

Planifier la ville bas-carbone

Réflexions autour des coûts d'abattement des politiques de mobilité

Plus de la moitié de la population mondiale vit désormais en zone urbaine. Les villes de par leur densité sont très vulnérables aux phénomènes climatiques extrêmes. Ainsi la convergence des phénomènes d'urbanisation et de changement climatique fait peser la menace d'un impact négatif sans précédent sur les économies, la qualité de vie et la stabilité sociale des pays. A contrario, la concentration des populations, des industries et des infrastructures, mais aussi des activités sociales et culturelles, constitue un facteur propice au dynamisme et à la créativité pour mettre au point des solutions de réduction des émissions de gaz à effet de serre, pour optimiser les mécanismes de réponse au changement climatique et atténuer la vulnérabilité des populations.

« En transformant la façon dont nous planifions nos villes, construisons nos maisons et déplaçons nos marchandises, nous pouvons nous engager ainsi vers une faible production de carbone qui sera bénéfique à la population et à notre planète » (Ban Ki-Moon, 2013¹).

Engager les villes dans la lutte contre le changement climatique nécessite cependant de connaître les potentiels de réduction des émissions et les coûts associés aux mesures de réduction ; or aujourd'hui les méthodes adaptées manquent.

Comment aborder les politiques climatiques urbaines du point de vue économique ? C'est la question à laquelle l'ADEME a souhaité s'intéresser au travers du soutien à la thèse de Mathieu Saujot (IDDR1²)

Cette thèse montre qu'il est possible de développer des méthodes d'analyse économique des politiques climatiques locales prenant en compte les spécificités urbaines : aspect systémique, importance des externalités positives et négatives³.

Elle met en avant que le coût d'abattement (voir encadré 1), comme tout coût, repose sur différentes conventions. Il est conçu selon une grille d'analyse donnée, et doit être étudié comme tel. Le message qu'il délivre n'est pas univoque, différentes manières de calculer les coûts co-existent, chacune porteuse de sens selon les acteurs concernés.

L'application d'un modèle urbanisme-transport au territoire grenoblois avec différents scénarios d'urbanisation confirme que les coûts d'abattement des mesures de réduction de GES⁴ visant la mobilité sont élevés comparativement à d'autres valeurs (secteur du bâtiment, valeur Quinet⁵).

Néanmoins la prise en compte des co-bénéfices (ou externalités positives) permet de les réduire considérablement, rendant plus attractifs les investissements dans le secteur du transport urbain. On montre d'autre part, qu'atteindre le Facteur 4 dans les transports en ville paraît difficile.



© EC/Alan Schroeder

RENSEIGNEMENTS COMPLEMENTAIRES

« Analyse économique et simulation prospective de la ville sobre en carbone. Application à Grenoble du modèle TRANUS. »

Ce travail, réalisé par Mathieu Saujot, de thèse s'inscrit dans le cadre du projet AETIC qui vise à proposer une démarche pour la construction de programmes d'action de réduction d'émissions de GES coût-efficaces à l'échelle locale. L'objectif est de rendre soutenables dans la durée des politiques climatiques de plus en plus ambitieuses, en introduisant le critère d'efficacité économique dans le choix des options à mettre en oeuvre. L'analyse repose sur des actions de nature incrémentale, dans les secteurs clés du bâtiment, des transports et des systèmes énergétiques locaux mais aussi sur des programmes plus structurants ou systémiques qui intègrent la dynamique du système urbain. Le projet porte une attention particulière aux interactions existant entre secteurs ainsi qu'aux relations entre les choix en matière d'urbanisme (usage des sols) et la demande d'énergie pour les transports. Le terrain d'application est celui de l'agglomération grenobloise qui s'est engagé depuis plusieurs années dans la réalisation d'un plan énergie-climat.

Le projet AETIC (Approche Economique Territoriale Intégrée pour le Climat - <http://projet-aetic.upmf-grenoble.fr/>) est un projet coordonné par le laboratoire EDDEN (Patrick Criqui, ex LEPH - Grenoble Université) auquel ont contribué différents types de partenaires : EPIC (CSTB), fondations (IDDR1), laboratoires de recherche (PACTE - Grenoble Université), entreprises (VEOLIA) et bureaux d'études (ENERDATA). Il a reçu un soutien de l'ANR dans le cadre du programme Villes Durables.

Responsable scientifique : Pierre Noël Giraud (école des Mines/CERNA)

Responsable du suivi à l'ADEME : Eric Vidalenc

Durée : 3 ans

Démarrage : Janvier 2010

N° contrat : 3396

Encadré 1 : Coût d'abattement, coût marginal

Dans l'économie du changement climatique, on définit le coût d'abattement comme le coût, pour un acteur donné (la collectivité, une entreprise...), d'une décision menant à réduire les émissions par rapport à un scénario tendanciel. Il est calculé sur une période correspondant à l'espace de décision (par exemple réflexion à 20 ans de la planification territoriale), par le ratio entre *la somme actualisée des coûts et bénéfices annuels de la mise en œuvre de la décision et la somme des réductions d'émissions annuelles*⁶. Il est donc donné en €/tonne de CO₂. Le coût marginal est le coût d'abattement de la dernière tonne nécessaire pour atteindre un objectif donné. Une MACC (courbe de coût marginal d'abattement) regroupe ainsi les coûts marginaux d'abattement de différentes mesures sur un même schéma, par ordre croissant de coût et en cumulant les réductions. Une stratégie regroupant plusieurs mesures sera considérée comme coût-efficace si elle privilégie les mesures ayant les coûts d'abattement les plus faibles.

Développer les outils d'analyse économique des politiques climatiques locales

L'importance de la ville dans les réflexions sur les politiques à adopter pour lutter contre le changement climatique se traduit notamment dans l'extension du champ de la planification territoriale qui se voit chargée en plus des questions environnementales et climatiques. Au vu de son importance et de ses tendances d'évolution, la mobilité représente un défi particulier pour les politiques urbaines : le secteur routier représente aujourd'hui 30% des émissions françaises, ses émissions ont augmenté de 17% depuis 1990.

Si la ville est aujourd'hui reconnue comme un acteur majeur de la lutte contre le changement climatique, les potentiels de réduction des émissions et le coût des actions pour atteindre les objectifs restent peu ou mal connus à cette échelle. En particulier les outils de simulations disponibles au niveau national pour réaliser des analyses économiques en prospective n'existent pas à l'échelon local.

Les MACCs (voir encadré 2) sont des outils fréquemment utilisés pour l'analyse des politiques climatiques. Elles sont présentées comme capables de figurer très simplement les coûts marginaux d'abattement de différentes mesures testées et de les classer par « ordre de priorités ». Après nombre d'applications à des questions énergétiques et climatiques, à des échelles nationales, elles ont récemment été utilisées pour les politiques climatiques urbaines avec un écho important (McKinsey, 2008 à Londres par exemple⁷).

Néanmoins cette simplicité de représentation pose question. Les MACCs agrègent pour une mesure un ensemble d'hypothèses dans un seul chiffre de coût à la tonne de CO₂ : elles reposent donc sur de fortes hypothèses de construction. Différentes limites à l'utilisation de ces outils telle qu'elle en est faite aujourd'hui peuvent être identifiées dans la littérature (Kesicki et Ekins, 2012⁸, Vogt et Hallegatte, 2011⁹). Chacune de ces critiques porte sur un élément décisif pour l'analyse au niveau urbain (voir encadré 2). Il y a donc un enjeu pour

améliorer ces outils et les rendre plus aptes à l'analyse urbaine.

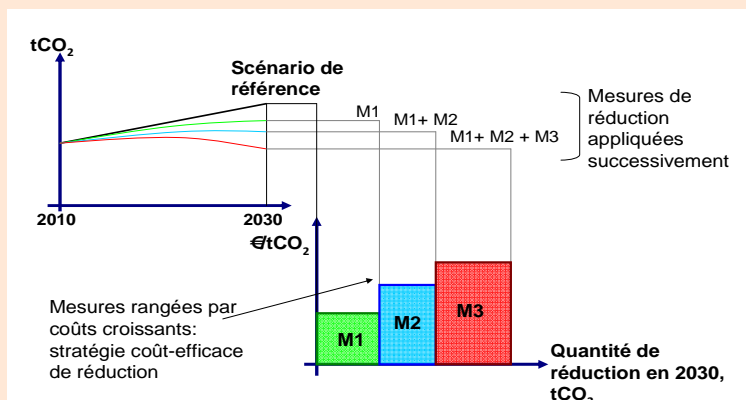
Par ailleurs, alors que la ville dense s'est imposée comme un objectif politique, la question du lien entre formes urbaines et consommations énergétiques continue de faire l'objet de débats (Pouyanne, 2004¹⁰, Mitchell et Al, 2011¹¹, Nessi, 2013¹²). La littérature montre que l'entrée par la densité globale de la ville reste insuffisante pour mieux comprendre comment réduire les consommations énergétiques. En ce qui concerne le



© Arnaud Bouissou/METL/MEDDE

Encadré 2 : Le principe des MACCs appliquées aux politiques climatiques et limites d'utilisation

Une MACC représente sur un axe les quantités de réduction des émissions de CO₂ atteintes par chaque mesure en cumulé et le coût marginal d'abattement. Classiquement, pour construire une MACC, on teste chaque mesure de manière isolée pour calculer le potentiel de réduction engendré et le surcoût correspondant. Les différentes mesures sont ensuite classées par ordre de coût d'abattement croissant pour construire une stratégie efficace.



Limites identifiées dans leur utilisation courante

1. Les externalités positives ou négatives non climatiques (pollution locale par exemple) sont souvent négligés ;
2. Les effets systémiques (interactions entre mesures), les dépendances de sentier (les décisions passées peuvent influencer sur les décisions futures : urbanisation, infrastructure) ainsi que les inerties (la mise en place d'une mesure prend du temps) ne sont généralement pas prises en compte.
3. Les mesures de nature uniquement technologique (amélioration de l'efficacité énergétique des voitures) sont privilégiées au détriment d'autres types de mesures plus organisationnelles ayant un impact plus important sur le système urbain (investissement dans les transports en commun par exemple).
4. Les nombreuses hypothèses ne sont pas toujours spécifiées ce qui nuit à la transparence et donc à la contribution que peuvent apporter ces outils dans la discussion et les processus de décision (par exemple, les prix des énergies, déterminants pour les résultats, sont trop rarement précisés).

transport, d'autres variables jouent un rôle clé sur la longueur des déplacements et sur les modes de transports privilégiés : la structure urbaine, la distribution spatiale de la population, les modes de vie etc.. (Lefèvre, 2007¹³ ; Pouyanne, 2004). Si des travaux sur le sujet, comme celui du Transport Research Board (2009)¹⁴, montrent que des développements plus denses de la ville tendraient à améliorer le bilan environnemental de la mobilité, les interrogations sur l'ordre de grandeur des gains possibles et l'ampleur des coûts socio-économiques associés à un tel scénario de densification restent toutefois importants.

L'objectif de densification n'est donc pas en soi suffisant pour la planification territoriale et les politiques climatiques : il s'agit de poursuivre l'investigation de cette question, et la simulation prospective apparaît comme un outil adapté (Lefèvre, 2008¹⁵).

Il apparaît donc utile de développer des outils permettant d'aborder conjointement la question urbaine et la question climatique, et d'en faire une analyse économique. Cette analyse est d'autant

plus nécessaire qu'au vu du niveau d'ambition des objectifs de réduction des émissions et des difficultés de financement tant privées que publiques, le critère d'efficacité économique paraît aujourd'hui essentiel pour définir les politiques climatiques.

Un exercice de prospective novateur appliqué à la région urbaine de Grenoble

Les modèles LUTI¹⁶ ont été élaborés à partir des résultats des travaux d'économie urbaine et d'économie des transports dans le but de servir la planification spatiale. Ces modèles, qui bénéficient aujourd'hui d'un regain de recherche¹⁷ en France, correspondent au cahier des charges d'un outil susceptible d'informer les politiques climatiques urbaines.

Ils permettent :

- de représenter à la fois le système d'usage des sols et le système de transport pour tester des trajectoires urbaines (logement, foncier, emplois, ménages, réseaux de transport) ;
- de simuler des scénarios prospectifs ;
- d'estimer des coûts, des émissions associés à des dimensions du développement urbain (évolution de la forme urbaine, besoin de logements...) et à la mobilité (partage modal, km parcourus, temps, pollution...).

La simulation permet donc d'apporter des résultats généraux sur les trajectoires les plus profitables pour réduire les émissions de CO₂ des transports, mais sert également de support au travail de spécification et de hiérarchisation des mesures. Parmi les différents modèles LUTI, notre choix s'est porté sur Tranus, modèle opérationnel et pertinent théoriquement (Lefèvre, 2007), disposant d'un modèle transport particulièrement sophistiqué et déjà très largement appliqué dans le monde (Iacono et Al, 2008¹⁸) (voir encadré 3).

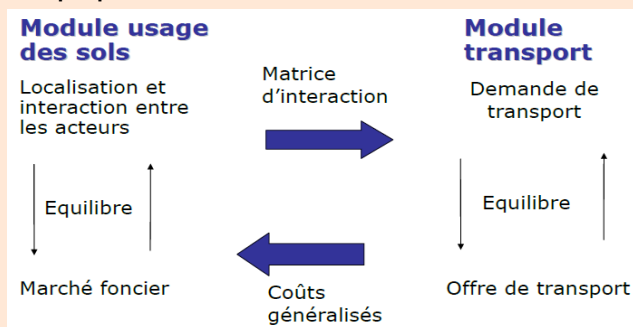
Encadré 3 : Le modèle TRANUS

Modèle quasi-dynamique, car il évolue par pas de temps

Intégré, car il inclut un modèle de transport et un modèle d'usage des sols

Agrégé, car on ne représente pas directement les agents mais des groupes d'agents.

Graphique 2



Un module « usage des sols » détermine les localisations des activités et des ménages selon une logique de marché qui repose sur des éléments quantitatifs et qualitatifs du tissu urbain. Le modèle atteint un premier équilibre sur le marché foncier (prix, quantité), qui se caractérise, entre autres, par une demande d'interaction, et donc de mobilité.

Une interface transforme les matrices « origine-destination » en matrice « demande de déplacements ».

Un module « transports » confronte la matrice de demande de déplacement à l'offre de transport (réseau routier, transport en commun, marche, vélo). Le modèle atteint un équilibre sur le marché des transports (vitesse, trafic), ce qui conduit à la formation des temps de déplacement et des coûts monétaires de déplacement. L'ensemble coûts monétaires et coût temporel associé à chaque couple de zones représente l'accessibilité du territoire et est injecté dans le module d'usage des sols en tant que facteur des choix de localisation des ménages et des activités. La simulation se fait généralement sur la pointe du matin (7h-10h), comme c'est le cas dans notre application.

Le territoire de la région urbaine grenobloise concentre un ensemble de caractéristiques et de problématiques, qui font de lui un cas particulièrement intéressant pour l'analyse économique des politiques climatiques locales. Des atouts : un schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) ambitieux, une politique de transports en commun dynamique, une ville pionnière en termes de Plan Climat ; mais aussi des difficultés : un étalement urbain important, une sévère pollution locale et une contrainte financière forte¹⁹ pour développer de nouvelles offres de transport.

Le périmètre de simulation choisi est le périmètre du Schéma de Cohérence Territoriale (SCOT) de la région urbaine grenobloise (3700km²) qui comprend l'agglomération (310km², 54% des 730 000 habitants et 65% des emplois), ainsi que d'autres pôles urbains, des zones périurbaines et des zones rurales (voir encadré 4).

Au-delà de la prise en compte des hypothèses classiques nécessaires pour réaliser le bilan socio-économique (monétarisation des impacts de la pollution locale et du bruit, valeur du temps, coût du transport pour les ménages et la collectivité), l'exercice de modélisation a essayé de dépasser certaines limites méthodologiques observées sur des exercices comparables (voir encadré 2).

Pour construire une MACCs, il est en effet nécessaire d'identifier l'effet de chaque action. Or il existe des liens systémiques entre elles. A titre d'exemple, les émissions évitées et le coût d'une nouvelle infrastructure de transport en commun mise en place dépendent du niveau de report modal créé par cette nouvelle infrastructure. Ce dernier, dépend des autres offres de transport en commun, de la politique de stationnement, d'une

taxe carbone ou de la relocalisation d'emplois à long-terme...etc. Il est donc difficile d'évaluer la responsabilité d'une mesure seule dans le bilan d'émissions et le coût associé. Ceci serait d'ailleurs peu utile car une politique pertinente de réduction des émissions dans le transport combine forcément différentes mesures, afin de profiter des effets systémiques. Il a donc été choisi de considérer des paquets de mesures au lieu de mesures uniques.



Encadré 4 : Application de TRANUS au territoire grenoblois

La simulation a été réalisée sur le périmètre du SCOT avec un maillage de 224 zones. L'ensemble des réseaux et des offres de transport est représenté dans le modèle (réseaux routier, TER, tramway, bus et cars des différents opérateurs). Les émissions sont calculées à partir des sorties de TRANUS (vitesse et nombre de véhicules sur chaque segment du réseau routier). On considère 7 types de ménages et 6 types d'emplois et de services, ainsi que les logements individuels, collectifs et sociaux.

Les coûts pris en compte :

- Déplacements en transports en commun et en voiture particulière pour les ménages (incluant achat, maintenance, assurance et carburant).
- Investissement, recettes et charges d'exploitation dans les infrastructures pour la collectivité.
- Pollution locale, bruit et temps de déplacement.

Le choix des coûts pris en compte permet de surmonter la limite 1 identifiée dans l'utilisation des MACCs (voir encadré 2). Ainsi on prend ici en compte en grande partie les externalités. En effet Tranus permet d'appréhender des paramètres comme la distance, le type d'infrastructure, le niveau de congestion... Autant de paramètres géographiques et territoriaux qui permettent d'évaluer en dynamique et non en statique des impacts comme le bruit et les temps de déplacement. A partir d'un socle commun d'hypothèses de contexte (évolution de la démographie et des emplois, prix de l'énergie, amélioration technologique...), trois scénarios contrastés de développement urbain à l'horizon 2030 sont simulés :

- > Concentration Urbaine sur l'agglomération : la croissance des emplois et de la population se concentre sur l'agglomération
- > Expansion Urbaine : les couronnes périurbaines ont une croissance démographique forte et la croissance des emplois est partagée
- > Renforcement Multipolaire : la croissance démographique et économique est partagée entre l'agglomération et les pôles urbains et périurbains.

Dans chacun de ces « mondes », une stratégie de réduction des émissions est définie (voir tableau*)

* n'apparaît ici que la mesure principale, à laquelle sont associées d'autres mesures (politique de stationnement, incitation au VEVHR, intensification urbaine...) pour former un paquet.

Scénarios	Mesure 1	Mesure 2	Mesure 3	Mesure 4	Mesure 5
Concentration urbaine	Bus à haut niveau de service	Péage ²⁰	Extension Tramway	VEVHR	Covoiturage
Expansion urbaine	Péage	VEVHR ²¹	Extension Tramway	Transport collectif Interurbain	Covoiturage
Renforcement multipolaire	Péage	Extension Tramway	VEVHR	Transport collectif Interurbain	Covoiturage

Ces groupes de mesures prennent place dans des séquences. Dans chaque séquence, est évalué l'impact additionnel d'un paquet par rapport au paquet précédent (dans le graphique 1, on lit ainsi le coût et le potentiel de M3 dans un « monde » où M1 et M2 ont déjà été mis en place).

Cet exercice de prospective a ainsi permis de prendre en considération les interactions entre mesures. De plus, certains co-bénéfices en matière de pollution locale ont été quantifiés et on ne s'est pas limité à la technologie.

La simulation en prospective permet également de prendre en compte les dépendances de sentiers et les inerties. Pour autant, les MACCs restent très dépendants de conventions de calcul ce qui est illustré par les résultats suivants.

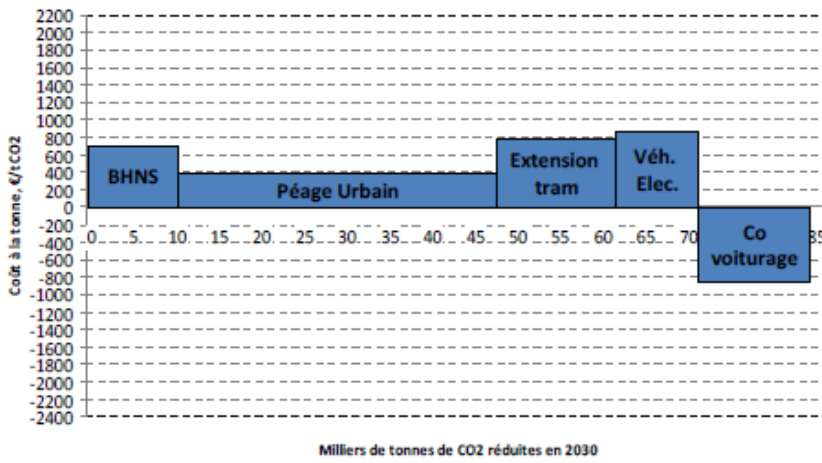
Le coût d'abattement : une forte dépendance aux conventions de calcul

Les coûts d'abattement obtenus pour le scénario concentration urbaine sont présentés ici. Les niveaux sont plutôt élevés (voir graphique 3) si l'on compare au secteur du bâtiment (voir graphique 7) ou à la valeur tutélaire du rapport Quinet (32€ en 2010 ; 100€ en 2030). Néanmoins, si l'on prend en compte la pollution et le bruit évités grâce aux mesures, ce coût est fortement réduit (voir graphique 5). L'analyse avec un taux d'actualisation plus élevé (voir encadré 5) met en évidence une réduction de coût pour les solutions de transports en commun (voir graphique 4).

De plus, il convient de relever la très grande sensibilité du calcul économique aux variations de temps dans les transports : de

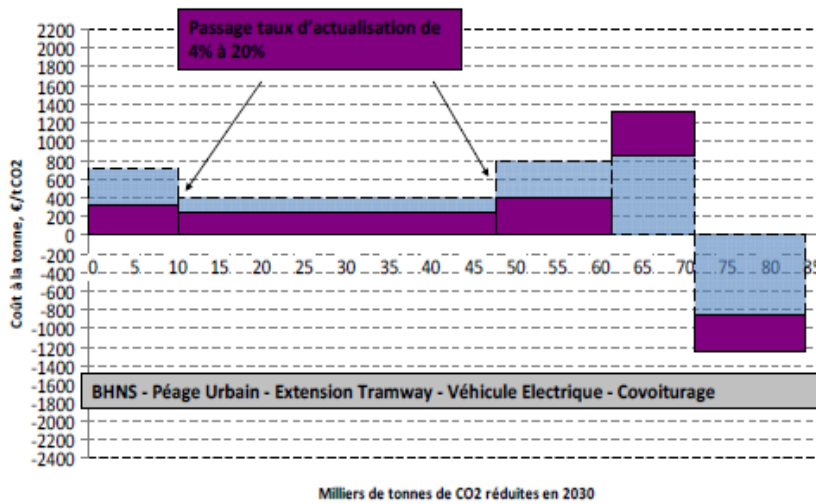
petites variations ont un impact très fort sur le coût²². Dans ce scénario, la prise en compte du temps associé aux déplacements a un impact fort à la hausse sur le niveau des coûts des solutions de transport collectif et le péage urbain. En effet, le report modal vers les transports en commun implique des temps d'attente supérieurs sans forcément apporter de gain de temps de déplacement. Classiquement, la valeur du temps d'attente est double de celle du temps de déplacement pour représenter l'inconfort (Boiteux, 2001²³). Le péage urbain impacte significativement les temps de transport.

Du fait des différents périmètres d'analyse possibles et de la dépendance d'une mesure aux autres actions mises en place, le calcul économique n'est pas univoque. Ainsi, il s'agit d'étudier les différentes configurations car chacune est porteuse de sens.



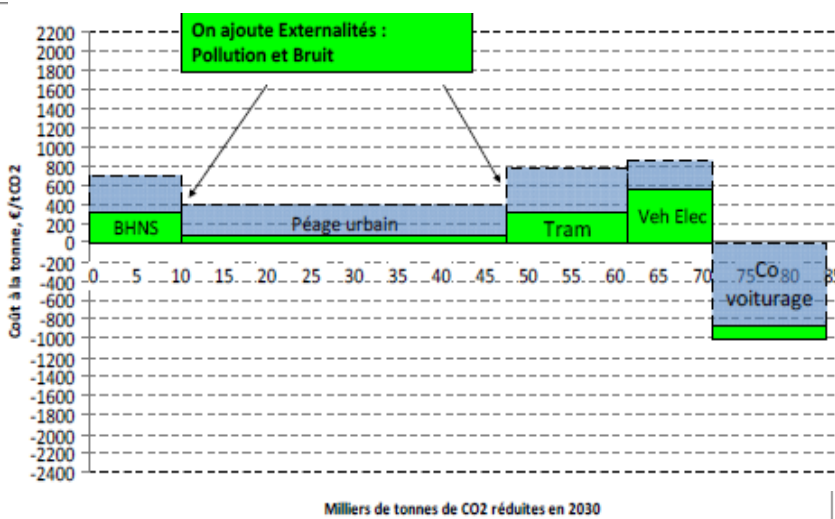
Graphique 3 : Coûts d'abattements du scénario concentration urbaine*

Coût économique simple, actualisation 4 %



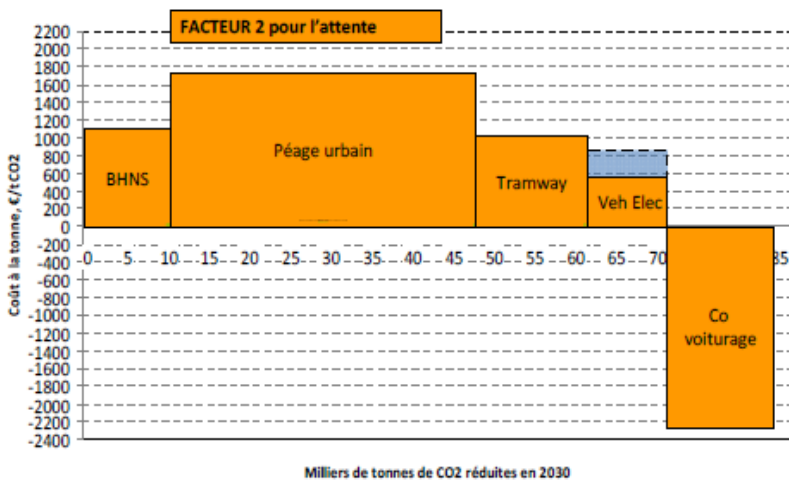
Graphique 4 : Coûts d'abattements du scénario concentration urbaine*

Taux actualisation 20 %



Graphique 5 : Coûts d'abattements du scénario concentration urbaine*

Retour actualisation 4 % et ajout pollution et bruit

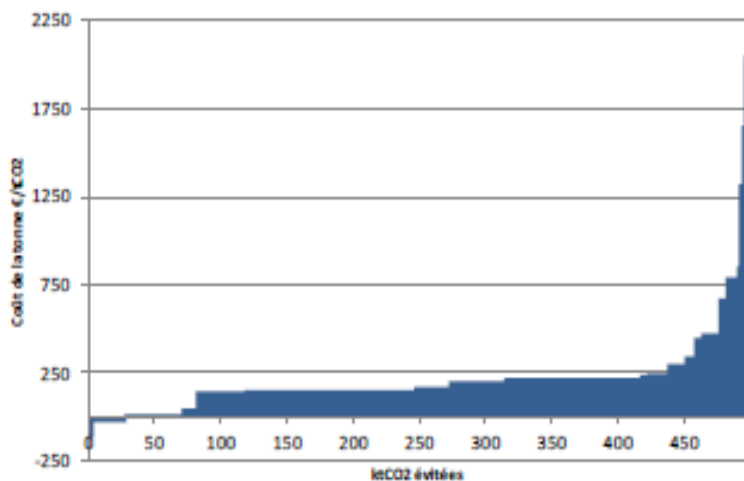


Graphique 6 : Coûts d'abattements du scénario concentration urbaine*

Ajout du temps en plus des autres externalités, actualisation 4 %

* n'apparaît ici que la mesure principale, à laquelle sont associées d'autres mesures (politique de stationnement, incitation au VEVHR, intensification urbaine..) pour former un paquet.

Source : « Analyse économique et simulation prospective dans la planification de la ville sobre en carbone. Application à Grenoble du modèle TRANUS ». Saujot M. (2013²⁴).



Graphique 7 : Les coûts d'abattement dans le bâtiment (résidentiel et tertiaire) dans l'agglomération grenobloise.

Taux d'actualisation à 4 %

Source : Criqui et Al 2013



Encadré 5 : Taux d'actualisation

Le taux d'actualisation mesure la différence entre posséder une même somme d'argent aujourd'hui ou dans x années. Il se ramène à un taux d'intérêt implicite. Il permet ainsi de rendre comparable des coûts et des bénéfices intervenant à différentes étapes d'un projet. Le taux public pour évaluer la pertinence de projets mis en œuvre par la collectivité est de 4%. Autrement dit, il est indifférent pour celle-ci d'avoir 100 millions d'euros aujourd'hui ou 148 millions d'euros dans 10 ans. Toutefois, pour leurs investissements, par exemple de rénovation de leur logement ou d'achat d'une voiture, les ménages ont une préférence pour le présent et une aversion au risque plus importante, en particulier du fait de difficultés d'accès au crédit, d'un manque d'information et d'un horizon plus limité et incertain. Ils raisonnent ainsi avec un taux d'actualisation plus élevé. Dans le transport, acheter une voiture revient à payer aujourd'hui pour des bénéfices (véhicule.km) et coûts d'usage futurs. Un taux d'actualisation plus élevé tendra à favoriser une solution sans investissement (transport en commun), ou avec un faible investissement même si les coûts d'usage peuvent être importants (voiture d'occasion) par rapport à une solution avec un investissement important (voiture neuve avec un coût d'usage plus faible). En effet, ce sont les coûts d'aujourd'hui qui vont dominer le calcul.

Atteindre le Facteur 4 dans les transports urbains : un objectif ambitieux

La simulation des trajectoires globales de réduction des émissions de GES jusqu'à 2030 montre qu'il est difficile d'atteindre le Facteur 4 dans le transport urbain.

Avec les cinq mesures mises en place, on obtient en moyenne sur les trois scénarios une réduction des émissions de 45% en 2030 par rapport à 2010 (-3% par an). Pour atteindre le Facteur 4 en 2050, le rythme de réduction doit sensiblement s'accélérer entre 2030 et 2050 (-4% par an).

Peu de marges de manœuvre existent à court et moyen termes pour jouer sur les formes urbaines. En effet, le stock de logements est important par rapport à la croissance du parc. Ainsi dans notre exercice, les différences d'émissions entre formes urbaines en 2030 sont faibles : -10% avec les 5 mesures mises en place entre le scénario concentration urbaine et les autres scénarios. Ce résultat, combiné aux nombreuses incertitudes concernant le coût en termes de logement et d'aménagement d'une politique de densification (Castel, 2006²⁵) et aux autres impacts de la densité (mobilité de compensation pour le loisir, îlots de chaleur...) conduit à l'idée suivante : la planification urbaine doit être capable d'aller au-delà d'un simple objectif de densité pour mieux utiliser l'ensemble des leviers structurant le fonctionnement urbain et sa consommation d'énergie²⁶.

© Gerard Crossay/MEDE-MLETR



¹ Ban Ki Moon : conférence de Varsovie sur le changement climatique (2013).

² Cette thèse « Analyse économique et simulation prospective dans la planification de la ville sobre en carbone. Application à Grenoble du modèle TRANUS ». Saujot M. 2013 a bénéficié du soutien financier de l'Ademe, par une bourse doctorale, de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) dans le cadre du projet AETIC (Approche Economique Territoriale Intégrée pour le Climat <http://projet-aetic.upmf-grenoble.fr/>) coordonné par P.Criqui (Edden), et de l'Institut du Développement Durable et des Relations Internationales (IDDRI). Elle a été réalisée à l'IDDRI, sous la direction de P-N.Giraud, et au laboratoire Cerna de MinesParistech, dans l'école doctorale Économie, organisations, société (ED EOS).

³ On parle d'externalités lorsque les actions d'un agent économique ont un impact positif ou négatif sur le bien-être et le comportement d'autres agents et que cet impact n'est pas pris en compte dans les calculs de l'agent qui le génèrent.

⁴ Gaz à effet de serre.

⁵ Valeur tutélaire du carbone pour évaluer la rentabilité des investissements publics et l'évaluation environnementales des politiques publiques Quinet, A., (2009) *La valeur tutélaire du carbone*, Centre d'analyse stratégique, La documentation française, Avril 2009.

⁶ Dans le cadre de cet exercice les tonnes de CO₂ ont été actualisées.

⁷ McKinsey, *Sustainable Urban Infrastructure, London Edition – a view to 2025*, Siemens AG (2008).

⁸ Kesicki, F. Ekins, E. (2012) Marginal abatement cost curves: a call for caution, *Climate Policy*, Vol. 12, Iss. 2, 2012.

⁹ Vogt-Schilb, A. Hallegatte, S. (2011) When starting with the most expensive option makes sense : Use and misuse of marginal abatement cost curves. *Policy Research Working Paper* 5803, World Bank, Washington DC, USA, 2011.

¹⁰ Pouyanne G., Des avantages comparatifs de la ville compacte à l'interaction forme urbaine mobilité. Méthodologie, premiers résultats, *les Cahiers Scientifiques du Transport* N° 45/2004 - Pages 49-82.

¹¹ Mitchell, G., Hargreaves A., Namdeo A., Echenique M., (2011) Land use, transport, and carbon futures: the impact of spatial form strategies in three UK urban regions, *Environment and Planning* (2011, volume 43, pages 2143-2163).

¹² Nessi, H. (2012) *Influences du contexte urbain et du rapport au cadre de vie sur la mobilité de loisir en Ile de France et à Rome*, Thèse de doctorat d'Université Paris-Est sous la direction d'O. Coutard soutenue le 30 novembre 2012.

¹³ Lefèvre, B. (2007) *La Soutenabilité Environnementale des Transports Urbains dans les Villes du Sud Le couple « transport – usage*

des sols » au coeur des dynamiques urbaines, Thèse de Doctorat des MinesParistech, Décembre 2007.

¹⁴ Transportation Research Board 2009, *Driving and the Built Environment The Effects of Compact Development on Motorized Travel, Energy Use, and CO₂ Emissions*, Special Report 298 Transportation Research Board Washington, D.C.2009.

¹⁵ Lefèvre, B. Long-term energy consumptions of urban transportation: A prospective simulation of "transport-land uses" policies, *Energy Policy*, 10.1016, 2008.

¹⁶ Land Use Transport Interaction modelling

¹⁷ Voir les travaux de l'IAU-Idf, du LET, du LVMT, de Vinci et de l'Ifsttar, réunis dans le projet ANR CITIES.

¹⁸ Iacono M., Levinson D., El-Geneidy A., (2008) Models of Transportation and Land Use Change: A Guide to the Territory, *Journal of Planning Literature* May 2008 vol. 22 no. 4, 323-340.

¹⁹ Notamment du fait de lourds investissements passés dans des infrastructures de tramway.

²⁰ Péage de zone : les résidents comme les entrants paient le droit de rouler dans la zone intra-rocade de l'agglomération, tarif compris

entre 2 et 4€ suivant les scénarios, gratuit pour les véhicules électriques et hybrides rechargeables dans les scénarios 2 et 3. Système avec des portes de contrôles entre entrée de la zone et sur les axes routiers principaux.

²¹ VEVRH : Véhicule Electrique et Véhicule Hybride Rechargeable.

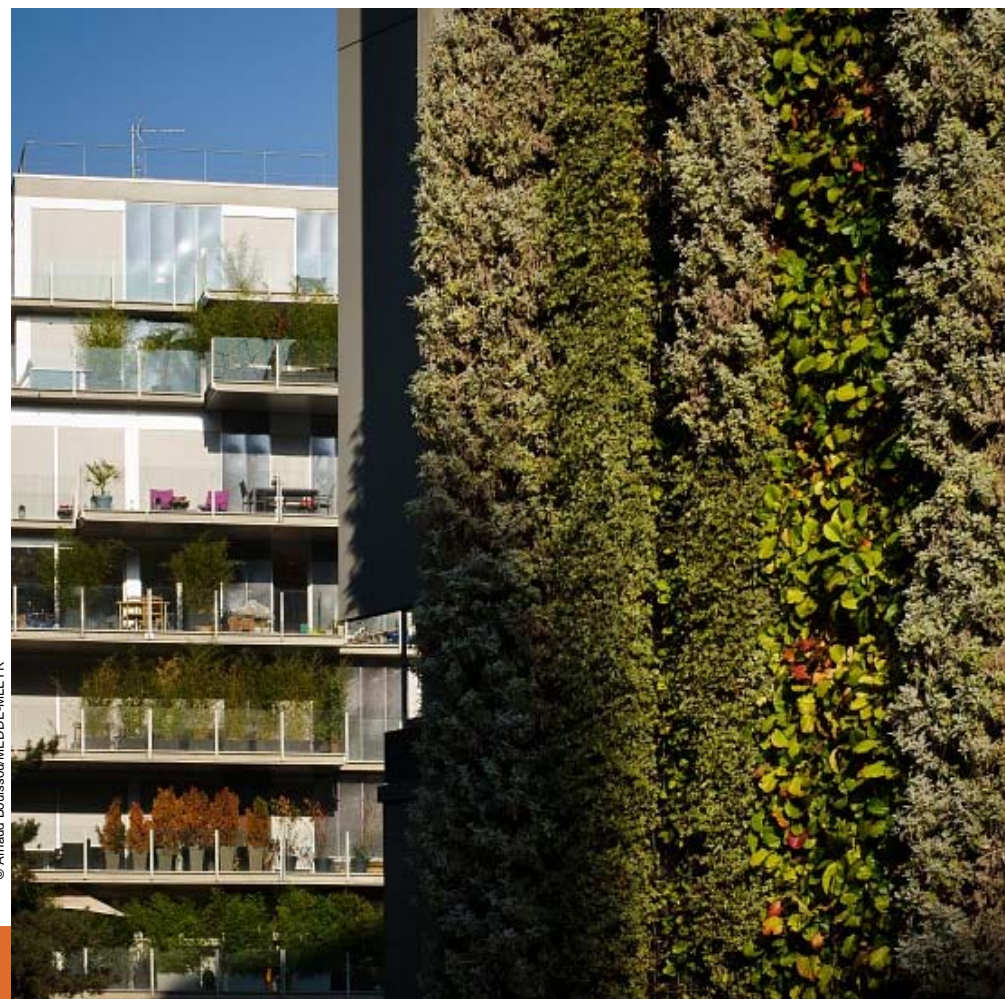
²² Les résultats sont donc à prendre avec prudence car les incertitudes sur les gains ou pertes de temps ont un impact fort sur les coûts. A titre d'illustration si l'on ne choisit pas l'hypothèse de valeur double pour le temps d'attente, la prise en compte du temps fait baisser légèrement le coût d'abattement du BHNS et du tramway et non augmenter car globalement le temps de transport diminue légèrement avec ces investissements.

²³ Boiteux, M. *Transport : choix des investissements et coût des nuisances*, Commissariat Général du Plan (2001).

²⁴ <http://pastel.archives-ouvertes.fr/pastel-00982385>

²⁵ Castel, J.C. Les coûts de la ville dense ou étalée, *Etudes Foncières* n°119, 2006.

²⁶ Voir par exemple la façon dont est traitée cette question dans le travail de prospective du MEDDE et de l'ADEME, *Repenser les villes dans la société post carbone* (2013).



L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

ISBN - 979-10-297-0055-2 Ref. 8456



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 80406 — 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr