



**HAL**  
open science

## Modélisation hydro-climatique de la métropole nantaise : préparation des données d'occupation du sol

Florian Betou, Anne Ruas, Katia Chancibault, Eric Gaume, Patrick Launeau,  
Manuel Giraud

### ► To cite this version:

Florian Betou, Anne Ruas, Katia Chancibault, Eric Gaume, Patrick Launeau, et al.. Modélisation hydro-climatique de la métropole nantaise : préparation des données d'occupation du sol. Novatech 2023, GRAIE, Jul 2023, Lyon, France. 4p. hal-04049576

**HAL Id: hal-04049576**

**<https://univ-eiffel.hal.science/hal-04049576>**

Submitted on 26 Apr 2023

**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.

## Modélisation hydro-climatique de la métropole nantaise : préparation des données d'occupation du sol

### Hydro-climatological modelling of Nantes metropolitan area: land cover data preparation

Betou F<sup>1</sup>, Ruas A<sup>2</sup>, Chancibault K<sup>1</sup>, Gaume E<sup>1</sup>, Launeau P<sup>3</sup>, Giraud M<sup>3</sup>

<sup>1</sup>GERS-EE, Univ Gustave Eiffel, F44344 Bouguenais, France, Allée des ponts et chaussées

<sup>2</sup>COSYS-LISIS, Univ Gustave Eiffel, F-77447 Marne-la-Vallée Cedex 2, Cité Descartes,  
France, 14-20 Boulevard Newton

<sup>3</sup>UMR\_C6112 LPG, Nantes Université, F-44322 Nantes Cedex 3, France, BP 92208, 2 rue  
de la Houssinière

florian.betou@univ-eiffel.fr

#### RÉSUMÉ

Le modèle TEB, développé pour évaluer les stratégies d'adaptation au changement climatique ou à l'urbanisation, nécessite des données d'entrée géomorphologiques du milieu urbain, dont l'occupation du sol. Les bases de données nationales existantes ne sont pas directement adaptées aux besoins du modèle. Une méthodologie a donc été développée, à partir de la BD TOPO®, de la BD OCS GE, de données hyperspectrales, et d'une description des îlots urbains, afin de déterminer les données nécessaires à TEB. La méthodologie permet, après sélection des bases de données et définition de 5 types d'occupation du sol, de définir un unique type lorsque plusieurs informations se recoupent, et de définir un type d'occupation du sol mixte lorsqu'aucun type n'a été initialement identifié. Ainsi, initialement 5,3% de la métropole nantaise ne possède pas de type d'occupation du sol, la donnée principalement manquante est les surfaces imperméabilisées non bâties, suivie de la donnée de végétation

#### ABSTRACT

The TEB model developed to assess adaptation strategies to climate change or urbanisation requires geomorphological input data of the urban environment, including land cover. The existing national databases are not directly adapted to the needs of the model. A methodology was therefore developed, based on the BD TOPO®, the BD OCS GE, hyperspectral data, and a description of urban blocks, in order to determine the data required for TEB. The methodology allows, after selection of the databases and definition of 5 types of land cover, to define a single type when several information overlap, and to define a mixed type of land cover when no type has been identified. Thus, initially 5.3% of the Nantes metropolitan area does not have a land cover type, the main missing data being the unbuilt impervious surfaces, followed by the vegetation data

#### MOTS CLÉS

TEB, données géographiques, Nantes métropole, Unité Spatiale de Référence, Image hyperspectrale

## 1 INTRODUCTION

Depuis les années 50, la population mondiale est passée d'une majorité rurale (70% en 1950) à une majorité urbaine (55% en 2018) (Nations Unies, 2019). De plus, une hausse de la population urbaine est attendue : en 2050, 65 % de la population mondiale vivra en ville (Nations Unies, 2019). L'urbanisation associée à une augmentation des zones imperméabilisées altère le cycle de l'eau et le bilan énergétique, favorisant le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU) et augmentant la fréquence et l'intensité des crues tout en limitant la recharge des nappes (Fletcher et al., 2013 ; Grimmond, 2007).

Par ailleurs, les effets du changement climatique devraient amplifier les impacts de l'urbanisation et traduire ainsi une plus grande vulnérabilité des villes par le futur.

Face à cette vulnérabilité croissante, les solutions fondées la nature (SFN) sont préconisées (Gunawardena, 2017). La désimperméabilisation des sols et la végétalisation permettent de se rapprocher des processus naturels, et donc des bilans hydriques et énergétiques des milieux naturels. Cependant, de nombreuses questions concernant les effets positifs ou négatifs induits par l'association des SFN subsistent (Gunawardena et al, 2017), d'autant plus qu'elles impliquent une restructuration importante des villes. Ainsi, un outil de recherche (TEB-Hydro, Stavropoulos-Laffaille et al, 2018) a été développé au Laboratoire Eau et Environnement (Université Gustave Eiffel), en collaboration avec le CNRM, dans le but d'évaluer la pertinence de différents scénarios d'aménagement des villes quant au confort thermique et à la gestion des eaux pluviales. Cet outil est capable de modéliser les processus hydriques et énergétiques des zones urbaines, en les couplant pas le biais du processus d'évapotranspiration (Lemonsu et al, 2012 ; Redon et al, 2017 ; Stavropoulos-Laffaille, 2019; Bernard, 2021).

Cet outil nécessite des données d'entrée géographiques (occupation du sol, réseau hydrographique et d'assainissement, ...). Il s'appuie sur une grille à mailles régulières dont la résolution est à définir par l'utilisateur. A l'échelle de chaque maille, l'occupation du sol est définie par 5 types : la voirie, les bâtiments, la végétation (haute et basse), le sol nu et les surfaces d'eau. Une description l'occupation du sol de Paris et sa petite couronne a été réalisée (Bernard, 2021) à partir de données de végétation stratifiée intégrées à la base de données de surface MAppUCE. Les données de végétation n'étant pas disponibles dans toutes les métropoles et agglomérations, ce papier vise donc à présenter la méthodologie développée pour caractériser l'occupation du sol telle qu'attendue par le modèle TEB puis à présenter et à discuter les résultats de son application à Nantes Métropole, avant de donner quelques perspectives.

## 2 METHODOLOGIE

Le site d'étude est la métropole nantaise. Composée de 24 communes, elle s'étale sur 523 km<sup>2</sup> et compte environ 650 000 habitants. Elle est majoritairement constituée d'espaces naturels ou agricoles et 30% de sa superficie est urbanisée (<https://metropole.nantes.fr/communes>, consulté en avril 2022). Les températures annuelles moyennes entre 1981 et 2001 se situent entre 8.3 °C et 16.7°C. La hauteur moyenne annuelle des précipitations est de 819.5 mm, les jours pluvieux sont fréquents mais de faible intensité. Le réseau d'assainissement est principalement séparatif à l'exception du centre-ville de Nantes qui est équipé d'un réseau unitaire. Le tissu urbain de la métropole est typique des villes européennes (Hidalgo et al., 2019) avec un centre-ville dense, entouré d'une large zone périurbaine résidentielle. Les zones commerciales et d'activités se trouvent le long des axes routiers.

Dans le cas de Nantes Métropole, Guezenoc (2020) a mis en évidence la nécessité d'une résolution de la grille, sur laquelle s'appuie TEB, inférieure à 200m, pour représenter le réseau d'assainissement, qui constitue une donnée d'entrée du modèle, de façon réaliste avec l'outil TOHR (Chancibault et al, 2019). Dans l'éventualité d'une comparaison des résultats avec le carroyage INSEE, la maille a alors été définie à 100m. Les données géographiques d'occupation du sol nécessaires en entrée de TEB sont définies à partir des bases de données en libre accès (BD TOPO®, ECOCIMAP, CORINNE LAND

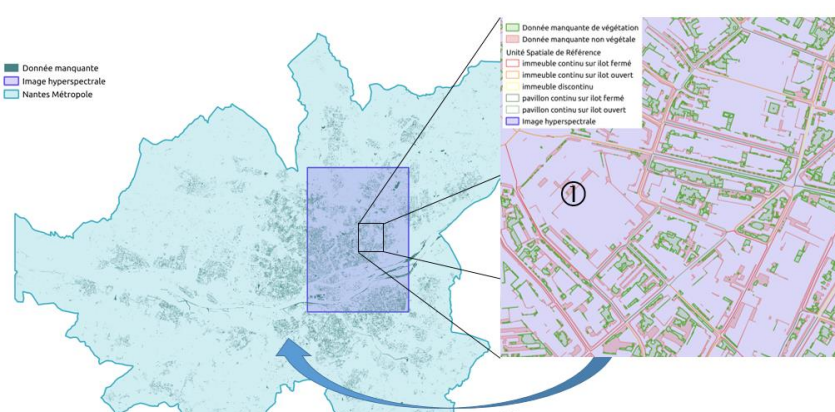


Figure 1 : définition de règles d'attribution par analyse de l'image hyperspectrale ① puis généralisation des règles au reste du territoire ②

COVER, ...), permettant ainsi de déterminer une méthode applicable à d'autres métropoles françaises.

Néanmoins, ces bases de données ne sont pas totalement adaptées aux échelles fines en milieu urbain : de nombreuses surfaces (par exemple les jardins ou les cours intérieures) ne sont pas identifiées comme telles à cause de leur taille et peuvent être agrégées

aux surfaces voisines (bâtiments, route). L'occupation du sol a été définie à partir des sources de données les plus représentatives : la BD TOPO® pour le bâti et les surfaces en eau et la BD OCS GE pour la végétation, le sol nu et les routes. Cependant, l'utilisation de deux bases de données « non complémentaires » et avec un degré de précision différent génère, d'une part, des zones de chevauchement et, d'autre part, des zones non couvertes par un type d'occupation du sol. Les chevauchements s'expliquent par la prise en compte de données de bâti récentes issues de la BD TOPO® (mise à jour en 2021) pas encore représentées dans la BD OCS GE du fait d'une mise à jour plus ancienne (2018) ou par la prise en compte des petites surfaces d'eau dans la BD TOPO® non sélectionnées comme telles dans la BD OCS GE (mais intégrée aux surfaces voisines, de végétation par exemple). Dans le but de renseigner 100% de la surface de chaque maille par une couverture de sol, ces recouvrements ont été traités en privilégiant la BD TOPO® car plus précise. Quant aux zones sans type d'occupation du sol, une méthodologie a été élaborée afin de définir une occupation du sol mixte (définie par la végétation, la voirie et le sol nu) tout en gardant une cohérence territoriale. Pour ce faire, des règles d'attribution de pourcentages de végétation de voirie et de sol nu ont été définies sur une partie du territoire grâce à une image hyperspectrale et grâce à une description en îlot urbain (Unités Spatiales de Référence (Bocher et al, 2018)) (① sur la figure 1), avant de généraliser ces règles au reste du territoire (② sur la figure 1). L'image hyperspectrale a une résolution d'un mètre et a été traitée par le Laboratoire de Planétologie et Géosciences de Nantes Université, pour identifier les zones de végétation (masque NDVI et Modèle Numérique de Hauteur). Ainsi, à partir de cette image il est possible de déterminer les surfaces de végétation (haute et basse grâce au MNH) non décrites par l'union des bases de données initiales et d'en traduire par types d'îlot un pourcentage moyen. Ce travail a également été réalisé pour la voirie et le sol nu mais de façon manuelle et sur un nombre d'îlots moins important. Les règles ainsi définies sont ensuite appliquées par USR au reste du territoire afin de définir l'occupation du sol des zones n'en possédant pas.

### 3 RESULTATS ET DISCUSSION

Après sélection des bases de données et suppression des chevauchement, 5,3% de l'occupation du sol de la métropole nantaise a un type d'occupation du sol non défini. Au regard de l'aire des USR et des types d'occupation du sol en fonction de la typologie d'USR, plus une USR est grande, meilleure est sa description.

Le tableau 1 présente les règles d'attribution par type d'USR de végétation, de sol nu et de voirie dans les zones non couvertes déterminées suite à l'analyse de l'image hyperspectrale. De façon générale, le type d'occupation du sol le moins bien décrit est la voirie. Ceci s'explique par une mauvaise représentation des trottoirs dans les bases de données. La donnée de végétation dans les zones pavillonnaires (USR = pcif, pcio, pd ou psc) semble être moins bien représentée que dans les zones urbaines denses (USR = bgh, icif, icio, id). Cette donnée manquante correspond à la végétation présente dans les jardins des maisons individuelles. L'USR « local » correspond à des garages, abris ou préaux (Bocher et al., 2018). Une forte présence de végétation non définie comme telle dans les bases de données initiales autour de ce type de bâtiment est probable, cependant la valeur du pourcentage est à nuancer avec le faible nombre d'USR « local » analysées. De plus, une valeur de sol nu manquante a été quantifiée seulement pour ce type d'USR.

Tableau 1 : règles d'attribution par type d'USR

Typologie	Nombre d'USR sur l'emprise de l'image hyperspectrale	Règle d'attribution		
		Végétation	Voirie	Sol nu
Ba	81	0.2	0.8	0
Bgh	9	0.34	0.64	0
Icif	287	0.14	0.87	0
Icio	270	0.28	0.72	0
Id	93	0.25	0.75	0
Local	8	0.51	0.2	0.29
Pcif	84	0.23	0.77	0
Pcio	186	0.29	0.71	0
Pd	104	0.17	0.83	0
Psc	122	0.27	0.73	0

### 4 CONCLUSION

Suite à la non cohérence des bases de données d'occupation du sol pour les zones urbaines en lien avec les informations nécessaires au modèle hydro-climatique TEB, une méthodologie a été développée pour éliminer les zones de recouvrement et définir l'occupation du sol des zones qui n'en possèdent pas. Après sélection des deux bases de données et analyse d'une image hyperspectrale, les zones où la donnée ne permettait pas de définir un type d'occupation du sol tel qu'attendu par TEB sont en majorité de la voirie (associée aux trottoirs) en zones urbaines et de la végétation dans les

---

zones pavillonnaires (à l'intérieur des îlots et correspondant aux jardins des maisons individuelles). La mise en place de cette méthodologie a permis de caractériser l'occupation du sol par USR lorsque la donnée ne permettait pas d'attribuer un des 5 types d'occupation du sol attendu par TEB. Ce travail a permis de produire des données d'occupation du sol nécessaires aux modèles hydro-climatiques qui constituent des outils d'aide à la décision concernant les questions d'adaptation aux changements globaux. Ces outils sont de plus en plus complets pour permettre l'évaluation d'ouvrages de gestion des eaux pluviales ou de scénarios d'aménagement (végétalisation) de villes ou quartiers et nécessitent des données de plus en plus précises. Les bases de données nationales ne semblent pas être prêtes pour répondre à ce besoin.

Après mise en forme des données de forçage météorologique en temps présent, la réponse hydro-microclimatique de Nantes métropole est modélisée puis analysée à l'aide d'indicateurs. La méthodologie pouvant être source d'incertitudes, une étude de sensibilité sur l'impact de la définition de l'occupation du sol dans TEB sera menée par la suite afin d'en évaluer la pertinence. La caractérisation des enjeux du territoire en matière de gestion de l'eau et de confort thermique permettra d'élaborer de premiers scénarios d'aménagement, en lien avec la collectivité et les services gestionnaires. La modélisation de la réponse hydro-microclimatique de Nantes métropole sera aussi étudiée sous des conditions climatiques futures, où les forçages météorologiques seront issus des projections climatiques des scénarios climatiques RCP 4.5, 6 ou 8.5. Les scénarios d'aménagement définis précédemment seront ensuite modélisés sous ce nouveau contexte climatique afin d'analyser l'impact du changement climatique sur la réponse hydro-climatique de Nantes Métropole avec et sans aménagements d'adaptation.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bernard E. (2021, décembre) Réponse *hydro-climatique de paris et sa petite couronne*. (Theses2021ED173) Université de Toulouse
- Bocher E, Petit G, Bernard J, Palominos S. 2018. *A geoprocessing framework to compute urban indicators: The MApUCE tools chain*. Urban Climate, 24 (2018) 153–174
- Chancibault K, Mosset A, Lotfi Z, Beauvais C, Shobair S, Ourrai S, Linca JC, Rabier A, Nathalie Vernin N, Oget M, Belin MM, Azimi S, Bethouart F, Bedrane A, Lehoucq C, Roux C, Rocher V, Joannis C, Chebbo G. 2019. Rapport de synthèse PIREN-Seine, phase VII (2015-2019). Vol. 3 : *Hydrologie urbaine : Reproduire le cycle de l'eau (petit et grand) à l'échelle de Paris et sa petite couronne*
- de Munck C, Lemonsu A, Bouzoudja R, Masson V, and Claverie R. 2013. *The GREENROOF module (v7.3) for modelling green roof hydrological and energetic performances within TEB*. Geoscientific Model Development 6, 1941–1960. DOI: 10.5194/gmd-6-1941-2013
- Fletcher, T.; Andrieu, H. & Hamel, P., 2013. *Understanding, management and modelling of urban hydrology and its consequences for receiving waters: A state of the art* Advances in Water Resources, 51, 261 – 279.
- Grimmond, S., 2007. *Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming* Geographical Journal, Blackwell Publishing Ltd, 173, 83-88.
- Guezenoc, A., 2020. Analyse hydrologique du réseau de drainage de la zone sud de la métropole nantaise pour une meilleure gestion des eaux pluviales. Ecole Supérieure des Géomètres et Topographes.
- Gunawardena, K., Wells, M. & Kershaw, T., 2017. *Utilising green and bluespace to mitigate urban heat island intensity* Science of The Total Environment, 584, 1040 – 1055.
- Hidalgo J, Dumas G, Masson V, Petit G, Bechteld B, Bocher E, Foley M, Schoetter R, Mills G. 2019. *Comparison between local climate zones maps derived from administrative datasets and satellite observations*. Urban Climate 27 (2019) 64–89
- Lemonsu A, Masson V, Shashua-Bar L, Erell E and Pearlmutter D. 2012. *Inclusion of vegetation in the Town Energy Balance model for modelling urban green areas*. Geoscientific Model Development 5, 1377–1393. DOI: 10.5194/gmd-5-1377-2012
- Nations Unies- Department of Economic and Social Affairs *World Urbanization Prospects: The 2018 Revision* (ST/ESA/SER.A/420). United Nations, 2019
- Stavropoulos-Laffaille, X.; Chancibault, K.; Brun, J.-M.; Lemonsu, A.; Masson, V.; Boone, A. & Andrieu, H., 2018. *Improvements to the hydrological processes of the Town Energy Balance model (TEB-Veg, SURFEX v7.3) for urban modelling and impact assessment* Geoscientific Model Development, 11, 4175-4194
- Stavropoulos-Laffaille, X., (2019, janvier) *Pour une analyse des impacts du changement climatique sur l'hydrologie urbaine : Modélisation hydro-microclimatique de deux bassins versants expérimentaux de l'agglomération nantaise* (Theses2019ECDN0007) Ecole Centrale Nantes
- Stavropoulos-Laffaille X, Chancibault K, Andrieu H, Lemonsu A, Calmet I, Keravec P, Masson V. 2021. *Coupling detailed urban energy and water budgets with TEB-Hydro model: Towards an assessment tool for nature based solution performances*. Urban Climate 39