

ÉTUDE DE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN A VITRE (35), APPROCHE PAR MODELISATION DE L'OCCUPATION DES SOLS ET MESURES DE TERRAIN

Marion DELIDAI¹, Vincent DUBREUIL², Philippe LECUYER³, Annabelle LAMY³, Gabriel DELAUNAY², Charlotte BRABANT²

¹ Ingénieure d'étude à AIRBREIZH 3 rue du Bosphore 35200 Rennes, mdelidais@airbreizh.asso.fr

² LETG-Rennes, Université Rennes 2, UMR 6554 CNRS, premon.nom@univ-rennes2.fr

³ Vitré Communauté, a.lamy@vitrecommunaute.org, philippe.Lecuyer@mairie-vitre.fr

Résumé : Dans le contexte du changement climatique, cette étude s'intéresse à la potentialité d'un îlot de chaleur urbain au sein de l'aire urbaine de Vitré Communauté (Ille-Et-Vilaine - 35) en 2021. L'objectif de cette recherche est d'analyser l'étendue et l'intensité de ce phénomène à l'échelle urbaine et intra-urbaine dans une petite ville de 20.000 habitants. Pour répondre à cette question, l'ICU a été mesuré à partir d'un réseau de 26 capteurs et 7 stations météorologiques fixes mesurant en continu la température de l'air. L'ICU observé permet de mettre en lumière un ICU de l'ordre de 2°C en moyenne dans les zones urbanisées, avec des pics pouvant dépasser 4°C lors de situations favorables à l'ICU.

STUDY OF THE URBAN HEAT ISLAND IN VITRE (35), APPROACH BY LAND COVER MODELING AND FIELD MEASUREMENTS. In the context of climate change, this study focuses on the potential for an urban heat island in the urban area of Vitré Communauté (Ille-Et-Vilaine - 35) in 2021. The objective of this research is to analyze the extent and intensity of this phenomenon at the urban and intra-urban scale in a small town of 20,000 inhabitants. For this study, the ICU was measured from a network of 26 sensors and 7 fixed weather stations continuously measuring air temperature. The UHI observed makes it possible to highlight an UHI of the order of 2°C on average in urbanized areas, with peaks that can exceed 4°C in situations favorable to UHI.

Keywords: urban heat island, surface temperature, air temperature.

Mots-Clés : îlot de chaleur urbain, température de surface, température de l'air.

Introduction

Cette étude a pour objectif de définir et de caractériser l'étendue, la forme et la variation d'un éventuel îlot de chaleur urbain dans la communauté d'agglomération de Vitré (35). En effet, de nombreuses études sur les îlots de chaleur urbains ont été réalisées à l'échelle des grandes villes (Oke et al, 2017 ; Dubreuil et al, 2019), néanmoins à l'échelle des petites villes, peu de choses sont connues. Or, le PCAET (Plan Climat Air Energie Territoire) de Vitré intègre un volet « adaptation au changement climatique » avec l'étude d'un îlot de chaleur urbain dans l'agglomération. Cette initiative vise à qualifier et quantifier les impacts passés et futurs du changement climatique (et notamment l'effet îlot de chaleur) et à proposer des orientations concrètes d'aménagement pour préserver la qualité de vie des habitants face à ces effets.

Dans cette étude, l'îlot de chaleur atmosphérique de basse couche est analysé pendant l'année 2021, grâce à un réseau d'observation de 26 capteurs et 7 stations Davis qui a été mis en place afin d'établir un diagnostic climatique à l'échelle fine et locale. Il s'agit de montrer quelle est la magnitude des ICU dans une petite ville et quels sont les facteurs, notamment en termes d'occupation des sols, qui y contribuent.

1. Site d'études, données et méthodes

Vitré est une commune française située dans le Nord-Ouest de la France à 35 kilomètres de Rennes, dans la région Bretagne et le département de l'Ille-et-Vilaine (35). La population de Vitré est de 18 267 habitants, soit la 13ème plus grande ville de la région en 2018. La communauté d'agglomération (Vitré Communauté) est composée de 46 communes et de 81 205 habitants (Insee, 2018) et s'étend sur 867 kilomètres². L'urbanisme de Vitré est caractérisé par un quartier nord résidentiel, un centre-ville historique

avec un bâti ancien et une extension urbaine vers le sud composée d'activités commerciales et industrielles (PLU Vitré, 2020).

Il n'existe pas de station historique permanente sur la ville de Vitré. A proximité, on trouve la station d'Erbrée située à 8 kilomètres à l'est de Vitré, composée d'une série de précipitations mensuelles homogénéisées pour la période 1940-1990. Etreelles, située à 8,2 kilomètres au sud de Vitré, fournit des données discontinues des températures mensuelles de 1985 à 1998. La station synoptique la plus proche est celle de Rennes-Saint-Jacques située à 40 kilomètres à l'ouest. Pour la période 1950-1990, le cumul pluviométrique annuel à Erbrée est plus élevé qu'à Rennes : 630 mm de moyenne par an à Rennes et 816 mm à Erbrée. En ce qui concerne les températures moyennes observées, Rennes dispose de températures légèrement plus élevées avec 11.6°C à Rennes contre 11.5°C à Vitré pour la période 1985-1997. Pour résumer, Vitré bénéficie d'un climat de type océanique tempéré très légèrement dégradé, plus précisément de type Cfb selon la classification de Köppen (Eveno et al, 2016). Vitré est sous l'influence d'une forte humidité atmosphérique, une amplitude thermique peu marquée et une prédominance des vents de sud-ouest, typique de l'est de la Bretagne quoiqu'un peu plus humide et fraîche que le bassin rennais. L'année 2021 a été légèrement plus chaude que la normale mais alternant période de fraîcheur (avril, mai, juillet) et de fortes chaleurs (février, juin, septembre).

L'installation d'un réseau météorologique avec 7 Stations Davis Vantage-Pro-2 et 26 capteurs TinyTag Plus 2 dans l'agglomération a été réalisée au début de l'année 2021. La température est obtenue à environ 2 mètres du sol. Les stations sont installées sur des espaces enherbés, des jardins privés ou sur des terrasses (ex : terrasse de l'école du Château). Deux stations sont placées en périphérie de Vitré afin d'obtenir une station rurale de référence, dont une au nord dans une ferme agricole à Balazé, à 4 kilomètres de Vitré Centre et une autre au sud dans la serre municipale de Vitré à 3 kilomètres de Vitré Centre (figure 1). Les capteurs sont installés sur du mobilier urbain tels que les lampadaires de Vitré, à environ 2 mètres de hauteur. Les paramètres mesurés avec les stations sont la température (C°), la pluviométrie (mm), l'humidité relative (%), la vitesse et direction du vent (m/s), la pression atmosphérique (hPa) et le rayonnement solaire incident (W/m2), à une échelle de pas de temps d'une heure. Parmi l'ensemble du réseau, 11 capteurs sont installés en zones urbaines, 11 en zones résidentielles, 5 en zones industrielles et 6 en zones rurales.

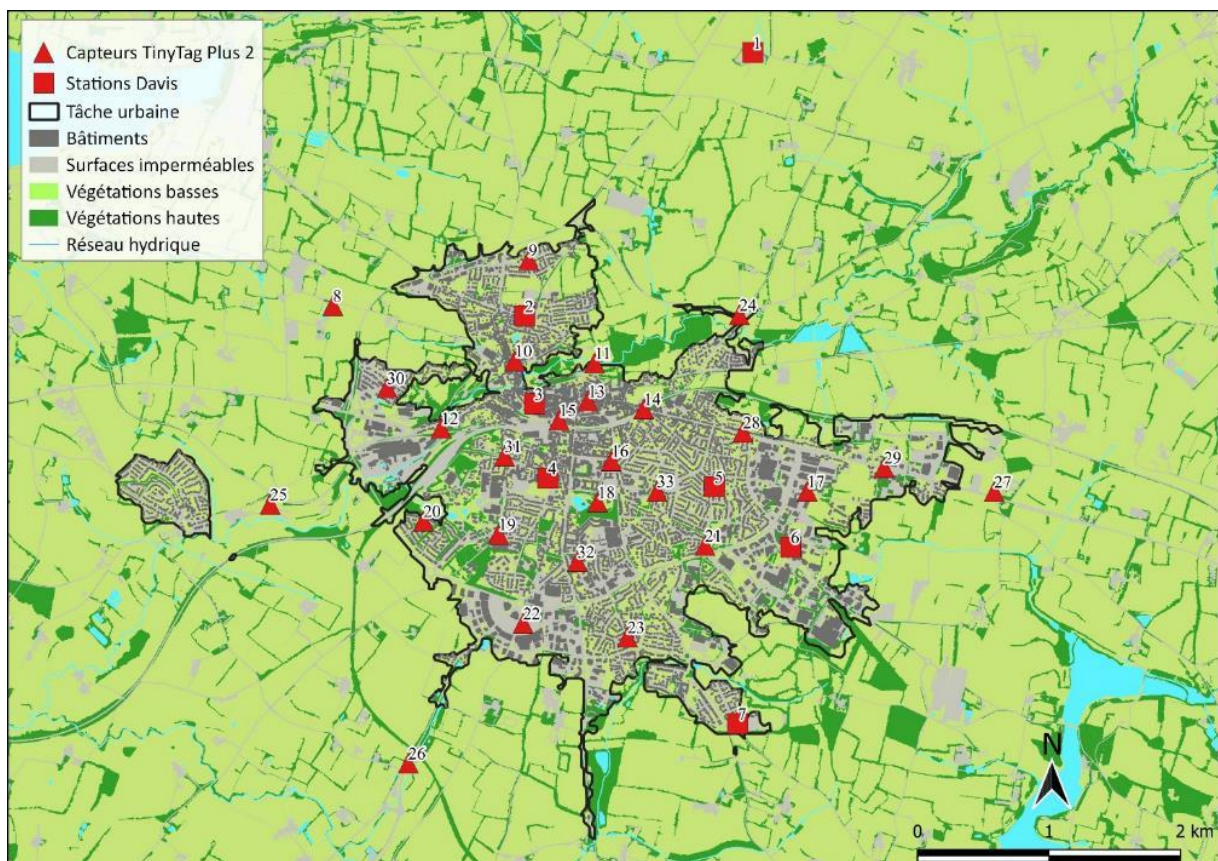


Figure 1. Carte de la localisation des capteurs et des stations avec l'occupation du sol. Source : BD Topo 2021.

Afin de décrire précisément l'environnement des points de mesures, plusieurs bases de données ont été utilisées : BD topo de l'IGN, données de végétation du Conservatoire Botanique National de Brest 2019. La méthode des Local Climate Zone (noté LCZ) a aussi été retenue (Stewart et Oke, 2012). Ces zones climatiques sont définies comme des régions de couverture de surface uniforme, de structure, de matériaux et d'activité humaine homogènes. Chaque LCZ est nommée individuellement et ordonnée par une (ou plusieurs) propriété de surface distinctive, qui dans la plupart des cas est caractérisée par la hauteur des bâtiments et/ou la couverture terrestre dominante. Les LCZ sont divisées en "types de constructions" de 1 à 10, "types de couvertures terrestres" de A à G (sol nu, sol couvert, forêts...).

L'outil GeoClimate (<https://github.com/orbisgis/geoclimate/wiki>) a été utilisé pour cartographier ces LCZ. Cette boîte à outils est basée sur une approche vectorielle, en utilisant les données IGN BDTopo 2.2 ou des données ouvertes OpenStreetMap (OSM) pour créer les différents paramètres morphologiques (pourcentage d'imperméabilisation, de végétation haute, basse etc...), le Sky View Factor, etc. (Bocher et al, 2021 ; Hidalgo et al, 2019).

2. Typologie des environnements des capteurs

La classification des LCZ avec Géoclimat présente l'avantage de prendre en compte plusieurs paramètres comme la hauteur des bâtiments, la fraction de végétation et la fraction d'espace bâti (figure 2). Cette typologie a été appliquée à de nombreuses villes, à travers la France et le monde. La méthode automatique ne permet pas de réaliser une classification sur des années antérieures car elle se base sur l'occupation du sol d'Open Street Map. De plus, l'occupation du sol d'Open Street Map n'est pas régulièrement mise à jour. Ainsi, le boulevard de Laval à l'est de Vitré, apparaît en LCZ E alors que ce boulevard est constitué de maisons individuelles et de zones commerciales. Cette méthode automatique permet toutefois d'établir une première classification de LCZ pouvant être ajustée après.

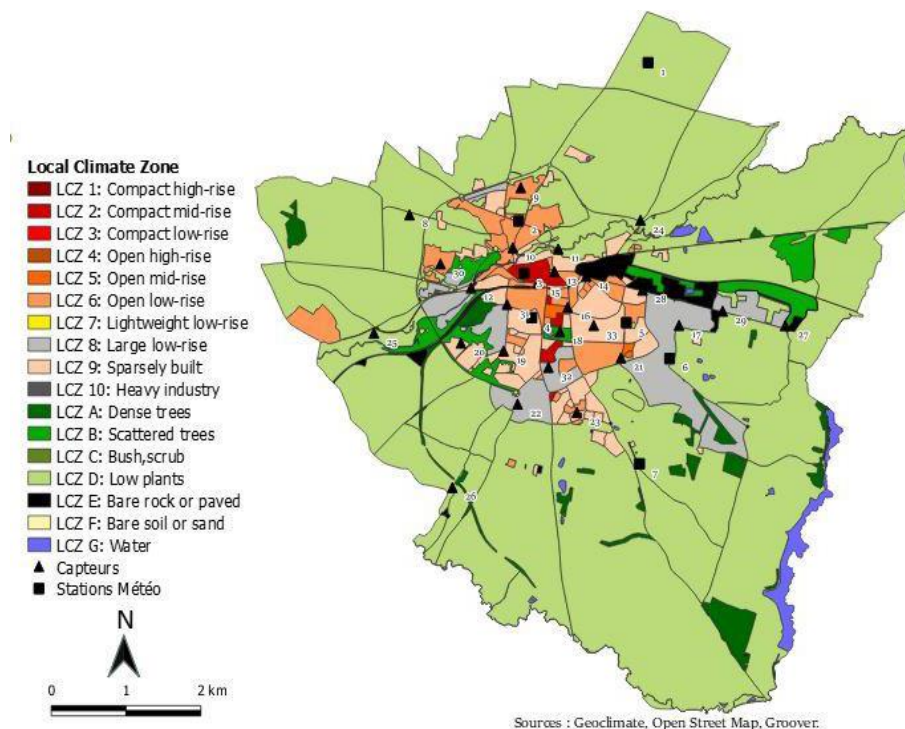


Figure 2. Carte des LCZ à Vitré, méthode automatique de Géoclimat avec OpenStreetMap (OSM).

Les données sur Vitré montrent l'importance de l'environnement rural (LCZ D et B). Le centre-ville ancien de Vitré est classé en LCZ 3 "compact lowrise", c'est-à-dire composés de petits bâtiments denses avec peu ou aucun espace de végétation. Les sites suburbains possèdent une fraction végétale plus importante entre 30% et 50% avec une fraction de surfaces bâties inférieure à 20%. Ces quartiers correspondent aux LCZ 5 et LCZ 6, "open midrise" et "open lowrise", soit des espaces ouverts avec des immeubles de tailles moyennes

et des maisons individuelles. Seul un quartier situé au sud de Vitré est classé LCZ 5 en raison des immeubles de taille moyenne (R+7). Au nord de Vitré et de la Vilaine, on retrouve la LCZ 6, caractéristiques des zones résidentielles avec des bâtiments de faibles hauteurs, une faible densité et une forte présence de végétation. Les zones industrielles et commerciales sont classées en LCZ 8, constituées de bâtiments de grandes surfaces et peu élevés (R à R+2). Ces zones au sud de Vitré ont été bien détectées par la méthode. La voie ferrée et le cimetière à l'est sont classés en LCZ E pour des sols fortement «artificialisés».

Une deuxième typologie de l'environnement des capteurs a été réalisée en considérant le pourcentage d'occupation du sol dans un rayon de 200 mètres autour de chaque point de mesure. Il s'agit ici de ne pas considérer a priori un type de quartier mais de décrire de manière objective l'environnement immédiat (Fernández García F., 1996 ; Foissard et al, 2019). La figure 3 montre ainsi de manière hiérarchique les points de mesures ordonnés du plus végétalisé au plus urbanisé du haut vers le bas.

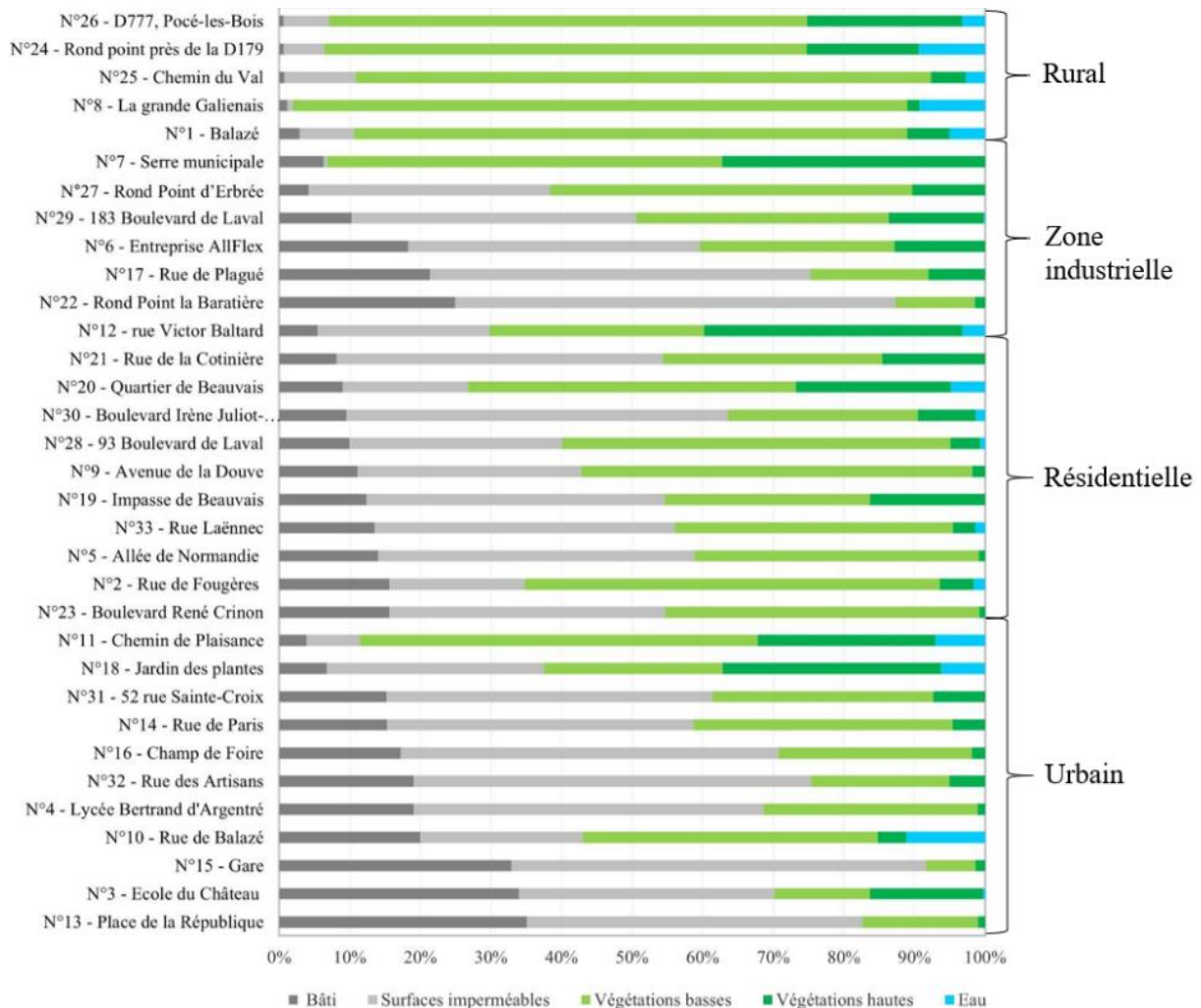


Figure 3. Classement de l'environnement des stations météorologiques triées par fractions de surfaces bâties selon les quatre types d'espaces : urbain, industrielle, zone résidentielle et rurale. Le rayon choisi est de 200 mètres ; Source : BD Topo 2021 et classification de la végétation du Conservatoire Botanique National de Brest (2019).

3. Intensités de l'ICU à Vitré en 2021

Les résultats des mesures de l'année 2021 montrent un ICU bien présent à Vitré (tableau 1). Si l'on considère l'écart entre les minimales quotidiennes entre la station de référence rurale (Balazé) et celle du centre (Château), il est compris entre 0,6 et 2°C en moyenne mais peut s'élever à plus de 4°C ! Les mois d'avril et septembre ont été les plus propices à l'observation d'ICU intenses et fréquents : près d'un jour sur deux avec un ICU modéré (supérieur à 2°C). Une étude plus détaillée sur le printemps (avril-mai) 2021 permet de préciser les relations entre l'intensité de l'ICU et l'occupation des sols et les LCZ.

Concernant les LCZ (figure 4), l'intensité de l'ICU est plus élevée pour la classe LCZ 3 avec un pic maximal

à 5°C, tandis que la classe LCZ 5 ne dépasse pas les 4,2°C. Pour la classe LCZ 6, l'amplitude des ICU est très importante, en effet cette classe regroupe tous les capteurs situés en zones résidentielles plus ou moins éloignées du centre. La classe LCZ 8 est caractérisée par des ICU plus élevés avec un ICU maximal de 6,5°C. Il s'agit notamment des zones commerciales et industrielles composées d'espaces fortement urbanisés et peu végétalisés. La classe LCZ 9 correspond aux maisons éparses avec une forte proportion de végétation, l'ICU ne dépasse pas les 3,4°C. Les classes LCZ B, D et G sont celles où l'intensité de l'ICU est la plus faible. On constate donc que la présence de l'eau et de la végétation joue un rôle prépondérant dans l'atténuation des ICU. A l'inverse, les zones industrielles connues comme étant des espaces plus chauds en ville, ont un ICU élevé, comparable aux autres classes urbaines.

Tableau 1. Températures minimales (Tn), maximales (Tx) et intensités de l'ICU (°C) à Vitré en 2021

	Tn-Rural	Tn-Urbain	Tx-Rural	Tx-Urbain	ICU Moyen / Maximum	Nb. Jours ICU >2°C
Mars	3,1	4,6	14,2	14,2	1,5 - 3,8	10
Avril	2,5	4,4	15,8	16,1	2,0 - 4,0	18
Mai	7,3	8,3	17,5	18,2	1,0 - 3,0	6
Juin	12,1	13,4	22,8	23,2	1,3 - 3,6	10
Juillet	13,9	15,0	23,6	24,3	1,0 - 2,7	4
Août	13,0	13,9	22,0	22,7	0,9 - 2,6	2
Septembre	11,6	13,7	23,5	23,8	1,6 - 4,1	13
Octobre	8,1	9,5	17,5	17,8	1,4 - 3,3	10
Novembre	2,5	4,0	11,2	11,2	1,5 - 3,0	12
Décembre	4,8	5,4	9,9	9,9	0,6 - 2,4	2

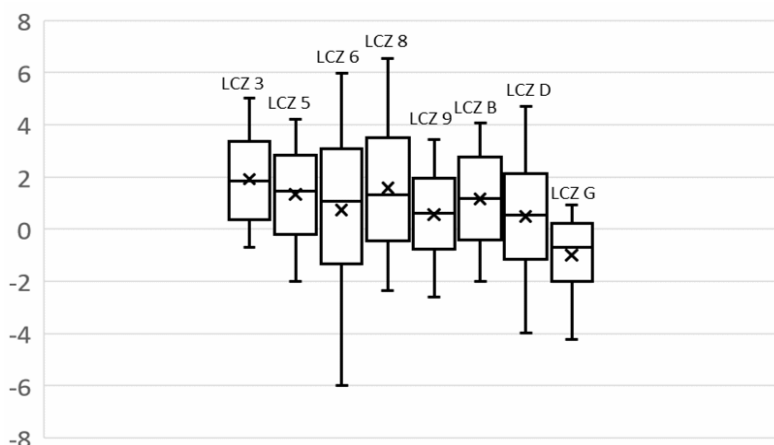


Figure 4. Boîte à moustache des ICU (en °C) pour chaque LCZ à Vitré en avril-mai 2021.

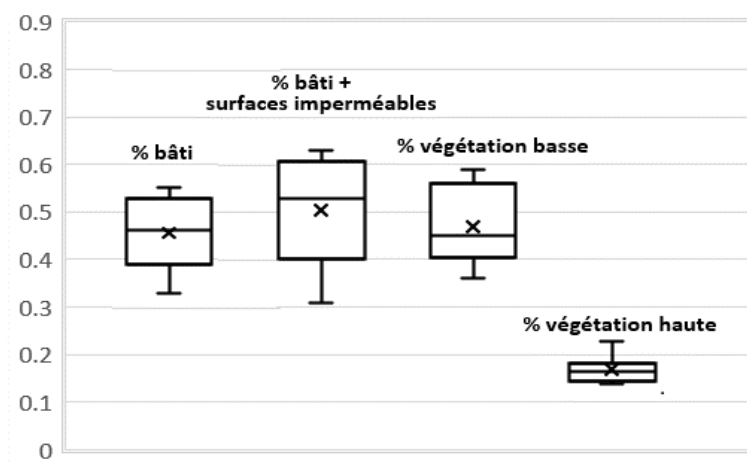


Figure 5. Boîte à moustache du coefficient de détermination des facteurs de l'occupation du sol avec l'ICU à Vitré en avril-mai 2021.

Les résultats des régressions linéaires entre l'ICU et l'occupation du sol (figure 5) attestent que la variable du bâti et des surfaces imperméables est mieux corrélée au modèle (r^2 de 0,53 dans un rayon de 200 m) que le bâti seul ($r^2=0,45$). La variable fraction de végétation basse est également fortement corrélée à l'ICU avec $r^2=0,43$ dans un rayon de 200 m et semble donc jouer un rôle prédominant dans l'atténuation des ICU à Vitré. Une seule variable apparaît comme étant peu corrélée aux ICU, la végétation haute (r^2 inférieur à 0,2) : il s'agit néanmoins d'une variable peu représentée sur le territoire étudié.

Conclusion

Dans un futur proche, l'augmentation des vagues de chaleurs provenant du changement climatique et l'urbanisation croissante vont amplifier le phénomène d'îlot de chaleur pour les habitants vivant en ville. L'étude de ce phénomène ne doit cependant pas être restreint aux grandes villes car dans une ville de taille modeste comme Vitré, ce phénomène est déjà d'actualité. Nos résultats montrent également que l'ICU n'est pas uniquement cantonné aux espaces à forte densité urbaine mais s'étend aussi aux zones d'activités périphériques. On retrouve dans ces zones de grandes surfaces artificielles (hangars métalliques, parkings, routes, etc.) à faible réflectivité solaire (forte absorption de chaleur radiative), forte diffusivité thermique (ou pouvoir stockant), ce qui explique l'important dégagement de chaleur sensible durant la nuit (Hassani et Drogue, 2020). Des actions d'atténuation des ICU dans ces secteurs doivent donc être aussi envisagées.

Remerciements : Les auteurs remercient Vitré Communauté pour le financement de l'étude ainsi que l'ensemble des personnes qui ont permis l'installation des stations et capteurs sur leurs propriétés.

Bibliographie

Bocher et al., 2021 : GeoClimate: a Geospatial processing toolbox for environmental and climate studies. *Journal of Open Source Software*, **6(65)**, 3541, <https://doi.org/10.21105/joss.0354>.

Dubreuil V., Foissard X., Nabucet J., Thomas A., Quenol H., 2020 : Fréquence et intensité des îlots de chaleur à rennes : bilan de 16 années d'observations (2004-2019). *Climatologie*, **17** (6), 1-17.

Eveno M., Planchon O., Oszwald J., Dubreuil V., Quéno H., 2016. Variabilité et changement climatique en France : analyses au moyen de la classification de Köppen et des « types de climats annuels ». *Climatologie*, **13**, 47-70.

Fernández García F., 1996. *Manual de climatología aplicada: clima, medio ambiente y planificación*. Madrid: Editorial síntesis, S.A., 285 pages.

Foissard, X., Dubreuil, V., Quenol, H., 2019 : Defining scales of the land use effect to map the urban heat island in a mid-size European city: Rennes (France). *Urban Climate*, **29**.

Hassani, N., & Drogue, G., 2020 : Mesure et spatialisation de l'îlot de chaleur urbain dans l'aire urbaine de Metz Métropole : premiers résultats de la campagne de mesure 2019. *Climatologie*, **17**, 8.

Hidalgo J., Dumas G., Masson V., Petit G., Betchtel 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**, 64–89.

Oke T. R., Mills G., Christsen A., Voogt J. A., 2017 : *Urban Climates*. Cambridge University Press. 526 pages.

Stewart I. D., Oke T. R., 2012 : Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* **93**, 1879–1900.

Sitographie

Carte des grands types de végétation en Bretagne : <http://www.cbnbrest.fr/observatoire-milieux/cartes-de-repartition/cgtv/carte-des-grands-types-de-vegetation-de-bretagne>