



HAL
open science

Formes urbaines et ilots de chaleurs : simulations et outils d'aide à la décision pour une ville durable

Thibaut Vairet

► To cite this version:

Thibaut Vairet. Formes urbaines et ilots de chaleurs : simulations et outils d'aide à la décision pour une ville durable. Treizièmes Rencontres de Théo Quant, May 2017, Besançon, France. hal-01531061

HAL Id: hal-01531061

<https://hal.science/hal-01531061>

Submitted on 1 Jun 2017

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.

Formes urbaines et ilots de chaleurs : simulations et outils d'aide à la décision pour une ville durable

Thibaut Vairet

Laboratoire Théma UMR 6049, Université de Bourgogne //2 boulevard Gabriel, F-21000 Dijon, France

Mots-clefs - ilot de chaleur, ville durable, outil d'aide à la décision, modélisation, scénarios prospectifs.

Contexte et objectifs

Le monde s'urbanise. Selon les nations unies, plus d'un humain sur deux réside en milieu urbain et un septième de la population habite une agglomération millionnaire. Il s'agit d'une des mutations majeures de l'époque contemporaine. Chaque ville possède des caractéristiques propres (humaines, morphologiques...) mais l'Îlot de Chaleur Urbain (ICU) apparaît comme un phénomène inhérent et commun à toutes. En août 2003, l'Europe a subi une période estivale caniculaire ayant causé la mort de plus de 70 000 personnes dont 20 000 uniquement en France (Robine et al, 2008). Cette canicule meurtrière rappelle l'importance du climat urbain et de ses impacts sur les populations les plus fragiles (Besancenot, 2002). Dans un contexte de changement climatique, une augmentation de la durée, de l'intensité et des fréquences des épisodes caniculaires sont à prévoir (Meehl et al. 2004). Enfin, face à l'augmentation des coûts de l'énergie et des concentrations humaines dans les villes, l'ICU émerge comme une question environnementale et climatique centrale.

Pour pallier les effets indésirables de l'ICU, la communauté urbaine du Grand Dijon, dans le cadre de sa politique d'adaptation au changement climatique, s'interroge sur les moyens permettant de limiter les températures urbaines lors des canicules. L'enjeu est double : d'une part la santé publique et d'autre part la question portant sur les consommations d'énergies (Cam, 2012). Dans cette optique, le Grand Di-

jon, l'ADEME Bourgogne, Météo France, Alterre Bourgogne et deux laboratoires de recherche (THEMA et CRC-

Biogéosciences) CNRS/université de Bourgogne Franche-Comté ont mis en place un programme de Mesures Urbaines de la Température dans l'Agglomération du Grand Dijon (MUSTARDijon). Ce réseau de mesures se caractérise par le nombre important de points de mesures dans une ville de taille moyenne d'une part (250 000 habitants) et par, la durée dans le temps de ces mesures, d'autre part.

Les mécanismes principaux à l'origine de l'ICU en période estivale sont déjà très étudiés dans la littérature scientifique (Mestayer et al, 1994, Oke, 1987; 2006; Santamouris, 2005; Bozonnet et al, 2006). Les réflexions sur les formes de la ville durable (compacité, densité, ...) également (Brianstone et al, 2001, 2010). Mais ces deux domaines de recherche n'ont que rarement été appréhendés de manière conjointe, (Kholer., 2015; Benzerzour et al, 2011).

Ainsi, cette recherche doctorale débute par un triple questionnement, sur quels éléments urbains (albédo, perméabilité, formes urbaines...) travaillé pour maîtriser au mieux les effets indésirables de l'ICU ? Sur quelles types d'espace (centre-ville, quartiers, pavillonnaires...) et dans quelles proportions doit-on effectuer des modifications susceptibles pour impacter sensiblement les effets indésirables de l'ICU ? Enfin quel modèle (WRF ou Méso-NH) permet une meilleure représentation du phénomène d'ICU ?

Le but de cette présentation est d'apporter les premiers éléments de réponses à pro-

pos de la comparaison des modèles WRF et Méso-NH.

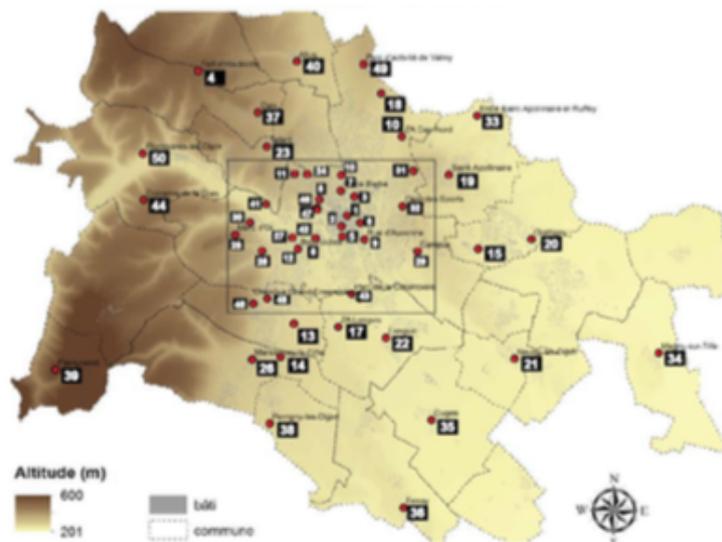


FIGURE 1 –

Ces sondes relèvent les températures ainsi que l'humidité et la force du vent. Celles-ci ont été placées dans des environnements ruraux afin de pouvoir comparer les températures avec l'urbain. L'objectif consistait à obtenir des observations représentatives du quartier, et influencées le moins possible par l'environnement immédiat (rue, cour, ...), afin d'être comparées avec des températures simulées par modélisation dynamique à la résolution

horizontale de 150m (Roux, 2014). Au total, 6 types d'occupations des sols, sélectionnées d'après les travaux d'Oke (2006), ont été instrumentés. De plus, des données d'âge du bâti dijonnais, d'emplacement précis des arbres et des températures futures établies par le GIEC pourront être ajoutées aux modèles permettant d'établir des scénarios urbains corrélés à des changements de températures futures.

Réaliser différents scénarios urbains et les associer à différents scénarios de températures futures (GIEC) pour ensuite les comparer avec les deux modèles (WRF et Méso-NH) est l'objectif de cette thèse.

Données in situ (Réseau MUSTARD)

Ce réseau de soixante-trois sondes (Figure 1) permet d'échantillonner un maximum d'éléments naturels (relief, plan d'eau) et d'aménagements (BDTopo). Aujourd'hui, plus de trois ans de données sont disponibles afin d'améliorer la qualité des simulations.

Méthodes

Deux modèles vont être utilisés afin de les comparer. Le premier est le modèle anglo-saxon WRF et le deuxième est le modèle français de Météo-France : Méso-NH

L'utilisation du modèle régional WRF/ARW ("Weather Research and Forecasting model / Advanced Research WRF) pour ce sujet peut s'expliquer pour deux raisons. La première raison est que le modèle WRF est un modèle de type NH (Non-Hydrostatic). Cela permet donc de descendre à des échelles fines et inclut des modules de physique urbaine. La seconde raison se situe dans le fait que le modèle WRF

peut être facilement alimenté aux bornes par des données simulées de large échelle (ERA-interim), avec possibilité d'assimiler des observations terrestres et satellitaires (réseau MUSTADijon). Cependant, l'utilisation exclusive de ce modèle n'est pas suffisante pour simuler l'ICU. C'est pourquoi il faut utiliser un autre modèle, en complément de WRF/ARW, pour des échelles plus fines. Parvenir à une résolution spatiale réaliste à une échelle de 150 x 150m est complexe et cela reste vain si le modèle ne peut pas simuler la ville et son microclimat. Ainsi, l'une des spécificités de ce travail est d'utiliser un modèle forceur (ERA-interim) pour la méso-échelle mais également, d'utiliser le Modèle de Canopée Urbaine (MCU, ou UCM pour Urban Canopy Model) pour l'échelle urbaine. Celui-ci ne s'active que dans les points de grilles qui sont, à minima, 50% urbanisés. Le MCU représente une zone bâtie : un canyon de la rue, deux bâtiments faisant face, et une route. Le modèle contient les processus physiques essentiels se produisant dans une canopée urbaine : absorption et réflexion des ondes courtes et ondes longues, échanges d'énergie entre l'eau, les surfaces (toit, deux parois en regard et route) et l'air adjacent, et le transfert de chaleur par la conduction à travers les substrats (Albédo). C'est à travers ce modèle que c'est établi les tests de sensibilités en modifiant l'albédo de la ville (Vairet, 2016).

Le second modèle est : Méso-NH. Il s'agit du modèle atmosphérique mesoscale non-hydrostatique de la communauté de recherche française. Il a été conjointement développé par le Laboratoire d'Aérodynamique et par le CNRM-GAME (URA 1357 CNRS/MÉTÉO- FRANCE). Ce modèle intègre un système non-hydrostatique des équations, pour faire face à

toutes les échelles allant de large (synoptique) à petit (grand tourbillon) lors du calcul des budgets. Il dispose d'un ensemble complet de para métrisations physiques, notamment avancées pour la représentation des nuages et des précipitations. Ce modèle est couplé au modèle de surface TEB pour ("Town Energy Balance" en anglais), (Mas-

son 2000). Le premier avantage de TEB est de tenir compte d'un grand nombre de processus physiques, tout en profitant d'un concept de para métrisation efficace permettant des simulations numériques rapides sur des zones étendues.

Il a été développé pour calculer les échanges d'énergie et d'eau entre les villes et l'atmosphère. Les processus importants qui influencent les échanges d'énergie avec l'atmosphère sont pris en compte dans TEB. Actuellement, il s'agit du seul modèle de ce type à considérer autant de processus, notamment ceux liés au cycle de l'eau (évaporation, ruissellement, échanges turbulents...) Les processus ci-dessus sont les plus importants pour simuler les échanges d'énergie et d'eau vers l'atmosphère (et donc influençant fortement la météorologie locale). Ils ont tous été pris en compte dans la première version de TEB. Pour résumer, le modèle français (Méso- NH) semble être plus précis mais plus difficile à prendre en main que le modèle anglo-saxon (WRF).

Protocole expérimental

Avec le modèle WRF, une surface de plus en plus importante avec un nouveau facteur d'albédo pour chaque occupation des sols a été effectuée. **Le protocole tient en un remplacement successif des valeurs d'albédo réelles des murs/toits/routes avec des albédos plus élevés. Le calcul des températures résultant de la modification des albédos s'établira pour des modifications graduelles de 20, 40, 60, 80 et 100% des surfaces.** Autrement dit, pour toutes les simulations des toits, l'albédo des murs et des routes restera celui de base, pareillement les murs puis les routes. Ce n'est que lors de la simulation totale que toutes les valeurs seront changées simultanément. Le but est de réitérer ce protocole avec le modèle Méso-NH et de constater des différences ou non. Cette communication vise à apporter les principaux résultats de l'étude sur l'impact des modifications des albédos des toits, murs et routes sur l'ICU Dijonnais avec le modèle WRF. Mais surtout

d'apporter les premiers résultats de la comparaison des deux modèles.

Résultats obtenus et attendus

En moyenne, sur l'ensemble de l'été, l'ICU avoisine les 1°C. Il a été montré que par beau temps estival, l'ICU contribue à un différentiel de température limité à quelques dixièmes de degrés la journée (0.5°C), mais atteint en moyenne 3 à 4°C au petit matin. Les résultats montrent que l'ICU dijonnais présente une structure bipolaire. D'autres résultats témoignent de l'importance de la « couleur » de la ville sur sa température. En effet, la mise en évidence des lieux les plus propices à la réduction des températures via l'augmentation de l'albédo est un point saillant de ce travail. De même que la validation de la fiabilité temporelle et spatiale du modèle.

Augmenter l'albédo des toits est la meilleure solution pour réduire l'ICU Dijonnais. Ainsi, les zones commerciales sont les zones les plus à même de voir leur température diminuer du fait de leur grande surface de toits. Les diminutions de températures engendrées par les augmentations de l'albédo des murs c'est révélé peu efficace quel que soit le secteur de la ville et son type d'occupation. Enfin, modifier l'albédo de la voirie apporte des résultats mitigés suivant le secteur de l'agglomération.

L'hypothèse est que le modèle Méso-NH soit plus précis que le modèle WRF, tant en terme de localisation de l'ICU que des données de températures.

Références

Benzerzour, M, V. Masson, D. Groleau, and A. Lemonsu. "Simulation of the Urban Climate Variations in Connection with the Transformations of the City of Nantes since the 17th Century." *Building and Environment* 46, no. 8 (August 2011) : 1545–57doi :10.1016/j.buildenv.2011

Besancenot, J-P. "Vagues de Chaleur et Mortalité Dans Les Grandes Agglomérations Urbaines." *Environnement, Risques Santé* 1, no. 4 (December 9, 2002) : 229–40.

Bozonnet, E, F Allard, M Musy, M Chazelas, and G Guarracino. "URBAT : Approche Méthodologique de La Construction Durable En Milieu Urbain : Le Microclimat Urbain et Son Impact Environnemental Sur Les Constructions." 2006, Plan Urbanisme Construction Architecture. edition.

Cam, C-N. *Technologies for Climate Change Mitigation : Building Sector*. UNEP Risoe Centre on Energy, Climate and Sustainable Development. Roskilde, Denmark, 2012.

Kohler, M. *Assesement of the Building Energy Requirements : Added Value of the Use of the Urban Climate Modeling*. Strasbourg, 2015. <http://www.theses.fr/2015STRAH004>.

Meehl, G. A, and C. Tebaldi. "More Intense, More Frequent, and Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century." *Science*, 2004, 994–97.

Mestayer, P. G, and S Anquetin. In *Diffusion and Transport of Pollutants in Atmospheric Mesoscale Flow Fields*. Vol. volume 1 de ERCOFTAC series. Climatology of Cities. The Netherlands : Kluwer Academic Publishers, 1994.

Oke, T. R. *Boundary Layer Climates*. London, : Methuen and Co, 1987.

Oke, T. R. "Initial Guidance to Obtain Representative Meteorological Observations at Urban Sites." *Instruments and Observing Methods*, no. 81 (2006).

Robine, J-M, S. L. K Cheung, S LeRoy, H Van-Oyen, C Griffiths, J-P Michel, and R. R Hermann. "Death Toll Exceeded 70,000 in Europe during the Summer of 2003." 2008, *Comptes Rendus Biologies*, n.d., 171–178.

Roux, J. "L'Ilot de Chaleur Urbain À Dijon." *Mémoire*, Université de Bourgogne, 2014.

Stone-Jr, B, and M. O Rodgers. “Urban Form and Thermal Efficiency : How to Design of Cities Influences the Urban Heat Island.” *Journal of American Planning Association* 67, no. 2 (2001) : 186–98.

Stone, B, J. J Hess, and H Frumkin. “Urban Form and Extreme Heat Events : Are Sprawling Cities More Vulnerable to Climate Change Than Compact Cities ?” *Environmental Health Perspectives* 118, no. 10 (2010) : 1425–28.