

# Pertinence des indicateurs d'accessibilité pour la mesure du niveau de cohérence entre l'occupation des sols et les transports

THNS – Shanghai – 2012

Auteurs : Thierno AW <sup>1</sup>(Ph.D.), Kaisheng LIU (Ph.D.)

## 1 Introduction

### 1.1 Contexte et objectif

La compréhension des phénomènes urbains nécessite le renouvellement des pratiques et le rapprochement entre des approches géographiques et économiques. L'enjeu pour nous est de nous appuyer sur des modèles de représentations pour investiguer les faits géographiques et leurs conséquences spatiales sur la mobilité et les réseaux de transport. Nous proposerons une batterie d'indicateurs pertinents pour une évaluation des conséquences réciproques de l'occupation des sols et de la qualité de service rendue par les transports. Une première sélection d'indicateurs à dominante géographique nous permettra de constituer une connaissance quantitative des volumes de déplacements générés, d'examiner la structure spatiale des déplacements et d'évaluer les budgets distances et temps des usagers. La seconde batterie d'indicateurs à dominante économique portera sur une évaluation du coût généralisé moyen de déplacements, sur l'accessibilité aux zones sous contrainte de budget-temps ainsi que sur l'accessibilité gravitaire à l'emploi comme opportunité urbaine.

### 1.2 Méthode et plan

Nous mobiliserons le pouvoir expressif de modèles pour spécifier l'occupation des sols par zone élémentaire en populations résidentes et en emplois offerts localement, simulerons la formation des déplacements et leur distribution spatiale, procéderons enfin à l'affectation sur les réseaux routiers et de transports collectifs. Des modèles d'impacts seront mis à l'épreuve pour le repérage qualitatif et quantitatif des conséquences réciproques de la configuration de l'occupation des sols et des services offerts par les transports.

Notre contribution trouve son originalité dans trois aspects fondamentaux : la réconciliation des approches géographiques et économiques, l'utilisation de la capacité de simulation et du pouvoir expressif des modèles (le champ de la modélisation est restreint aux voyageurs), l'évaluation des impacts avec des indicateurs pertinents de cohérence et de durabilité urbaine.

L'article est organisé en deux parties. Dans une première partie, nous commencerons par définir l'accessibilité en mobilisant la littérature scientifique. Dans une seconde partie, après avoir exposé quelques indicateurs de base d'occupation des sols et de consommation de transports, nous proposerons différentes mesures d'accessibilité pour apprécier la performance d'accès aux opportunités urbaines offertes par les réseaux routiers et de transports collectifs.

## 2 L'accessibilité : un concept clef de l'articulation entre les politiques d'occupation des sols et de transports

### 2.1 Précisions terminologiques

Facteur déterminant dans les choix de localisation des fonctions résidentielles et économiques, l'accessibilité constitue un indicateur clé pour l'évaluation *ex-ante* ou *ex-post* des investissements en infrastructure de transport. A la fois critère d'aménagement et indicateur de service rendu par les transports, la notion d'accessibilité a été introduite en France, pour palier l'insuffisance dans la méthode d'évaluation des politiques de transport sur la seule base du surplus économique du consommateur lié aux gains de temps (Bavoux, Beaucire, Chapelon et Zembri, 2005)<sup>2</sup>.

#### (i) Une approche intuitive de l'accessibilité

En s'inspirant des modèles gravitaires de **Reilly** (1931), **Hansen** (1959) propose la première définition avec une formulation mathématique de l'accessibilité, qu'il considère comme le produit de l'attractivité et de la friction de l'espace. Dans une formule simple qui associe les opportunités offertes par la ville à la proximité, l'expression d'accessibilité relie les services disponibles aux contraintes liées à la distance.

<sup>1</sup> Auteur correspondant : Thierno AW, Email : [thierno.aw@live.fr](mailto:thierno.aw@live.fr)

<sup>2</sup> Bavoux J.-J., Beaucire F., Chapelon L., Zembri P. (2005), « Géographie des transports », Armand Colin, Collection U, Paris, 232 p.

$$A_{ij} = \sum S_j fD(d_{ij}) \text{ Avec } fD(d_{ij}) = \exp(-\beta d_{ij})$$

Cette formulation permet bien de constituer une mesure synthétique du lien entre l'organisation spatiale et le système de transport, en considérant à la fois l'élément moteur du déplacement (utilité potentielle d'une destination) et l'élément résistant (la distance).

Dans un guide du SETRA à caractère opérationnel, « *Urbanisme et Transport : les critères d'accessibilité et de développement urbain* (1974) », **Poulit** définit la notion d'accessibilité suivant le même principe en insistant sur l'étendue des choix qu'elle offre. « *L'accessibilité caractérise la satisfaction que le résident retire de la possibilité que lui offre une urbanisation desservie par un réseau de voirie et de transport, de choisir entre de nombreux lieux d'emplois, de services et de loisirs pour satisfaire ses besoins d'activité, d'échanges et de communication.* »

Dans la suite des travaux de Poulit, **Koenig** (1977) proposera une revue théorique et pratique sur les indicateurs d'accessibilité en partant du constat d'échec des indicateurs d'accès en temps ou en coûts comme seul critère pour juger de l'opportunité des projets. Dans la définition qu'il donne de l'indicateur d'accessibilité, les facilités d'accès aux aménités urbaines constituent un élément central d'évaluation de l'utilité sociale des politiques urbaines.

### (ii) Une approche conjecturale de l'accessibilité

La seconde variante de l'accessibilité que nous définissons substitue à la contrainte spatiale de l'approche intuitive une valeur limite de coût de déplacement. L'indicateur d'accessibilité intègre ici la conjecture définie par **Zahavi** et **Talavité** (1980) qui postule que quelles que soient les conditions (vitesses permises) dans lesquelles les individus réalisent leurs déplacements, leur budget-temps reste constant. Les gains de temps seraient investis dans la réalisation d'autres activités ; les gains de vitesses permettraient d'élargir le périmètre spatial des opportunités urbaines. La mesure d'accès local à un service indique ainsi, à partir d'une zone d'origine, la totalité des services localisés dans une zone de destination dans un seuil de temps donné, suivant la formulation suivante :  $A_{(i,t)} = \sum_{j \in Z} S_j$  avec  $T_{ij} \leq t$

### (iii) Une approche déterministe de l'accessibilité

Dans une variante plus complète, intégrant à la fois les modèles d'interactions gravitaires et les modèles de comportements économiques, **Ben Akiva** et **Lerman** (1979, 1985) proposent une définition de l'accessibilité qui prend en compte l'utilité déterministe des individus. La formulation qu'ils proposent constitue un modèle logit multinomial, qui permet de déterminer la probabilité qu'un individu fasse le choix d'une zone de destination donnée (service), par rapport à un ensemble de zones (services disponibles). Cette méthode est plus percutante quant à la représentation des comportements individuels. L'approche déterministe de l'accessibilité prend la formulation d'un modèle de choix discret à utilité aléatoire (**Raux, Mercier, et Ovtracht,**

$$2007) : P_{(i,j)} = \frac{\exp(\mu V_{ij})}{\sum_i \exp(\mu V_{ij})} \text{ Avec } A_{(i)} = \frac{1}{\mu} \ln \sum_j \exp(\mu V_{ij}) + K$$

$K$  constitue un paramètre d'intégration.

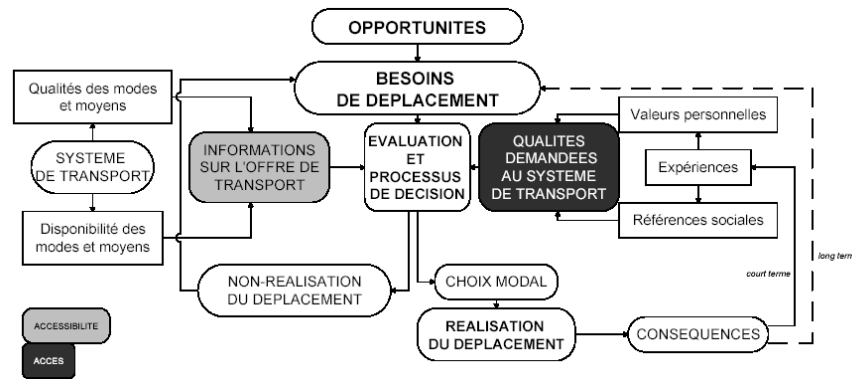
## 2.2 De la relation entre l'accessibilité, l'accès et la mobilité

Si la mobilité désigne à la fois une demande dérivée d'un besoin de réalisation d'une activité et la plus ou moins grande facilité qu'éprouve l'individu à se déplacer, nous comprenons aisément qu'une amélioration de la performance des réseaux entraîne à terme des changements sur l'occupation des sols consécutifs aux nouvelles stratégies de localisation des agents économiques. L'accessibilité est ainsi au cœur du processus de « coproduction » de l'urbanisation et de la mobilité (**Masson, 2000**). Il importe que nous précisions l'enjeu qu'elle constitue pour les collectivités territoriales à travers le prisme de l'offre et de la demande d'accessibilité<sup>3</sup> :

- l'offre d'accessibilité : elle est définie en considérant les aspects physiques, topologiques et économiques des systèmes de transport et de localisation ;
- la demande d'accessibilité : sont considérées les préférences des ménages et des entreprises en matière de localisation.

<sup>3</sup> Source: Transportation Research Board & National Research Council (USA), "Land Use Impacts of Transportation: a Guidebook", prepared for National Cooperative Highway Research Program, project 8-32(3) Integration of Land Use Planning with Multimodal Transportation Planning, October 1998.

Cette conception de l'accessibilité est fortement critiquée par certains auteurs (**Martinelli, Pini, Torricelli, et Widmer, 2001**). Pour ces derniers, « *Considérer à la fois les causalités, la réalisation et les conséquences d'un déplacement se révèle très complexe pour les planificateurs en transport et, de ce fait, ces derniers ont davantage privilégié l'étude d'un seul versant de la mobilité, c'est-à-dire l'offre de transport. [...] Ces indicateurs ne considèrent pas suffisamment la demande de transport et postulent une très (trop) forte sensibilité des individus aux modifications de l'offre* ». Ils militent pour une inversion de logique afin de considérer davantage la demande exprimée par les usagers. L'expression de cette demande peut être lue à travers les cinq dimensions dont **Orfeuil (2000)** fait référence pour l'analyse de la mobilité : *l'interaction sociale* (besoin de coprésence), *l'interaction spatiale* (liaisons de territoires), *les coûts* (coûts monétaires et temporels, coûts externes), *l'intensité d'usage* (compétitivité des moyens de transports selon l'utilisateur-client), et enfin une dernière dimension transversale qui concerne *l'aptitude à utiliser les différents moyens de transport*. L'individu prend en compte ces différents éléments afin d'évaluer la satisfaction que peut lui procurer un déplacement et en tire des conséquences sur sa réalisation ou non. Dans ce cadre, le schéma qui suit semble être plus représentatif du critère d'accès comme composant essentiel de la vie urbaine.



**Figure 1 : demande d'accès et offre d'accessibilité**

Source: PNR (Programme National de Recherche - Suisse) 41, 2001

En se basant sur le schéma proposé dans le cadre du programme national suisse sur les transports et la mobilité durable, nous pouvons considérer que l'accès est l'expression d'une demande formulée par un acteur/usager/client du système de transport. Cette demande, sous-jacente au processus de choix modal (arbitrages prix-temps, tolérance à l'inconfort, environnement), est liée à l'offre d'accessibilité pour atteindre depuis une zone d'origine les opportunités urbaines dans les différentes zones de destination. La formulation suivante est proposée.

$$A_{do} = tdo * IT + (ddo * ckm) * IC + (1/dcdo) * ICo + im * ISe$$

Avec :  $A_{do}$  accès de l'individu ( $a$ ) à l'opportunité ( $o$ ) en partant du lieu de domicile ( $d$ ),  $IT$  importance du temps (coefficient),  $IC$  importance du coût (coefficient),  $ICo$  importance des conditions de déplacement (coefficient)

$ISe$  importance de l'environnement (coefficient),  $tdo$  temps employé par l'individu ( $a$ ) pour atteindre l'opportunité ( $o$ ) depuis le domicile ( $d$ ),  $ddo$  distance parcourue par l'individu ( $a$ ) pour atteindre l'opportunité ( $o$ ) depuis le domicile ( $d$ ),  $ckm$  coût kilométrique du mode ( $m$ ) emprunté,  $dcdo$  densité cumulée moyenne de la commune de résidence ( $d$ ) et de la commune où est localisée l'opportunité ( $o$ ),  $im$  impacts sur l'environnement.

**Poulit (1974)** allait déjà dans ce sens quand il concluait que :

- **L'accessibilité est un facteur explicatif fondamental de la mobilité.** La mobilité des personnes dans une même ville peut varier du simple au double selon leur niveau d'accessibilité.
- **Les relations entre l'accessibilité et la mobilité sont pratiquement linéaires.** Ce qui justifie l'expression du  $Log$  dans la formulation de l'utilité des individus liée à l'accessibilité.

$$U_{(i)} = x_o \text{Log} \frac{A_i}{A_o}$$

Avec :  $x_o$  dépendant des caractéristiques individuelles et de la zone de destination et  $A_o$  l'indicateur d'accessibilité correspondant à un niveau nul de l'utilité.

Cette articulation forte entre l'accessibilité et la mobilité peut être lue à travers le schéma que nous propose **Beaucire (2001)** sur l'adaptation des villes aux systèmes de déplacement dominants, si nous acceptons que les gains de vitesse participent dans une large mesure aux gains d'accès. Nous le reprenons dans l'encart qui suit.

Pertinence des mesures d'accessibilité pour la mesure du niveau de cohérence entre l'occupation des sols et les transports

	Ville pédestre	Ville motorisée <i>Transports collectifs</i>	Ville motorisée <i>Voiture particulière</i>
	<i>Jusqu'au milieu du XIXe siècle</i>	<i>Milieu du XIXe au milieu du XXe siècle</i>	<i>Depuis le milieu du XXe siècle</i>
<b>Moyen de déplacement dominant</b>	Marche à pied	Tramway, Train	Automobile
<b>Vitesse moyenne de déplacement</b>	2-4 km/h	10-15 km/h	20-25 km/h
<b>Morphologie urbaine conséquente</b>	Compacte « Ville dense »	Linéaire « Doigts de gans »	Fragmentée « Ville diffuse »
<b>Densité de la tache urbaine</b>	Elevée	Elevée à moyenne	Faible
<b>Forme et niveau de centralité</b>	Forte monocentralité	Forte monocentralité et centralités secondaires en chapelet	Faible monocentralité et forte multicentralité en réseau maillé
<b>Echelle de référence</b>	Commune (Ville centre)	Agglomération (Ville centre et banlieue)	Métropole (Agglomération et périurbain)

### Encart 1 : Transports, mobilité, et formes urbaines : les trois âges de la dynamique spatiale urbaine

Source: **Beaucire** (2001)

Les interprétations qui suivent peuvent être tirées de la proposition précédente :

- Les transports ferrés offrent une accessibilité primaire (rayon de marche à pied), entraînant une densification autour des gares (où la valeur foncière est plus élevée ; au-delà – avec du rabattement en bus – les densités sont réduites et la pression foncière moins importante) ;
- l'automobile par son ubiquité, permet d'atteindre n'importe quelle destination (vers des zones lointaines, où la pression foncière est faible). Une autoroute urbaine ouvre de vastes zones d'urbanisation (les échangeurs et les espaces proches des infrastructures offrent aux entreprises des possibilités d'accès rapides tout en profitant des effets de vitrine).

Retenons pour cette section que la configuration des villes contemporaines émane de mécanismes complexes mettant en interaction des systèmes de localisations, de déplacements, de pratiques et de relations sociales (**Bonnafous et Puel**, 1983). Dans ces processus, les opportunités d'accès sont déterminantes des choix de localisation des entreprises et des ménages, par conséquent de la dynamique d'urbanisation et de la performance économique. Une offre supplémentaire d'accessibilité favoriserait des gains de productivité, une augmentation de la taille des marchés et la consolidation des potentiels d'accès aux biens et services (**OCDE**<sup>4</sup>, 2002 ; **Graham**, 2001). L'infrastructure de transport s'inscrit ainsi dans une logique globale (systémique) de transformation sociale, économique, environnementale et urbaine des territoires.

## 3 Evaluation de l'accessibilité offerte par les transports franciliens

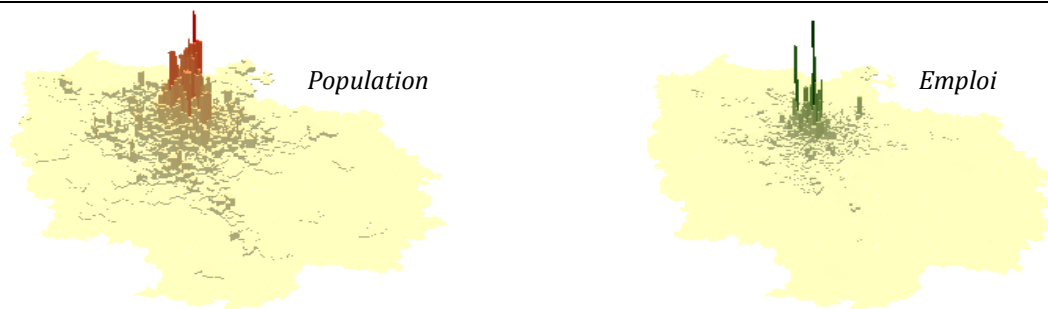
### 3.1 Indicateurs basiques d'évaluation de l'occupation des sols et de la consommation de transports

La structure spatiale de l'Île-de-France analysée du point de vue de l'intensité d'occupation des sols et de la géographie des flux rend compte d'une structure urbaine encore monocentrique malgré plus de 40 ans de planification polycentrique. Cependant, le fonctionnement métropolitain a timidement évolué dans le sens d'une organisation multipolaire, avec l'affirmation progressive des villes nouvelles comme centralités secondaires venant en appui au centre parisien. Le territoire francilien est analysé dans ce qui suit, en focalisant sur l'usage du sol, la mobilité moyenne des résidents, les synergies spatiales ainsi que les charges de trafics sur les réseaux de transports.

#### (i) *En termes de densité d'occupation des sols et de pratiques de déplacements*

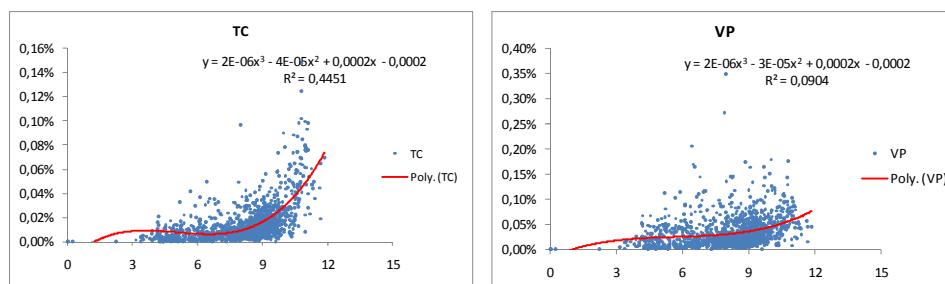
Une analyse cartographique de l'intensité d'occupation des sols met en évidence la concentration spatiale de la population et de l'emploi. Renforcée par ses attributs fonctionnels, politiques, démographiques et économiques, Paris reste le pôle dominant.

<sup>4</sup> OCDE (2002), « Investissement en infrastructure de transport et développement régional, Ed. de l'OCDE, page 41, 2002, 165 pages.

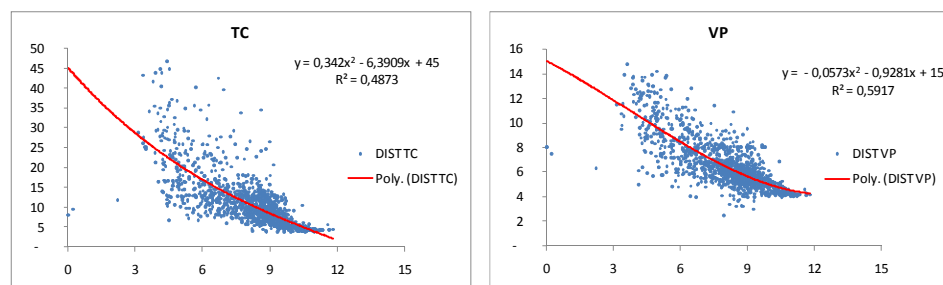


**Figure 2 : Représentation prismatique de la localisation actuelle de la population et de l'emploi**

Sur le territoire francilien, nous avons investigué le lien entre la densité (distance au centre) et le choix du mode de transport, dans la même veine que les travaux **Newman et Kenworthy (1989)** - qui mettent en évidence la corrélation négative entre la densité urbaine et la consommation d'énergie par l'utilisation de la voiture - et de ceux de **Fouchier (1997)** sur la densité et la mobilité en Ile-de-France. Pour chacune des zones de demande de déplacements, nous observons la contribution à la part modale journalière de la voiture particulière et des transports collectifs, en tenant compte de l'intensité d'occupation des sols traduite ici par une classe de densité d'activités humaines<sup>5</sup>. La même démarche est menée pour examiner le rapport entre la densité et les distances moyennes parcourues en transports collectifs et en voiture particulière. Dans les deux cas, les graphiques qui suivent considèrent en abscisse le logarithme de la densité d'activités humaines (intensité d'occupation du sol par la population et l'emploi) de chaque zone, en tenant compte de la localisation au centre.



**Figure 3 : Lien entre part modale et densité d'occupation du sol**



**Figure 4 : Lien entre distances parcourues et densité d'occupation du sol**

Les résultats vont dans le sens d'une justification des politiques urbaines de densité<sup>6</sup> pour les deux critères retenus : le choix du mode de transport et les distances parcourues. Le lien entre la densité et le choix du mode de transport suivant la performance d'accès permise apparaît à travers la distribution des zones de demande. L'analyse met en évidence une plus grande efficacité des transports collectifs<sup>7</sup> quand la localisation des activités humaines est spatialement concentrée, alors que les zones les moins denses offrent un milieu urbain favorable à la performance territoriale de la voiture particulière. Par ailleurs, les distances parcourues décroissent avec l'intensité d'occupation des sols. Ce résultat est en phase avec la théorie des rendements décroissants de la ville monocentrique avec, à distances égales, une offre d'opportunités urbaines plus

<sup>5</sup> La densité d'activités humaines est constituée à partir d'une sommation des volumes de populations et d'emplois par zone ramenés à la superficie.

<sup>6</sup> La distribution pour les modes légers suit la même allure que celle des transports collectifs, avec une concentration et des parts modaux encore plus importantes en zones denses. Dans l'économie de la présentation des résultats, nous avons retenu ici les transports collectifs et la voiture particulière.

<sup>7</sup> Précisons que la densité ne renvoie pas forcément à une forme urbaine spécifique et que les zones de fortes densités ne sont pas forcément exclusivement constituées de grands ensembles et réciproquement les zones de faibles densités d'habitats pavillonnaires.

importantes pour les zones denses comparativement aux localisations périphériques de moindres densités. Aussi, nous pouvons relever à travers l'examen du lien entre la densité et les distances parcourues que les transports collectifs sont utilisés sur des distances plus importantes que la voiture particulière. Ce dernier mode est concerné pour environ 30% des déplacements intra-communaux réalisés par les franciliens, en dehors de Paris.

### (ii) *En termes de partage modal*

Une modélisation de la situation de 2004 permet de reconstituer un volume global de 36.4 millions de déplacements sur une journée moyenne de semaine, avec une part de marché pour la voiture particulière de 45%, de 36% pour les modes légers, et de 19% pour les transports collectifs. En considérant la période de pointe du soir, la répartition modale simulée dans la situation de base est illustrative du fait que les villes nouvelles n'ont pas atteint le niveau de masse et de centralité nécessaire pour rendre concurrentiel les transports collectifs. L'auto-mobilité pour les déplacements générés y est deux fois plus importante qu'à Paris.

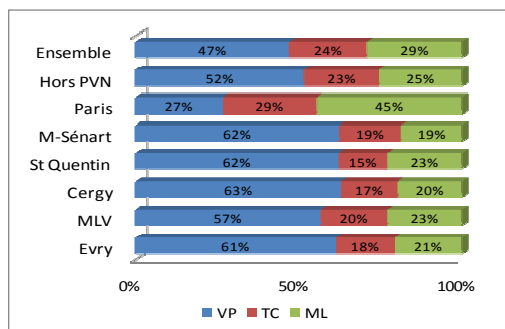


Figure 5 : Parts modales dans la période de pointe (2004)

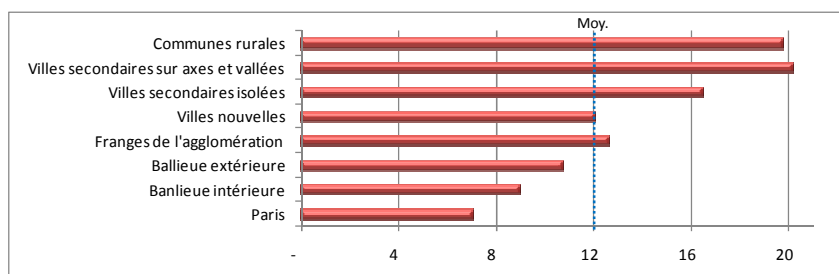
### (iii) *En termes de structure géographique des flux de déplacements et de conditions de mobilité*

Les interactions spatiales sont l'expression de la demande de déplacements. Cette dernière étant issue d'un besoin de réalisation d'activités entre une zone d'origine et de destination, selon les caractéristiques qui leur sont propres et de la friction spatiale. Une simulation de la distribution spatiale des déplacements dans la situation de base, tous modes de déplacements confondus, permet de formuler les observations suivantes sur la répartition spatiale des flux de voyageurs.

- Sur la base du découpage morphologique en couronne, nous pouvons observer que l'essentiel des besoins de liaisons se localise en banlieue. 73% de la demande de déplacements effectués en voiture particulière et en transports collectifs s'y réalise, contre un volume de déplacements internes à Paris chiffré à 12%.
- La répartition géographique des flux, rend compte de la contre performance des transports collectifs pour les liaisons périphériques.

Les distances<sup>8</sup> moyennes parcourues journalièrement pour le motif domicile-travail augmentent avec l'éloignement au centre (moyenne de 12 km). En villes nouvelles, la portée des déplacements se situe au niveau de la moyenne régionale. Le budget distance moyen y est -5% moins important que celui des habitants localisés en frange de l'agglomération. La différence est encore plus significative avec les agglomérations bien desservies par les transports collectifs ; elle est de -27%.

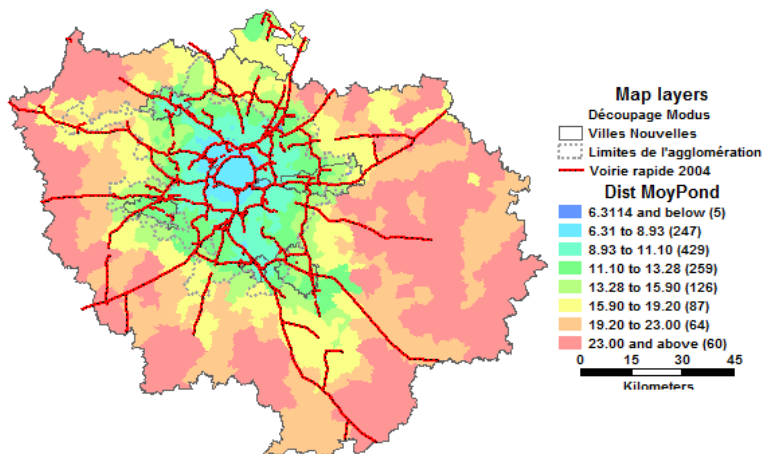
Figure 6 : Distances moyennes parcourues pour le motif domicile-travail



Nous présentons dans la cartographie qui suit les résultats sur les budgets distances moyennes.

<sup>8</sup> Il s'agit ici de distances calculées sur les réseaux de transports et pas de distances à vol d'oiseau. Une pondération est réalisée avec les volumes de déplacements.

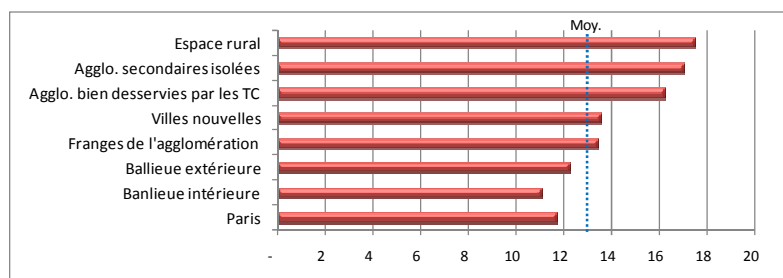
**Figure 7 : Distances moyennes parcourues pour le motif domicile-travail**



L'observation des parts modales franciliennes fait apparaitre une utilisation privilégiée de la voiture particulière. En considérant les seuls modes mécanisés, sa part modale dans l'ensemble des déplacements est de 65%, contre 29% pour les transports collectifs. Pour le motif domicile-travail, ces parts sont respectivement ramenées à 55% et 40%.

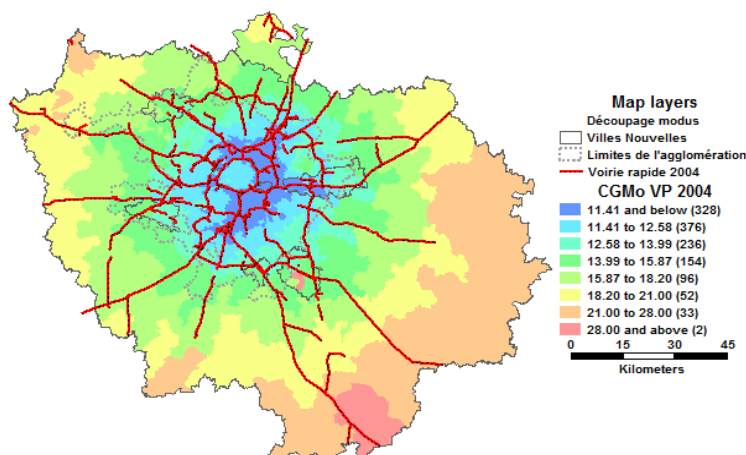
Le coût généralisé de déplacements<sup>9</sup> constitue un indicateur synthétique pour mesurer conjointement la performance territoriale des réseaux de transports et les attributs d'occupation des sols entre les lieux d'origine et de destination. Dans la période de pointe du soir, le CG moyen des franciliens utilisant leur voiture s'établit à 13 euros de l'heure. Il est relativement moins important dans la partie dense de l'agglomération ; ce constat s'explique à la fois par la proximité d'accès aux opportunités urbaines permis par les réseaux de transports collectifs, cantonnant l'usage de la voiture dans ses aires de performances. La configuration monocentrique dans la répartition des activités humaines est cohérente avec l'augmentation du CG avec l'éloignement au centre. Cette règle est perturbée par le CG moyen parisien plus important que celui de la banlieue intérieure, révélateur des difficultés de franchissement du boulevard périphérique pour relier notamment la zone d'extension ouest parisienne où la concentration de l'emploi est importante.

**Figure 8 : CGM de déplacements VP dans en période de pointe**



L'analyse spatialement désagrégée complète le graphique précédent en cartographiant la performance d'accès aux zones.

**Figure 9 : CGM de déplacements VP en période de pointe**



<sup>9</sup> Le CG est calculé ici à partir d'une affectation à l'équilibre dont la formulation est  $C_i(x) = k_i + \delta.L_i + \varphi.L_i \left[ 1 + \alpha_i \left( \frac{x_i}{C_i} \right)^{\beta_i} \right]$ , avec 0.087

euros/km de coût kilométrique moyen d'utilisation de la VP.

L'accessibilité appréhendée à travers la performance d'accès aux zones en CG révèle de moindre coût pour la zone dense, du fait de la densité et de la variété de potentiels offerts localement. A contrario, il apparait une dégradation de notre indicateur avec l'éloignement au-delà du périmètre de localisation des villes nouvelles.

#### (iv) *En termes de charge de trafic sur les modes de transport*

Pour l'analyse spatialisée de la charge de trafic sur les réseaux routiers, nous calculons en sortie d'affectation  $F_{(Z_k, t_N)} = \sum_{a \in k} f_{(a; t_N)}$ ,  $V_{(Z_k, t_N)} = \sum_{a \in k} v_{(a; t_N)}$ ,  $H_{(Z_k, t_N)} = \sum_{a \in k} h_{(a; t_N)}$  formulations respectives des volumes de trafics, des véhicules.kilomètres et des véhicules.heures localisés dans un secteur donné.

En période de pointe du soir la modélisation permet de chiffrer à 1.4 million le nombre de déplacements réalisés en VP, avec 13.6 millions de véh.km pour 342 000 véh.h comme indicateurs de trafics à l'équilibre. Lorsque nous analysons les données de charge sur la période de pointe du soir en nous intéressant plus particulièrement aux trafics sur la voirie de type rapide et autoroutière, nous pouvons nous rendre compte du rôle structurant dans l'écoulement des trafics franciliens. Cette catégorie de voies participe pour 35% des véh.h et 55% des véh.km. En établissant le même raisonnement pour la voirie de desserte et de traversée des villes nouvelles, nous pouvons estimer cette part respectivement à 39% et à 57%.

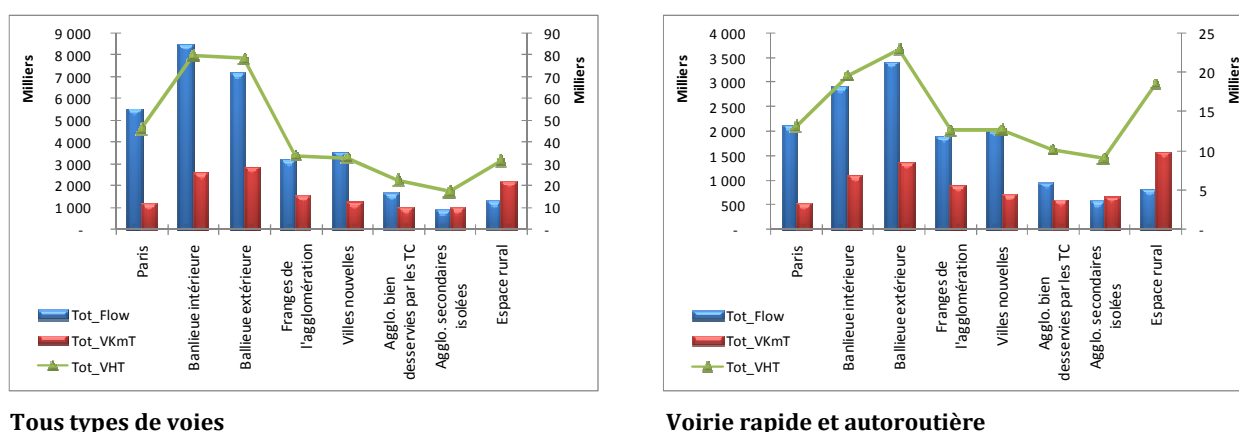


Figure 10 : Indicateurs spatialisés de trafics, selon secteur IAU

L'analyse du niveau de congestion sur les arcs rend compte des difficultés de circulation sur la voirie structurante en radiale et sur le boulevard périphérique avec la concentration spatiale des activités au centre. Aussi, la restructuration de la géographie spatiale des déplacements avec l'augmentation des besoins de liaisons entre zones périphériques est explicative de la congestion de l'A86 et de la Francilienne.

### 3.2 Indicateurs d'évaluation du niveau de cohérence entre l'occupation des sols et les transports

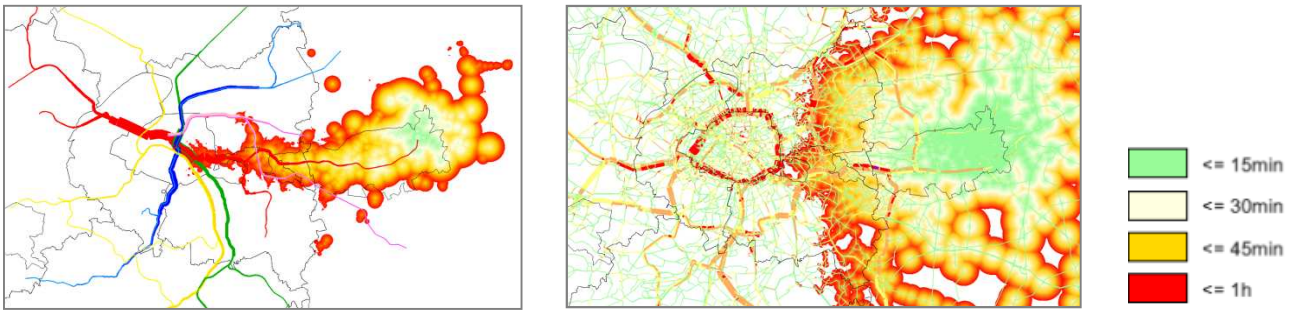
Nous avons constitué des mesures d'accessibilité à partir des données d'occupation des sols et de la performance de liaison permise par les réseaux de transports routiers et collectifs. Les exploitations qui suivent portent sur :

- des isochrones par réseau chargé pour les principaux modes motorisés complétés ;
- une analyse du différentiel d'accès pour mettre en évidence les territoires de performance des transports collectifs et de la voiture particulière ;
- des mesures avancées en estimant les effectifs d'emplois accessibles sous contrainte budgétaire en temps et l'accessibilité à l'emploi comme opportunité urbaine.

#### (i) *Mesure d'accessibilité avec des isochrones*

Avec une mesure de la performance d'accès par isochrone depuis l'Est francilien (Chessy-Marne-la-Vallée), nous pouvons remarquer, avec la structure radiale de l'offre de transports collectifs lourds, que le bassin d'accessibilité est confiné le long du réseau ferré lourd (RER). Si l'accès au centre de l'agglomération dans la période de pointe du matin s'effectue avec un temps plus faible en transports collectifs, nous pouvons relever la performance de la voiture particulière pour les déplacements périphériques.





Isochrone en transports collectifs

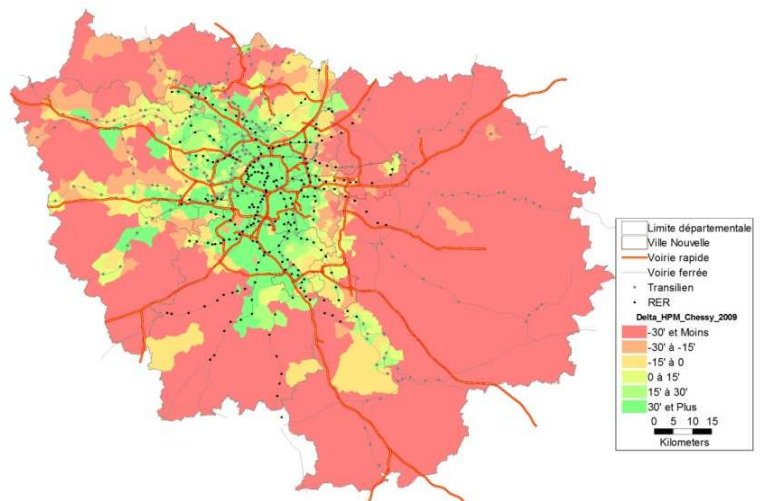
Isochrone en voiture particulière

**Figure 11 : Isochrones depuis l'Est francilien en HPM par réseaux routiers et de transports collectifs**

Nous avons prolongé l'analyse en établissant un indicateur de différentiel de temps d'accès aux zones de destination. La carte qui suit circonscrit l'aire de performance des transports collectifs et de la voiture particulière pour les déplacements réalisés depuis Chessy-Marne-la-Vallée en HPM.

Nous observons que, pour la période de pointe du matin, les transports collectifs sont plus performants à destination de Paris et un secteur ouest comprenant l'essentiel de la zone agglomérée.

**Figure 12 : Différentiel d'accès entre les transports collectifs et la voiture particulière**



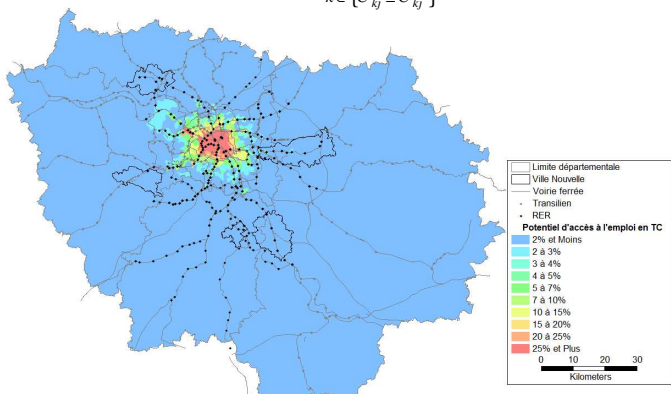
(ii) *Mesure d'accessibilité sous contrainte de budget-temps*

Pour compléter les analyses précédentes d'accès spatio-temporels, nous avons constitué une mesure de l'accessibilité en tenant compte des effectifs d'emplois disponibles à destination suivant un filtrage par les temps de transport. Nous avons fixé la contrainte de budget-temps à 35 minutes depuis chaque zone élémentaire à l'heure de pointe avec la formulation qui suit.

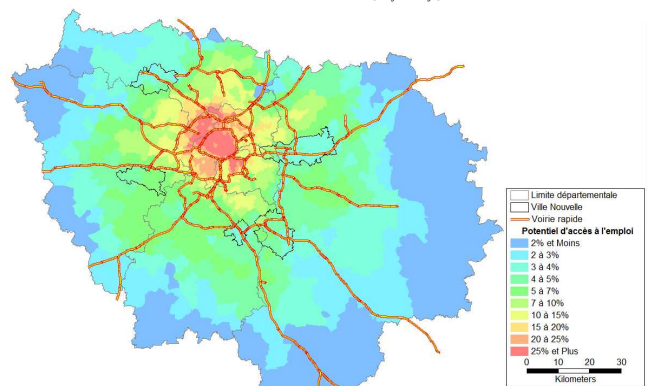
$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in \{C_{kj} \leq C_{kj}\}} P_k}$$

Et

$$A_i = \sum_{j \in \{C_{ij} \leq C_{ij}\}} R_j = \sum_{j \in \{C_{ij} \leq C_{ij}\}} \frac{S_j}{\sum_{k \in \{C_{kj} \leq C_{kj}\}} P_k}$$



Part d'emplois accessibles en TC



Part d'emplois accessibles en VP

**Figure 13 : Potentiel d'emplois accessibles sous contraintes de budget-temps**

Avec cette analyse, nous pouvons observer que la centralité pour l'accès aux emplois par les actifs depuis leurs lieux de résidences en transports collectifs est confinée dans le centre parisien et s'élargit timidement à un secteur ouest. Au delà de la Petite Couronne, des zones ont un potentiel d'accès encore situé entre 5 et 10 % de l'emploi régional. Pour les transports collectifs, au-delà de la limite de la zone dense urbanisée (Paris et Petite Couronne), les territoires enregistrent un niveau moyen d'accès potentiel équivalent à 2% et moins des emplois franciliens. En comparaison au potentiel d'accès offert par la voiture particulière, le contraste est saisissant.

### (iii) *Mesure de l'accessibilité gravitaire aux emplois*

L'application de l'indice de Hansen, mesure d'accessibilité gravitaire, en considérant l'emploi comme opportunité urbaine en destination visée depuis chaque zone d'origine suivant la performance des transports produit le même type de résultats avec la formulation qui suit.

$$H(A^k, s)_i = \frac{\sum_{j=1} E_j^k \cdot e^{(-\lambda^s C_{ij})}}{\sum_{j=1} E_j^k}$$

Nous avons constitué ci-dessous une carte prismatique représentative de l'indice de Hansen pour la région parisienne dans la période de pointe du matin.



*Indice de Hansen d'accès aux emplois en TC*

*Indice de Hansen d'accès aux emplois en VP*

**Figure 14 : Indice de Hansen d'accès aux emplois en transports collectifs et en voiture particulière.**

## 4 Conclusion

L'objectif de cet article était de discuter du concept d'accessibilité et d'appliquer sur l'exemple de la région parisienne des indicateurs de mesure liés. En mobilisant des approches économiques, géographiques, et la capacité de simulation des modèles, nous avons pu mettre en évidence la pertinence des indicateurs d'accessibilité pour l'évaluation conjointe des politiques d'occupation des sols et de transports en liaison avec les comportements de mobilité. La première partie de cet article nous a permis de mobiliser la littérature scientifique pour présenter et discuter différentes formulations d'accessibilité pour la mesure de l'articulation entre les politiques d'occupation des sols et de transports. La seconde partie de l'article a porté sur la proposition d'indicateurs de premier rang. Nous avons évalué à partir d'une modélisation la relation entre densités d'occupation des sols et pratiques de déplacements à travers le choix du mode et la consommation de distances. Les résultats vont dans le sens d'une justification des politiques urbaines de densification de l'usage des sols pour favoriser les modes collectifs de transport. Nous avons par la suite étudié la relation entre la structure géographique des flux et les conditions de mobilité et établie une première mesure d'accessibilité sur la base du coût généralisé moyen de déplacement. Ce coût augmente avec l'éloignement au centre pour atteindre son maximum au-delà du périmètre de localisation des pôles périphériques d'aménagement. Nous avons considéré des indicateurs d'accessibilité de second rang pour circonscrire l'aire de performance de chacun des modes motorisés. Enfin, nous avons précisé ces analyses par une évaluation du potentiel d'emplois accessibles aux actifs depuis leur zone de résidence. L'analyse cartographique des résultats a pu révéler que le mono-concentrisme des fonctions urbaines (concentration des activités au centre) et le radio-concentrisme des structures (notamment pour le réseau de transports collectifs) est encore dominante en Ile-de-France.

L'utilisation des modèles de simulation et le couplage avec les SIG révèlent les enjeux spatiaux d'une démarche intégrée d'évaluation de l'occupation des sols et des transports en y intégrant des indicateurs davantage représentatifs des choix localisation et des modes de déplacement.