



HAL
open science

Y a-t-il des phénomènes de densification ou de dédensification ? Approche de la question et proposition d'indicateurs

Magali Di Salvo, Monique Gadais, Geneviève Roche-Woillez

► To cite this version:

Magali Di Salvo, Monique Gadais, Geneviève Roche-Woillez. Y a-t-il des phénomènes de densification ou de dédensification ? Approche de la question et proposition d'indicateurs. [Rapport de recherche] Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques (CERTU). 2005, 90 p., 10 références bibliographiques, illustrations en couleurs, figures, graphiques, photos, tableaux. hal-02150555

HAL Id: hal-02150555

<https://hal-lara.archives-ouvertes.fr/hal-02150555>

Submitted on 7 Jun 2019

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.

Y a-t-il des phénomènes de densification ou de dédensification ?

*Approche de la question
et proposition d'indicateurs*

Certu

centre d'Études sur les réseaux,
les transports, l'urbanisme
et les constructions publiques
9, rue Juliette Récamier
69456 Lyon Cedex 06
téléphone: 04 72 74 58 00
télécopie: 04 72 74 59 00
www.certu.fr

Avis aux lecteurs

La collection Rapports d'étude du Certu se compose de publications proposant des informations inédites, analysant et explorant de nouveaux champs d'investigation. Cependant l'évolution des idées est susceptible de remettre en cause le contenu de ces rapports.

Le Certu publie aussi les collections :

Dossiers: Ouvrages faisant le point sur un sujet précis assez limité, correspondant soit à une technique nouvelle, soit à un problème nouveau non traité dans la littérature courante. Le sujet de l'ouvrage s'adresse plutôt aux professionnels confirmés. Le Certu s'engage sur le contenu mais la nouveauté ou la difficulté des sujets concernés implique un certain droit à l'erreur.

Références: Cette collection comporte les guides techniques, les ouvrages méthodologiques et les autres ouvrages qui, sur un champ donné assez vaste, présentent de manière pédagogique ce que le professionnel courant doit savoir. Le Certu s'engage sur le contenu.

Débats: Publications recueillant des contributions d'experts d'origines diverses, autour d'un thème spécifique. Les contributions présentées n'engagent que leurs auteurs.

Catalogue des publications disponible sur : <http://www.certu.fr>

acteur



Le programme ACTEUR regroupe sous son logo plusieurs partenaires nationaux ou locaux qui participent à la définition des orientations du programme.



CERTU, DAEI, DGUHC, DRAST



**MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE
ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**



**UNIVERSITÉ MICHEL MONTAIGNE -
BORDEAUX III**

NOTICE ANALYTIQUE

Organisme commanditaire : Certu – Centre d'Etudes sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques 9, Rue Juliette Récamier – 69456 LYON Cedex 06 – Tél : 04.72.74.58.00 Fax : 04.72.74.59.10		
Titre : Y a-t-il des phénomènes de densification ou de dédensification ?		
Sous-titre : Approche de la question et proposition d'indicateurs	Date d'achèvement : Mars 2005	Langue : Français
Organisme auteur : Certu	Rédacteurs ou coordonnateurs : Magali Di Salvo, Monique Gadais, Geneviève Roche-Woillez	Relecteurs assurance qualité : Jean-Charles Castel, Claude Noël
Résumé <p>La problématique de l'étalement et du renouvellement urbain est au cœur des préoccupations actuelles en matière de planification, d'aménagement et de développement durable des territoires. Elle entretient une relation étroite avec l'évolution du peuplement des différents espaces. Ce document, qui s'inscrit dans ce contexte, vise à proposer une approche possible pour localiser et quantifier les phénomènes de densification ou de dédensification à l'œuvre sur les territoires urbains. Nous limiterons notre étude à l'occupation de l'espace par ses habitants. La simplicité apparente de cette question liée à la difficulté de transmettre un message réaliste nécessitent une réflexion préalable importante pour « problématiser » l'observation et sélectionner des indicateurs pertinents pour répondre aux questions sous-jacentes à l'étude de ces différents phénomènes.</p> <p>L'approche repose sur un découpage de la question selon différents objets d'observation, et présente de façon détaillée les indicateurs qu'il est possible d'utiliser pour y répondre. Chacun d'eux est documenté de façon très précise : liens entretenus avec la question, modes de calculs et sources utilisables, illustrations issues de tests réalisés sur plusieurs sites expérimentaux, sans oublier les extensions possibles, ainsi que les limites et précautions à prendre en compte pour leur utilisation.</p> <p>Traitant essentiellement de la mesure de la densité et de son évolution, ce rapport d'étude privilégie les aspects techniques des méthodes de représentation graphiques et cartographiques de l'information. Il accorde une place importante aux procédés de lissage qui contribuent à faciliter la transmission et l'analyse des résultats obtenus.</p> <p>Les professionnels de l'observation y trouveront tous les éléments leur permettant de mettre en œuvre les indicateurs proposés sur leurs territoires pour procéder à leurs propres analyses, dès lors qu'ils possèdent localement les données nécessaires.</p>		
Remarques complémentaires éventuelles <p>Ce document s'inscrit dans le cadre des productions du programme d'Analyse Concertée des Transformations et des Equilibres URbains (Acteur). Ce programme vise à fournir des méthodes et des outils permettant d'alimenter et d'améliorer les pratiques en matière d'observation des mutations urbaines. Il propose en particulier une approche transversale des phénomènes au travers d'une grille d'analyse par problématiques et par questions. L'ensemble de la démarche est présenté dans un précédent rapport d'études du Certu paru en 2001 sous l'intitulé « Méthode d'analyse transversale pour l'observation des mutations urbaines ».</p> <p>Certaines des questions identifiées lors de l'élaboration de cette grille d'analyse ont fait l'objet d'un travail plus approfondi visant à sélectionner et expérimenter des indicateurs comparatifs, dans le but d'apporter des éléments de réponse aux questions étudiées. Trois d'entre elles ont déjà donné lieu à la réalisation d'un dossier technique.</p> <p>Ce quatrième rapport présente les résultats des travaux liés à la question de la densification des territoires urbains. Il a été réalisé, pour l'essentiel, par l'équipe en charge du programme Acteur au Certu, contrairement aux trois précédents qui ont été produits dans un cadre collégial par des professionnels issus de différentes instances locales impliquées dans le programme Acteur : Cete, Agences d'urbanisme, Universités... Le dossier technique est complété par une note méthodologique et technique présentant différents procédés de lissage cartographique.</p> <p>Tous les produits du programme, et en particulier le présent dossier technique avec son complément méthodologique, sont publiés sur le site Internet du Certu : www.certu.fr/acteur, à la rubrique <i>Dossiers</i>.</p>		
Mots clés : population, densité, densification, étalement urbain, mutation urbaine, dynamique urbaine, occupation du sol, indicateur, lissage cartographique, méthode	Diffusion : libre	
Nombre de pages : 89	Confidentialité : non	Documents et références

SOMMAIRE

Préambule	9
Introduction	11
1. Entrée en matière	13
1.1 Approche retenue	15
1.2 Sources et données mobilisées	17
1.3 Échelles d'observation	17
1.4 Lot d'indicateurs sélectionnés pour l'expérimentation	18
1.5 Indicateurs non retenus et justificatifs des choix	18
2. Cadrage de l'observation	19
Population et territoires observés	21
3. Densités locales	25
3.1 Densité brute de population - Exploitation communale (13_004)	27
3.2 Densité brute de population - Exploitation infracommunale (16_014)	32
3.3 Densité nette de population (11_011)	37
4. Évolution des densités	47
4.1 Evolution annuelle de la densité brute de population - Exploitation communale (16_017)	49
4.2 Evolution annuelle de la densité brute de population - Exploitation infracommunale (16_012)	55
4.3 Contribution de la taille des ménages à l'évolution de la densité de population (16_018)	61
4.4 Evolution annuelle de la population selon la distance au centre (16_019)	66
Annexes	67

Préambule

Ce document s'inscrit dans le cadre des productions du programme d'Analyse Concertée des Transformations et des Equilibres URbains (Acteur). Ce programme multipartenarial vise à produire des méthodes et des outils permettant d'alimenter et d'améliorer les pratiques en matière d'observation des mutations urbaines. Il propose, en particulier, une approche transversale de ces phénomènes au travers d'une grille d'analyse par problématiques et par questions. Cette méthode a fait l'objet d'un précédent rapport paru en 2001 sous l'intitulé «Méthode d'analyse transversale pour l'observation des mutations urbaines».

Certaines des questions identifiées lors de l'élaboration de cette grille d'analyse ont fait l'objet d'un travail plus approfondi visant à sélectionner et expérimenter des indicateurs comparatifs sur les aires urbaines, dans le but d'apporter des éléments de réponse objectifs aux questions étudiées. Ce rapport présente les résultats des travaux liés à l'analyse de l'une de ces questions, celle des phénomènes de densification et de dédensification des territoires urbains. En complément à ce dossier, une note méthodologique et technique présente d'autres outils techniques mobilisables pour réaliser le lissage cartographique.

Quatrième dans la série « Les dossiers techniques du programme Acteur », cet ouvrage vient compléter les dossiers analysant la qualification de l'offre en logement, la répartition spatiale des différents types de logements et la mobilité quotidienne des personnes dans les agglomérations, qui sont déjà disponibles. Tous les produits du programme, en particulier dossiers techniques et notes méthodologiques complémentaires, sont publiés sur le site Internet de l'Observation urbaine du Certu : www.certu.fr/acteur, à la rubrique Dossiers.

Introduction

La mesure de la densité humaine et de son évolution constitue un élément important de la réflexion en matière de politique d'urbanisme. Elle s'est posée avec une acuité nouvelle depuis les années soixante dix, et cela dans un contexte de diminution de la population des villes centres au profit des périphéries. Mais depuis les années quatre-vingt dix, il semble que l'on assiste à un phénomène de redensification des centres et à une décélération de l'étalement urbain.

Le débat sur la densité reste toujours d'actualité, tout particulièrement dans les villes très dynamiques où se posent d'importants problèmes de logements. En outre, une ville dense est considérée comme plus favorable aux transports collectifs et doit permettre de diminuer les nuisances liées à l'utilisation de l'automobile. S'y ajoute également le souci de préservation des espaces naturels.

La valeur d'une densité, en elle-même, n'a aucune pertinence. Elle ne prend son intérêt que pour comparer des territoires entre eux et établir une hiérarchie des territoires, des moins denses aux plus denses par exemple. Ce concept facilite les comparaisons spatiales entre territoires et fait ressortir les disparités car il permet de s'affranchir de l'impact des surfaces, ce que n'autorise pas une simple analyse de l'évolution de la population. Si le calcul des densités s'appuyant sur des surfaces administratives ne pose guère de problème, il n'en est pas de même des densités relatives aux surfaces urbanisées qui demeurent très délicates à mesurer. Aussi, apparaît-il important de clarifier les définitions et les sources à utiliser pour une meilleure comparabilité des indicateurs.

La littérature sur le sujet ne manque pas. Dans tout cet ouvrage, nous avons choisi de nous limiter à l'occupation de l'espace par ses habitants. Ainsi l'occupation par les emplois n'est pas abordée car nous ne disposons pas encore de données à une échelle infracommunale qui permettraient de qualifier certains quartiers d'affaires ou à forte connotation commerciale. De la même façon, il n'est pas question ici de l'occupation du sol par les bâtiments, et donc de calcul de densité du bâti.

L'objectif de ce rapport d'études n'est pas de fournir un exemple d'analyse ou de diagnostic d'un territoire donné. Son but est de proposer des indicateurs testés et validés, mais aussi d'expliquer les modalités de leur mise en œuvre tout en montrant leurs limites.

La première partie de ce document explique l'approche retenue pour structurer l'observation autour de la question de la densité urbaine et de son évolution. Elle est complétée par des éléments relatifs aux sources utilisées, et par un cadrage permettant une description du territoire d'étude à une échelle large et appropriée à l'analyse des mutations urbaines, celle des aires urbaines.

Les parties suivantes présentent une série d'indicateurs utilisables pour observer les densités locales et leur évolution. Chacun d'eux est documenté de façon détaillée. Quels sont ses apports à la question posée ? Comment le calcule-t-on ? Comment présenter les résultats pour faciliter le dialogue et l'interprétation ou aller plus loin pour affiner les analyses ? Quelles sont ses limites, les précautions à prendre lors de son utilisation ?... Tous les indicateurs présentés ici ont été expérimentés sur plusieurs territoires. Leur mise en œuvre autorise les comparaisons entre agglomérations, l'analyse des disparités spatiales à l'intérieur de chaque aire ainsi que le suivi des évolutions dans le temps.

L'approche tient compte des contraintes liées aux sources de données utilisables. Par ailleurs, l'analyse des indicateurs proposés ici suppose que soit connu, en amont, le contexte local du territoire d'étude : cartographie et données de cadrage décrivant l'occupation physique de l'espace, géographie des sites, systèmes d'équipements et de services, réseaux de transport...

L'ouvrage ne constitue pas une réflexion approfondie sur la densité, mais propose un ensemble d'éléments méthodologiques et d'outils à mettre en œuvre pour alimenter la réflexion sur le processus de peuplement des villes et de leur périphérie. Le document est conçu de façon à ce que les indicateurs puissent être utilisés indépendamment les uns des autres. On y trouvera donc un certain nombre de redondances dans les modes de calcul et les précautions d'usage qui sont systématiquement rappelés pour chaque indicateur.

1. Entrée en matière

1.1 Approche retenue

La question relative aux phénomènes de densification et de dédensification est considérée sous l'angle de l'état et de l'évolution de l'occupation humaine de l'espace. On va donc s'intéresser à la densité de population, celle des logements et, plus largement, l'occupation du sol par les bâtiments ainsi que la densité du bâti ne seront pas abordées ici. L'évolution de la densité de population prend en compte à la fois le solde naturel, c'est-à-dire l'excédent des naissances sur les décès, et les migrations résidentielles, c'est-à-dire l'excédent des arrivées sur les départs. En revanche, l'évolution de la densité de logements est plutôt liée aux seules migrations résidentielles.

Par ailleurs, l'occupation de l'espace par les activités n'est pas appréhendée. Nous ne disposons pas encore des données d'emploi à une échelle infracommunale qui auraient permis une véritable approche de la présence humaine, à la fois en terme d'habitat et d'emplois.¹

Les indicateurs proposés ici peuvent néanmoins apporter des éléments utiles à la réflexion sur le devenir des villes, l'étalement urbain, les disparités entre quartiers ou encore la politique des transports en commun.

Quelques constats généraux relatifs à la densité urbaine

La densité moyenne de la France métropolitaine est de 108 habitants par km². Les villes centres ont une densité moyenne de 1 350 hab./km², comprise entre un minimum de 32 hab./km² à Bourg-Saint-Maurice et un maximum de 9 200 hab./km² à Lyon, si l'on exclue Paris avec 20 000 hab./km². Pour situer davantage les ordres de grandeur du niveau des densités, on peut préciser qu'en zone de banlieue la moyenne est de 282 hab./km², avec un minimum de 32 pour la banlieue de Gien et un maximum de 1 593 pour celle de Lille. En couronne périurbaine, elle descend à 62 hab./km².

En moyenne, les densités urbaines augmentent avec la taille des villes, mais celle-ci n'explique pas plus de 40 % des disparités observées, d'autres facteurs jouant concomitamment comme l'opposition est/ouest sur le territoire français².

Le dernier recensement de la population a confirmé la poursuite de l'urbanisation en France avec une grande diversité dans la croissance et la densification des villes. Globalement, après une période de desserrement de la population des villes centres vers les périphéries, particulièrement marqué de 1975 à 1982, la période 1990 à 1999 révèle un certain rééquilibrage en faveur des villes centres³.

Pour compléter ces constats, on observe que la "densité interne", ou nombre moyen de personnes par ménage, a diminué régulièrement en un quart de siècle, passant 2,9 en 1975 à 2,4 en 1999. Ainsi, à la fin du XX^{ème} siècle en France, près d'un logement sur trois était habité par une personne seule. Cet aspect, qui s'inscrit plutôt dans une approche sociologique, ne sera pas développé ici.

1.1.1 Structuration de la question

Pour aborder la question de la densification ou de la dédensification des territoires, il paraît important de préciser d'abord à quelle surface on rapporte la population. Il est ensuite possible d'étudier son évolution. Aussi les indicateurs ont-ils été regroupés selon deux approches :

La densité locale

Trois indicateurs doivent permettre d'approcher l'analyse de la densité au niveau local. Deux d'entre eux sont calculés sur des surfaces administratives et ne posent pas de problèmes pour leur mise en œuvre, mais obligent à être prudents quant aux conclusions à tirer des résultats. Le troisième, la densité nette, permet d'affiner les résultats puisqu'il est calculé à la surface urbanisée, calcul qui s'avère délicat du fait, notamment, de la diversité des sources et des définitions utilisées.

L'évolution de la densité

Seule l'évolution de la densité brute est abordée ici. En effet le calcul de l'évolution de la densité nette

¹ Ce que V. Fouchier appelle la densité humaine dans **Les densités urbaines et le développement durable ; Le cas de l'Île-de-France et des villes nouvelles**, Edition du SGVN, secrétariat général du groupe central des villes nouvelles.

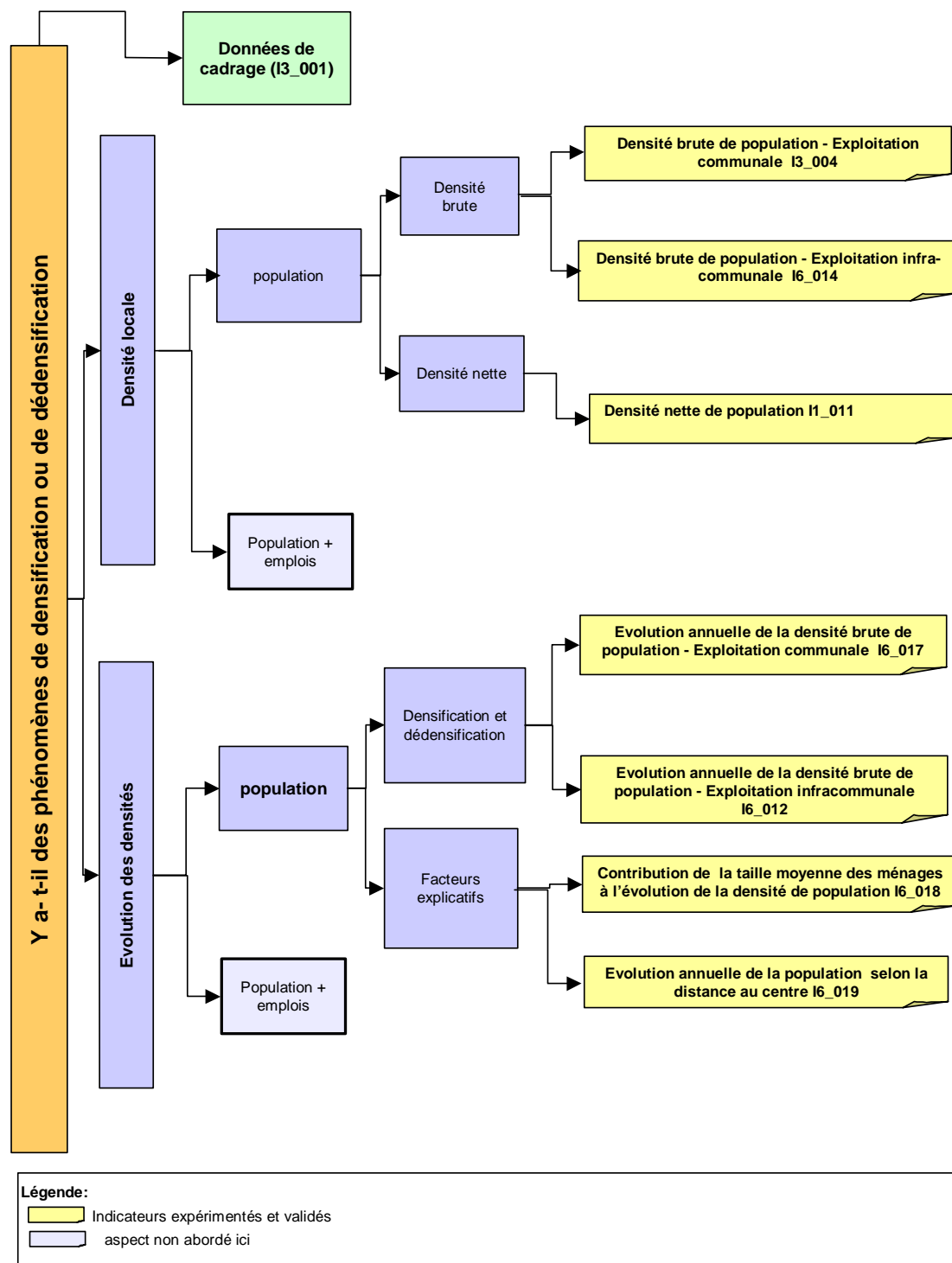
² Voir l'article de Sandrine BERROIR "Densités de population et d'emploi dans les grandes villes françaises" dans *Données Urbaines*, tome 1

³ Voir l'article de P. Bessy-Pietri "Les formes récentes de la croissance urbaine" dans *Economie et statistique* N°336, 2000-6

nécessite une connaissance de l'occupation du sol à des dates différentes, et nous ne disposons pas de ces données pour réaliser les différents tests.

Deux indicateurs explicatifs de l'évolution de la densité ont été expérimentés, l'un pour mettre en évidence l'impact de la taille des ménages, l'autre pour montrer l'influence de la distance au centre.

Figure 1 - Vue d'ensemble sur les indicateurs proposés



1.1.2 *Éléments méthodologiques utilisés*

Le concept de densité est simple puisqu'il se limite en général à la construction d'un ratio. En revanche, les modes de représentation s'avèrent plus complexes si l'on veut montrer des résultats suffisamment « parlants » et éviter des erreurs d'interprétation pour le lecteur.

La principale difficulté réside dans la définition de la surface à laquelle on rapporte la population, et cela dans le but de mettre en évidence les disparités spatiales ou les évolutions. On retient d'une part les surfaces des unités géographiques observées (communes, îlots), d'autre part les surfaces urbaines incluses dans ces unités.

Les résultats d'expérimentation des indicateurs sont représentés soit par des graphiques, soit par des cartes. Les tableaux de synthèse, qui présentent les résultats des calculs agrégés selon les grands types de zones des aires urbaines, sont souvent complétés par des représentations graphiques. Ce sont essentiellement de histogrammes, simples, empilés ou groupés, qui permettent de visualiser rapidement les disparités à l'intérieur d'une aire ou bien entre les différentes aires d'étude. On utilise également des graphiques de type « liaison entre X et Y » ou « nuage de points ».

Les cartes sont de deux types. Soit elles représentent les résultats bruts des indicateurs calculés sur les unités géographiques observées (communes, îlots), soit elles représentent des valeurs lissées de façon à en améliorer la lecture en créant des zones homogènes (voir annexe A2.3, page 79).

1.2 *Sources et données mobilisées*

Deux types de sources de données ont été utilisés.

- Les **recensements de la population** (source INSEE) et, en particulier, les données de population à l'échelle de la commune et de l'îlot.

Notons que la plupart des indicateurs présentés ici sont calculés en utilisant la **population dite « sans doubles comptes »** qui est, en général, utilisée pour déterminer la population d'un ensemble de communes. Elle comprend les personnes des ménages ayant leur résidence principale dans la commune, mais aussi la population recensée dans les collectivités de la commune (notamment foyers de travailleurs, cités universitaires, maisons de retraite, hospices, communautés religieuses) et les établissements pénitentiaires.

- Les **bases de données physiques d'occupation des sols issues de traitements d'images**, gérées par système d'information géographique (Couche des bâtiments de la BDTopo®) 2000, BDCarto® de l'IGN 1994, Spot Théma 1999), qui permettent de mesurer l'étendue de la tache urbaine et d'analyser plus ou moins finement l'occupation des sols.

Ces bases de données présentent néanmoins des limites. D'une part, elles n'utilisent pas de nomenclature commune, d'autre part, les spécifications imposent un seuil minimal de surface dans la prise en compte du bâti, seuil variable selon la précision des bases. Enfin, une dernière difficulté réside dans le manque de recul. Actuellement, il n'y a qu'une date de disponibilité pour chaque source de données qui se situe, selon les cas, entre 1990 et 2003. A l'avenir, les mises à jour régulières permettront de mesurer plus facilement l'évolution de l'occupation du sol. En particulier une mise à jour de la BDCarto® est prévue pour 2005.

1.3 *Échelles d'observation*

L'expérimentation a été réalisée en utilisant principalement la décomposition du territoire selon le Zonage en Aires Urbaines défini par l'Insee à partir des résultats du recensement de la population de 1990⁴ (pôle urbain avec sa ville centre et sa banlieue, couronne périurbaine) pour les sites de Bordeaux, Toulouse, Angers et Dunkerque.

Le cinquième site d'étude, le « Nord-Isère » est une « pseudo-aire urbaine » constituée par l'équipe ayant réalisé l'étude. Il comprend une aire urbaine au sens de l'Insee, celle de Bourgoin-Jallieu, qui recouvre un peu moins de la moitié du territoire d'étude. La partie ouest du territoire, qui pourrait constituer un pôle urbain au regard des nombres d'habitants et d'emplois, est dans l'aire urbaine de Lyon. Cette « pseudo-aire urbaine » a été construite en rattachant les communes dont plus de 40 % des

⁴ Mais les dernières données disponibles, celles du recensement de 1999 ont été mobilisées dans les tests d'indicateurs

actifs travaillent dans l'ensemble des unités urbaines du territoire d'étude. Elle compte trois villes-centres : Bourgoin-Jallieu, l'Isle d'Abeau et Villefontaine (voir annexe A1, page 74)

Pour les indicateurs I6-012 et I6-014, les résultats ont été présentés selon des périmètres définis pour les enquêtes ménages déplacements⁵ qui apportent des informations à des niveaux géographiques différents de ceux, plus traditionnels, de l'Insee. En particulier, on a utilisé l'hypercentre, niveau fin correspondant à un zonage infra-communal et défini localement comme la zone centrale la plus dense de la commune centre.

Selon le cas, les indicateurs proposés peuvent être mobilisés selon 3 échelles d'observation :

- par grand sous-espace de l'aire urbaine, pour qualifier globalement ce territoire et autoriser les comparaisons avec d'autres agglomérations ;
- sur une maille communale, au sein de l'aire urbaine, pour montrer les disparités internes entre communes ;
- sur une maille infra-communale, comme l'hypercentre, pour affiner l'analyse.

D'autres périmètres, ceux des EPCI dominants par exemple, pourraient être étudiés à l'aide de ces mêmes indicateurs.

1.4 Lot d'indicateurs sélectionnés pour l'expérimentation

Analyse de la densité locale

Indicateurs	Libellé	Description, utilisation
I3_004	Densité brute de population - exploitation communale	Mesure la densité d'habitants en utilisant la surface administrative de la commune et des données de population communales
I6_014	Densité brute de population – exploitation infracommunale	Mesure la densité d'habitants en utilisant les données de l'INSEE à l'îlot Lissage des résultats pour la cartographie
I1_011	Densité nette de population	Mesure la densité d'habitants en utilisant la surface habitée de la commune.

Evolution de la densité

Indicateurs	Libellé	Description, utilisation
I6_017	Evolution annuelle de la densité brute de population - exploitation communale	Mesure l'évolution de la densité entre deux dates, c'est à dire, l'évolution de la population rapportée à la surface administrative de la commune
I6_012	Evolution annuelle de la densité brute de population – exploitation infracommunale	Mesure l'évolution de densité d'habitants en utilisant les données de l'INSEE à l'îlot Lissage des résultats pour la cartographie
I6_018	Contribution de la taille moyenne des ménages à l'évolution de la densité de population,	Mesure l'impact de la variation de la taille moyenne des ménages sur l'évolution de la densité brute entre deux dates.
I6_019	Evolution annuelle de la population selon la distance au centre	Indicateur calculé à partir des données communales. Intéressant comme élément de mesure de l'étalement urbain.

1.5 Indicateurs non retenus et justificatifs des choix

Certaines pistes, pressenties comme intéressantes pour la question posée, ont été abandonnées pour des raisons qu'il nous paraît important de rappeler ici, afin de mieux comprendre les choix effectués.

Pour mesurer la présence humaine en milieu urbain, il est préférable de s'intéresser à la fois au nombre d'habitants et d'emplois (72 % des emplois sont localisés dans les pôles urbains au recensement de 1999). En effet, dans les tissus urbains mixtes, il est difficile de distinguer les surfaces dédiées à l'habitat de celles consacrées à l'emploi. Aussi, l'analyse du rapport habitants+emplois et surface observée s'impose-t-elle. Néanmoins, il ne nous a pas été possible de tester ces indicateurs car nous ne disposons pas encore de données d'emploi à l'échelon infracommunale, alors que l'emploi est toujours très important dans la ville centre. L'étude de la densité humaine au niveau du quartier est différée.

⁵ Les enquêtes ménages déplacements (méthodologie CERTU) sont réalisées dans une quarantaine de grandes agglomérations auprès d'un échantillon de ménages résidants et portent sur leurs déplacements quotidiens

2. Cadrage de l'observation

Population et territoires observés

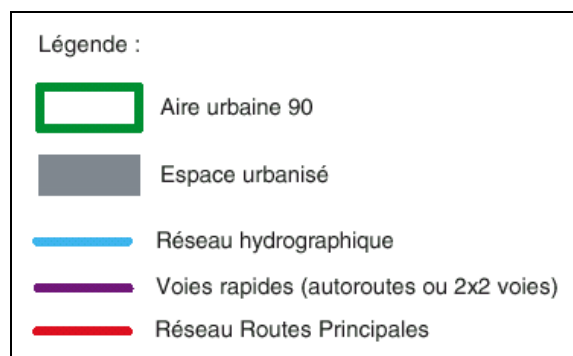
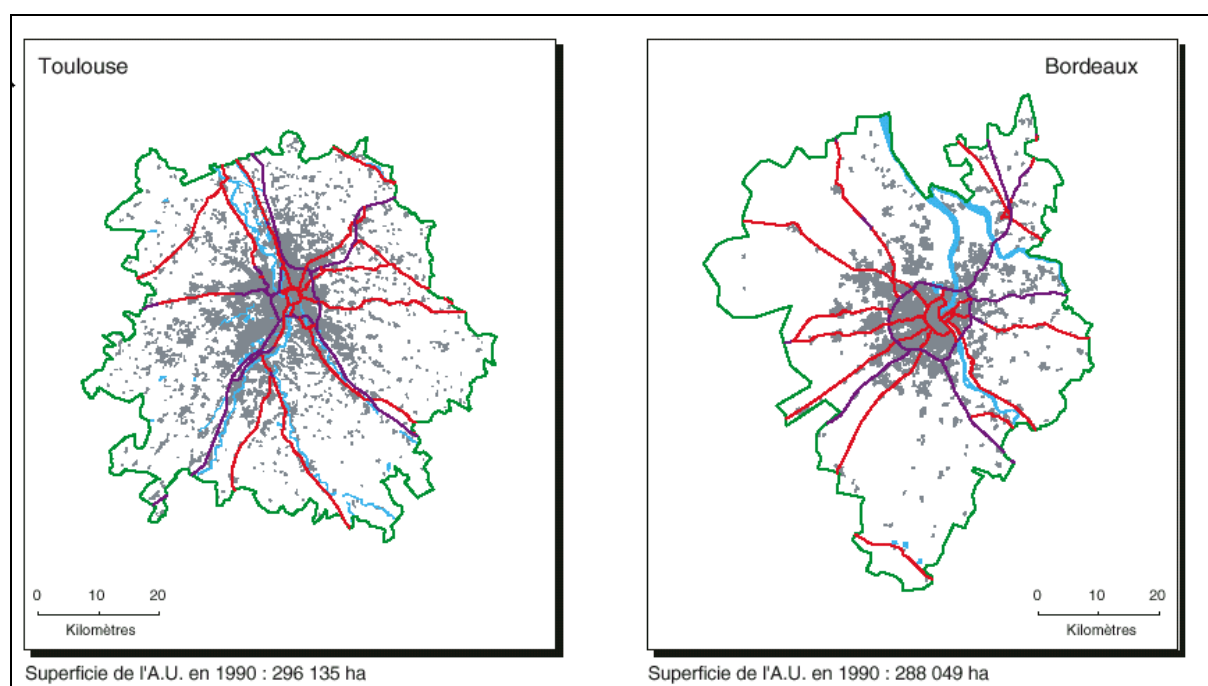
La mobilisation des données décrivant les contours et la population du territoire observé est un préalable indispensable à l'analyse, en particulier dans le cas d'une analyse comparative entre plusieurs sites.

Ces données peuvent être représentées de façon simplifiée sous forme de tableaux, de graphes et de cartes. Pour mieux comprendre le fonctionnement des territoires, comme par exemple l'extension des zones d'influence des pôles urbains, il est souhaitable de présenter différentes cartes du territoire étudié avec ses principaux axes de circulation (réseau routier, ferroviaire), ses voies naturelles (fleuves, vallées), la forme de la tache urbaine (ou espace urbanisé)...

Les exemples fournis ci-après montrent le type de cartographie, de graphiques et de tableaux qu'il est possible d'utiliser.

Exemple 1 : Présentation des sites expérimentaux des agglomérations de Toulouse et Bordeaux

Principaux réseaux routiers, tache urbaine* et voies fluviales.



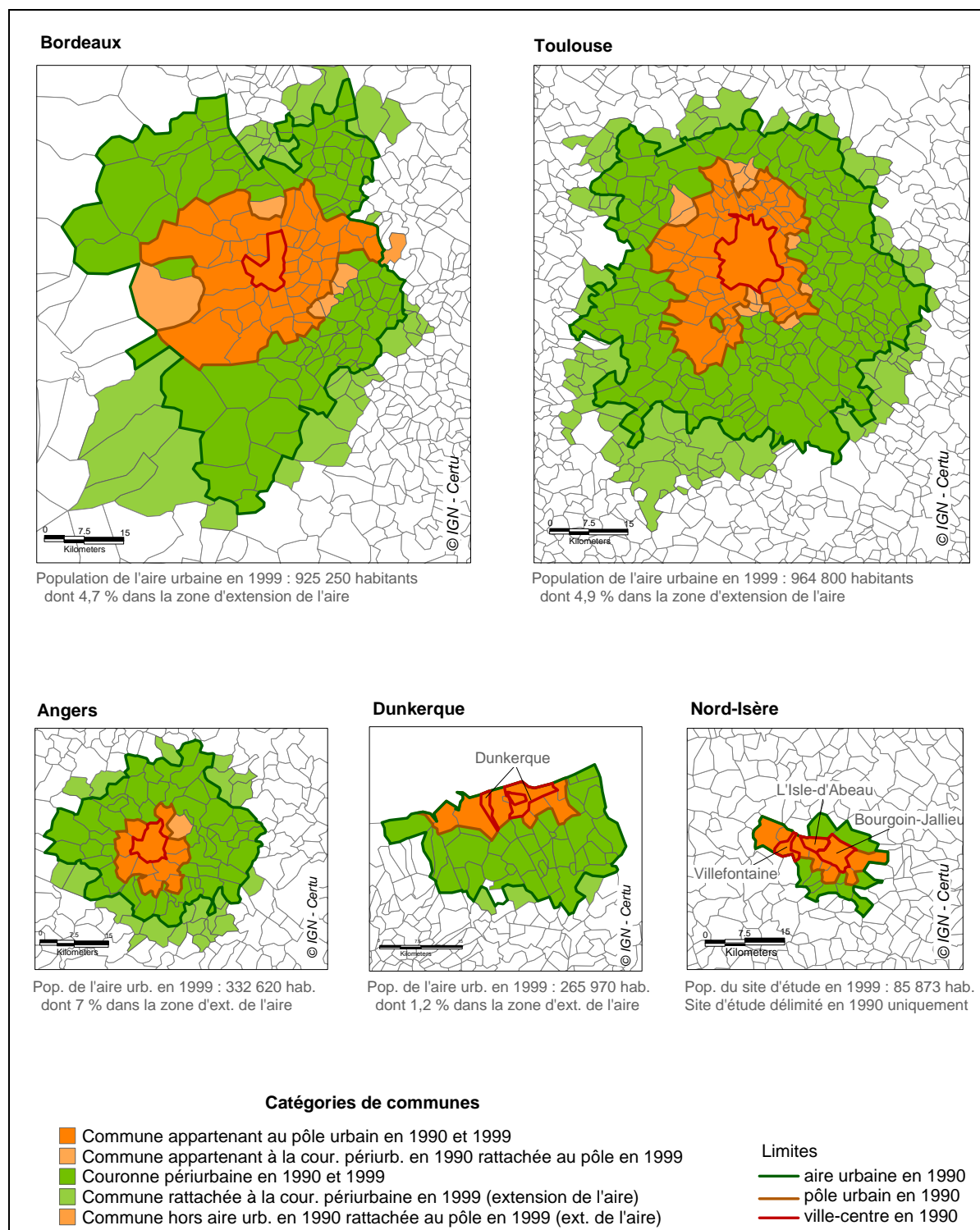
Programme ACTEUR
Source : IGN Géofla Bd Carto ©, Michelin

Cartes extraites du document « Dynamiques territoriales :
Etude comparative de 6 aires urbaines » - AURA, CETE de
l'Ouest, CERTU - Avril 2002

*La tache urbaine désigne l'espace occupé par une urbanisation, quelle qu'en soit sa vocation : résidentielle, activité économique, infrastructure de transport...

Exemple 2 : Présentation des 5 sites expérimentaux du programme Acteur

Territoires et population



Programme Acteur
Source Insee

NOTA : La délimitation des aires urbaines en 1999 n'était pas disponible à la date du lancement des travaux d'expérimentation des indicateurs. Aussi, les territoires d'étude ont-ils été observés dans leurs limites en 1990. A titre d'information, l'extension des aires urbaines au cours de la dernière période intercensitaire a été portée sur les cartes, à la fois géographiquement et en terme de population. Pour les quatre aires urbaines, le gain sur les communes voisines contribue à moins de 10 % de leur croissance au cours de la période 1990-1999 (1,2 % pour Dunkerque, 7 % pour Angers).

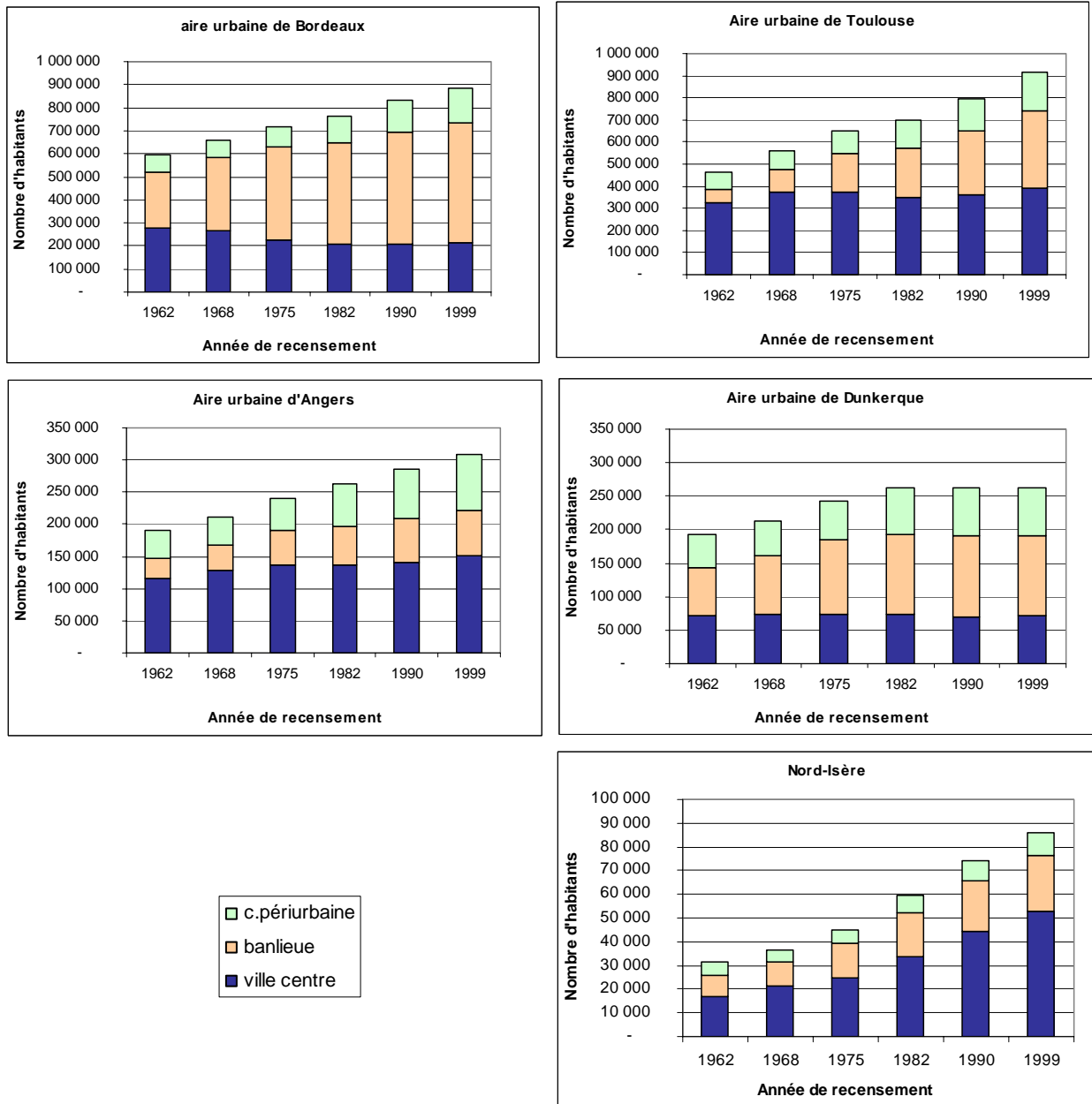
Données de cadrage (dans les limites des aires de 1990)

Sites	Type de zone	Nombre de communes	Surface en km ²	Population 1999	Taux d'évolution de la population 1990-1999 (%)
Bordeaux	Pôle urbain	44	861,9	735 337	5,6
	<i>Ville centre</i>	1	49,4	215 363	2,4
	<i>Banlieue</i>	43	812,5	519 974	7,0
	C. péri-urbaine	105	2 010,0	146 819	9,5
	Ensemble de l'aire urbaine	149	2 871,8	882 156	6,2
Toulouse	Pôle urbain	58	712,9	741 120	14,0
	<i>Ville centre</i>	1	118,3	390 350	8,8
	<i>Banlieue</i>	57	594,6	350 770	20,3
	C. péri-urbaine	197	2 238,0	176 192	19,8
	Ensemble de l'aire urbaine	255	2 950,8	917 312	15,0
Angers	Pôle urbain	11	205,7	222 290	6,7
	<i>Ville centre</i>	1	42,7	151 279	7,0
	<i>Banlieue</i>	10	163,0	71 011	6,2
	C. péri-urbaine	55	900,8	87 082	11,6
	Ensemble de l'aire urbaine	66	1 106,4	309 372	8,1
Dunkerque	Pôle urbain	11	167,1	191 173	0,2
	<i>Ville centre</i>	1	37,3	70 850	0,7
	<i>Banlieue</i>	10	129,7	120 323	-0,2
	C. péri-urbaine	43	562,5	72 018	0,7
	Ensemble de l'aire urbaine	54	729,6	263 191	0,3
Nord-Isère*	Pôle urbain	11	128,2	76 635	16,4
	<i>Ville centre</i>	3	45,1	52 747	19,6
	<i>Banlieue</i>	8	83,1	23 888	10,0
	C. péri-urbaine	10	104,2	9 238	14,2
	Ensemble de l'aire urbaine	21	232,4	85 873	16,2

Source : Insee - RP 99

* Le site Nord-Isère ne correspond pas à une aire urbaine au sens de l'Insee (voir annexe A1 page 74)

Exemple 3 : Présentation de l'évolution de la population (1962-1999) sur les 5 sites expérimentaux du programme Acteur (voir annexe A2.1 page 75)



Source : Insee – Recensements de la population

Note de lecture : Ces graphiques permettent d'observer les tendances d'évolution sur longue période et de montrer les différences de répartition de la population entre les sous-espaces de chaque aire.

Depuis les années 60, c'est en général la banlieue qui a enregistré la plus forte croissance, la ville centre restant relativement stable. Le site Nord-Isère connaît une évolution différente liée à sa situation spécifique, en particulier du fait de la présence de la ville nouvelle de l'Isle d'Abeau.

3. Densités locales

3.1 Densité brute de population - Exploitation communale (I3_004)

3.1.1 Présentation et apports de l'indicateur

L'indicateur I3_004 est considéré comme l'indicateur le plus classique de la question portant sur *la densification et la dédensification*. Il permet de mesurer la densité moyenne de population sur l'ensemble du territoire administratif d'une commune. Pour le calcul, on suppose que les habitants sont répartis uniformément sur le territoire puisque l'on rapporte la population de la zone observée à la surface totale. Son intérêt réside avant tout dans une approche assez large du territoire, comme celle de l'aire urbaine par exemple, voire du département ou de la région.

Cet indicateur doit être utilisé avec précaution pour des comparaisons entre agglomérations ou entre communes d'une même agglomération. Il ne faut pas lui faire dire n'importe quoi en oubliant son mode de construction. L'interprétation de cet indicateur dépend de l'échelle d'observation.

En effet, la densité brute dépendant de la population et de la surface administrative, certains espaces peuvent présenter de faibles densités parce qu'une importante partie de leur territoire n'est pas ou peu construite tout en comportant des quartiers très denses. Les comparaisons de densité entre communes sont souvent délicates. C'est le cas, notamment pour les communes périurbaines. Pour affiner les résultats, il faut se reporter à l'indicateur I1_011 ou indicateur de densité nette, qui rapporte la population communale à la surface urbanisée, c'est à dire bâtie (voir annexe A2.2 page 76)

Par ailleurs, il faut garder à l'esprit que la taille des surfaces observées a un impact important sur les résultats. Par exemple, les villes centres de Toulouse et de Bordeaux n'ont pas du tout la même étendue et il est délicat de comparer leur densité. Leur statut de ville centre n'est pas comparable.

Rappelons enfin que le suivi de cet indicateur est insuffisant pour conclure à un phénomène local de densification ou de dédensification sur un territoire. En effet, une augmentation de la population sur un territoire donné se traduit par une hausse de la densité brute. Et pourtant, si l'espace urbanisé augmente, la densité nette au sein de cet espace peut diminuer.

Si l'évolution des densités brutes ne permet pas de connaître l'évolution de l'usage du sol urbain, elle apporte toutefois des indications utiles sur l'évolution des populations et leur répartition, sur la mutation de certains espaces.

3.1.2 Sources et données utilisées (I3_004)

La source mobilisée pour le calcul de cet indicateur est le Recensement de la Population de 1999, à travers ses bases de données communales.

Pour la réalisation des cartes, on utilise les fonds communaux de l'IGN, soit IGN-Géofla.

Les données retenues pour le calcul de l'indicateur I3_004 sont les suivantes :

- PSDC** : population sans doubles comptes,
- SUPERF** : superficie en hectares

3.1.3 Calcul de l'indicateur (I3_004)

L'indicateur I3_004 est le quotient du nombre total d'habitants de la zone observée sur la superficie totale de cette zone. Pour une zone d'étude donnée z , il s'obtient par la formule suivante :

$$\text{DENS}(z) = \frac{\text{PSDC}(z)}{\text{SUPERF}(z)} \quad \text{où : } \text{PSCDC}(z) \text{ est la population sans doubles comptes de la zone } z, \\ \text{SUPERF}(z) \text{ est la superficie de la zone } z.$$

L'indicateur peut-être calculé sur les zones d'observation suivantes :

- ⇒ chaque ville centre,
- ⇒ le pôle urbain,
- ⇒ chaque commune,
- ⇒ l'aire urbaine.

Remarques : Ce mode de calcul, consistant à sommer la population et la superficie d'une zone avant d'effectuer le ratio revient à calculer la densité moyenne sur cette zone. L'inconvénient est que la population se trouve alors artificiellement dispersée sur la totalité d'un territoire vaste et souvent très inégalement peuplé.

Pour des zones où les densités sont très hétérogènes, comme les banlieues et les couronnes périurbaines, la moyenne des densités brutes des communes d'une zone peut être préférée à la densité moyenne de la zone (voir le § Extensions possibles)

3.1.4 Exemples de mise en oeuvre

Un tableau de synthèse présente la densité moyenne par type de zone dans chaque aire urbaine des cinq sites de test en 1999. Un histogramme permet d'en visualiser rapidement les résultats.

Les cartes communales permettent de repérer les communes où les densités sont les plus fortes sur les cinq sites de test.

3.1.4.1 Tableau de synthèse T3_004

T3_004 : Densité brute de population en 1999 dans les 5 aires urbaines de test (zonage 1990)

	Type de zone	Aires urbaines				
		Bordeaux	Toulouse	Angers	Dunkerque	Nord-Isère*
Surface (en ha)	Pôle urbain	86 185	71 285	20 566	16 708	12 817
	Ville-centre	4 936	11 830	4 270	3 734	4 511
	Banlieue	81 249	59 455	16 296	12 974	8 306
	C. périurbaine	200 996	223 799	90 076	56 250	10 424
	Aire urbaine	287 181	295 084	110 642	72 958	23 241
Densité moyenne en 1999 (nombre d'habitants à l'hectare)	Pôle urbain	8,5	10,4	10,8	11,4	6,0
	Ville-centre	43,6	33,0	35,4	19,0	11,7
	Banlieue	6,4	5,9	4,4	9,3	2,9
	C. périurbaine	0,7	0,8	1,0	1,3	0,9
	Aire urbaine	3,1	3,1	2,8	3,6	3,7

*Le site Nord-Isère ne correspond pas à une aire urbaine au sens de l'INSEE (voir annexe A1 page 74) Source : INSEE RP

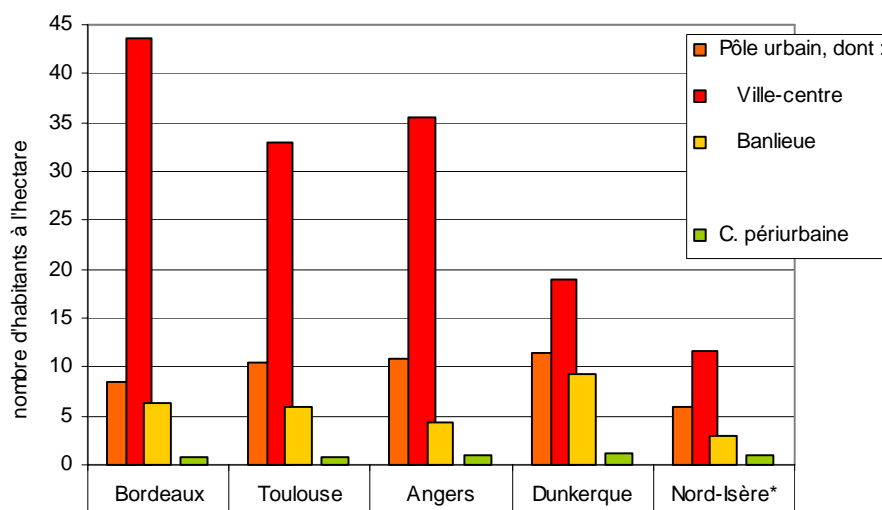
Note de lecture : Les valeurs des densités brutes en couronne périurbaine sont extrêmement faibles en raison de la faiblesse de la surface urbanisée des communes rurales.

Dunkerque et le Nord-Isère sont les deux sites les plus denses si l'on se réfère à l'ensemble de l'aire urbaine. Et cela reste encore vrai pour Dunkerque dans sa banlieue et sa couronne périurbaine.

La comparaison des résultats de l'aire de Bordeaux et de l'aire de Toulouse conduit à souligner l'importance de la taille des surfaces observées : en effet, alors que les densités des pôles urbains de ces deux aires sont assez proches, celles des villes centres sont très différentes. De fait, la surface de la ville de Toulouse est plus du double de celle de Bordeaux et la partie de la commune la moins centrale a une densité qui se rapproche de celles des communes de banlieue.

3.1.4.2 Graphique G3_004

G3_004 : Densité brute moyenne en 1999 dans les sous-espaces des 5 aires urbaines de test



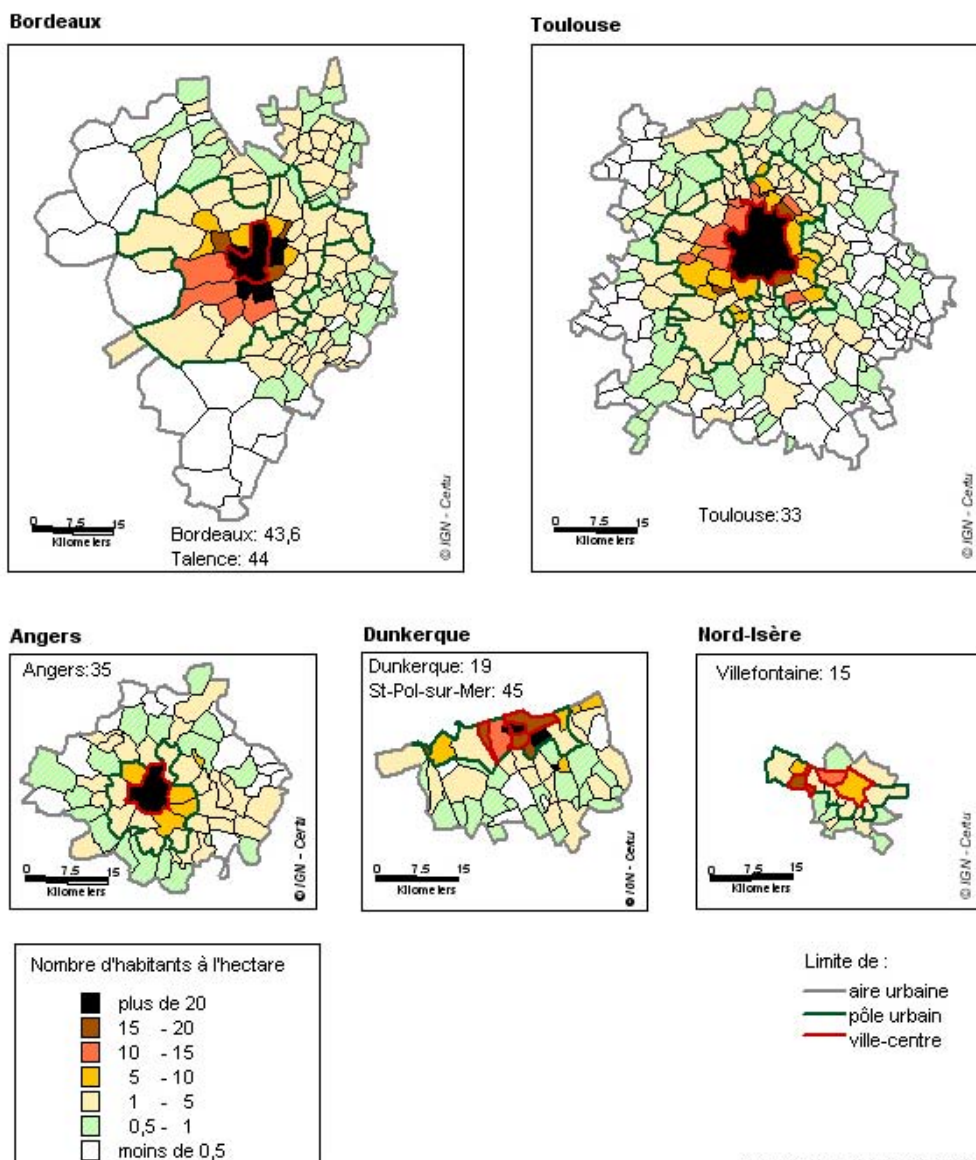
Source : INSEE-RP

Note de lecture : Parmi les 5 aires de test, Dunkerque est la plus équilibrée en terme de densité, avec une ville centre peu dense et une banlieue plus dense que dans les 4 autres aires.

3.1.4.3 Carte C3_004 : exploitation communale

Densité brute de population en 1999

Zonage en aire urbaine 1990



Programme ACTEUR, Indicateur I3_004

Source : INSEE-RP - GEOFLA (R)

Note de lecture : En dehors des pôles urbains, les densités sont souvent très faibles et les communes les plus denses se trouvent fréquemment situées à proximité des grands axes de circulation. L'approche communale permet de mettre en évidence d'importantes disparités à l'intérieur même des pôles urbains.

3.1.5 Extensions possibles

- La rétopolation des données, ou calcul à la date des recensements précédents, se fait à périmètre constant et permet de connaître l'état de la densité aux différentes dates étudiées.
- Il est tout à fait possible de calculer une densité humaine (habitants + emplois) à l'échelon communal, voire une densité de jour (habitants + solde des emplois tenus par des étrangers à la commune). Cela peut permettre de repérer les communes dotoirs et les communes où la densité varie fortement entre les heures de travail et le reste de la journée.
 - L'inconvénient d'un calcul classique de densité est lié au découpage communal lui-même ; c'est un découpage a priori, sur lequel les données de population sont agrégées. La représentation cartographique est souvent faussée, la continuité du bâti étant indépen-

dante des limites administratives. L'estimation de la densité par la méthode du noyau permet de réaliser un lissage cartographique sur un territoire supracommunal en s'affranchissant de ces limites. Des exemples sont présentés en annexe A2.4, page 87.

Cas d'une zone à densités communales très hétérogènes

Pour des zones où les densités sont très hétérogènes, comme les banlieues et les couronnes périurbaines, la **moyenne des densités brutes des communes** d'une zone peut être préférée à la densité moyenne de la zone. Ce mode de calcul permet de mieux respecter la localisation des populations et d'appréhender les différences d'occupation de l'espace au sein de zones très peu homogènes. Mais cette appréciation reste toutefois sommaire au regard de la surface communale réellement occupée par la population.

Pour mieux apprécier cette moyenne de densités, on peut la compléter en étudiant la dispersion autour de cette valeur : la médiane et l'intervalle inter-déciles, très simples à calculer, peuvent être utilisés.

Mode de calcul des variables de dispersion. Les communes sont d'abord classées par ordre croissant de la densité brute de population. La médiane est alors la valeur de la densité qui partage le nombre de communes en deux effectifs égaux : 50 % des communes présentent une densité inférieure à la valeur médiane et 50 % une densité supérieure.

Pour les déciles, la définition est analogue à celle de la médiane : ainsi, le premier décile correspond à la valeur de la densité telle que 10 % des communes ont une densité inférieure à cette valeur et le neuvième décile telle que 90 % des communes présentent une densité inférieure à la valeur du neuvième décile. L'intervalle inter-décile regroupe donc 80 % des communes présentant une densité comprise entre le premier et le neuvième décile, c'est-à-dire excluant les extrêmes.

Exemple : Moyenne des densités brutes de population en 1999 dans les 5 aires urbaines de test

(zonage 1990)

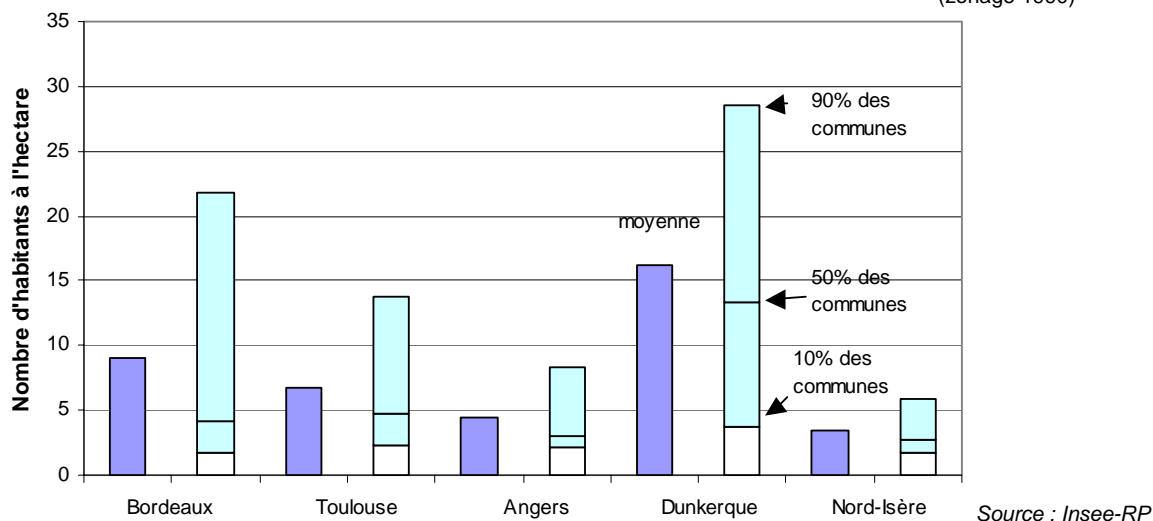
	Type de zone	Aires urbaines				
		Bordeaux	Toulouse	Angers	Dunkerque	Nord-Isère(*)
Surface (ha)	Banlieue	81 249	59 455	16 296	12 974	8 306
	C. périurbaine	200 996	223 799	90 076	56 250	10 424
Moyenne des densités (hab./ha)	Banlieue	9,1	6,7	4,5	16,3	3,5
	C. périurbaine	1,3	0,8	1,2	2,0	1,0
Valeur médiane (hab./ha)	Banlieue	4,1	4,7	3,0	13,3	2,7
	C. périurbaine	1,0	0,5	0,9	0,9	0,7
D1 : 1 ^{er} décile (hab./ha)	Banlieue	1,8	2,3	2,1	3,7	1,7
	C. périurbaine	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6
D9 : 9 ^{me} décile (hab./ha)	Banlieue	21,8	13,8	8,3	28,6	5,9
	C. périurbaine	2,27	1,73	2,01	2,48	1,3
D9-D1 : intervalle inter-décile	Banlieue	20,0	11,6	6,2	24,9	4,2
	C. périurbaine	2,1	1,5	1,6	2,0	0,8

Source : Insee - RP

*Le site Nord-Isère ne correspond pas à une aire urbaine au sens de l'INSEE (voir annexe A1 page 74)

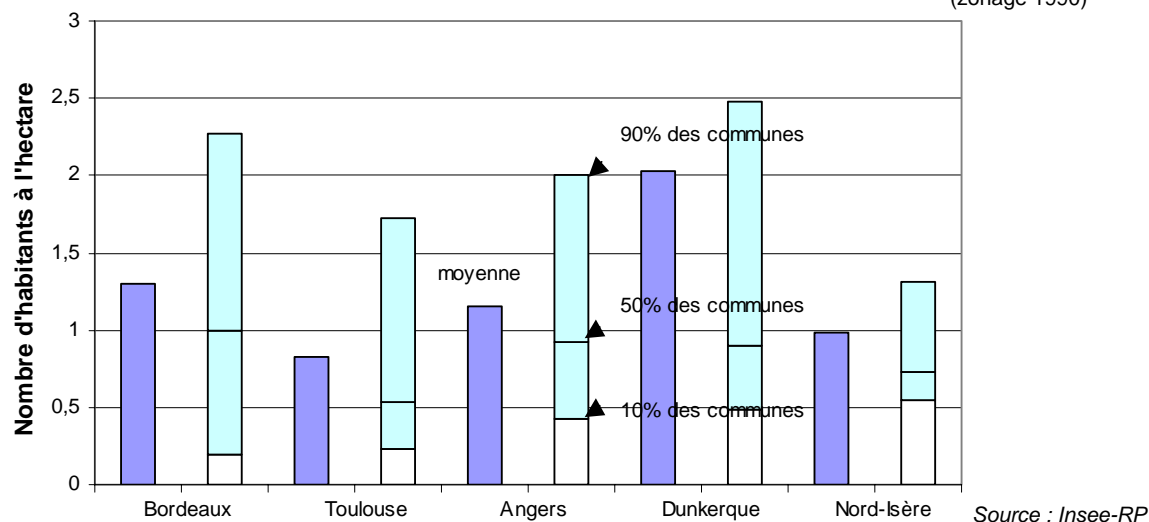
Les histogrammes empilés représentant les variables de dispersion (médiane, premier et neuvième déciles) dans les banlieues et les couronnes périurbaines des sites observés permettent de visualiser rapidement les résultats.

Comparaison des densités brutes en 1999 dans les banlieues des aires de test : moyenne, médiane et déciles
(zonage 1990)



Note de lecture : Dans notre exemple, on remarque la forte dispersion de densité dans les banlieues de Dunkerque et de Bordeaux, les densités étant plus faibles dans la banlieue Bordelaise (valeur de la médiane inférieure à 5 habitants/ha). La valeur de la médiane n'est pas influencée par les valeurs extrêmes. Les observations interviennent par leur ordre et non par leur valeur. Ainsi, les différences importantes entre moyenne et médiane sur les aires de Bordeaux et Dunkerque s'expliquent par la présence de quelques communes où la densité est très élevée.

Comparaison des densités brutes en 1999 dans les couronnes périurb. des aires de test : moyenne, médiane et déciles
(zonage 1990)



Note de lecture : Les densités des communes de la couronne périurbaine de Toulouse sont plus faibles qu'ailleurs : 50% des communes ont un densité inférieure à 0,5 habitant à l'hectare. La moyenne des densités des communes de la couronne périurbaine de l'aire de Dunkerque est plus élevée du fait de quelques communes où la densité est supérieure à 2 habitants à l'hectare. Par contre les médianes de l'aire d'Angers et de Dunkerque sont équivalentes.

3.1.6 Limites et précautions d'utilisation

- Le calcul de la densité brute consiste à rapporter une population à la surface administrative du territoire qu'elle occupe. Or les surfaces bâties sont très différentes d'une commune à l'autre (de quelques % à 100 %), rendant les comparaisons délicates, en particulier entre les communes de l'unité urbaine et celles des couronnes périurbaines.
- Par ailleurs, la lecture des cartes nécessite une bonne connaissance du terrain dans la mesure où la présence d'équipements divers (bureaux, hôpitaux, grands commerces, bâtiments publics, jardins...) peut faire varier considérablement les densités.
- Il est difficile de porter un jugement sur la valeur d'une densité dans la mesure où nous n'avons pas de norme. Une même densité peut d'ailleurs correspondre à des formes urbaines différentes. Certes, il est possible de comparer les agglomérations entre elles ou les quartiers d'une ville entre eux, mais nous ne savons pas conclure, en terme de qualité de vie, quelle densité est préférable.

3.2 Densité brute de population - Exploitation infracommunale (16_014)

3.2.1 Présentation et apports de l'indicateur

Pour connaître la densité de population à l'échelle infracommunale, il est possible pour les communes les plus urbanisées, d'utiliser les données de population à l'îlot de l'Insee, qui sont disponibles seulement pour les communes de plus de 10 000 habitants. Toutefois, en l'absence de données à l'îlot, cet indicateur peut être produit à partir des IRIS (îlots regroupés pour l'information statistique).

En effet, les indicateurs les plus classiques, basés sur l'étude des densités communales, ne sont pas vraiment satisfaisants car la population est répartie de manière uniforme sur l'ensemble de la commune. Les limites communales créent des ruptures artificielles dans un phénomène dont la réalité est bien souvent plus continue. Pour contourner cet obstacle, il est possible de travailler sur des mailles d'observation plus fines permettant de visualiser la situation de façon plus réaliste. Le découpage à l'îlot de l'INSEE offre un niveau de finesse en correspondance avec la question posée et permet d'identifier des zones de densité homogène.

Cependant, du point de vue de la perception de ses habitants, la densité d'un îlot est indissociable de celle de ses voisins. Une vaste zone ne comportant qu'une tour très isolée, par exemple, ne sera pas perçue comme aussi dense que la même zone composée d'îlots occupés par des ensembles d'immeubles plus bas. C'est pourquoi, il s'avère intéressant d'aller au-delà d'un calcul traditionnel de la densité par îlot (population / surface) et de réaliser un lissage cartographique. La méthode « du noyau » testée ici, vise à affecter à chaque maille d'une grille "plaquée" sur le découpage en îlots, une densité calculée à partir des données de population des îlots environnants.

Cet indicateur est un bon outil pour connaître la ville et peut être utilisé pour alimenter la réflexion sur les potentialités de densification de certaines zones, et, notamment, en relation avec l'organisation des transports en commun.

3.2.2 Données et sources utilisées

La source à mobiliser pour le calcul de cet indicateur est le recensement de la population. On utilise les bases de données à l'îlot. Pour la réalisation des cartes, les fonds utilisés sont les contours numérisés des îlots : Contours Ilots® 99 (Insee).

Les données retenues pour le calcul de l'indicateur sont les suivantes :

- **PSDC** : population sans doubles comptes,
- **SUPERF** : superficie en hectares.

Remarque : dans les exemples présentés ci-dessous, c'est la variable "population totale" dont nous disposons au moment de l'expérimentation et non la "population sans doubles comptes" qui a été utilisée.

3.2.3 Calcul de l'indicateur

3.2.3.1 Calcul de la densité de chaque îlot

Pour une année donnée, la densité d'un îlot est le rapport entre sa population et sa surface :

$$\text{DENSITE} = \text{PSDC}/\text{SUPERF}$$

L'indicateur peut être calculé sur chaque îlot, mais aussi sur un regroupement d'îlots. Dans notre exemple, il a été calculé sur la ville centre, en distinguant hypercentre⁶ et reste de la ville centre.

Remarques liées à la représentation cartographique de l'indicateur

Les cartes résultant de la représentation de cet indicateur sont difficiles à analyser pour plusieurs raisons. Elles mettent en évidence des épiphénomènes, en faisant apparaître des îlots isolés qui peuvent ne pas avoir d'impact important sur le quartier

⁶ L'hypercentre est défini dans les enquêtes ménages déplacements (CERTU) comme la zone centrale la plus dense de la commune.

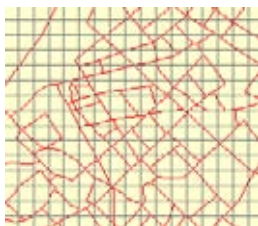
où ils se trouvent. Elles font également apparaître des zones à faible densité qui peuvent contribuer à atténuer d'éventuelles fortes densités environnantes.

Pour résoudre ces différents problèmes, nous proposons d'effectuer un lissage des données (« nettoyage » de la mosaïque), en calculant une nouvelle variable qui tient compte de l'environnement de chaque îlot. Cette nouvelle variable est obtenue en plaquant une grille sur le découpage en îlots et en affectant à chaque maille la moyenne des populations des îlots pondérées par la distance de la maille à ces îlots.

3.2.3.2 Lissage de la densité par la méthode « du noyau » (pour la cartographie uniquement)

Principe de la méthode

Le lissage consiste à simplifier la lecture d'une carte en créant des zones plus homogènes. Pour cela, on applique une grille à mailles régulières sur le territoire d'étude.



Sur chaque maille de la grille, on peut alors estimer la densité d'une variable de type dénombrement (nombre d'habitants, nombre de logements, etc...) portée par les îlots en répartissant cette variable en fonction de la distance de la maille au centre des îlots.

De ce fait, une zone entourée de zones de forte densité, verra sa densité renforcée par ce calcul (remplissage des vides). A l'inverse, une zone isolée à forte densité n'apparaîtra que si cette densité est beaucoup plus importante que celle de ses voisins (élimination des épiphénomènes). Le calcul permet ainsi de faire apparaître *des continuités de tendance* dans l'espace.

Mode de calcul

Dans un premier temps, on applique une grille d'un pas inférieur au rayon du plus petit îlot de la zone. Le lissage est appliqué à la variable **population** portée par les centres d'îlots, en utilisant une fonction qui répartit cette population sur l'ensemble des mailles de la grille du territoire observé selon la distance à l'îlot. Plus une maille est éloignée du centre d'un îlot, moins elle recevra de population de la part de cet îlot.

Sur chaque maille j de la grille, on réalise le calcul suivant :

$$Densité_estimée(mailles_j) = \sum_{i=1}^{n_ilot} Population(ilot_i) \times k\left(\frac{d_{ij}}{\lambda}\right) \quad \text{où}$$

- λ est la taille de la fenêtre de lissage, qui correspond au degré d'aplatissement de la fonction de répartition ; on retient une fenêtre de lissage λ supérieure au rayon moyen d'un îlot ;
- d_{ij} est la distance entre l'îlot i et la maille j (centres de l'îlot et de la maille) ;
- n_ilots est le nombre total d'îlots du territoire étudié ;
- $k(d_{ij}/\lambda)$ est la fonction distance (ou fonction noyau).

$$\text{Nous avons choisi un noyau gaussien : } k(x) = \frac{e^{-x^2}}{2 \times \pi \times \lambda^2} \quad (\text{avec } x=d_{ij}/\lambda)$$

Pour conserver la population totale du territoire étudié, on pondère ensuite le résultat en multipliant la valeur de chaque maille par :

$$\frac{\sum_{ilots} Population_{ilots}}{\sum_{maille} Densités_estimée_{maille}}$$

Remarques :

- Pour pouvoir appliquer la méthode en toute rigueur, il faudrait disposer de la localisation (X, Y) de chaque individu. Or dans notre cas, les données disponibles sont déjà regroupées par îlots comme dans des classes établies au préalable. La méthode n'est donc pas appliquée de manière rigoureuse.
- Par ailleurs, en limite du périmètre d'étude, les valeurs lissées sont faussées par l'absence de données à l'extérieur du périmètre : les données sont « moins lissées ». Il convient donc de signaler ce phénomène ou de réduire le périmètre visualisé lors de la cartographie pour exclure ces zones de l'affichage.

Pour en savoir plus sur la méthode, voir l'annexe A2.3 page 79. En complément au présent dossier, une note méthodologique, « L'estimation de la densité par la méthode du noyau », présente d'autres techniques de mise en œuvre de la méthode. Elle est disponible sur le site de l'Observation urbaine.

3.2.4 Exemple de mise en œuvre

Dans notre exemple d'utilisation, la ville centre est découpée en deux zones : l'hypercentre et le reste de la ville centre. Ces découpages, issus des enquêtes ménages déplacements⁷, apportent des informations à des niveaux géographiques différents de ceux, plus traditionnels, de l'Insee. L'hypercentre y est défini localement comme la zone centrale la plus dense de la commune.

Un tableau de synthèse et un graphique permettent de visualiser rapidement les résultats. Deux cartes sont présentées, l'une à partir de la variable brute, l'autre à partir de la variable lissée.

Remarque : lorsqu'on travaille sur les données, il faut utiliser les **données non lissées** : le lissage a un objectif purement cartographique.

3.2.4.1 Tableau de synthèse T6_014

T6_014 - Densité moyenne de population dans les 3 villes centres de test (découpage en îlots 1999)

Ville centre (VC)	Type de zone	Nombre d'îlots	Population		Surface totale (en ha)	Densité moyenne (hab./ha)	
			1990	1999		1990	1999
Angers	Hypercentre	264	37 331	41 465	433,9	86,1	95,6
	VC hors hyperc.	515	103 495	109 758	3 992,8	25,9	27,5
	Total ville centre	779	140 826	151 223	4 426,7	31,8	34,2
Bordeaux	Hypercentre	422	32 474	32 512	330,2	98,4	98,5
	VC hors hyperc	1 589	179 541	184 524	4 638,4	38,7	39,8
	Total ville centre	2 011	212 015	217 036	4 968,6	42,7	43,7
Toulouse	Hypercentre	410	58 348	65 230	372,7	156,6	175,0
	VC hors hyperc	2 276	291 265	329 167	9 798,4	29,7	33,6
	Total ville centre	2 686	349 613	394 397	10 171,1	34,4	38,8

Source : Insee - RP

Remarque : c'est la variable « population totale » et non pas la population dite « sans doubles comptes » (PSDC) qui a été utilisée ici, c'est pourquoi la somme sur le total de la ville diffère légèrement de la valeur communale. De même la surface totale des îlots diffère légèrement de la surface totale de la commune calculée avec BDCarto® car cette dernière est moins précise. C'est surtout le cas pour Toulouse où les îlots ne contiennent pas la voirie, ainsi leur surface totale est bien inférieure à la surface totale de la commune.

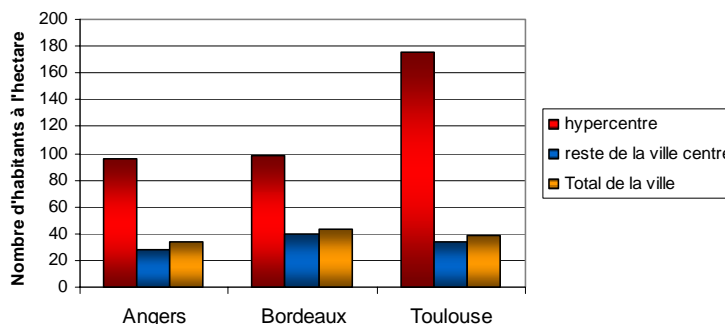
Rappel des résultats sur les trois villes centres de test (données communales)

Commune	PSDC		Surface de la commune (en ha)	Densité moyenne (hab./ha)	
	1990	1999		1990	1999
Angers	141 404	151 279	4 432	31,9	34,1
Bordeaux	210 336	215 363	4 934	42,6	43,6
Toulouse	358 688	390 350	11 890	30,2	32,8

3.2.4.2 Graphique G6_014

G6_014 – Densité brute de population

Note de lecture : La surface de la ville de Toulouse représente plus du double de celle de la ville de Bordeaux, aussi est-il intéressant de comparer les densités dans les hypercentres dont la surface est très proche. Toulouse apparaît beaucoup plus dense que Bordeaux sur cette zone centrale, ce qui est contraire à la conclusion que l'on peut tirer de l'observation de la densité sur la totalité de la ville centre.



Source : Insee - RP

⁷ Les enquêtes ménages déplacements (méthodologie Certu) sont réalisées dans une quarantaine de grandes agglomérations auprès d'un échantillon de ménages résidents et portant sur leurs déplacements quotidiens.

3.2.4.3 Cartes C6_014

Densités de population sur les villes centres en 1999

Variable brute et variable lissée

(découpage en îlots 1999)



Note de lecture : L'utilisation de cet indicateur à une échelle aussi fine donne une mosaïque dont l'interprétation est assez difficile. Il permet toutefois de délimiter des quartiers aux densités relativement homogènes. Pour simplifier la lecture, on a utilisé une méthode de lissage pour mettre en évidence les zones de forte ou faible densité, en utilisant une grille de maille 50m et un rayon de lissage λ égal à 250 m.

3.2.5 Extensions possibles

Les données infracommunales peuvent également être utiles pour réaliser un lissage cartographique sur un territoire supracommunal. En effet pour définir des territoires homogènes, il faut disposer de la donnée la plus fine possible (l'idéal est au bâtiment ou à l'adresse) et estimer la densité sur l'ensemble du territoire grâce à la méthode d'estimation de densité, par la méthode du noyau ou lissage KDE par exemple. On obtient alors un résultat continu sur le territoire (voir les exemples présentés en annexe A2.4 page 87)

3.2.6 Limites et précautions d'utilisation

3.2.6.1 Précautions liées au mode de calcul.

- L'utilisation d'indicateurs simples à une échelle très fine donne le plus souvent une vision *brouillée* qui ne permet pas de mettre en évidence les continuités de tendances dans l'espace. Il est donc impératif d'avoir recours à des données dites *lissées*, permettant d'appréhender plus globalement les phénomènes dans l'espace.
- Le mode de calcul retenu pour ce lissage n'est pas neutre dans la mise en évidence des phénomènes. Le point de vue de celui qui connaît le territoire étudié est essentiel pour évaluer les valeurs à affecter aux paramètres (notamment le rayon de lissage) et la fiabilité des résultats. Les tests réalisés doivent donc être validés par les structures locales ayant une bonne connaissance du terrain.
- L'indicateur proposé par le Certu permet de pointer les zones à étudier de façon plus approfondie. Cependant, une fois les cartes produites, il convient de faire une analyse au cas par cas des phénomènes observés, afin de fixer la valeur des paramètres et d'éliminer les zones qui seraient faussement mises en évidence par le lissage. A l'inverse, il faut s'assurer que ce mode de calcul identifie bien toutes les zones qui méritent de l'être.

3.2.6.2 Précautions d'usage et d'interprétation

Pour la cartographie, l'interprétation des résultats obtenus par la méthode de lissage est aisée. En effet, les valeurs calculées sont directement interprétables car le mode de calcul fournit une densité moyenne, que l'on peut évaluer sur la même échelle de référence que les valeurs d'origine.

Il convient toutefois de ne pas confondre cette valeur d'origine avec la densité d'environnement calculée. Il s'agit également de ne pas utiliser la valeur calculée autrement que de manière visuelle, ni de la superposer avec d'autres couches plus précises.

3.3 Densité nette de population (I1_011)

3.3.1 Présentation et apports de l'indicateur

Si le calcul de la densité brute apporte des éléments intéressants pour comparer différentes zones entre elles, il fausse néanmoins la réalité « vécue » car il ne tient pas compte des surfaces habitées. Aussi est-il difficile de comparer les densités brutes entre les centres d'agglomération et les zones périurbaines où le pourcentage de surface habitée peut être très faible par rapport à la surface administrative. Pour pallier à cet inconvénient, il est possible d'affiner l'indicateur en essayant de rapporter la population d'une zone à la surface habitée de la zone.

La difficulté essentielle réside dans la définition de la surface habitée. Dans l'idéal, la surface habitée serait la somme des surfaces de chaque zone d'habitation, ce qui nécessite une cartographie précise de l'occupation du sol et sa mise à jour régulière. Dans la réalité, si on utilise des bases de données d'occupation des sols, l'expérimentation montre que la notion de surface habitée diffère sensiblement d'une base de données à une autre.

Par ailleurs, le mode de calcul de l'indicateur, rapport de la population d'une zone à la surface habitée de la zone, conduit à traiter de la même manière l'habitat dispersé ou groupé, même s'il est possible de connaître la dispersion des surfaces habitées au sein de l'espace communal. Ainsi, une même densité nette pourra correspondre à un habitat dispersé ou groupé ce qui pourtant correspond à une perception assez différente de la densité. On rejoint en cela la notion de formes urbaines.⁸

Cet indicateur permet de localiser précisément les quartiers très denses, de montrer les disparités de peuplement, d'aider à déterminer les éventuelles zones à densifier mais aussi à organiser au mieux la desserte en transport. Il peut être utilisé pour des comparaisons entre agglomérations, entre communes au sein d'une même agglomération et, avec précaution, en zone périurbaine.

3.3.2 Données et sources utilisées

Les données retenues pour le calcul de l'indicateur sont essentiellement de nature démographique et géographique. Les chiffres de population utilisés à l'échelon communal proviennent des recensements de la population de 1990 et 1999 (dénombrements). Le découpage communal est issu de la BDCarto® 1999 d'IGN - Table « Communes ».

3.3.2.1 Données démographiques

Les variables utilisées pour le calcul de l'indicateur sont les suivantes :

PSDC90 : population sans doubles comptes en 1990

PSDC99 : population sans doubles comptes en 1999

3.3.2.2 Données géographiques

La notion de « bâti » diffère selon les sources employées, c'est-à-dire les bases de données d'occupation des sols⁹ et influe sur le calcul de la surface habitée. On peut se référer à l'annexe A2.2, page 76, pour les définitions précises des différentes notions géographiques, surface, « surface bâtie » ou « surface habitée », et pour le calcul de la surface urbanisée à partir de la BDTopo®. Celle-ci n'est pas à proprement parler une couche d'occupation des sols car chaque bâtiment est pris en compte.

Chaque source donne lieu à une définition spécifique de la « surface habitée » (**SURFhab**).

La BDCarto® : la surface « habitée » obtenue à partir de la couche « occupation des sols » de nature bâti correspond à une surface mixte activité-habitat hors zone industrielle de plus de 25 ha. Les petites surfaces de moins de 8 hectares étant exclues.

⁸ Voir le travail du CETE de Lyon : Densités et formes urbaines

⁹ Il a été demandé au CETE de Lyon une analyse comparative de 8 sources (BDCarto®, BDTopo®, Spot Théma®, GeoLands®, Istar®, GUS Land Use, Corine Land Cover®) selon leurs nomenclatures, unités de surfaces prises en compte, etc. Cette étude paraîtra fin mars 2005.

Spot Théma® : la surface « habitée » obtenue à partir du poste « espaces urbanisés », correspond à une surface mixte activité-habitat hors zone industrielle de plus de 4 hectares. Les petites surfaces de moins de 0,5 hectares étant exclues.

La BDTopo® : la surface « habitée » réalisée avec la BDTopo® correspond à une surface mixte activité-habitat hors bâtiments industriels ou commerciaux.

La surface « habitée » obtenue de cette manière permet une meilleure prise en compte du bâti en couronne périurbaine. La distinction entre le bâti habité ou non est également plus précise (sauf erreur d'interprétation).

3.3.3 Calcul de l'indicateur

Le mode de calcul de l'indicateur est indépendant de la source utilisée.

3.3.3.1 Calcul de la surface habitée de chaque commune

La surface habitée d'une commune (**SURFhab**) est la somme de toutes les surfaces habitées sur le territoire de la commune.

Exemple de syntaxe sous mapinfo à taper dans la fenêtre mapbasic: Add Column « commune »(surf_habite) From bati Set To proportion sum(Area(obj, « hectare »)) Where intersects Dynamic.

3.3.3.2 Calcul de l'indicateur

L'indicateur I1_011 est le quotient du nombre total d'habitants de la zone z observée sur la superficie habitée totale de cette zone.

La densité nette de population sur une zone z est donnée par la formule :

$$DensN(z) = \frac{PSDC(z)}{SURFhab(z)} \text{ où}$$

- **PSDC(z)** est la population sans doubles comptes de la zone z,
- **SURFhab(z)** est la surface habitée de la zone z

L'indicateur peut-être calculé sur les zones d'observation suivantes :

- | | |
|---|----------------|
| ⇒ commune | ⇒ pôle urbain |
| ⇒ ville centre | ⇒ banlieue |
| ⇒ couronne périurbaine (voir limites et précautions d'emploi) | ⇒ aire urbaine |

Remarque - Selon la date des données d'occupation des sols, la rétopolation ne peut se faire au-delà d'une certaine date. Dans notre cas, les couches d'occupation des sols datent des années 1990 ; les densités ne peuvent être calculées qu'en 1990 et en 1999.

3.3.4 Exemples de mise en oeuvre (I1_011)

Dans les exemples présentés ici, nous avons testé la BDCarto® 1994 puis, la BDTopo® 2000 et Spot Théma® 1999 en comparaison avec la BDCarto® 1994.

3.3.4.1 Mise en oeuvre avec la BDCarto® de l'IGN

Un tableau de synthèse présente les données de base qui sont nécessaires pour les comparaisons entre les trois bases d'occupation des sols.

Les densités moyennes brutes et nettes sont calculées dans les pôles urbains uniquement. En effet, les spécifications de BDCarto® ne permettent pas d'employer celle-ci lorsque l'habitat est dispersé comme cela peut être le cas en couronne périurbaine car les surfaces habitées, données par BDCarto en habitat diffus, sont largement sous-estimées, voir nulles dans certains cas. Certaines communes n'ont aucune surface habitée renseignée dans la BDCarto

T1_011.1 - Densité nette moyenne de population dans les 5 aires urbaines de test (unité : habitants à l'hectare)
(zonage 1990)

Aire Urbaine	Type de zone	Nombre de communes		Surface habitée	% habité de la zone	Densité moyenne en 1999	
		total	significatif*			brute	nette
Bordeaux	Pôle Urbain	44	44	17 734,3	20,5	8,5	41,5
	Ville Centre	1	1	2 682,7	54,4	43,6	80,3
	Banlieue	43	43	15051,6	18,5	6,4	34,5
	Total Aire	149	123	21 693,8	8,5	3,1	39,8
Toulouse	Pôle Urbain	58	58	18 467,9	25,8	10,4	40,1
	Ville Centre	1	1	6 220,5	52,5	33,0	62,7
	Banlieue	57	57	12 247,4	20,5	5,9	28,6
	Total Aire	255	209	24 597,5	9,5	3,1	36,7
Angers	Pôle Urbain	11	11	4 726,9	22,8	10,8	47,0
	Ville Centre	1	1	2 316,5	52,3	35,4	65,3
	Banlieue	10	10	2 410,4	14,8	4,4	29,5
	Total Aire	66	66	8 403,9	7,5	2,8	36,8
Dunkerque	Pôle Urbain	11	11	4 759,8	29,4	11,4	40,2
	Ville Centre	1	1	1 661,4	46,4	19,0	42,6
	Banlieue	10	10	3 098,4	24,6	9,3	38,8
	Total Aire	54	53	6 829,3	9,6	3,6	38,5
Nord-Isère**	Pôle Urbain	11	11	2 401,1	18,4	6,0	31,9
	Ville Centre	3	3	1 250,9	26,0	11,7	42,2
	Banlieue	8	8	1 150,2	13,9	2,9	20,8
	Total Aire	21	21	2 855,2	12,1	3,7	30,1

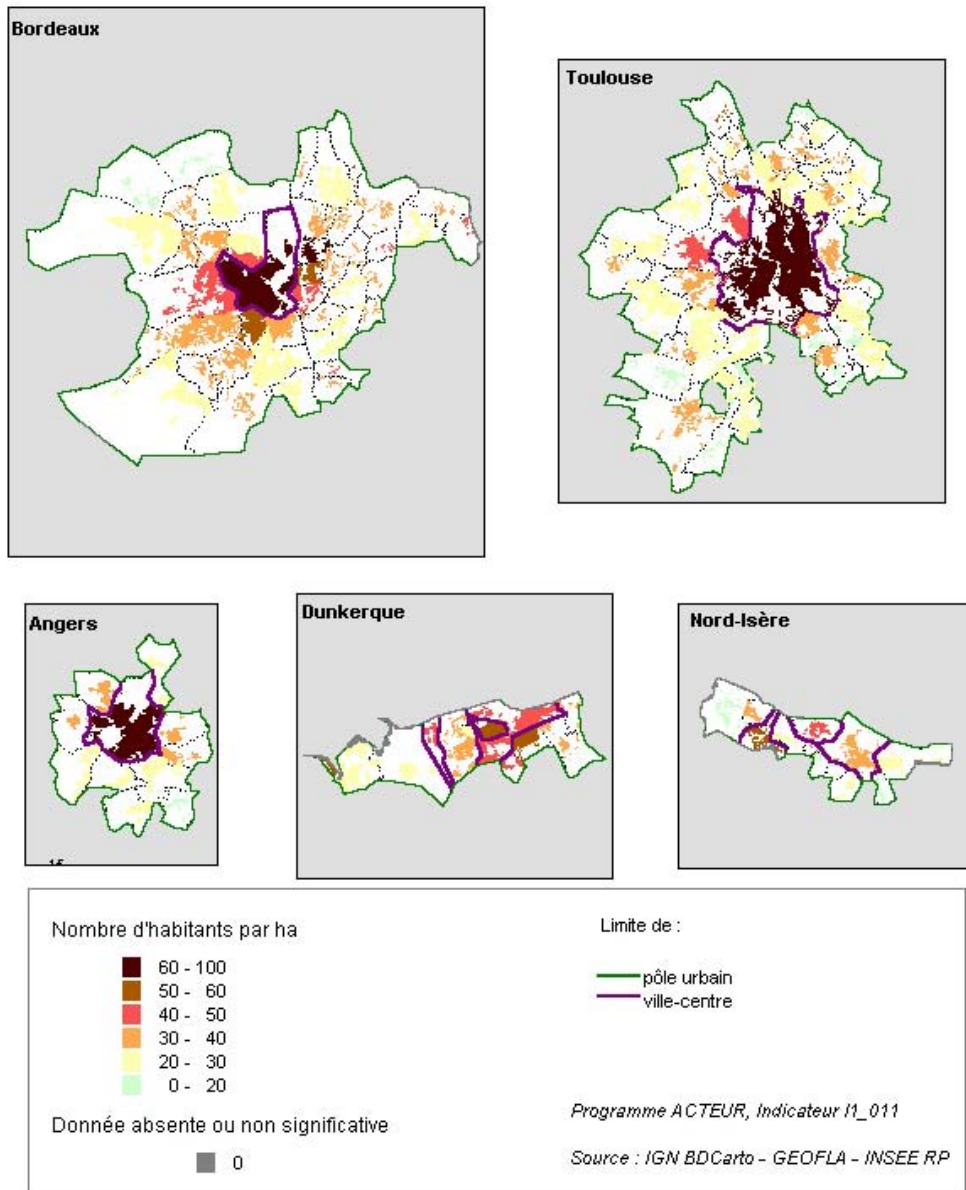
Source : INSEE RP – IGN BDCarto® 1994

**Le site Nord-Isère ne correspond pas à une aire urbaine au sens de l'INSEE (voir annexe A1, page 74)

* Selon les spécifications des données, les communes n'ayant pas de surface urbanisée sont exclues du calcul (données non significatives).

Note de lecture : Dans les villes centres, les densités nettes sont toujours très supérieures à celles du reste de l'aire. Mais moins que dans le cas des densités brutes qui, de par leur construction, « étalent » la population sur toute la surface des communes, y compris la partie non urbanisée. Les densités nettes qui tiennent compte de l'espace habité conduisent à un rapprochement des densités entre communes de banlieue et ville centre.

C1_011.1 - Densité nette moyenne de population dans les 5 aires urbaines de test
(zonage 1990)



Note de lecture : Les cartes représentent les densités nettes communales sur la tache urbaine "habitée" évaluée en 1994 à partir de la BDCarto® alors que les données de population sont celles du recensement de 1999.

En l'absence de la prise en compte de données de population à une échelle plus fine que la commune, la représentation fait apparaître une densité nette identique sur toute la surface bâtie de la commune, d'où les ruptures brutales observées en limites communales.

3.3.4.2 Mise en oeuvre avec la BDTopo® de l'IGN et comparaison avec la BDCarto®

Les tests ont été réalisés sur deux sites :

- sur une partie de l'aire urbaine de Lyon (données DDE 69),
- sur une partie de l'aire urbaine d'Angers (données DDE 49).

Aire urbaine de Lyon



Aire urbaine d'Angers



En rouge sur la carte, les communes où les données sont disponibles, par rapport à la totalité de l'aire (en vert le contour de la banlieue).

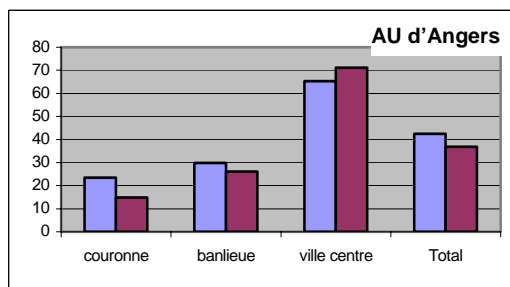
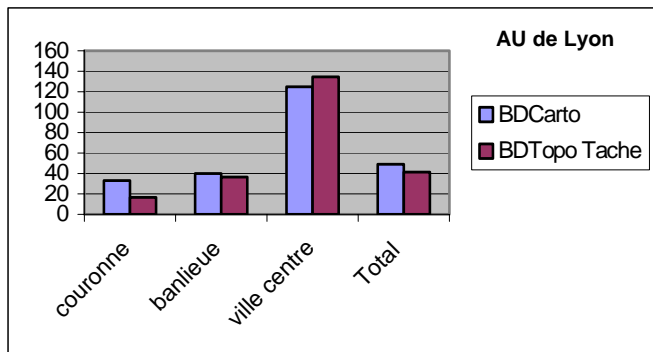
T1_011.2 - Densité nette moyenne de population dans les aires urbaines de Lyon et d'Angers (zonage 1990)

Aire urbaine	Type de zone	Nombre de communes	Surfaces bâties (ha)		Population 1999	Densité moyenne (hab./ha)	
			BDTopo	BDCarto		BDTopo	BDCarto
Lyon	Pôle urbain	89	27 483	25 587	1 328 983	48	52
	Ville centre	1	3 372	3 638	453 187	134	125
	Banlieue	88	24 110	21 948	875 796	36	40
	Cour. périurb.	86	8 157	4 177	137 002	17	33
	Total	175	35 639	29 764	1 465 985	29	49
Angers	Pôle urbain	10	4 701	4 575	218 587	46	48
	Ville centre	1	2 126	2 317	151 279	71	65
	Banlieue	9	2 575	2 258	67 308	26	30
	Cour. périurb.	22	2 061	1 302	3 0457	15	23
	Total	32	6 762	5 877	249 044	37	42

Source: Insee RP – IGN BDCarto® 1994 et BDTopo® 2000

Note de lecture : On remarque qu'en ville centre, la surface de BDTopo® est inférieure à celle de la BDCarto. C'est sans doute dû au fait que la tâche bâtie BDTopo® est plus précise (moins généralisée) et ne comprend pas les bâtiments à caractère industriel ou commercial, indépendamment des problèmes de dates différentes entre les deux bases d'occupation du sol.

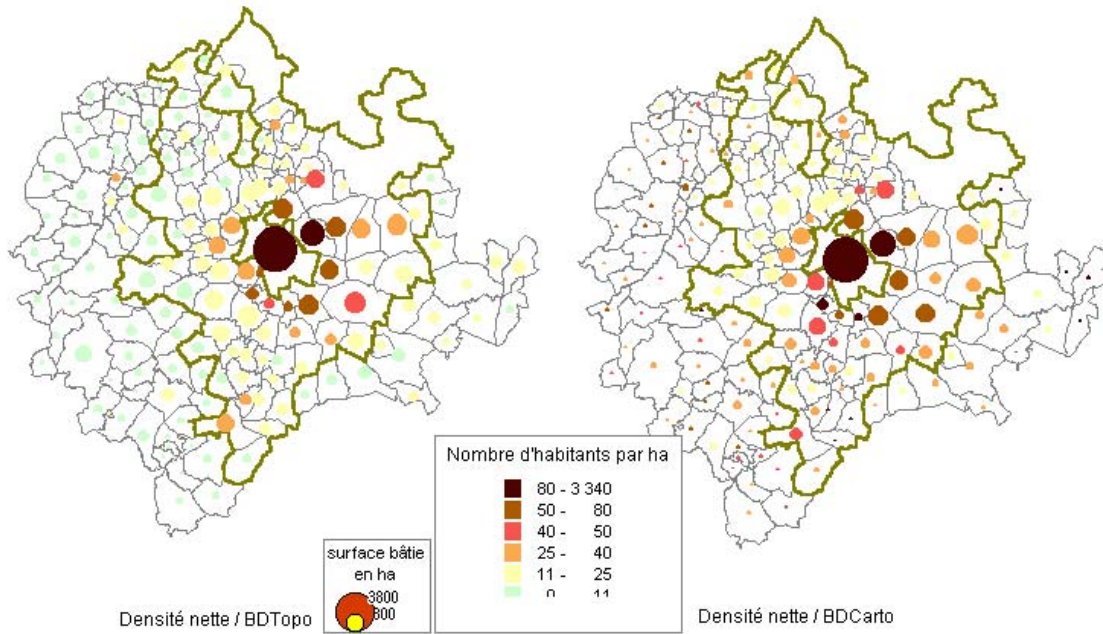
G1_011 - Les densités nettes moyennes de population par zone en 1999 (habitants par hectare)



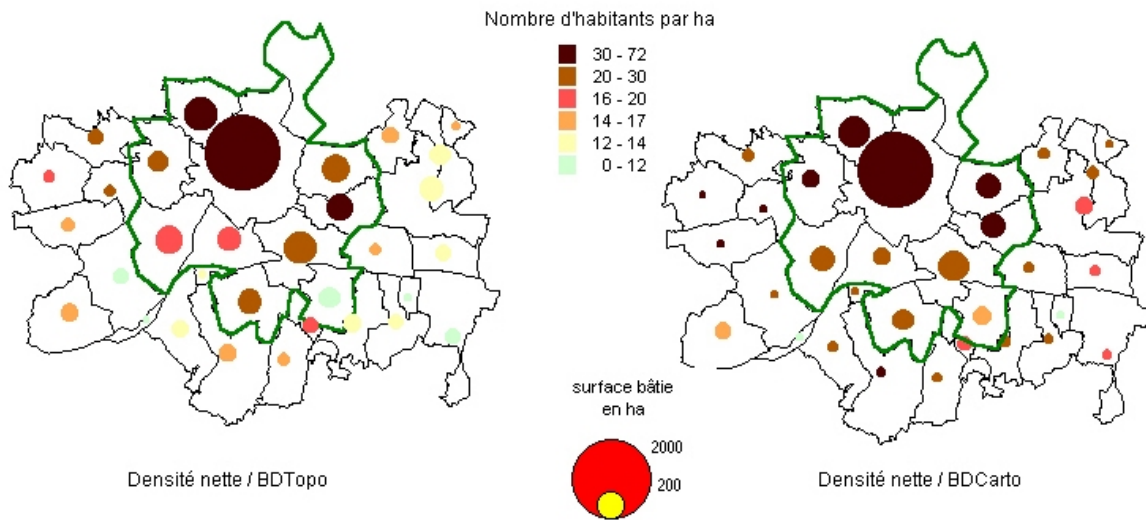
Note de lecture : En banlieue et en couronne périurbaine, la surface bâtie de la BDCarto® est sous-estimée, aussi la densité nette y est-elle artificiellement augmentée, surtout dans la couronne périurbaine. La sous-estimation de la surface bâtie de la BDCarto® peut provenir de l'ancienneté de la base (1994) mais surtout des spécifications qui ne prennent pas en compte les surfaces inférieures à 8 hectares.

C1_011.2 - Densité nette moyenne de population dans les 5 aires urbaines de test (unité : habitants à l'hectare)
Comparaison des résultats obtenus avec la BDTopo2000 et la BDCarto@1994
 (zonage 1990)

Aire urbaine de LYON



Aire urbaine d'ANGERS



Note de lecture : Dans les deux exemples, on constate que l'utilisation de la BDCarto® en zone rurale conduit à surestimer artificiellement la densité car le bâti diffus n'est pas pris en compte. Les différences de date d'observation entre les deux bases, soit 1994 pour la BDCarto® et 2000 pour la BDTopo®, expliquent aussi les différences obtenues car nous sommes en zone urbaine où l'urbanisation progresse de manière significative.

3.3.4.3 Mise en oeuvre avec Spot Théma® et comparaison avec la BDCarto

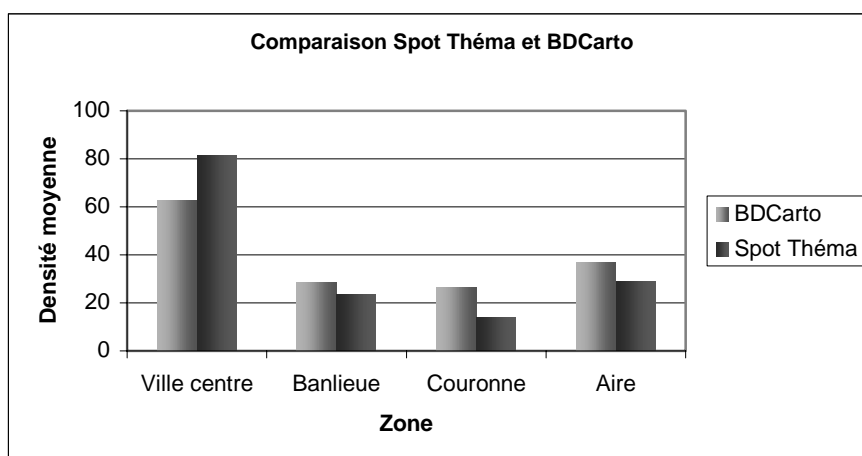
Le test est réalisé sur l'aire urbaine de **Toulouse**, la seule aire pour laquelle nous disposons des données Spot Théma (données DDE31).

T1_011.3 : Densité nette moyenne de population dans l'aire urbaine de Toulouse en 1999 (habitants à l'hectare)
(zonage 1990)

Toulouse	Nombre de communes	POP99	Surface bâtie (ha)		Densité moyenne 1999	
			BDCarto	Spot Théma	BDCarto	Spot Théma
Pôle urbain	58	741 120	18 467,9	19 571,5	40,1	37,9
Ville centre	1	390 350	6 220,5	4 797,0	62,7	81,4
Banlieue	57	350 770	12 247,4	14 774,5	28,6	23,7
Couronne périurbaine	197	176 192	6 172,4	12 602,4	28,5	14,0
Ensemble aire urbaine	255	917 312	24 640,3	32 173,9	37,2	28,5

Source : Insee RP - Spot Théma 1999 - IGN BDCarto® 1994

G1_011.2 : Densité nette moyenne de population dans l'aire urbaine de Toulouse en 1999 (habitants à l'hectare)
(zonage 1990)

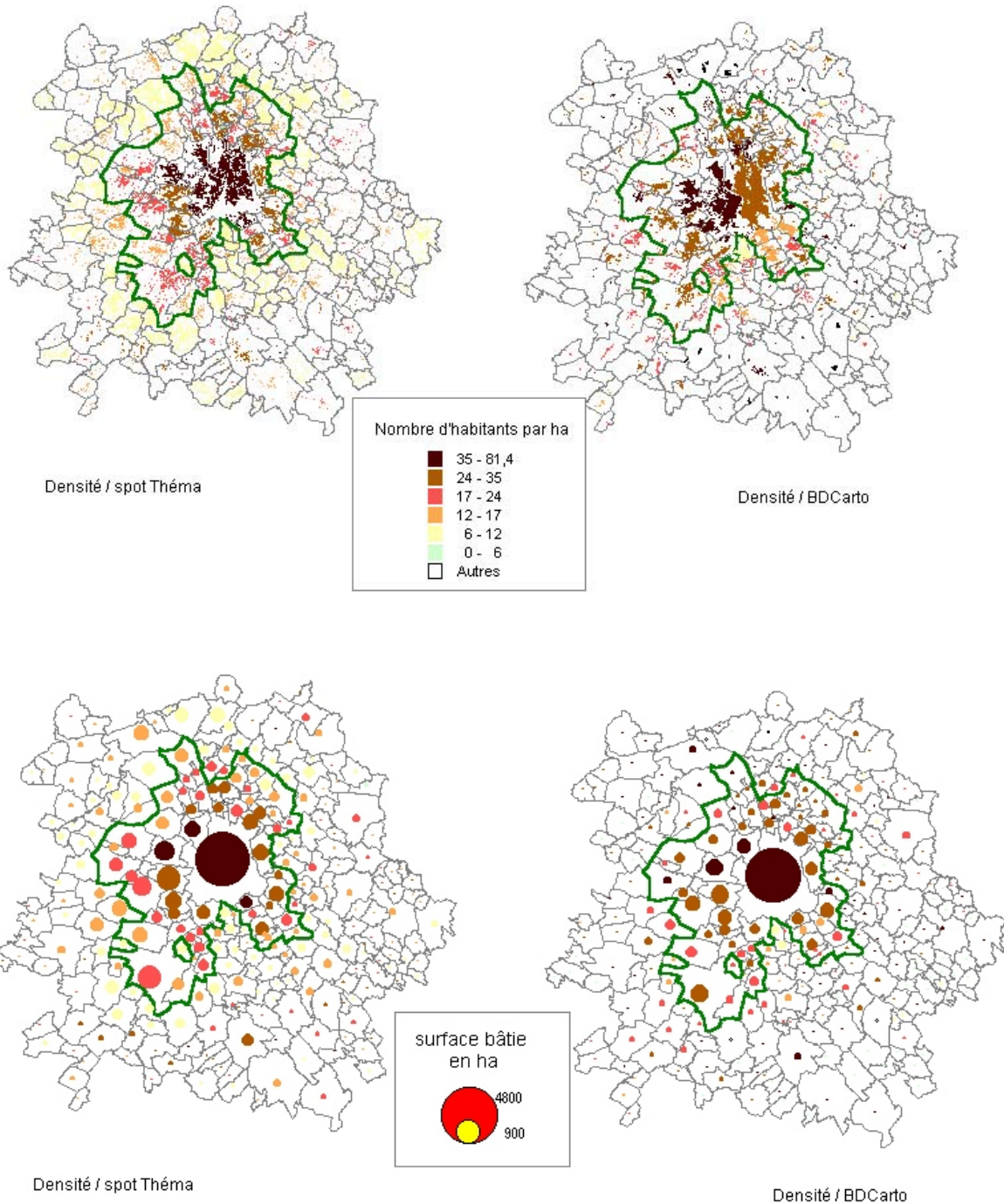


Source : Insee RP- Spot Théma 1999 - IGN BDCarto® 1994

Note de lecture : En ville centre, l'utilisation de BDCarto® plutôt que Spot Théma® conduit à sous estimer la densité car la distinction bâti-habitat et bâti-activité est plus fine avec Spot Théma® (la surface totale de bâti habité Spot Théma® dans la ville centre est inférieure à celle de BDCarto®). La comparaison entre la BDCarto® et la BDTopo® avait abouti à la même conclusion.

En banlieue et couronne périurbaine au contraire, la surface bâtie retenue avec BDCarto® est sous estimée car l'habitat dispersé est mal pris en compte. La densité nette calculée avec BDCarto® est donc supérieure à celle que l'on obtient en utilisant Spot Théma®. Par ailleurs l'ancienneté de la BDCarto® peut aussi conduire à sous estimer la surface bâtie.

C1_011.3 - Densité nette moyenne de population sur l'aire urbaine de Toulouse (unité : habitants à l'hectare)
Comparaison des résultats obtenus avec Spot Théma® 2000 et la BDCarto®1994
(zonage 1990)



Note de lecture : Les cartes font apparaître des ruptures en limite de communes car en l'absence de données de population à l'infracommunal, la population d'une commune donnée est répartie artificiellement sur l'ensemble de la surface bâtie de la commune.

Conclusion : il est délicat d'utiliser la couche BDCarto® dans les zones d'habitat dispersé car les petites surfaces habitées, de moins de 8 ha, ne sont pas retenues. En conséquence, une forte densité apparaîtra de manière arbitraire. Il est préférable de privilégier une base de données dont la géométrie est plus fine (Spot Théma®, BDTopo®...) et dont la date d'actualité se rapproche le plus possible de la date de collecte des données, ici celle du recensement.

3.3.5 Extensions possibles

Pour établir des synthèses sur des zones peu homogènes, comme la banlieue ou la couronne périurbaine, il peut être intéressant d'utiliser la moyenne des densités nettes communales. On peut compléter l'étude en calculant la dispersion des valeurs observées autour de cette moyenne, à l'aide de la médiane ou de l'intervalle inter-déciles, par exemple. Pour les détails du calcul, on peut se reporter à l'indicateur I3_004.

3.3.6 Limites et précautions d'utilisation

3.3.6.1 Précautions liées au mode de calcul : fiabilité des données

- Pour les 3 sources de données testées, la couche « surface bâtie » ne comporte pas uniquement du bâti d'habitation, mais aussi des bureaux, des commerces...
- Concernant la BDCarto®, la couche d'occupation des sols utilisée est extraite d'image SPOT datant de 1994 (en moyenne) et n'a pas été mise à jour. Le bâti diffus est très mal pris en compte dans les zones peu denses ; bâtiments isolés et petits groupes d'habitations de moins de 8ha sont occultés. Ainsi, certaines communes, pourtant habitées, ne comportent aucune surface bâtie dans BDCarto®.
- Concernant Spot Théma®, la date des données est fixée lors de la commande. Le bâti diffus est mieux pris en compte que dans BDCarto® mais certains bâtiments isolés sur de grandes parcelles ne sont pas pris en compte.
- Dans la BDTopo tous les bâtiments sont pris en compte à la date de réalisation de la couche. Les dates d'actualité de BDTopo® diffèrent selon les régions (de 1994 à 2003).

3.3.6.2 Précautions d'usage et d'interprétation

Le calcul de la surface habitée conduit à additionner l'ensemble des surfaces bâties d'une commune. Ainsi, il est possible d'obtenir la même surface habitée à partir d'un continuum bâti ou d'une zone d'habitat dispersé, ce qui, en terme d'occupation du sol et de densité perçue, est assez différent.

Un autre inconvénient de l'indicateur est lié à l'utilisation de données de population communale. Une même densité est donc portée par la surface bâtie de l'ensemble de la commune.

4. Évolution des densités

4.1 Evolution annuelle de la densité brute de population Exploitation communale (I6_017)

4.1.1 Présentations et apports de l'indicateur

L'indicateur I6_017 doit être considéré comme un indicateur de base de la question portant sur *la densification et la dédensification*. Il est calculé sur les surfaces administratives des communes. Toutefois, il ne faut pas oublier que la densification d'une commune peut se faire soit sur des zones urbaines déjà constituées sur son territoire, soit par consommation d'espace c'est-à-dire extension des zones urbanisées.

Cet indicateur donne des informations utiles sur l'évolution et la répartition spatiale de la population et peut être calculé sur longue période. Les tendances lourdes sont analysées sur un quart de siècle, mais elles sont complétées par les évolutions récentes pour montrer les éventuelles ruptures qui s'amorcent.

La densité ainsi observée ne permet pas de connaître l'évolution de l'occupation du sol, de l'espace consommé par les logements. En effet, la valeur de la densité peut varier sous l'effet de la construction ou de la démolition de logements mais aussi en fonction de la taille des ménages, appelée aussi « densité interne » au logement. Aussi son interprétation est-elle délicate.

L'indicateur peut être complété par le calcul d'un taux d'évolution de la densité qui, à surface inchangée, n'est autre que le taux d'évolution de la population (voir annexe A2.1, page 75). En effet, le taux d'évolution va permettre de repérer des zones « dynamiques » mais de faible densité. C'est en particulier le cas, en couronne périurbaine, dans certaines communes où une évolution relativement faible de la densité peut parfois conduire au doublement de la population, ce qui n'est pas sans conséquence pour la commune concernée.

4.1.2 Sources et données utilisées

La source mobilisée pour le calcul de cet indicateur est le Recensement de la Population. On utilise les bases de données communales.

Pour la réalisation des cartes, les fonds utilisés correspondent au découpage communal issu de la base IGN-Géofla.

Les données retenues pour le calcul de l'indicateur I6_017 sont les suivantes :

- **PSDC** : population sans doubles comptes,
- **SUPERF** : superficie de la commune.

4.1.3 Calcul de l'indicateur

L'indicateur I6-017 est le quotient de l'évolution de la densité entre deux périodes par le nombre d'années séparant les deux périodes.

$$EVOLDENS(z) = \frac{PSDCz(t1) - PSDCz(t0)}{(t1 - t0) * SUPERFz} \text{ où :}$$

- **z** est la zone étudiée,
- **PSDCz(ti)** est la population sans doubles comptes de la zone z, l'année ti
- **SUPERFz** est la superficie de la zone z
- t1-t0 : nombre d'années séparant les deux dates.

L'indicateur peut-être calculé sur les zones d'observation suivantes :

- ⇒ chaque ville centre
- ⇒ la banlieue
- ⇒ le pôle urbain
- ⇒ la couronne périurbaine
- ⇒ l'aire urbaine

Remarque : Pour étudier l'évolution de la densité de population, il faut travailler à périmètre constant, ainsi la surface de la zone z étudiée est la même aux dates t1 et t0.

4.1.4 Exemples de mise en oeuvre

Un tableau présente l'évolution de la densité moyenne de 1975 à 1999 et de 1990 à 1999 sur les cinq sites de test ainsi que le taux d'évolution annuel de la population entre 1990 et 1999.

Deux histogrammes permettent de visualiser rapidement les résultats sur les villes centres et les banlieues et d'établir des comparaisons entre les sites observées. Les évolutions faibles en couronnes périurbaines ne permettent pas de réaliser de graphique.

Deux cartes communales (1975-1999 et 1990-1999) montrent les disparités internes propres à chaque aire urbaine.

4.1.4.1 Tableau de synthèse T6_017

T6_017.1 : Evolution annuelle de la densité brute de population dans les 5 aires urbaines de test (zonage 1990)

Aire urbaine	Type de zone	Surface (en km ²)	Densité brute de population en 1999 (hab./km ²)	Evolution annuelle de la densité (hab./km ²)		Taux annuel d'évolution de la population %
				1975-1999	1990-1999	1990-1999
Bordeaux	Pôle urbain	862	853	5,2	5,0	0,61
	Ville-centre	49	4 363	-6,6	11,3	0,26
	Banlieue	812	640	5,9	4,6	0,75
	C. périurbaine	2 010	73	1,2	0,7	1,01
	Aire urbaine	3 734	433	3,1	2,7	0,64
Toulouse	Pôle urbain	713	1 040	11,1	14,2	1,46
	Ville-centre	118	3 300	5,8	29,7	0,94
	Banlieue	595	590	12,2	11,0	2,07
	C. périurbaine	2 238	79	1,4	1,4	2,03
	Aire urbaine	3 664	453	5,2	6,4	1,52
Angers	Pôle urbain	206	1 081	6,5	7,6	0,73
	Ville-centre	43	3 543	13,4	25,7	0,75
	Banlieue	163	436	4,7	2,8	0,67
	C. périurbaine	901	97	1,7	1,1	1,23
	Aire urbaine	1 312	405	3,2	3,1	0,81
Dunkerque	Pôle urbain	167	1 144	1,4	0,2	0,02
	Ville-centre	37	1 897	-3,6	1,5	0,08
	Banlieue	130	927	2,8	-0,2	-0,02
	C. périurbaine	563	128	1,0	0,1	0,07
	Aire urbaine	897	507	1,2	0,1	0,03
Nord-Isère*	Pôle urbain	128	598	12,2	9,4	1,70
	Ville-centre	45	1 169	26,0	21,3	2,00
	Banlieue	83	288	4,6	2,9	1,07
	C. périurbaine	104	89	1,4	1,2	1,48
	Aire urbaine	361	451	9,1	7,0	1,69

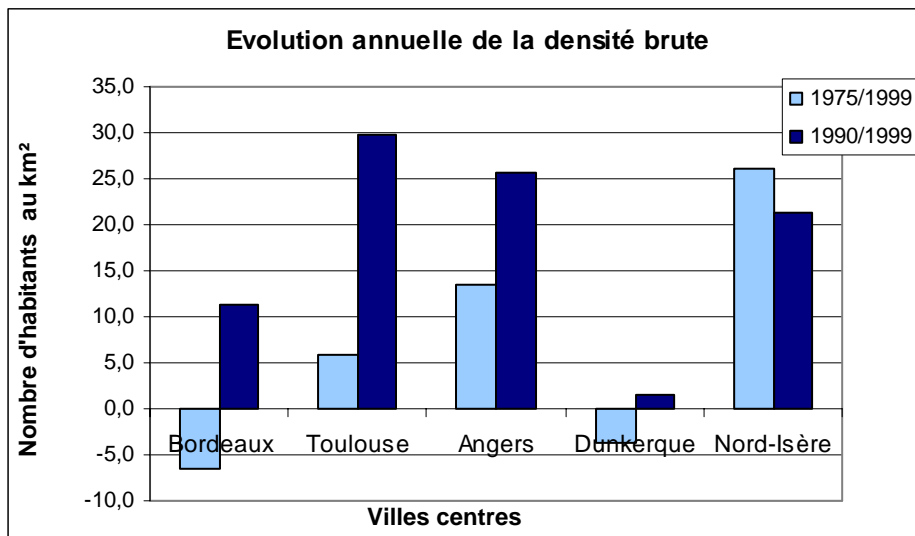
Source : Insee RP

*Le site Nord-Isère ne correspond pas à une aire urbaine au sens de l'INSEE (voir annexe A1 page 74)

Remarque : La lecture des taux d'évolution doit être faite par rapport aux densités des différentes zones. En effet, sur une zone de faible densité, un fort taux d'évolution ne peut induire qu'une faible évolution de la densité.

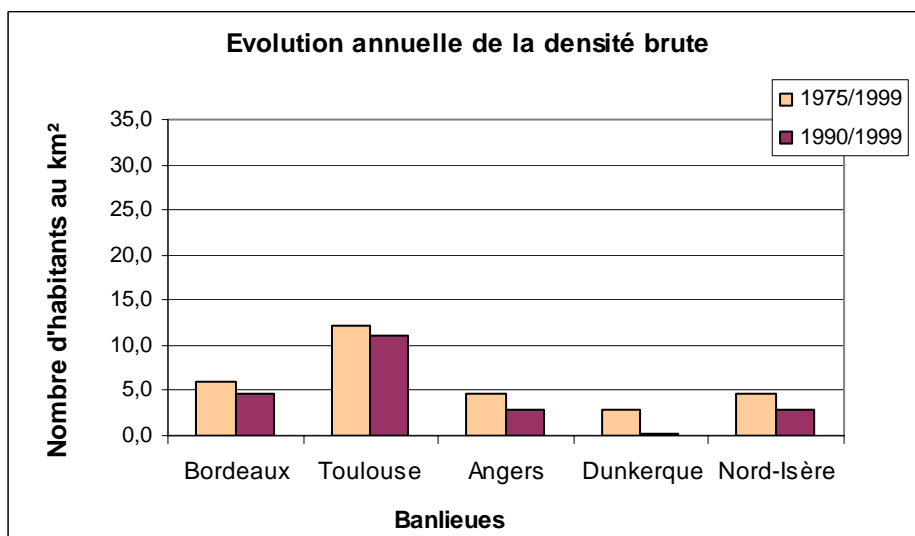
4.1.4.2 Graphiques G6_017

G6_017.1 - Comparaison de l'évolution annuelle de la densité brute de population dans les villes centres
de 1975 à 1999 et de 1990 à 1999 (zonage 1990)



Source : Insee RP

G6_017.2 - Comparaison de l'évolution annuelle de la densité brute de population dans les banlieues
de 1975 à 1999 et de 1990 à 1999 (zonage 1990)

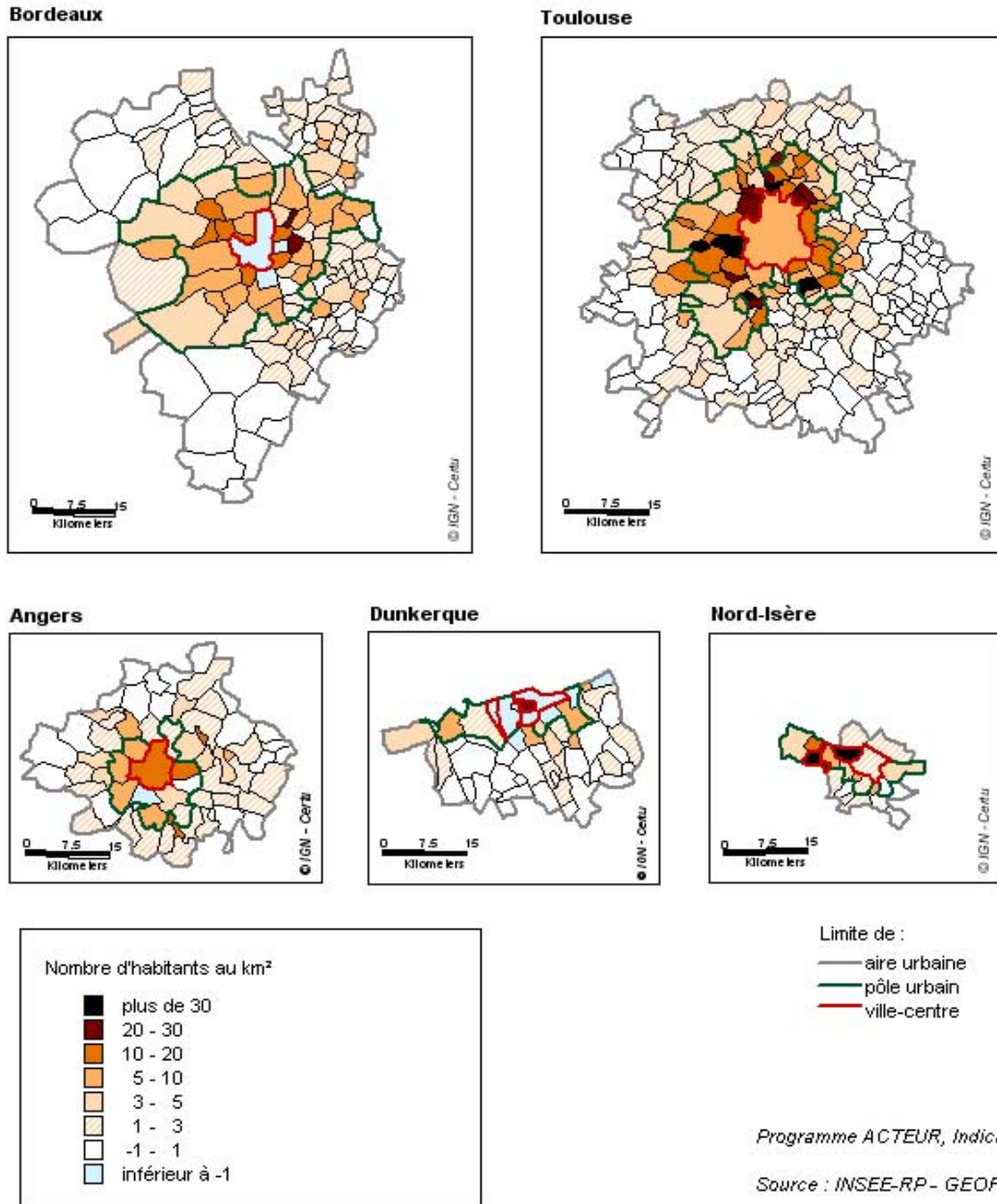


Source : Insee RP

Note de lecture : Dans les plus grandes aires, la forte croissance récente de la densité dans les villes centres impacte fortement l'évolution observée au cours du dernier quart de siècle. En revanche, c'est un ralentissement qui est mis en évidence dans les banlieues

4.1.4.3 Cartes C6_017 : Exploitation communale

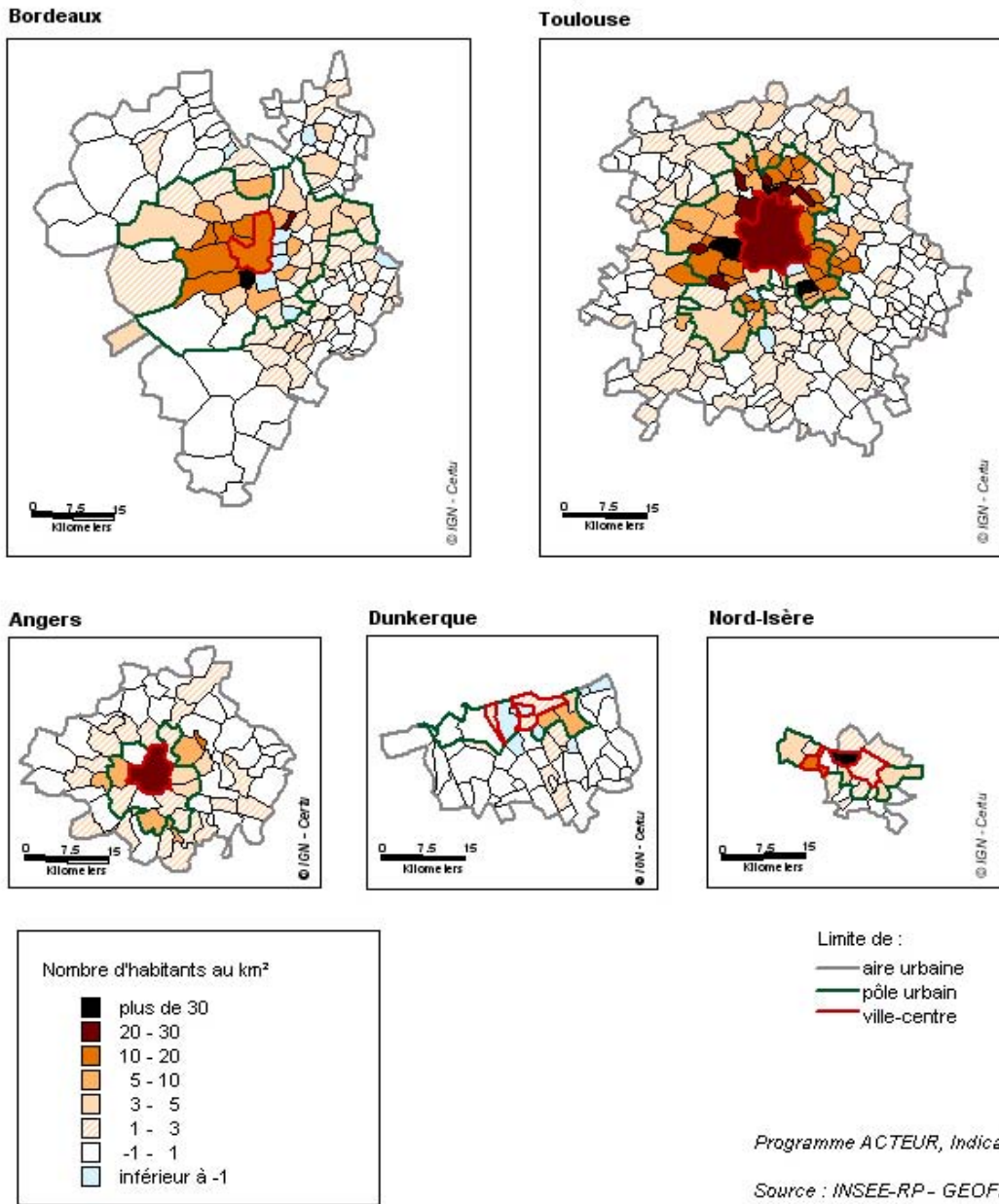
Evolution annuelle de la densité brute de population de 1975 à 1999 (au km²)
(Zonage en aire urbaine 1990)



Note de lecture : Cette carte sur longue période permet de voir se dessiner les grandes tendances comme par exemple la densification d'une couronne autour de la ville centre de Toulouse. Ce n'est pas le cas à Angers où la ville centre reste attractive pour les ménages.

La carte suivante sur la période 1990 à 1999, montre un renversement de tendance, notamment dans l'aire de Bordeaux. Plusieurs cartes successives auraient pu être réalisées pour montrer les étapes de l'évolution de la densité de 1975 à 1999.

Evolution annuelle de la densité brute de population de 1990 à 1999 (au km²)
(Zonage en aire urbaine 1990)



Programme ACTEUR, Indicateur I6_017

Source : INSEE-RP - GEOFLA (R)

Note de lecture : Entre 1990 et 1999, on voit apparaître un phénomène de densification des villes-centres, de plus de 20 habitants au km² pour Angers, Toulouse et l'Isle d'Abeau, plus faible à Bordeaux et Dunkerque. Certaines communes à l'est de Bordeaux semblent perdre des habitants.

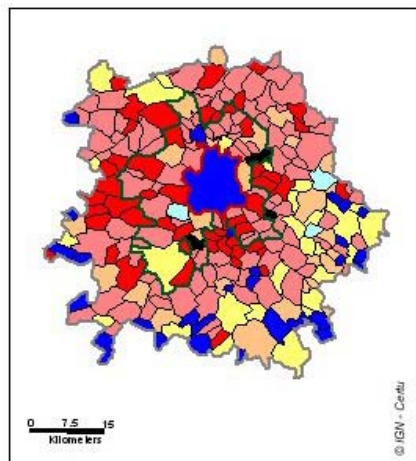
4.1.5 Extensions possibles

On peut également cartographier, à la commune, les taux d'évolution annuel de la population. Cela peut permettre de repérer des zones en forte évolution, même si l'effet sur la densité demeure limité du fait d'une population peu importante, ainsi que les ruptures de tendance.

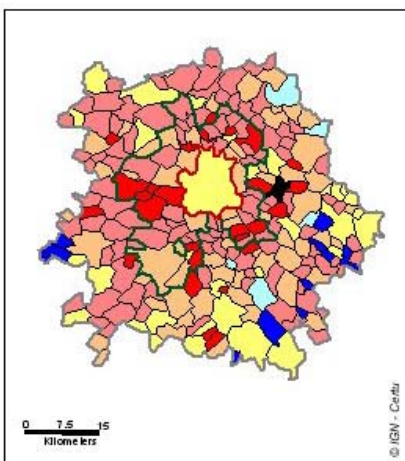
Cette évolution a été analysée sur l'aire Toulousaine pour chaque période intercensitaire comprise entre 1975 et 1999 (voir ci-dessous). Pour le mode de calcul, se référer à l'annexe A2.1, page 75).

Taux annuel d'évolution de la population sur l'aire urbaine de Toulouse
(Zonage en aire urbaine 1990)

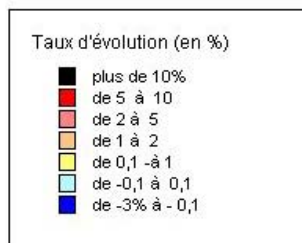
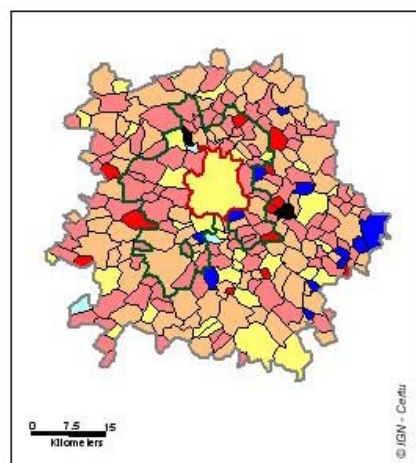
de 1975 à 1982



de 1982 à 1990



de 1990 à 1999



Limite de :
 — aire urbaine
 — pôle urbain
 — ville-centre

Programme ACTEUR, Indicateur I3_111

Source : INSEE-RP - GEOFLA (R)

Note de lecture : Les plus forts taux d'évolution de la population sont observés durant la période 1975 à 1982 en banlieue et en périurbain. Les périodes suivantes sont surtout marquées par un retour à un taux d'évolution positif en ville centre. La lecture de ces cartes nécessite de bien garder à l'esprit qu'une forte variation du taux d'évolution de la population n'a que peu d'impact sur la densité si la population est faible, d'où l'intérêt d'utiliser les deux approches en complémentarité.

4.1.6 Limites et précautions d'utilisation

4.1.6.1 Limites liées au mode de calcul

Le calcul de la densité brute consiste à rapporter une population à la surface administrative du territoire auquel elle appartient. En terme d'évolution le fait de travailler à l'échelle communale ne permet pas de savoir ce qui se passe à une échelle plus fine : il peut y avoir sur une même commune des zones de densification et de dédensification. L'indicateur suivant (I6_012) permet d'analyser plus finement les évolutions.

4.1.6.2 Précautions d'interprétation

Aux franges des agglomérations, là où l'espace naturel est encore important, une augmentation de la densité communale peut correspondre à une faible densification de l'espace déjà urbanisé et s'accompagner d'un étalement urbain. Par contre, en zone plus dense, les variations de densité peuvent être liées à des opérations de démolition-reconstruction ou à l'implantation de bureaux.

La taille des ménages a un impact important sur la densité. Ainsi à nombre de logements constants, la densité diminuerait depuis quelques décennies puisque le nombre de personnes par logement baisse.

Pour étudier les évolutions en matière de localisation de la population ou d'étalement urbain, il s'avère nécessaire de travailler à périmètre constant afin de comprendre les phénomènes à l'œuvre.

4.2 Evolution annuelle de la densité brute de population

Exploitation infracommunale (I6_012)

4.2.1 Présentation et apports de l'indicateur

Pour les communes les plus urbanisées, celles de plus de 10 000 habitants, les phénomènes de densification ou de dédensification peuvent être observés à l'échelle infracommunale en utilisant les données de population à l'îlot de l'Insee.

Les indicateurs les plus classiques basés sur l'étude des densités communales, brutes ou nettes, n'apportent pas de réponse directe et satisfaisante à la question posée, les limites communales créant des ruptures artificielles à un phénomène dont la réalité est bien souvent plus continue. Par ailleurs, ils présentent l'inconvénient de disperser artificiellement l'évolution sur la totalité du territoire observé et souvent très inégalement peuplé.

Pour contourner cet obstacle, il faut travailler sur des mailles d'observation plus fines que la commune permettant de visualiser les évolutions de façon plus réaliste. Le découpage à l'îlot de l'Insee offre un niveau de finesse en correspondance avec la question posée. Les tests réalisés à l'IRIS, qui consiste en un regroupement d'îlots regroupant environ 2 000 habitants, ont montré que ce découpage était parfois insuffisant par rapport à l'approche souhaitée.

L'indicateur proposé a pour objectif de mettre en évidence les zones qui ont connu des variations significatives de leur densité de population entre les recensements de 1990 et 1999 afin de comprendre comment évolue le peuplement du territoire urbain. Les résultats proposés sont avant tout de nature cartographique, les cartes restant l'outil le mieux adapté pour mettre en évidence les disparités au sein d'un territoire et suivre leurs évolutions.

Plusieurs méthodes ont été testées pour identifier ces zones. L'une utilise le calcul traditionnel de l'évolution de la densité moyenne annuelle qui rapporte l'évolution de la population à la surface de l'îlot. L'autre consiste à réaliser un lissage de cette évolution par la méthode dite « du noyau ». Cette méthode part du principe que, du point de vue de la perception de ses habitants, la densité d'un îlot est indissociable de celle de ses voisins. Une vaste zone ne comportant qu'une tour très isolée, par exemple, ne sera pas perçue comme aussi dense que la même zone composée d'îlots occupés par des ensembles d'immeubles plus bas. La méthode testée ici vise donc à affecter à chaque maille d'une grille "plaquée" sur le découpage en îlots, une densité calculée à partir des données d'évolution de population des îlots environnants. L'intérêt de la méthode est qu'elle permet de s'affranchir de la correspondance des limites géographiques entre les îlots de 1990 et 1999.

L'indicateur proposé peut être utilisé pour des comparaisons entre agglomérations à l'échelle infracommunale, par exemple pour statuer sur les caractéristiques des hypercentres. Mais son intérêt réside avant tout sur l'analyse des disparités internes aux villes centres.

4.2.2 Données et sources utilisées

La source mobilisée pour le calcul de cet indicateur est le recensement de la population de l'Insee. On utilise les bases de données à l'îlot.

Les données retenues pour le calcul sont les suivantes :

- **PSDC** : population sans doubles comptes,
- **SUPERF** : superficie de l'îlot.

Remarque : dans les exemples de mise en œuvre présentés ci-dessous, c'est la variable "population totale" dont nous disposons au moment de l'expérimentation et non la "population sans doubles comptes" qui a été utilisée.

Pour la réalisation des cartes, les fonds utilisés sont les contours numérisés des îlots : Contours îlots® 90 et Contours Ilôts® 99 (source Insee).

Pour le calcul de l'évolution de la densité de population à l'îlot, nous avons dû contourner la difficulté due à la modification du contour de certains îlots entre 90 et 99. Nous avons superposé les deux couches et sélectionné tous les îlots de 99 qui intersectaient un îlot de 90. Nous avons ensuite estimé la population de 90 sur les îlots de 99 retenus, en utilisant la donnée de population 90 au prorata de la surface couverte par les îlots de 99.

Cette estimation est évidemment sujette à caution ; en particulier dans les zones qui ont été fortement urbanisées ou remaniées entre ces deux dates. On peut cependant supposer que cette approximation reste correcte dans l'hypercentre de la ville où les îlots varient peu.

Cette estimation n'est utilisée que dans le calcul d'évolution brute de la densité. Pour le lissage par la méthode du noyau, comme on applique une grille (identique aux deux dates) sur laquelle est porté le résultat final, il n'est pas nécessaire de répartir la population de 1990 dans les îlots de 1999.

4.2.3 Calcul de l'indicateur

4.2.3.1 Calcul de l'évolution moyenne annuelle de la densité de chaque îlot

Dans un premier temps, on calcule sur chaque îlot le nombre moyen d'habitants *gagnés* ou *perdus* à l'hectare par année.

$$\Delta \text{densité} = \frac{\text{population}_{t_n} - \text{population}_{t_0}}{(t_n - t_0) \times \text{surface}}$$

Il est possible de cartographier l'évolution, en choisissant de ne visualiser que les zones ayant connu des évolutions significatives. Le seuil de signification correspond à un gain ou une perte annuelle moyenne de 3 habitants à l'hectare, ce qui représente l'accueil ou la perte d'une famille par an et par hectare.

Dans notre exemple d'utilisation, l'indicateur a été calculé à l'échelon de l'îlot sur la ville centre, en consolidant les résultats sur l'hypercentre¹⁰ et le reste de la ville centre.

Remarques liées à la représentation cartographique de l'indicateur

Les cartes représentant l'évolution « brute » sont souvent difficiles à analyser pour plusieurs raisons. Elles mettent en évidence des épiphénomènes, en faisant apparaître des îlots isolés qui peuvent ne pas avoir d'impact important sur l'évolution du quartier où ils se trouvent (voir cartes). En outre, elles risquent de masquer certaines zones à faible évolution de densité qui pourtant contribuent à atténuer d'éventuelles fortes progressions voisines. Enfin, on trouve des îlots contigus dans deux classes d'évolution différentes et l'on peut se demander quelle est la véritable nature du phénomène sur la zone environnante.

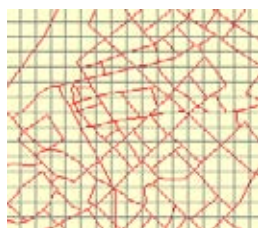
Pour résoudre ces différents problèmes, nous proposons d'effectuer un lissage des données (« nettoyage » de la mosaïque), en calculant une nouvelle variable qui tienne compte de l'environnement de chaque îlot.

Cette nouvelle variable est obtenue en plaquant une grille sur le découpage en îlots et en affectant à chaque maille la moyenne des populations des îlots pondérées par la distance à ces îlots. On fait ceci pour 1990 et 1999 puis on calcule l'évolution pour chaque maille de la grille.

4.2.3.2 Lissage de l'évolution moyenne annuelle de la densité sur la zone

Principe de la méthode

Le lissage consiste à simplifier la lecture d'une carte en créant des zones plus homogènes. Pour cela, on applique une grille à mailles régulières sur le territoire d'étude.



Sur chaque maille de la grille, on peut alors estimer la densité d'une variable de type dénombrement (nombre d'habitants ou nombre de logements par exemple) portée par les îlots en répartissant cette variable en fonction de la distance au centre des îlots.

On réalise le calcul en 1990 et en 1999, puis on calcule l'évolution pour chaque maille.

¹⁰ L'hypercentre est défini dans les enquêtes ménages déplacements (méthodologie Certu) comme la zone centrale la plus dense de la commune. Les enquêtes ménages déplacements sont réalisées dans une quarantaine de grandes agglomérations auprès d'un échantillon de ménages résidents et portant sur leurs déplacements quotidiens.

De ce fait, une zone entourée de zones de fortes évolutions verra sa propre évolution renforcée par ce calcul (remplissage des vides). A l'inverse, une zone isolée à forte évolution n'apparaîtra que si son évolution est beaucoup plus importante que celle de ses voisins (élimination des épiphénomènes). Cette méthode permet ainsi de faire apparaître *des continuités de tendance* dans l'espace.

Pour en savoir plus sur la méthode, voir l'annexe A2.3 page 79. En complément au présent dossier, une note méthodologique, « L'estimation de la densité par la méthode du noyau », présente d'autres techniques de mise en œuvre de la méthode. Elle est disponible sur le site de l'Observation urbaine.

Mode de calcul

Dans un premier temps, on applique une grille d'un pas inférieur au rayon du plus petit îlot de la zone.

Le lissage est appliqué à la variable population portée par les centres d'îlots, en utilisant une fonction qui répartit cette population sur l'ensemble des mailles de la grille du territoire observé selon la distance à l'îlot. Plus la maille est éloignée du centre d'un îlot, moins elle recevra de population de la part de cet îlot.

Pour chaque année t et sur chaque maille j de la grille, on réalise le calcul suivant :

$$Densité_estimée[t](maille_j) = \sum_{i=1}^{n_ilot} Population[t](ilot_i) \times k\left(\frac{d_{ij}}{\lambda}\right) \quad \text{où}$$

- λ est la fenêtre de lissage, qui correspond au degré d'aplatissement de la fonction de répartition ; on retient une fenêtre de lissage λ supérieure au rayon moyen d'un îlot ;
- d_{ij} est la distance entre l'îlot i et la maille j (centre de l'îlot et de la maille) ;
- n_ilots est le nombre total d'îlots du territoire étudié ;
- $k(d_{ij}/\lambda)$ est la fonction distance (ou fonction noyau).

Nous avons choisi un noyau gaussien : $k(x) = \frac{e^{-\frac{x^2}{2}}}{2 \times \Pi \times \lambda^2}$ (avec $x=d_{ij}/\lambda$)

Pour conserver la population totale du territoire étudié, on pondère ensuite le résultat en multipliant la

valeur de chaque maille par : $\frac{\sum_{ilots} Population[t]_{ilots}}{\sum_{maille} Densités_estimée[t]_{maille}}$

Pour connaître l'évolution entre 1990 et 1999, on réalise une première fois ce calcul pour les données de 1990 et une seconde fois en 1999, puis on calcule l'évolution :

$$Evolution_Densité_estimée(maille_j) = \frac{Densité_estimée99(maille_j) - Densité_estimée90(maille_j)}{9}$$

Remarques :

- Pour pouvoir appliquer la méthode en toute rigueur, il faudrait disposer de la localisation (X, Y) de chaque individu. Or dans notre cas, les données disponibles sont déjà regroupées par îlots comme dans des classes établies au préalable. La méthode n'est donc pas appliquée de manière rigoureuse.
- Par ailleurs, en limite du périmètre d'étude, les valeurs lissées sont faussées par l'absence de données à l'extérieur du périmètre : les données sont « moins lissées ». Il convient donc de signaler ce phénomène ou de réduire le périmètre visualisé lors de la cartographie pour exclure ces zones de l'affichage.

4.2.4 Exemples de mise en œuvre

Dans notre exemple, la ville centre est découpée en deux zones : l'hypercentre¹ et le reste de la ville centre. Ces découpages, issus des enquêtes ménages déplacements, apportent des informations à des niveaux géographiques différents de ceux, plus traditionnels, de l'Insee.

¹ L'hypercentre est défini dans les enquêtes ménages déplacements (Certu) comme la zone centrale la plus dense de la commune.

4.2.4.1 Tableau de synthèse T6_012

Un tableau présente l'évolution moyenne annuelle dans l'hypercentre et dans le reste de la ville centre entre 1990 et 1999. Pour ce calcul, c'est la variable brute non lissée qui est exploitée. La variable lissée n'est utilisée que pour améliorer la lecture et faciliter l'analyse des résultats cartographiés.

T6_012 : Evolution moyenne annuelle de densité brute de population entre 1990 et 1999 dans les 3 villes de test
(découpage en îlots 1999)

Ville centre	Type de zone	Surface totale (ha)	Population 1990	Population 1999	Evolution moyenne annuelle (hab./ ha)
Bordeaux	Hyper centre	330,2	32 474	32 512	0,01
	Ville centre hors hypercentre	4 638,4	179 542	184 524	0,12
	Total ville centre	4 968,5	212 016	217 036	0,11
Toulouse	Hyper centre	372,7	58 348	65 230	2,05
	Ville centre hors hypercentre	9 798,4	291265	329 167	0,43
	Total ville centre	10 171,1	349 613	394 397	0,49
Angers	Hyper centre	433,8	37 331	41 465	1,06
	Ville centre hors hypercentre	3 992,8	103 495	109 758	0,17
	Total ville centre	4 426,7	140 826	151 223	0,26

Source : Insee - RP

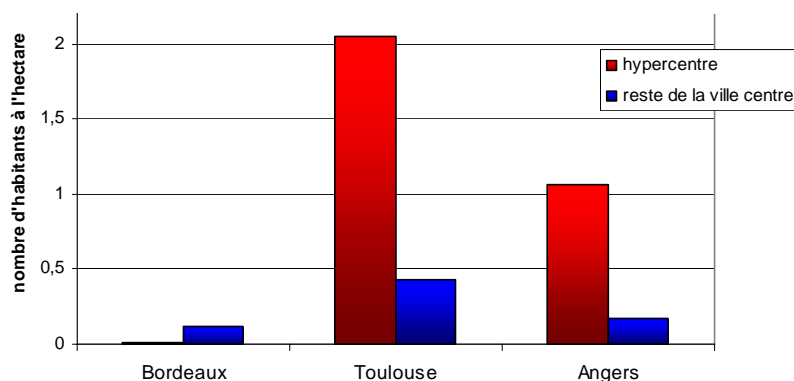
Remarque : c'est la variable "population totale" et non pas la variable "population sans doubles comptes" (PSDC) qui a été utilisée dans ce tableau. C'est pourquoi la somme sur l'ensemble de la ville diffère légèrement de la valeur communale. De même, la surface totale des îlots diffère légèrement de la surface totale de la commune calculée avec BDCarto® car cette dernière est moins précise. C'est surtout le cas pour Toulouse où les îlots ne comprennent pas la voirie ; ainsi leur surface totale est bien inférieure à la surface totale de la commune.

Rappel des résultats à l'échelle communale (données communales)

Commune	PSDC90	PSDC99	Surface de la commune (ha)	Evolution moyenne annuelle 1990-1999 (hab/ha)
Bordeaux	210 336	215 363	4 934	0,11
Toulouse	358 688	390 350	11 890	0,30
Angers	141 404	151 279	4 432	0,25

4.2.4.2 Graphique G6_012

G6_012 : Evolution moyenne annuelle de densité brute de population entre 1990 et 1999 dans les 3 villes de test



Source : Insee - RP

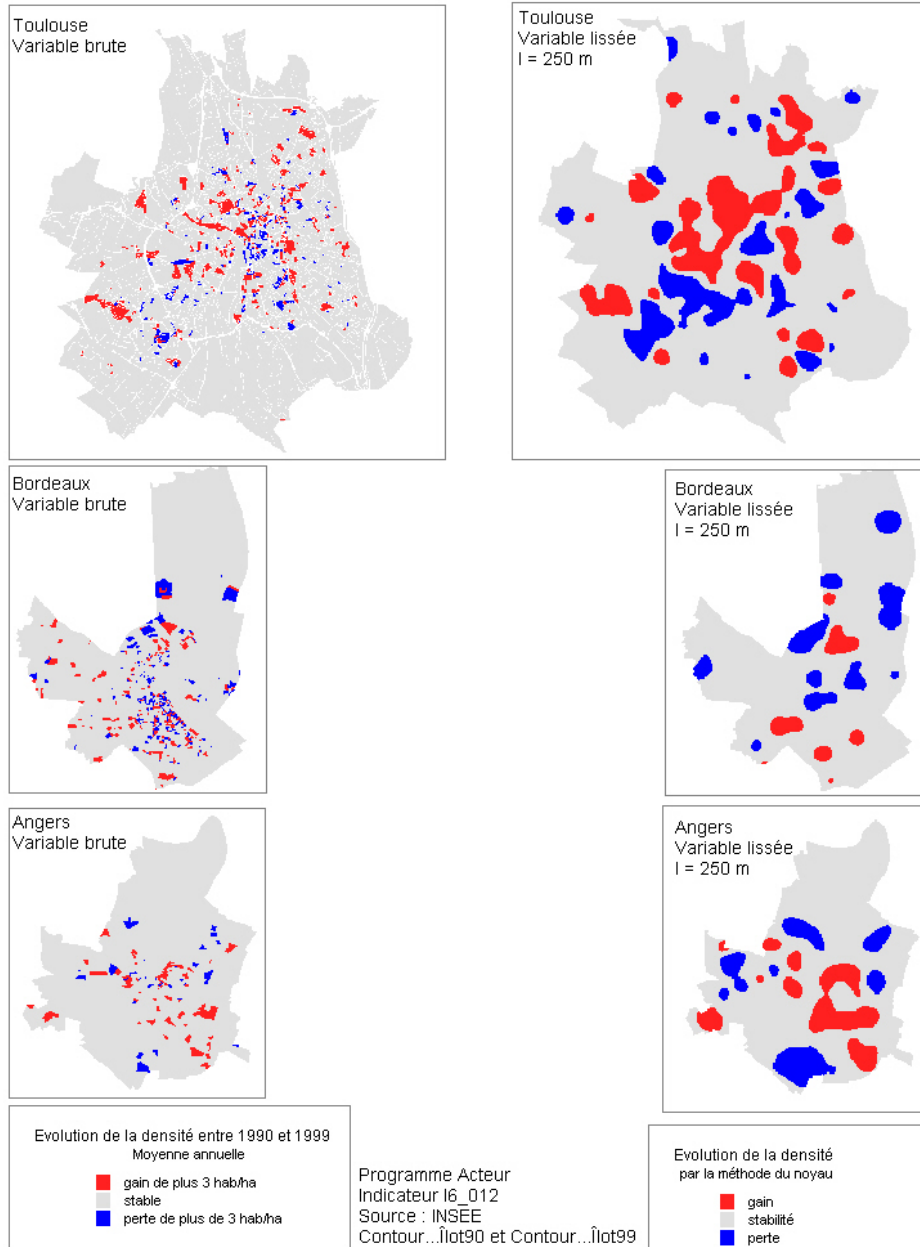
Note de lecture : A Angers et à Toulouse, il semble bien y avoir une réelle densification de l'hypercentre, l'augmentation de population portant sur une surface urbanisée *a priori* assez stable. La densification du reste de la ville semble moins évidente. En effet, en dehors de l'hypercentre, on trouve des terrains non bâtis et, si la densité brute a augmenté légèrement, la surface urbanisée a pu évoluer parallèlement. Dans ce cas, la « densité nette », qui rapporte la population à l'espace occupé, peut rester stable voire diminuer.

Pour Bordeaux, le phénomène est différent, la population de l'hypercentre n'ayant que peu évolué. Il serait intéressant de regarder ce qui se passe en terme d'emplois, en particulier l'évolution des bureaux qui ont peut-être remplacés certains logements.

4.2.4.3 Cartes

C6_012 – Évolution annuelle moyenne de la densité de population sur les villes centres entre 1990 et 1999 Comparaison variable brute et variable lissée

(découpage en îlots 1999)



Note de lecture : le lissage cartographique permet de repérer plus facilement les zones ayant connu des variations significatives de population. Ces zones n'apparaissent pas de manière claire sur les cartes représentant les variables brutes, car souvent des îlots contigus présentent des évolutions différenciées, et de ce fait ne constituent pas des zones suffisamment homogènes pour être aisément identifiables.

4.2.5 Extensions possibles

D'autres méthodes de lissage existent. Elles reposent sur un maillage du territoire en éléments géométriques (carrés ou hexagones), puis sur une estimation des variables sur chacun de ces éléments en supposant que les valeurs se répartissent selon une fonction particulière (ou densité de probabilité) à partir du centroïde de l'objet (commune, iris, îlot...) ¹¹. Plus complexes et plus difficiles d'accès que celle proposée ici, ces méthodes s'appliquent plus particulièrement à des données communales à lisser sur des périmètres très larges (régions par exemple).

Signalons que les dernières générations d'outils cartographiques proposent en standard des méthodes de lissage par répartition. Cependant, celles-ci sont souvent peu documentées quant à la méthode réellement utilisée ¹². Ces outils doivent donc être utilisés avec certaines précautions liées à leur aspect de *boîte noire*.

4.2.6 Limites et précautions d'utilisation

4.2.6.1 Précautions liées au mode de calcul

- L'utilisation d'indicateurs simples à une échelle très fine donne le plus souvent une vision *brouillée* qui ne permet pas de mettre en évidence les continuités de tendances dans l'espace. Elle peut également mettre en évidence ce qui ne constitue que des épiphénomènes. Par exemple, la démolition d'une barre ou d'une tour va se traduire sur l'îlot concerné par une chute importante de la densité ce qui correspond bien à une réalité. Cependant, la *perception* des usagers va souvent au-delà de la limite de l'îlot ; la dédensification s'opère à une échelle plus large : celle du *quartier*, que l'on peut inclure par exemple dans un rayon autour de l'îlot considéré. Il est donc impératif d'avoir recours à des données dites *lissées*, permettant d'appréhender plus globalement les phénomènes dans l'espace.
- Le mode de calcul retenu pour ce lissage n'est pas neutre dans la mise en évidence des phénomènes. Le point de vue de celui qui connaît le territoire étudié est essentiel pour évaluer les valeurs à affecter aux paramètres (notamment la fenêtre de lissage) et la fiabilité des résultats. Les tests réalisés doivent donc être systématiquement validés par les structures locales ayant une bonne connaissance du terrain.
- L'indicateur proposé par le Certu permet de pointer les zones à étudier de façon plus approfondie. Cependant, une fois les cartes produites, il convient de faire une analyse au cas par cas des phénomènes observés, afin de fixer la valeur des paramètres et d'éliminer les zones qui seraient faussement mises en évidence par le lissage. A l'inverse, il faut s'assurer que ce mode de calcul identifie bien toutes les zones qui méritent de l'être.

4.2.6.2 Précautions d'usage et d'interprétation

Pour la cartographie, l'interprétation des résultats obtenus par la méthode de lissage est aisée. En effet, les valeurs calculées sont directement interprétables car le mode de calcul fournit une densité moyenne, que l'on peut évaluer sur la même échelle de référence que les valeurs d'origine. Toutefois, il ne faut pas confondre la valeur d'origine avec la densité d'environnement calculée.

Il s'agit également de ne pas utiliser les valeurs calculées autrement que de manière visuelle, ni de les superposer avec d'autres couches plus précises.

¹¹ Cf. travaux menés par Jean LAGAGNIER et Jacques POUGNARD, DR INSEE PACA.

¹² En particulier sur les fonctions de répartition utilisées.

4.3 Contribution de la taille des ménages à l'évolution de la densité de population (I6_018)

4.3.1 Présentations et apports de l'indicateur

La densité de population sur un territoire donné évolue sous l'influence de différents facteurs. L'évolution de la taille des ménages tout comme celle du nombre de logements occupés déterminent la variation de la population. La contribution de ces deux composantes rend l'analyse des résultats souvent délicate.

L'indicateur proposé ici a pour but de mesurer l'impact de la variation de la taille des ménages sur l'évolution de la population des résidences principales et, par conséquent, de la densité. Il est calculé en décomposant l'évolution de la population des résidences principales selon deux composantes, l'une mettant en évidence l'impact de la taille des ménages, l'autre, l'influence du nombre de logements.

Il permet de repérer, par exemple, les zones à forte décohabitation ou, à l'inverse, celles qui attirent plutôt des familles avec enfants. Il n'est pas rare en effet, de voir des quartiers entiers se dépeupler alors que le nombre de logements occupés reste stable, voire progresse. C'est souvent le cas dans certains lotissements où la taille des ménages s'est progressivement réduite avec le départ des enfants. Ces modifications structurelles ont des conséquences sur les services et équipements en place.

4.3.2 Sources et données utilisées (I6_018)

Les sources utilisées pour le calcul de cet indicateur sont les recensements de la population de 1990 et 1999. Au sens du recensement, le nombre de *résidences principales* correspond exactement au nombre de *logements des ménages*.

Les données communales retenues pour le calcul de l'indicateur I6_018 sont les suivantes :

- NRES90 et NRES99 : nombre de résidences principales
- PRES90 et PRES99 : population des résidences principales

4.3.3 Calcul de l'indicateur (I6_018)

L'indicateur I6_018 donne la variation, entre deux dates, de la population des résidences principales qu'aurait connue la zone observée du fait de la variation de la taille moyenne des ménages, à nombre de résidences principales inchangé. C'est ce que l'on appellera « l'effet taille des ménages ».

La variation de la population des résidences principales entre 1990 et 1999 peut, en effet, être décomposée en deux parties, l'une caractérisant « l'effet taille des ménages », l'autre, « l'effet nombre de logements ». Pour la compréhension et l'interprétation de « l'effet taille des ménages », il est d'ailleurs préférable de calculer aussi « l'effet nombre de logements ».

Pour faciliter le calcul, il est plus facile d'utiliser une variable intermédiaire, taille des ménages :

$$TM = PRES / NRES.$$

Pour toute zone observée, on a donc l'équation suivante :

$$\begin{aligned} \text{VARIATION DE POPULATION 1990-1999} &= \text{PRES99} - \text{PRES90} \\ &= TM99 * NRES99 - TM90 * NRES90 \\ &= \overline{TM} * (\text{NRES99} - \text{NRES90}) + \overline{NRES} * (TM99 - TM90)^{13} \quad \text{où :} \\ &\quad \text{(Effet nombre résidences)} \quad \text{(Effet taille des ménages)} \end{aligned}$$

$$\overline{TM} = \text{taille moyenne des ménages entre 1990 et 1999} = (TM99 + TM90) / 2$$

$$\overline{NRES} = \text{nombre moyen de résidences principales entre 1990 et 1999} = (\text{NRES99} + \text{NRES90}) / 2$$

La contribution de la taille des ménages à la variation relative de la population des résidences principales, ou « effet taille des ménages », est alors donnée par la formule :

$$\text{CONTR}(\text{taille ménages}) = 1\,000 * (\overline{NRES} * (TM99 - TM90) / \text{PRES90})$$

¹³ En effet : $\overline{TM} * (\text{NRES99} - \text{NRES90}) + \overline{NRES} * (TM99 - TM90) = (TM99 + TM90) / 2 * (\text{NRES99} - \text{NRES90}) + (\text{NRES99} + \text{NRES90}) / 2 * (TM99 - TM90) = TM99 \text{NRES99} - TM90 \text{NRES90}$

L'indicateur est calculé pour 1 000 habitants en 1990.

Parallèlement, la contribution du nombre de logements à la variation de la population des résidences principales, ou « effet nombre de logements » est donnée par la formule :

$$CONTR(\text{nombre de logements}) = 1\,000 * (\overline{TM} * (NRES99 - NRES90) / PRES90)$$

L'indicateur peut-être calculé sur les zones d'observation suivantes :

- ⇒ la ville centre ⇒ chaque commune de l'aire urbaine
- ⇒ ensemble de la banlieue ⇒ la couronne périurbaine ⇒ l'ensemble de l'aire urbaine

Les calculs sont effectués à périmètre constant, soit dans les limites du zonage de 1990 pour les exemples mis en œuvre ici.

4.3.4 Exemples de mise en œuvre (I6_018)

Un tableau présente les résultats de la décomposition de la variation de la population des résidences principales entre l'effet taille des ménages et l'effet nombre de logements.

Deux types de graphique sont proposés, l'un privilégie la comparaison entre l'effet taille des ménages et l'effet logement au sein de chaque aire, l'autre, la comparaison de l'effet taille des ménages entre les aires de test.

Enfin, une représentation cartographique à l'échelle communale montre les disparités internes propres à chaque aire urbaine.

4.3.4.1 Tableau de synthèse T6_018

(zonage en 1990)

Aire urbaine	Type de zone	Population des résidences principales 1990	Variation de la population 90-99 (Pour 1 000 hab. en 1990)	Effet taille des ménages (Pour 1 000 hab. en 1990)	Effet nombre de logements (Pour 1 000 hab. en 1990)
Bordeaux	Ville centre	204 508	28	-71	98
	Banlieue	474 274	71	-84	155
	C. périurbaine	131 687	98	-80	179
	Aire urbaine	810 469	65	-76	141
Toulouse	Ville centre	344 589	87	-99	187
	Banlieue	287 871	202	-103	305
	C. périurbaine	144 274	198	-72	270
	Aire urbaine	776 734	151	-87	238
Angers	Ville centre	135 018	65	-91	156
	Banlieue	65 214	65	-105	171
	C. périurbaine	77 250	115	-86	201
	Aire urbaine	277 482	79	-91	170
Dunkerque	Ville centre	68 095	9	-81	90
	Banlieue	119 195	1	-77	76
	C. périurbaine	70 419	8	-89	97
	Aire urbaine	257 709	4	-81	86
Nord-Isère	Ville centre	43 301	199	-36	235
	Banlieue	21 473	72	-83	155
	C. périurbaine	8 076	143	-59	202
	Aire urbaine	72 850	156	-53	209

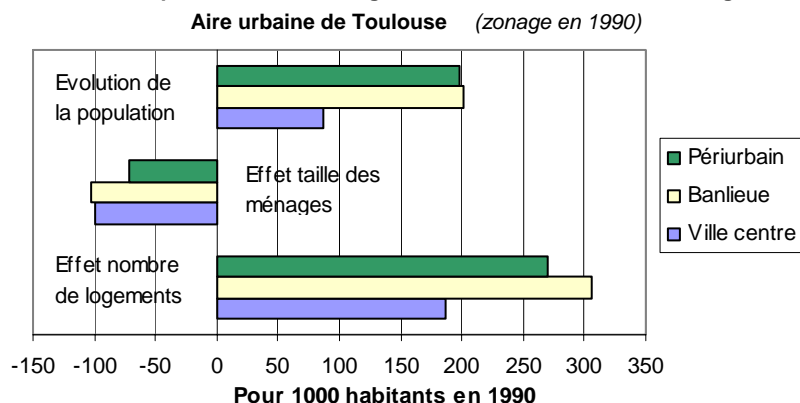
Source : INSEE-RP

* Le site Nord-Isère ne correspond pas à une aire urbaine au sens de l'INSEE (voir annexe A1 page 74)

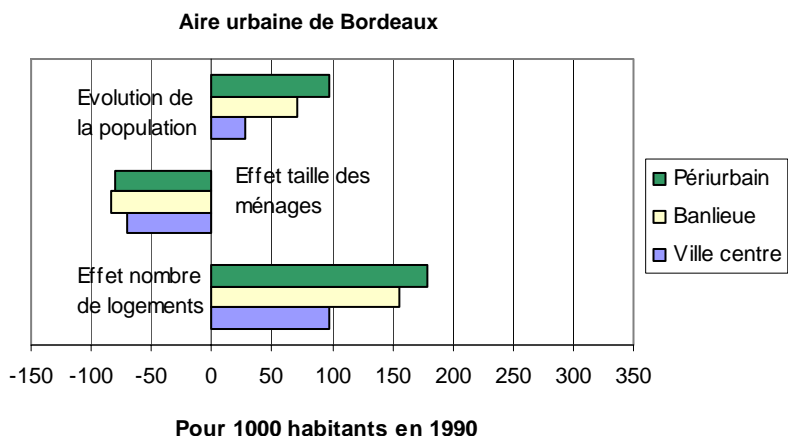
Note de lecture : Pour une population de 1 000 habitants en 1990 dans la ville centre de Bordeaux, l'augmentation de la population entre 1990 et 1999 est de 28. La croissance du nombre de résidences principales aurait dû induire une variation de +98, si la taille des ménages était restée constante entre 1990 et 1999. En fait on constate partout une baisse de la taille des ménages qui freine la croissance de la population (-71 ‰). Il y a donc à la fois un phénomène de dédensification interne aux logements et de densification des différentes zones des aires étudiées, sauf en banlieue de Dunkerque.

4.3.4.2 Graphiques G6_018 : Effet « taille des ménages » et effet « logement » sur l'évolution de la population de 1990 à 1999

G6_018a – Comparaison de l'effet logement et de l'effet taille des ménages dans les aires de Toulouse et de Bordeaux



Note de lecture : Pour 1 000 habitants en 1990, la population résidente en banlieue a augmenté de 200 personnes. Le développement du parc des logements supplémentaires, mais la réduction de la taille moyenne des ménages a engendré une perte de 120 personnes. L'évolution positive de la population entre 1990 et 1999 est due à une forte extension du parc des logements dans les trois zones de l'aire urbaine. C'est en banlieue que la diminution liée à la taille des ménages est la plus importante.

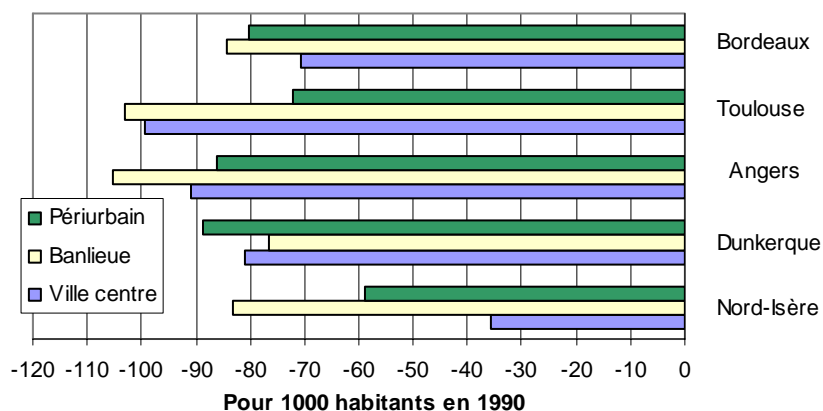


Note de lecture : Pour 1 000 habitants présents dans le périurbain en 1990, l'augmentation de population constatée a été de près de 100 habitants. Si la taille des ménages était restée constante, l'extension du parc aurait dû induire une croissance de la population de 180 habitants pour 1 000. Mais la diminution de la taille des ménages a réduit de 80 habitants pour 1 000 la croissance démographique attendue par la croissance du parc. Le développement démographique de l'aire de Bordeaux entre 1990 et 1999 n'atteint pas celui de Toulouse. En effet l'extension du parc des logements, plus faible, a eu un impact bien moindre sur l'évolution de la population.

Source : Insee - RP

G6_018b - Effet « taille des ménages » sur évolution de la population - Comparaison entre les aires de test

(zonage en 1990)



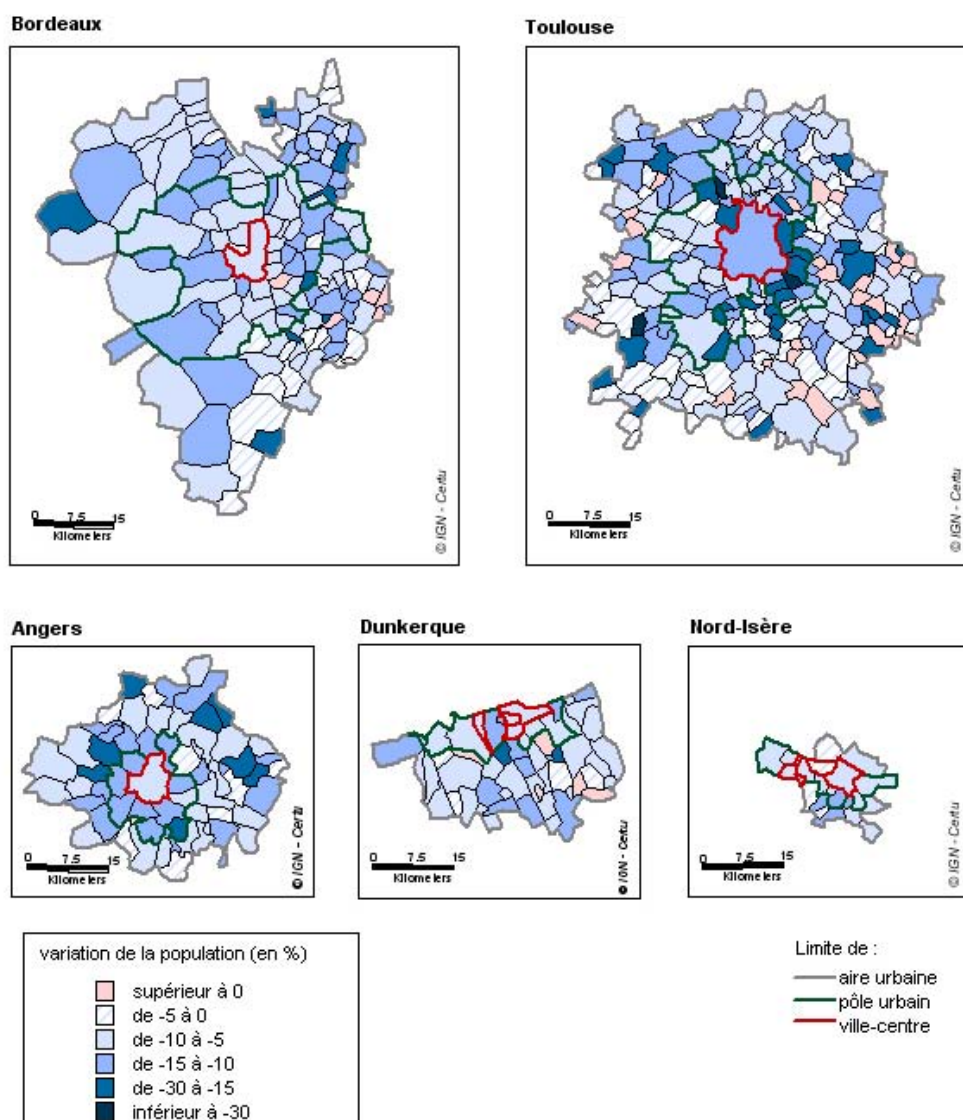
Note de lecture : Dans toutes les aires de test, l'effet taille des ménages vient réduire le potentiel de croissance démographique induit par l'extension du parc des logements. Par exemple, pour 1 000 habitants en 1990 dans la banlieue de Toulouse, la réduction de la taille des ménages a induit une perte de 120 personnes entre 1990 et 1999. L'effet est plus marqué en banlieue que dans les autres zones.

Source : Insee - RP

4.3.4.3 Carte C6_018

Effet taille de ménage sur l'évolution de la population des résidences principales entre 1990 et 1999

Zonage en aire urbaine 1990



Programme ACTEUR, Indicateur I6_018

Source : INSEE-RP - GEOFLA (R)

Note de lecture : La variation de population indiquée sur la carte ne correspond pas à une variation réellement observée mais à la variation qui aurait été observée, si le nombre de logements n'avait pas varié, du seul fait de l'évolution de la taille moyenne des ménages. On voit, par exemple, une ceinture dans la proche banlieue est de l'aire toulousaine où, pour 100 habitants en 1990, la réduction de la taille moyenne des ménages a induit une perte comprise entre - 15 et - 30 personnes entre 1990 et 1999.

4.3.5 Extensions possibles

On pourrait de la même façon mettre en lumière l'effet de la vacance dans les logements, ainsi que les mutations des résidences secondaires en résidences principales, comme facteur de variation de la densité de population sur une zone donnée, à condition de raisonner sur l'ensemble du parc et non plus seulement sur les résidences principales.

Pour pouvoir suivre des évolutions dans le temps, cet indicateur peut être calculé sur plusieurs périodes intercensitaires, à condition toutefois de prendre en compte les différences de durée entre les recensements

4.3.6 Limites et précautions d'utilisation

- Pour le calcul de cet indicateur, il faut bien veiller à prendre la population des résidences principales et non la population totale qui ne permettrait pas de calculer la taille moyenne des ménages.
- Il ne faut pas confondre l'indicateur présenté ici avec un indicateur plus classique, la taille moyenne des ménages (le nombre moyen de personnes occupant une même résidence principale). Ici, il ne s'agit pas de mesurer la taille moyenne des ménages, mais l'impact de la variation de la taille des ménages sur l'évolution de la population des résidences principales.
- La variation de la taille moyenne des ménages peut avoir des causes multiples : départ des jeunes adultes du foyer parental, augmentation du nombre de personnes âgées vivant seules ou du nombre d'étudiants, réduction du nombre de familles avec enfants. Les programmes de construction, en particulier avec des logements de petite taille, peuvent entraîner une diminution notable de la densité d'une zone. Les causes peuvent être différentes selon les espaces, par exemple, installation plus fréquente d'étudiants ou de personnes âgées en ville centre et de familles en périurbain.
- Il ne faut pas oublier que certaines communes ont une population faible. L'impact de la variation de la taille moyenne des ménages sur l'évolution de la population des résidences principales, et donc de la densité, reste peu important.

4.4 Evolution annuelle de la population selon la distance au centre (I6_019)

4.4.1 Présentation et apports de l'indicateur

Cet indicateur très simple à calculer, n'éclaire pas sur la densification des zones étudiées mais permet de suivre les dynamiques démographiques et l'équilibre interne aux aires urbaines. Étudier l'évolution de la population selon la distance au centre permet une première approche de l'étalement urbain. L'indicateur synthétique proposé en extension offre la possibilité de comparer les aires entre elles, ou toute autre zone assez étendue.

L'évolution de la distance au centre ne s'explique pas seulement par l'arrivée ou le départ de nouveaux habitants en périurbain, mais aussi par l'évolution de la structure des ménages. En effet, le solde naturel, excédent des naissances sur les décès, est souvent plus élevé en périurbain qu'en agglomération.

Cet indicateur peut évidemment être calculé pour l'emploi, la délocalisation de l'emploi engendrant souvent celle de la population ainsi que celle d'un certain nombre de services liés à la population.

4.4.2 Sources et données utilisées

La source mobilisée pour le calcul de cet indicateur est le recensement de la population.

Les données retenues pour le calcul de l'indicateur sont les suivantes :

- **PSDC** : population sans doubles comptes
- **distance** « à vol d'oiseau » du chef-lieu de la commune au chef-lieu de la ville centre (à partir de la table des chefs-lieux de commune de la BDCarto®).

NB : Attention, pour le calcul des distances, il est préférable d'employer la localisation des chefs-lieux de commune, où réside la plus grande part de la population, plutôt que celle des centroïdes de communes.

4.4.3 Calcul de l'indicateur

L'indicateur est le quotient de l'évolution de la population entre deux dates t_0 et t_n , par le nombre d'années séparant ces deux dates selon la distance au centre.

L'indicateur I6_019 est donné par la formule
$$\frac{PSDC_z(t_n) - PSDC_z(t_0)}{t_n - t_0}$$

où :

- **z** est la zone étudiée, définie selon la distance au chef-lieu de la ville centre ;
- $PSDC_z(t_i)$ est la population sans doubles comptes de la zone z à la date t_i ;
- $t_n - t_0$ est le nombre d'années séparant les deux dates d'observation.

Choix des zones étudiées

L'indicateur est calculé sur des zones concentriques regroupant un ensemble de communes selon des classes de distance au centre de l'aire urbaine.

La distance utilisée entre deux classes correspond à la distance moyenne entre communes qui est d'environ 4 km en France. Les villes centres sont isolées dans une classe spéciale à cause de leur spécificité qui impacte trop la première couronne et nuit à la comparaison entre aires urbaines. Ainsi, dans les exemples de mise en œuvre, pour Toulouse et Bordeaux, la population de la classe inférieure à 8 km est très faible puisque le rayon du cercle circonscrit à la commune centre avoisine les 10 km.

4.4.4 Exemples de mise en oeuvre

Le tableau T6-019 présente, à titre d'exemple, les résultats des calculs sur l'aire de test d'Angers.

Trois graphiques ont été construits pour mettre en évidence l'évolution du nombre d'habitants selon la distance au centre sur trois périodes, de 1975 à 1999. Pour chaque graphique, il a fallu adapter l'échelle des ordonnées à la taille de l'aire étudiée. Ainsi, pour les aires de Toulouse et Bordeaux, l'échelle est la même, mais diffère de celle utilisée pour l'aire d'Angers.

4.4.4.1 Tableau T6 019

T6_019 : Évolution annuelle de la population entre 1975 et 1999 suivant la distance au chef-lieu de la ville centre Aire urbaine d'Angers

(Zonage en 1990)

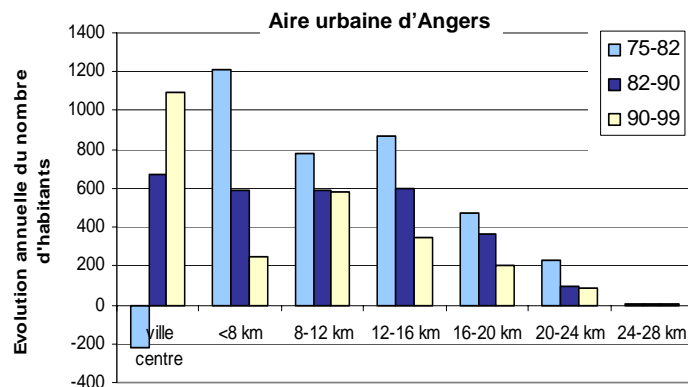
Population et évolution annuelle de la population dans l'aire urbaine d'Angers						
Zone	Population en 1975	Evolution annuelle 75-82	Population en 1982	Evolution annuelle 82-90	Population en 1990	Evolution annuelle 90-99
Ville centre	137 591	-222	136 038	671	141 404	1 097
<8 km	35 810	1 211	44 287	593	49 032	249
8-12 km	28 517	776	33 951	592	38 690	579
12-16 km	17 001	873	23 111	598	27 891	349
16-20 km	12 272	474	15 593	370	18 549	203
20-24 km	8 001	226	9 630	92	10 414	85
24-28 km	283	8	297	9	320	2

Source : Insee - RP

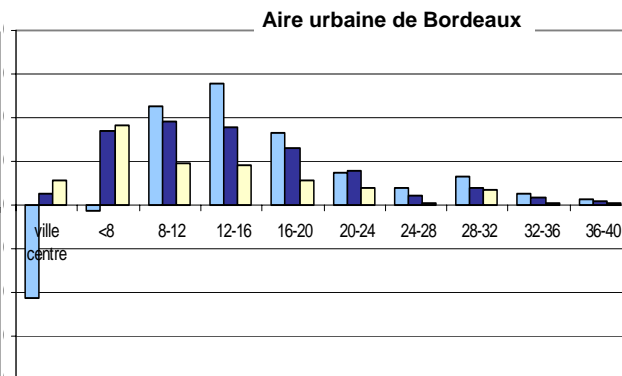
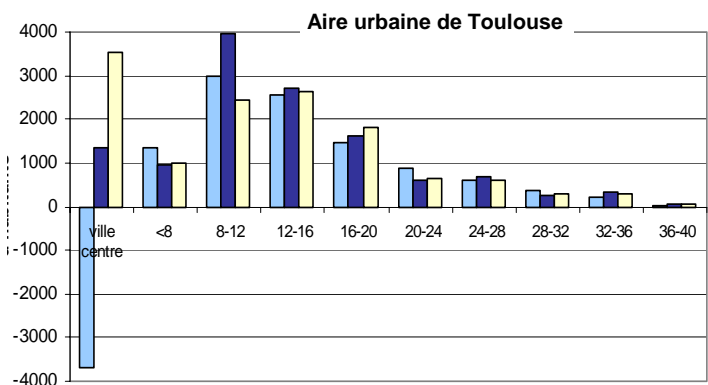
Note de lecture : peu de communes appartiennent à la classe "< 8 km" car le rayon du cercle circonscrit à la commune d'Angers est d'environ 6 km

4.4.4.2 Graphiques

G6_019a - Évolution annuelle de la population selon la distance au centre au sein de chaque aire



Note de lecture : On remarque la diminution sensible de la population du centre et le fort développement périphérique entre 75 et 82. Puis la tendance s'inverse et depuis 1990, on retrouve une bonne progression du centre et un ralentissement de la croissance à la périphérie. L'aire de Toulouse suit cependant un schéma un peu différent puisque la reprise de la croissance de la population en ville centre entre 1990 et 1999 s'est accompagnée d'un ralentissement dans la proche banlieue, mais pas au delà de 10 km.



Attention : ce type de graphique ne permet pas de comparer les différentes classes au sein d'une même aire. En effet celles-ci sont de tailles très différentes. Par contre, il est possible de voir comment évoluent les populations dans chaque zone sur la période étudiée.

4.4.5 Extensions possibles

Pour comparer les aires urbaines entre elles, il est possible, pour une année donnée, de calculer un indicateur plus synthétique : la distance moyenne de la population au chef-lieu de la ville centre. Elle peut être donnée par la formule suivante :

$$\frac{\sum \text{pop}_i \cdot d_i}{\sum \text{pop}_i} \quad \text{où :}$$

- pop_i est la population sans doubles comptes de la commune i
- d_i est la distance du chef-lieu de la commune i au chef-lieu de la ville centre

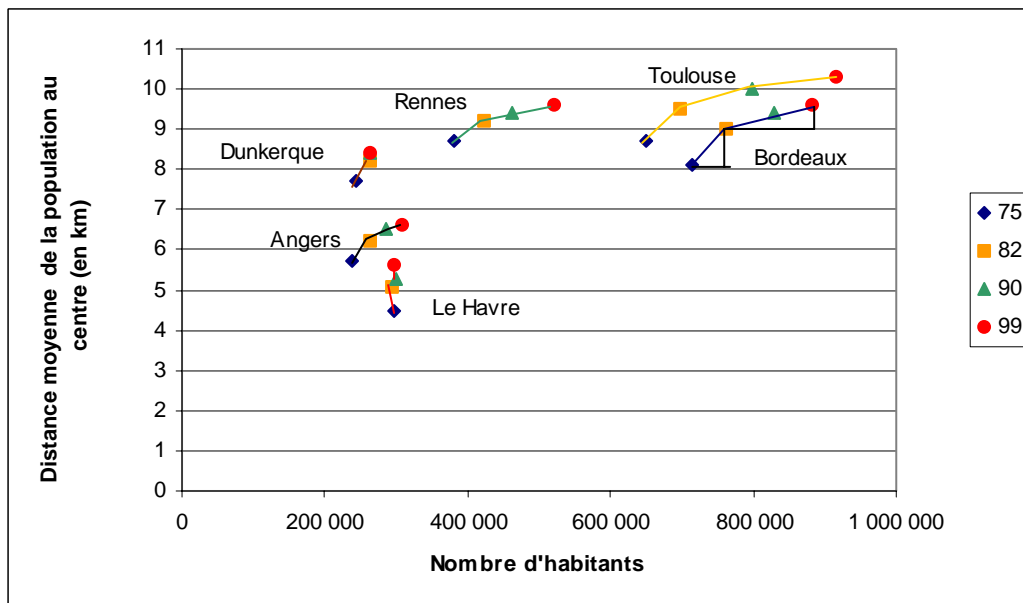
Pour la population de la ville centre, on utilise une distance estimée égale au demi rayon d'un cercle ayant comme surface celle de la ville centre soit : $d_0 = 1/2 \sqrt{\text{surface communale} / \pi}$

Exemple : Distance moyenne de la population au chef-lieu de la ville centre entre 1975 et 1999.
(zonage en 1990)

Aires urbaines	Distance moyenne de la population au centre (en km)			
	1975	1982	1990	1999
Bordeaux	8,1	9,0	9,4	9,6
Toulouse	8,7	9,5	10,0	10,3
Angers	5,7	6,2	6,5	6,6
Le Havre	4,5	5,1	5,3	5,6
Rennes	8,7	9,2	9,4	9,6
Dunkerque	7,7	8,2	8,4	8,4

Source : Insee-RP

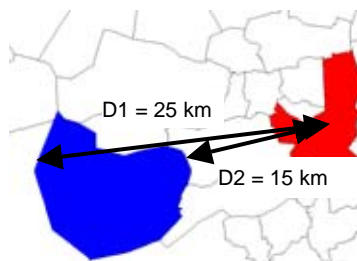
L'évolution de la distance moyenne peut être rapprochée de l'évolution de la population sur la même période :



Note de lecture : Depuis 1982, on note un ralentissement de l'éloignement de la population par rapport au centre.

4.4.6 Limites et précautions d'utilisation

Le population n'est, dans la réalité, pas localisée entièrement au chef-lieu de la commune. De fait, pour une commune étendue ou une commune avec un habitat fortement dispersé, une partie de sa population peut se trouver à une certaine distance de la ville centre et une autre partie à une autre distance nettement différente (qu'il s'agisse d'une distance "à vol d'oiseau" ou d'une distance par la route).



Il faudrait donc pouvoir localiser **plus finement la population à l'intérieur** de la commune.

Si on disposait, pour toutes les communes de l'aire, du découpage en îlots, voir en IRIS, on pourrait alors effectuer le calcul pour ce découpage. Mais on ne dispose pas de ce découpage **sur l'intégralité** de l'aire (la plupart du temps seulement sur les villes de plus de 10 000 habitants) ni pour toutes les dates de recensement. La prise en compte des espaces bâtis n'apporte que peu d'informations supplémentaires car on ne sait pas comment évolue la population de chaque zone bâtie.

Affiner la localisation de la population n'a que peu d'impact sur l'évolution de la population dans les zones concentriques définies selon la distance au centre. Tout au plus, l'évolution sur une zone sera légèrement renforcée au dépend de la zone voisine.

Il faut garder à l'esprit que le calcul de l'indicateur se fait sur des zones de taille très différente, la surface des couronnes augmentant régulièrement au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre. Les évolutions de population n'étant pas rapportées aux surfaces correspondantes, on peut avoir une idée de la répartition de l'augmentation de la population selon la distance au centre, mais pas de la densification.

Quand on calcule les augmentations de population sur une zone, on ne fait pas la distinction entre l'évolution du solde naturel et celle du solde migratoire. Une augmentation de population sur une zone ne correspond pas forcément à une augmentation de la surface bâtie. Les familles peuvent s'agrandir, des résidences secondaires ou des logements vacants peuvent devenir des résidences principales...

ANNEXES

Sommaire des annexes

A1. Présentation des sites et des zonages utilisés	74
A2. Notes méthodologiques	75
A3. Documents et références	89

A1. Présentation des sites et des zonages utilisés

L'expérimentation des indicateurs développés dans le cadre de l'analyse de la question sur la densification ou la dédensification dans les agglomérations a été réalisée sur cinq sites géographiques. Ont été retenus, quatre aires urbaines au sens de l'Insee : Toulouse, Bordeaux, Angers et Dunkerque, et un cinquième site moins « standard », le site « Nord-Isère », composé de trois unités urbaines voisines et de leur aire d'influence économique. L'expérimentation sur plusieurs sites permet de montrer l'intérêt de l'approche pour la comparaison entre territoires, mais parfois aussi ses limites pour cerner certains d'entre eux. A noter que le critère « taille » (en général défini par rapport à la population) reste le critère le plus souvent utilisé (ou tout au moins le mieux compris) pour sélectionner les territoires auxquels on peut se référer pour affiner l'analyse d'un territoire donné.

L'aire urbaine ne représente pas toujours l'échelle la plus pertinente pour observer certains phénomènes urbains. Elle reste cohérente pour mettre en évidence la dynamique de l'extension de l'attractivité des pôles urbains, mais paraît souvent trop vaste pour mesurer l'étalement urbain ou ses caractéristiques. En effet, la définition de l'aire urbaine, prend en compte l'attractivité du pôle au regard de l'emploi, contrairement à celle du pôle urbain qui se réfère à des critères physiques de continuité de l'habitat. La pertinence des limites du territoire observé reste très dépendante du phénomène à étudier.

Définitions

Pour étudier les villes et leur territoire d'influence, l'Insee a défini, en 1997, un nouveau concept spatial, celui d'aire urbaine. **L'aire urbaine est formée d'un pôle urbain et d'une couronne périurbaine.** Définies pour la première fois à partir des données du recensement de la population de 1990, les aires urbaines ont été délimitées à nouveau lors du recensement de 1999.

Pôle urbain - Il est constitué par une unité urbaine* offrant 5 000 emplois ou plus et n'appartenant pas à la couronne périurbaine d'un autre pôle urbain. Certaines unités urbaines dépassant le seuil de 5 000 emplois sont sous la dépendance économique d'une unité urbaine plus importante (plus de 40 % de leur population active résidente travaille dans le pôle ou dans les communes attirées par celui-ci). Ces unités urbaines sont alors incluses dans la couronne périurbaine du pôle sous l'influence duquel elles se trouvent.

Aire urbaine - Elle est constituée d'un ensemble de communes d'un seul tenant et sans enclave comportant un pôle urbain, et une couronne périurbaine formée de communes rurales ou d'unités urbaines dont au moins 40 % de la population résidente (ayant un emploi) travaille dans le pôle ou dans des communes attirées par celui-ci.

Il peut arriver qu'une aire urbaine se réduise au seul pôle urbain. Pour la définition des aires urbaines des pôles frontaliers, dont une partie de l'agglomération est située à l'étranger, sont comptabilisés les flux à destination de la partie étrangère de l'unité urbaine pour déterminer les communes appartenant à la couronne périurbaine.

Couronne périurbaine (d'un pôle urbain) - Ensemble des communes de l'aire urbaine à l'exclusion de son pôle urbain

Au cours de la constitution des aires urbaines, les unités urbaines ne sont pas dissociées. Toutes les communes qui les forment sont affectées en bloc à une même aire.

** La notion d'unité urbaine repose sur la continuité de l'habitat. Une unité urbaine est un ensemble formé par une ou plusieurs communes dont le territoire est partiellement ou totalement couvert par une zone bâtie continue d'au moins 2 000 habitants. Dans cette zone bâtie, les constructions sont séparées de leurs voisines de moins de 200 mètres. Pour chaque agglomération communale, on a défini un « centre ». La ville centre est la commune qui représente plus de 50 % de la population de l'unité urbaine ; à défaut, toutes les communes qui ont une population supérieure à la moitié de la population de la commune la plus importante forment avec cette dernière, les villes centres de l'unité urbaine.*

Cas particulier du site du Nord-Isère - Le site Nord-Isère comprend une aire urbaine au sens de l'INSEE, celle de Bourgoin-Jallieu. La partie ouest du territoire, qui pourrait constituer un pôle urbain au regard des nombres d'habitants et d'emplois, est dans l'aire urbaine de Lyon.

L'équipe d'étude a retenu un territoire centré sur les trois unités urbaines voisines : Bourgoin-Jallieu, l'Isle d'Abeau et Villefontaine. Il est composé de 57 communes.

Les indicateurs sont expérimentés sur ce périmètre constitué :

- des trois villes centres : Bourgoin-Jallieu, l'Isle d'Abeau et Villefontaine,
- d'une « banlieue » qui comprend le reste des communes incluses dans les 3 unités urbaines centrales (8 communes), celles-ci formant un couloir urbain le long des axes de circulation,
- d'une périphérie qui comprend le reste des communes du territoire d'étude (46 communes).

A2. Notes méthodologiques

A2.1. Taux de croissance annuel moyen de la population

L'indicateur permet de visualiser les communes faiblement peuplées qui gagnent ou perdent de la population sans pour autant voir leur densité varier de façon notable.

La source mobilisée pour le calcul est le recensement de la population. On utilise les bases de données communales.

Mode de calcul de l'indicateur

L'indicateur est la racine n-ième du quotient de la population de la zone observée l'année t_n sur la

population de la zone l'année t_0 moins 1, soit : $\Delta_{annuel} = \sqrt[n]{\frac{PSDC_z(t_n)}{PSDC_z(t_0)}} - 1$ où :

- n correspond à la période exacte écoulée entre les dates des recensements, fournie dans les fascicules oranges de l'Insee
- z est la zone étudiée
- $PSDC_z(t_n)$ est la population sans double comptes de la zone z l'année t_n

La rétroprojection des données (calculs sur les années précédentes) se fait à périmètre constant, soit dans les limites du zonage de 1990 pour l'exemple de mise en œuvre présenté ici.

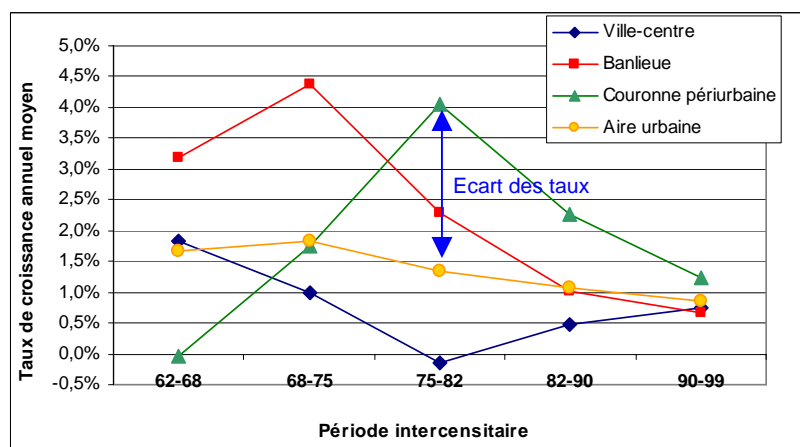
Exemple de mise en œuvre sur l'aire urbaine d'ANGERS

Taux de croissance annuel moyen de 1962 à 1999 (zonage 1990)

Type de zone	Taux de croissance annuel moyen				
	62-68	68-75	75-82	82-90	90-99
Ville-centre	1,84	0,98	-0,16	0,48	0,75
Banlieue	3,19	4,37	2,29	1,03	0,67
C. périurbaine	-0,04	1,76	4,05	2,25	1,23
Aire urbaine	1,66	1,82	1,34	1,07	0,86

Source : Insee - Recensements

Taux de croissance annuel moyen des différentes zones de l'aire urbaine d'ANGERS



Source : Insee - Recensements

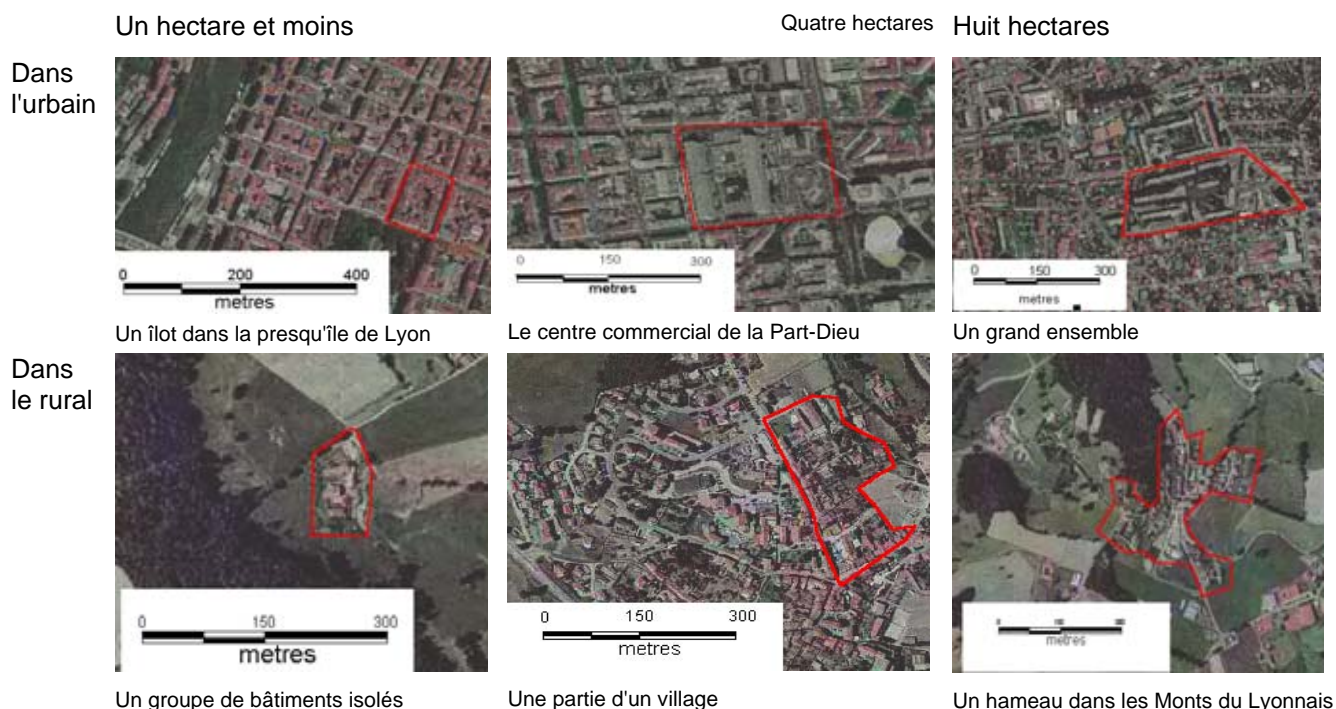
Note de lecture : Il faut faire attention à l'interprétation de ces courbes. En effet, seuls les taux de croissance négatifs indiquent un phénomène de dédensification globale de la zone étudiée. On peut continuer à gagner de la population avec un taux de croissance en baisse. C'est le cas par exemple dans la couronne périurbaine depuis les années 80.

Ce graphique permet également de comparer les taux de croissance de population des différentes zones par rapport à celui de l'aire urbaine. On voit que le taux de croissance de la ville centre a, depuis les années 70, toujours été inférieur à celui de l'aire urbaine même si les différences se réduisent avec le temps. L'écart maximum par rapport au taux de l'aire est celui de la couronne périurbaine dans la période 1975-1982.

A2.2 Surface bâtie, surface habitée

Notion de surface

Que représente un hectare « sur le terrain » ?



Attention : D'une base à l'autre, la surface minimale de bâti prise en compte est variable. Elle est de 8 ha pour BDCarto® et de 0,5 ha pour Spot Théma®. Le cas de la BDTopo est différent, ce n'est pas à proprement parler une couche d'occupation des sols car chaque bâtiment est pris en compte.

La surface habitée

La notion de « bâti » diffère d'une base à l'autre en fonction des spécifications de contenu des bases de données et influe sur le calcul de la surface habitée.

La BDCarto®

Sont inclus dans la couche « occupation des sols » de nature bâti :

- habitat dense : tissu urbain dense, noyaux urbains et faubourgs anciens, bâtiments formant un tissu homogène et continu y compris les équipements divers inférieurs à 25 ha
- jardins individuels, lotissements, cités jardins ;
- grands équipements urbains : écoles, lycées, universités, hôpitaux, casernes...
- cimetières, parcs, bois et forêts... pour les surfaces inférieures à 25 hectares et incluses dans une zone bâtie ;
- serres : elles sont classées dans le poste « bâti » quand elles sont incluses dans une zone de bâti ; dans les autres cas, elles sont classées dans le poste « prairie... » ou « vigne, verger » ;
- zone industrielle, commerciale ou de loisirs : les surfaces inférieures à 25 hectares et liées à du bâti supérieur à 8 hectares sont incluses dans le poste « bâti » ;
- le bâti de plus de 8 hectares dans les zones industrielles, commerciales et d'équipement liées aux transports est classé dans le poste « bâti » ;
- les zones de communication de moins de 100 mètres de large et de moins de 25 ha
- les chantiers : les chantiers sont classés dans le poste « bâti » s'ils se situent dans une zone de bâti, et dans le poste « zone industrielle... » s'ils se situent dans une zone traitée comme tel ;
- habitat dispersé : villages, hameaux : ceux de 8 ha seulement, s'ils forment une bande continue d'au moins 50 mètres de large sur au moins 600 mètres de long. Les petites par-

celles de bâti (surfaces inférieures à 8 hectares) sont regroupées si elles sont distantes les unes des autres de moins de 100 mètres, de manière à atteindre les 8 hectares.

Conclusion : la surface « habitée » obtenue de cette manière correspond à une surface mixte activité-habitat hors ZI de plus de 25 ha. Les petites surfaces de moins de 8 hectare étant exclus.

Spot Théma®

Sont inclus dans le poste « espaces urbanisés » :

- habitat dense : habitat individuel ou collectif, autre, continu ou discontinu y compris les équipements divers inférieurs à 4 ha
- jardins individuels, lotissements, cités jardins
- grands équipements urbains : écoles, lycées, universités, hôpitaux, casernes...
- cimetières, parcs, bois et forêts, serres
- habitat dispersé : toutes les zones de plus de 0,5 ha y sont incluses.

Conclusion : la surface « habitée » obtenue de cette manière, correspond à une surface mixte activité-habitat hors ZI de plus de 4 hectares. Les petites surfaces de moins de 0,5 hectares étant exclus.

La BDTopo®

On utilise la couche des bâtiments quelconques c'est-à-dire les bâtiments en « dur » dont l'architecture ou l'aspect n'est pas industriel, agricole ou commercial. Contrairement aux deux bases précédentes, il n'y a pas de critères de surface, les objets sont distingués individuellement.

Cela concerne :

- toutes les habitations ;
- tout bâtiment ayant des fenêtres dont l'architecture ou l'aspect n'est pas industriel, agricole ou commercial (ex : école, lycée, hôpital,...) ;
- les bâtiments en béton, en verre (souvent des bureaux) construits dans les zones d'activités ;
- les chalets de montagne et les anciennes bergeries ;
- les cours intérieures sont saisies si leur plus grande dimension est ≥ 25 m et leur plus petite ≥ 10 m.

En règle générale, les bâtiments ne sont pas généralisés, leur individualité est conservée jusqu'aux limites de la précision planimétrique (1 mètre). Les vérandas ne sont pas saisies.

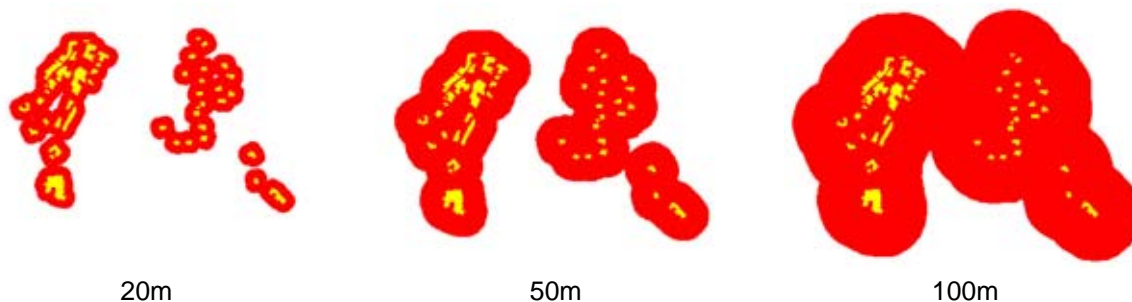
En zone urbaine ou périurbaine, les cabanes de jardin et les petits garages isolés ne sont pas saisis.

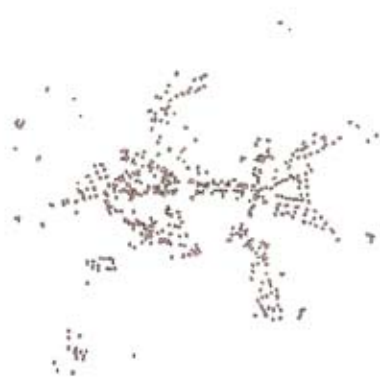
Comment créer une surface habitée à partir de la BDTopo® ?

Etape 1 : Dilater tous les bâtiments

On calcule un tampon autour de chaque bâtiment. Après expérimentation, un tampon de 50 m a paru suffisant pour obtenir un espace urbanisé continu. Cela revient à dire que l'on « regroupe » tous les bâtiments distants de moins de 100 m, ce qui correspond aux spécifications de la BDCarto®. Nous aurions pu choisir 200 m comme pour la définition des unités urbaines de l'INSEE (c'est à dire choisir un tampon de 100 m) mais cela paraissait trop surestimer la tâche bâtie.

Exemples de dilatation





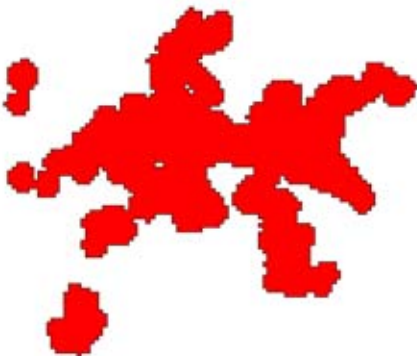
Bâtiments



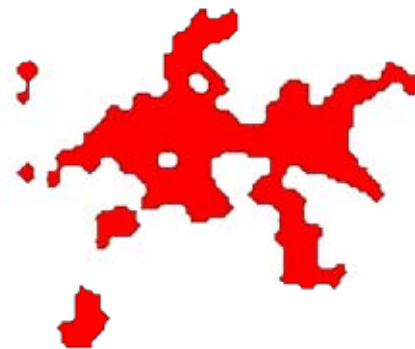
Bâtiments après dilatation de 50 m

Etape 2 : Réaliser une érosion des tampons obtenus

On s'aperçoit sur la figure précédente que la surface obtenue après dilatation est trop importante par rapport à la surface bâtie. Il faut donc faire suivre cette dilatation du bâti d'une érosion de 25 m (tampon avec un rayon négatif).



Avant érosion



Après érosion

Intérêt de la méthode de dilatation/érosion : Pratiquer une dilatation de 50 m suivie d'une érosion de 25 m autour des bâtiments n'est pas équivalent à réaliser simplement une dilatation de 25 m. En effet, une dilatation trop faible laisse subsister de larges espaces en dehors de la surface urbanisée et qui pourtant correspondent bien à une occupation humaine de l'espace. Il vaut donc mieux réaliser une dilatation plus large au départ, suivie d'une érosion pour obtenir une surface urbanisée continue.

Résultat final



Bâtiments



Surface bâtie

Conclusion : la surface « habitée » réalisée avec la BDTopo® permet une meilleure prise en compte du bâti en couronne périurbaine. La distinction entre le bâti habité ou non est également plus précise (sauf erreur d'interprétation). La surface « habitée » obtenue de cette manière correspond à une surface mixte activité-habitat hors bâtiments industriels ou commerciaux.

A2.3. Estimation de la densité par la méthode du noyau, pour la cartographie

La méthode proposée consiste à visualiser sur une carte des zones de densité homogènes. Appliquée à un territoire infracommunal, elle part du principe que, du point de vue de la perception de ses habitants, la densité d'un îlot est indissociable de celle de ses voisins. Une vaste zone ne comportant qu'une tour très isolée, par exemple, ne sera pas perçue aussi dense que la même zone composée d'îlots occupés par des ensembles d'immeubles plus bas.

1. Intérêt de la méthode

Les cartes traditionnelles, selon un découpage administratif ou par quartiers, sont souvent difficiles à analyser pour plusieurs raisons. Si l'on travaille, par exemple, sur un découpage à l'îlot :

- Elles mettent en évidence des épiphénomènes, en faisant apparaître des îlots isolés qui peuvent ne pas constituer une zone *importante* de densité de par leur surface.
- Elles sont tributaires du découpage en îlots qui crée des ruptures artificielles des phénomènes.

Pour pallier à ces inconvénients, il est possible d'effectuer *un lissage* des données ("nettoyage" de la mosaïque), en calculant **la densité par la méthode du noyau (KDE = Kernel Density Estimation)** sur une **grille**.

Ainsi, une zone entourée de zones de forte densité, verra sa densité renforcée par ce calcul (remplissage des vides). A l'inverse, une zone isolée à forte densité ne sera maintenue que si cette densité est beaucoup plus importante que celle de ses voisins (élimination des épiphénomènes). Le lissage permet ainsi de faire apparaître *des continuités de tendance* dans l'espace. Mais il s'agira de ne pas utiliser la valeur calculée autrement que de manière visuelle.

En limite du périmètre d'étude, les valeurs lissées sont faussées par l'absence de données à l'extérieur du périmètre : les données sont "moins lissées", la densité est artificiellement augmentée. Il conviendra donc de signaler ce phénomène, ou de réduire le périmètre visualisé lors de la cartographie pour exclure ces zones de l'affichage. Des méthodes, non développées ici, existent pour tenir compte des effets de bord.

La méthode de lissage peut être appliquée directement à la **population afin d'estimer sa densité**, mais aussi à **l'évolution de la densité** entre deux dates, par exemple 1990 et 1999. Il suffit pour cela d'effectuer le calcul une fois avec le découpage 1990 et une fois avec le découpage 1999, en utilisant la même grille, puis de faire la différence des valeurs lissées aux deux dates. Les cartes ainsi obtenues mettent en évidence les zones de forte concentration de population, évitent le morcellement et masquent une grande partie des épiphénomènes.

2. Application de la méthode à des données de population à l'îlot

Le territoire d'étude est découpé en **îlots**. Les îlots sont des objets vectoriels contigus de type **polygones** portant une **population**. Ils peuvent aussi être modélisés par un **point** placé au **centre** (appelé aussi **barycentre** ou **centroïde**) du polygone.

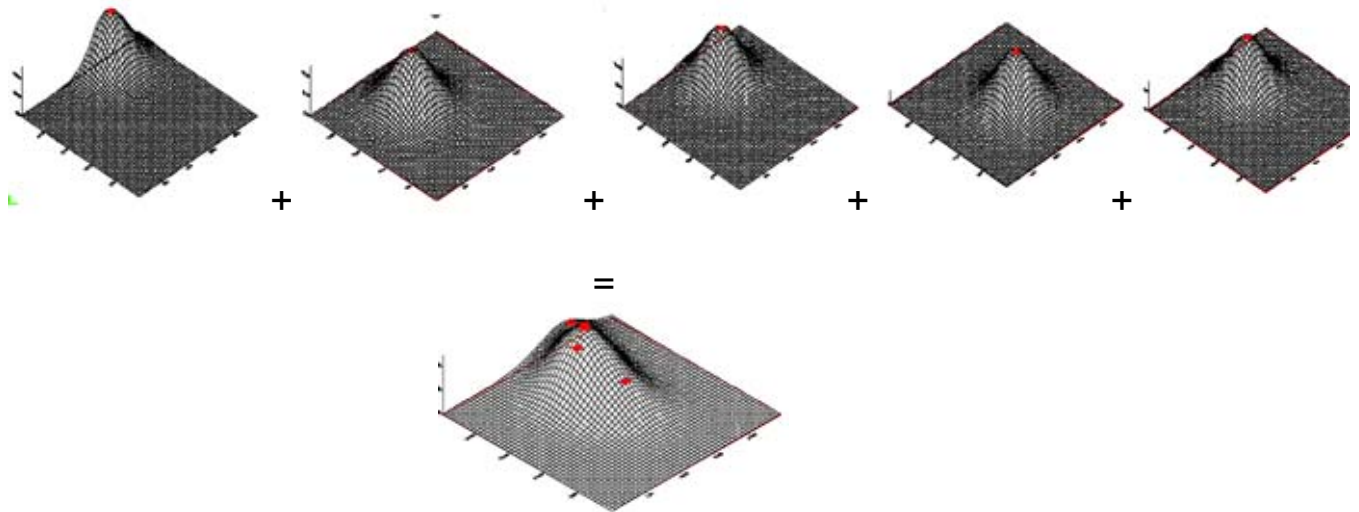
Une grille à mailles régulières est alors appliquée au territoire d'étude. Une **grille** est une **matrice** ou tableau de **n lignes** et **p colonnes**. Afin de la modéliser dans un SIG de type vectoriel comme MapInfo, une grille peut être représentée par des rectangles appelés **mailles** ou des points appelés **nœuds**. Chaque maille ou nœud porte une **valeur**. Le **pas** de la grille est la distance entre deux nœuds ou bien la largeur de la maille.

Remarque : Avec des SIG raster comme Vertical Mapper ou Spatial Analyst, les grilles sont modélisées par des objets appelés **grid**, correspondant grosso modo aux grilles vectorielles de type rectangle. Chaque rectangle est appelé un **pixel** et porte une **valeur**.

En pratique la variable population de chaque îlot (considérée comme portée par le centre de l'îlot) est répartie, après lissage, dans chaque maille de la grille du territoire observé par l'application d'une fonction de répartition. La valeur lissée sur une maille correspond à la somme des contributions reçues de chaque îlot.

Ainsi, après lissage, la population initiale a été répartie différemment sur le territoire étudié. Un coefficient de normalisation doit donc être appliqué au lissage afin de **conserver la population totale** : la somme de la population des îlots doit être égale à la somme de la population portée par les mailles.

L'estimation de la densité par la méthode du noyau consiste donc à placer une fonction symétrique sur chaque centre d'îlot puis à faire la somme de toutes ces fonctions.

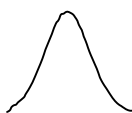


Sur chaque centre d'îlot, on place une fonction noyau (kernel) symétrique. Par symétrique, on entend qu'elle décroît lorsqu'on s'éloigne du centre, et ceci de la même façon dans toutes les directions. Dans cet exemple on utilise une distribution normale (gaussienne) mais d'autres types de distributions symétriques sont possibles.

La distribution est estimée en sommant les valeurs de toutes les fonctions noyaux en chaque point de la grille pour produire une fonction de distribution lissée et cumulative. L'avantage est que chaque point contribue **de manière égale** à la mesure de la distribution et de fait la fonction **est continue en chaque point**.

Le lissage de la distribution finale dépend de la largeur de la fonction noyau (taille de la fenêtre de lissage).

Fenêtre de lissage étroite

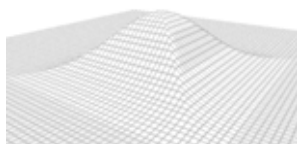


Fenêtre de lissage large



- **Fonction noyau**

La fonction la plus souvent utilisée est la fonction gaussienne qui prend en compte tous les points de l'aire d'étude.



Fonction gaussienne

Les îlots proches de la maille ont un poids plus fort que les îlots éloignés du fait de l'utilisation de la fonction exponentielle. Cette fonction s'étend à l'infini dans chaque direction et donc s'applique sur toute la surface et pas seulement dans un cercle circonscrit à chaque maille.

Plusieurs formules assez proches sont inventoriées dans la littérature et dans les guides des logiciels pour le calcul de la fonction noyau, mais tant que la fonction noyau est symétrique, les différences sont infimes. Dans tous les cas, on somme les populations pondérées par les fonctions noyau. Cette fonction est variable mais comporte toujours une fonction "exponentielle".

Dans cette expérimentation, on a retenu la formule suivante (utilisée dans le logiciel CrimeStat) :

$$Densité_estimée(maille_j) = \sum_{i=1}^{n_ilot} Population(ilot_i) \times k\left(\frac{d_{ij}}{\lambda}\right) \quad \text{avec} \quad k(x) = \frac{e^{-\frac{x^2}{2}}}{2 \times \pi \times \lambda^2}$$

- λ est la taille de la fenêtre de lissage en unité de carte (mètre, kilomètre...)
- d_{ij} est la distance entre l'îlot i et la maille j en unité de carte (mètre, kilomètre...)
- n_ilot est le nombre total d'îlots du territoire étudié
- $K(x)$, avec $x=d_{ij}/\lambda$, est la fonction noyau

• Fenêtre de lissage

Le choix de la fenêtre de lissage (valeur de λ) est délicat. Il y a plusieurs manières de choisir la taille de la fenêtre de lissage (voir note méthodo...). Une méthode empirique consiste à tester diverses fenêtres de lissage et à examiner le résultat. Typiquement, un λ petit produit une estimation fine avec toutes les bosses et creux car seuls les îlots les plus proches influent sur le calcul. Un λ plus grand lisse la fonction et montre moins les différences entre zones car plus d'îlots sont pris en compte.

La taille de la fenêtre de lissage va dépendre du nombre d'îlots et de leur surface. Il faut garder en tête la précision statistique, si la taille de l'échantillon n'est pas très grande, un petit intervalle sera imprécis, les variations seront aléatoires. D'un autre côté, si l'échantillon est important, on peut faire une estimation plus fine. En général, il vaut mieux tester différentes tailles.

La taille de la fenêtre de lissage va dépendre de la **taille** et de la **répartition spatiale** des îlots.

• Variables à lisser

On distingue 2 types de variables : les variables brutes (dénombrement) et les relatives (ratios, moyennes).

Pour les dénombrements, le lissage consiste à compter les individus. Par contre pour lisser un ratio, comme un taux d'évolution, faire un lissage des taux n'est pas adapté. Une méthode spécifique s'impose, car ces variables sont sans dimension. Une solution est de lisser séparément numérateur et dénominateur puis de calculer le ratio. La fonction noyau étant linéaire, toutes les variables brutes et toutes les combinaisons linéaires de variables brutes peuvent être lissées (solde, évolution...). Le résultat est une densité.

Pour pouvoir appliquer la méthode en toute rigueur, il faudrait disposer de la localisation précise (X,Y) de chaque dénombrement. Or dans le cas des îlots, les données disponibles sont déjà regroupées : c'est comme si des classes préalables avaient été faites.

Pour l'expérimentation ici, le lissage est appliqué à la variable **population** portée par le centre de l'îlot en utilisant un λ supérieur au rayon moyen d'un îlot. La forme de l'îlot et donc sa surface n'est pas prise en compte directement.

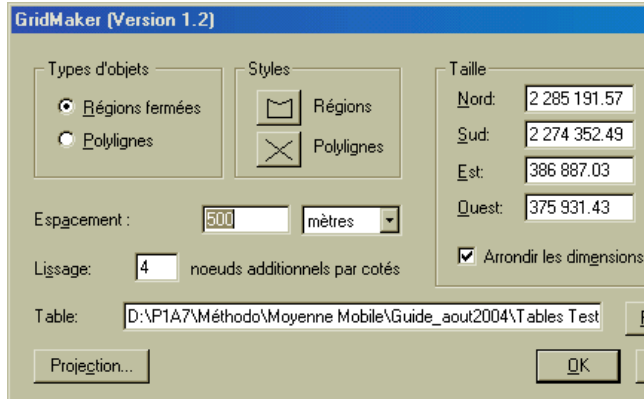

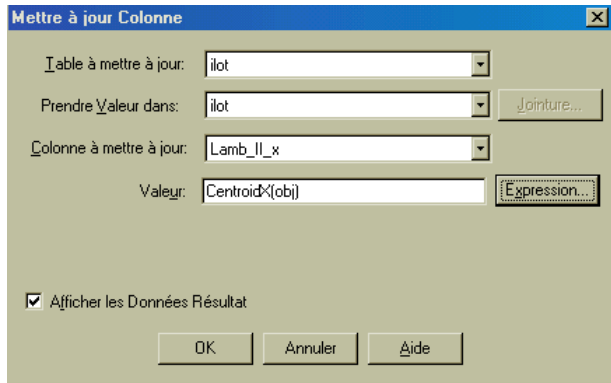
3. Outils

La méthode peut être appliquée avec plusieurs outils (MapInfo, CrimeStat, SAS...) qui sont présentés dans la note méthodologique « L'estimation de la densité par la méthode du noyau », complément à ce dossier technique et disponible également sur le site de l'Observation urbaine (www.certu.fr/acteur). Ici, les calculs ont été réalisés avec CrimeStat, outil américain du ministère de la justice téléchargeable gratuitement sur le site <http://www.icpsr.umich.edu/NACJD/crimestat.html>.

• Création d'une grille sur le territoire d'étude

Avec la plupart des outils, il faut au préalable créer dans MapInfo une grille qui portera le résultat du lissage. Il est utile aussi d'ajouter aux données "îlot" et aux données "grilles" des colonnes portant les coordonnées (X,Y) des centres de ces objets afin de permettre les calculs dans les logiciels non géographiques (SAS, CrimeStat).

Un code permettant d'identifier de manière unique chaque objet géographique doit aussi être créé afin de permettre les jointures de données.

Action	Menu	Illustration
<p>Créer une grille régulière sur la table des îlots de pas qui peut être égal à un demi-rayon moyen d'îlot. (50 m par exemple)</p> <p>Utiliser pour cela l'outil de création de grille GridMaker.mbx fourni en standard dans la boîte à outil de MapInfo</p> <p><i>Nb : plus le pas de la grille sera petit, plus longs seront les calculs !</i></p>	<p>Outil=>exécuter</p> <p>Ou</p> <p>Outil=>gestionnaire d'outils : Création d'une grille</p>	
<p>Ajouter à la table grille une colonne identifiant "id_grille" que l'on remplit avec Rowid (numéro d'ordre dans la table, de type entier) afin d'identifier de manière unique chaque maille.</p>	<p>Table=>mettre à jour colonne</p>	
<p>Ajouter à la table "îlot" et à la table "grille" 2 colonnes X et Y indiquant les coordonnées des centres dans le système de projection adapté.</p>	<p>table=>gestion table>modifier structure</p> <p>NB : il faut spécifier le système de projection au préalable sinon MapInfo effectuera les calculs en latitude/longitude</p> <p>On peut pour cela taper la commande suivante dans la fenêtre mapbasic pour du lambert2 carto :</p> <pre>Set Map CoordSys Earth Projection 3, 1002, "m", 0, 46.8, 45.898918964419, 47.696014502038, 600000, 2200000</pre> <p>table=>mettre à jour colonne</p> <p>Les fonctions à utiliser sont CentroidX() et CentroidY()</p>	

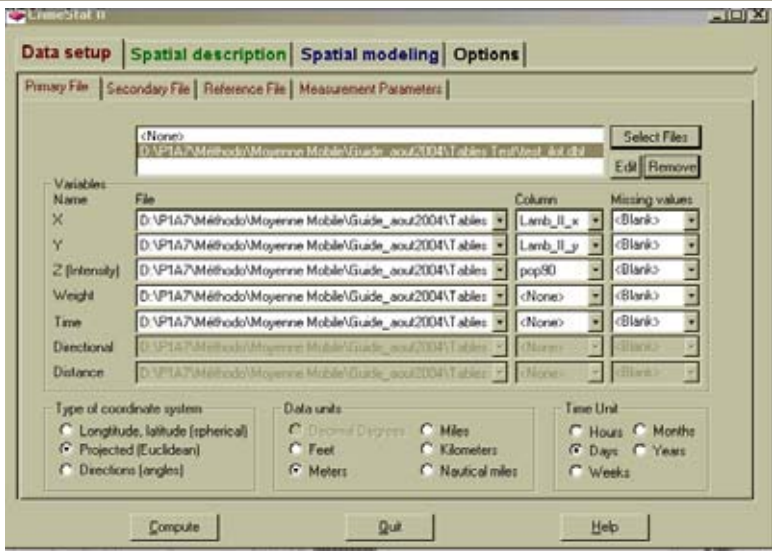
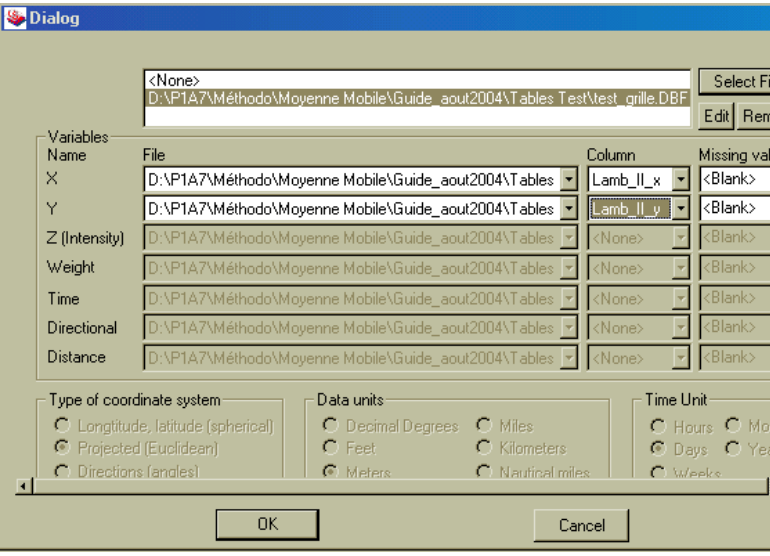
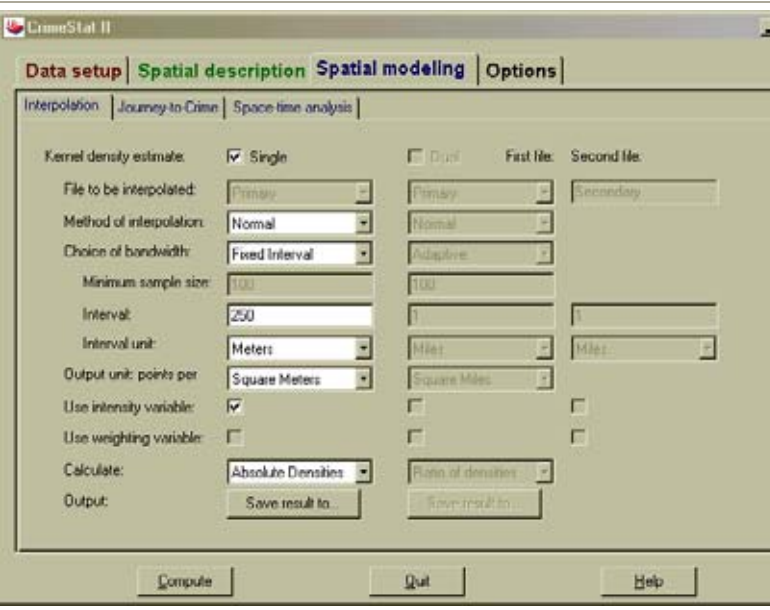
• **Application avec MapInfo V6.5 et CrimeStat14 II**

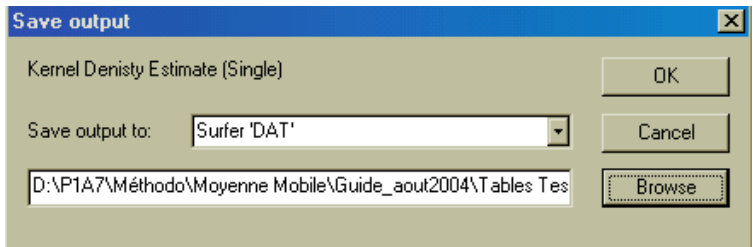

MapInfo seul peut être employé pour réaliser le lissage, en combinant plusieurs requêtes SQL complexes. Mais pour cet exemple, c'est la formule de *CrimeStat* qui a été employée pour le calcul de la fonction noyau.

Après avoir créé la grille sous MapInfo (cf. 3.1), ajouter les colonnes X et Y pour les îlots et la grille et enfin exporter ces deux tables au format DBF via le menu "table=>exporter table". Lancer ensuite CrimeStat.

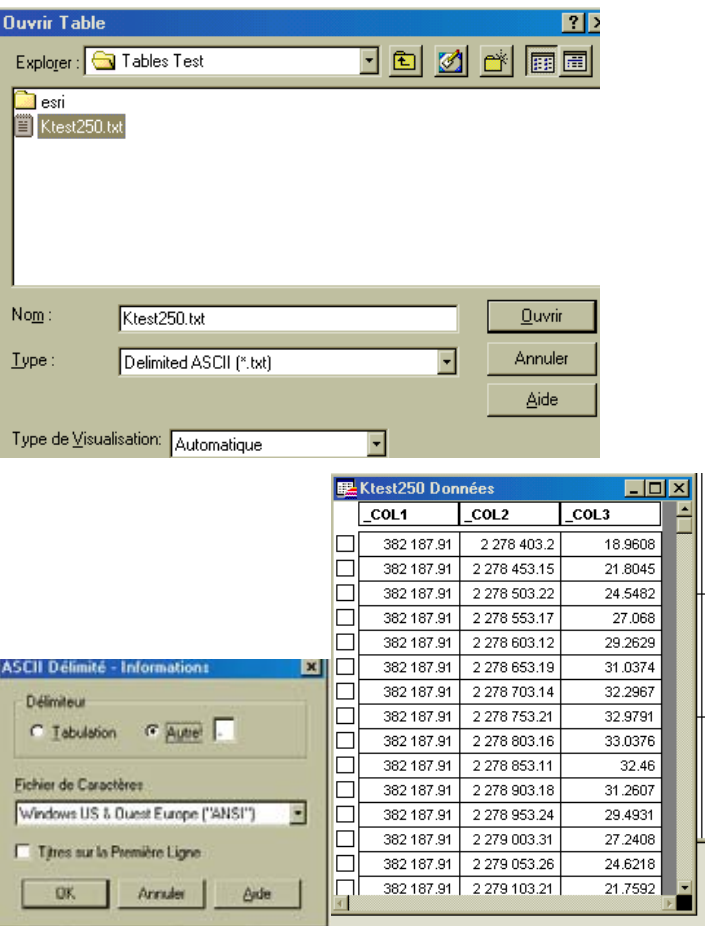
¹⁴ Crime stat II : A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations. Ned Levine & Associates, Houston, TX, and the National Institute of Justice, Washington, DC. May 2002 téléchargeable gratuitement sur le site <http://www.icpsr.umich.edu/NACJD/crimestat.html>

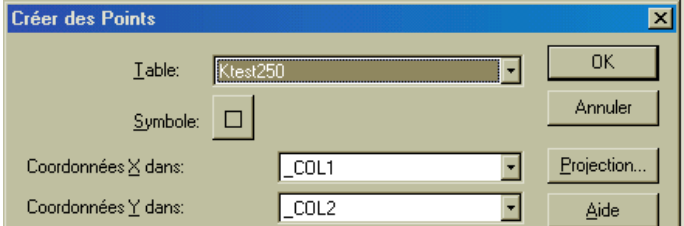
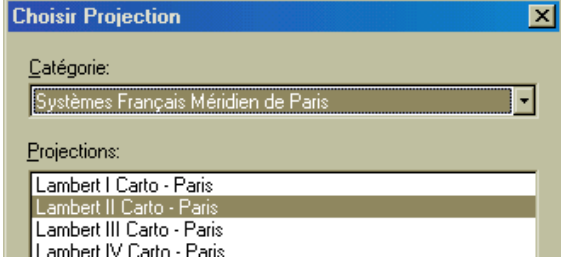
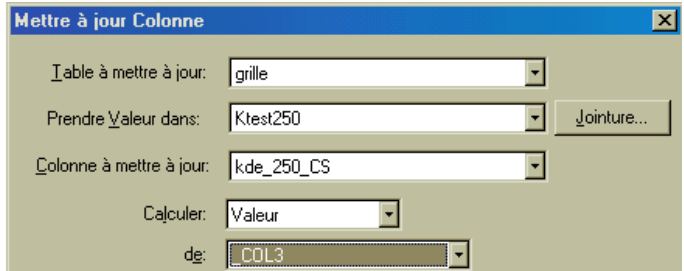
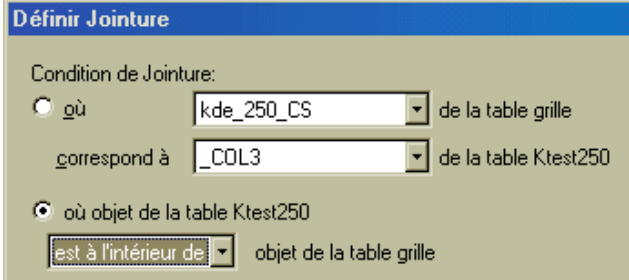
Calculs sous CrimeStat

Action	Onglets	Illustration
<p>Entrer les paramètres à prendre en compte pour la table des îlots:</p> <ul style="list-style-type: none"> Le nom de la table Les noms des coordonnées X et Y Le nom de la variable à lisser Les type de projection 	<p>Data Setup</p> <p>Primary file</p>	
<p>Entrer les paramètres à prendre en compte pour la grille</p>	<p>Data setup</p> <p>Reference file</p> <p>Cocher "external file" et entrer les paramètres en cliquant sur "select file"</p>	
<p>Entrer les paramètres de lissage</p> <p>Choisir "Kernel Density Estimate" de type single (une variable à estimer)</p> <p>Choisir la méthode "normal" et un λ "fixed interval" (taille de la fenêtre de lissage).</p> <p>NB : Crimestat propose aussi de choisir un lambda variable ("adaptative") avec un nombre de voisins fixe, comme vertical mapper.</p> <p>Choisir les unités et ne pas oublier de cocher "use intensity variable" sinon CrimeStat fera un simple</p>	<p>Spatial Modeling</p> <p>Interpolation</p>	

<p>calcul géographique.</p> <p>Calculer les densités absolues "absolute density" et donner un nom au fichier de sortie en cliquant sur "Save result to".</p> <p>Choisir le format "Surfer DAT" qui est un fichier texte avec séparateur "virgule".</p> <p>Cliquer sur "compute" pour lancer le calcul</p>		
<p>Dans l'explorateur windows, renommer le fichier .dat obtenu en .txt</p>		

Exploitation des résultats dans MapInfo

Action	Menu	Illustration																																																																
<p>Ouvrir le fichier texte résultat du lissage dans mapinfo</p> <p>On obtient un fichier à 3 colonnes. Deux colonnes COL1 et COL2 indiquent les coordonnées des centres des mailles de la grille et une colonne COL3 indique le résultat du lissage</p>	<p>Fichier=>ouvrir table</p> <p>Type texte</p> <p>Préciser à l'ouverture que le séparateur est une virgule</p>	 <table border="1" data-bbox="1098 1328 1469 1765"> <caption>Ktest250 Données</caption> <thead> <tr> <th></th> <th>_COL1</th> <th>_COL2</th> <th>_COL3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>382 187.91</td><td>2 278 403.2</td><td>18.9608</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>382 187.91</td><td>2 278 453.15</td><td>21.8045</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>382 187.91</td><td>2 278 503.22</td><td>24.5482</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>382 187.91</td><td>2 278 553.17</td><td>27.068</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>382 187.91</td><td>2 278 603.12</td><td>29.2629</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>382 187.91</td><td>2 278 653.19</td><td>31.0374</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>382 187.91</td><td>2 278 703.14</td><td>32.2967</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>382 187.91</td><td>2 278 753.21</td><td>32.9791</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>382 187.91</td><td>2 278 803.16</td><td>33.0376</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>382 187.91</td><td>2 278 853.11</td><td>32.46</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>382 187.91</td><td>2 278 903.18</td><td>31.2607</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>382 187.91</td><td>2 278 953.24</td><td>29.4931</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>382 187.91</td><td>2 279 003.31</td><td>27.2408</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>382 187.91</td><td>2 279 053.26</td><td>24.6218</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td>382 187.91</td><td>2 279 103.21</td><td>21.7592</td></tr> </tbody> </table>		_COL1	_COL2	_COL3	<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 403.2	18.9608	<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 453.15	21.8045	<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 503.22	24.5482	<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 553.17	27.068	<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 603.12	29.2629	<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 653.19	31.0374	<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 703.14	32.2967	<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 753.21	32.9791	<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 803.16	33.0376	<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 853.11	32.46	<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 903.18	31.2607	<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 953.24	29.4931	<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 279 003.31	27.2408	<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 279 053.26	24.6218	<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 279 103.21	21.7592
	_COL1	_COL2	_COL3																																																															
<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 403.2	18.9608																																																															
<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 453.15	21.8045																																																															
<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 503.22	24.5482																																																															
<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 553.17	27.068																																																															
<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 603.12	29.2629																																																															
<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 653.19	31.0374																																																															
<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 703.14	32.2967																																																															
<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 753.21	32.9791																																																															
<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 803.16	33.0376																																																															
<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 853.11	32.46																																																															
<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 903.18	31.2607																																																															
<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 278 953.24	29.4931																																																															
<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 279 003.31	27.2408																																																															
<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 279 053.26	24.6218																																																															
<input type="checkbox"/>	382 187.91	2 279 103.21	21.7592																																																															

<p>Créer des points à partir du fichier texte pour pouvoir faire la jointure sur la grille</p> <p>Ne pas oublier de spécifier le système de projection adéquat</p>	<p>Table=>créer point</p>	 
<p>Faire la jointure de la table issue de CrimeStat sur la grille</p> <p>La condition de jointure est que les objets de la table CrimeStat soient à l'intérieur des objets de la grille</p>	<p>Table=>mettre à jour colonne</p>	 

NB : plus le nombre d'îlots et le pas de la grille sont importants, plus les calculs seront longs...

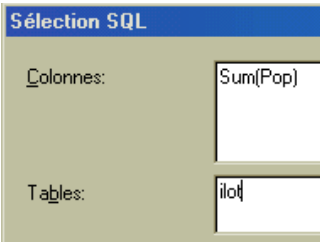
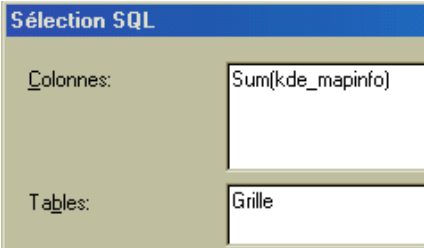

Il est nécessaire ensuite de réaliser une normalisation pour conserver la population totale afin d'éviter de biaiser la représentation.

Normalisation dans MapInfo

Après le lissage, quel que soit l'outil employé, un coefficient de normalisation :

$$\frac{\sum_{i=1}^{n_ilote} Population(ilote_i)}{\sum_{j=1}^{n_maille} Densité(maille_j)}$$

sera appliqué à chaque maille afin d'assurer la conservation de **la population totale** et l'éventuelle comparabilité des outils.

Action	Menu	Illustration
Calculer la population totale initiale	Sélection=>selection SQL Select Sum(pop) from ilot	
Faire la somme des calculs effectués par lissage	Sélection=>selection SQL Select Sum(COL2) from resultat	
Calculer le coefficient de normalisation	Calculatrice $\frac{\textit{Population_totale}}{\textit{Somme_des_densités}}$	
Dans la table résultat, multiplier le résultat obtenu par ce coefficient.	Table=>mettre à jour colonne	

Les cartes obtenues sont C6_014 et C6_012 dans le document (voir pages 35 et 59)

4. Conclusion et perspectives

Les valeurs calculées ne doivent pas être utilisées autrement que de manière visuelle.

Le mode de calcul retenu pour ce lissage n'est pas neutre dans la mise en évidence des phénomènes. Le point de vue de celui qui connaît le territoire étudié est essentiel pour évaluer les valeurs à affecter aux paramètres et la fiabilité des résultats. Les tests réalisés doivent donc être validés par les structures locales ayant une bonne connaissance du terrain.

L'indicateur proposé par le CERTU permet de pointer les zones à étudier de façon plus approfondie. Cependant, une fois les cartes produites, il convient de faire une analyse au cas par cas des phénomènes observés, afin de fixer la valeur des paramètres et d'éliminer les zones qui seraient faussement mises en évidence par le lissage.

A l'inverse, il faut s'assurer que ce mode de calcul identifie bien toutes les zones qui méritent de l'être.

A2.4. Lissage cartographique sur un territoire supracommunal

Estimation de la densité par la méthode du noyau

L'inconvénient d'un calcul classique de densité est lié au découpage communal lui-même ; c'est un découpage *a priori*, sur lequel les données de population sont agrégées.



Continuité du bâti indépendamment du découpage communal.

Pour définir des territoires homogènes, il faudrait disposer de la donnée la plus fine possible (l'idéal est au bâtiment ou à l'adresse) et estimer la densité sur l'ensemble du territoire grâce à des méthodes d'estimation comme la méthode du noyau ou lissage KDE. On obtient alors un résultat continu sur le territoire, l'analyse visuelle n'est plus « faussée » par un découpage communal « arbitraire ».

On estime la densité globale en calculant un nombre moyen d'habitants par unité de surface, sans tenir compte du découpage communal. Il faut utiliser les données les plus précises possibles : îlots, bâtiments, adresses... Toutefois, si les données sont mobilisables en zone urbaine, il en est autrement en zone rurale.

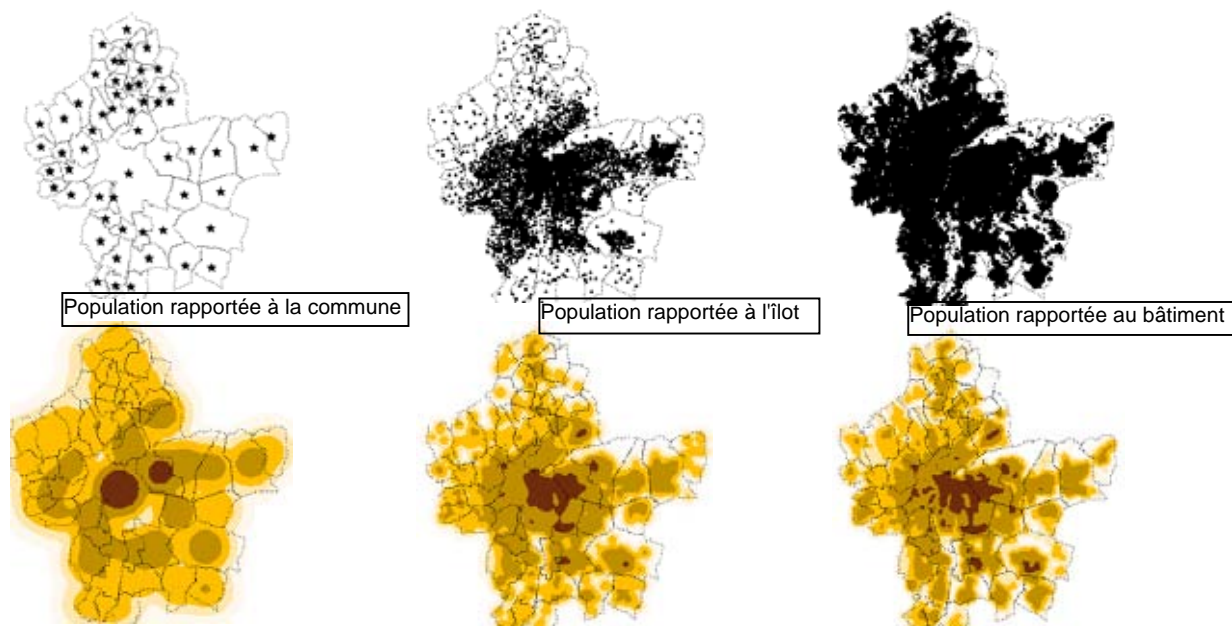
L'estimation de densité utilise la méthode suivante : on part d'un semis de point discontinu portant un chiffre de population, puis on estime la densité sur tout le territoire en superposant une fonction gaussienne sur chaque point du semis et en faisant la somme de toutes ces fonctions. Donc plus le semis est précis, meilleure sera l'estimation.

On peut appliquer la méthode à un semis de centres de communes, mais cela revient poser une hypothèse *a priori* sur la répartition de la population à l'intérieur de la commune, à savoir : la population de la commune est concentrée au centre de la commune et décroît de manière gaussienne lorsqu'on s'éloigne du centre. Ce n'est pas toujours le cas.

Test en zone urbaine (Agglomération de Lyon)

On dispose des données suivantes :

- découpage communal et population communale, découpage en îlots et population de l'îlot ;
- localisation, surface et hauteur des bâtiments « quelconques » (on suppose que ce sont des bâtiments d'habitation). Dans ce cas, on estime la population dans chaque bâtiment par une méthode de répartition de la population de l'îlot qui tient compte de la surface du bâtiment et de son nombre d'étages (la hauteur est donnée par BDTopo, on suppose qu'un étage fait 2,5 m en moyenne).

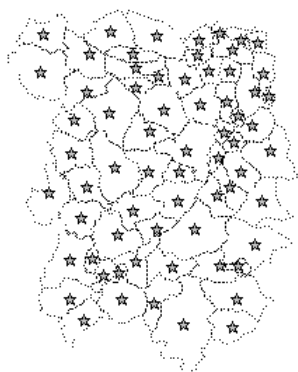


En zone rurale (Ouest Lyonnais)

On dispose des données suivantes :

- découpage communal et population communale ;
- localisation, surface et hauteur des bâtiments « quelconque » (on suppose que ce sont des bâtiments d'habitation).

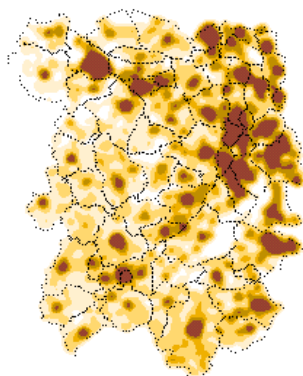
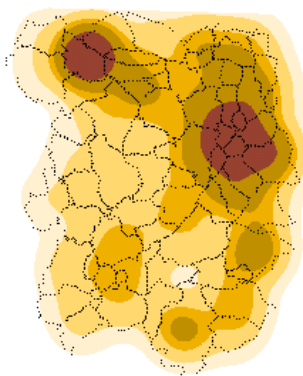
On estime la population dans chaque bâtiment par une méthode de répartition de la population de la commune qui tient compte de la surface du bâtiment et de son nombre d'étage. Par rapport à l'estimation en zone urbaine avec les îlots, cette méthode est beaucoup moins précise...



Population rapportée à la commune



Population rapportée au bâtiment



(pas d'échelon intermédiaire entre la commune et le bâtiment).

Signalons que les dernières générations d'outils cartographiques proposent en standard des méthodes de lissage par répartition. Cependant, celles-ci sont souvent peu documentées quant à la méthode réellement utilisée¹⁵. Ces outils doivent donc être utilisés avec certaines précautions liées à leur aspect de boîte noire. A ce sujet, consulter la note méthodologique « L'estimation de la densité par la méthode du noyau », complément à ce dossier technique et disponible également sur le site de l'Observation urbaine (www.certu.fr/acteur).

D'autres méthodes de lissage existent. Elles reposent sur un maillage du territoire en éléments géométriques (carrés ou hexagones), puis sur une estimation des variables sur chacun de ces éléments en supposant que les valeurs se répartissent selon une fonction particulière (ou densité de probabilité) à partir du centroïde de l'objet (commune, iris, îlot...)¹⁶. Plus complexes, et plus difficiles d'accès que celle proposée en annexe, ces méthodes s'appliquent plus particulièrement à des données communales, à lisser sur des périmètres très larges (régions par exemple).

¹⁵ En particulier sur les fonctions de répartition utilisées.

¹⁶ Cf. travaux menés par Jean LAGAGNIER et Jacques POUGNARD, DR INSEE PACA.

A3. Documents et références

Les documents et références bibliographiques existants sur la densité et sa mesure sont nombreux et de nature très diverse.

La liste proposée ici n'a pas de prétention bibliographique et a été volontairement limitée aux éléments méthodologiques ou génériques pouvant aider le lecteur à mieux comprendre le cadre général de la question traitée et certains choix techniques opérés pour le calcul des indicateurs.

Approche et cadre général de la question

CERTU, « *Méthode d'Analyse Transversale pour l'observation des mutations urbaines : problématiques, questions et principes de sélection des indicateurs* », Rapport d'études, Novembre 2001 (Document téléchargeable sur <http://www.certu.fr/acteur>).

V.FOUCHIER, « *Les densités urbaines et le développement durable ; Le cas de l'Île-de-France et des villes nouvelles* », Édition du SGVN, secrétariat général du groupe central des villes nouvelles.

Exemples d'utilisation commentés de certains indicateurs

AURA - CETE DE L'OUEST - CERTU, *Dynamiques territoriales : Étude comparée de 6 aires urbaines*, avril 2002

APUR, « *LA DENSITÉ, un bon outil pour connaître Paris ?* », Note de 4 pages n°4 Mars 2004

Références techniques et statistiques

CETE DE L'OUEST - CERTU, « *La densité : concept exemples mesures –Eclairages sur le concept de densité et sur les différents usages de ses mesures* », collection Les rapports d'études, juillet 2002

CERTU - CETE DE LYON, « *Les bases de données d'occupation des sols pour la mesure de la tache urbaine* » (à paraître)

M. GUÉROIS, « *Les formes des villes européennes vues du ciel* » – Thèse de doctorat de l'Université Paris 1 – UMR de géographie

CrimeStat® II : a spatial statistic programm for Crime incident Location – Ned Levine & associate – Mai 2002- Part III: Spatial Modeling - Kernel Density Interpolation. téléchargeable gratuitement sur le site <http://www.icpsr.umich.edu/NACJD/crimestat.html>

CERTU, « *LA BDCARTO® –structure utilisateur METL 98* », collection Les rapports d'études, 1999

CERTU,– Dossier technique : « *analyse spatiale et zone tampon* » – SIGNATURE, la lettre de l'information géographique, n°6 – juin 1996

Cartographie : BDC arto ® © IGN-Paris-1999-Autorisation n° GC05-06

© ministère de l'Équipement, des Transports, de l'Aménagement du territoire, du Tourisme et de la Mer
centre d'Études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques

Toute reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement du Certu est illicite (loi du 11 mars 1957).
Cette reproduction par quelque procédé que ce soit, constituerait une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du code pénal.

Reprographie: CETE de Lyon ☎ (+33) (0) 4 72 14 30 30 (avril 2005)

Dépôt légal: 2^e trimestre 2005

ISSN: 1263-2570

ISRN: Certu/RE -- 05 - 11 -- FR

Certu

9, rue Juliette-Récamier

69456 Lyon Cedex 06

☎ (+33) (0) 4 72 74 59 59

Internet <http://www.certu.fr>