

# INFLUENCE DE LA TAILLE DE TACHE URBAINE SUR L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN : ETUDE SUR DES COMMUNES D'ILLE ET VILAINE

Charlotte BRABANT<sup>1</sup>, Vincent DUBREUIL<sup>1</sup>, Simon DUFOUR<sup>1</sup>, Gabriel DELAUNAY<sup>1</sup>, Jean NABUCET<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LETG-Rennes, Université Rennes 2, UMR 6554 CNRS, France ([charlotte.brabant@univ-rennes2.fr](mailto:charlotte.brabant@univ-rennes2.fr); [vincent.dubreuil@univ-rennes2.fr](mailto:vincent.dubreuil@univ-rennes2.fr); [simon.dufour@univ-rennes2.fr](mailto:simon.dufour@univ-rennes2.fr); [gabriel.delaunay@univ-rennes2.fr](mailto:gabriel.delaunay@univ-rennes2.fr); [jean.nabucet@univ-rennes2.fr](mailto:jean.nabucet@univ-rennes2.fr))

**Résumé :** Les données pour 17 couples de capteurs de températures (différence urbaine-périurbaine) sont étudiées sur Rennes et ses communes périphériques. Les différences de températures entre chaque couple ont été mises en relation avec la taille de la tâche urbaine de chaque ville ainsi que leur population respective, la distance à Rennes, la longitude et la latitude de chaque capteur. Cette relation avec l'Îlot de Chaleur Urbain a permis de mettre en évidence l'influence de la taille de la tâche urbaine et de la latitude sur ce dernier. Ainsi la taille de la tâche urbaine et la latitude expliquent jusqu'à 71% des différences des ICU moyens.

**Mots-Clés :** Îlot de chaleur urbain ; tâche urbaine

## Introduction :

Dans le 6<sup>e</sup> rapport du premier groupe du Groupement d'Experts International sur le Climat (GIEC), les preuves de l'action humaine sur les phénomènes extrêmes se sont renforcées (IPCC, 2021). Ces derniers peuvent être caractérisés par des vagues de chaleur, des fortes précipitations ainsi que des sécheresses et des cyclones tropicaux. Il est également attesté de l'occurrence et la magnitude croissantes des vagues de chaleur locales induites par l'homme notamment via l'urbanisation.

La croissance des zones urbaines se fait au détriment des terres naturelles ou semi-naturelles et par verticalisation des espaces bâtis. Comparativement à la campagne, ces modifications d'occupations et d'usages du sol ont pour conséquence une circulation de l'air plus hétérogène (concentration en polluants plus importante) et également une plus forte émission de rayonnement infrarouge dans les canyons urbains (Oke, 1987; Cantat, 2004). Cette modification du bilan énergétique entraîne une augmentation de la température urbaine la nuit (Oke, 1973). Cette différence, appelée Îlot de Chaleur Urbain (ICU) est plus importante lorsque la situation atmosphérique est anticyclonique et le vent inférieur à 5m/s (Dubreuil et al., 2008; Foissard, 2015), il est de ce fait, variable dans le temps et dans l'espace.

La Bretagne est caractérisée par une forte urbanisation avec une extension importante des surfaces artificialisées (+128% de 1985 à 2015). Ce processus se fait notamment autour des métropoles comme Rennes mais aussi dans tout un semi de villes petites et moyennes. D'ici 2040, la Bretagne devrait accueillir 400 000 habitants supplémentaires (SRADDET, 2019).

A partir de mesures de températures réalisées en avril 2021 par capteurs RisingHF dans 17 villes proches de Rennes, la relation « taille de tâche urbaine » et ICU est étudiée. Il est fait l'hypothèse que la taille de la tâche urbaine influence la magnitude et la fréquence de l'ICU. Cette question est relatée depuis longtemps dans la littérature (Oke, 1973; Oke et al., 2017) mais seulement sur les tailles de tâche urbaine importante ou moyenne (Vancouver, Londres, Paris, Lyon, Toulouse, Dijon, Rennes). On suppose donc que des villes de petites tâches urbaines présenteront un ICU plus modéré que les villes de tâches moyennes à grandes (dans notre étude, comprises entre 0.66km<sup>2</sup> et 36.83km<sup>2</sup>).

## Données et Méthodes :

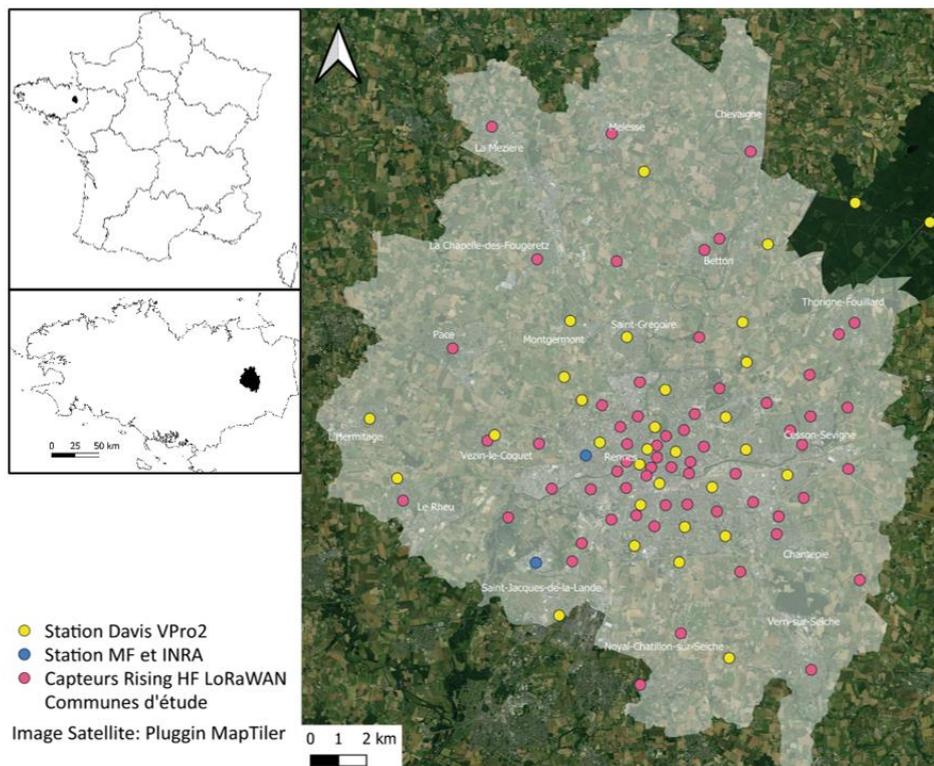
17 communes situées dans la région de Rennes (Ille et Vilaine) ont été étudiées. Elles intègrent des tailles de tâches urbaines variées (Tableau 1). Les températures moyennes de Rennes sont de 12.1°C, les maximales de 16.4°C et les minimales de 7.9°C. Le cumul de précipitations est de 694mm avec des précipitations plus élevées en hiver. Toutes les communes sont sous climat Cfb (tempéré à étés frais et hivers doux) selon la classification de Köppen-Geiger (Dubreuil, 2022; Eveno et al., 2016).

**Tableau 1** Communes d'étude, leur population respective (INSEE 2017) et leur taille de tâche urbaine (en km<sup>2</sup>)

Ville	Taille	Population	Ville	Taille	Population
Rennes	36.83	216815	La-Mézière	3.27	4892
Cesson-Sévigné	10.82	17526	Thorigné-Fouillard	2.92	8463
Saint-Jacques	8.65	13087	Vezin-Le-Coquet	2.76	5727
Saint-Grégoire	5.41	9639	Melesse	2.63	6576
Vern-Sur-Seiche	5.34	7871	L'Hermitage	2.29	4437
Le Rheu	4.68	8740	La-Chapelle-des-Fougeretz	2.10	4773
Pacé	4.40	11739	Montgermont	1.76	3364
Betton	3.88	11735	Chevaigné	0.66	2265
Chantepie	3.82	10435			

Différentes organisations et morphologies urbaines sont étudiées : Centre-ville historique, résidentiel individuel, collectif, centre commerciaux etc... Un réseau dense de 95 capteurs connectés RisingHF et de 35 stations Davis Vantage pro 2 ont été installés sur l'ensemble du territoire d'étude. L'ensemble constitue le RUN : Rennes Urban Network. Les données de 2 stations (INRA et Météo-France) sont également utilisées (Figure 1). Chaque emplacement a été déterminé selon l'occupation du sol à proximité afin de représenter le plus fidèlement possible la température du quartier dans lequel les capteurs et stations sont implantés (Dubreuil et al., 2008, 2020).

**Figure 1.** Localisation des capteurs Rising HF et des stations météorologiques sur le territoire d'étude



Ainsi, les stations permettent de relever un ensemble de mesures complet (températures, vents, humidité, radiation globale, vitesse et orientation du vent, etc...) à un pas de temps d'une heure

pouvant déterminer un ensemble de conditions synoptiques qui seront ou non favorables au développement de l'ICU. De leur côté, les capteurs connectés vont permettre de mesurer plus finement les températures à un pas de temps de 15 minutes, à l'échelle du quartier ou de l'îlot urbain. L'installation de l'ensemble du réseau a été finalisé fin mars. Du 1<sup>er</sup> avril au 31 décembre 2021, les données manquantes représentent moins de 1% du jeu de données.

Les données d'ICU présentées par la suite, ont été obtenues à partir des capteurs connectés. Il s'agit de la simple différence entre urbain (capteur de référence de chaque centre-ville) et périurbain (capteur rural de référence) pour chaque commune d'étude.

En 2021, les mois de mars et d'avril ont été les plus propices à la formation de l'ICU (Tableau 2), la situation synoptique était favorable car anticyclonique, de plus le vent était faible et l'ensoleillement important. Cependant, seul le mois d'Avril sera présenté par la suite, du fait de l'installation encore incomplète de l'ensemble du réseau en mars. Le mois d'Avril 2021 ne présente pas d'écart à la moyenne de températures important mais les précipitations sont largement déficitaires. D'après la station météorologique de Météo-France de Rennes-Saint-Jacques seulement 3 jours de pluies sont recensés à Rennes (9-10-11 avril) ainsi il n'a plu que 26mm (normale mensuelle : 51mm). Ce fut un mois très ensoleillé avec 261.5h d'ensoleillement (+60% par rapport aux normales).

Heure	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moy/Heure
0	2,1	1,9	3,2	3,3	2,5	2,6	2,2	2,2	2,8	2,5	2,4	1,5	2,4
1	2,1	1,9	3,2	3,5	2,5	2,5	2,2	2,2	2,8	2,4	2,4	1,6	2,4
2	2,2	1,8	3,3	3,6	2,4	2,5	2,1	2,2	2,8	2,3	2,4	1,6	2,4
3	2,1	1,7	3,4	3,5	2,4	2,4	2,0	2,2	2,8	2,3	2,3	1,7	2,4
4	2,0	1,7	3,4	3,5	2,4	2,3	2,1	2,1	2,7	2,2	2,3	1,6	2,4
5	2,1	1,7	3,2	3,5	2,2	2,0	1,9	2,0	2,6	2,2	2,3	1,6	2,3
6	2,1	1,6	3,1	2,6	1,1	1,0	1,2	1,6	2,4	2,1	2,2	1,6	1,9
7	2,0	1,4	2,5	1,1	0,1	0,2	0,3	0,7	1,9	2,0	2,2	1,6	1,3
8	2,1	1,1	0,9	-0,1	-0,4	-0,2	-0,2	0,0	0,7	1,3	1,9	1,5	0,7
9	1,8	0,7	0,1	0,1	-0,2	0,2	0,0	0,1	0,3	0,9	1,8	1,5	0,6
10	1,5	0,5	-0,1	0,3	-0,1	0,2	0,2	0,2	0,4	0,8	1,4	1,2	0,6
11	1,0	0,4	0,0	0,6	0,0	0,4	0,3	0,3	0,4	0,8	1,0	0,8	0,5
12	0,7	0,4	0,2	0,6	-0,2	0,5	0,4	0,6	0,6	0,9	0,9	0,8	0,5
13	0,7	0,4	0,2	0,6	-0,1	0,6	0,5	0,6	0,4	0,9	0,8	0,7	0,5
14	0,7	0,3	0,1	0,4	0,1	0,7	0,7	0,6	0,0	1,0	0,7	0,7	0,5
15	0,9	0,7	0,2	0,6	0,3	0,7	0,8	0,7	0,5	1,4	0,9	1,0	0,7
16	1,2	1,1	0,8	0,9	0,7	0,9	0,8	1,0	1,2	1,6	1,3	1,3	1,1
17	1,6	1,4	1,4	1,2	0,9	0,9	1,1	1,3	1,8	2,1	1,8	1,5	1,4
18	1,9	1,8	2,1	1,7	1,3	1,4	1,5	1,8	2,3	2,4	2,1	1,5	1,8
19	2,0	1,9	2,6	2,3	1,8	1,7	1,9	2,1	2,6	2,5	2,1	1,6	2,1
20	2,1	2,0	2,8	2,4	2,1	2,1	2,2	2,2	2,7	2,5	2,2	1,5	2,2
21	2,1	2,1	3,0	2,6	2,3	2,3	2,2	2,2	2,7	2,5	2,3	1,4	2,3
22	2,1	2,1	3,1	2,8	2,4	2,4	2,2	2,2	2,8	2,4	2,4	1,5	2,4
23	2,1	2,1	3,2	3,1	2,5	2,5	2,2	2,1	2,8	2,5	2,4	1,6	2,4
Moy/Mois	1,7	1,4	1,9	1,9	1,2	1,4	1,3	1,4	1,8	1,9	1,9	1,4	1,6

**Tableau 2** Intensités moyennes mensuelles (colonnes) et horaires (lignes) de l'îlot de chaleur urbain (en °C) à Rennes en 2021 (différence entre le capteur Griffon -référence urbaine- et La Lice -référence Rurale-)

## Une différence entre urbain et périurbain pour toutes les communes ?

Deux variables d'ICU ont été calculées, l'ICU moyen : Moyenne des différences des températures minimales moyennes horaires par nuit (entre 18h et 7h) entre urbain et rural ; l'ICU journalier : Moyenne des différences des températures minimales absolues par jour entre urbain et rural.

Les mesures du mois d'avril 2021 montrent des différences entre stations urbaines et rurales pour chaque ville. Sur les 17 villes, 15 ont un ICU journalier compris entre 1 et 3°C (Tableau 3), Rennes se détache avec un ICU journalier à 4,2°C et Melesse 3,1°C.

L'ICU journalier à Rennes pour le mois d'avril 2021 est cohérent avec les études précédentes en termes d'intensité moyenne (Foissard, 2015; Foissard et al., 2019). De plus, sur l'ensemble des 30

nuits d'avril, l'ICU reste toujours présent avec 15 jours où il est supérieur à 4°C et une nuit où il est caractérisé comme intense car supérieur à 6°C. D'autres villes ont vu également une nuit atteindre un ICU intense, notamment le 1er avril : La-Mézière, Thorigné-Fouillard, Melesse et La-Chapelle-des-Fougeretz ce qui peut être dû à une situation climatique particulièrement favorable sur ces villes toutes au Nord, Nord-Est de Rennes.

**Tableau 3.** Synthèse d'observation de l'ICU pour le mois d'avril 2021. ICU journalier (°C) ; ICU moyen (°C) ; Nombre de jours où l'ICU est faible (<2°C) ; Nombre de jours où l'ICU est modéré (entre 2°C et 4°C) ; Nombre de jours où l'ICU est fort (entre 4°C et 6°C) ; Nombre de jours où l'ICU est intense (>6°C) (Garcia, 1996)

	ICU moyen	ICU journalier	Faible	Modéré	Fort	Intense
Rennes	2.8	4.3	2	11	15	1
Cesson-Sévigné	1.6	2.7	7	23	0	0
Saint-Jacques	1.3	2.3	13	17	0	0
Saint-Grégoire	0.8	1.7	23	6	0	0
Vern-Sur-Seiche	0.6	1.4	27	3	0	0
Le Rheu	0.9	1.8	17	13	0	0
Pacé	1.1	2.0	12	18	0	0
Betton	1.4	2.3	9	21	0	0
Chantepie	1.3	2.5	12	18	0	0
La Mézière	1.1	2.6	13	10	6	1
Thorigné-Fouillard	1.3	2.5	14	12	3	1
Vezin-Le-Coquet	1.0	2.2	13	16	1	0
Melesse	1.5	3.1	10	12	7	1
L'Hermitage	0.5	1.6	21	9	0	0
La-Chapelle-des-Fougeretz	1.5	3.0	11	11	7	1
Montgermont	0.8	1.8	19	11	0	0
Chevaigné	0.9	2.0	16	13	1	0

Cependant ces 4 villes montrent des comportements inattendus puisque sur l'ensemble du mois d'avril, le nombre de jours

où l'ICU est fort y est également important, ce qui semble indiquer que plusieurs facteurs concourent à expliquer l'intensité de l'ICU.

## Influence de la tâche urbaine

**Tableau 4.** Régression linéaire des valeurs de l'ICU journalier, ICU moyen et des différentes variables explicatives

Modèles de Régression	ICU journalier			ICU moyen		
	R	R <sup>2</sup> (ajusté si X>1)	P-valeurs	R	R <sup>2</sup> (ajusté si X>1)	P-Valeurs
Taille de tâche urbaine	0,69	0,47	0,002	0,81	0,66	7,99E-05
Taille de tâche urbaine + Latitude	0,83	0,64	1,45E-05 0,038	0,87	0,71	1,79E-09 0,002
Taille de tâche urbaine + Latitude + Longitude +	0,83	0,62	2,12E-04 0,01 0,53	0,88	0,72	2,18E-05 0,03 0,27
Taille de tâche urbaine + Latitude + Longitude + Population + Distance à Rennes	0,83	0,56	0,47 0,04 0,54 0,87 0,75	0,89	0,69	0,23 0,04 0,38 0,29 0,86

Dans un premier temps, afin de comprendre la relation entre tâche urbaine et ICU (Tableau 4), deux régressions linéaires simples ont été faites. Elles intègrent uniquement la taille de la tâche urbaine comme facteur explicatif de l'ICU moyen et de l'ICU journalier. Ainsi la régression montre une relation linéaire forte entre les ICU moyens et la taille de la tâche urbaine (0.81), mais également

une relation linéaire modérée avec les ICU journaliers (0.69). Ici, La taille de la tâche urbaine explique 66% de la variance des ICU moyens et seulement 47% des ICU journaliers. Par la suite d'autres modèles ont été réalisés en intégrant d'autres variables pouvant expliquer ces ICU comme la distance à Rennes, la longitude, la latitude et la population par commune. Les résultats obtenus montrent que le meilleur modèle expliquant ces ICU, est celui couplant la taille de la tâche urbaine et la latitude puisque le modèle explique à 71% la répartition des ICU moyens et à 64% les ICU journaliers (Tableau 4).

La campagne au sud de Rennes est plus chaude qu'au Nord. En moyenne sur l'ensemble des nuits du mois d'avril, le capteur au sud (Croix-Fleurie) est plus chaud de 0.6°C que celui du Nord (Melesse). Avec l'ICU journalier, cette différence est de 1.8°C. L'écart maximal enregistré est de 3.7°C lors de la nuit du 1<sup>er</sup> avril. D'après la station Météo-France de Rennes Saint-Jacques, les vents sont favorables au déplacement de l'ICU (faibles : < 4m/s à modéré < 8m/s). Cette station mesure le vent à 10m et relate ainsi la situation synoptique. De direction Nord-Est lors de ce mois d'avril, le vent va accentuer les contrastes locaux sur les communes au Nord de Rennes et les diminuer au sud. En effet, l'ICU rennais va se déplacer sous l'action de ce vent modéré de NE et va venir se positionner au sud sur la campagne environnante rendant ainsi les ICU des villes périphériques moins intenses.

Ainsi la latitude n'est pas l'explication directe de la dissymétrie nord-sud des ICU autour de Rennes mais correspond à une relation étroite entre la direction et la force du vent avec les « petits » ICU périurbains et l'ICU rennais. Si le concept de la formation de l'advection de chaleur urbaine et son impact sur les environnements ruraux est connu depuis longtemps (Brandsma et al., 2003; Bassett et al., 2016; Dinda & Chatterjee, 2022), notre étude confirme son impact à l'échelle des villes de taille moyenne ou des petites surfaces urbanisées (environ 1km<sup>2</sup>) (Unger et al., 2010; Bassett et al., 2017).

## Conclusion

Malgré la proximité des villes de la couronne rennaise, la taille de tâche urbaine ainsi que leur position relative par rapport à Rennes ont une influence sur la répartition des ICU moyens et journaliers. Plus la taille est importante, plus l'ICU en moyenne est marqué. La latitude vient également expliquer la répartition des ICU de certaines villes en fonction de la circulation synoptique. En effet, les flux de Nord-Nord-Est dominants pendant cette période, ont provoqué des différences de températures urbaines-rurales importantes dans les villes au Nord de Rennes mais des différences moins marquées sur les villes au Sud de Rennes : cette situation résulte de l'advection de chaleur urbaine déplaçant la couche limite urbaine rennaise sur la campagne environnante au sud.

## Remerciements

Cette étude a été réalisée dans le cadre du programme CAPES/COFECUB Sh 941/19, CiCIAMEn (Cities, Climate And vegetation: Modeling and Environmental public policies). Elle s'intègre également au sein de la Zone Atelier Armorique et dans le SNO-Observil. Nos remerciements s'adressent aux personnes ayant participées aux campagnes de mesure, à Rennes Métropole, à la société Wi6Labs pour la récupération des données connectées ainsi qu'à la société Alkante pour la mise à disposition de ces données sur sa plateforme IoT.

## Bibliographie

- Bassett, R., Cai, X., Chapman, L., Heaviside, C., & Thornes, J. E. (2017). The Effects of Heat Advection on UK Weather and Climate Observations in the Vicinity of Small Urbanized Areas. *Boundary-Layer Meteorology*, 165(1), 181-196. <https://doi.org/10.1007/s10546-017-0263-0>
- Bassett, R., Cai, X., Chapman, L., Heaviside, C., Thornes, J. E., Muller, C. L., Young, D. T., & Warren, E. L. (2016). Observations of urban heat island advection from a high-density monitoring network. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 142(699), 2434-2441. <https://doi.org/10.1002/qj.2836>

- Brandsma, T., Können, G. P., & Wessels, H. R. A. (2003). Empirical estimation of the effect of urban heat advection on the temperature series of De Bilt (The Netherlands) : ESTIMATION OF URBAN HEAT ADVECTION. *International Journal of Climatology*, 23(7), 829-845. <https://doi.org/10.1002/joc.902>
- Cantat, O. (2004). L'îlot de chaleur urbain parisien selon les types de temps. *Norois*, 191, 75-102. <https://doi.org/10.4000/norois.1373>
- Dinda, A., & Chatterjee, S. (2022). Assessing the local- impacts of heat advection on urban heat islands in Kolkata Metropolitan Area. *Urban Climate*, 42, 101139. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101139>
- Dubreuil, V. (2022). Le changement climatique en France illustré par la classification de Köppen. *La Météorologie*, 116, 037. <https://doi.org/10.37053/lameteorologie-2022-0012>
- Dubreuil, V., Foissard, X., Nabucet, J., Thomas, A., & Quénel, H. (2020). Fréquence et intensité des îlots de chaleur à rennes : Bilan de 16 années d'observations (2004-2019). *Climatologie*, 17, 6. <https://doi.org/10.1051/climat/202017006>
- Dubreuil, V., Quénel, H., & Planchon, O. (2008). *Variabilite quotidienne et saisonniere de l'îlot de chaleur urbain a rennes : Premiers resultats du programme ecorurb.* 7.
- Eveno, M., Planchon, O., Oszwald, J., Dubreuil, V., & Quénel, H. (2016). Variabilité et changement climatique en France de 1951 à 2010 : Analyse au moyen de la classification de Köppen et des « types de climats annuels ». *Climatologie*, 13, 47-70. <https://doi.org/10.4267/climatologie.1203>
- Foissard, X. (2015). *L'îlot de chaleur urbain et le changement climatique : Application à l'agglomération rennaise.* 248.
- Foissard, X., Dubreuil, V., & Quénel, 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, 100490. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100490>
- Garcia, F. F. (1996). *Manual de climatología aplicada. Clima, medio ambiente y planificación.* adrid: Editorial síntesis, SA.
- IPCC. (2021). *IPCC, 2021 : Climate Change 2021 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (N° 1).* ambridge University Press. [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf)
- Oke, T. R. (1973). CITY SIZE AND THE URBAN HEAT ISLAND. *Atmospheric Environment*, 7(8), 11. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6)
- Oke, T. R. (1987). *Boundary Layer Climates.* Routledge.
- Oke, T. R., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. (2017). *Urban Climates.* Cambridge University Press.
- SRADDET. (2019). *Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires.* Breizhcop. <https://www.breizhcop.bzh/wp-content/uploads/2019/12/projet-de-SRADDET.pdf>
- Unger, J., Sümeghy, Z., Szegedi, S., Kiss, A., & Géczi, R. (2010). Comparison and generalisation of spatial patterns of the urban heat island based on normalized values. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 35(1-2), 107-114. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2010.03.001>