

Modélisation Transport – Usage des sols: application à l'analyse des politiques climatiques en ville

Présentation intervenue dans le cadre du COPI PREDIM du 19/3/2013

Paolo AVNER, CIRED

Le CIRED est le Centre International de Recherche sur l'Environnement et le développement. C'est un laboratoire de recherche du CNRS. Paolo AVNER travaille avec Vincent VIGUIE et leurs recherches portent sur le lien entre formes urbaines et les changements climatiques.

Les formes urbaines

Une forme urbaine est constituée d'une étendue et des hauteurs de bâtiments. Pour les architectes, une forme urbaine est quelque chose de plus précis qui se passe à l'échelle de l'ilot de bâtiments. Les différents acteurs n'ont pas la même vision de la forme urbaine.

La comparaison entre la Ville d'Atlanta (USA) et la Ville de Barcelone (Espagne) montre qu'à la même échelle, ces 2 villes avaient en 1990 la même population (environ 2,5 millions d'habitants) et que la tâche urbaine de Barcelone est 25 fois plus petite. L'étendue des villes a un impact sur les émissions de GES, notamment pour le transport : les distances de déplacement seront plus faibles à Barcelone avec un accès accru aux TC. Barcelone possède environ 100 km de lignes de métro. Pour obtenir l'équivalent à Atlanta, il faudrait que la Ville se dote de 3400 km de lignes !

Les formes urbaines importent aussi pour la vulnérabilité au changement climatique. L'effet d'ilot de chaleur urbain est un phénomène physique qui montre qu'il fait plus chaud dans les zones denses en centre-ville. Dans ces zones les températures ont du mal à redescendre. En 2003, au moment de la canicule, ce phénomène a participé à la surmortalité constatée dans les villes. Il est difficile à étudier car il est lié à la densité de bâtiments, les types de matériau, la présence d'espaces verts et de plans d'eau... Météo France prédit une augmentation considérable, suivant les différents scénarios d'émissions de GES, de ces événements au cours du siècle.

Les formes urbaines impactent de nombreux autres objectifs de politiques publiques, liés aux inégalités géographiques et sociales, aux aspects de compétitivité. Ils doivent être pris en compte car les élus y sont sensibles et le CIRED essaie d'intégrer ces aspects dans ses études.

Les villes évoluent très lentement et les contraintes actuelles et futures (prix des énergies, du carburant pour les personnes éloignées de leur lieu de travail, changement climatique ..) sont à prendre en compte dès aujourd'hui.

Modélisation des formes urbaines

Pour étudier ces phénomènes, le CIRED a recours à une modélisation. Le modèle est basé sur une théorie urbaine classique dont les premiers jalons ont été posés dans les années 60. Le modèle continue à évoluer. Il comporte 3 mécanismes :

- L'arbitrage des ménages qui choisissent les centre-ville pour avoir des coûts et des temps de transport faibles ou vivre plus loin pour avoir des logements plus grands et un prix au m² plus faible

- Les investisseurs immobiliers qui choisissent le type de construction en fonction des loyers et des coûts de la construction.
- Une ville qui évolue au cours du temps. Tous les paramètres de la ville n'évoluent pas à la même vitesse : les loyers s'ajustent plus rapidement que la densité de population et que le type de bâti.

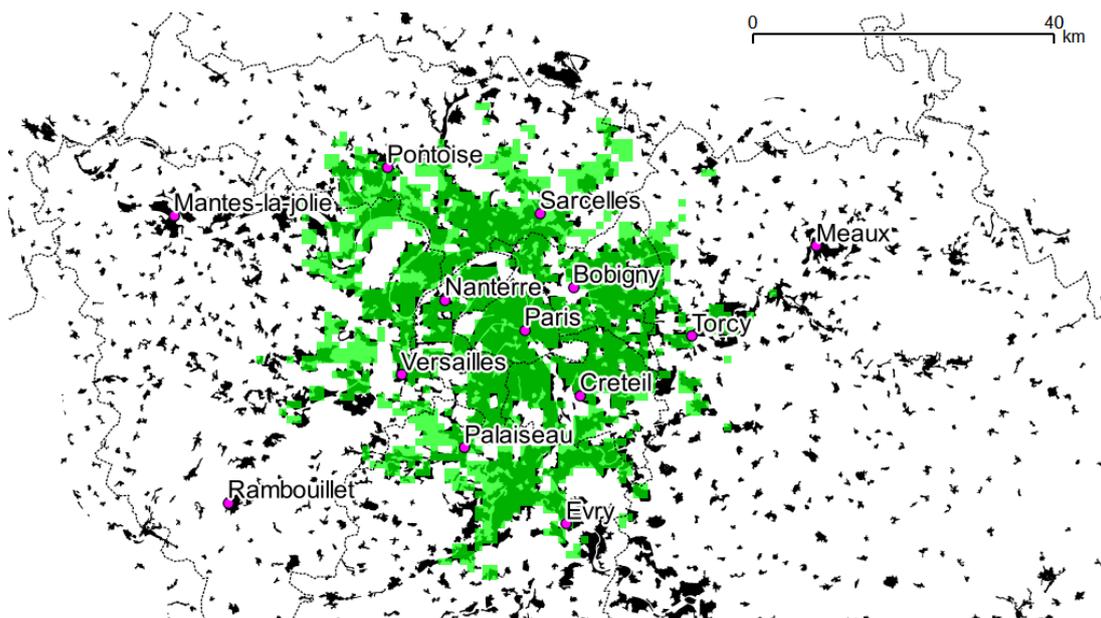
Ainsi la ville est très rarement en équilibre. Il y a de l'inertie dans la manière dont la ville évolue et se recompose.

Le modèle mono-centrique adopté est bâti sur des hypothèses simplificatrices :

- Tous les ménages ont le même revenu
- Ils effectuent un aller-retour au centre-ville
- Le centre-ville est unique et censé concentrer l'ensemble des emplois.

Ce modèle est appelé NEDUM : il prend des données en entrée assez limitées. Il faut une carte de contraintes d'usage des sols, une carte des coûts et des temps de transport en liaison avec l'infrastructure de transport de l'agglomération, des informations sur la population, les coûts de construction et les revenus moyens des ménages. A partir de ces données, le modèle ressort : la densité de population, les loyers, la taille des logements, la densité de bâti.

Pour s'assurer de la capacité de ce modèle, des tests ont été pratiqués sur la tache urbaine de l'agglomération parisienne, avec des simulations entre 1900 et 2010. Ainsi pour la tache urbaine de 2006, on compare la représentation de la carte établie par la base de données satellite « Corin Land Cover » (en noir) à la carte simulée par NEDUM (en vert). On constate des zones où NEDUM considère qu'il n'y a pas d'urbanisation. D'autres zones en vert clair ont été simulées comme étant des zones d'urbanisation mais n'existent pas en pratique. En vert foncé les zones coïncident.

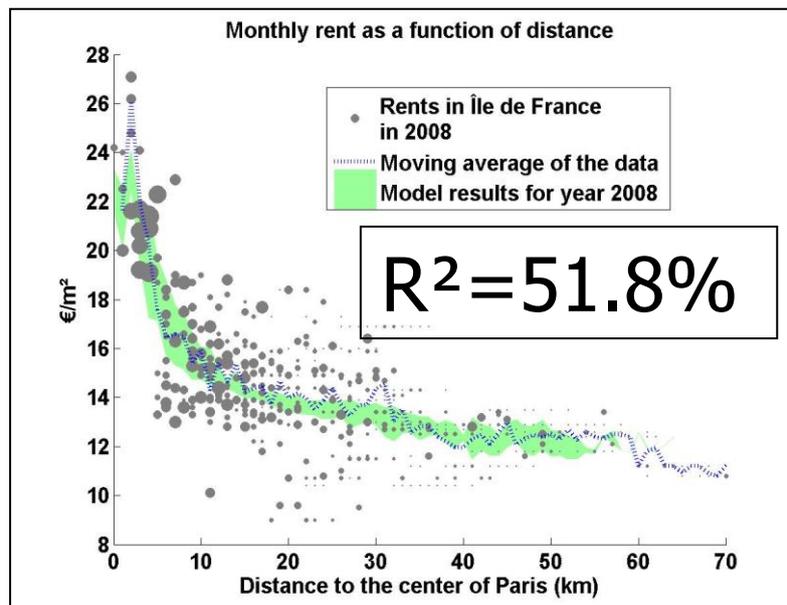


On rate des zones qui correspondent à des pôles secondaires du fait que le modèle est mono-centrique et que ces pôles secondaires, pour la plupart, sont des villes nouvelles qui

correspondent à des décisions politiques. La version polycentrique qui n'est pas encore calée, affichera des résultats plus précis.

La simulation des loyers montre un pic au centre de Paris avec un gradient élevé jusqu'à 15 km du centre, puis la courbe s'aplatit.

On peut aussi représenter les loyers par m²/mois en ordonnées en fonction de la distance au centre-ville de Paris en abscisse. Les points correspondant aux données des loyers tels que mesurés dans les différentes communes d'Ile de France sont les points en gris, la courbe bleue en pointillé est la moyenne des données et la courbe verte est le résultat des simulations. La courbe bleue et la courbe verte coïncident avec des écarts relativement faibles (corrélation moyenne à 51,8%). On rate la grande variabilité des loyers : cela tient aux phénomènes d'aménité (aménagement) en positif ou en négatif et aux phénomènes de ségrégation sociale.



Du point de vue des densités de population, le coefficient de corrélation R² est plus élevé. Les phénomènes de ségrégation et d'aménité jouent moins sur la densité de population.

Scénarios 2010-2100

L'étalement urbain cause beaucoup d'émissions de GES liées aux transports. Quelle est la contribution d'une limitation de l'étalement urbain à la réduction des émissions issues du transport en ville ? Quelle est l'importance des progrès techniques réalisés sur les véhicules ? Ces 2 questions ont été posées au début de l'élaboration des scénarios.

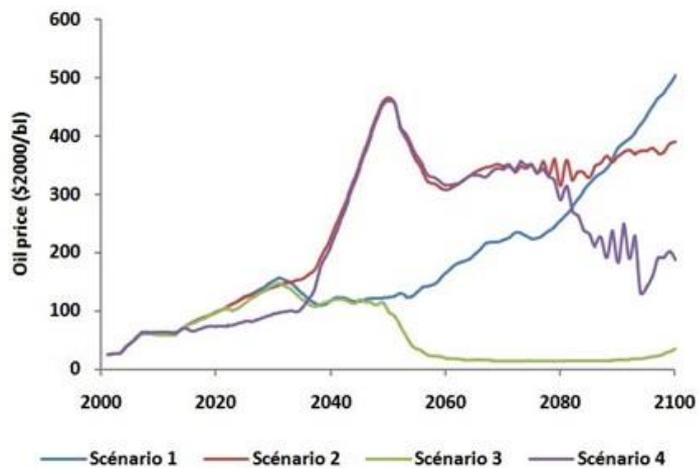
8 scénarios contrastés ont été mis au point : le modèle fait varier des paramètres comme les populations, les coûts de transport ... et intègre l'impact de la ceinture verte.

On ne cherche pas à prédire le futur mais à simuler des futurs possibles et cohérents.

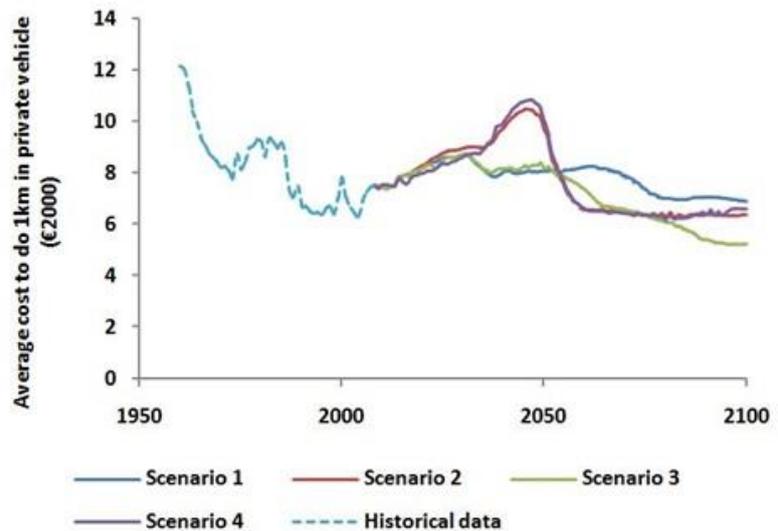
4 scénarios technico-économiques vont impacter les prix des transports et les variations de revenus.

Huit scénarios contrastés

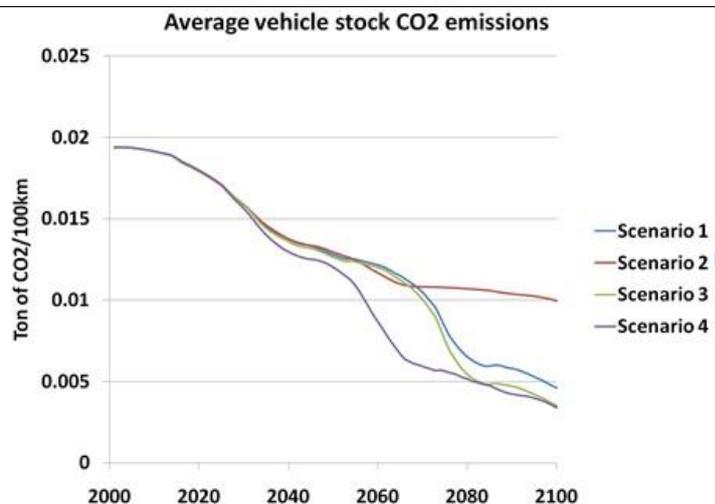
Les évolutions du **prix du pétrole** entre 2000 et 2100 : les scénarios 2 et 4 ont un fort « peak oil » puis ensuite la courbe décroît. Le scénario 2 reste en plateau et le scénario 4 marque une décroissance



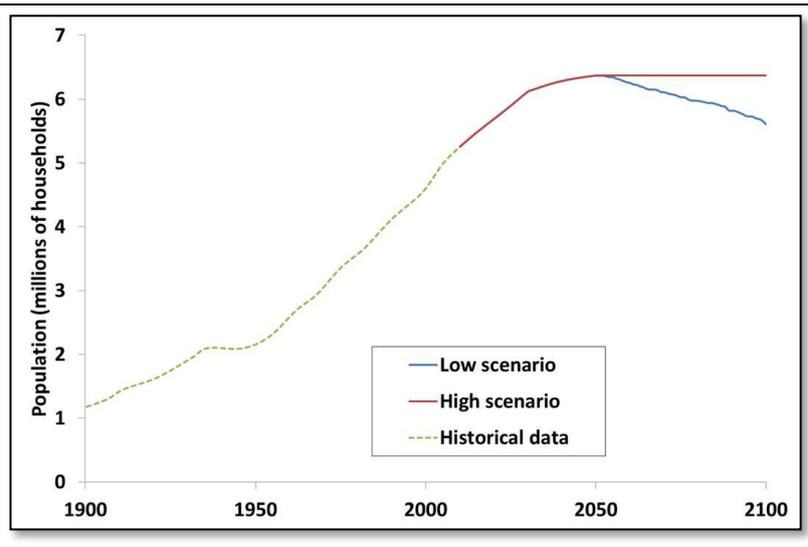
Le **coût moyen pour parcourir un kilomètre** en véhicule individuel : la variabilité est moins grande car la technologie des véhicules individuels va faire baisser la consommation et compense la hausse du prix du pétrole.



Les **émissions moyennes de CO2 pour parcourir 100 km** : les émissions vont diminuer dans tous les cas. Mais beaucoup moins pour le scénario 2 surtout à partir de 2060. Le scénario 4 marque une décroissance plus rapide que les autres mais sera rejoint par les scénarios 1 et 3

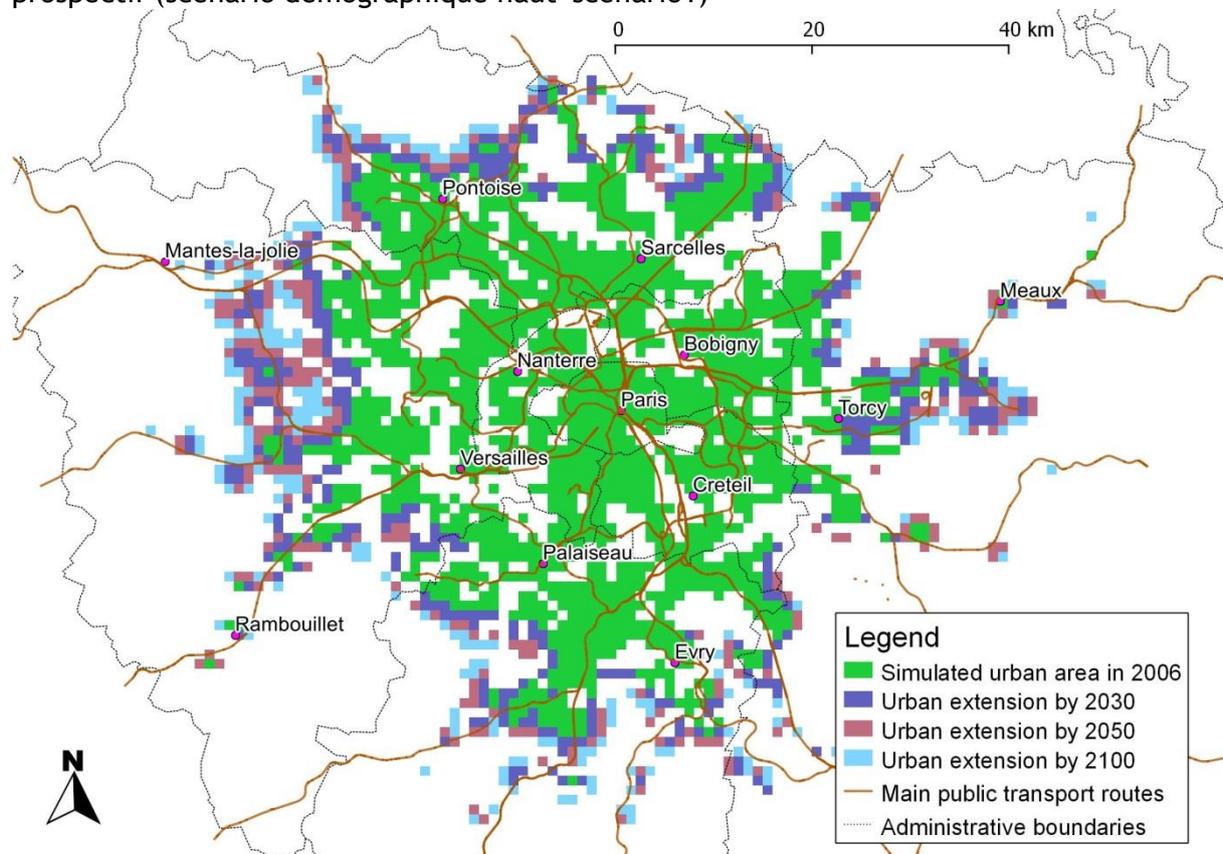


La variation totale de la population de l'agglomération : on se base sur les projections de l'INSEE. Le scénario haut montre que la population reste constante à partir de 2050, le scénario bas montre que la population va baisser un peu en 2050.



Les scénarios pour les politiques de transport locales : on fait des hypothèses simplifiées. On considère que les infrastructures vont demeurer inchangées entre 2010 et 2100. On maintient les congestions et les temps de transport tout au long du XXIème siècle. On maintient les dépenses de fonctionnement et de maintenance. Le coût du transport et la population vont évoluer.

Ci-dessous : Exemple d'extension de l'agglomération parisienne dans un scénario prospectif (scénario démographique haut+scénario1)



On a les simulations en 2006, 2030 (on densifie en périphérie et le long des axes de transport), 2050 et 2100 (on comble les vides).

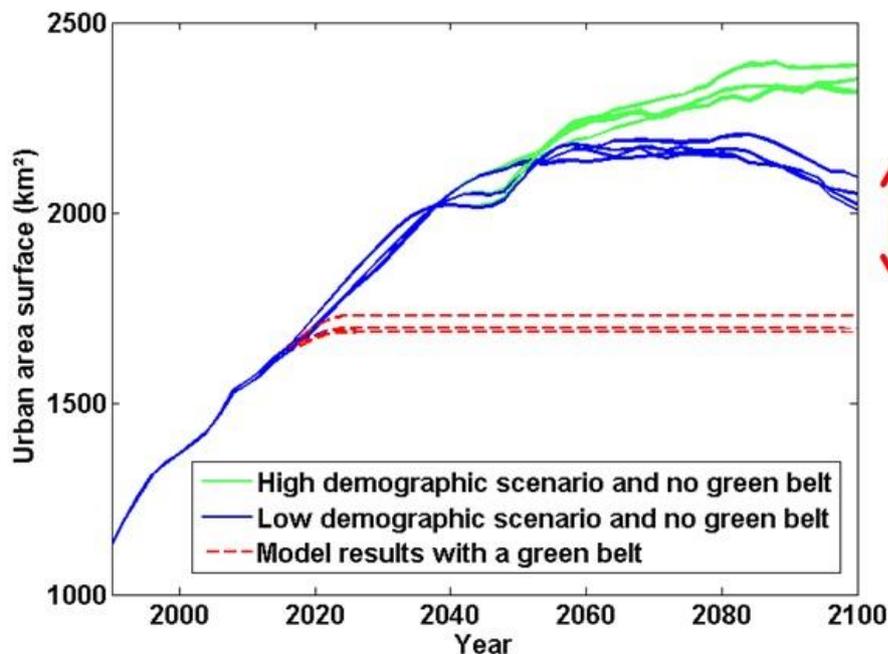
La population est fixée à 6,2 millions de ménages (2100) pour 5 millions aujourd'hui.

Jean-Michel VINCENT fait remarquer que ce qui est frappant dans la carte, c'est l'absence de planification. Sur le secteur de Pontoise, le parc naturel du Vexin n'est pas pris en compte. Il en est de même du parc naturel de Chevreuse.

Dans le modèle, il faut introduire les forêts et les PNR (parcs naturels régionaux). Il conseille de se référer au MOS (atlas cartographique informatisé de l'occupation du sol de l'Île-de-France). Le MOS est beaucoup plus précis que Corin Land Cover. Le MOS 11 postes est allégé et permet un téléchargement dans des temps raisonnables.

Zone urbanisée de Paris - étalement urbain.

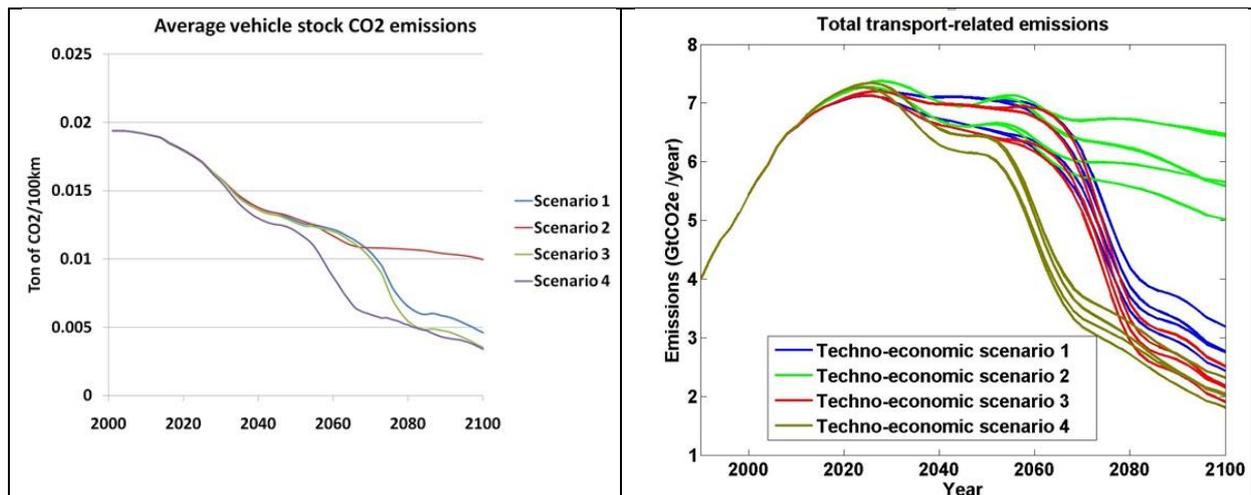
On a 3 scénarios : en vert, le scénario haut ; en bleu, un scénario démographique bas ; en rouge un scénario dans lequel la ceinture verte a été intégrée. Si on veut limiter la zone urbanisée, il faut mettre une ceinture verte. Les scénarios économiques (coût de l'énergie) ont peu d'impact si la ceinture verte existe. Le seul impact est lié à la croissance de la population.



L'idée d'introduire une taxe carbone pour limiter l'étalement urbain est sans importance. Seules les politiques locales peuvent contrôler l'étalement urbain.

Les émissions du transport dans l'agglomération parisienne

Ce n'est plus ni la démographie, ni la ceinture verte qui vont jouer mais le scénario technico économique relatif à la technologie du véhicule et au coût du fuel. On a 4 groupes de scénarios : les scénarios en vert montrent que les émissions CO2 décroissent. Pourtant précédemment on a vu que le scénario 2 était celui pour lequel les émissions de CO2 par véhicule pour 100km décroissaient le moins. En fait il faut investir sur des politiques de recherche et développement qui favorisent les véhicules propres. Les politiques locales d'usage du sol seules semblent insuffisantes pour réduire les émissions.



Quelques messages

- L'étalement urbain va continuer et s'accélérer même avec un fort peak-oil (on va jusque 400\$ du baril): Seules les politiques locales peuvent contrôler l'étalement urbain
- Les émissions du transport décroissent dans les scénarios après 2030 du fait d'évolutions technologiques et de prix croissants.
- Les politiques de lutte contre l'étalement urbain ont un impact limité sur la maîtrise des émissions du transport. C'est vrai en Ile de France mais pour des villes en développement avec des croissances démographiques fortes, la conclusion risque d'être assez différente.