



**HAL**  
open science

## **Histoire et prospective avec le projet Muscade**

Marion Bonhomme, Valéry Masson, Vincent Viguié

► **To cite this version:**

Marion Bonhomme, Valéry Masson, Vincent Viguié. Histoire et prospective avec le projet Muscade. Les Cahiers de l'IAU, 2013, n°168. <hal-02155927>

**HAL Id: hal-02155927**

**<https://insa-toulouse.hal.science/hal-02155927v1>**

Submitted on 18 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.



HAL Authorization

## Histoire et prospective avec le projet MUSCADE

Marion Bonhomme<sup>1</sup>, Valéry Masson<sup>2</sup> et Vincent Viguié<sup>3</sup>

<sup>1</sup> LRA (Laboratoire de Recherche en Architecture)

<sup>2</sup> CNRM (Centre National de Recherches Météorologiques)

<sup>3</sup> CIRED (*Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement*)

Les villes sont au premier plan des enjeux climatiques, et ce dans leurs multiples dimensions. L'urbanisme ainsi que l'architecture des bâtiments qui les composent influent en effet de manière importante sur les émissions de gaz à effet de serre via les consommations d'énergie liées au chauffage et au transport ; elles influent également sur le climat local par la formation d'îlots de chaleur urbains. De plus ses modifications structurelles sont soumises à une forte inertie qui oblige à raisonner, tout comme pour le changement climatique, à l'échelle du siècle.

Dans ce contexte, quelles mesures auront un effet significatif sur le climat urbain et la consommation d'énergie des bâtiments d'une ville : L'application du Grenelle de l'environnement concernant les bâtiments et l'énergie ? La production d'énergie locale ? Les usages énergétiques ? La végétalisation des toits ? La forme urbaine ? Le verdissement de la ville ? Les avancées technologiques ?

Le projet MUSCADE étudie les interactions entre ces différents processus et propose des stratégies d'adaptation qui mettent en perspective la consommation énergétique de la ville et ses capacités de production d'énergie. En se plaçant à l'échelle du siècle, le projet MUSCADE vise ainsi à apporter des éléments d'évaluation aux décideurs urbains qui doivent bâtir la ville durable de demain.

### **VERROUS SCIENTIFIQUES ET ENJEUX DE L'ETUDE**

La problématique de l'adaptation future de la ville au changement climatique, tout autant que la question de la ville durable, ont nécessité de lever deux verrous scientifiques majeurs. Le premier est la nécessité d'aborder des champs scientifiques très différents, du fait de la nature complexe de la ville : une approche par des climatologues seuls laisserait de côté de nombreux aspects. Ainsi, le projet a nécessité les travaux d'économistes, architectes, géographes, météorologistes et spécialistes du bâtiment.

Le MOS a joué un rôle dans cette osmose, en permettant, par sa description typologique fine du tissu urbain, de faire le lien entre les données de nature différentes utilisées par les partenaires du projet. Il a notamment ainsi permis de faire le lien entre les données de l'INSEE, utilisées par les économistes et les géographes du projet, avec des données fines sur les types de matériaux de toitures, utilisées par les météorologistes. A ainsi pu être décrite une « carte » de l'agglomération parisienne actuelle, carte servant de base à la fois aux projections d'expansion urbaines futures mais aussi permettant de décrire des éléments architecturaux nécessaires aux outils numériques calculant les impacts en terme de consommation d'énergie ou de micro-climat urbain et îlot de chaleur.

La deuxième difficulté à lever était l'échelle de temps des processus en jeu. Les études prospectives menées habituellement par les acteurs urbains couvrent en général 10 ou 20 ans. Ici, nous devons considérer une échelle de temps bien plus longue : le siècle ! Le réchauffement climatique continuera et s'accroîtra sur le siècle à venir, plus ou moins certes en fonction des politiques mondiales de réduction de gaz à effet de serre qui seront prises. Mais un autre élément évolue aussi lentement : la ville elle-même. Une majeure partie des bâtiments présents en 2100 dans Paris sont déjà construits ou le seront bientôt. Modifier les formes urbaines prend donc du temps, beaucoup de temps.

### **POURQUOI S'INTERESSER A L'EVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL POUR LES ETUDES EN CLIMAT URBAIN ET ENERGETIQUE ?**

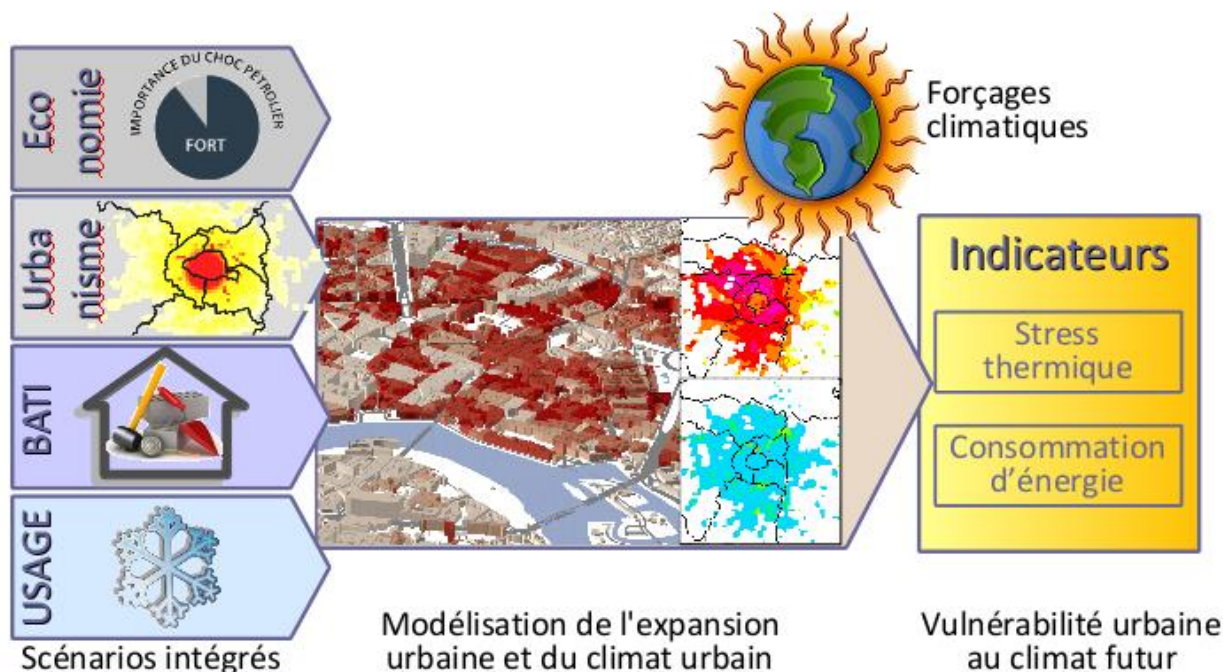
Tout simplement, parce que l'îlot de chaleur urbain prend naissance du fait de la présence de matériaux urbains en lieu et place de surfaces naturelles : le jour le soleil chauffe fortement les pierres, briques, surfaces bitumées, etc... (il suffit de poser la main sur un mur en fin d'après-midi

pour s'en rendre compte), et cette chaleur est rendue à l'atmosphère la nuit, empêchant ou tout du moins limitant le refroidissement de l'air. L'effet sera d'autant plus important que les surfaces sont imperméabilisées et les bâtiments hauts. De plus, une autre raison d'avoir une description fine de l'occupation du sol est que pour des calculs de consommation énergétique, l'on doit savoir à quel type de bâtiment l'on a à faire, et ce sur l'ensemble de la ville.

## METHODOLOGIE DE SIMULATION DE L'EXPANSION URBAINE ET DE SES IMPACTS

Avant de rentrer plus en détail dans l'utilisation qui a été faite du MOS dans le projet MUSCADE, apportons quelques éléments sur la méthodologie du projet. Étant donné l'échelle de temps considérée, les modèles d'expansion basés sur des extrapolations des enquêtes et données spatiales du passé montrent leurs limites. C'est aussi le cas pour les modèles statistiques de consommation d'énergie (supposant à la fois climat présent et techniques constructives actuelles). Nous avons donc choisi des outils numériques basés sur des processus physiques et socio-économiques. Le modèle numérique d'impact énergétiques et de micro-climat est TEB (Town Energy Balance), développé par Météo-France et le CNRS. L'expansion quant à elle était simulée par le modèle dynamique NEDUM, basé sur des équations socio-économiques. Un modèle d'évolution des formes architecturales a été développé au cours du projet (GENIUS), afin d'interpréter les informations d'expansion urbaine et de localisation future de la population.

Ces différents outils de simulation permettent ainsi de projeter des formes futures de l'agglomération et des impacts sur la consommation et la production décentralisée d'énergie, en fonction de divers scénarios sur des paramètres macro-économiques, technologiques ou d'aménagement du territoire sur le siècle à venir. Ces scénarios modifient des données d'entrée des outils de simulation, mais ne présagent pas de leur effet final au bout d'un siècle. Ainsi, ces différentes projections, qui sont autant de futurs possibles de la ville, nous permettent d'étudier les rôles de divers leviers d'action mis en œuvre dans les scénarios.



## NEDUM

Les travaux de recensement des usages des sols dans l'agglomération parisienne menés à bien par l'IAU ont montré tout leur intérêt dans ce projet. Puisque l'on ambitionnait de projeter l'expansion de l'agglomération parisienne sur le siècle à venir, il convenait d'abord de comparer l'approche utilisée aux évolutions réellement observées sur tout le siècle passé, en remontant aussi loin que 1900. Seule une telle comparaison permet en effet de valider en quelques sortes le réalisme des

scénarios obtenus. Les travaux de reconstitution de l'usage des sols passés en île de France réalisés par l'IAU ont permis de mener à bien cette tâche.



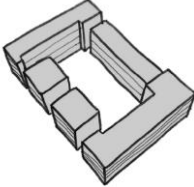
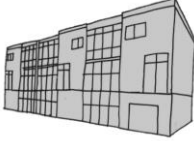

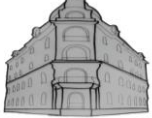
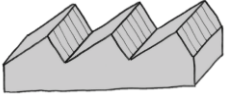
## GENIUS

Afin d'identifier précisément les impacts du changement climatiques sur la ville, il est nécessaire de disposer de données précises sur les bâtiments qui la constitueront : forme architecturale, forme urbaine, matérialité de l'enveloppe, usages et apports internes associés, équipements, etc. Cependant, aucun modèle prospectif ne permet aujourd'hui de projeter avec précision ces informations. Nous avons donc développé, au cours du projet MUSCADE, un outil permettant de générer des bases de données adaptées aux différentes échelles de l'énergétique urbaine et capables d'évoluer dans le temps à partir des informations d'expansion du modèle socio-économique NEDUM. Cet outil est appelé GENIUS, pour GENérateur d'Ilots UrbainS (cf encadré).

-----début encadré -----

La génération de ces données architecturales s'est réalisée en deux temps. Tout d'abord, à partir de bases de données urbaines, nous avons créé une première carte constituée de ce que nous appelons « ilots types ». Il s'agit de sept archétypes de formes urbaines illustrés dans le tableau ci-après.

Tableau 1 : Les 7 ilots types retenus

Ilot type	Illustration	Classes du MOS
N°1 Pavillon continu (logement)		24 Habitat rural 25 Habitat continu bas
N°2 Pavillon discontinu (logement)		22 Habitat individuel 23 Ensemble d'habitat individuel identique
N°3 Immeuble continu (logement ou bureaux)		26 Habitat collectif continu haut 33 Bureaux
N°4 Immeuble discontinu (logement ou bureaux)		27 Habitat collectif discontinu 33 Bureaux
N°5 Immeuble de grande hauteur (logement ou bureaux)		27 Habitat collectif discontinu 33 Bureaux
N°6 Centre ancien (logement ou bureaux)		26 Habitat collectif continu haut 33 Bureaux
N°7 Bâtiment d'activités (agricole, industriel ou commercial)		30 Zones ou espaces affectés aux activités 31 Entrepôts logistiques 32 Commerces

Afin de générer cette carte, nous avons découpé la zone d'étude en mailles de 250 mètres de résolution et caractérisé chacune d'entre elles par une cinquantaine de paramètres morphologiques (hauteur, compacité, contiguïté, etc.). Ceux-ci sont calculés à partir de bases de données disponibles dans tout le territoire français (BD Topo de l'IGN et données infracommunales de l'INSEE). Par la suite, nous avons réalisé une analyse statistique de ces paramètres pour identifier de manière automatique le type de chaque maille parmi les sept ilots types.

Dans cette étape, le MOS a joué un rôle essentiel pour valider notre typologie et la carte obtenue pour l'Ile de France. Ainsi, sur l'emprise du MOS, la méthode a été validée avec un taux d'identification de 97% des surfaces (soit 71% des zones bâties seules).

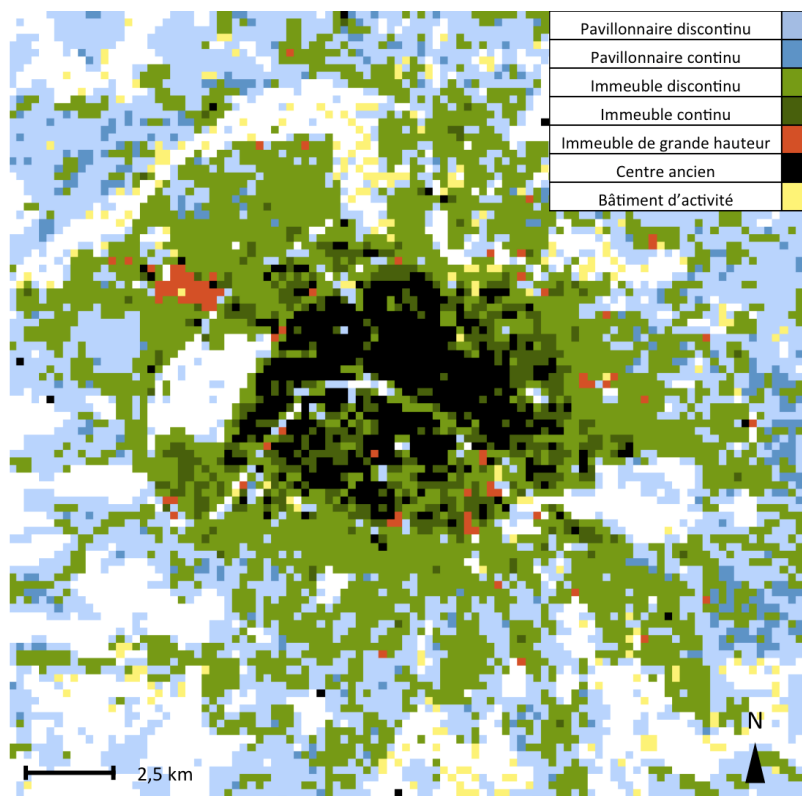


Figure : Carte obtenue pour Paris (illustration de l'auteur)

Dans un deuxième temps, pour chaque année jusqu'à 2100, GENIUS échange avec NEDUM qui fournit des informations sur les évolutions de densité bâtie brute. En fonction de ces informations, de scénarios d'aménagement du territoire et de règles d'évolution urbaine, GENIUS génère une nouvelle carte à chaque pas de temps. Afin d'établir ces règles d'évolution, nous nous sommes, entre autres, basés sur des études de Darley et Zunino et de Leveillier (Darley & Zunino, 2010; Leveillier, 2011) qui s'appuient sur les évolutions du MOS (depuis 1982, l'IAU-IdF réalise régulièrement une cartographie de l'occupation des sols sur toute la région Ile-de-France).

Le principe que nous avons retenu est la continuité dans la forme urbaine et le fait que la ville garde une trace de son histoire (Panerai, Demorgon, & Depaule, 1999). Ainsi, il est très probable que la forme future d'un quartier dépende de sa forme passée. Nous allons donc prendre en compte, à chaque pas de temps, le type d'îlot préexistant et croiser cette information avec les données disponibles : la densité bâtie brute de la maille (issu de NEDUM) et l'âge des bâtiments. A priori, tant qu'il reste dans un intervalle de densité compatible avec son type, le quartier n'évolue qu'en se densifiant par des constructions supplémentaires. Le type change si deux conditions sont réunies : (1) les bâtiments existent depuis plus de 50 ans et (2) la densité bâtie brute dépasse la limite supérieure du type. Dans ce cas, on va assister à un changement de type qui pourrait correspondre, par exemple, à la destruction d'un quartier pavillonnaire pour construire des logements collectifs.

----- fin encadré -----

## CONCLUSION

L'approche présentée ici a donc permis de construire des scénarios cohérents d'expansion de l'agglomération parisienne jusqu'en 2100, allant jusqu'à décrire le bâti dans chaque quartier. Pour chaque type de bâti des caractéristiques architecturales lui sont associées (en fonction de sa date de construction et/ou rénovation), ce qui permettra d'estimer les impacts en terme de consommation d'énergie de ces divers scénarios. Le MOS a eu un rôle important dans cette étude prospective sur le très long terme.

Darley, A., & Zunino, G. (2010, mars). Évolutivité des tissus urbains. IAU IDF. Consulté à l'adresse <http://www.iau-idf.fr/detail/etude/evolutivite-des-tissus-urbains.html>

Leveiller, T. (2011). Analyse de l'expansion passée de l'agglomération parisienne - Étude du Mode d'occupation du sol de l'IAU-IdF. Rapport Projet MUSCADE.

Panerai, P., Demorgon, M., & Depaule, J. C. (1999). *Analyse urbaine (Urban analysis)*. Parenthèses. Consulté à l'adresse <http://en.scientificcommons.org/8186064>