



HAL
open science

Mesure et détection des îlots de chaleur et de fraîcheur en milieu tempéré semi-continentale

Sébastien Lebaut, Nassima Hassani, Gilles Drogue

► **To cite this version:**

Sébastien Lebaut, Nassima Hassani, Gilles Drogue. Mesure et détection des îlots de chaleur et de fraîcheur en milieu tempéré semi-continentale. 34e colloque annuel de l'Association Internationale de Climatologie, Jul 2021, Casablanca, Maroc. hal-03465195

HAL Id: hal-03465195

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03465195v1>

Submitted on 4 Dec 2021

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.

MESURE ET DETECTION DES ILOTS DE CHALEUR ET DE FRAICHEUR EN MILIEU TEMPERE SEMI-CONTINENTAL : L'EXEMPLE DU TERRITOIRE DE METZ METROPOLE

LEBAUT S., HASSANI N., DROGUE G.

Université de Lorraine, LOTERR, F-57000 Metz, France (nassima.hassani@univ-lorraine.fr)

Résumé : *L'étude porte sur les méthodes de mesure utilisées pour l'observation et la caractérisation quantitative des champs de température de l'aire urbaine de Metz Métropole, dans le Nord-Est de la France. La première est la télédétection spatiale permettant de caractériser les températures de surface terrestres de jour afin de spatialiser les zones de fort dégagement de chaleur et a contrario, celles se caractérisant par une certaine fraîcheur. La deuxième méthode consiste à effectuer des mesures de la température de l'air à partir d'un réseau de 28 stations météorologiques fixées à 3 m du sol, permettant des mesures en continu. Ce réseau est complété par la méthode de mesures mobiles par transects urbains effectuées à vélo afin d'appréhender plus finement la variabilité spatiale de la température de l'air. Enfin, la quatrième méthode correspond à des mesures aéroportées par drone permettant de mesurer les températures de surface à échelle fine. Les résultats multi-échelles obtenus dans le cadre de ce travail apportent des données utiles à la décision. Elles pourront servir en outre de support pour rendre concrète l'adaptation au changement climatique pour le grand public et l'accompagner au changement en matière de comportement et de pratique des lieux en période de forte chaleur.*

Mots clés : *changement climatique ; îlot de chaleur ; transects mobiles ; température de surface terrestre ; température de l'air ; Metz Métropole.*

Absract : *The study focuses on the measurement methods used for the observation and quantitative characterization of the urban heat island in the Metz metropolitan urban area in northeastern France. The first is spatial remote sensing to characterize daytime land surface temperatures in order to spatialize areas of high heat release and conversely, those characterized by a certain coolness. The second method consists in carrying out measurements of the air temperature from a network of 28 meteorological stations fixed at 3 m from the ground, allowing continuous measurements. This network is completed by the method of mobile measurements by urban transects carried out by bicycle in order to apprehend more finely the spatial variability of the air temperature. Finally, the fourth method is airborne measurements by drone to measure surface temperatures at fine scale. The results obtained are useful for decision-making. They can be used for instance as a support to make concrete the adaptation to the climate change for the general public and to accompany it to the change in behavior and practice of the places in period of strong heat.*

Keywords : *climate change ; heat island; mobile transects; surface temperature; air temperature; Metz Métropole.*

Introduction

Le contraste thermique opposant les centres-villes sensiblement plus chauds que leur périphérie moins dense et a fortiori, que le milieu rural environnant -phénomène connu sous le nom d'îlot de Chaleur Urbain (ICU) -, entraîne un rafraichissement nocturne plus tardif et plus lent des zones urbaines. Cela crée par temps chaud, un inconfort thermique important pour les citoyens, particulièrement les personnes vulnérables à la chaleur intense, ce qui en fait un enjeu fort de santé publique exigeant de s'interroger sur les stratégies de développement local à adopter en vue de compenser ses effets. Or, ces actions passent avant tout par une meilleure compréhension de l'ICU et des facteurs influençant son apparition et son intensité.

Il existe plusieurs méthodes et outils permettant de mesurer et quantifier l'ICU dans ses différentes formes et d'identifier les variables influençant son comportement. Les thermographies des températures de surface (Ts), dérivées des mesures dans l'infrarouge par télédétection spatiale ou aéroportée, constituent la principale source d'information pour étudier l'ICU de surface au niveau du sol (ICUs). Pour ce qui est de l'ICU de la canopée urbaine, les relevés thermiques *in situ*, par réseau fixe, ou par transect mobile constituent l'outil privilégié. Le développement ci-dessous présente les travaux d'observation et de qualification des champs de température de l'agglomération messine dans le cadre des travaux de thèse menés en collaboration étroite avec la métropole de Metz (Direction Générale Adjointe Urbanisme

Durable), illustrés par quelques résultats. Les choix des méthodes d'observation s'inspirent des expérimentations et retours d'expérience de météorologues et géographes climatologues qui ont caractérisé les températures urbaines dans d'autres villes moyennes françaises (Cantat, 2014 ; Leconte, 2014 ; Foissard, 2015 ; Richard et al., 2017).

1. Méthodes de mesure et de détection des îlots de chaleur et de fraîcheur

1.1. Etudes des températures de surface

1.1.1. Par télédétection spatiale

Les images thermiques de surface (Ts) sont un très bon descripteur de l'énergie émise par les surfaces urbaines. Elles sont obtenues par une conversion numérique du rayonnement infrarouge émis par ces surfaces qui est enregistré par des capteurs embarqués sur des plateformes satellites ou aéroportées.

La télédétection satellite est l'unique méthode offrant la possibilité de quantifier les Ts à large échelle et d'établir un descriptif spatio-temporel de l'ICUs. Dans le cadre de cette étude, nous avons choisi d'exploiter les images dans l'infrarouge des satellites *Landsat* qui ont l'avantage de couvrir l'intégralité de l'agglomération messine avec une résolution spatiale de 100 m (Hassani et al., 2020). Les Ts de la figure 3 ont été obtenues par application de la méthode *single-channel* de Sobrino et al. (2004) qui permet d'éliminer les effets atmosphériques se produisant entre la surface de la Terre et les capteurs satellitaires (Wicki et Parlow, 2017).

1.1.2. Par télédétection aéroportée (drone civil)

La télédétection par drone est en plein essor en climatologie urbaine. Cette télédétection de proximité (faible distance caméra-cible) offre l'avantage d'une grande flexibilité par rapport à la télédétection satellite. Son échelle spatiale (prise d'image à basse altitude, environ 50m) est de l'ordre de 100 à 300 m², ce qui en fait donc un outil particulièrement adapté aux échelles fines.

Dans le cadre de nos travaux, une caméra infrarouge miniaturisée a été embarquée à bord d'un drone civil quadricoptère afin d'obtenir des thermographies lors de journées radiatives avec un vent faible au niveau de certains sites faisant l'objet d'une rénovation urbaine. Les premiers résultats ont fait l'objet d'une publication (Droque et al., 2020). Cependant, les missions prévues en 2020 ont dû être annulées à cause de la crise sanitaire et sont reportées en 2021.

1.2. Etude des températures de l'air

Outre les méthodes de mesure relatives aux températures de surface, d'autres méthodes de mesures visent plus spécifiquement l'ICU de la couche de canopée urbaine. Il s'agit en premier lieu des mesures *in situ* de la température de l'air à partir desquelles sont mises en évidence, les ambiances thermiques en milieu urbain à la base du diagnostic de l'ICU

1.2.1. Réseau de mesure fixe

Le réseau de stations météorologiques est la méthode la plus souvent utilisée (Renard et al., 2019). Cette méthode permet d'observer le phénomène de l'ICU dans la durée en étudiant sa variation spatio-temporelle. En France ou ailleurs, de nombreux protocoles de recherches

incluent des réseaux de mesures destinés à surveiller ce phénomène (Dubreuil et al., 2021). C'est dans ce contexte que le territoire de la métropole de Metz a été maillé durant l'été 2019 d'un réseau d'observation destiné à assurer un monitoring en continu de la température de l'air et de l'humidité relative pour mesurer l'ICU d'été.

Le Réseau de Mesures Thermo-Hygrométriques de l'agglomération de Metz (REMTHAM) est constitué de 21 stations météorologiques légères (abri + sondes connectées de type *HOBO*) (Hassani et Drogue, 2021). Ce réseau a été renforcé durant l'été 2020 par 5 points de mesures supplémentaires dont 4 sondes *HOBO* et une station météorologique complète *Vantage Pro 2 Plus*, auxquelles il faut ajouter deux stations gérées par Météo France et ATMO Grand Est.

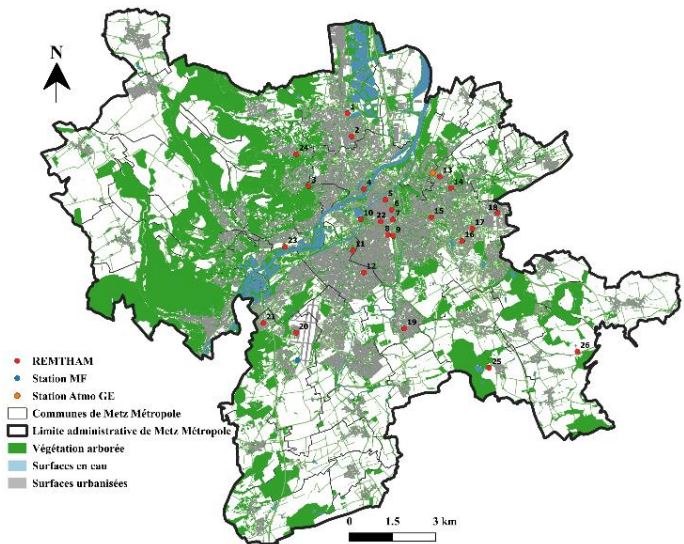


Figure 1 : Carte de répartition des stations météorologiques dans l'agglomération messine, en 2019 et 2020.

1.2.2. Mesures mobiles

Le recours à des mesures mobiles permet de pallier les « déserts » métrologiques et de mesurer, lors de journées très favorables, l'influence locale des parcs, des plans d'eau, des jardins et de la typologie des rues sur l'ICU, en suivant des itinéraires traversant la ville jusqu'à la périphérie.

Au cours de la vague de chaleur d'août 2020, plusieurs campagnes de mesure ont été menées au sein de la métropole de Metz en suivant différents transects urbains à l'aide d'un vélo équipé d'une station météorologique de type *Kestrel 5500* et d'un GPS *Garmin 600* (figure 2).

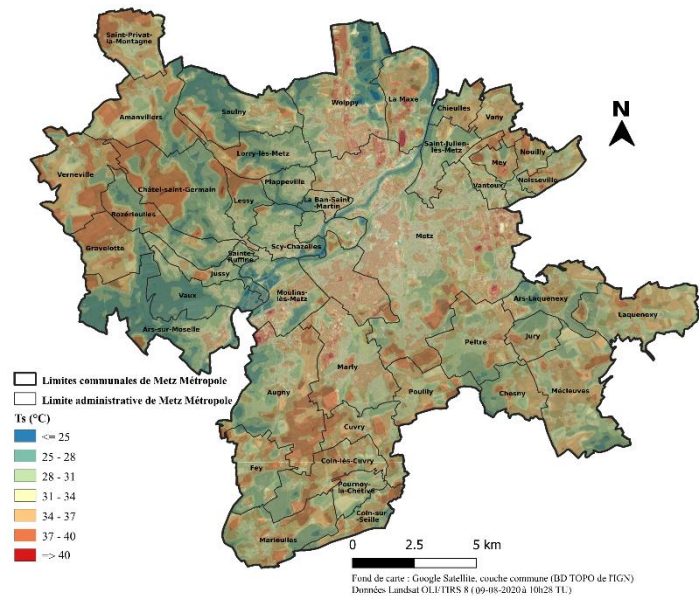


Figure 2 : Vélo équipé des instruments de mesure (gauche), station *Kestrel 5500* (centre) et GPS *Garmin.600* (droite).

3. Résultats et discussion

3.1. Thermographie de surface Landsat

La figure 3 illustre la variation spatiale de l'intensité des Ts diurnes à Metz Métropole le 09/08/2020. Il en ressort un contraste thermique assez net entre les surfaces bâties et les sols nus d'un côté, et les surfaces boisées et humides de l'autre. Les résultats montrent que la distribution des Ts est corrélée avec l'occupation du sol au sein de l'agglomération messine. Les tâches rouges en périphérie de la zone urbaine correspondent à des zones d'activités où d'importants dégagements de chaleur sont constatés pendant la journée en raison de la présence de grandes surfaces artificielles (hangars métalliques, parkings, routes, etc.) à faible réflectivité solaire, faible inertie thermique et forte diffusivité thermique.



A contrario, les zones boisées sont systématiquement plus fraîches que leur environnement. Les espaces abritant des masses d'eau importantes comme la vallée de la Moselle, la commune de Woippy et le sud-ouest de la métropole se signalent également par des Ts relativement basses.

3.2. Variabilité spatiale de l'ICU à Metz Métropole durant l'été 2020

Les données de l'ICU relevées par le réseau REMTHAM durant l'été 2020 (7 juillet au 31 août) ont fait l'objet d'une modélisation statistique mettant en relation des descripteurs physiques de l'ICU avec celui-ci. Au nombre de cinq (fraction de surfaces bâties, fraction de surfaces imperméables, fraction de végétation haute et basse et fraction de surfaces en eau) ils ont été extraits de la BD TOPO 2016 à l'aide d'outils d'analyse spatiale du logiciel *ArcGis 10.1* ® selon plusieurs rayons autour de chaque station (200 m, 300 m, 400m, 500m et 900m) dans le but de définir statistiquement la représentativité des stations météorologiques (Foissard, 2015). Un modèle de régression locale de type *stepwise* produit avec le logiciel *MATLAB* a établi la meilleure relation entre le jeu de prédicteurs et les valeurs d'ICU moyen calculées comme la différence de la température relevée aux stations urbaines avec celle de la station de référence rurale de Mécleuves (écarts horaires des températures de l'air entre le coucher et le lever du soleil) :

$$\Delta T_{u-r} = T^{\circ} \text{ station urbaine} - T^{\circ} \text{ Mécleuves}$$

L'équation optimale obtenue a pour coefficient de détermination $R^2=0,85$ et un RMSE de $0,4^{\circ}\text{C}$. Les prédicteurs les mieux corrélés avec l'ICU sont ceux extraits dans un rayon de 500 m autour des stations. Ces premiers résultats sont prometteurs mais comme au stade actuel de nos travaux les prédicteurs ne sont pas disponibles sur l'ensemble du territoire de la métropole de Metz une cartographie par krigeage ordinaire des valeurs d'ICU (ΔT_{u-r} moyen) a été réalisée.

Les deux cartes résultantes (été 2020 vs vague de chaleur du 7 au 13 août) montrent une organisation spatiale de l'ICU remarquablement similaire entre les deux séquences (figure 4a

vs figure 4b). Ces cartes mettent en évidence un îlot de chaleur intense dans le centre-ville de Metz relativement aux espaces suburbains et ruraux. Des petits îlots de chaleur apparaissent également dans les zones d'activités à l'est, au nord et au sud-ouest, tandis que des poches de fraîcheur se distinguent au niveau des espaces les plus végétalisés (communes de Lorry-lès Metz, Le Ban-Saint-Martin, Chesny et Mécleuves). Cependant, pour certaines parties de l'agglomération (partie nord-est et sud), les valeurs interpolées ne reflètent pas l'intensité réelle de l'ICU à cause de la présence insuffisante de points de mesure. A terme l'ICU sera spatialisé par régression locale, ce qui permettra une comparaison des champs de température.

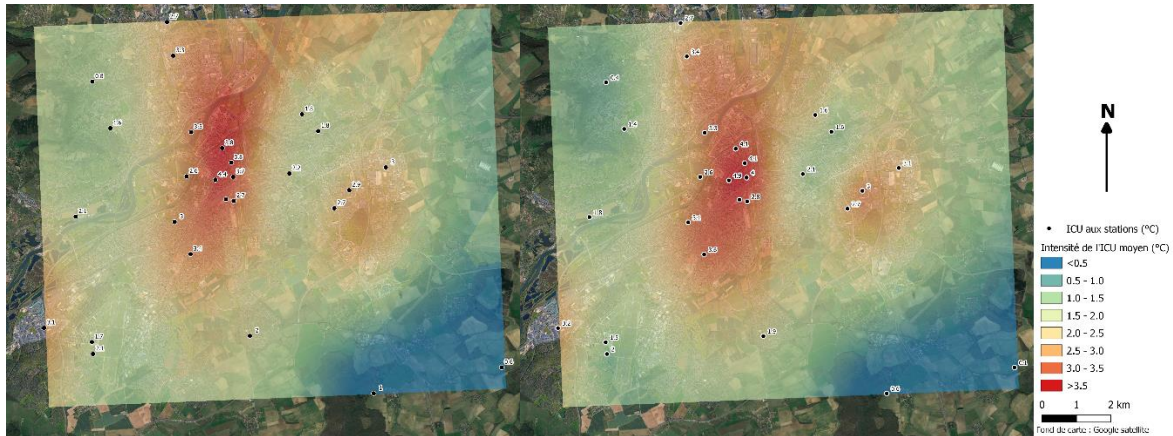


Figure 4 : Répartition des valeurs spatiales de la moyenne de l'ICU moyenne durant l'été 2020 à gauche et durant la période caniculaire d'août 2020 à droite.

3.2. Résultats des mesures mobiles par transect

Les transects sont réalisés la nuit des 8, 10 et 11 août 2020, lors d'une vague de chaleur où les températures maximales enregistrées ont été supérieures à 36°C . Le type de temps est favorable à la mise en place d'un ICU intense : beau temps chaud et ensoleillé, vent faible sous conditions anticycloniques.

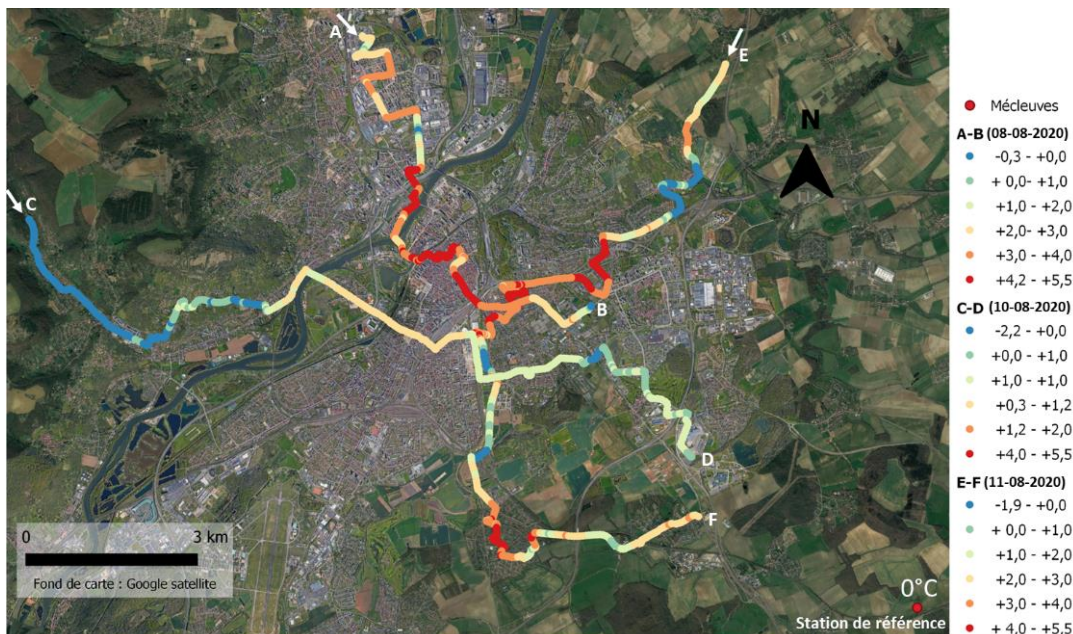


Figure 5 : Ecarts de température « instantanés » avec la station rurale de Mécleuves les longs des transects urbains.

Les résultats des campagnes mobiles effectuées après le coucher de soleil (21h30) indiquent que les espaces les plus frais correspondent aux espaces ruraux et aux espaces urbains végétalisés (par exemple le jardin Jean-Marie Pelt et celui de la Cheneau), tandis que les

espaces les plus chauds coïncident avec les espaces urbains denses et les axes routiers importants. Ces résultats seront ultérieurement analysés de manière plus approfondie en s'appuyant sur les classes LCZ.

Conclusion

Les travaux menés sur les températures de l'agglomération messine enregistrées pendant la saison chaude de l'année 2020 font ressortir des contrastes thermiques importants entre le tissu urbain du centre-ville, les espaces périurbains moins denses et les espaces végétalisés. Ce sont les caractéristiques physiques des surfaces (pouvoir réfléchissant, diffusivité thermique et capacité à stocker la chaleur), tout autant que le degré de densité du bâti qui expliquent la configuration spatiale des champs thermiques. De manière générale, leur structure dépend aussi bien de la situation au sein de l'aire urbaine et de l'éloignement vis-à-vis du centre-ville, que du type d'aménagement de chaque quartier, s'exprimant par une morphologie urbaine spécifique et la présence ou non de surfaces végétales.

Au-delà des données mesurées, nos travaux mettent en évidence l'avantage de s'appuyer sur une pluralité de méthodes de mesure et d'outils de diagnostic dans le but d'obtenir une compréhension à la fois globale et précise du climat urbain et des facteurs influençant l'organisation spatiale des températures urbaines. Ces approches de par leur caractère multi-échelle et multi-temporel, présentent une grande complémentarité entre elles.

Bibliographie

Cantat O., 2014., L'îlot de chaleur urbain parisien selon les types de temps, *Norois*, 191 | 2004/2.

Drogue G., Hassani N., Manceau L., Paruke L., 2020., Acquisition d'images thermiques infrarouges par drone pour la caractérisation de l'ICU de surface à échelle fine : étude pilote dans une ZAE du territoire de Metz Métropole (le plateau de Frescaty). Actes du XXXIII^{ème} Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Rennes, France, 235–240.

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

Foissard X., 2015., L'îlot de chaleur urbain et le changement climatique : application à l'agglomération rennaise. Thèse de doctorat de géographie de l'Université Rennes 2.

Hassani N., et 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.

Leconte F., 2014., Caractérisation des îlots de chaleur urbains par zonage climatique et mesures mobiles : Cas de Nancy. Thèse de doctorat, Université de Lorraine, Nancy, France, ,274 p.

Renard F. et Alonso L., 2019., complémentarité de différentes sources d'acquisition de la température en milieu urbain : cartes mentales, mesures participatives et données satellites. Actes du XXXII^{ème} Colloque Internationale de l'AIC, Thessaloniki, Grèce, 427-432.

Richard Y., Pohl B., Pergaud J., Zito S., Rega M., Thévenin T., Emery J., Vairet T., Dudek J., Thévenin D., Codet Hache O., Dodet M-F., 2017., Évaluation des effets thermiques des leviers d'action visant à réduire l'îlot de chaleur urbain : l'exemple de Dijon. Actes du XXX^{ème} colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Sfax, Tunisie, 213–217.

Sobrino J. A., Jiménez-Muñoz J. C. & Paolini L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4), 434-440.

Wicki, A., et E. Parlow. 2017., Multiple Regression Analysis for Unmixing of Surface Temperature Data in an Urban Environment. *Remote Sensing* 9 (7):684.