



**HAL**  
open science

**L'utilisation des transects mobiles nocturnes et des données satellitaires pour caractériser les îlots de chaleur urbains dans l'agglomération rennaise (Bretagne, France).**

H P Barbosa, Vincent Dubreuil

► **To cite this version:**

H P Barbosa, Vincent Dubreuil. L'utilisation des transects mobiles nocturnes et des données satellitaires pour caractériser les îlots de chaleur urbains dans l'agglomération rennaise (Bretagne, France).. XXXIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Jul 2020, RENNES, France. halshs-02970894

**HAL Id: halshs-02970894**

**<https://shs.hal.science/halshs-02970894>**

Submitted on 19 Oct 2020

**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.

## L'UTILISATION DES TRANSECTS MOBILES NOCTURNES ET DES DONNEES SATELLITAIRES POUR CARACTERISER LES ILOTS DE CHALEUR URBAINS DANS L'AGGLOMERATION RENNAISE (BRETAGNE, FRANCE)

BARBOSA H.P., DUBREUIL V.

Université Rennes 2, CNRS, LETG (Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique), UMR 6554, Rennes, France ([pbhiago@outlook.com](mailto:pbhiago@outlook.com))

**Résumé :** Les îlots de chaleur urbains (ICU) reflètent l'impact à l'échelle locale des activités humaines sur les températures. Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour étudier l'ICU, notamment les mesures de la température de l'air (fixes et mobiles), les estimations de la température de surface (images satellitaires par télédétection) et la modélisation physique ou géostatistique. L'objectif de cette étude est d'analyser les caractéristiques spatiales et temporelles des températures de surface et de l'air dans l'agglomération de Rennes (Bretagne, France) en période estivale lors de l'année 2016. Les températures de surface dérivées de l'imagerie thermique du satellite Landsat 8 ont été comparées aux observations des mesures de la température de l'air nocturnes obtenues par des transects mobiles. Des analyses statistiques du coefficient de corrélation linéaire ( $r$ ) ont été employées pour l'ensemble des données thermiques. Les résultats de cette étude montrent l'importance de combiner différentes méthodes pour caractériser l'ICU.

**Mots clés :** changement climatique ; îlot de chaleur urbain ; transects mobiles ; température de surface ; température de l'air

**Summary:** *The use of night mobile transects and satellite data to characterize urban heat islands in the Rennes agglomeration (Brittany, France).* Urban heat islands (UHIs) reflect the local impact of human activities on temperatures. Several methods can be used to study UHIs, including air temperature measurements (fixed and mobile), surface temperature estimates (satellite images by remote sensing) and physical or geostatistical modelling. The objective of this study is to analyze the spatial and temporal characteristics of surface and air temperatures in the urban agglomeration of Rennes (Brittany, France) during the summer period in 2016. Surface temperatures derived from thermal imagery from the Landsat 8 satellite were compared to observations of nighttime air temperature measurements obtained from mobile transects. Statistical analyzes of the linear correlation coefficient ( $r$ ) were used for the thermal data set. The results of this study show the importance of combining different methods to characterize the UHIs.

**Key words:** climate change; urban heat island; mobile temperature measurements; surface temperature; air temperature

### Introduction

Les recherches sur les îlots de chaleur urbain (ICU) prennent de plus en plus d'importance dans le cadre du changement climatique. Les ICU reflètent l'impact à l'échelle locale des activités humaines sur les températures et ils sont considérés comme l'une des principales manifestations du climat urbain (Oke, 1982 ; Amorim et Dubreuil, 2017). Il en existe trois types : l'ICU atmosphérique de basse couche (*urban canopy layer*), l'ICU de l'atmosphère supérieure (*urban boundary layer*) et l'ICU de surface (Oke, 1978). Ainsi, plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour analyser l'ICU, notamment les mesures de la température de l'air (fixes et mobiles), les estimations de la température de surface (images satellitaires par télédétection, Matson *et al.*, 1978) et la modélisation physique ou géostatistique (Foissard *et al.*, 2019).

L'objectif de cette étude est d'analyser les caractéristiques spatiales et temporelles des températures de surface terrestre (TST) et de l'air (TA) dans l'agglomération de Rennes (Bretagne, France) en période estivale lors de l'année 2016.

## 1. Données et Méthodes

### 1.1. Présentation du site d'étude

Rennes est une commune française située dans le Nord-Ouest de la France dans la région Bretagne. La population de Rennes est estimée à 216 815 habitants soit la 11<sup>ème</sup> plus grande ville de France. L'agglomération (Rennes Métropole) comprend 43 communes et 447 429 habitants (Insee, 2019).

La région de Rennes est sous l'influence d'un climat océanique tempéré, plus précisément le type Cfb selon la classification de Köppen-Geiger (Eveno *et al.*, 2016) caractérisé par des hivers doux et des étés frais. La température moyenne annuelle est de 12,1°C, avec une température maximale quotidienne moyenne en Juillet de 24,5°C et les précipitations sont modérées et constantes tout au long de l'année (pluviométrie moyenne annuelle est d'environ 700mm ; Foissard *et al.*, 2019).

Trois méthodes différentes pour caractériser le phénomène d'ICU ont été utilisées dans cette étude : 1) la télédétection (pour l'îlot de chaleur de surface : ICS), 2) les mesures itinérantes nocturnes et 3) les mesures fixes de température de l'air (pour l'îlot de chaleur atmosphérique : ICA).

### 1.2. Données et méthodes de mesure de la TA

Depuis 2004, le programme d'écologie urbaine avec une composante climatique intitulé ECORURB (Ecologie du Rural vers l'Urbain) a permis la constitution d'un réseau des mesures des variables météorologiques avec 16 stations météorologiques automatiques de la marque DAVIS® : Weather Monitor II et Vantage Pro 2. La station météorologique de Météo-France située à l'aéroport de Saint-Jacques est également disponible (Dubreuil *et al.*, 2010).

En outre, des mesures itinérantes par transects mobiles ont été réalisées. Nous avons utilisé une sonde thermocouple placée dans un abri et l'ensemble est installé sur un mât fixé à une voiture à environ 2 mètres du sol. Nous avons utilisé une console de stockage de données *Weather Monitor 2*. La vitesse de la voiture était d'environ 30 kilomètre par heure (kmh/h) et les itinéraires réalisés ont débuté et ont fini dans la campagne avoisinante de l'aire urbaine de Rennes. La durée de chaque transect a été d'environ 30 minutes pour conserver un ICU représentatif de l'instant de mesures (Foissard, 2015). Nous avons réalisé des campagnes de mesures nocturnes dans des conditions atmosphériques « idéales » pour la mise en place d'un épisode d'ICU, caractérisées par ciel dégagé et vent faible. Enfin, les journées choisies correspondent à des périodes proches de celles du passage du satellite *Landsat* et ont été précédées d'au moins 48 heures sans précipitations. Il s'agit aussi de séquences de journées plutôt chaudes avec des maxima dépassant 30°C.

### 1.3. Données et méthodes d'estimation de la température de surface

Nous avons utilisé des images satellitaires issues du satellite *Landsat 8* dont la résolution temporelle est de 16 jours et la résolution spatiale est de 30 mètres. Les scènes utilisées sont : 201/27 et 202/26. Le satellite *Landsat* capture des images sur le site d'étude entre 10h30 et 11h (UTC/GMT). Nous avons effectué des corrections atmosphériques et radiométriques sur les bandes du visible passant des comptes numériques bruts aux réflectances exo-atmosphériques puis au sol sur le logiciel *TerrSet Geospatial Monitoring and Modeling Software (Clark Labs)*. Ensuite, pour estimer la température de surface, nous avons utilisé les formules disponibles sur le site de l'Institut d'études géologiques des États-Unis (*United States Geological Survey*) en utilisant les paramètres de conversion des comptes numériques (CN) en rayonnement, puis en TST. Nous avons également corrigé les paramètres de radiance et/ou réflectance des bandes

thermiques, rouge et proche infrarouge. Enfin, les images avec les valeurs d'émissivité estimées selon les différents indices ont été intégrées dans le calcul pour l'obtention de la TST en degrés Celsius (°C) (Barbosa *et al.*, 2017).

Les valeurs de températures de surface estimées à partir des images *Landsat* ont ensuite été mises en corrélation pour les différents trajets (Nord – Sud et Nord-Est – Ouest) réalisés sur le site d'étude en utilisant le calcul d'un coefficient de corrélation linéaire ( $r$ ).

## 2. Résultats

Les quatre transects de mesures mobiles nocturnes réalisés sur le site d'étude le 16 Juillet 2016 (Fig.1) et le 13 Août 2016 (Fig.2) montrent l'existence des ICA. Le trajet Nord – Sud s'étend sur 14,2 kilomètres avec une variation d'altitude de 70 à 100 mètres alors que le trajet Nord-Est – Ouest s'étend sur 12,7 kilomètres avec une variation d'altitude de 70 à 120 m.

### 2.1. Campagne de mesure du 16 Juillet 2016

Pour le trajet Nord – Sud (Fig.1), nous avons constaté une différence de TA de 3,3°C avec les valeurs extrêmes de 13,8°C et 17,1°C. Dans les sites proches de Melesse et de Saint-Grégoire (Nord de Rennes) la température n'a pas dépassé 15°C. La TA a augmenté dans l'aire urbaine et dans la zone industrielle de Saint-Grégoire. Le pic maximal de la TA a été enregistré lors du passage aux Champs Libres (Centre-ville de Rennes). La TA est restée élevée dans la zone commerciale située au Sud de Rennes (Centre Commercial Alma). Après le passage sur la rocade Sud vers la campagne, une baisse de la TA a été constatée.

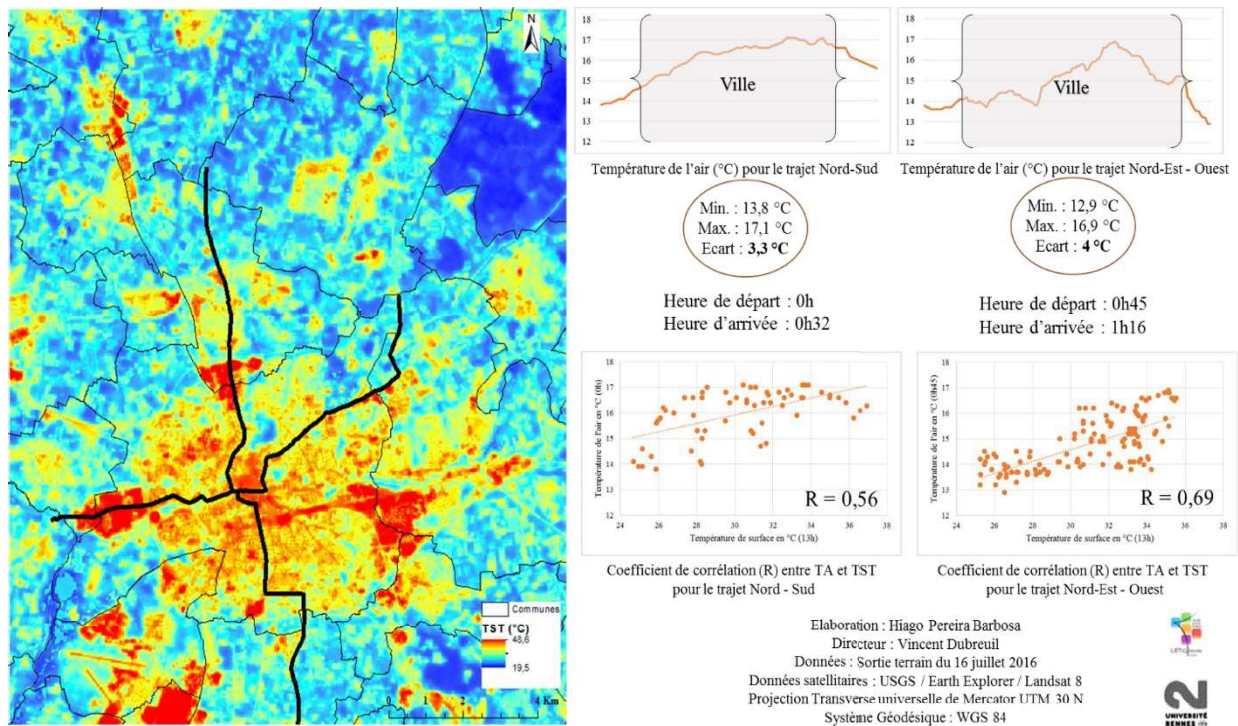


Figure 1. Carte de TST du 16/07/2016 à 10h30 UTC/GMT, valeurs de TA (mesures mobiles nocturnes et fixes) du 16/07/2016 et coefficient de corrélation linéaire ( $r$ ) entre ces deux variables.

La différence de TA sur le trajet Nord-Est – Ouest (Fig.1) a été de 4°C avec les valeurs de 12,9°C et 16,9°C. Dans la campagne au Nord-Est de Rennes, les valeurs varient de 13,8°C à 14,2°C. La TA a maintenu une tendance à l'augmentation en ville (14,6°C) et de baisse à proximité du Parc des Gayeulles (13,8°C). Ensuite, la température est restée élevée même lors du passage près du Parc du Thabor (15,7°C). Le pic maximal de la TA a été enregistré lors du



passage sur la Place de Bretagne (16,9°C). La TA est restée inférieure à 16,9°C lors du passage au Quai de la Prévalaye vers la Route de Lorient et le Stade Rennais (15,6°C). Malgré quelques valeurs de TA localement plus élevées à proximité de certains établissements industriels (zone industrielle Ouest), la TA a rapidement chuté vers la campagne. Enfin, la TA minimale enregistrée de ce trajet a été de 12,9°C.

## 2.2. Campagne de mesure du 13 Août 2016

La différence de TA sur le trajet Sud – Nord (Fig.2) a été de 4,4°C avec des valeurs comprises entre 11,8°C et 16,2°C. Dans la campagne située au Sud de Rennes, les températures observées ont été inférieures à 15°C. Le vent de direction Nord et l'effet de la brise thermique ont possiblement influencé la variation de la TA, comme dans le cas du 16 Juillet.

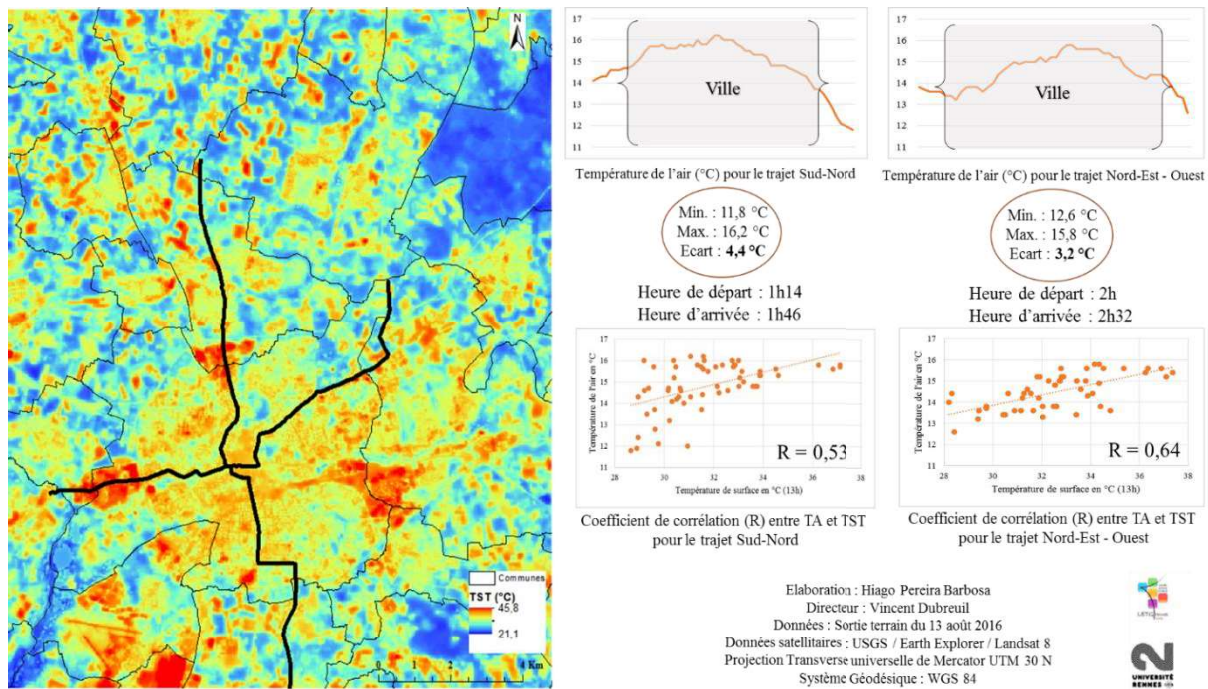


Figure 2. Carte de TST du 17/08/2016 à 10h30 UTC/GMT, valeurs de TA (mesures mobiles nocturnes et fixes) du 13/08/2016 et coefficient de corrélation linéaire (r) entre ces deux variables.

La différence de TA sur le trajet Nord-Est – Ouest (Fig.2) a été de 3,2°C avec des valeurs comprises entre 12,6°C et 15,8°C. Ce trajet a présenté la même tendance observée pendant la nuit du 16 Juillet 2006. Durant ce trajet, une baisse de la TA a été observée aux alentours du parc des Gayeulles (13,2°C) au Nord-Est de la ville ainsi que du parc du Thabor (13,6°C) au centre-ville. Le pic de température a été observé lors du passage sur la Place de Bretagne (comme déjà constaté précédemment).

## 2.3. Comparaison entre les deux dates de campagne des mesures

Les différences de température entre la ville et les zones rurales avoisinantes sont très liées à l'hétérogénéité des surfaces urbaines et rurales. Le rayonnement infrarouge est plus élevé en ville (surfaces asphaltées et volumes d'habitation) qu'en campagne, d'où des températures plus élevées (Oke, 1982 ; Dubreuil *et al.*, 2010).

Les différences observées entre les températures au sein de ces deux transects mobiles peuvent être liées à la différence de l'heure des mesures, mais aussi à l'effet du vent pour le trajet Sud-Nord. Dans tous les cas, cependant, les situations ont été favorables à l'observation du phénomène de l'ICA au sein de l'agglomération rennaise.

Les différences de TA entre la ville et la campagne avoisinante sont fortement liées à l'occupation du sol et notamment la densité du bâti et la présence de végétation. Les écarts de température ont été moins importants sur le trajet Nord-Sud en raison du vent et de l'effet de la brise thermique, qui a eu tendance à homogénéiser la température de l'air alors que pour le trajet Nord-Est – Ouest, une différence plus importante de la TA a été constatée.

#### **2.4. Coefficient de corrélation linéaire entre TST et TA**

Le coefficient de corrélation linéaire a montré une relation positive entre la TS et la TA pour les deux campagnes des mesures (Fig.1,2). Les coefficients de corrélation les plus remarquables sont ceux du trajet Nord-Est – Ouest (0,69 pour Juillet et 0,64 pour Août) car l'échantillonnage de points dans la campagne est moins important (en quantité) que celui de la ville. Pour les deux autres trajets, la corrélation a également été satisfaisante (0,56 pour Juillet et 0,53 pour Août) mais montre qu'il est difficile d'extrapoler les TA à partir des seules TS. Signalons aussi que le coefficient de corrélation a été plus élevé pour les données de Juillet : en effet, les mesures mobiles et le passage du satellite ont été effectués dans la même journée alors que pour le mois d'Août, un décalage de quatre jours a eu lieu.

Les résultats montrent que les ICA et les ICS n'ont pas la même forme ni la même dynamique temporelle. Deux points principaux doivent être mentionnés ici :

D'abord, les ICA présentent un réchauffement de l'atmosphère avec une intensité maximale durant la période nocturne (Foissard, 2015 ; Foissard *et al.*, 2019). En revanche, les ICS mesurées de jour par *Landsat* correspondent à une période où l'ICA est absent et représentent un réchauffement de la surface fortement lié à l'occupation du sol.

Ensuite, même si une corrélation entre les deux variables TST et TA peut paraître bonne, des anomalies importantes ont été constatées. Ces anomalies correspondent surtout aux températures mesurées dans les zones industrielles ou sur des surfaces de sols nus et/ou secs. Dans les zones industrielles, les surfaces chauffent plus intensément le matin car il s'agit principalement de hangars (en tôle et en béton), d'où la forte intensité des TST. Cependant, ces matériaux n'accumulent que peu ou pas de chaleur, de sorte qu'ils ne peuvent pas dégager de chaleur pendant la nuit du fait de leur faible inertie thermique (Portela *et al.*, 2020). De ce fait, les TST élevées pendant la journée ne coïncident pas avec des TA élevées lors des transects mobiles nocturnes.

Les TA les plus élevées sont bien observées la nuit dans le centre-ville alors que sur les TST issues des images satellitaires *Landsat* ce sont les zones industrielles qui apparaissent comme les surfaces les plus chaudes. Or, on n'observe pas, de jour comme de nuit, de températures significativement plus élevées dans ces secteurs qui conservent des TA inférieures au centre-ville.

### **Conclusion**

Les résultats de cette étude montrent l'importance de combiner différentes méthodes pour caractériser l'ICU. Cette approche peut aider à comprendre les interactions entre la morphologie urbaine et l'atmosphère locale. L'utilisation des images satellitaires diurnes ou nocturnes peut être appropriée pour mieux comprendre les liens entre les ICS et les ICA mais elles ne peuvent se substituer à des mesures climatologiques locales pour cartographier les ICA.

### **Remerciements**

Les auteurs tiennent à remercier l'ensemble des personnes qui ont aidé à réaliser les mesures mobiles nocturnes de température de l'air durant la période estivale de l'année 2016.

## Bibliographie

- Amorim M. C. C. T., Dubreuil V., 2017. Intensity of Urban Heat Islands in Tropical and Temperate Climates. *Climate*, (5), 91-104.
- Barbosa H. P., Dubreuil V., Amorim M.C.C.T., 2017. Utilização de imagens do satélite Landsat 8 para a análise da emissividade e da temperatura de superfície da aglomeração urbana de Rennes (França). *Anais do XVIII SBSR*, Santos, maio de 2017, 4542-4549.
- Dubreuil V., Quenol H., Foissard X., Planchon O., 2010. Climatologie urbaine et îlot de chaleur urbain à Rennes, in P.Clergeau (dir.) *Ville et biodiversité: les enseignements d'une recherche pluridisciplinaire*. Presses Universitaires de Rennes, 105-122.
- Eveno M., Planchon O., Oszwald J., Dubreuil, V., Quénel H., Maëlle E., Johan O., 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.
- Foissard X., 2015. L'îlot de chaleur urbain et le changement climatique : application à l'agglomération rennaise. *Thèse de doctorat de Géographie*, Université Rennes 2, Rennes, France, 247p.
- 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, 1-13.
- Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE), 2019. Ille-et-Vilaine : la population des communes au 1<sup>er</sup> janvier 2017. *Insee Flash Bretagne*, 57, décembre 2019.
- Matson M., McClain E. P., McGinnis D. F. Jr., Pritchard J. A. Satellite Detection of Urban Heat Islands. *Monthly Weather Review*, 106, 1978, 1725-1734.
- Oke T. R., 1978. Inadvertent climate modification. In : *Boundary Layer Climates*. Second edition, 1987, New York, Ed. Oke, T. R., 263-302.
- Oke T. R., 1982. The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108, 455, 1-24.
- Portela C. I., Massi K. G., Rodrigues T., Alcantâra E., 2020. Impact of urban and industrial features on land surface temperature: Evidences from satellite thermal indices. *Sustainable Cities and Society*, 56. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102100>.