troisième point tentera d'établir une cartographie de l'impact de la voie rapide sur la périurbanisation.

1) Présentation de l'aire d'étude : structures et dynamiques spatiales

1.1) Trois cantons arrimés à l'agglomération dijonnaise par un faisceau de voies de communication

Pour délimiter notre zone d'étude, nous nous sommes fondé sur le réseau routier.

La nouvelle quatre voies entre Dijon et Is-sur-Tille sera construite à partir de l'actuel tracé de la D 903. Pour analyser l'impact de cette nouvelle infrastructure, il convient de raisonner à une échelle beaucoup plus vaste que les seules communes jouxtant l'actuelle départementale. On notre zone d'étude a ainsi été construite à partir des trois critères suivants ³⁵:

- 1) *La présence de « voies affluentes » débouchant dans la D 903 et constituant un premier réseau et une première desserte (D 3, D 959, D 901).*
- 2) *Les autres voies routières et ferroviaires fonctionnant en complémentarité avec ce réseau D 903, desservant l'ensemble du nord du département et les territoires plus septentrionaux (N 74).*
- 3) *L'appartenance cantonale des communes nous a amené à retenir des communes certes peu concernées par le faisceau D 903-N 74 mais appartenant à un des trois cantons de Grancey-le-Château Selongey et Is-sur-Tille (cas de Sacquenay ou de Chazeuil à l'extrême nord-est et de Saint Julien et de Ruffey-les-Echirey au sud de l'aire).*

La zone d'étude est ainsi composée de divers types d'espaces selon la nomenclature de l'INSEE. On trouvera :

- le pôle urbain dijonnais
- une partie de la couronne de l'aire urbaine dijonnaise définition 1999 (19 communes)
- un pôle rural (Is-sur-Tille et Marcilly) et sa périphérie
- un espace de rural profond

L'aire d'étude est composée de 57 communes avec un total de 27 272 habitants représentant ainsi 5.4% de la population de la Côte-d'Or pour 10% du territoire départemental

Figure 229 : Données générales par types d'espaces

Type	pop SDC 99	part de la pop (%)	superficie (km ²)	part de la sup (%)	densité (hab/km ²)
Périurbain	13159	48	224	25	58,9
Rural plaine	5679	21	263	30	21,6
Pôle rural Is	5358	20	30	3	179,8
Rural plateau	3076	11	366	41	8,4
Ensemble	27272	100	882	100	30,9

Source : INSEE, RGP99

³⁵ Cf Laboratoire THEMA Dijon *Transports et périurbanisation : les enjeux territoriaux de l'aménagement de la RD 903*, étude pour le conseil général de Côte d'Or sous la direction de E.RENAUD, janvier 2002

Figure 230 :
Composition communale de l'aire d'étude.

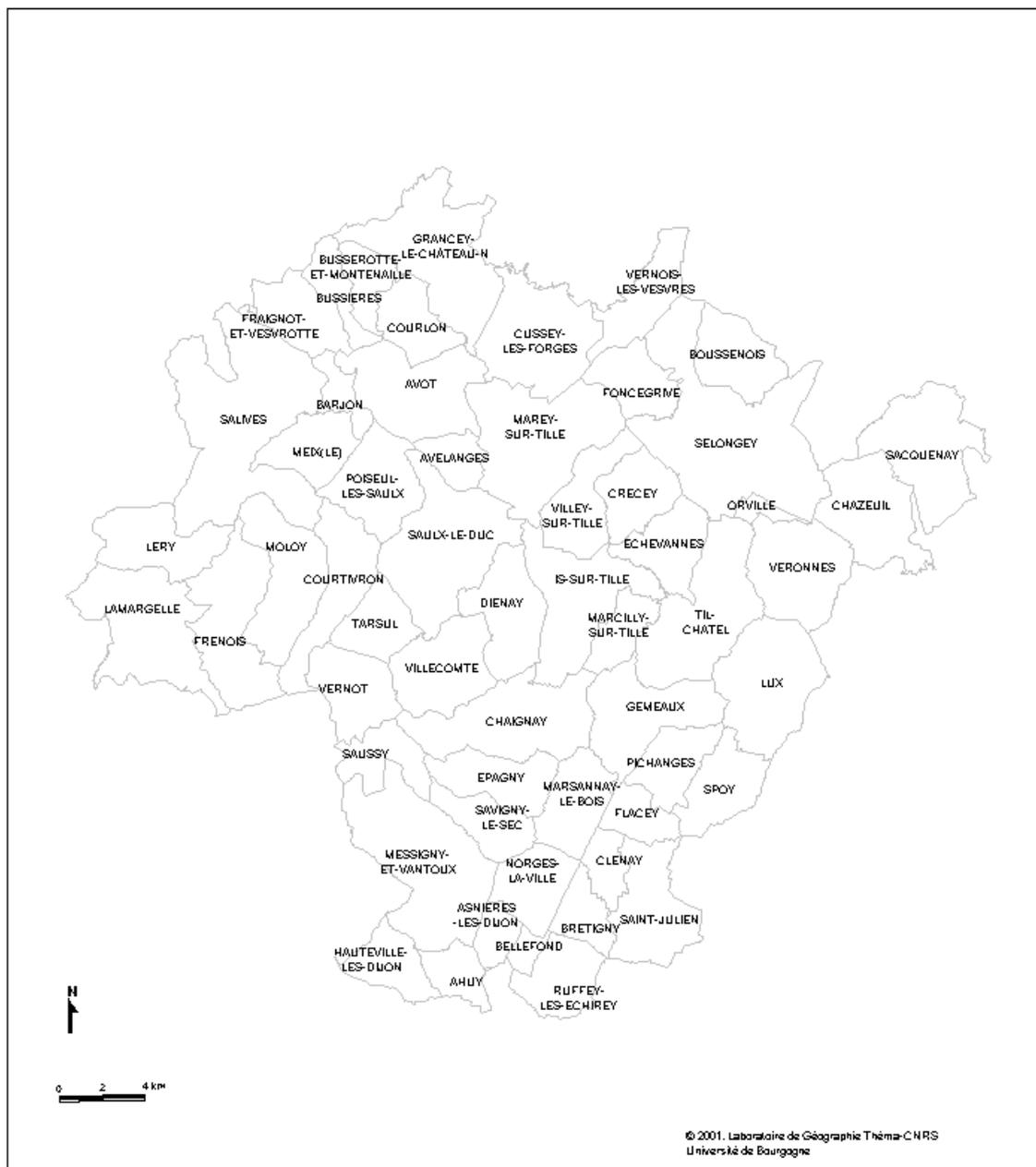


Figure 231 :
Délimitation de l'aire d'étude.

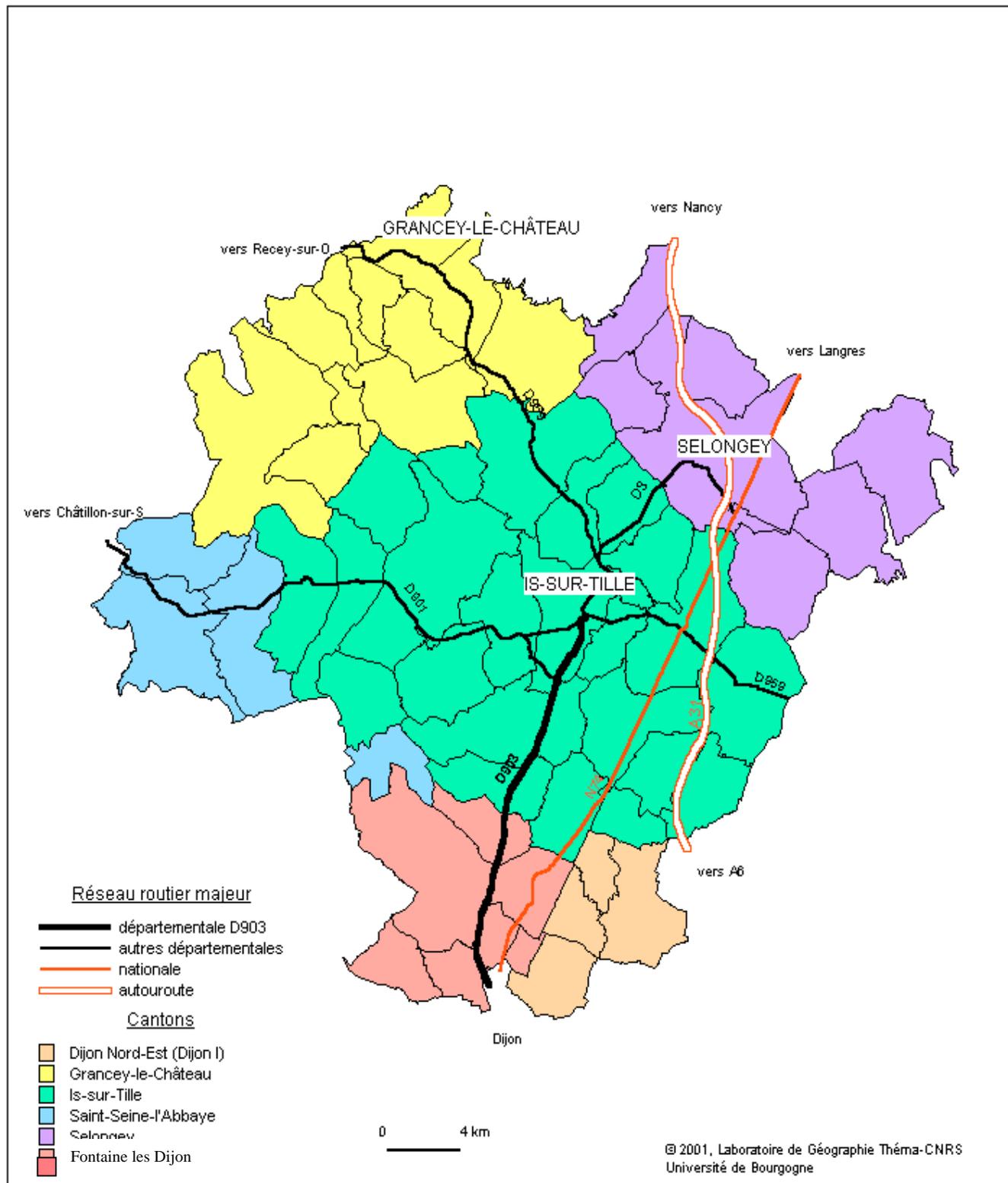


Figure 232 :
L'aire d'étude D903 et le périurbain dijonnais

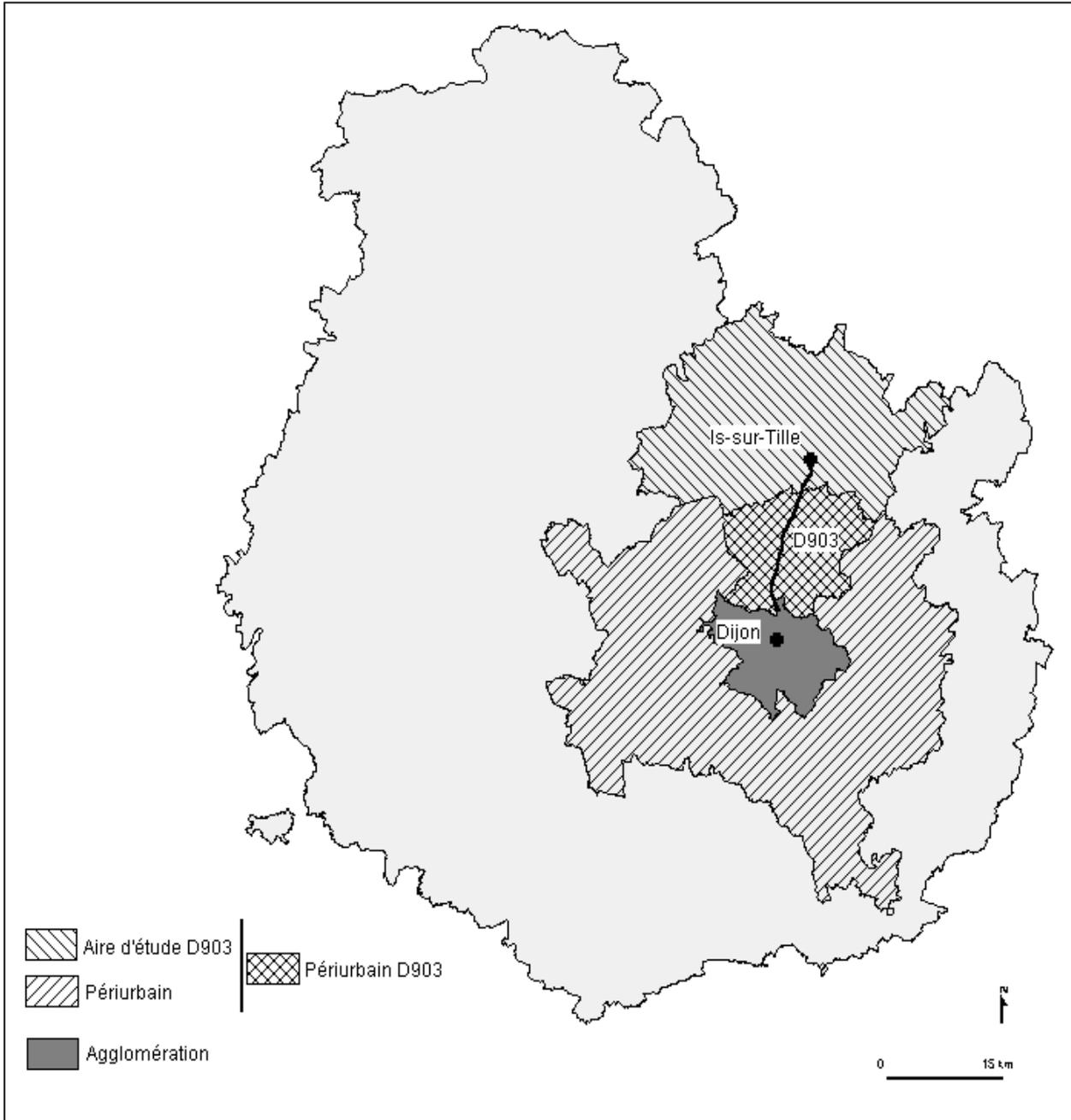
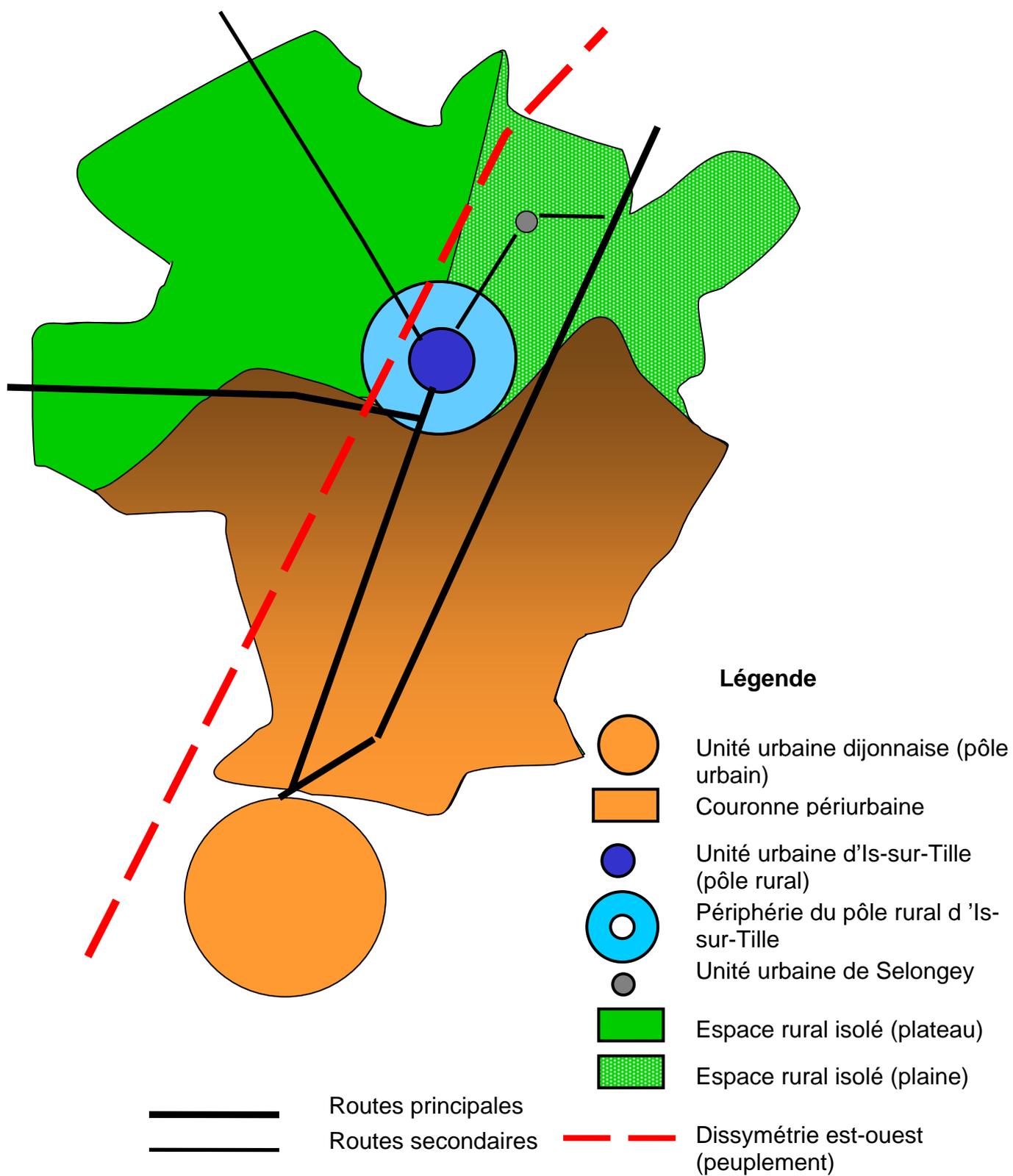


Figure 233 : Typologie spatiale de l'aire d'étude (nomenclature INSEE).



On observe que les communes de l'aire urbaine dijonnaise représentent quasiment la moitié de la population alors qu'elles ne couvrent qu'un quart de la superficie.

L'essentiel de la population se trouve donc concentré dans le périurbain et dans l'unité urbaine d'Is-sur-Tille.

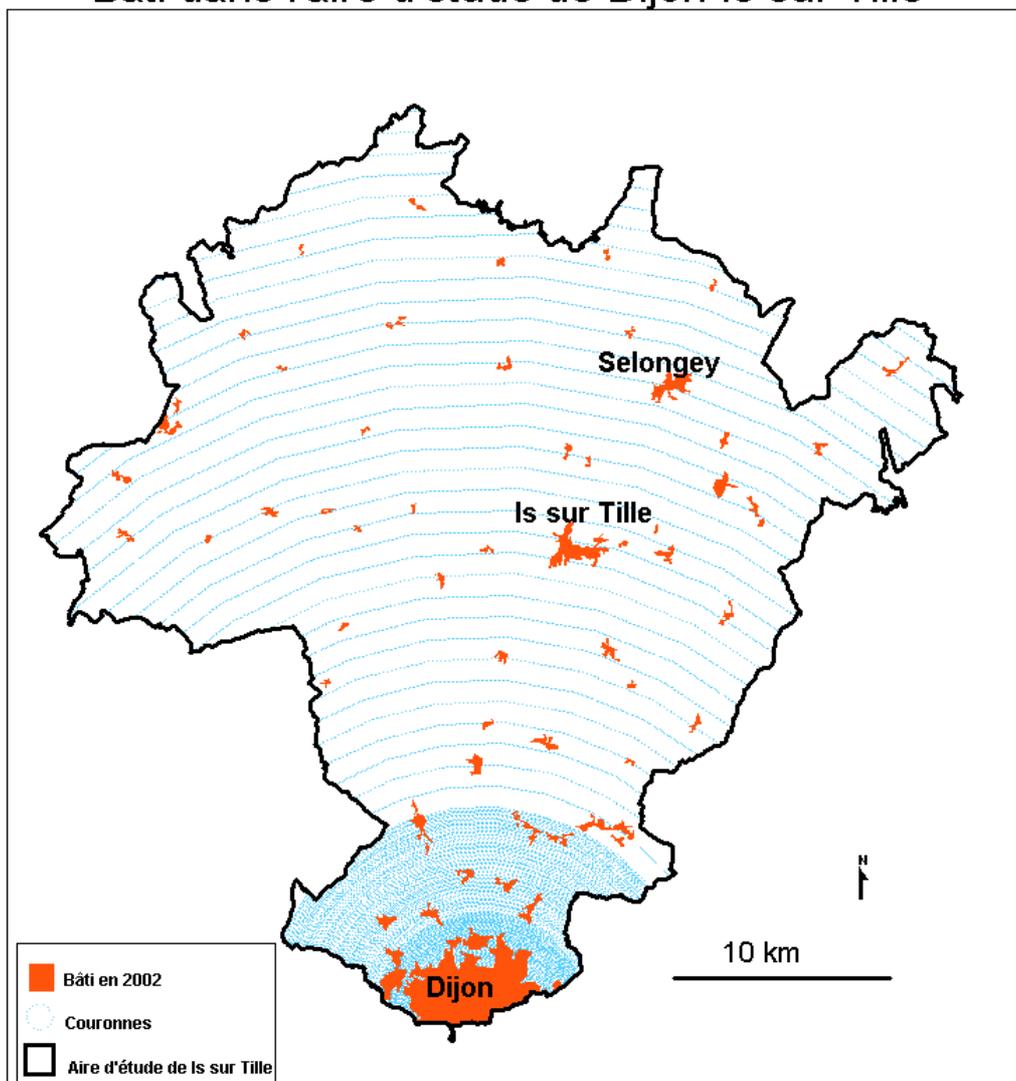
On peut également percevoir une certaine dissymétrie plaine/plateau

1.2) Une organisation du bâti conforme à celle de l'aire urbaine

Si nous comparons le bâti de l'aire d'étude au reste de l'aire urbaine dijonnaise, nous constatons rapidement que nous nous retrouvons dans une situation assez semblable avec un accroissement des surfaces bâties, à mesure que l'on se rapproche du centre.

Figure 234 :

Bâti dans l'aire d'étude de Dijon Is sur Tille

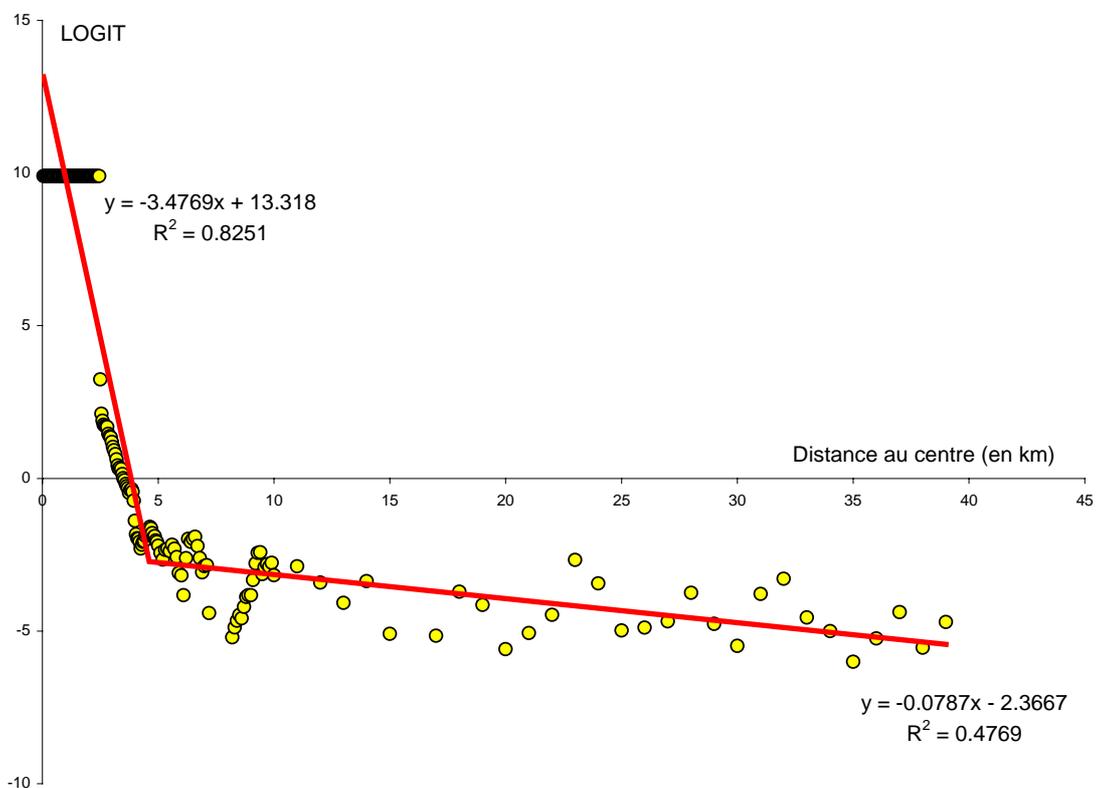


Plus dans le détail, nous constaterons trois faits majeurs :

- 1) on notera l'importance de la surface bâtie dans un rayon de 10 km autour de Dijon là encore deux éléments :
 - une compacité du bâti dans un rayon de 5 km autour du centre de Dijon
 - un début de fragmentation entre 5 et 10 km avec toutefois de nombreux espaces bâtis
- 2) on observera également une très nette opposition Est/Ouest. Dans la plaine, nous trouvons de nombreux villages aux surfaces bâties relativement étendues, alors que sur le plateau, les villages sont d'une part plus espacés les uns des autres mais en plus sont de plus petite taille.
- 3) Par ailleurs, deux agglomérations s'imposent dans la partie rurale : Is-sur-Tille et Selongey.

D'un point de vue quantitatif, peut-on tirer de cette carte d'autres enseignements ? Il semble que ce soit le cas, si on reprend la méthodologie suivie dans la seconde partie pour le pourcentage de surface bâtie. Nous avons donc déterminé, dans notre aire d'étude, des couronnes à partir du centre fixé, place de la Libération. Nous avons ensuite découpé la couche bâtie en fonction des couronnes puis sélectionné le bâti inclus dans les couronnes. Nous avons alors calculé les surfaces bâties des couronnes. Le tout a été exporté dans un tableur. Nous en avons déduit le pourcentage de surface bâtie. Ce dernier semblait suivre les mêmes modalités que pour le reste du périurbain. Nous avons donc appliqué notre modèle décroissant en utilisant la régression logistique (cf figure 235)

Figure 235 : Régression logistique du pourcentage de surface bâtie en fonction de la distance au centre dans l'aire d'étude de Is-sur-Tille



L'analyse de cette régression nous montre que le bâti s'organise selon une logique qui est de nature radiale avec une double droite. La première partie, entre 0 et 4.9 km du centre, correspond à la partie urbaine de notre zone d'étude avec une décroissance rapide du rapport et un très bon coefficient de détermination.

La seconde partie, en revanche, présente un profil moins pentu. On distinguera deux types d'espaces :

Un premier, entre 4.9 et 8 km, où le pourcentage de bâti est proche du modèle théorique et contribue très fortement à la valeur de la pente. On trouvera, dans cette zone, de nombreux villages, assez étendus. Il s'agit de l'espace que nous avons identifié, dans le reste du périurbain, comme étant en voie de suburbanisation. Notons que la limite de cette couronne, de 8 km, est bien plus faible que dans le Sud ou l'Est de l'aire urbaine dijonnaise.

Un second type d'espace s'amorce, à partir de 8 km et s'étend jusqu'à l'extrême Nord de notre aire d'étude. On perçoit comme au Sud ou à l'Est des oscillations qui contribuent à donner ce profil assez désordonné (le coefficient de détermination n'est alors que de 0.41). Il s'agit d'espaces que l'on pourrait qualifier de « rural profond », avec un gradient centre-périphérie moins perceptible que vers Dijon. Plus précisément, on identifiera deux couronnes :

- une première, avec une légère oscillation, avec des valeurs un peu inférieures à celles du modèle. La limite extrême se trouve à 20 km.
- Au-delà, on rentre dans des espaces à faible oscillation, voire des variations quasi-anarchiques. Les données varient dans un sens puis dans l'autre sans que l'on perçoive véritablement de logique. Par ailleurs, la droite de tendance locale est assez proche de l'horizontale, on en conclut, par conséquent, qu'il n'existe plus de gradient centre-périphérie. Cela signifie en clair que les territoires identifiés sont de type « rural profond ».

En conclusion, notre approche par la dilution nous a permis d'identifier quatre couronnes successives :

- 1) une première urbaine, entre 0 et 4.9 km
- 2) une seconde suburbaine entre 4.9 et 8 km
- 3) une troisième périurbaine entre 8 et 20 km
- 4) et enfin une quatrième de type « rural profond » au-delà de 20 km.

1.3) Flux sur le réseau routier du nord-dijonnais

1.3.1) Les caractéristiques du réseau routier

Notre zone d'étude est structurée par trois axes majeurs :

- la N 74, à l'Est, qui relie Dijon à Langres
- la D 903, à l'Ouest et dans la partie centrale de l'aire d'étude qui relie Dijon à Is
- et enfin l'A 31 qui relie Dijon au Nord-Est (Nancy-Metz), traverse l'Est de notre zone d'étude.

Sur la N 74, viennent se greffer deux voies secondaires : la D 27 et la D 3 au Nord.

Trois axes croisent la D 903 :

- tout d'abord, au Sud d'Asnières, la D 996
- au Sud d'Is, la D 901, route dite des camions

- et enfin, au Nord d'Is-sur-Tille, la D 3 desservant Selongey et se raccordant à la N 74 vers Langres
- un second prolongement de la D 903 (la D 959) au Nord s'orientant vers l'Ouest en direction de Grancey-le-Château et Recey-sur-Ource où il se raccorde à la D 428 (Langres-Châtillon)

1.3.2) Les flux existants sur les D 903 et N 74

Entre le 15 et le 29 mars 2001, une campagne de comptage a été réalisée afin de connaître plus précisément l'intensité, l'évolution et la nature des trafics présents sur le faisceau.

9 points de comptage ont été installés.

- 3 postes permanents situés à Epagny (D 903), Til Chatel et Orville (N 74)
- 6 postes temporaires repartis le long des deux routes principales du faisceau (postes 1 à 6).

C'est à partir de ces points, qu'il a été possible de reconstituer les flux sur les principales affluentes que sont les D 996, D901 et D 959. Par ailleurs, le reste de des flux sur les axes secondaires et les plus petites routes a été déterminé à partir des chiffres de population.

D'une manière générale, le trafic a progressé de 28% alors que la population ne s'accroissait que de 5.44%. On peut donc supposer que la croissance des flux n'est que partiellement la conséquence de l'augmentation de la population des communes du faisceau D 903- N 74. La raison en est principalement l'accroissement de la mobilité.

La N 74 a supporté une plus forte augmentation des trafics (+ 32%) que la D 903 (+24%). Cela s'explique par deux phénomènes :

- une augmentation des flux longues distances sur la N 74
- une plus forte croissance des communes de l'Est de la zone.

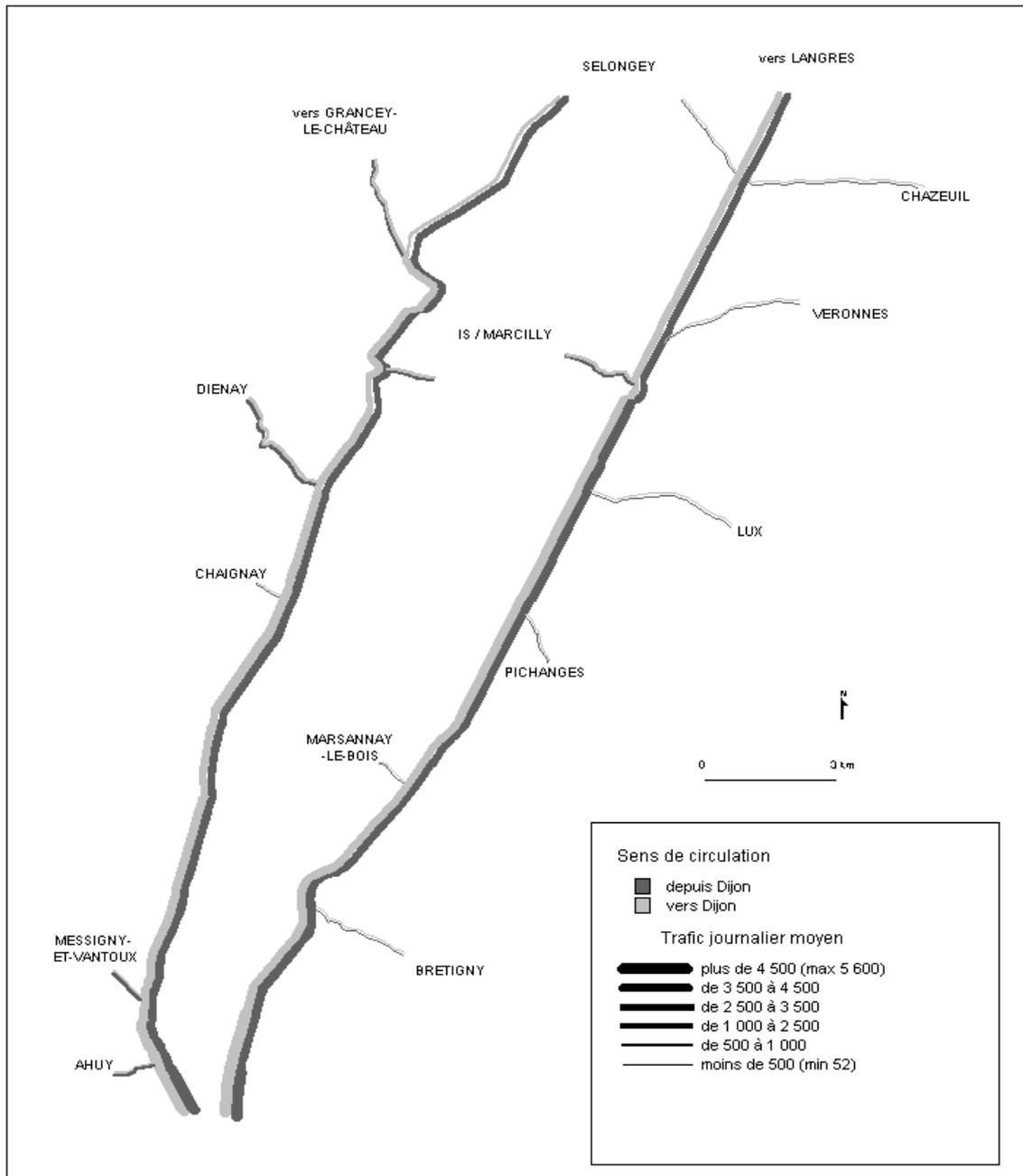
Il est possible de définir trois phases évolutives :

- 1) de 1990 à 1994, les flux ne progressent pas de façon uniforme sur les deux routes. Alors que les points de comptage de Orville et d'Epagny ont une baisse de trafic, le poste de Til-Chatel augmente fortement (+18%) avec la mise en service de l'A 31 à la fin des années 1980. Une partie du trafic est alors détournée vers la N 74.
- 2) de 1994 à 1997, les flux augmentent au même rythme pour les deux axes
- 3) à partir de 1997, le trafic de transit sur la N 74 stagne ou même décroît en particulier sur le poste de Orville avec un report des flux de poids lourds sur l'autoroute et au contraire une augmentation du trafic local aux abords de Dijon.

Au niveau de la répartition poids lourds/voitures individuelles, on observe une certaine spécificité des deux routes. Ainsi, avec 15% de poids lourds, la N 74 s'individualise fortement face à la D 903 qui en compte 6%. Ces dernières années, on assiste à un accroissement des flux globaux sur les deux routes même si ceux de voitures individuelles progressent nettement plus vite.

Figure 236 :

RÉPARTITION DES FLUX SELON LE SENS DE CIRCULATION



2) Modification de l'accessibilité routière consécutive à l'aménagement de la D 903

L'objet de ce paragraphe est d'évaluer les temps d'accès compte tenu de la structure actuelle du réseau. Il sera alors possible de les comparer aux autres secteurs de circulation du périurbain dijonnais.

Dans un deuxième temps, il pourra être possible d'analyser les conséquences de la mise en service de la deux fois deux voies sur l'accessibilité à Dijon.

2.1) La situation actuelle

Notre méthodologie pour le calcul des temps d'accès a été celle envisagée dans un chapitre précédent (chapitre 2), à savoir le calcul des plus courts chemins. Les vitesses ont été également déterminées par le biais de l'algorithme du chapitre 2.

Ces calculs nous permettent de mettre en évidence les différents faisceaux de l'aire d'étude.

Le plus important est de loin celui de la D 903 : il comprend les deux cantons de Is-sur-Tille (partie nord ouest) et de Grancey-le-Château. Ce sont principalement les habitants des communes situées à l'Ouest de la ligne Ahuy-Selongey qui vont emprunter cette route. Cela s'explique par l'absence d'autres grands axes en dehors de notre voie. Par ailleurs cette dernière est le débouché d'un vaste entonnoir où converge les D 3 et D 959 au Nord d'Is sur Tille et la D 901 au Sud d'Is.

Le second faisceau en taille est celui de la N 74, encadré par les D 28 et D 903. Il se caractérise par une meilleure accessibilité en milieu rural mais en revanche un grand nombre de feux en milieu urbain ainsi qu'une densité de trafic assez importante, ce qui ne manque pas d'augmenter considérablement les temps d'accès en ville.

Le troisième faisceau est celui de la D 28. Les aménagements y sont satisfaisants, ce qui donne une assez bonne accessibilité susceptible de concurrencer la N 74 à l'Ouest. Pour les communes la bordant (Ruffey, Spoy, Saint-Julien, Clenay et Bretigny), il est plus intéressant de poursuivre son trajet par la D 28 plutôt que de se rabattre sur la N 74.

2.2) Des temps comparables au reste du périurbain dijonnais

D'un point de vue général, on peut affirmer que l'accessibilité de la zone est comparable à ce que l'on peut observer dans la partie sud-est. Elle est ainsi meilleure que dans les secteurs ouest de l'aire urbaine fortement marqués par les contraintes topographiques ayant pour conséquence une réduction importante des vitesses sur les routes secondaires.

Nous distinguerons deux routes :

- la N 74 tout d'abord, est semble t-il, en moyenne la plus accessible des routes avec l'isochrone 23 minutes située à une distance de 29 km du centre de Dijon (soit une vitesse moyenne de 76.31 km/h). Notons que les vitesses sur la nationale sont extrêmement hétérogènes avec des valeurs comprises entre 15 et 50 km/h sur une distance de 7 à 8 km vers le centre alors que ces dernières tournent autour de 90 en milieu périurbain.

- la D 903 dispose d'une assez bonne accessibilité avec toutefois une très nette opposition entre les territoires les plus proches de Dijon, au Sud et les espaces plus lointains du Nord. On peut retenir que l'accessibilité de la route est identique à celle de la N 74 jusqu'à la hauteur de Chaignay. Puis, la traversée des villages entraîne une perte de 1 à 2 minutes par rapport à l'autre itinéraire. La traversée d'Is-sur-Tille augmente ensuite considérablement les temps de parcours par rapport à la N 74. Enfin au-delà, la forte sinuosité des routes fait que les vitesses décroissent assez fortement. Les isochrones deviennent parallèles à la D 903.

2.3) Conséquence de la mise en service de la deux fois deux voies sur les temps d'accès

Pour ce paragraphe, nous avons simplement remplacé l'actuelle D 903 par une quatre voies. A partir de cette nouvelle situation, nous avons recalculé les vitesses ainsi que les plus courts chemins au centre de Dijon.

Voyons à présent comment se comporte notre aire d'étude.

- 1) l'Est de la zone reste éloignée de la D 903, malgré la construction de la voie rapide et ainsi les usagers continuent à préférer emprunter les N 74 et D 28
- 2) la partie ouest en revanche irriguée par la D 903 est assez fortement impliquée dans le processus de modification d'accessibilité puisque on peut observer jusqu'à 4 minutes de gain de temps. Il se produit alors un certain rattrapage entre la N 74 et D 903. La portion concentrique à Dijon se déporte au Nord. Ce n'est qu'aux alentours de Grancey-le-Château que le gain devient moins perceptible. Les isochrones sont à nouveaux parallèles à la D 903 du fait de la forte sinuosité des routes au-delà d'Is.

Figure 237 :
Données temps d'accès et faisceaux

NOM	C	axe	t	NOM	axe	NOM	axe
AHUY	2	D107A	1	EPAGNY	2	ORVILLE	2
ASNIERES-LES-DJON	2	D903	5	FLACEY	2	PICHANGES	2
AVELANGES	2	D903	3	FONCEGRIVE	2	POISEUL-LES-SAULX	2
AVOT	2	D903	5	FRAIGNOT-ET-VESVI	2	RUFFEY-LES-ECHIRE	2
BARJON	2	D903	3	FRENOIS	2	SACQUENAY	2
BELLEFOND	2	N74	7	GEMEAUX	2	SAINTE-JULIENNE	2
BOUSSENOIS	2	N74	3	GRANCEY-LE-CHATEL	2	SALIVES	2
BRETIGNY	2	D28	5	HAUTEVILLE-LES-DJON	2	SAULX-LE-DUC	2
BUSSEROTTE-ET-MOULON	2	D903	2	IS-SUR-TILLE	2	SAUSSY	2
BUSSENIERES	2	D903	5	LAMARGELLE	2	SAVIGNY-LE-SEC	2
CHAIGNAY	2	D903	3	LERY	2	SELONGEY	2
CHAZEUIL	2	N74	1	LUX	2	SPOY	2
CLENAY	2	D28	3	MARCILLY-SUR-TILLE	2	TARSUL	2
COURLON	2	D903	5	MAREY-SUR-TILLE	2	TIL-CHATEL	2
COURTIVRON	2	D903	3	MARSANNAY-LE-BOIS	2	VERNOIS-LES-VESVI	2
CRECEY	2	N74	7	MEIX(LE)	2	VERNOT	2
CUSSEY-LES-FORGE	2	D903	5	MESSIGNY-ET-VANT	2	VERONNES	2
DIENAY	2	D903	7	MOLOY	2	VILLECOMTE	2
ECHEVANNES	2	N74	3	NORGES-LA-VILLE	2	VILLEY-SUR-TILLE	2

Figure 238 : Faisceaux routiers du nord-dijonnais

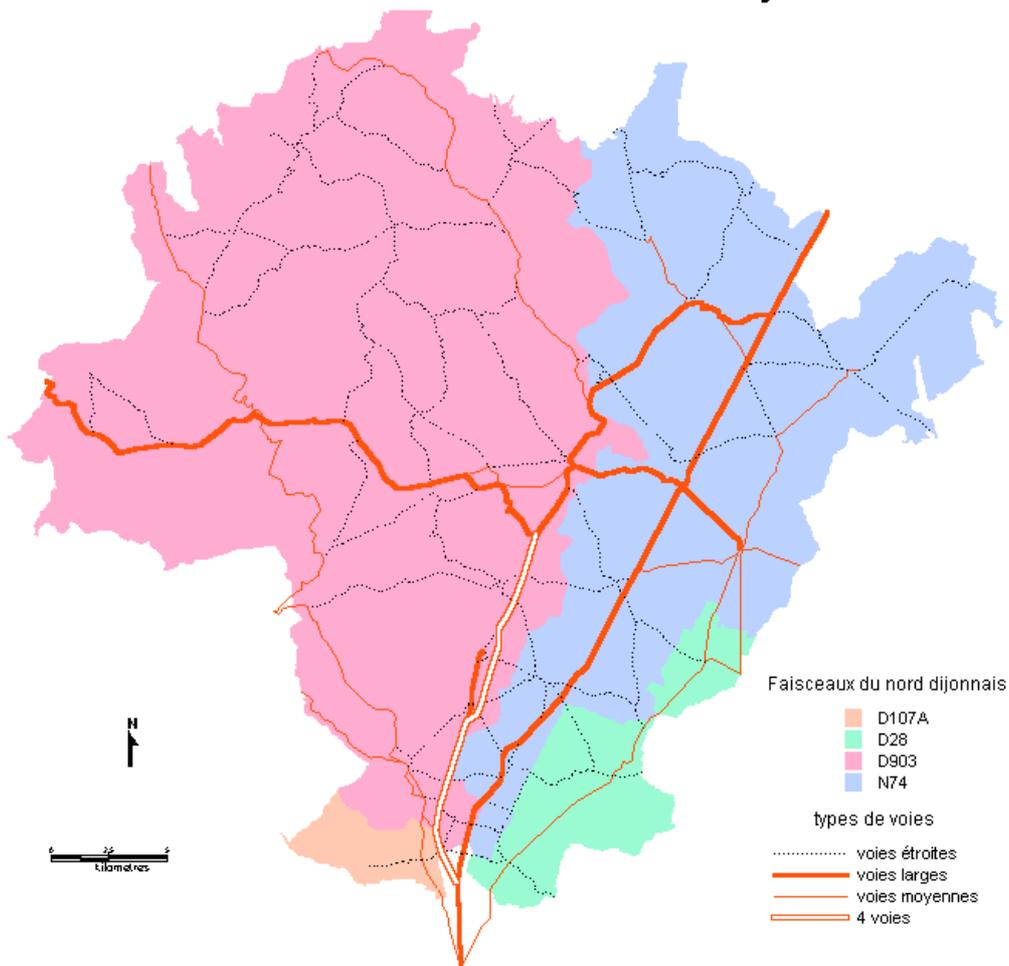


Figure 239 :

Accessibilité actuelle
au centre de Dijon

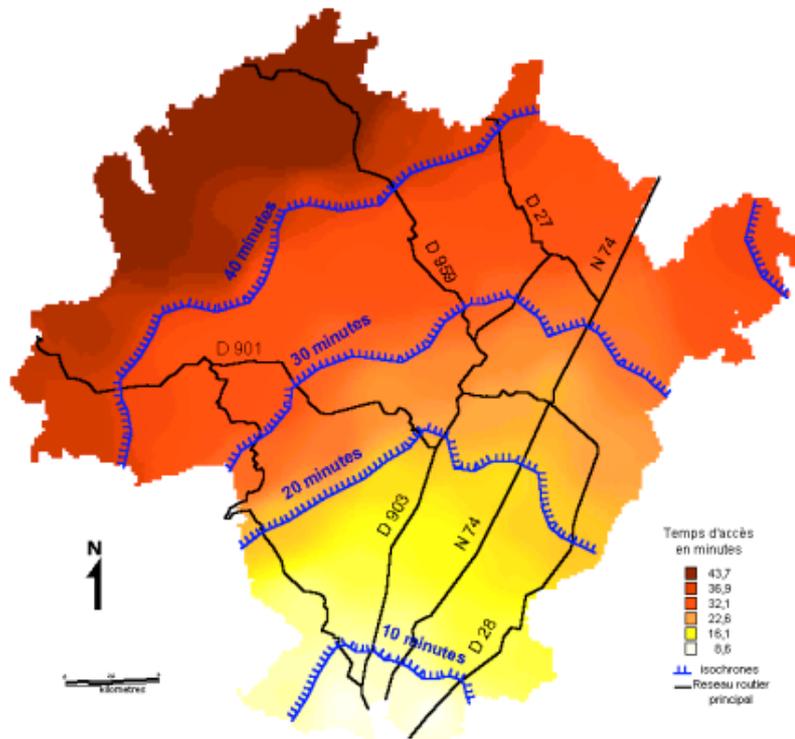
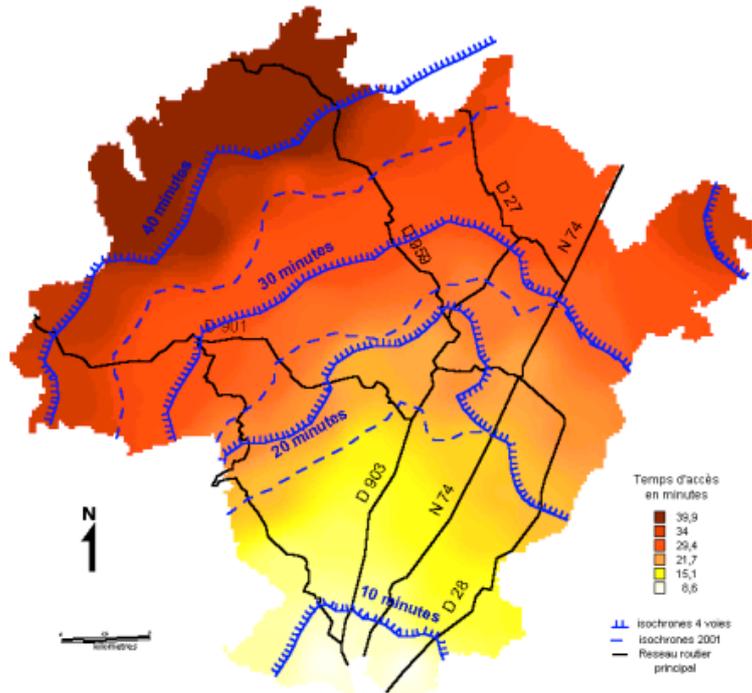


Figure 240 :

Accessibilité simulée au centre de Dijon
avec la mise en service de la 4 voies



3) Accessibilité et périurbanisation

Nous avons montré que la mise en service d'une deux fois deux voies entre Dijon et Is-sur-Tille améliorerait sensiblement les temps d'accès des communes situées le long de l'axe et des voies affluentes. Si l'on considère que l'accessibilité joue un rôle dans la localisation des ménages, il paraît logique que l'amélioration de la desserte de la zone ait des répercussions sur les résidences et les activités.

Ce troisième paragraphe vise à l'évaluer l'impact théorique des gains d'accessibilité sur l'urbanisation. Nous chercherons en outre à mettre en évidence des seuils de distance-temps à partir desquels, la croissance ne se manifesterait plus.

Au niveau du périurbain dijonnais, la première partie ainsi que la seconde nous ont montré que la logique concentrique de type THUNEN-ALONSO semblait envisageable, et que par conséquent, les modèles de densité étaient applicables. Nous avons ainsi fait apparaître le remarquable ajustement du modèle de BUSSIERE amendé sur l'ensemble de notre aire périurbaine. La zone d'Is-sur-Tille n'échappe pas à cette règle. Par ailleurs, nous avons également observé que l'on pouvait faire apparaître une logique de type radial pour les temps d'accès en utilisant l'inverse de la fonction des vitesses par couronne. En reportant les deux fonctions (temps d'accès au centre et population cumulées) sur le même graphique, on perçoit assez aisément l'existence d'une relation entre temps et étalement urbain. Il est facile de constater que les deux courbes s'incurvent à la même distance (6 km) marquant ainsi la rupture entre l'urbain et le périurbain. Temps et étalement sont ainsi bien corrélés : une variation d'accessibilité entraîne « mécaniquement » une évolution démographique des communes concernées indépendamment des choix politiques de leurs élus.

Avec la mise en service de la deux fois deux voies, le facteur $1/V_{max}$ du modèle des temps d'accès aura tendance à décroître. En suivant notre précédent raisonnement, ceci devrait entraîner également une augmentation du paramètre K du modèle de BUSSIERE pour le milieu périurbain, ce qui pourrait se traduire sous la forme d'une croissance des populations communales.

Le mécanisme de régulation entre accessibilité et périurbanisation peut également être décrit par la figure 242 :

Plus spécifiquement, il est possible de déterminer l'impact de la quatre voies sur la périurbanisation, en commençant par le calcul de la simple différence entre le temps d'accès actuel et le temps d'accès après l'aménagement de la D 903. On obtient alors une première carte des gains de temps.

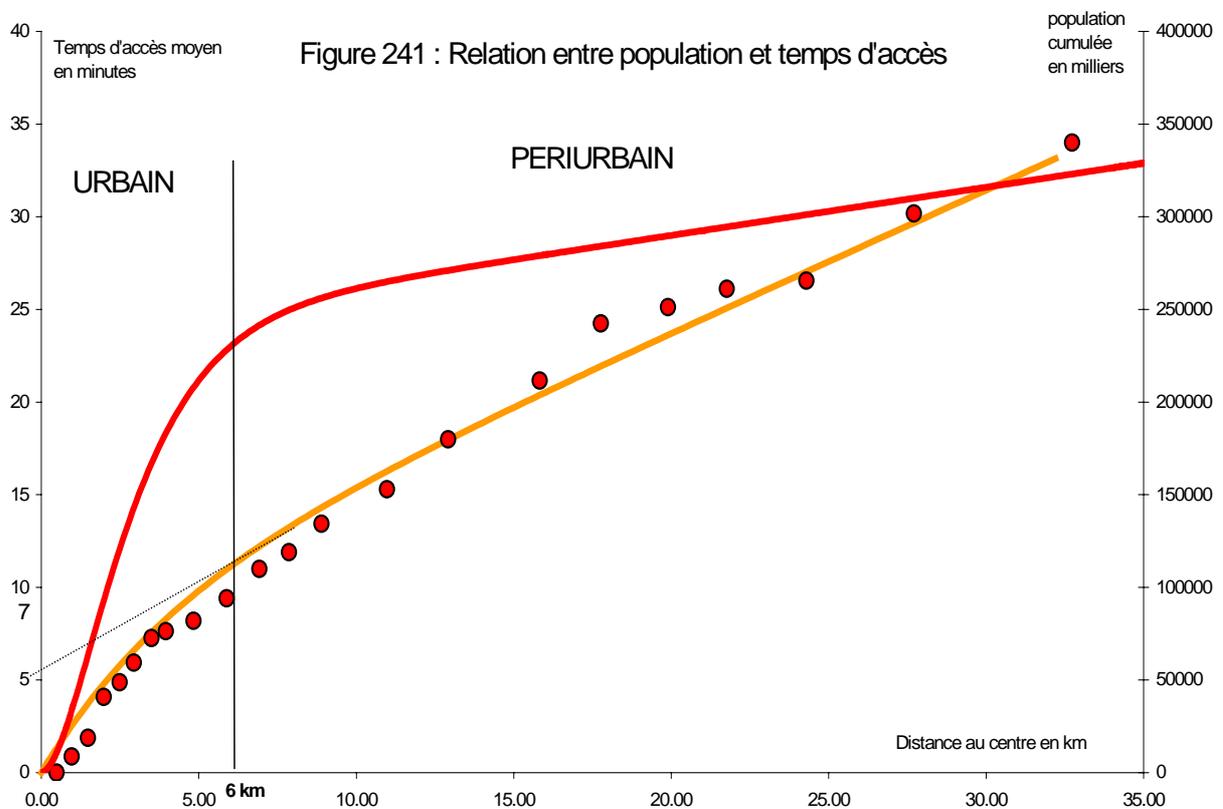
Nous ferons au sujet de cette dernière quatre remarques principales :

- 1) le gain maximum est de 3.8 minutes, ce qui semble faible mais qui pourrait malgré tout entraîner de profondes modifications au niveau de la périurbanisation,
- 2) le gain varie entre 0 (sortie de Dijon) et 3.8 minutes (sortie de la quatre voies avant Is sur Tille ainsi que pour toutes les communes du nord ouest),
- 3) le gain est égal à 0 dans les aires de recrutement des D 28, N 74 et D 107A,
- 4) il semble se dessiner « des zones floues » entre la nationale et les petites départementales d'une part et la voie rapide d'autre part. Dans ces communes, il est aussi intéressant d'utiliser la nouvelle infrastructure que les anciennes routes.

Cette carte du gain n'est pas suffisante pour évaluer l'impact de l'amélioration des temps d'accès sur la périurbanisation, il est nécessaire de rapporter ce calcul au temps total du parcours après la mise en service de la quatre voies. Une valeur proche de 1/3 pourra signifier que de nouveaux riverains pourraient être tentés par l'expérience périurbaine.

Nous avons cherché à représenter graphiquement les étapes de la construction de la carte d'impact de la quatre voies Dijon-Is. Nous présenterons trois courbes (figure 243) :

- construction du modèle INIT (accessibilité au centre construite à partir de l'expression (68))
- simulation de la mise en service de la deux fois deux voies : modèle SIMAF (simulation affinée où le coût en temps décroît sur une courte distance puis reprend après la sortie de la quatre voies la pente du modèle INIT)
- construction du modèle OPTI (rapport entre le gain d'accessibilité et le temps simulé³⁶), on aboutit aux gains relatifs d'accessibilité donnant lieu à l'optimum de croissance

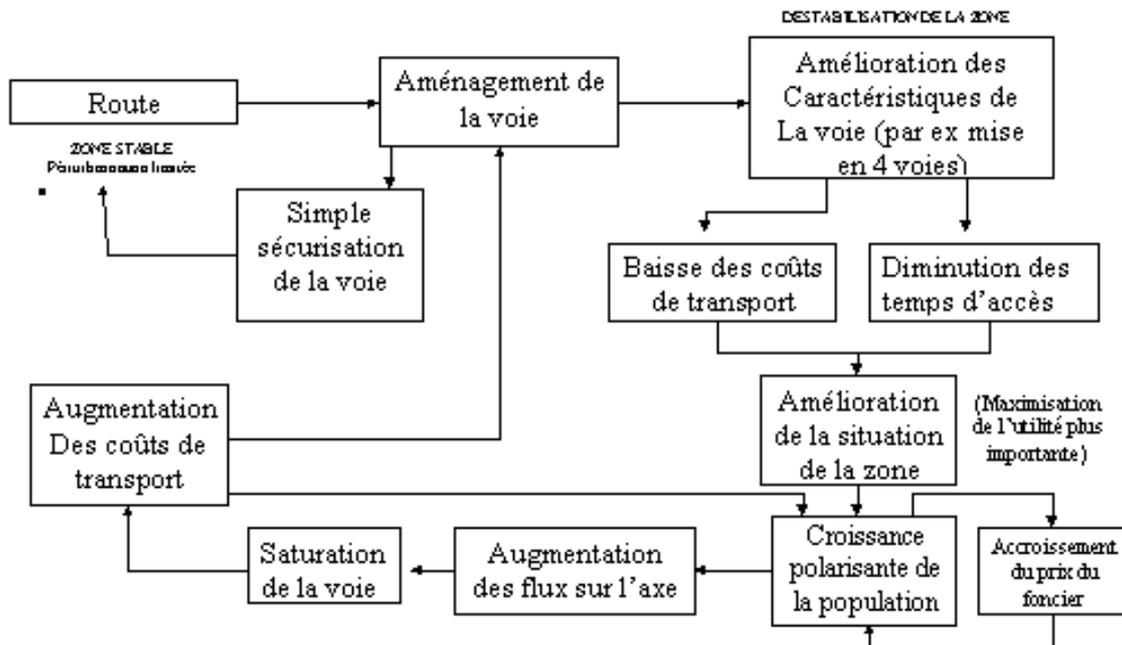


Enault C. – THEMA Dijon

³⁶ INIT – SIMAF/SIMAF

Figure 242 :

Régulation accessibilité-périurbanisation



Enault C. – THEMA Dijon

On perçoit d'après le graphique que l'impact maximal se situe à une certaine distance du centre de Dijon, créant ainsi une sorte de « saute mouton ». Ce dernier se place au sortir de la quatre voies, à la hauteur de Chaignay à 20.43 km de Dijon. OPTI progresse rapidement entre la sortie de Dijon et la sortie de la quatre voies puis commence à décroître lentement jusqu'à tendre vers 0 à plus l'infini.

Au-delà d'un simple graphique présentant les modèles en fonction de la distance réseau, il est possible de réaliser les calculs sur les données réelles et ainsi d'obtenir une carte de l'impact de la deux fois deux voies sur la périurbanisation. On distinguera de fait trois types d'espaces :

- les zones d'impact nul
- les zones d'impact moyen à fort
- les zones de fort impact

Les zones d'impact nul ou quasi-nul (en vert) ne seraient pas stimulées par la quatre voies pour deux raisons principales :

- 1) soit une non-utilisation de la quatre voies par perte de temps
- 2) soit une insuffisance du gain de temps par rapport au temps total (OPTI proche de 0). Les communes concernées dessinent un croissant allant du Nord-Ouest (canton de Grancey-Le-Château) au Sud-Est, en passant par le canton de Selongey.

Le Sud de la carte pourrait être *a priori* peu affecté par les transformations de la D 903 car les communes se situeraient non seulement trop près du centre dijonnais (éloignement pas assez important pour susciter

de réelles transformations) mais en plus la nouvelle route serait fortement concurrencée par les autres infrastructures tous aussi rapides (D 28 et D 107A). On peut estimer malgré tout que la zone poursuivrait sa forte croissance démographique actuelle due à la proximité de Dijon sans toutefois que l'on observe de réelles accélérations imputables à la modification d'accessibilité.

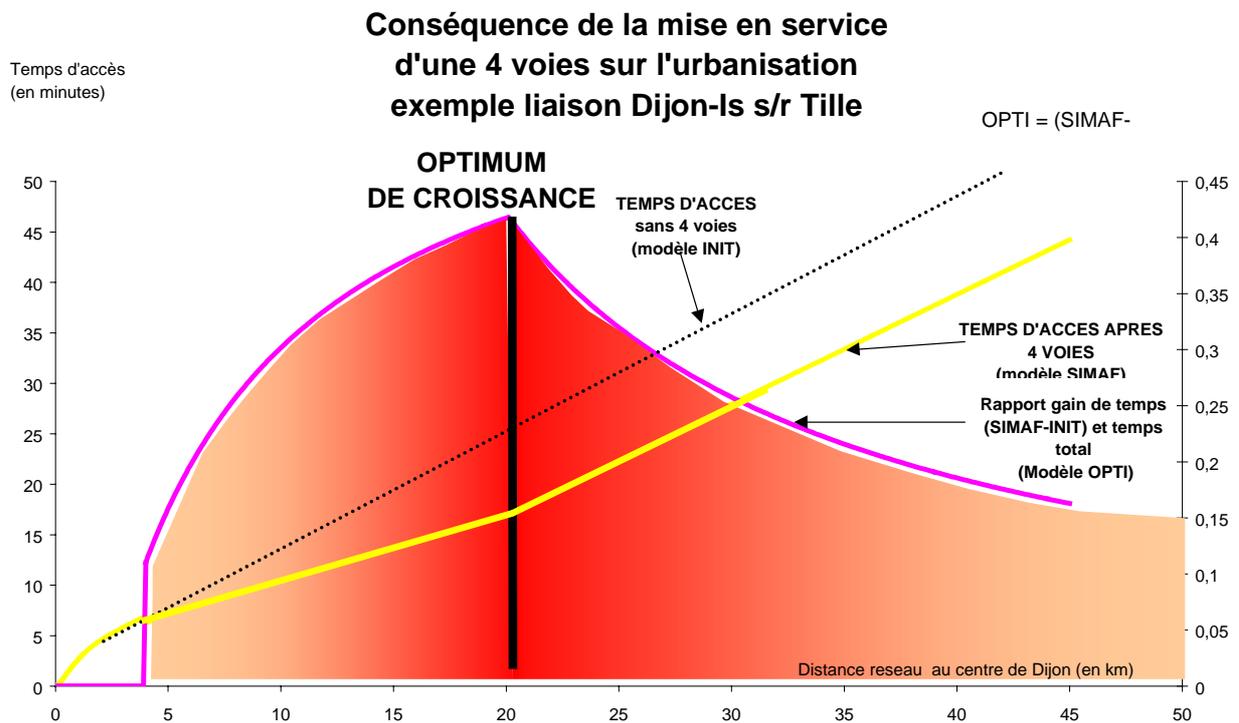
L'Est, lui aussi périurbain (zone de la N 74 et D 28) serait dans une situation comparable : croissance soutenue mais non stimulée par la quatre voies.

Enfin tous les territoires du Nord ne profiteraient également pas de la nouvelle infrastructure principalement pour des raisons d'éloignement en temps de Dijon. La traversée d'Is augmenterait considérablement les temps d'accès pour accéder à Selongey, laissée à l'écart. Quant au Nord-Ouest, le canton de Grancey-Le-Château est bien trop éloigné de Dijon, pour qu'il y ait le moindre impact de la quatre voies.

La seconde zone d'impact moyen à fort (en jaune et rose) est composée de deux étirements :

Le premier, s'allonge le long de la quatre voies entre Dijon et Is-sur-Tille. Le rapport OPTI s'accroît à mesure que l'on s'éloigne du centre dijonnais. Cet espace est en réalité une zone de transition entre les territoires suburbains du Sud et Is-sur-Tille, en quelque sorte une marge, qui avec la mise en service de la quatre voies pourrait connaître un regain de croissance, étendant ainsi les limites suburbaines plus au Nord (sont concernées les communes de Savigny-Le-Sec, Epagny et Chaignay)

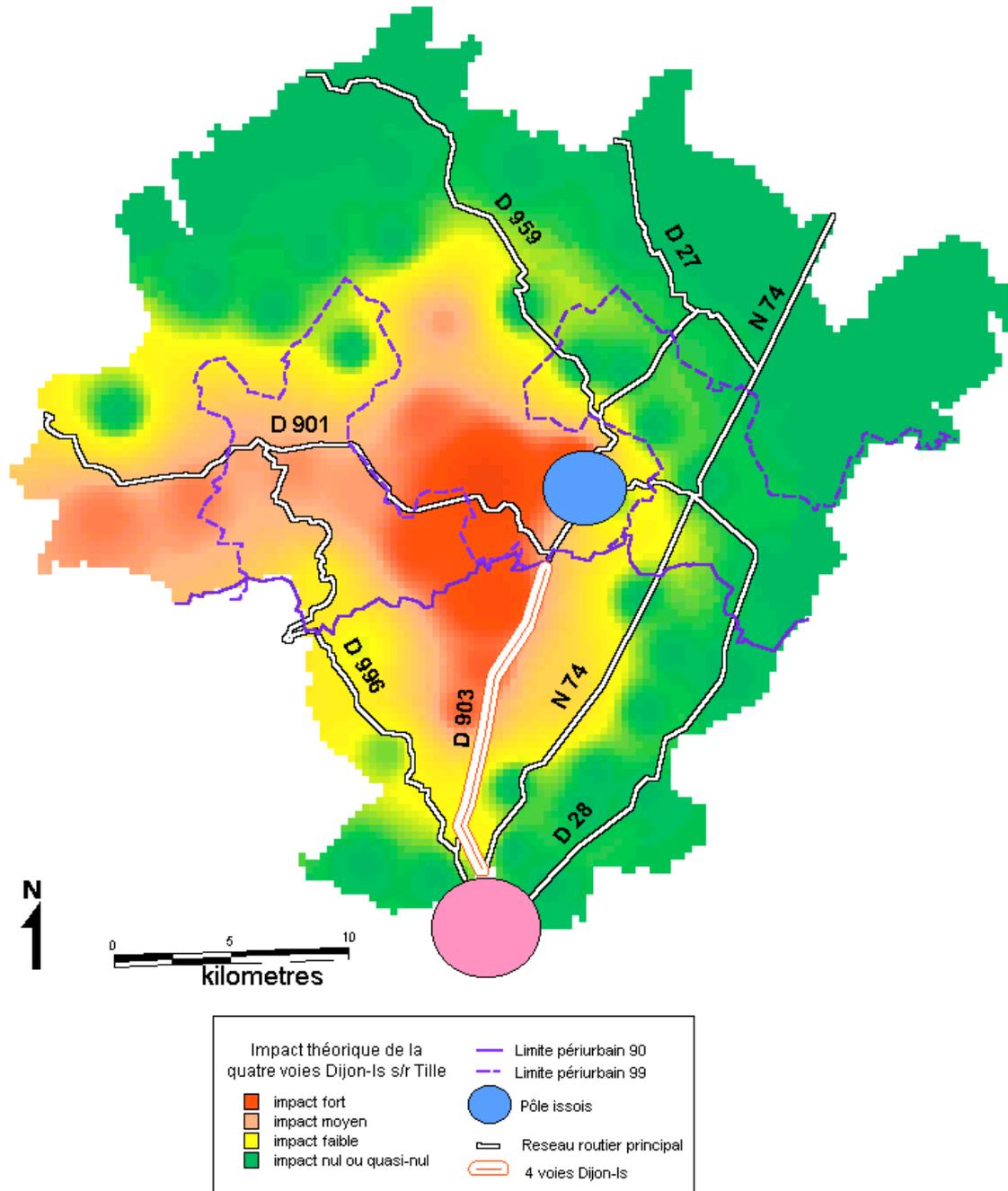
Figure 243 :



Enault C. – THEMA Dijon

Figure 244 :

Impact simulé de la 4 voies Dijon-Is s/r Tille
sur le rythme de croissance des communes



Un second prolongement inclus les communes situées le long de la D 901. Le rapport OPTI reste faible en raison de l'importance des distances-temps. On peut estimer que ces communes, déjà pour certaines dans le périurbain dijonnais 1999, seraient un peu plus annexées par le pôle dijonnais. La troisième couronne périurbaine serait ainsi repoussée plus au Nord. Pour ces communes, nous pensons à Villecomte, Courtivron ou Moly.

Enfin, il reste la troisième zone de forte stimulation (rouge). Le maximum d'OPTI est observé pour la commune de Dienay, qui devrait ainsi s'imposer encore plus en tant que banlieue de Is.

La ville d'Is devrait connaître une croissance assez importante, dans l'hypothèse où des services supplémentaires s'y implanteraient. Avec cette forte croissance, la ville pourrait également devenir captive de Dijon.

Dans des territoires plus ruraux qu'urbains, la mise en place d'une nouvelle voie rapide est un véritable enjeu économique pour bon nombre de communes.

L'espoir est toutefois plus grand pour les communes du Nord du département qui sont largement touchées par le phénomène de désertification. Au Sud, on est certain des retombées bénéfiques de cette nouvelle route du fait de la proximité à Dijon.

C'est dans ce contexte géographique varié que nous avons montré que finalement les temps d'accès étaient assez proches de ceux observés dans le reste du périurbain dijonnais. Pour analyser l'impact de la nouvelle voie, nous avons simulé les temps d'accès après la construction de l'infrastructure. On observe alors un certain rééquilibrage entre la partie ouest, plus accidentée et la partie est, plus plate. Ainsi, l'ensemble forme un territoire disposant d'isochrones qui sont devenues pleinement concentriques, exactement comme ce qui peut être observé dans le reste de la partie est de l'aire urbaine dijonnaise.

Du côté de la densité, on constatait, déjà avant la mise en service de la voie rapide une organisation concentrique répondant aux modèles de densité les plus classiques. Avec la quatre voies, on devrait se retrouver dans une situation encore plus proche de la logique globale de l'aire urbaine dijonnaise. Les modèles de liaison du chapitre précédent pourraient par conséquent parfaitement s'adapter à ce petit espace.

Doit-on pour autant conclure qu'il n'existe pas de logiques spécifiques plus locales et ainsi que seule une organisation centre-périphérie semble prévaloir ? Nous pensons qu'il faut nuancer et que malgré tout, se dégage un fonctionnement plus local impulsant une dynamique non uniforme sur l'espace et non dépendante du modèle centre-périphérie.

On a ainsi pu montrer que l'impact de la deux fois deux voies ne devrait être perceptible que pour la partie ouest de l'espace sans qu'il y ait véritablement de gradient centre-périphérie. On constate alors que les effets devraient être plus importants à une certaine distance de Dijon et non directement au sortir de l'agglomération. Paradoxalement, ces derniers devraient se renforcer à mesure que l'on s'éloigne du centre et ce jusqu'à la hauteur de Is-sur-Tille. C'est à partir de là que l'impact devrait décroître.

Finalement, on observe des effets structurants combinant des logiques de type axial le long de la quatre voies et concentriques au sortir de la route (du fait de la rupture dans les temps d'accès).

En somme nous avons bien montré qu'à un niveau local, on était en mesure de déceler des phénomènes spécifiques assez différents de ceux que l'on pouvaient observer à l'échelle de l'aire urbaine.

Située à l'écart d'une partie des grands courants de circulation nord-sud, l'aire urbaine dijonnaise dispose d'un réseau routier assez classique, en accord avec les densités de population, à savoir de nature radioconcentrique.

On a ainsi pu observer l'expression de cette logique centre-périphérie par le biais des densités de réseau.

Après une analyse globale, il convenait de réfléchir sur la structure plus locale, laissant apparaître à la fois une opposition est-ouest pour la sinuosité et une logique radiale pour la largeur des routes. Les circulations nous ont également apporté des indications sur le fonctionnement centripète des flux de l'aire urbaine. Enfin, nous avons constaté les fortes inégalités d'accès au centre à partir des exemples opposés de deux grandes radiales.

Fort de l'ensemble de ces données, nous avons, après un rapide exposé sur la notion de vitesse et sur les réseaux en général ainsi que les différentes façons de les traiter, mis au point un modèle pour le calcul de la vitesse se fondant sur la courbure, le type de véhicule, le type de milieu, le trafic et les feux de circulation. En introduisant les résultats dans un graphe, nous avons alors pu calculer les temps d'accès au centre de l'aire urbaine. Il apparaît que ces derniers semblent s'organiser selon une logique assez proche du modèle concentrique. Si l'Ouest s'individualise et reste à l'écart de ce fonctionnement, ce n'est pas le cas de la partie est qui est parfaitement adaptée. Plus précisément, les temps d'accès répondent à un modèle en ellipse ou en cercle légèrement déporté vers l'Est.

Ayant calculé cette variable fondamentale qu'est le temps d'accès, élément déterminant du fonctionnement des réseaux, nous avons raisonné sur les liens avec l'étalement urbain, ce qui nous a permis de faire appel aux travaux effectués dans la première et la seconde partie.

La production scientifique laissait augurer une relation forte mais la plupart du temps assez peu formalisée. Pour cerner plus précisément le lien, nous avons dû limiter notre investigation à l'étude d'un couple : la vitesse et la densité. Envisager une causalité entre les deux éléments n'était pas nouveau puisque beaucoup d'auteurs avaient pu le faire. Nous n'avons fait que poursuivre dans

cette voie en ne faisant que formaliser les hypothèses qualitatives. Les modèles définis nous ont permis de retrouver la plupart des grands mécanismes liant la densité à la vitesse.

A partir de la notion de vitesse, il nous a également été possible de reconstruire un modèle des temps d'accès au centre. On en a déduit que le passage de la distance kilométrique à la distance-temps entraîne une reformulation probable des modèles de densité. Par exemple, l'application du modèle de BUSSIERE au temps a montré que l'amendement Kx perdait de son sens, ce qui était logique au regard de la fonction liant les temps d'accès à la distance. On a notamment observé que les densités s'ajustaient bien mieux au périurbain en utilisant le temps d'accès. De fait, les temps d'accès sont apparus comme de bien meilleurs descripteurs spatiaux que les distances.

Enfin, après des considérations théoriques générales, nous avons tenté de réaliser une étude plus locale cherchant alors à analyser l'impact de la mise en service d'une deux fois deux voies entre Dijon et Is-sur-Tille sur la périurbanisation.

Il semble que les effets locaux soient assez spécifiques n'allant pourtant pas *a contrario* des logiques globales mais s'ajoutant tout simplement.

Conclusion générale

A l'issue de notre étude, revenons rapidement sur notre titre : « Vitesse, accessibilité et étalement urbain, analyse et application à l'aire urbaine dijonnaise ». Dans ce sujet, trois mots apparaissent. Nous nous trouvons alors face à deux registres : un premier relevant du thème des transports et un second plutôt orienté vers la dynamiques des villes.

La première étape de ce travail était, avant d'examiner l'extension des villes, d'analyser leur structure. Il est apparu que l'on pouvait la définir à partir d'une notion simple, la densité de population. On a pu observer que les villes adoptaient deux formes fondamentales : elles peuvent être monocentriques ou polycentriques. Dans le premier cas, la ville dispose d'un centre fort et unique autour duquel s'organisent des couronnes concentriques. Les densités suivent un modèle dit radial avec décroissance de type exponentiel négatif en fonction de la distance au centre. On a pu en outre distinguer deux sous-types : les villes à cratère de densité et les villes exponentielles négatives, la première catégorie étant une forme englobante de la seconde.

Dans le second cas, la ville est constituée de plusieurs centres et les densités suivent une logique de nature centre-périphérie, mais autour de l'ensemble des centres, si bien que les formes fonctionnelles n'ont plus rien à voir avec les modèles élémentaires de densités. On envisage dans ce cas des fonctions somme ou produit ou encore des maximisations. Il s'agit en somme d'une généralisation des fonctions individuelles de densité.

Fort de cette analyse théorique, nous avons cherché à tester nos fonctions sur une ville : Dijon. Nous sommes arrivés à la conclusion que cette agglomération était un compromis entre la ville monocentrique et polycentrique. Cette analyse a ainsi montré que, pour une même ville, il était possible de se trouver face à deux logiques différentes fonctionnant toutes deux peu ou prou. Nous émettons l'idée que les villes, d'une façon générale, sont toujours un compromis entre ces deux approches.

La seconde étape a consisté à s'intéresser à l'étalement urbain en tant que tel. Il est apparu que, naturellement, la notion ne pouvait s'appréhender que sur le temps long. C'est pourquoi, nous avons effectué une étude sur 2500 ans. Nous avons montré que les rythmes de l'étalement urbain étaient extrêmement variés mais que derrière un apparent désordre historique, on parvenait à dégager une logique. Nous avons alors constaté que le rythme de l'étalement urbain ne faisait que s'accélérer avec le temps selon une fonction linéaire. L'étalement urbain est donc exponentiel.

Une autre façon de mesurer l'étalement urbain est d'utiliser les densités de population. Nous sommes arrivé à la conclusion que la croissance de Dijon était tout à fait conforme à la logique de BUSSIERE.

Nous avons également réalisé un autre travail plus centré sur les surfaces bâties. Nous avons montré qu'il existait une logique d'étalement urbain surfacique qui poussait au phénomène que nous avons appelé dilution. Tout se produit comme si la frontière entre ville et campagne tendait à s'estomper pour finalement n'aboutir qu'à un continuum urbain-rural. L'étalement urbain entraîne ainsi une dilution selon un processus de diffusion spatiale. La « loi » que l'on retrouve derrière les mécanismes de dilution est d'ailleurs une fonction logistique.

La troisième étape, après une compréhension de la ville et de son extension, a été de mettre l'étalement urbain en relation avec son déterminant principal : le transport.

A la question « Peut-on exprimer les temps d'accès au centre à partir des paramètres de la vitesse ? », nous avons apporté la réponse et montré que l'on pouvait exprimer les temps à partir d'une intégration de l'inverse de la fonction vitesse moyenne par couronne.

Plus difficile était d'établir un pont avec l'étalement urbain. Nous avons alors montré non seulement qu'il existait bien un lien mais qu'en plus on pouvait l'exprimer mathématiquement, autrement dit qu'il existait une véritable mécanique du couple densité-vitesse. Le résultat confirme les intuitions, à savoir que les faibles vitesses vont avec de fortes densités et, inversement, que les fortes vitesses sont en accord avec de faibles densités.

Revenant sur la notion de dilution, il a pu également être montré que, plus la vitesse augmente, plus la surface bâtie s'accroît et, inversement, que plus la vitesse diminue, plus la surface bâtie stagne.

Enfin à une micro-échelle, nous avons pu déceler des phénomènes locaux spécifiques comme des effets structurants des transports de type axial et polarisant.

Nous concluons en soulignant à nouveau le rôle crucial des transports sur l'étalement urbain. On constate bien une interaction entre d'une part la vitesse de circulation dans un espace urbanisé donné, et, d'autre part, la densité et la taille de cet espace.

Finalement, une question générale concernant l'évolution des villes reste posée : la tendance récente de diminution sensible des vitesses engendrera-t-elle un phénomène de concentration des populations dans les pôles urbains ou assistera-t-on à une densification des périphéries ? Cette interrogation nous conduit naturellement à constater que l'étalement urbain actuel est d'une manière ou d'une autre en voie de stabilisation. La ville et son aire urbaine ne devraient que faiblement progresser en taille dans les années à venir, en tous les cas, notre étude semble montrer qu'il existe un seuil, variable selon les agglomérations, au-delà duquel la croissance démographique et morphologique reste marginal. La réponse à la question des modalités de l'urbanisation reste toutefois en suspens.

La poursuite des recherches pourrait s'orienter vers une application des différents modèles à d'autres villes. Il pourrait être intéressant de réutiliser nos méthodes de digitalisation du réseau routier pour une autre aire urbaine, de recalculer ainsi les vitesses et les temps d'accès. Nous aurions probablement la confirmation de l'organisation concentrique des vitesses.

Par ailleurs, le modèle de dilution, construit sur la fonction logistique, pourrait être testé sur d'autres villes. Observerait-on des logiques différentes de celles de Dijon ? Le modèle s'adapterait-il à toutes les agglomérations ? Au-delà de la ville, rencontrerait-on une logique morphologique auréolaire de l'espace périurbain ? Enfin serait-il possible de dégager, dans l'hypothèse de validité du modèle logistique pour les surfaces urbaines, des types urbains plus ou moins dilués ?

Bibliographie

- AGUILERA-BELANGER A. (2001) « Développement régional, économie du savoir, nouvelles technologie de l'information et de la communication », *37^{ème} colloque de l'association de science régionale de langue française*, p. 2-23
- AKCELIK R., BIGGS D.C. (1987), « Acceleration profile models for vehicules in road traffic », *Transportation Science*, n°1, Vol. 2, p. 36-54
- ALEXANDRE V. (1988) « De la circulation automobile en milieu urbain », *Transport environnement circulation*, n°89, p.8-12
- ALONSO W. (1964) *Localisation and land use*, Harvard University Press
- ALVERGNE C., COFFEY W. (1997) « Les nouvelles dynamiques intra-métropolitaines, l'exemple américain », *Revue d'économie régionale et urbaine*, n°3, p.387-404
- ANAS A., ARNOTT R., SMALL K.A. (1998) « Urban Spatial Structure », *Journal of Economics Literature*, n°36, p.1426-1464
- AYDALOT P., GARNIER A., BASSAND M. (1985) « Périurbanisation et suburbanisation : des concepts à définir. Quelques tendances récentes et futures de l'urbain », *DISP*, n°80-81, p. 53-59
- BAIROCH P. (1985) *De Jéricho à Mexico, villes et économie dans l'histoire*, coll. Arcades, Paris, Gallimard
- BAIROCH P. (1988) *La population des villes européennes de 800 à 1850*, Centre d'histoire économique international, Université de Genève
- BASTIE J. (1991), *La ville*, Masson, Paris
- BAUER G. (1993) « La suburbia, sommes-nous concernés ? », *Urbanisme*, hors série, n°1, p.67-68
- BAUER G., ROUX J.M. (1976) *La rurbanisation ou la ville éparpillée*, Paris, Seuil
- BAUMONT C. (1993) *Analyse des espaces urbains multicentriques : la localisation résidentielle*, LATEC, Bibliothèque d'analyse économique, Dijon
- BAUMONT C., BOURDON F. (2001) « Centres secondaires et recomposition économique des espaces urbains. Le cas de la communauté de l'agglomération dijonnaise (1990, 1999) », *III^{ème} journées de la proximité « Nouvelles croissances et territoire »* 13-14 décembre 2001
- BAUMONT C., LE GALLO J., DERYCKE P.H., JAYET H. (2000) « Les nouvelles centralités urbaines », in *Economie Géographique* sous la direction de BAUMONT C. et COMBES P.P., Economica, p. 211-239
- BAVOUX J.J. (1994) *Le « carrefour » bourguignon, analyse d'un espace de circulation*, Paris, CNRS
- BEAUCIRE F. (1985) « La déconcentration urbaine, de nouveaux besoins de déplacements », *Transports urbains*, n°56, p. 5-11
- BEAUCIRE F. (1996) *Les transports publics et la ville*, Milan
- BEAUCIRE F. (2002) *Sur la relation transports/urbanisme*, rapport PREDIT
- BERGER A. (1977) *Ville et campagne, la fin d'un dualisme*, Paris, Economica
- BERGER M. (1989) « Vers de nouveaux types de rapports villes-campagnes ; la production des espaces périurbains en France et dans les pays développés d'économie libérale », *STRATES*, n°4, p. 89-106
- BERGER M., FRUIT J.P., PLET F., ROBIC M.C. (1980) « Rurbanisation et analyse des espaces ruraux périurbains », *L'espace géographique*, tome IX, n°4, p.303-313

- BERMAN M.A. (1996) « The transportation effects of neo-traditional development », *Journal of Planning Literature*, n°10, p. 347-363
- BERROIR S. (1996a) « L'espace des densités dans la ville : théorie et modélisations », *L'espace géographique*, Tome XXV, n°4, p. 353-369
- BERROIR S., CATTAN N., SAINT JULIEN T. (1996b) *La structuration des territoires de la ville, entre agglomération et aire polarisée*, rapport de recherche pour le plan urbain, Paris, ministère de l'Équipement et du Tourisme
- BERTHIER J.P. (1998) « Congestion urbaine : un modèle de trafic de pointe à courbe débit-vitesse et demande élastique », *Les cahiers scientifiques du transport*, n°54, p. 3-29
- BESSY-PIETRI P. (2000) « Recensement de la population 1999. Les formes de la croissance urbaine », *INSEE première*, n°701
- BIEBER A., MASSOT M.H., ORFEUIL J.P. (1993) *Questions vives pour une prospective de la mobilité quotidienne*, Synthèse INRETS n°19
- BLAIR J.P., STALEY S.R., ZHONGCAI Z. (1996) « The central city elasticity hypothesis. A critical appraisal of Rusk's theory of urban development », *Journal of the American Planning Association*, vol. 62, n°3, p. 345-353
- BLEICHER H. (1892) *Statische Beschreibung der Stadt Frankfurt am Main und ihrer Bevölkerung*, Frankfurt
- BONNAFOUS A. (1993a) « Prospective de la mobilité urbaine », *Transport et étalement urbain : les enjeux* dirigé par BUSSIERE Y. et BONNAFOUS A., Programme Rhône-Alpes, Recherches en sciences humaines, les chemins de la recherche, Oullins
- BONNAFOUS A. (1993b) *Circuler demain*, Cahier Prospective et territoire n°9 DATAR, édition de l'Aube
- BONNAFOUS A., TABOURIN E. (1998) « Modélisation de l'évolution des densités urbaines », *Données urbaines II* dirigé par PUMAIN D. et MATTEI M.F., Paris, Anthropos, collection Villes
- BORCHERT J. (1996) « Residential city suburbs the emergence of a new suburban type 1880-1930 », *Journal of urban History*, vol. 22, n°3, p. 283-307
- BORDREUIL S. (1995) « De la densité habitante aux densités mouvantes : l'hyperurbanité. Développement périphérique et mobilité », *Annales de la recherche urbaine*, n°67, p.5-14
- BRETAGNOLLE A. (1999) *Les systèmes de villes dans l'espace-temps : effet de l'accroissement des vitesses de déplacement sur la taille et l'espacement des villes*, université Paris I, thèse de doctorat
- BRETAGNOLLE A., PAULUS F., PUMAIN D. (2001) « Echelles de temps et d'espace dans la mesure de la croissance urbaine », *Cybergeo*
- BRUECKNER J.K., FANSLER D.A. (1983) « The economics of urban sprawl : theory and evidence on the spatial sizes of cities », *The review of Economics and Statistics*, n°65, p.479-482
- BUISSON M.A., MIGNOT D., AGUILERA BELANGER A. (2001) « Métropolisation et polarité intra-urbaines : le cas de Lyon », *Revue d'économie régionale et urbaine*, n°2, p. 271-296
- BURGEL G. (1991) « La périphérie revisitée », *Espace populations sociétés*, n°2, p. 359-366
- BURGEL G. (1992) « Périurbanisation : faut-il revenir à la ville », *Villes en parallèle*, n°19, p.207-210
- BUSSIERE R. (1975) *Interaction urbaines. Le modèle de la CRU*, Annales 1975, Paris, Centre de recherche d'urbanisme
- BUSSIERE Y., BONNAFOUS A., BIDEAU A. (1993) *Transport et étalement urbain : les enjeux*, Programme Rhône-Alpes, recherche en sciences humaines, les chemins de la recherche, Oullins

- BUSSIERE Y., DALLAIRE Y. (1994) « Etalement urbain et motorisation : où se situe Montréal par rapport d'autre agglomérations ? », *Cahiers de géographie du Québec*, n°38, p. 327-343
- CADET J.M., CHAPUIS R., CHARRIER J.B., CHAMEROY A. (1988) *Dijon et son agglomération*, La documentation française
- CARLINO G.A., MILLS E.S. (1987) « The determinants of county growth », *Journal of Regional Science*, n°27, p.39-54
- CASSETTI E. (1969) « Alternative Population density models : an analytical comparison of their validity », *Studies in regional Science*, p. 105-116
- CASSETTI E. (1973) « Testing for spatial temporal trends : an application to urban population density trends using the expansion method », *The Canadian Geographer*, p. 127-137
- CERTU (2000) *La forme des villes. Caractériser l'étalement urbain et réfléchir à de nouvelles modalités d'actions*, CERTU Lyon collection débats, n°30
- CERVERO R. (1989) *America's Suburban Centre*, Boston, Hunwin Hyman
- CERVERO R., GORHOM r. (1995) « Commuting in transit versus automobile neighbourhoods », *Journal of the American Planning Association*, n°61, p.210-225
- CHADULE (1994) *Initiation aux pratiques statistiques en géographie*, troisième édition, Masson géographie, Paris
- CHALAS Y. (1997) « Les figures de la ville émergente », *La ville émergente* dirigé par DUBOIS TAINE G., ed. de l'aube
- CHAPELON L. (1996) « Modélisation multi-échelles des réseaux de transport. Vers une plus grande précision de l'accessibilité », *Mappemonde*, n°3, p. 29-36
- CHAPUIS R. (1982) « L'urbanisation de Quetigny et Chevigny-Saint-Sauveur : deux communes de l'agglomération dijonnaise », *cahiers de géographie de Dijon*, n°14, p.18-32
- CHAPUIS R., ENAULT C., MANNONE V., MAIGROT J.L., MILLE P., RENAUD E. (2002) *Atlas de l'aire urbaine dijonnaise tome II*, rapport de recherche pour la COMADI
- CHAPUIS R., ENAULT C., MANNONE V., MAIGROT J.L., MILLE P., RENAUD E. (2001) « Les modalités de la périurbanisation dijonnaise », *Géocarrefour*, n°4, volume 76
- CHAPUIS R., ENAULT C., MANNONE V., MAIGROT J.L., MILLE P., RENAUD E. (2001) *Atlas de l'aire urbaine dijonnaise tome I*, rapport de recherche pour la COMADI
- CHARRIER J.B. (1988) *Villes et campagnes : essai sur la diversité des rapports villes-campagnes à travers le monde*, Paris, Masson
- CHARRIER J.B. (1990) « Les villes bourguignonnes », *Cahiers de géographie de Dijon*, n°29-30
- CHEVALIER J. (1984) « Franges internes et banlieues urbaines dans la dynamique socio-spatiale des agglomérations », *Géographie sociale « les périphéries urbaines »*, colloque d'Angers
- CLARK C. (1951) « Urban population densities », *Journal of the royal Statistical Society serie A*, n°114, p. 490-496
- CLAVAL P. (1981) *La logique des villes*, Litec
- COFFEY W., DROLET R. (1994) « La décentralisation intramétropolitaine des activités économiques dans la région de Montréal », *Cahiers de géographie du Québec*, n°38, p.371-394
- COFFEY W., SCHEARMUR R.G. (2000) *The identification of employment centres in Canadian metropolitan areas : the example of Montreal*, document de travail

- CORNIER M.C. (1999) *L'espace périurbain, une nouvelle forme de l'expansion urbaine*, thèse de doctorat en géographie, Université de Bourgogne
- DAVID J. (1985) « Les périphéries urbaines : nouvel espace ou discours ? », *Les périphéries urbaines*, Acte de colloque Angers, géographie sociale, p. 259-262
- DELHOMME P., CAUZARD J.P. (2000) « Comparer sa vitesse à celle d'autrui », *Recherche transport sécurité*, n°67, p. 39-60
- DERYCKE P.H. (1991) « Urban concentration and road networks : two approaches to congestion », *Flux*, n°5, p. 35-45
- DERYCKE P.H. (1999) « Les densités urbaines, une revue de littérature », communication présentée à la table ronde *Variations théoriques sur l'espace urbain et l'espace rural*, programme ARTHUR
- DERYCKE P.H. (2002) *Economie géographique : des théories à l'épreuve des faits*, Paris, Economica
- DERYCKE P.H., HURIOT J.M., AUREY J.P., BAILLY A. (1994) *Encyclopédie d'économie spatiale : concepts, comportement et organisation*, Paris, Economica
- DEZERT B., METTON A., STEINBERG J. (1991) *La périurbanisation en France*, Paris, SEDES
- DUBY G. (1980) *Histoire de la France urbaine tome 2, la ville médiévale*, édition du Seuil
- DUMOLARD P. (1999) « Accessibilité et diffusion spatiale », *L'espace géographique*, n°3, p. 205-214
- DUPUY G. (1991) *L'urbanisme des réseaux*, Paris, A.Colin
- DUPUY G. (1993) « Géographie et économie des réseaux », *L'espace géographique*, n°3
- DUPUY G. (1995a) *Les territoires de l'automobile*, Anthropos, Economica Paris
- DUPUY G. (1995b) *La ville et l'automobile*, Paris, Flammarion
- DUPUY G. (1999) *La dépendance automobile. Symptômes, analyses, diagnostic, traitements*, Anthropos, Economica, Paris
- EDMONSTON B., GOLDBERG M.A., MERCER J. (1985) « Urban Form in Canada and the United States : an examination of urban Density gradients », *Urban Studies*, n°22, p. 209-217
- EGAL Y. (1994) « Des effets positifs de la densité urbaine », *Transports urbains*, n°83, p. 27-31
- ENAULT C. (2003) « Vitesse automobile et étalement urbain dans l'aire urbaine dijonnaise », XXXIXième colloque de l'ASRDLF *Concentration et ségrégation, dynamique et inscription territoriale*, Lyon
- ENAULT C. (2003) « Densité, population cumulée et temps d'accès, analyse des relations entre morphologie urbaine et temps d'accès dans l'aire urbaine dijonnaise », 6^{ième} rencontre théoquant, Besançon
- ENAULT C. (2002) « Impact de la mise en service d'une fois deux voies entre Dijon et Is-sur-Tille (Côte d'Or) sur la périurbanisation », Colloque *Métropolisation et grands équipements structurants*, Toulouse
- ENAULT C. (2001) « Analyse des relations entre infrastructures routières et étalement urbain : application à l'aire urbaine dijonnaise », Colloque *Réseaux de transport, flux et recomposition régionales*, Le Havre
- ENAULT C. (1999) *Evaluation du nombre potentiel d'utilisateurs de la voie George Pompidou*, mémoire de DEA, Université de Bourgogne

- FER B. (1997) « Observation du comportement des automobilistes sur les autoroutes de liaison. Etudes des relations interdistançe débit-vitesse », *Revue générale des routes et des aérodromes*, n°757, p. 30-33
- FERRARI P. (1989) « The effect of driver behaviour on motorway reliability », *Transportation Research part B Methodological* 23 B, n°2, p. 139-150
- FOUCHIER V. (1999) « Quel transport pour quelle ville ? », *Urbanisme*, n°289, p. 66-74
- FRANKHAUSER P. (1994) *Les fractalités des structures urbaines*, Paris, Anthropos
- FRANKHAUSER P. (1997) « L'approche fractale : un nouvel outil de réflexion dans l'analyse spatiale des agglomérations urbaines », *Population*, n°4, p. 1005-1040
- FRANKHAUSER P., GENRE GRANDPIERRE C. (1998) « La géométrie fractale : un nouvel outil pour évaluer le rôle de la morphologie des réseaux de transport public dans l'organisation spatiale des agglomérations », *Cahiers scientifiques du transport*, n°33, p.41-78
- FUJITA M. (1989) *Urban Economic theory*, Cambridge, Cambridge University Press
- GARREAU J. (1991) *Edge City*, New York, Doubleday
- GHORRA-GOBIN C. (1989) « Le périurbain : une nouvelle forme d'urbanité en France et aux Etats-Unis », *Acta géographique*, n°80, p. 13-25
- GHORRA-GOBIN C. (1994) « Les mutations du périurbain aux Etats-Unis », *Cahiers de géographie du Québec*, n°38, p. 433-441
- GOFFETTE-NAGOT F. (1994) *Analyse micro-économique de la périurbanisation : un modèle de localisation résidentielle*, document de recherche n°43, INRA Dijon
- GORDON P., RICHARDSON H.W. (1996) « Beyond polycentricity : the dispersed metropolis, Los Angeles 1970-1990 », *Journal of the American Planning Association*, n°62, p. 289-295
- GORDON P., RICHARDSON H., WONG H. (1986) « The distribution of population and employment in a polycentric city : the case of Los Angeles », *Environnement and Planning A*, n°18, p. 161-173
- GRAS P. (1987) *Histoire de Dijon*, Privas
- GREENE S. (1992) « City Shape : communicating and evaluating community design », *Journal of the American Planning Association*, n°59, p. 177-189
- GREENSHIELDS B.D. (1935) « A study of traffic capacity », *Highway Research Board*, volume 14
- GRIFFITH D.A. (1981) « Modelling urban population density in a multicentered city », *Journal of Urban Economics*, n°9, p. 298-310
- GROS P. (2000) *Mégapoles méditerranéennes, géographie urbaine rétrospective* dirigé par NICOLET C., Ecole française de Rome
- GUILIANO G., SMALL K.A. (1991) « Subcenters in the Los Angeles region », *Regional Science and Urban Economics*, n°21, p. 163-182
- HAGGETT P. (1973) *L'analyse spatiale en géographie humaine*, Paris, Colin
- HALL F.L., HURD V.F., BANKS J.H. (1992) « Synthesis of recent work on the nature flow on the nature of speed-flow and flow-density relationships on freeways », *Transportation Research Records*, n°1365, p. 12-18
- HOHENBERG P.M., LYNN HOLLEN LEES (1992) *La formation de l'Europe urbaine 1000-1950*, PUF histoire

- HUANG H. (1996) « The land-use impacts of urban rail transit systems », *Journal of Planning Literature*, n°11, p. 17-30
- HULBERT F. (1994) « L'étalement de l'agglomération de Québec, bilan démographique, rapports de forces et blocage géopolitique », *Cahiers de géographie du Québec*, n°38, p. 284-299
- HURIOT J.M., PERREUR J. (1990) « Distances, espaces et représentation », *Revue d'économie régionale et urbaine*, n°2, p. 222-227
- INGRAM G.K., ALAN C. (1981) « The spatial structure of latin american cities », *Journal of Urban Economics*, n°9, p. 257-273
- JAILLET M.C., JALABERT G. (1982) « La production de l'espace urbain périphérique », *Revue géographique des Pyrénées et du sud ouest*, tome 53, fascicule 1, p. 7-26
- JALABERT G., KAYSER B., LABORIE J.P. (1984) « Espace périurbain : modélisation », *Etudes foncières*, n°25, p. 20-23
- JAYET H. (1993) *Analyse spatiale quantitative, une introduction*, Association de science régionale de langue française, bibliothèque de science régionale, Economica, Paris
- JAYET H., PEGUY P.Y. (2000) « Densités urbaines, distances et coûts d'accès au centre », XXXVI^{ième} colloque de l'association de science régionale de langue française
- JORDAN M. ROSS, USOWSKI (1998) « US suburbanization in the 1980's », *Regional Science and Urban Economics*, n°28, p. 611-627
- KAYSER B., SCHEKTMAN-LABRY G. (1982) « La troisième couronne périurbaine : une tentative d'identification », *Revue géographique des Pyrénées et du sud-ouest*, tome 53, fascicule 1, p. 27-34
- LAINÉ S. (1974) « A la découverte du phénomène périurbain », *Métropolis*, volume V, n°41-42, p. 6-8
- LAMURE C. (1995) *Quelle automobile dans la ville ?*, Presses des ponts et chaussées
- LE JEANNIC T. (1996) « Une nouvelle approche territoriale de la ville », *Economie et statistique*, n°294-295
- LE JEANNIC T. (1997) « 30 ans de périurbanisation : extension et dilution des villes, le besoin d'espace des familles recule toujours plus les limites de la ville », *Economie et statistique*, n° 294-295
- LEBACQUE J.P. (1999) « Comment simuler le caractère fini de l'accélération des véhicules dans le cadre des modèles macroscopiques du premier ordre », *Modélisation du trafic*, Acte du groupe de travail 1996, n°64, p. 93-113
- LECLERCQ L. (2002) « Modélisation du trafic et estimation des nuisances sonores », *Modélisation du trafic* dirigé par ARON M., BOILLOT F. et LEBACQUE J.P., Actes du groupe de travail 1999, les collections de l'INRETS
- LEGRAS D. (1978) « L'espace urbain : ses grandes divisions », *Cahiers de géographie de Dijon*, n°7, p. 36-76
- LEPETIT B., PUMAIN D. (1993) *Temporalités urbaines*, Paris, Anthropos, Economica, collection Villes
- LEROY S.F., SONSTELIE J. (1983) « Paradise lost and regained : transportation innovation, income and residential location », *Journal of Urban Economics*, n°13, p. 301-310
- LIGHTHILL M.J., WHITHAM G.B. (1955) « On kinematic waves : a theory of traffic flow on long crowded roads », *Proceedings of Royal Society*, n°1178, p. 145-317
- MAHMASSANI H.S., BAAJ M.M., TONG C.C. (1988) « Characterization and evolution of spatial density patterns in urban areas », *Transportation*, vol. 15, n°3, p. 233-256

- MARGO R.A. (1992) « Explaining the postwar suburbanization of the population in United States : the role of income », *Journal of Urban Economics*, n° 31, p. 301-310
- MAROIS C., DELAURIERS P., BRYANT C. (1991) « Une revue de la littérature scientifique sur l'étalement urbain et sur les relations urbains-agricoles dans la frange urbaine : le cas de la région métropolitaine de Montréal dans le contexte nord américain », *Espace populations sociétés*, n°2, p. 325-334
- MASSON S. (1997) « Interrelations entre système de transport et système de localisation des activités en milieu urbain : le rôle de l'accessibilité », *Colloque « les premières journées de la proximité »* proximité et coordination économique Lyon 5-6 mai
- MASSON S. (2000) *Les interactions entre système de transport et système de localisation en milieu urbain et leur modélisation*, thèse de doctorat en science économique
- MASSOT M.H., ORFEUIL J.P. (1995) « La mobilité, une alternative à la densification du centre. Les relations domicile-travail », *Annales de la recherche urbaine*, n°67
- MC DONALD J. (1987) « The identification of urban employment subcenters », *Journal of Urban Economics*, n°2, p.242-258
- MC DONALD J., PRATHER P. (1994) « Suburban employment centres : the case of Chicago », *Urban Studies*, n°3, p. 20-28
- MC MILLEN D.P. (1995) « A non parametric analysis of employment density in metropolitan Chicago », *Journal of Urban Economics*, n°43, p. 157-180
- MERCIER G., SENEAL G., ANDRE P. (1994) « L'étalement urbain : les marges de Babel », *Cahiers de géographie du Québec*, n°38, p. 253-257
- MIGNOT D. (2000) « Répartition des activités et distance au centre : pertinence du modèle de Bussière », *36^{ème} colloque de science régionale de langue française*, p. 1-14
- MIGNOT D. (2001) « Dépendance et autonomisation des pôles : le cas de l'agglomération lyonnaise », *37^{ème} colloque de l'association de science régionale de langue française*, Bordeaux
- MILLS E.S. (1970) « Urban density functions », *Urban Studies*, n°7, p. 5-20
- MILLS E.S. (1992) « The measurement and determinants of suburbanization », *Journal of Urban Economics*, n°32, p. 377-387
- MILLS E.S.; TAN J.P. (1980) « A comparison of urban density functions in developed and developing countries », *Urban Studies*, n°17, p. 313-321
- MINISTERE DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE ET DE L'ENVIRONNEMENT (1999) *Ville densités urbaines et développement durable*
- MUFFAT M. (1996) « Comment l'automobile va-t-elle s'adapter à la ville », *Cahiers de l'IAURIF*, n°114-115, p. 256-265
- MUTH R.F. (1969) *Cities and housing : the spatial pattern of urban residential land use*, Chicago, University of Chicago Press
- NEWLING B.E. (1969) « The spatial variation of urban population densities », *Geographical Review*, n°59, p. 242-252
- NEWMAN P., KENWORTHY J.R. (1991) « Transport and urban form in thirty two of the world's principal cities », *Transport Review*, n°3, p. 249-272
- NICOT B. (1996) « Une mesure de l'étalement urbain en France 1982-1990 », *Revue d'économie régionale et urbaine*, n°1, p. 71-98
- ORHON J. (1982) « L'espace périurbain : un nouvel espace ? », *Etudes foncières*, n°14, p. 41-44

- PASSEGUE S. (1997) « Rugosité routière et mesure de temps d'accès en milieu rural : une modélisation par corroyage », *L'espace géographique*, n°4, p. 355-366
- PEGUY P.Y. (1999) *Croissance des aires urbaines et fonction exponentielle négative*, LET, document de travail
- PEGUY P.Y. (2000) *Analyse économique des configurations urbaines et de leur étalement*, thèse de doctorat en sciences économique
- PEGUY P.Y., JAYET H. (2000) « Densité, distance et coût d'accès au centre », 36^{ième} colloque de l'association de science régionale de langue française, p. 1-23
- PUMAIN D. (1982) *La dynamique des villes*, Paris, Economica
- PUMAIN D. (1997b) « Pour une théorie évolutive des villes », *L'espace géographique*, volume 26, n°2
- PUMAIN D., BRETAGNOLLE A., DEGORGÉ LAVAGNE M. (1999) « La ville et la croissance urbaine dans l'espace temps », *Mappemonde*, volume 55, n°3, p. 38-42
- PUMAIN D., GODARD F. (1996) *Données urbaines I*, Anthropos, Economica
- PUMAIN D., MATTEI M.F. (1998) *Données urbaines II*, Anthropos, Economica
- PUMAIN D., SAINT JULIEN T. (1997a) *L'analyse spatiale*, Armand Colin, Cursus, collection géographie
- PUMAIN D., SAINT JULIEN T. (2001) *Les interactions spatiales*, Cursus, collection géographie, édition Armand Colin
- PUMAIN D., SANDERS L., SAINT JULIEN T. (1989) *Villes et auto organisation*, Paris, Economica
- QUINET E. (1980) *Economie des transports*, Paris, Economica
- RITCHOT G., MERCIER G., MASCOLO S. (1994) « L'étalement urbain comme phénomène géographique : l'exemple de Québec », *Cahiers de géographie du Québec*, n°38, p. 261-283
- RONCAYOLO M. (1990) *La ville et ses territoires*, Gallimard, Paris
- RONCAYOLO M., PACQUOT T. (1992) *Villes et civilisation urbaine XVIII^{ème} XX^{ème} siècle*, Paris, Larousse
- RUSK D. (1995) *Cities without suburbs*, Wilson Center Press
- SAINT JULIEN T. (1992) « Diffusion spatiale », *Encyclopédie de géographie* dirigé par BAILLY A., FERRAS R., PUMAIN D., Economica, p. 577-595
- SANDERS L. (1989) *L'analyse statistique des données en géographie*, Montpellier, GIP Reclus, Alidade
- SCHEOU B. (1998) « L'estimation de la population totale à un niveau communale : utilisation d'une fonction exponentielle négative », *L'espace géographique*, tome 27, n°4
- SENECAL G., GAUDREAU M., DES ROCHES S. (1994) « Les mécanismes de production de la forme urbaine et la conservation des espaces agricoles et naturels dans la région de Montréal : le cas de Laval », *Cahiers de géographie de Québec*, n°38, p. 301-326
- SHEARMUR R., TERRAL L. (2000) « Structures spatiales de l'économie métropolitaine montréalaise en 1996 », 36^{ième} colloque de l'association de science régionale de langue française
- SMALL K.A., SONG S. (1994) « Population and employment densities : structure and change », *Journal of Urban Economics*, n°36, p. 292-313

- SONG S. (1994) « Modelling worker residence distribution in the Los Angeles region », *Urban Studies*, n°31, p.1533-1544
- STATHOPOULOS N. (1997) *La performance territoriale des réseaux de transport*, Presse de l'école des ponts et chaussées
- STEINBERG J. (1996) « Le développement périurbain actuel est-il inédit et spécifique », *villes en parallèle*, n°15 –10, p. 100-109
- TABOURIN E. (1995) « Les formes de l'étalement urbain : la logique du modèle de Bussière appliquée à l'agglomération lyonnaise », *Annales de la recherche urbaine*, n°67, p. 32-42
- TABOURIN E., ANDAN O. (1998) « Croissance et recomposition socioéconomique des espaces », *Données urbaines II* dirigé par PUMAIN D., MATTEI M.F., p. 273-285
- TABOURIN E., ANDAN O., ROUTHIER J.L. (1996) *les formes de la croissance urbaine. Le modèle de Bussière appliqué à l'agglomération lyonnaise*, Rapport de recherche, PIR villes
- TAFFIN C. (1986) « L'essor périurbain », *Espace populations sociétés*, n°2, p. 305-312
- TELLIER L.N. (2000) « Le couple mobilité-immobilité au cœur de l'étalement urbain : le cas montréalais », *Cahiers scientifiques du transport*, n°37, p. 31-58
- THEMA Dijon (2002) *Transports et périurbanisation ; les enjeux territoriaux de l'aménagement de la RD 903*, rapport d'étude pour le conseil général de Côte d'Or
- WANG F., ZHOU Y. (1999) « Modelling urban population densities in Beijing 1982-1990 : suburbanization and its causes », *Urban Studies*, n°36, p. 271-287
- WHEATON W.C. (1998) « Land use and density in cities with congestion », *Journal of Urban Economics*, n°2, volume 43, p. 258-272
- WIEL M. (1994) « Comment articuler la planification des déplacements et les stratégies urbaines ? », *Recherche transport sécurité*, n°44, p. 59-70
- WIEL M. (1995) « La ville, l'espace et le temps ou l'organisation de la mobilité urbaine », *Diagonal*, n°115, p. 10-33
- WIEL M. (1998) « Comment gérer la transition urbaine », *Recherche transport sécurité*, n°58, p. 3-18
- WIEL M. (1999) *Forme et intensité de la périurbanisation et aptitude à la canaliser*, rapport de recherche
- WIEL M. (1999) *La transition urbaine ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*, édition Margada
- WIEL M. (2002) *Villes et automobile*, édition Descartes et Cie, collection Les urbanités
- WILSON A.G. (1970) *Entropy in urban and regional modelling*, Pion, London, Great Britain
- ZHENG X.P. (1991) « Metropolitan spatial structure and its determinants : a case of Tokyo », *Urban Studies*, n°28, p. 87-104

Annexes

Liste des annexes

Annexe I : Description du modèle de NEWLING

Annexe II : Méthode d'ajustement non-linéaire

Annexe III : Obtention du modèle de Bussièrre

Annexe IV : Le modèle de Bussièrre par secteur

Annexe V Estimation de la population totale et du gradient à partir du modèle de Bussièrre

Annexe VI : Evaluation de la population communale à partir du modèle de Bussièrre

Annexe VII : Modèle de population cumulée reposant sur une autre fonction de densité

Annexe VIII : Le modèle logistique décroissant

Annexe IX : La régression logistique

Annexe X : Evaluation de la capacité critique

Annexe XI : Evaluation de la vitesse en fonction du débit et de la capacité critique

Annexe XII : Application du modèle probabiliste des feux dans EXCEL

Annexe XIII : Modèle logistique « borné » et régression logistique

Annexe XIV : Construction du modèle des temps d'accès à partir de la fonction vitesse

Annexe XV : Construction des deux modèles de causalité vitesse/densité

Annexe XVI : Calcul de la dérivée densité-lambda et étude du signe de variation du rapport

Annexe XVII : Calcul de la dérivée densité-vitesse au centre et étude du signe de variation du rapport

Annexe XVIII : Calcul de la dérivée de la densité par rapport à la vitesse en milieu rural et étude du signe de variation du rapport

Annexe XIX : Calcul de la dérivée de la vitesse par rapport à la densité centrale et étude du signe du rapport

Annexe XX : Calcul de la dérivée de la vitesse par rapport au gradient de densité et étude du signe du rapport

Annexe XXI : Construction des deux modèles de causalité vitesse/dilution

Annexe XXII : Calcul de la dérivée du pourcentage de surface bâtie par rapport au facteur lambda et étude du signe du rapport

Annexe XXIII : Calcul de la dérivée du pourcentage de surface bâtie par rapport à la vitesse en milieu rural et étude du signe du rapport

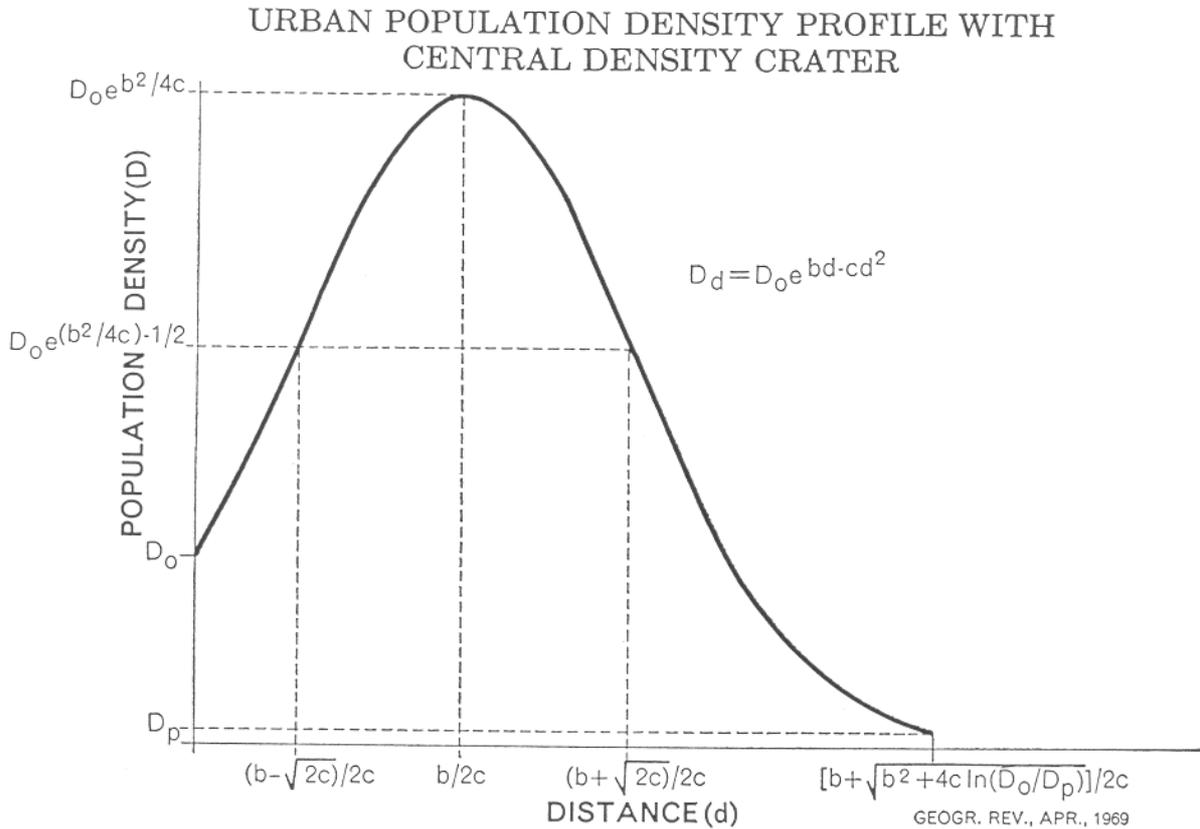
Annexe XXIV : Calcul de la dérivée du pourcentage de surface bâtie par rapport à la vitesse au centre et étude du signe du rapport

Annexe XXV : Calcul de la dérivée de la vitesse par rapport au facteur de dilution et étude du signe du rapport

Annexe XXVI : Calcul de la dérivée de la vitesse par rapport au facteur d'étalement et étude du signe du rapport

Annexe I Description du modèle de NEWLING

La courbe représentative de la fonction de NEWLING adopte trois types de profil. Dans le cas le plus fréquent (cratère de densité), la fonction se présente comme suit. Nous proposons dans la suite de ce texte de définir mathématiquement l'ensemble des paramètres de la courbe. Les résultats sont synthétisés sur la figure ci-dessous.



Dans la suite de notre travail, nous n'envisagerons que la ville à cratère de densité. Dans cette hypothèse, la densité centrale D_0 est toujours inférieure à la densité maximale. Notons x_0 la distance à laquelle se trouve la densité maximale et $D(x_0)$ la densité maximale. Commençons par établir les relations exprimant la densité centrale et la distance x_0 en fonction des deux gradients c et b .

A- Calcul de x_0 et $D(x_0)$

Notons tout d'abord que la fonction est strictement croissante sur $[0, x_0]$ et strictement décroissante sur $]x_0, +\infty[$. En outre, elle admet une tangente horizontale en x_0 . En somme cela signifie que la dérivée de la fonction s'annule en x_0 .

$$\text{Calculons la dérivée : } \frac{\partial D(x)}{\partial x} = D_0 e^{bx - cx^2} (b - 2cx)$$

En x_0 , cette dernière s'annule d'où :

$$0 = D_0 e^{bx_0 - cx_0^2} (b - 2cx_0)$$

Cette équation où x_0 est l'inconnue est équivalente à :

$$b - 2cx_0 = 0$$

soit
$$x_0 = \frac{b}{2c} \quad (1)$$

Pour connaître $D(x_0)$, il suffit de remplacer x_0 par l'expression (1) dans le modèle quadratique de base.

$$D(x_0) = D_o e^{b \frac{b}{2c} - c \frac{b^2}{4c^2}}$$

$$D(x_0) = D_o e^{\frac{2b^2}{4c} - \frac{b^2}{4c}}$$

d'où
$$D(x_0) = D_o e^{\frac{b^2}{4c}} \quad (2)$$

B- Calcul de la valeur des gradients en fonction de x_0 et $D(x_0)$

Prenons comme hypothèse que nous connaissons les valeurs de $D(x_0)$ et x_0 et que nous cherchons à exprimer les gradients b et c . Il nous faut alors considérer le système suivant :

$$\begin{cases} x_0 = \frac{b}{2c} \\ D(x_0) = D_o e^{\frac{b^2}{4c}} \end{cases}$$

Exprimons b en fonction du reste : $b = 2x_0 c$. Remplaçons le alors dans la première équation

$$D(x_0) = D_o e^{\frac{4x_0^2 c^2}{4c}} = D_o e^{cx_0^2}$$

$$\text{Ln}(D(x_0)) = \text{Ln}D_o + cx_0^2$$

soit :
$$c = \frac{\text{Ln}(D(x_0)) - \text{Ln}(D_o)}{x_0^2} \quad (3)$$

Pour trouver b , il suffit de remplacer c dans le système.

$$x_0 = \frac{b}{2 \left(\frac{\text{Ln}(D(x_0)) - \text{Ln}D_o}{x_0^2} \right)} = \frac{bx_0^2}{2(\text{Ln}(D(x_0)) - \text{Ln}D_o)}$$

on obtient alors :
$$b = 2 \frac{\text{Ln}(D) - \text{Ln}(D(x_0))}{x_0} \quad (4)$$

Les expressions (3) et (4) nous apporte la preuve mathématique que les gradients de densité, donc l'étalement urbain, sont fonctions de la configuration du centre. Prouvons le une nouvelle fois par le calcul.

Toutes choses étant égales par ailleurs, la ville s'étale si et seulement si le gradient c diminue donc si l'expression (3) décroît.

Cela ne peut se produire que si le dénominateur augmente ou si le numérateur diminue soit :

- 1) x_0^2 augmente donc la taille du cratère augmente
- 2) $\text{Ln}(D(x_0)) - \text{Ln}(D_0)$ diminue, c'est-à-dire que la profondeur du cratère diminue ou que l'écart entre la densité au centre et la densité maximale se réduise.

En résumé, la ville s'étend dans les deux cas suivants : la taille du cratère de densité augmente ou la profondeur de ce dernier diminue.

C- Calcul de l'aire théoriquement urbanisée

Pour définir cette dernière, il est nécessaire de fixer un seuil minimal de densité D_p supposé connu, toutes les valeurs de la courbe, au dessus de ce dernier, seront considérées comme urbaines. En conséquence, la limite entre l'urbain et le rural est fixée à x_p avec une densité $D_p = D(x_p)$.

$$D_p = D_0 e^{bx_p - cx_p^2}$$

L'inconnue est donc x_p , il suffit de résoudre cette équation. On passe pour cela au logarithme.

$$\text{Ln}D_p = \text{Ln}D_0 + bx_p - cx_p^2$$

$$-cx_p^2 + bx_p + \text{Ln}D_0 - \text{Ln}D_p = 0$$

Calculons le Δ de l'équation :

$$\Delta = b^2 + 4c\text{Ln}\left(\frac{D_0}{D_p}\right)$$

Si Δ est positif, on obtient deux racines dont une négative est impossible donc la solution unique de notre équation est :

$$x_p = \frac{b + \sqrt{b^2 + 4c\text{Ln}\left(\frac{D_0}{D_p}\right)}}{2c} \quad (5)$$

Annexe II : méthode d'ajustement non-linéaire

L'ajustement est effectuée par le module *estimation non-linéaire* du logiciel STATISTICA. On doit au préalable définir les deux éléments suivants :

- définir la fonction que l'on désire approcher (par exemple la fonction de NEWLING $D(x) = D_0 e^{bx-cx^2}$). Toute lettre en dehors de x (vn dans le logiciel) est considérée comme une variable (Par exemple ici D_0 , b ou c).

- indiquer la fonction de perte : par défaut celle des moindres carrés $m_c = \sum (obs - théo)^2$

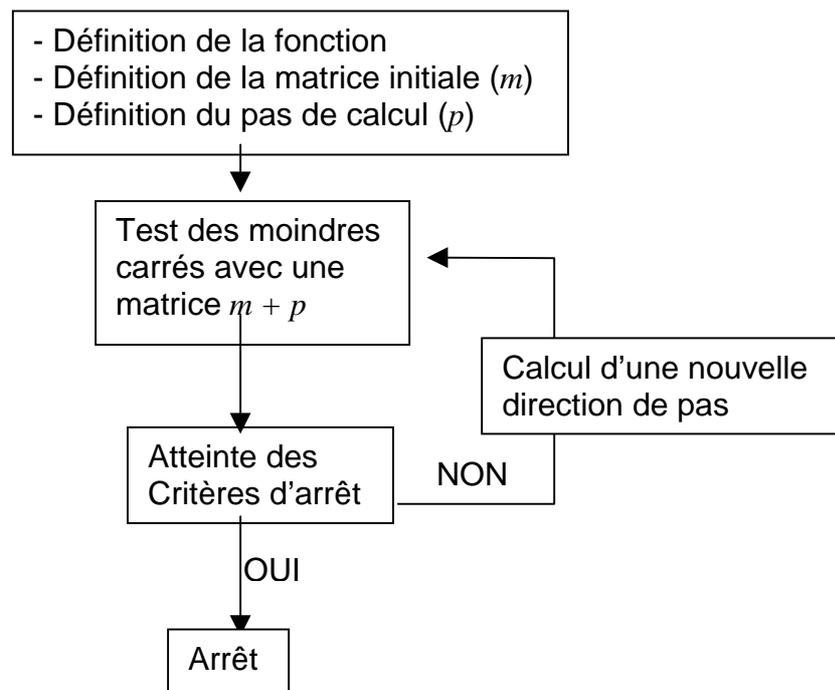
Les paramètres de la fonction définie par l'utilisateur forment une matrice dont la taille dépend du nombre de variables introduites dans le modèle. Par la suite le logiciel cherche à minimiser la somme des carrés des résidus.

Pour ce faire, l'ajustement s'effectue par des itérations successives où le vecteur de la matrice est orienté à chaque itération afin d'optimiser le choix de la matrice.

On définit dans un premier temps le vecteur initial : à savoir la matrice de départ puis le pas de calcul qui fera augmenter ou diminuer les paramètres d'autant à chaque itération.

Il existe un certain nombre d'algorithmes d'optimisation (QUASI-NEWTON...)

En 1998, B.SCHEOU¹ décrit en partie l'algorithme de la façon suivante :



En définissant au préalable un nombre maximum d'itérations (ce chiffre ne peut excéder 1000), on obtient une estimation des valeurs prises par trois facteurs dans une situation optimale (moindres carrés minimaux).

¹ *L'estimation de la population totale à un niveau communal, l'utilisation du modèle de R.BUSSIÈRE in l'espace géographique* N°4 pp301-316

Annexe III : obtention du modèle de Bussière

Le modèle de Bussière repose sur la transformation de la fonction de densité la plus élémentaire de Clark.

En premier lieu, on se réfère à la définition même de la densité qui est la population sur la surface. La population est donc le produit de la densité par la surface.

Maintenant dans une ville de centre O et de rayon x répondant à la logique de Clark, on peut écrire :

$$D(x) = De^{-\gamma x}$$

La population à une distance x du centre est de ce fait :

$p(x) = De^{-\gamma x} S(x)$ où $S(x)$ est la surface d'une couronne infiniment petite. Cette dernière est donc assimilable au périmètre soit $p(x) = 2\pi D x e^{-\gamma x}$

Pour définir le modèle de Bussière, il est nécessaire de réaliser la somme de toutes les populations de chaque périmètre. Cela se traduit sous la forme d'une intégrale de type :

$$P(x) = \int_0^x D(x) S(x) = \int_0^x De^{-\gamma x} 2\pi x = 2\pi D \int_0^x e^{-\gamma x} x$$

x est la distance radiale au centre, $P(x)$ est la population cumulée entre le centre la distance x , D la densité en 0 et γ le gradient de densité.

Il est relativement aisé de trouver la solution analytique de cette expression en intégrant par parties.

$$P(x) = \frac{2\pi D}{-\gamma} \left(e^{-\gamma x} x + \frac{1}{\gamma} \int_0^x e^{-\gamma x} (-\gamma) \right)$$

$$P(x) = \frac{2\pi D}{-\gamma^2} (\gamma e^{-\gamma x} x + e^{-\gamma x} - 1)$$

$$P(x) = \frac{2\pi D}{-\gamma} \left(e^{-\gamma x} x + \frac{1}{\gamma} (e^{-\gamma x} - 1) \right)$$

Cette expression est équivalente à :

$$P(x) = \frac{2D\pi}{\gamma^2} (1 - (1 + \gamma x) e^{-\gamma x})$$

Annexe IV : Le modèle de Bussière par secteur

Dans le modèle de Bussière classique, on considère que la ville forme un cercle parfait de centre O et de rayon x .

Si on reprend à présent le modèle en s'affranchissant du fait que l'ensemble du cercle soit occupé, on modifie en conséquence l'expression de Bussière.

Reprenons la logique de construction énoncée dans l'annexe III. La population est égale à la densité multipliée par la surface. Or dans la ville de type Clark, la densité s'exprime par la relation $D(x) = De^{-\gamma x}$. Dans une ville incomplète (où une partie du cercle a été tronquée comme par exemple dans une ville maritime ne représentant que la moitié d'un cercle), la relation n'est pas modifiée.

Ce qui change, en revanche, c'est le calcul de la surface. En effet, la population à une distance x du centre est le produit densité périmètre. Or, si la ville n'est urbanisée que sur un secteur, que nous noterons θ , alors le périmètre n'est plus 2π mais $\theta\pi$.

En conséquence, le modèle de Bussière adoptera la forme suivante :

$$p(x) = \theta\pi D x e^{-\gamma x}$$

Le passage aux populations cumulées est rigoureusement le même, à savoir l'intégration :

$$P(x) = \int_0^x \theta\pi D e^{-\gamma x} dx$$

θ est une constante comme 2π , on peut donc la sortir, l'expression s'intègre par parties comme le modèle classique. On obtient :

$$P(x) = \frac{\theta D}{\gamma^2} \left(1 - (1 + \gamma x) e^{-\gamma x} \right)$$

Annexe V : Estimation de la population totale et du gradient à partir du modèle de Bussière

En plus d'un pouvoir descriptif pour l'étalement urbain, le modèle de Bussière est également en mesure d'estimer certains paramètres comme la population totale de l'agglomération ou le gradient de densité (B.EDMONSTON, M.A.GOLDBERG et J.MERCER² 1985).

L'idée des auteurs est alors de définir deux rayons : x_1 la distance maximale d'extension du centre ville dont on connaît la population $P(x_1)$ et une distance x_2 supérieure à x_1 pour laquelle on dispose également de la population $P(x_2)$.

En utilisant le modèle de Bussière pour les distances x_1 et x_2 , on peut écrire le système suivant où D et γ sont les inconnues.

$$\begin{cases} P(x_1) = \frac{2D\pi}{\gamma^2} \left(1 - (1 + \gamma x_1) e^{-\gamma x_1} \right) \\ P(x_2) = \frac{2D\pi}{\gamma^2} \left(1 - (1 + \gamma x_2) e^{-\gamma x_2} \right) \end{cases}$$

En exprimant $2\pi D/\gamma$ en fonction du reste dans dans une des deux équations et en reportant ce résultat dans l'autre, on obtient l'équation d'estimation de γ en fonction des valeurs de population ($P(x_1)$ et $P(x_2)$) soit :

$$\boxed{\frac{P(x_1)}{P(x_2)} = \frac{1 - (1 + \gamma x_1)e^{-\gamma x_1}}{1 - (1 + \gamma x_2)e^{-\gamma x_2}}}$$

Pour déterminer γ , il est nécessaire d'employer un algorithme relativement complexe qui estime par approximation la valeur.

Ensuite cette dernière est reportée dans une des deux expressions du système pour estimer la densité centrale.

La population totale de la ville est ensuite égale à :

$$\boxed{N = \frac{2\pi D}{\gamma^2}}$$

² *Urban Form in Canada and the United States : an examination of Urban Density Gradients*, Urban Studies N°22, pp209-217

Annexe VI : Evaluation de la population communale à partir du modèle de Bussière

Une autre application du modèle de Bussière a été proposée par B.SCHEOU³ : il estime la population communale à partir des populations cumulées. L'idée de l'auteur est alors de décumuler le modèle de Bussière en fonction d'un pas défini par l'échelle du maillage. Le travail réalisé sur la région lyonnaise permet, en comparant aux données réelles de population communale pour les recensements de 1954 à 1990, de tester la pertinence de ce procédé.

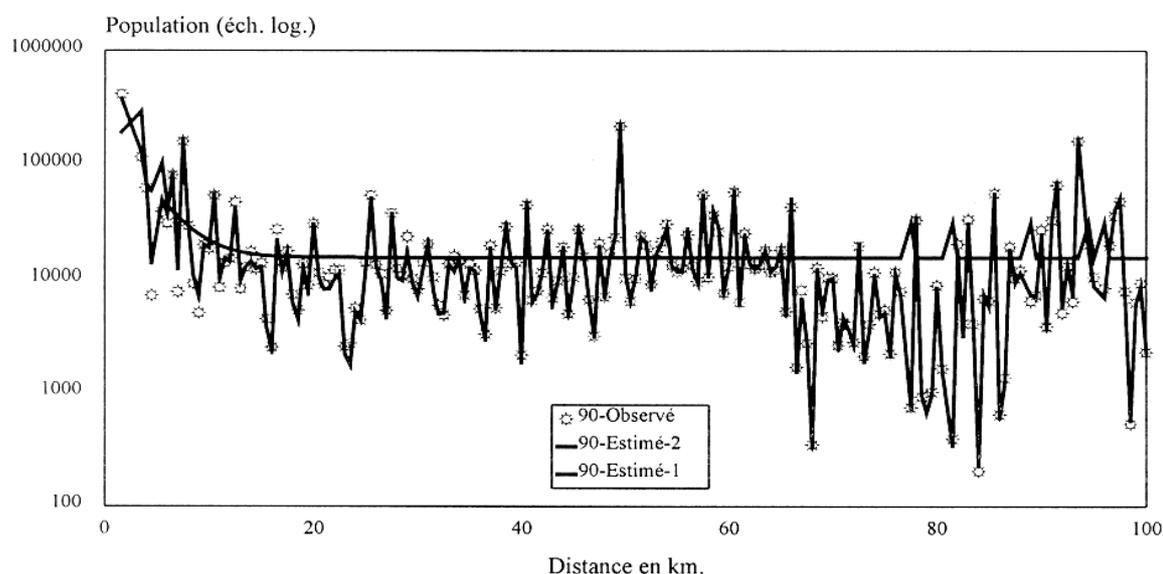
Ainsi, le « décumul » passe par le calcul de la différence entre la population totale de l'aire à une distance x moins la population totale de l'aire à une distance $x + p$ où p est le pas de cumul du modèle de Bussière. Cette opération est effectuée pour chaque pas, ce qui permet d'obtenir un modèle de Bussière dit « décumulé » pour chaque date allant de 54 à 90. Un coefficient de détermination (R^2 bis) entre la population réelle et la population estimée des différentes communes met en évidence une diminution progressive de la validité de cette méthode (R^2 bis pour 1990 est de 0.31 contre 0.68 en 1954). Ce manque d'efficacité est dû pour SCHEOU à « la croissance des pôles secondaires et l'augmentation des infractions au modèle qui en résulte ».

Cette constatation a mené l'auteur à employer une méthode plus fiable basée sur les taux de croissance communaux :

- « estimation par le modèle de Bussière amendé des populations cumulées de 82 à 90 »
- « passage aux populations « décumulées » par pas de 500 m »
- « estimation par pas de 500 m du taux de croissance de la population entre 82 et 90 »
- « estimation de la population de 1990 par pas de 500 m par application du taux de croissance à la population observée de 1982 »

Avec cette seconde méthode, les coefficients de détermination apparaissent nettement plus satisfaisants (0.8179 pour le R^2 bis le plus faible en 1990)

Figure 104 - Population de la région lyonnaise en fonction de la distance
Modèle de Bussière amendé "décumulé" (calage sur 100 km)



Source B.Scheou, l'espace géographique

³ L'estimation de la population totale au niveau communal : utilisation d'une fonction exponentielle négative in espace géographique N°4 tome27 1998

Annexe VII : Modèle de population cumulée reposant sur une autre fonction de densité

Si le modèle de Bussière semble adapté à la plupart des agglomérations, et s'ajuster aux données de population, il repose néanmoins sur une fonction dont nous avons pu constater qu'elle ne recouvre qu'une partie de la réalité urbaine ; d'autres expressions, plus générales, s'adaptent à un plus grand nombre de situations. Nous utiliserons par conséquent le modèle quadratique exponentiel non simultané (profil de Newling) tenant compte des trois situations types. Nous proposons, compte tenu de la plus grande variété de cas, que ce modèle peut apporter de reformuler le modèle de Bussière amendé en fonction de cette expression de densité. La méthode de reconstruction est rigoureusement celle utilisée par R.BUSSIERE, à savoir l'intégration du produit densité périmètre soit :

$$P(x) = \int_0^x D(x)S(x) = \int_0^x D e^{ax + bx^2} 2\pi x = 2\pi D \int_0^x e^{ax + bx^2} x$$

Une première intégration par partie permet d'obtenir :

$$P(x) = \frac{\pi D}{b} \left(e^{ax + bx^2} - 1 - a \int_0^x e^{ax + bx^2} dx \right)$$

Le nouveau modèle ne peut donc pas être obtenu de manière simple et nécessite le rapprochement à une fonction type. En observant que l'intégration ressemble à la loi normale, on peut reformuler la partie exponentielle pour retrouver une fonction connue :

$$\eta(m, \sigma, x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}} dt$$

où m représente la moyenne, σ l'écart type et x la variable

Reformulons $ax + bx^2$ en utilisant la forme canonique, ce qui donne l'expression suivante :

$$ax + \beta x^2 = \frac{-\left(x + \frac{\alpha}{2\beta}\right)^2}{2\frac{-1}{2\beta}} - \frac{\alpha^2}{4\beta} = \frac{-(x - m)^2}{2\sigma^2} - \nu$$

En notant que : $m = \frac{-\alpha}{2\beta}$, $\sigma = \sqrt{\frac{-1}{2\beta}}$ et que $\nu = \frac{\alpha^2}{4\beta}$ avec comme condition $b < 0$, on se rapproche

de la loi normale, soit en remplaçant et après interprétation de la différence des lois normales l'expression finale est :

$$P(x) = \frac{\pi D}{b} \left(e^{ax + bx^2} - 1 - a\sigma e^{-\nu} \sqrt{2\pi} [\eta(m, \sigma, x) - \eta(m, \sigma, 0)] \right)$$

Où a et b ($\forall x \in \mathbb{R}$, $\beta < 0$) sont les paramètres de la fonctions de densité quadratique

ν est l'écart à la loi normale

σ l'écart type

m la moyenne

$\eta(m, \sigma, x)$ désigne la loi normale ayant pour écart type σ et comme moyenne m

Formes, signification et projection du nouveau modèle

Si le résultat n'est pas entièrement analytique, il permet tout de même, par le biais de la loi normale, de calculer des valeurs approchées de la fonction. En analysant plus en détail ce modèle, on constate que la pente de la courbe dépend essentiellement de la différence des deux lois normales. La première partie étant variable et la seconde fixe, on obtient une valeur variant de 0 à $+\infty$, ce qui conduit à une asymptote lorsque l'on s'éloigne du centre. La courbe est quasiment identique au modèle de Bussière si ce n'est au niveau de la pente.

Cette dernière dépend en réalité du paramètre a , donc du type de morphologie urbaine, vont alors s'opposer deux modèles urbains :

- 1) Le premier où a est de signe négatif caractérise la ville de type Clark, entraîne un modèle de Bussière quadratique quasiment identique au modèle d'origine compte tenu du niveau de ressemblance entre la fonction de Clark et son approximation de Newling.
- 2) Un deuxième cas enfin fait apparaître un cratère de densité (a est positif) d'où une modification de la pente de la courbe ainsi que du point d'inflexion qui se rapproche alors de l'origine : la rupture entre l'urbain et le rural est de ce fait plus rapide faisant en partie disparaître, pour les cas extrêmes, la continuité qui existait avec le modèle de Bussière.

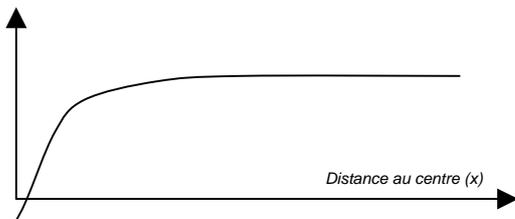
L'expression montre donc que le modèle de Bussière n'est qu'un cas particulier d'un ensemble de fonctions de populations cumulées où le caractère continuum urbain/rural peut perdre de son sens dans le cas des villes à cratère de densité. En somme, une agglomération présentant une décroissance de population dans son espace central est susceptible de présenter une rupture plus forte entre urbain et le rural.

On peut, dans l'hypothèse d'une application plus large adaptée à l'espace périphérique, envisager, aussi bien que pour le modèle de Bussière, une forme amendée en ajoutant un facteur Kx produisant cette dernière expression :

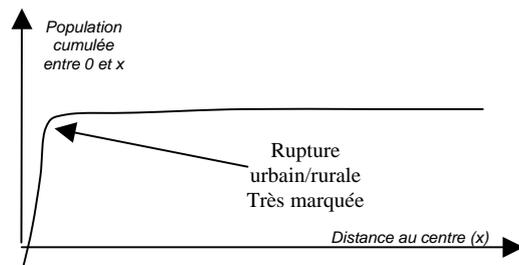
$$P(x) = \frac{\pi D}{b} \left(e^{ax + bx^2} - 1 - a\sigma e^{-v\sqrt{2\pi}} [\eta(m, \sigma, x) - \eta(m, \sigma, 0)] \right) + Kx$$

Population
cumulée entre 0 et
x

Forme de la Buss.Quadratique
lorsque $\alpha < 0$



Forme de la Buss..Quadratique
Lorsque $\alpha > 0$



Annexe VIII : le modèle logistique décroissant

La fonction logistique, une des plus connues en économie, portant en mathématique et dans les sciences dures en générale le nom de fonction sigmoïdale, est largement employée dans l'analyse des probabilités, pour définir des nuances entre la stricte appartenance ou la non-appartenance, ce qui ne manque pas de rappeler les fonctions utilisées en logique floue déterminant ainsi une infinité de situation, des phénomènes continus. La fonction est aussi classiquement utilisée en géographie pour mettre en évidence les phénomènes de diffusion spatiale. Le modèle logistique nous est décrit par D.PUMAIN et T.ST.JULIEN⁴ (2001) dans le cadre de l'évolution des populations entre un minimum et un maximum, selon une croissance de type exponentielle : « la variation absolue s'effectuera entre un niveau p atteint au temps x_0 , et un niveau N indépassable ».

La variation d'une fonction D_i , dD_i est alors dépendante de la limite N .

« Dans un premier stade du processus de croissance, D_i est très éloigné de N , D_i/N est proche de 0, $(1-D_i/N)$ est proche de 1, la croissance dD_i/dx est de type exponentiel. Elle passe par un maximum pour $D_i = N/2$. Au fur et à mesure que D_i croît, et se rapproche de N , D_i/N tend vers 1, $(1-D_i/N)$ se rapproche de 0, la croissance de D_i s'amenuise jusqu'à ce que D_i se stabilise à la valeur N ».

L'expression du modèle logistique repose alors sur une relation de type différentielle :

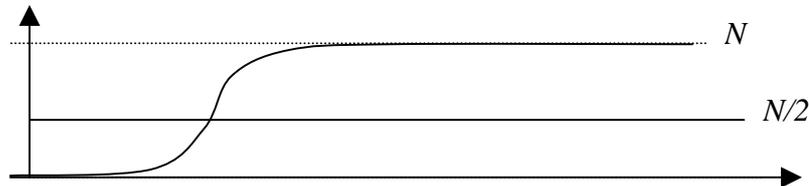
$$\frac{dD_i}{dx} = D_i \left(1 - \frac{D_i}{N} \right) w$$

La résolution de cette égalité conduit à la relation suivante :

$$D_i(x) = \frac{N}{1 + e^{-wx+p}}$$

La courbe résultante présente une évolution variant entre un minimum 0 et un maximum asymptotique N .

Cette première expression est la forme première de la fonction logistique. Elle peut être qualifiée de croissante.

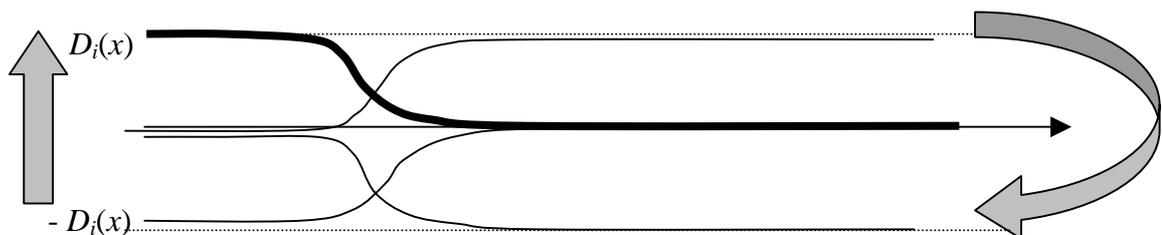


Une deuxième forme plus complexe permet de modéliser les variations négatives d'une variable. L'obtention de cette autre expression repose alors sur une double transformation géométrique de la fonction de référence.

- une symétrie axiale du modèle logistique correspondant mathématiquement au négatif de $D_i(x)$.
- une translation de vecteur $v(0, N)$ de la précédente transformation.

Soit l'expression :
$$D_i(x) = \frac{N}{1 + e^{-wx+p}} + N = \frac{Ne^{-wx+p}}{1 + e^{-wx+p}}$$

Cette fonction présente la forme suivante :



⁴ Les interactions spatiales géographie Coursus. Ed. A.COLIN

Annexe IX : la régression logistique

L'idée de la régression logistique est de réaliser un calcul pour se rapprocher du modèle linéaire élémentaire. Pour ce faire, on procède à une linéarisation de la fonction logistique.

$$D_i(x) = \frac{Ne^{-\omega x + p}}{1 + e^{-\omega x + p}}$$

$$D_i(x) + D_i(x)e^{\omega x + p} = Ne^{\omega x + p}$$

Ce qui conduit à la formule linéarisée suivante :

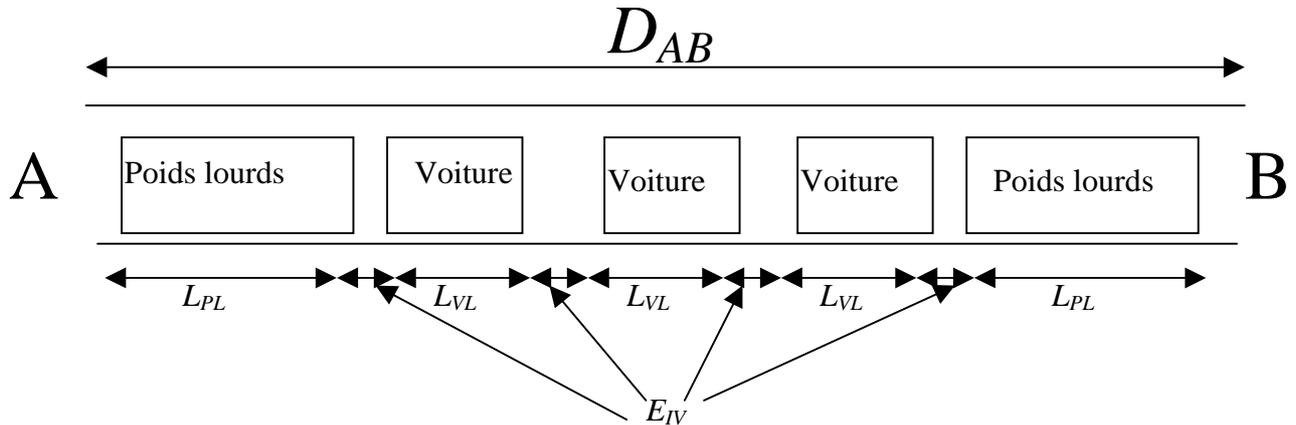
$$\boxed{\text{Ln}\left(\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)}\right) = \omega x + p}$$

Il convient, par conséquent, de prendre le logarithme naturel du ratio du pourcentage sur le maximum moins le pourcentage pour égaler une régression linéaire classique. Dans cette expression, ω désigne le paramètre de dilution, p le paramètre d'étalement, N le maximum de la fonction à proximité du centre, x la distance au centre et D_i le pourcentage de surface bâti assimilable au niveau de dilution.

Annexe X : Evaluation de la concentration critique

La concentration critique d'une infrastructure est la concentration observée lorsque le débit est maximale. Elle est égale à la moitié de la concentration maximale.

On détermine cette dernière en considérant que l'ensemble de la chaussée est occupée par les véhicules. Cela signifie que la distance AB est égale à la somme des longueurs des véhicules légers plus celle des poids lourds plus les distances les séparant les uns des autres.



On peut ainsi écrire la somme D_{AB}

$$D_{AB} = \sum L_{VL} + \sum L_{PL} + \sum E_{IVO}$$

En faisant intervenir le pourcentage de chaque type de véhicule ($\%_{VL}$ et $\%_{PL}$) et en notant le nombre de véhicules présents sur le tronçon AB, il devient possible d'exprimer les différentes sommes.

On doit en outre prendre en compte les effets de bord en ajoutant deux demi-interdistances à gauche et à droite du tronçon AB.

$$D_{AB} = N_{\max} (1 - \%_{PL}) L_{VL} + N_{\max} \%_{PL} L_{PL} + N_{\max} E_{IVO}$$

En calculant à présent N_{\max} en fonction des autres paramètres, on montre que :

$$N_{\max} = \frac{D_{AB}}{(1 - \%_{PL}) L_{VL} + \%_{PL} L_{PL} + E_{IVO}}$$

N_{\max} est ainsi le nombre maximale de véhicule que le tronçon est en mesure d'accueillir. Pour évaluer la concentration critique (K_e), c'est à dire le nombre critique de véhicules par kilomètre, il suffit de déterminer K_{\max} comme il suit :

$$K_{\max} = \frac{N_{\max}}{D_{AB}}$$

La concentration critique s'exprime alors selon la relation :

$$K_e = \frac{1}{2} K_{\max}$$

Annexe XI : Evaluation de la vitesse en fonction du débit et de la capacité critique

La relation fondamentale liant le débit avec la densité s'exprime selon une parabole de Q en K d'équation :

$$Q = -\frac{Q_e}{K_e^2}(K - K_e)^2 + Q_e$$

Q est le débit, K la concentration, Q_e le débit maximum et K_e la concentration critique
En cherchant à exprimer la concentration en fonction du débit et non l'inverse, on en déduit les deux pour une même valeur de débit les racines suivantes :

$$\begin{cases} K = \sqrt{\frac{K_e^2(Q_e - Q)}{Q_e}} + K_e \\ K = -\sqrt{\frac{K_e^2(Q_e - Q)}{Q_e}} + K_e \end{cases}$$

Ces deux expressions signifient que pour une même valeur de débit, on peut soit se trouver en phase de saturation, soit au contraire être sur un tronçon fonctionnant en deçà du seuil critique.

Pour la suite de notre étude, nous ne considérerons que la forme décroissante, ce qui implique que le modèle ne prenne pas en compte la congestion routière. Pourquoi ce choix délibéré. Pour deux raisons principales :

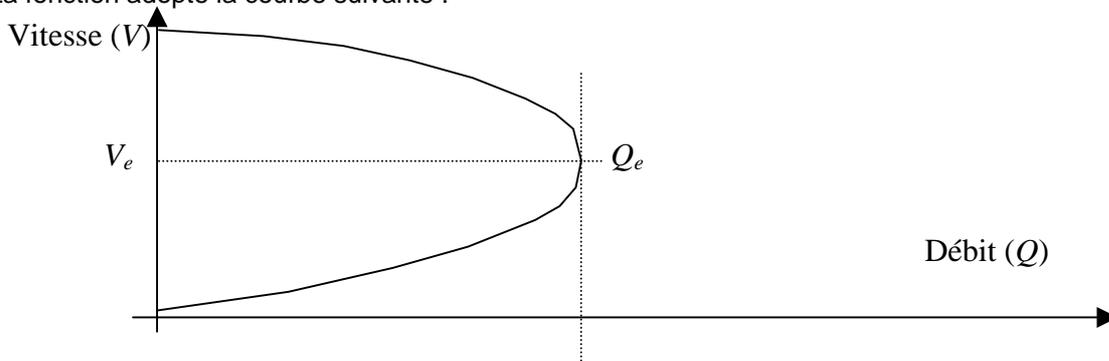
- 1) la fonction de décroissance de la vitesse par rapport au débit ne suit plus la même logique et l'on se trouve dans un système où la perte de vitesse s'effectue par paliers rapprochés. Il semble difficile de modéliser une quelconque variation de vitesse dans ces conditions
- 2) nous sommes dans une étude où le périurbain est notre principal centre d'intérêt. Par conséquent, les phénomènes de congestion, bien plus marqués dans les zones très centrales (à l'intérieur des boulevards et sur les boulevards du XIX^{ième} siècle) ne sont pas représentatifs de territoires plus périphériques.

En conséquence retenons, que notre étude ne s'appuiera que sur la partie non congestionnée de la fonction parabolique.

On est alors en mesure d'estimer la vitesse par l'intermédiaire de la relation $Q = KV$.

$$V = \frac{Q}{K} = \frac{Q}{-\sqrt{\frac{K_e^2(Q_e - Q)}{Q_e}} + K_e}$$

La fonction adopte la courbe suivante :



La vitesse varie donc en fonction du débit entre une valeur maximale (qui est égale à V_3) et un minimum dont nous conviendrons qu'il est égal à la moitié du maximum (on l'observe toujours

graphiquement). On peut donc écrire, lorsque le tronçon atteint le débit critique (Q_e), une relation liant Q_e , K_e et V_e .

$$Q_e = \frac{1}{2}V_3K_e$$

La relation peut donc être réécrite en exprimant Q_e en fonction de V_3 , Q et K_e .

$$V_4 = \frac{Q}{-\sqrt{\frac{K_e(V_3K_e - 2Q)}{V_3}} + K_e}$$

Annexe XII : Application du modèle probabiliste des feux dans EXCEL

Dans la réalité, les feux sont régis par un système complexe fonctionnant à partir d'un ordinateur central. Lorsque l'on a un feu vert et que l'on roule à une vitesse régulière égale à 50, les chances d'obtenir un feu vert pour le feu suivant ne sont pas de une contre deux mais bien plus fortes, on parle de feux en parallèles. Pour simplifier notre propos, néanmoins, nous supposons qu'on a 50% de chance d'obtenir le rouge, ce qui bien évidemment renvoie à l'idée de régularité absolue et équiprobabilité totale mais également présuppose que chaque automobiliste a une connaissance parfaite de la vitesse de son voisin. Tout cela équivaut à un lancé de pièce de monnaie. Pour le simuler, nous avons utilisé la fonction aléatoire d'EXCEL en la combinant avec la partie entière. L'aléa prend une valeur aléatoire entre 0 et 1 à laquelle on ajoute 0.5, ce qui fait que les chances d'obtenir un chiffre compris entre 0.5 et 1 sont $\frac{1}{2}$ et celle que ce dernier soit entre 1 et 1.5 sont également de $\frac{1}{2}$. En prenant la partie entière, on obtient soit 0 soit 1 avec une équiprobabilité.

Un second terme de l'expression tient compte du nombre de feux et ainsi limite la valeur prise par la variable aléatoire. Il prend soit la valeur 0 ou 1 et est fonction du nombre total de feux rentrés au départ.

Ainsi, si la formule de la cellule EXCEL est calculée sur une base de 10 feux, la valeur ne doit prendre en compte que le strict minimum. Dans notre cas de 5 feux, un premier terme donne une valeur égale à 0 ou 1 (simulation de la pièce de monnaie) que multiplie un arrondi du nombre de feux / nombre de feux + 0, c'est à dire 1, on obtient alors soit 0 soit 1.

Le second feu simule également la probabilité de 50% multiplié par l'arrondi du nombre de feux divisé par le nombre de feux +1, soit un total égal à 0 ou 1.

Ainsi de suite jusqu'au cinquième feu où l'on multiplie le lancés de monnaie par l'arrondi du nombre de feux divisé par le nombre de feux + 4 soit encore une valeur égale à 0 ou 1.

A partir du sixième feu (dans la formule EXCEL) le second terme prend de l'importance. La valeur est alors l'arrondi du nombre de feux (soit 5) divisé par le nombre de feux (5) + 5 soit un total de $\frac{1}{2}$, ce qui fait basculer l'arrondi à 0. Les termes suivants ne sont donc plus pris en compte.

Nous avons bien un nombre de feux rouges compris entre 0 et 5 et non 10 (base de la formule d'EXCEL).

Le modèle peut être écrit de la façon suivante :

$$n_f = Ent(Aléa() + 0.5)Arrondi\left(\frac{Nbfeux}{Nbfeux + 0}\right) + Ent(Aléa() + 0.5)Arrondi\left(\frac{Nbfeux}{Nbfeux + 1}\right) + \dots$$

$$+ Ent(Aléa() + 0.5)Arrondi\left(\frac{Nbfeux}{Nbfeux + n_{f-1}}\right)$$

Où $Ent()$ est la partie entière de la parenthèse, $Arrondi()$, l'arrondi de la parenthèse, $Nbfeux$ le nombre de feux, n_f le nombre de feux rouges et enfin $Aléa()$ un nombre aléatoire entre 0 et 1

Annexe XIII : modèle logistique « borné » et régression logistique

La régression du modèle logistique « borné » repose, comme pour une régression d'un modèle simple sur une linéarisation de la fonction source :

$$V_1 = \frac{V_{\max} e^{-\beta c + \alpha} + V_{\min}}{1 + e^{-\beta c + \alpha}}$$

$$V_1(1 + e^{-\beta c + \alpha}) = V_{\max} e^{-\beta c + \alpha} + V_{\min}$$

$$e^{-\beta c + \alpha}(V_1 - V_{\max}) = V_{\min} - V_1$$

$$-\beta c + \alpha = \text{Ln}\left(\frac{V_{\min} - V_1}{V_1 - V_{\max}}\right)$$

Il suffit alors de calculer le logarithme du rapport pour égaler une régression linéaire classique

XIV : Construction du modèle des temps d'accès à partir de la fonction vitesse

Pour déterminer un modèle pour les temps d'accès, partons de la relation fondamentale définissant la vitesse :

$$V(x) = \frac{\partial x}{\partial t}$$

Où $V(x)$ est la vitesse à une distance x du centre, ∂x la variation de distance au centre et ∂t la variation de temps d'accès au centre. On tire le temps : $\partial t = \frac{\partial x}{V(x)}$

Cette nouvelle expression peut être transformée en intégrale :

$$T(x) = \int_0^x \frac{1}{V(x)} \partial x \Leftrightarrow T(x) = \frac{1}{V_{\max}} \int_0^x (1 + e^{-\lambda x + p}) \partial x$$

Ce qui peut être simplifié en :

$$T(x) = \frac{e^p}{\lambda V_{\max}} (1 - e^{-\lambda x}) + \frac{x}{V_{\max}}$$

$T(x)$ représente le temps d'accès au centre à une distance x du centre, p le paramètre de la vitesse minimale au centre, λ le paramètre régissant la vitesse moyenne et enfin V_{\max} la vitesse en milieu périurbain

Annexe XV : Construction des deux modèles de causalité vitesse/densité

La construction d'un modèle de causalité liant la vitesse à la densité repose sur la résolution d'un système où la distance au centre est une inconnue commune aux deux équations.

Nous pouvons construire ce système à partir de la fonction logistique croissante pour les vitesses et le modèle de CLARK pour les densités. Les deux expressions peuvent s'exprimer en fonction de la distance au centre que nous allons essayer d'éliminer des équations.

$$\left. \begin{aligned} V(x) &= \frac{V_{\max}}{1 + e^{-\lambda x + p}} \\ D(x) &= D e^{-\alpha x} \end{aligned} \right\}$$

On peut exprimer x en fonction de $V(x)$ et $D(x)$. Cela est alors équivalent à :

$$\Leftrightarrow x = \frac{1}{\alpha} \text{Ln} \left(\frac{D}{D(x)} \right) \text{ et } x = \frac{p}{\lambda} - \frac{1}{\lambda} \left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right)$$

Si on choisit d'exprimer $D(x)$ en fonction de $V(x)$ alors on obtient :

$$\Leftrightarrow D(x) = D \left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right)^{\frac{\alpha}{\lambda}} e^{-\frac{p\alpha}{\lambda}}$$

ou $V(x)$ représente la vitesse, V_{\max} , la vitesse maximale en milieu périurbain, λ le coefficient de vitesse moyenne, α la gradient de densité, p le paramètre de la vitesse au centre D la densité extrapolée au centre enfin $D(x)$ la densité

Dans l'autre sens, il est également envisageable de considérer $V(x)$ en fonction de $D(x)$, ce qui permet d'obtenir une nouvelle expression :

$$V(x) = \frac{\left(\frac{D}{D(x)} \right)^{\frac{1}{\alpha}} V_{\max}}{\left(\frac{D}{D(x)} \right)^{\frac{1}{\alpha}} + e^p}$$

Annexe XVI : Calcul de la dérivée densité-lambda et étude du signe de variation du rapport

Calcul de la dérivée de la densité par rapport à lambda

Le modèle de causalité de la densité en fonction de la vitesse peut être transformé en :

$$D(x) = De^{\frac{\alpha \text{Ln}\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right) - p\alpha}{\lambda}}$$

Calculons alors la dérivée :

$$\frac{\partial D(x)}{\partial \lambda} = \frac{e^{\frac{\alpha \text{Ln}\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right) - p\alpha}{\lambda}} \left(Dp\alpha - D\alpha \text{Ln}\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right) \right)}{\lambda^2}$$

Etude du signe du rapport

L'exponentielle est toujours positive, λ^2 l'est également donc la dérivée est du signe de la partie entre parenthèse, ce qui revient à résoudre :

$$Dp\alpha - D\alpha \text{Ln}\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right) > 0$$

$$p > \text{Ln}\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right)$$

$$e^p > \frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}$$

$$(1 + e^p)V(x) > V_{\max}$$

$$V(x) > \frac{V(x)}{1 + e^p}$$

$$V(x) > V_{\min}$$

De fait, on peut en déduire que $\frac{\partial D(x)}{\partial \lambda} < 0$ si et seulement si $V(x) < V_{\min}$ et que la dérivée

s'annule pour $V(x) = V_{\min}$.

Nous pouvons résumer l'information dans le tableau de signe suivant :

$V(x)$	$-\infty$	V_{\min}	$+\infty$
$\frac{\partial D(x)}{\partial \lambda}$	-	○	+

Annexe XVII : Calcul de la dérivée densité-vitesse au centre et étude du signe de variation du rapport

le calcul de la dérivée de la densité par rapport au paramètre p donne :

$$\frac{\partial D(x)}{\partial p} = -\frac{\alpha}{\lambda} D \left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right)^{\frac{\alpha}{\lambda}} e^{-\frac{p\alpha}{\lambda}}$$

Etude du signe de variation de la fraction

L'exponentielle est toujours positive donc le signe de la dérivée dépend exclusivement des deux autres facteurs. Résolvons l'inégalité suivante :

$$\frac{\partial D(x)}{\partial p} < 0$$

$$-\frac{\alpha}{\lambda} D \left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right)^{\frac{\alpha}{\lambda}} < 0$$

$$\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right)^{\frac{\alpha}{\lambda}} > 0$$

$$\frac{\alpha}{\lambda} \left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right) > 0$$

$$\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right) > 0$$

Le signe de la fraction dépend du signe des deux termes. Nous pouvons synthétiser l'information dans le tableau de signe suivant :

$V(x)$	$-\infty$	0	V_{\max}	$+\infty$
$V(x)$	-		+	+
$V_{\max} - V(x)$	+		+	○
$\frac{\partial D(x)}{\partial p}$	-		+	○

Annexe XVIII : Calcul de la dérivée de la densité par rapport à la vitesse en milieu rural et étude du signe de variation du rapport

Calcul de la dérivée

La dérivée de la densité par rapport à la vitesse maximale nous donne le résultat suivant :

$$\frac{\partial D(x)}{\partial V_{\max}} = \frac{D\alpha e^{-\frac{\rho\alpha}{\lambda}\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right)^{\frac{\alpha}{\lambda}}}}{\lambda(V_{\max} - V(x))}$$

Etude du signe de variation de la fraction

L'exponentielle est toujours positive donc le signe de la fraction dépend de la partie entre parenthèse du numérateur et de la partie également entre parenthèse du dénominateur.

Réolvons $\frac{\partial D(x)}{\partial V_{\max}} < 0$

Il nous faut pour cela étudier au préalable les variations de $\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right)^{\frac{\alpha}{\lambda}}$

Réolvons $\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right)^{\frac{\alpha}{\lambda}} < 0$

$$\frac{\alpha}{\lambda}\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right) < 0$$

$$\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right) < 0$$

Ajoutons à cela dans un tableau de signe les variations de $V_{\max} - V(x)$.

$V(x)$	$-\infty$	0	V_{\max}	$+\infty$
$V(x)$	-		+	+
$V_{\max} - V(x)$	+		+	-
$V_{\max} - V(x)$	+		○	-
$\frac{\partial D(x)}{\partial V_{\max}}$	-		+	+

Annexe XIX : Calcul de la dérivée de la vitesse par rapport à la densité centrale et étude du signe du rapport

Calcul de la dérivée

La dérivée donne l'expression suivante :

$$\frac{\partial V(x)}{\partial D} = \frac{\left(\frac{D}{D(x)}\right)^{\frac{\lambda}{\alpha}} e^p V_{\max} \lambda}{D \alpha \left(\left(\frac{D}{D(x)}\right)^{\frac{\lambda}{\alpha}} + e^p \right)^2}$$

Etude du signe de variation

La partie entre parenthèse du dénominateur est élevée au carré, par conséquent, elle ne peut être que positive. Le signe de la fraction dépend donc de la partie entre parenthèses du numérateur.

Il suffit de résoudre :

$$\left(\frac{D}{D(x)}\right)^{\frac{\lambda}{\alpha}} < 0$$

ceci est équivalent à :

$$\frac{D}{D(x)} < 0$$

soit le tableau de signe suivant :

D(x)	-∞	0	+∞
$\frac{D}{D(x)}$	-		+
$\frac{\partial V(x)}{\partial D}$	-		+

Annexe XX : Calcul de la dérivée de la vitesse par rapport au gradient de densité et étude du signe du rapport

Le calcul de la dérivée nous permet de montrer que :

$$\frac{\partial V(x)}{\partial \alpha} = \frac{-\left(\frac{D}{D(x)}\right)^{\frac{\lambda}{\alpha}} \text{Ln}\left(\frac{D}{D(x)}\right) e^p V_{\max} \lambda}{\left(\left(\frac{D}{D(x)}\right)^{\frac{\lambda}{\alpha}} + e^p\right)^2 \alpha^2}$$

Etude du signe de variation du rapport

La fraction est exclusivement du signe du numérateur car le dénominateur est élevé au carré. Nous pouvons reprendre le signe de la première partie calculé dans l'annexe XX en le multipliant par – 1.

Le signe de la seconde partie est moins évident. Calculons donc :

$$\text{Ln}\left(\frac{D}{D(x)}\right) < 0$$

soit :

$$\frac{D}{D(x)} < 1$$

$$\frac{D - D(x)}{D(x)} < 0$$

On obtient le tableau de signe suivant :

$D(x)$	$-\infty$	0	D	$+\infty$
$D(x)$	-		+	+
$-\frac{D}{D(x)}$	+		-	-
$D - D(x)$	+		+	-
$\frac{\partial V(x)}{\partial \alpha}$	-		-	+

Annexe XXI : Construction des deux modèles de causalité vitesse/dilution

En associant la formalisation de la dilution avec celle de la vitesse, on est en mesure de construire un modèle donnant la causalité de la dilution en fonction de vitesse ou l'inverse. Pour cela, on se doit de résoudre le système suivant :

$$\left. \begin{aligned} V(x) &= \frac{V_{\max}}{1 + e^{-\lambda x + p}} \\ D_i(x) &= \frac{Ne^{-\mu x + \omega}}{1 + e^{-\mu x + \omega}} \end{aligned} \right\}$$

En exprimant x en fonction de $D_i(x)$ et $V(x)$, on peut tirer du système les deux expressions :

$$x = \frac{\omega}{\mu} - \frac{1}{\mu} \text{Ln} \left(\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)} \right) \quad \text{et} \quad x = \frac{\omega}{\mu} - \frac{1}{\mu} \text{Ln} \left(\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)} \right)$$

L'élimination de la distance au centre peut conduire à la relation suivante dans l'hypothèse où l'on choisit d'exprimer la dilution en fonction de la vitesse :

$$D_i(x) = \frac{N \left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right) e^{\omega}}{\left(\frac{V(x)}{V_{\max} - V(x)} \right)^{\frac{\mu}{\lambda}} e^{\omega} + e^{\frac{\mu p}{\lambda}}}$$

Dans le cas inverse, on obtient une deuxième relation exprimant alors la vitesse en fonction de la dilution.

$$V(x) = \frac{V_{\max} e^{\frac{\lambda \omega}{\mu}}}{\left(\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)} \right)^{\frac{\lambda}{\mu}} e^p + e^{\frac{\lambda \omega}{\mu}}}$$

Annexe XXII : Calcul de la dérivée du pourcentage de surface bâtie par rapport au facteur lambda et étude du signe du rapport

La dérivée donne l'expression suivante :

$$\frac{\partial D_i(x)}{\partial \lambda} = \frac{-e^{\frac{\mu \text{Ln}\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right) + p\mu}{\lambda}} + \omega \left(\text{Ln}\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right) - p \right) N\mu}{\left(e^{\omega \left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right)^{\frac{\mu}{\lambda}}} + e^{\frac{\mu p}{\lambda}} \right)^2 \lambda^2}$$

Etude du signe de variation

Le signe de la fraction dépend exclusivement du numérateur car le dénominateur est élevé au carré. Par ailleurs, l'exponentielle est toujours positive donc le signe est fonction de la partie entre parenthèses et du moins devant l'exponentielle.

Il nous faut par conséquent résoudre l'inégalité suivante :

$$-\left(\text{Ln}\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right) - p \right) < 0$$

$$p - \text{Ln}\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right) < 0$$

$$e^p < \frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}$$

$$V(x)(e^p + 1) < V_{\max}$$

$$V(x) < \frac{V_{\max}}{1 + e^p} = V_{\min}$$

Nous pouvons synthétiser l'ensemble des informations dans le tableau de signe suivant :

$V(x)$	-∞	V_{\min}			+∞
$-\left(\text{Ln}\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)}\right) - p \right)$	-	○			+
$\frac{\partial D_i(x)}{\partial \lambda}$	-	○			+

Annexe XXIII : Calcul de la dérivée du pourcentage de surface bâtie par rapport à la vitesse en milieu rural et étude du signe du rapport

Dans un deuxième temps, il nous est possible d'évaluer l'impact de la vitesse maximale sur la dilution.

$$\frac{\partial D_i(x)}{\partial V_{\max}} = \frac{N\mu \left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right)^{\frac{\mu}{\lambda}} e^{\frac{p\mu}{\lambda} + \omega}}{\lambda(V_{\max} - V(x)) \left(\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right)^{\frac{\mu}{\lambda}} e^{\omega} + e^{\frac{p\mu}{\lambda}} \right)^2}$$

Etude du signe du rapport

Le signe de la fraction dépend à la fois du numérateur et du dénominateur et en particulier des parties entre parenthèses

Etudions tout d'abord le signe de $\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right)^{\frac{\mu}{\lambda}}$

$$\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right)^{\frac{\mu}{\lambda}} < 0$$

$$\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} < 0$$

En somme, le signe de la fraction dépend à la fois du signe de $V(x)$, et de $V_{\max} - V(x)$ soit le récapitulatif suivant :

$V(x)$	$-\infty$	0	V_{\max}	$+\infty$
$V(x)$	-		+	+
$V_{\max} - V(x)$	+		○	-
$V_{\max} - V(x)$	+		○	-
$\frac{\partial D_i(x)}{\partial V_{\max}}$	-		○	+

Annexe XXIV : Calcul de la dérivée du pourcentage de surface bâtie par rapport à la vitesse au centre et étude du signe du rapport

pour l'impact de la vitesse au centre, la dérivée apporte les premiers éléments de réponse :

$$\frac{\partial D_i(x)}{\partial p} = \frac{-N\mu \left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right)^{\frac{\mu}{\lambda}} e^{\frac{p\mu}{\lambda} + \omega}}{\lambda \left(\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right)^{\frac{\mu}{\lambda}} e^{\omega} + e^{\frac{p\mu}{\lambda}} \right)^2}$$

Etude du signe du rapport

Le dénominateur est élevé au carré donc le signe de la fraction ne dépend pas de lui. En revanche au numérateur, la présence du moins et de la partie entre parenthèses déterminent le signe du rapport. On doit alors résoudre

$$\left(\frac{V_{\max} - V(x)}{V(x)} \right)^{\frac{\mu}{\lambda}} < 0$$

Nous avons déjà dans l'annexe XXIII résolu cette inégalité. Nous pouvons facilement en déduire le signe de la dérivée :

$V(x)$	$-\infty$	0	V_{\max}	$+\infty$
$V(x)$	-		+	+
$-(V_{\max} - V(x))$	-	-	○	+
$\frac{\partial D_i(x)}{\partial p}$	+	-	○	+

Annexe XXV : Calcul de la dérivée de la vitesse par rapport au facteur de dilution et étude du signe du rapport

Calculons la dérivée de la vitesse par rapport au paramètre μ . On obtient le résultat suivant :

$$\frac{\partial V(x)}{\partial \mu} = \frac{V_{\max} \lambda e^{\frac{\lambda \operatorname{Ln}\left(\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)}\right) + \lambda \omega}{\mu}} + p \left(\operatorname{Ln}\left(\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)}\right) - \omega \right)}{\mu^2 \left(\left(\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)}\right)^{\frac{\lambda}{\mu}} e^p + e^{\frac{\lambda \omega}{\mu}} \right)^2}$$

Etude du signe du rapport

Dans cette expression, l'exponentielle est toujours de signe positive, le dénominateur l'est également car élevé au carré. En somme, seule la partie entre parenthèses est susceptible d'influer sur le signe de rapport. Pour l'étudier, nous devons résoudre l'inégalité suivante :

$$\operatorname{Ln}\left(\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)}\right) - \omega < 0$$

$$\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)} < e^\omega$$

$$D_i(x) < N e^\omega - D_i(x) e^\omega$$

$$D_i(x) < \frac{N e^\omega}{1 + e^\omega} = D_{i\max}$$

La valeur obtenue est le pourcentage maximum de surface bâtie observé lorsque l'on est au voisinage du centre. Le tableau de signe ci-dessous récapitule l'ensemble des variations de la dérivée.

$D_i(x)$	$-\infty$		$D_{i\max}$		$+\infty$
$\operatorname{Ln}\left(\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)}\right) - \omega$		-	○		+
$\frac{\partial V(x)}{\partial \mu}$		-	○		+

Annexe XXVI : Calcul de la dérivée de la vitesse par rapport au facteur d'étalement et étude du signe du rapport

Le calcul de la dérivée donne :

$$\frac{\partial V(x)}{\partial \omega} = \frac{V_{\max} \lambda \left(\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)} \right)^{\frac{\lambda}{\mu}} e^{\frac{\omega \lambda}{\mu} + p}}{\mu \left(e^{\frac{\omega \lambda}{\mu}} + \left(\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)} \right)^{\frac{\lambda}{\mu}} e^p \right)^2}$$

Etude du signe du rapport

Le dénominateur est toujours positif car élevé au carré et l'exponentielle l'est également. Le signe dépend donc du numérateur et en particulier de la partie entre parenthèse. Nous devons donc résoudre l'inégalité :

$$\left(\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)} \right)^{\frac{\lambda}{\mu}} < 0$$

$$\frac{D_i(x)}{N - D_i(x)} < 0$$

Etudions le signe de cette fraction dans un tableau.

$D_i(x)$	$-\infty$	0	N	$+\infty$
$D_i(x)$	-	○	+	+
$N - D_i(x)$	+		+	-
$\frac{\partial V(x)}{\partial \omega}$	-	○	+	-

Liste des figures

- Figure 1 : Différentes formes urbaines et densités de population pour une même densité de bâti (COS de 0.5)
- Figure 2 : Modélisation des densités en 3D
- Figure 3 : Le modèle de CLARK : une approximation du réel
- Figure 4 : Représentation en 3D du modèle de NEWLING, à cratère de densité
- Figure 5 : Les différents profils de densité de population
- Figure 6 : La ville exponentielle négative classique
- Figure 7 : La ville exponentielle à tangente au centre
- Figure 8 : La ville exponentielle à cratère de densité
- Figure 9 : Organisation des villes à CBD (ville américaine)
- Figure 10 : Organisation des villes mixtes à centre regroupant emplois plus résidences (villes européennes)
- Figure 11 : Organisation des villes à centralités périphériques (villes américaines à Edges Cities)
- Figure 12 : Modèles polycentrique simulé en 3D
- Figure 13 : Le profil global de densité de l'agglomération de Tokyo
- Figure 14 : Les densités de population par grandes directions de l'agglomération de Tokyo
- Figure 15 : Les profils de densité de quelques métropoles US
- Figure 16 : Les profils évolutifs de la densité
- Figure 17 : Augmentation de la densité centrale
- Figure 18 : Diminution du gradient de densité
- Figure 19 : Formation d'un cratère de densité
- Figure 20 : L'aire urbaine dijonnaise et le département de la Côte d'Or
- Figure 21 : Les IRIS et les communes du district de l'agglomération dijonnaise
- Figure 22 : Zonage en îlots 1999
- Figure 23 : L'évolution des densités de population entre 1851 et 1946
- Figure 24 : Densité de population en 1954
- Figure 25 : Evolution de densités de population entre 1962 et 1975
- Figure 26 : Evolution des densités de population entre 1982 et 1990
- Figure 27 : Les dynamiques démographiques de l'aire urbaine dijonnaise
- Figure 28 : Densité de population des communes et des IRIS en 1999
- Figure 29 : Densité de population des IRIS dans l'agglomération dijonnaise
- Figure 30 : Histogramme de dispersion des densités
- Figure 31 : Densité nette de population des IRIS en 1999
- Figure 32 : Pôles de densité de population des îlots en 1999
- Figure 33 : Type de bâti dans l'agglomération dijonnaise
- Figure 34 : Définition du centre de gravité

Figure 35 : Déplacement du barycentre de l'aire urbaine dijonnaise entre 1954 et 1999

Figure 36 : Barycentre au niveau des IRIS et des îlots

Figure 37 : Corrélation entre densité et distance au centre

Figure 38 : Densité de population (fonction de CLARK)

Figure 39 : Corrélation linéaire entre distance au centre et densité de population

Figure 40 : Comparaison entre fonctions de CLARK et de NEWLING

Figure 41 : Densité de population des îlots direction centre ville-Chenôve

Figure 42 : Densité de population : direction centre ville-Chenôve (moyennes)

Figure 43 : densité de population et distance au centre

Figure 44 : Densité de population et distance au centre

Figure 45 : Densité de population et distance au centre

Figure 46 : Results of Various E/R and E criteria combinations, Montreal, 1996

Figure 47 : Les pôles de forte densité

Figure 48 : Densité et population du centre ville de Dijon

Figure 49 : Années de construction des différents secteurs du centre ville

Figure 50 : Compacité du bâti dans le centre ville

Figure 51 : Densité et population du quartier de la Fontaine d'Ouche

Figure 52 : Années de construction des différents secteurs du quartier de la Fontaine d'Ouche

Figure 53 : Compacité du bâti dans le quartier de la ZUP de Fontaine d'Ouche

Figure 54 : Densité et population de la ZUP de Chenôve

Figure 55 : Années de construction des différents secteurs de la ZUP de Chenôve

Figure 56 : Compacité du bâti dans le quartier de la ZUP de Chenôve

Figure 57 : Densité et population de la ZUP des Grésilles

Figure 58 : Années de construction des différents secteurs du quartier des Grésilles

Figure 59 : Compacité du bâti dans la ZUP du quartier des Grésilles

Figure 60 : Densité et population du Belvédère

Figure 61 : Années de construction des différents secteurs du Belvédère

Figure 62 : Compacité du bâti dans le quartier de la ZUP de Talant

Figure 63 : Densité et population du quartier Université et de la ZUP de Quetigny

Figure 64 : Années de construction des différents secteurs du quartier Université et de la ZUP de Quetigny

Figure 65 : Compacité du bâti dans le quartier Université et dans la ZUP de Quetigny

Figure 66 : Détermination de l'angle au nord géographique

Figure 67 : Densité de population et angle au nord géographique de la première couronne

Figure 68 : Densité de population et angle au nord géographique de la seconde couronne

Figure 69 : Le modèle dijonnais

Figure 70 : Modèle polycentrique de densité de population dans l'agglomération dijonnaise

Figure 71 : Etapes de l'étalement urbain

Figure 72 : Distance médiane et nonantane

Figure 73 : La comparaison du coût de transport de deux types de véhicule

Figure 74 : Le triptique de la croissance des villes

Figure 75 : Les rentes rurales

Figure 76 : Offre de rente des différents acteurs urbains

Figure 77 : Rente et transport

Figure 78 : Les différents types d'étalement de la ville historique

Figure 79 : Les cycles de la cité : « une croissance en escalier »

Figure 80 : La variation des cycles

Figure 81 : Le castrum dijonnais

Figure 82 : Evolution du bâti dijonnais de 400 à 1150

Figure 83 : Evolution du bâti dijonnais de 400 à 1839

Figure 84 : Evolution de la surface et du périmètre du bâti dijonnais entre 400 et 1839

Figure 85 : Evolution de la population dijonnaise

Figure 86 : Occupation du sol entre 1839 et 1850

Figure 87 : Temps d'accès au centre de Dijon

Figure 88 : Evolution du bâti entre 1850 et 1921

Figure 89 : Croissance surfacique de 1850 à 1955

Figure 90 : Evolution de la surface urbaine entre 1839 à 1955

Figure 91 : Evolution de la population selon le type de commune entre 1962 et 1990

Figure 92 : Les trois étapes de la croissance urbaine

Figure 93 : Typologie des villages periurbain

Figure 94 : Evolution surfacique de Dijon de 1921 à 1995

Figure 95 : Double régression exponentielle

Figure 96 : Surface urbaine et évolution temporelle

Figure 97 : Etalement urbain de l'aire urbaine dijonnaise

Figure 98 : Evolution de surface bâtie entre 1888 et 1999

Figure 99 : Evolution de la courbe du modèle de Bussière

Figure 100 : Distribution réelles et estimées de la population cumulée (1962 et 1990)

Figure 101 : Distribution théorique et réelles de la population cumulée de Lyon (45 km)

Figure 102 : Couronnes autour de la ville et population cumulée

Figure 103 : Liaison entre les paramètres A, K et b Modèle de Bussière amendé sur la région lyonnaise (calage sur 100 km)

Figure 104 : La croissance urbaine de René Bussière

Figure 105 : Population communale entre 1851 et 1954

Figure 106 : population communale en 1962 et 1975

Figure 107 : population des IRIS en 1999

Figure 108 : modèle de Bussière au niveau de la COMADI

Figure 109 : Distance médiane et nonantane

Figure 110 : Populations cumulées modèle de Bussière au niveau des IRIS

Figure 111 : Populations cumulées modèle de Bussière amendé

Figure 112 : Résidus au modèle de Bussière amendé

Figure 113 : Résidus au modèle de Bussière

Figure 114 : Angle d'application du modèle de Bussière

Figure 115 : Modèle de Bussière amendé sectorisé

Figure 116 : Les trois profils des populations cumulées

Figure 117 : Analyse des résidus

Figure 118 : gradient de densité en fonction du temps

Figure 119 : D et K en fonction du gradient de densité

Figure 120 : Dynamique du modèle de Bussière amendé sectorisé

Figure 121 : Logique globale d'étalement de Dijon et de son aire urbaine

Figure 122 : Logique d'étalement de Dijon et de son aire urbaine entre 1975 et 2010

Figure 123 : les premières étapes d'itération pour la construction de deux fractales

Figure 124 : La comparaison de la croissance de Berlin et de Lons-le-Saunier transcrite par les courbes lissées du comportement scalant

Figure 125 : Dilution du bâti

Figure 126 : Processus de dilution

Figure 127 : Les logiques de dilution

Figure 128 : Premier type de variation

Figure 129 : Second type de variation

Figure 130 : Pourcentage de surface urbaine et distance au centre

Figure 131 : Logique de dilution des surfaces urbaines en 1990

Figure 132 : Etalement et dilution du bâti de l'agglomération dijonnaise

Figure 133 : Régression logistique double en 1960 et 1999

Figure 134 : Dilution du bâti dans l'aire urbaine dijonnaise

Figure 135 : Courbe logistique du paramètre w en fonction de la date t

Figure 136 : la dilution urbaine : le modèle dynamique

Figure 137 : les logiques de dilution dans l'agglomération dijonnaise

Figure 138 : L'aire de dilution

Figure 139 : Réseau routier principal de l'aire urbaine dijonnaise

Figure 140 : densité de réseau routier par commune

Figure 141 : densité du linéaire routier et distance au centre

Figure 142 : densité du réseau routier principal dans l'aire urbaine dijonnaise

Figure 143 : Délimitation des tronçons en fonction de la courbure

Figure 144 : Les types de virages

Figure 145 : Modalité de calcul de l'angle d'un virage

Figure 146 : Délimitation des tronçons en fonction du bâti

Figure 147 : Courbure des principales routes de l'aire urbaine dijonnaise

Figure 148 : largeur des voies de l'aire urbaine dijonnaise

Figure 149 : Evolution des trafics sur les grandes radiales de l'aire urbaine 1965-1994

Figure 150 : Flux routiers des tronçons de l'aire urbaine dijonnaise

Figure 151 : Pourcentage de poids lourds sur les principales radiales de l'aire urbaine dijonnaise

Figure 152 : Les feux de régulation de la circulation dans l'agglomération dijonnaise
Figure 153 : L'axe N 74
Figure 154 : L'axe A 38
Figure 155 : Méthode de calcul des temps d'accès au centre
Figure 156 : Affichage des différentes colonnes d'une base de données d'un réseau dans CHRONOVIA
Figure 157 : Profil de l'accélération en fonction du temps
Figure 158 : Profil de la vitesse en fonction du temps
Figure 159 : la relation technologique des infrastructures dans les modèles macroscopiques
Figure 160 : Diagramme fondamental de STRADA
Figure 161 : Modèle proposé par Greenshields, étalonné avec les données de Chicago
Figure 162 : Schéma de la méthode de calcul des vitesses
Figure 163 : Description de l'algorithme de la première étape du premier module
Figure 164 : Description de l'algorithme de la troisième étape du premier module
Figure 165 : Virages sur la communale 1 entre Fleurey et la D 10
Figure 166 : Données de vitesse en fonction de la courbure
Figure 167 : Régression logistique de la vitesse en fonction de la courbure
Figure 168 : Virages sur la D 10
Figure 169 : Données de vitesse en fonction de la courbure
Figure 170 : Régression logistique de la vitesse par rapport à la courbure
Figure 171 : Virages sur la N 71
Figure 172 : Données de vitesse en fonction de la courbure
Figure 173 : Régression logistique de la vitesse par rapport à la courbure
Figure 174 : Courbes dérivées des régressions pour les trois types de voies
Figure 175 : Valeurs des limites de vitesse
Figure 176 : Vitesse théorique des tronçons routiers de l'aire urbaine dijonnaise
Figure 177 : Vitesses théoriques moyennes dans l'aire urbaine dijonnaise
Figure 178 : Maxima des vitesses théoriques dans l'aire urbaine dijonnaise
Figure 179 : Minima des vitesses théoriques dans l'aire urbaine dijonnaise
Figure 180 : Etendue des vitesses théoriques dans l'aire urbaine dijonnaise
Figure 181 : Ecart type des vitesses théoriques dans l'aire urbaine dijonnaise
Figure 182 : Vitesse théoriques moyennes en heure de pointe (18h)
Figure 183 : Temps d'accès au centre de l'aire urbaine dijonnaise
Figure 184 : Forme simplifiée des temps d'accès au centre
Figure 185 : Temps d'accès au centre de l'aire urbaine dijonnaise en heure de pointe
Figure 186 : Structure routière et modèle de développement économique
Figure 187 : Les quatre phases de croissance des agglomérations
Figure 188 : Mobilité et système urbain
Figure 189 : le couple étalement urbain - vitesse
Figure 190 : relation entre vitesse moyenne et distance au centre

Figure 191 : Relation entre vitesse minimale et distance au centre

Figure 192 : relation entre vitesse maximale et distance au centre

Figure 193 : Variation de la forme de la courbe des temps d'accès en fonction des différents paramètres

Figure 194 : radiale empruntée vers Dijon pour la commune de Chambolle-Musigny

Figure 195 : Temps d'accès et distance au centre dans l'aire urbaine dijonnaise

Figure 196 : Faisceaux de l'aire urbaine dijonnaise

Figure 197 : temps d'accès au centre sur le faisceau de l'A 38

Figure 198 : Vitesse et temps d'accès sur le faisceau A 38

Figure 199 : Profil des isochrones du faisceau A 38

Figure 200 : Temps d'accès au centre sur le faisceau D 903

Figure 201 : Temps d'accès au centre sur le faisceau N 74 partie sud

Figure 202 : temps d'accès au centre sur le faisceau D 70

Figure 203 : Temps d'accès au centre sur le faisceau A 39-N 5

Figure 204 : Isochrones sur le faisceau A 39-N 5

Figure 205 : Temps d'accès au centre sur le faisceau D 968

Figure 206 : Temps d'accès au centre sur le faisceau de la D 996

Figure 207 : Temps d'accès sur le faisceau de la N 74 partie sud

Figure 208 : Les formes de la relation vitesse/densité en fonction des variations de λ

Figure 209 : Les formes de la relation vitesse/densité en fonction des variations de V_{min}

Figure 210 : Formes de la relation vitesse/densité en fonction des variations de V_{max}

Figure 211 : Formes de la relation densité/vitesse en fonction des variations de D

Figure 212 : Formes de la relation densité/vitesse en fonction des variations de α

Figure 213 : Formes de la relation vitesse/dilution en fonction des variations de λ

Figure 214 : Formes de la relation vitesse/dilution en fonction des variations de V_{max}

Figure 215 : Formes de la relation vitesse/dilution en fonction de la variation de V_{min}

Figure 216 : Formes de la relation dilution/vitesse en fonction de la variation de ω

Figure 217 : Formes de la relation dilution/vitesse en fonction des variations de μ

Figure 218 : Densité et distance au centre dans l'aire urbaine dijonnaise

Figure 219 : Densité et distance réticulaire dans l'aire urbaine dijonnaise

Figure 220 : densité et distance-temps dans l'aire urbaine dijonnaise

Figure 221 : Les densités et les temps d'accès au centre

Figure 222 : Population aire urbaine de Lyon 1990 Bussière amendé

Figure 223 : Population 1990 aire urbaine de Lyon Bussière

Figure 224 : Spatialisation du modèle de Bussière en fonction des temps d'accès

Figure 225 : Les populations cumulées et les temps d'accès

Figure 226 : La dilution et les temps d'accès au centre

Figure 227 : Spatialisation du modèle de dilution en fonction des temps d'accès

Figure 228 : Distance et temps d'accès en 1960

Figure 229 : Données générales par types d'espaces

Figure 230 : Composition communale de l'aire d'étude
Figure 231 : Délimitation de l'aire d'étude
Figure 232 : L'aire d'étude D 903 et le périurbain dijonnais
Figure 233 : Typologie spatiale de l'aire d'étude (nomenclature INSEE)
Figure 234 : Bâti dans l'aire d'étude de Dijon Is-sur-Tille
Figure 235 : Régression logistique du pourcentage de surface bâtie en fonction de la distance au centre dans l'aire d'étude de Is-sur-Tille
Figure 236 : Répartition des flux selon le sens de circulation
Figure 237 : Données temps d'accès et faisceaux
Figure 238 : Faisceau routiers du nord-dijonnais
Figure 239 : Accessibilité actuelle au centre de Dijon
Figure 240 : Accessibilité simulée au centre de Dijon avec la mise service de la 4 voies
Figure 241 : Relation entre population et temps d'accès
Figure 242 : Régulation accessibilité-périurbanisation
Figure 243 : Conséquence de la mise en service d'une 4 voies sur l'urbanisation exemple de liaison Dijon-Is sur Tille
Figure 244 : Impact simulé de la 4 voies Dijon-Is sur Tille sur le rythme de croissance des communes

Table des matières

AVANT-PROPOS	2
INTRODUCTION GENERALE	3
Partie I : La structure urbaine dijonnaise	7
CHAPITRE 1 : UNE ENTREE CLASSIQUE DANS L'ETUDE DE LA MORPHOLOGIE	
URBAINE : LA NOTION DE DENSITE	8
1) <i>QUEL EST L'INTERET D'UNE TELLE NOTION POUR LES ETUDES URBAINES ?</i>	<i>9</i>
2) <i>LA NOTION DE DENSITE DANS LA LITTERATURE</i>	<i>9</i>
2.1) L'approche standard des urbanistes	11
2.2) L'approche multicritère	12
2.3) Les définitions plus générales des sciences sociales	13
2.4) Une expression synthétique de la densité	14
3) <i>DENSITE BRUTE RESIDENTIELLE ET GEOGRAPHIE</i>	<i>15</i>
CHAPITRE 2 : LA DENSITE URBAINE RESIDENTIELLE BRUTE : UNE NOTION BIEN ETUDIEE ET FORMALISEE	17
1) <i>LES FORMULATIONS DE BASE : MODELE MONOCENTRIQUE</i>	<i>18</i>
1.1) Le modèle de CLARK monocentrique et sa génèse	18
1.2) Extension du modèle de CLARK	20
1.3) γ et D et leurs facteurs	20
1.4) Introduction au modèle quadratique	21
1.5) Liens entre centre et potentialités d'étalement	24
2) <i>LES MODELES POLYCENTRIQUES ET SECTORIELS</i>	<i>27</i>
2.1) Comment appréhender les villes polycentriques du point de vue de densités de population?	28
2.2) Le cas d'école de Tokyo	30
2.3) D'autres exemples : Dallas, Austin, Phoenix et Atlanta	33
3) <i>VARIATION DES DENSITES DANS LE TEMPS ET L'ESPACE</i>	<i>35</i>
3.1) Les densités dans l'espace	35
3.1.1) Les villes des pays développés	35
3.1.2) Les villes en voie de développement	36
3.2) L'évolution des densités de population dans le temps	37
3.2.1) Analyse de l'évolution des densités urbaines	37
3.2.2) Augmentation de la densité centrale	38
3.2.3) Décroissance du gradient de densité	40
3.2.4) Formation d'un cratère de densité	41
CHAPITRE 3 : LA LOGIQUE CENTRE PERIPHERIE DES DENSITES DANS L'AIRE URBAINE DIJONNAISE	43
1) <i>PRESENTATION DE L'AIRE D'ETUDE</i>	<i>44</i>
2) <i>OBSERVATION DES DENSITES DE POPULATION DANS L'AIRE URBAINE DIJONNAISE</i>	<i>48</i>
2.1) Evolution des densités communales	48
2.1.1) L'évolution des densités de population au temps de l'exode rural	48
2.1.2) Evolution des densités à l'ère de la périurbanisation	50
2.1.3) La situation actuelle	54
2.2) Les densités au niveau des IRIS	54
2.3) Les densités par îlots	58
2.3.1) Généralité sur les densités	58
2.3.2) La partie centrale	60
2.3.3) La deuxième couronne	61
3) <i>ANALYSE QUANTITATIVE DES DENSITES DE POPULATION</i>	<i>62</i>
3.1) Le centre ville reste-t-il le cœur de l'aire urbaine ? Ou placer le centre ?	62
3.1.1) La définition géométrique de l'iso-barycentre du pôle dijonnais	62
3.1.2) Définition du barycentre	63

3.1.3) Application à l'aire urbaine dijonnaise	64
3.2) Les modèles monocentriques et Dijon	67
3.2.1) Les densités de l'aire urbaine dijonnaise	67
3.2.2) La logique de CLARK pour l'aire urbaine dijonnaise	70
3.2.3) Un compromis : le modèle de NEWLING	71
3.3) Mise en évidence du polycentrisme dijonnais	71
3.3.1) La direction centre ville-Chenôve	72
3.3.2) La direction centre ville-Fontaine d'Ouche	73
3.3.3) Les densités de la direction centre ville-Talant	74
3.3.4) La direction centre ville-Gresilles	75
CHAPITRE 4 : LE CAS DIJONNAIS, UN MODELE PLUS COMPLEXE QUE	
LA SIMPLE DICHOTOMIE CENTRE PERIPHERIE	77
1) <i>LES POLES DIJONNAIS</i>	78
1.1) Les méthodes d'identification des pôles d'emplois	78
1.2) Le polycentrisme des emplois des villes contemporaines	81
1.3) Les pôles de densité de population.....	83
2) <i>NATURE DES DIFFERENTS POLES DE POPULATION</i>	84
2.1) Le centre ville élargi	84
2.2) Le pôle de densité de la Fontaine d'Ouche	89
2.3) La ZUP de Chenôve.....	91
2.4) Le quartier des Grésilles	93
2.5) Le Belvédère de Talant	96
2.6) Les autres pôles de forte densité	98
3) <i>LES DENSITES ANGULAIRES</i>	102
3.2) La première couronne	103
3.3) La seconde couronne.....	104
4) <i>LES DENSITES POLYCENTRIQUES DIJONNAISES</i>	104
Partie II : Etalement et dilution de l'aire urbaine dijonnaise	110
CHAPITRE 1 : DEFINITION ET FACTEURS DE L'ETALEMENT	112
1) <i>LA NOTION D'ETALEMENT</i>	113
1.1) Une notion reposant sur la dialectique spatiale	113
1.2) Etalement et diffusion : deux notions complémentaires.....	114
1.3) Etapes et expression de la diffusion.....	114
2) <i>L'ETALEMENT URBAIN</i>	115
2.1) Définition.....	115
2.2) Processus de l'étalement des villes : deux modes d'action sur la campagne	116
2.3) Mesure de l'étalement urbain fondé sur la population	117
3) <i>FACTEURS DE L'ETALEMENT</i>	118
2.1) Population et étalement urbain.....	118
2.2) Transport et étalement urbain	119
2.3) Influence du foncier sur l'étalement urbain	122
2.4) Importance des aménités naturelles et des acteurs.....	124
CHAPITRE 2 : RYTHME DE L'ETALEMENT URBAIN AU TEMPS DE LA VILLE ANTIQUE	
ET MEDIEVALE	127
1) <i>UN ESSAI D'APPROCHE THEORIQUE : COMMENT LA VILLE S'ETEND ?</i>	128
1.1) La sédentarisation et l'agriculture fixent les premiers noyaux	128
1.2) De la naissance de la ville : un organisme socialement différencié, une mixité du bâti ..	128
1.3) Les progrès techniques architecturaux, « l'auto-limitation » militaire et ses	
conséquences spatiales	129
1.4) L'aspect cyclique et phasique de la croissance de la cité	129
2) <i>L'ETALEMENT URBAIN ANTIQUE</i>	132
2.1) La montée en puissance de la ville entre le VII siècle avant J.C. et le II siècle	
après J.C.	132
2.2) Deux exemples de grandes villes antiques.....	132
2.3) Les origines de Dijon.....	134
2.4) La croissance surfacique du castrum au cours du premier millénaire.....	135
3) <i>LES VILLES DU MOYEN AGE</i>	137
3.1) La croissance urbaine médiévale : des formes d'urbanisation spécifiques.....	137

3.1.1) L'Europe médiévale urbaine : de l'an 1000 au XV ^{ième} siècle, quelques repères.....	137
3.1.2) Une des formes de la croissance : la naissance du bourg.....	137
3.1.3) La ville unifiée du XII ^{ième} siècle et sa croissance.....	138
3.2) L'évolution dijonnaise.....	138
4) LES VILLES DE LA RENAISSANCE	141
4.1) Radiographie d'un fait majeur : l'urbanisation de l'époque moderne.....	141
4.2) L'expansion dijonnaise de la Renaissance.....	142
4.3) L'évolution surfacique du bâti dijonnais.....	143
CHAPITRE 3 : DU TOURNANT DU XIX^{ÈME} AUX ANNEES 50 : L'EXTENSION DES BANLIEUES	147
1) QUELQUES FACTEURS GLOBAUX DE LA CROISSANCE URBAINE	148
1.1) La levée des contraintes militaires : la transformation des faubourgs.....	148
1.2) La saturation de la cité du XIX ^{ième}	149
1.3) L'attraction de la ville : les origines de la forte urbanisation du XIX ^{ième}	149
1.4) Les effets de l'industrialisation.....	151
1.5) La hausse du prix du foncier.....	151
2) LES TRANSPORTS ET L'ÉTALEMENT URBAIN DU XIX^{ÈME} ET DU DÉBUT DU XX^{ÈME}	152
3) L'EXPANSION DIJONNAISE À L'ÈRE DU RAIL : DU MILIEU DU XIX^{ÈME} AU DÉBUT XX^{ÈME}	153
3.1) Le renouveau d'une capitale régionale.....	153
3.2) Une ville qui reste compacte.....	155
3.3) Un étalement fonction du réseau routier principal.....	157
4) LES ÉVOLUTIONS DIJONNAISES DE LA FIN DU XIX^{ÈME} AU DÉBUT XX^{ÈME} : L'ARRIVÉE DES TRAMWAYS	158
4.1) La mise en place des tramways.....	158
4.2) Un étalement ne reposant pas sur l'extension du réseau de tramways.....	159
4.3) Les nouveaux quartiers dijonnais.....	161
4.4) L'extension surfacique de la ville de Dijon.....	162
CHAPITRE 4 : LA CROISSANCE DE L'URBAIN AU TEMPS DE LA VILLE ÉCLATÉE	166
1) L'URBANISATION DANS LES PAYS OCCIDENTAUX DE 1950 À NOS JOURS : UNE CROISSANCE INÉGALE DANS L'ESPACE ET LE TEMPS	167
2) CARACTÉRISATION DE LA PÉRIURBANISATION	169
2.1) Une définition plurielle de la périurbanisation.....	170
2.2) L'évolution démographique des aires urbaines.....	172
2.3) Les différentes formes de la périurbanisation.....	173
3) QUELQUES FACTEURS DE LA DÉCONCENTRATION DES POPULATIONS : LES MOTEURS DES DYNAMIQUES PÉRIURBAINES ET SUBURBAINES	180
3.1) La hausse des revenus.....	180
3.2) La croissance de la population.....	180
3.3) Les mutations des transports et la déconcentration.....	181
3.4) Autres facteurs de la déconcentration suburbaine et périurbaine.....	183
4) L'ÉTALEMENT URBAIN DIJONNAIS DE 1950 À NOS JOURS	184
4.1) Dijon : carrefour routier et ferroviaire d'importance.....	184
4.2) L'étalement quantitatif.....	185
4.3) Au-delà de l'agglomération un étalement périurbain.....	186
CHAPITRE 5 : APPROCHE QUANTITATIVE DE L'ÉTALEMENT URBAIN : LE MODÈLE DE BUSSIÈRE	192
1) LES HYPOTHÈSES DU MODÈLE DE BUSSIÈRE	193
2) LE MODÈLE DE BUSSIÈRE ET SES LOGIQUES	194
2.1) Présentation du modèle.....	194
2.2) Le modèle dynamique.....	195
2.3) Le modèle de BUSSIÈRE amendé.....	196
2.4) Le modèle amendé dynamique.....	199
2.5) Les significations du modèle de BUSSIÈRE.....	199
2.5.1) La logique globale.....	199
2.5.2) Les logiques de la croissance urbaine.....	200
3) APPLICATION À L'AIRE URBAINE DIJONNAISE	201
3.1) Analyse de l'évolution des populations de 1851 à 1954.....	202

3.1.1) Evolution des populations communales de 1851 à 1954.....	202
3.1.2) Evolution entre 1954 et 1990.....	205
3.1.3) Situation contemporaine au niveau des IRIS et des îlots.....	207
3.2) Application du modèle statique de BUSSIERE	208
3.2.1) Méthodologie	208
3.2.2) Description du modèle de BUSSIERE	210
3.2.3) Description du modèle amendé.....	212
3.2.4) Description du modèle amendé sectorisé	216
3.3) Modèle dynamique	218
3.3.1) Méthode.....	218
3.3.2) Les logiques de l'étalement urbain dijonnais.....	220
CHAPITRE 6 : LA DILUTION URBAINE, UNE AUTRE NOTION POUR L'ETALEMENT	225
1) <i>DE LA VILLE COMPACTE A LA VILLE FRAGMENTEE</i>	227
2) <i>DEFINITION DE LA DILUTION URBAINE</i>	227
2.1) Le sens courant.....	228
2.1.1) Le sens propre.....	228
2.1.2) Le sens figuré	228
2.2) La dilution : une notion essentiellement chimique.....	229
2.3) La dilution en géographie	229
2.3.1) Une notion mal définie.....	229
2.3.2) Un début de définition.....	231
2.3.3) Notre définition.....	231
3) <i>UN COMPLEMENT AU MODELE DE BUSSIERE : LA DILUTION URBAINE</i>	232
3.1) De la compacité à la fragmentation des espaces bâtis.....	232
3.2) La dynamique du pourcentage de bâti : la dilution urbaine	236
3.4) Les notions dérivant de la dilution urbaine	238
3.5) Les deux formes de dilution	239
4) <i>LA DILUTION DE L'AIRE URBAINE DIJONNAISE</i>	240
4.1) La dilution du bâti dans la ville	240
4.2) La dilution urbaine aux marges de l'agglomération : le passage de l'espace urbain à l'espace rural	242
4.3) La dilution de l'aire urbaine	243
4.4) La dynamique et les logiques de dilution	246
Partie III : Etalement, dilution et transport automobile	254
CHAPITRE 1 : STRUCTURE DU RESEAU ROUTIER	256
1) <i>PRESENTATION GENERALE DU RESEAU</i>	257
1.1) Dijon, pôle de circulation périphérique ?	257
1.2) Un réseau routier centré sur Dijon	257
1.3) La densité communale du réseau	258
2) <i>LES PARAMETRES DU RESEAU</i>	262
2.1) Les paramètres morphologiques.....	263
2.1.1) Méthode de vectorisation du réseau	263
2.1.2) Une opposition est ouest pour les courbures de l'aire urbaine dijonnaise.....	265
2.1.3) Un réseau routier bien hiérarchisé	265
2.2) Les circulations.....	267
2.2.1) Des sources fragmentaires.....	267
2.2.2) L'évolution des trafics de 1960 à nos jours	268
2.2.3) La base de données actuelle.....	270
2.3) Le pourcentage de poids lourds	272
2.4) La carte des feux de circulation.....	274
3) <i>DEUX EXEMPLES DE RADIALES</i>	274
3.1) L'exemple de la radiale N 74 partie sud.....	274
3.2) L'exemple de la radiale A 38	277
CHAPITRE 2 : UTILISATION DES DONNEES DU RESEAU ROUTIER DE L'AIRE URBAINE DIJONNAISE POUR LA MESURE DES TEMPS D'ACCES	280
1) <i>LES MODALITES DE CALCUL DES TEMPS D'ACCES</i>	281
1.1) Pourquoi le choix du système vecteur ?	281
1.2) De la vectorisation au calcul des temps d'accès au centre.....	282

2)	<i>EVALUATION DES VITESSES : APPROCHE THEORIQUE</i>	285
2.1)	L'influence du comportement du conducteur sur la vitesse	285
2.1.1)	La voiture, un moyen de se déplacer rapidement	285
2.1.2)	La vitesse définie par les autres automobilistes.....	286
2.2)	Du microscopique au macroscopique	287
2.3)	Méthode d'évaluation des vitesse moyennes par tronçon	292
2.3.1)	Description sommaire du modèle	292
2.3.2)	Premier module : intégration de la courbure, du type de véhicule et du milieu.....	293
2.3.3)	Second module : influence du trafic sur la vitesse moyenne	295
2.3.4)	Troisième module : influence des feux de circulation sur la vitesse	296
3)	<i>EVALUATION DES TEMPS D'ACCES DANS L'AIRES URBAINE DIJONNAISE</i>	298
3.1)	Calibrage du modèle de vitesse	298
3.1.1)	La relation courbure-vitesse	298
3.1.2)	Les paramètres des deux derniers modules	305
3.2)	Les vitesses théoriques dans l'aire urbaine dijonnaise	306
3.2.1)	Analyse d'un résultat tiré aléatoirement	306
3.2.2)	Les paramètres de distribution	308
3.2.3)	Les paramètres de dispersion	311
3.2.4)	Analyse des vitesses en période de pointe	314
3.3)	Les temps d'accès théoriques dans l'aire urbaine dijonnaise	316
3.3.1)	La carte des temps d'accès moyens	316
3.3.2)	Les temps d'accès en période de pointe.....	321
CHAPITRE 3 : ANALYSE DES RELATIONS ENTRE TRANSPORT ET ETALEMENT URBAIN		323
1)	<i>ANALYSE QUALITATIVE DE LA RELATION TRANSPORT AUTOMOBILE/ETALEMENT URBAIN</i>	324
1.1)	Transport et formes urbaines	324
1.2)	Les interactions entre transport et localisation urbaine.....	327
1.3)	Le couple étalement urbain-vitesse.....	328
2)	<i>ANALYSE QUANTITATIVE DE LA RELATION TRANSPORT AUTOMOBILE/ETALEMENT URBAIN</i>	333
2.1)	De la vitesse aux temps d'accès au centre	333
2.1.1)	La relation entre vitesse et distance au centre.....	333
2.1.2)	De la vitesse aux temps d'accès	336
2.1.3)	Les temps d'accès moyens de l'aire urbaine dijonnaise	337
2.2)	Influence de la vitesse sur l'étalement urbain	348
2.2.1)	La vitesse et les densités	348
2.2.2)	La vitesse et la dilution	353
2.3)	Les temps d'accès et l'étalement urbain	360
2.3.1)	Les temps d'accès et les densités.....	361
2.3.2)	Le modèle de BUSSIERE et les temps d'accès.....	363
2.3.3)	Le temps et la dilution.....	368
CHAPITRE 4 : ETUDE DE CAS, L'EXEMPLE DU NORD DIJONNAIS, LA PERIURBANISATION AUTOUR DE IS-SUR-TILLE		374
1)	<i>PRESENTATION DE L'AIRES D'ETUDE : STRUCTURES ET DYNAMIQUES SPATIALES</i>	375
1.1)	Trois cantons arrimés à l'agglomération dijonnaise par un faisceau de voies de communication	375
1.2)	une organisation du bâti conforme à celle de l'aire urbaine	380
1.3)	Flux sur le réseau routier du nord-dijonnais	382
1.3.1)	Les caractéristiques du réseau routier	382
1.3.2)	Les flux existants sur les D 903 et N 74	383
2)	<i>MODIFICATION DE L'ACCESSIBILITE ROUTIERE CONSECUTIVE A L'AMENAGEMENT DE LA D 903</i>	385
2.1)	La situation actuelle	385
2.2)	Des temps d'accès comparables au reste du périurbain dijonnais.....	385
2.3)	Conséquence de la mise en service de la deux fois deux voies sur les temps d'accès.....	386
3)	<i>ACCESSIBILITE ET PERIURBANISATION</i>	389
CONCLUSION GENERALE		398
BIBLIOGRAPHIE		400

ANNEXES.....	410
ANNEXE I : DESCRIPTION DU MODELE DE NEWLING.....	412
ANNEXE II : METHODE D'AJUSTEMENT NON-LINEAIRE	415
ANNEXE III : OBTENTION DU MODELE DE BUSSIÈRE	416
ANNEXE IV : LE MODELE DE BUSSIÈRE PAR SECTEUR.....	417
ANNEXE V ESTIMATION DE LA POPULATION TOTALE ET DU GRADIENT A PARTIR DU MODELE DE BUSSIÈRE	418
ANNEXE VI : EVALUATION DE LA POPULATION COMMUNALE A PARTIR DU MODELE DE BUSSIÈRE	419
ANNEXE VII : MODELE DE POPULATION CUMULEE REPOSANT SUR UNE AUTRE FONCTION DE DENSITE	420
ANNEXE VIII : LE MODELE LOGISTIQUE DECROISSANT	422
ANNEXE IX : LA REGRESSION LOGISTIQUE.....	423
ANNEXE X : EVALUATION DE LA CONCENTRATION CRITIQUE	424
ANNEXE XI : EVALUATION DE LA VITESSE EN FONCTION DU DEBIT ET DE LA CAPACITE CRITIQUE	425
ANNEXE XII : APPLICATION DU MODELE PROBABILISTE DES FEUX DANS EXCEL.....	427
ANNEXE XIII : MODELE LOGISTIQUE « BORNE » ET REGRESSION LOGISTIQUE	428
ANNEXE XIV : CONSTRUCTION DU MODELE DES TEMPS D'ACCES A PARTIR DE LA FONCTION VITESSE	429
ANNEXE XV : CONSTRUCTION DES DEUX MODELES DE CAUSALITE VITESSE/DENSITE	430
ANNEXE XVI : CALCUL DE LA DERIVEE DENSITE-LAMBDA ET ETUDE DU SIGNE DE VARIATION DU RAPPORT	431
ANNEXE XVII : CALCUL DE LA DERIVEE DENSITE-VITESSE AU CENTRE ET ETUDE DU SIGNE DE VARIATION DU RAPPORT	432
ANNEXE XVIII : CALCUL DE LA DERIVEE DE LA DENSITE PAR RAPPORT A LA VITESSE EN MILIEU RURAL ET ETUDE DU SIGNE DE VARIATION DU RAPPORT	433
ANNEXE XIX : CALCUL DE LA DERIVEE DE LA VITESSE PAR RAPPORT A LA DENSITE CENTRALE ET ETUDE DU SIGNE DU RAPPORT	434
ANNEXE XX : CALCUL DE LA DERIVEE DE LA VITESSE PAR RAPPORT AU GRADIENT DE DENSITE ET ETUDE DU SIGNE DU RAPPORT	435
ANNEXE XXI : CONSTRUCTION DES DEUX MODELES DE CAUSALITE VITESSE/DILUTION ...	436
ANNEXE XXII : CALCUL DE LA DERIVEE DU POURCENTAGE DE SURFACE BATIE PAR RAPPORT AU FACTEUR LAMBDA ET ETUDE DU SIGNE DU RAPPORT	437
ANNEXE XXIII : CALCUL DE LA DERIVEE DU POURCENTAGE DE SURFACE BATIE PAR RAPPORT A LA VITESSE EN MILIEU RURAL ET ETUDE DU SIGNE DU RAPPORT	438
ANNEXE XXIV : CALCUL DE LA DERIVEE DU POURCENTAGE DE SURFACE BATIE PAR RAPPORT A LA VITESSE AU CENTRE ET ETUDE DU SIGNE DU RAPPORT	439
ANNEXE XXV : CALCUL DE LA DERIVEE DE LA VITESSE PAR RAPPORT AU FACTEUR DE DILUTION ET ETUDE DU SIGNE DU RAPPORT.....	440
ANNEXE XXVI : CALCUL DE LA DERIVEE DE LA VITESSE PAR RAPPORT AU FACTEUR D'ETALEMENT ET ETUDE DU SIGNE DU RAPPORT	441
LISTE DES FIGURES	442
TABLE DES MATIERES	449