

Modélisation des dynamiques urbaines, application à l'analyse économique du changement climatique

Vincent Viguié

Soutenue le Jeudi 5 janvier 2012

These dirigée par **Jean-Charles Hourcade** et **Stéphane Hallegatte**

Jean Laterrasse	Président
Patrick Criqui	Rapporteur
Philippe Quirion	Rapporteur
Jan Corfee-Morlot	Examineur
Vincent Renard	Examineur
Yann François	Examineur

Résumé

Parce qu'elles concentrent plus de la moitié de la population et l'essentiel de l'activité économique mondiale, les villes sont des acteurs majeurs des problématiques environnementales globales. Les politiques de transport, d'urbanisme et de logement sont ainsi reconnues comme des moyens d'action nécessaires et efficaces tant pour réduire les émissions que pour réduire la vulnérabilité aux impacts du changement climatique. Jusqu'à présent, malheureusement, il n'y a pas de consensus sur ce qui doit être fait, et encore moins sur comment le faire. Trois difficultés, au moins, expliquent cela. Tout d'abord, les politiques climatiques interagissent avec les autres objectifs des politiques urbaines, comme la compétitivité économique ou les problèmes sociaux, entraînant des synergies et des conflits. Ensuite, les inerties sont un facteur-clé à prendre en compte : les modifications structurelles des villes s'opèrent très lentement. Si l'on veut que les villes soient adaptées au climat de

la fin du XXIème siècle, il est indispensable de commencer à agir dès maintenant. Enfin, les effets des politiques urbaines dépendent de nombreux facteurs exogènes, et inconnus au moment où la décision doit être prise : les changements démographiques, socio-économiques, culturels, politiques et technologiques vont jouer un rôle majeur. Ces trois difficultés ne sont cependant pas insurmontables, et nous illustrerons comment une modélisation intégrée peut permettre de répondre à une partie de ces problèmes.

Résumé long

Parce qu'elles concentrent plus de la moitié de la population et l'essentiel de l'activité économique mondiale, les villes sont des acteurs majeurs des problématiques environnementales globales. Elles le sont notamment dans le cadre de la réduction des émissions de gaz à effet de serre ("l'atténuation"), et de la réduction de la vulnérabilité au changement climatique ("l'adaptation"). Les interactions d'une ville avec l'environnement sont complexes, et régies par de nombreux facteurs. L'un d'entre eux, cependant, a un statut tout à fait particulier : son organisation spatiale, parce que celle-ci joue un rôle prépondérant dans l'intensité et dans l'organisation des flux qui caractérisent le fonctionnement de la ville, et parce que celle-ci détermine l'exposition aux aléas naturels.

Les politiques de transport, d'urbanisme et de logement sont ainsi reconnues comme des moyens d'action nécessaires et efficaces tant pour réduire les émissions, que pour réduire la vulnérabilité aux impacts du changement climatique. Il n'est donc pas surprenant que la réflexion sur l'évolution attendue de la structure spatiale des villes soit au cœur de nombreuses réflexions prospectives sur l'adaptation et l'atténuation, notamment au sein du GIEC, de la Banque Mondiale, ou de l'OCDE. Jusqu'à présent, malheureusement, il n'y a pas de consensus clair sur la manière d'utiliser ce levier efficacement. Dans ce document, notre thèse est que trois raisons, au moins, expliquent cela, et jouent un rôle clé dans l'analyse des politiques climatiques urbaines.

Tout d'abord, l'inertie est un facteur déterminant dans la définition de ces politiques. En effet, une fois construite, une ville n'évolue que très lentement. En Europe, il a ainsi fallu des siècles pour parvenir à la structure des villes actuelles, et comme les bâtiments ont généralement des durées de vie variant de 50 à plus de 100 ans, nos choix actuels conditionnent en grande partie les émissions et la vulnérabilité urbaines tout au long du siècle. Si l'on veut que les villes soient adaptées au climat de la fin du XXIème siècle, et si l'on veut réduire significativement les émissions de gaz à effet de serre d'ici quelques décennies, il est indispensable de commencer à agir maintenant, et à modifier la conception des bâtiments et les

stratégies de planification urbaine.

Deuxièmement, l'évolution d'une ville dépend de nombreux facteurs exogènes, et inconnus au moment où la décision doit être prise : les changements démographiques, socio-économiques, culturels, politiques et technologiques vont jouer un rôle majeur. Par exemple, le succès de stratégies visant à réduire les émissions liées aux transports est dépendant des évolutions futures des prix énergétiques, et des technologies qui existeront à l'avenir. Cette incertitude doit être prise en compte, et les politiques climatiques doivent pouvoir être robustes face à celle-ci. Nous affirmons qu'il est important que la planification urbaine soit faite dans un esprit de prospective intégrant cette incertitude, et nous proposons ici un exemple d'approche basée sur la construction de scénarios.

Troisièmement, les politiques climatiques urbaines ont un impact sur les autres objectifs des décideurs urbains, comme la compétitivité économique, ou la gestion de problèmes sociaux. Ces interactions peuvent conduire à des arbitrages à réaliser, lorsque ces objectifs s'opposent, ou bien à des synergies lorsqu'une mesure a des effets secondaires positifs. Des conflits et des complémentarités existent aussi entre politiques d'adaptation et d'atténuation, car celles-ci sont souvent basées sur les mêmes outils. Ces problèmes d'efficacité et d'acceptabilité sociale et politique sont importants, et doivent être pris en compte dans l'analyse des politiques climatiques urbaines. Nous montrons ainsi qu'intégrer différents objectifs dans un cadre cohérent (ce que à quoi on réfère parfois par l'expression anglaise « mainstreaming ») peut permettre de concevoir des politiques plus efficaces et plus acceptables.

Nous allons présenter quelques outils permettant de s'attaquer à ces problèmes. Les modèles prospectifs, bien qu'ils soient une description très simplifiée de la réalité, avec des hypothèses qui restreignent les possibilités qu'ils peuvent explorer, sont un outil efficace pour créer des scénarios prospectifs et analyser des rétroactions complexes. En permettant aux acteurs des problématiques climatiques de mieux comprendre les principaux mécanismes et interactions en jeu, ils constituent une base utile pour la discussion. Nous allons présenter ici un tel modèle, NEDUM-2D, et allons l'utiliser pour illustrer dans quelle mesure il peut aider à résoudre les problèmes que nous avons soulevés.

Développer des modèles d'aide à la décision pose des difficultés techniques : les modèles doivent prendre en compte suffisamment de mécanismes pour pouvoir analyser la réalité. D'un autre côté, cependant, ils doivent rester suffisamment simples pour que leurs conclusions et leur domaine de validité restent clairs à leurs utilisateurs, c'est-à-dire qu'il faut éviter un effet de « boîte noire ». Les modèles doivent donc être conçus et définis en fonction de la question à laquelle ils doivent apporter des éléments de réponse. En ce qui concerne les questions climatiques, les modèles urbains existants ne sont pas suffisants : souvent, ils sont trop complexes

ne prennent pas en compte des mécanismes nécessaires à l'étude des problèmes climatiques. C'est pourquoi nous avons décidé de développer notre propre modèle : NEDUM-2D.

Un tel modèle est un travail qui ne peut être achevé : il doit être constamment complété, raffiné, ou parfois simplifié pour correspondre aux besoins, questions et certitudes de ses utilisateurs. Ce que nous proposons ici n'est pas un outil permettant de résoudre définitivement tous les problèmes climatiques urbains, mais c'est un premier pas dans le développement d'un cadre permettant de s'attaquer à certains de ces problèmes.

La partie I de cette thèse est une introduction qui développe les idées présentées ici. Elle présente dans quelle mesure les problèmes climatiques sont importants pour les décideurs urbains. Le premier chapitre expose les enjeux liés à la réduction des émissions de gaz à effet de serre : il met en évidence pourquoi les émissions urbaines ont une importance particulière dans le débat général sur l'effet de serre, et en quoi des politiques prises au niveau des villes peuvent être efficaces. Le deuxième chapitre expose les enjeux liés à la vulnérabilité des villes aux impacts futurs du changement climatique, et aux politiques de réduction de cette vulnérabilité. Basé sur ces deux revues, le troisième chapitre détaille la thèse de ce document, et résume les principaux résultats qui seront obtenus dans les parties II et III.

La partie II présente la modélisation que nous avons adoptée. La modélisation intégrée des villes vise à fournir une description quantifiée des interactions entre différents processus urbains, et peut décrire l'influence d'évolutions globales sur ces processus. C'est un outil efficace pour répondre aux problèmes soulevés dans le chapitre 3. Cependant, l'utilisation de tels outils pose des problèmes spécifiques, que chaque chapitre de cette partie va examiner. Le Chapitre 4 fait tout d'abord une brève revue des approches et des théories existantes pour modéliser les villes. Les chapitres suivants présentent et expliquent les modèles que nous avons conçus. Notre approche est itérative. Partant du modèle standard développé par l'économie urbaine, nous introduisons progressivement des mécanismes additionnels pour répondre à des problèmes de complexité croissante.

Enfin, la partie III explore dans quelle mesure les modèles que nous avons conçus peuvent répondre aux questions que nous avons soulevées dans la partie I, et peuvent aider à concevoir ou à évaluer des politiques locales d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et d'adaptation face aux conséquences du changement climatique. Cette partie est basée sur trois articles de recherche. Avant chacun d'entre eux, un brève introduction explique le contexte et présente les principales conclusions.