
La combinaison de l'image satellitaire avec les données citoyennes pour la mesure de l'îlot de chaleur urbain

Premiers résultats sur la métropole de Lyon

Florent Renard, Lucille Alonso

UMR 5600 CNRS Environnement Ville Société
Université Jean Moulin Lyon 3
florent.renard@univ-lyon3.fr

RÉSUMÉ. La métropole de Lyon connaît une hausse continue des températures depuis le début du 20^e siècle, de même qu'une augmentation du nombre de jours de canicule, posant un problème majeur d'inconfort qui est exacerbé en ville par le phénomène d'îlot de chaleur urbain (ICU). Cela se répercute par un risque d'hyperthermie pouvant fortement impacter la santé. La caractérisation des ICU est une nécessité pour les gestionnaires et les élus locaux. L'objectif de cette étude est de procéder à une cartographie thermique de la ville en croisant des données satellitaires aux données citoyennes. L'atout majeur des mesures participatives est de constituer une vaste base de données qui serait impossible à obtenir en passant par des méthodes de mesure traditionnelles. Les résultats permettent ainsi de mieux appréhender la répartition de la chaleur en ville, ce qui pourra servir d'entrées fiables aux modélisations microclimatiques urbaines.

ABSTRACT. The Metropole of Lyon has experienced a continuous rise in temperatures since the beginning of the 20th century, as well as an increase in the number of days of heat wave, posing a major problem of discomfort which is exacerbated in the city by the phenomenon of heat island (ICU). This is reflected in a risk of hyperthermia that can have a significant impact on health. Characterization of ICUs is a necessity for managers and local elected officials. The objective of this study is to carry out a thermal mapping of the city by crossing satellite data with citizens' data. The major asset of participatory measures is to build a large database that would be impossible to obtain through traditional measurement methods. The results allow us to better understand the distribution of heat in the city that could be used as reliable inputs to model the urban microclimate.

MOTS-CLÉS : îlot de chaleur urbain, imagerie satellitaire, Landsat, mesures participatives, températures.

KEYWORDS: urban heat island, satellite imagery, Landsat, participatory measurement, temperatures.

DOI:10.3166/ISL22.5.105-111 © 2017 Lavoisier

1. L'augmentation du risque de forte chaleur sur l'agglomération lyonnaise et le manque de mesures denses

La Métropole de Lyon connaît une hausse des températures moyennes minimales et maximales annuelles depuis 1921¹, de même qu'une augmentation du nombre de jours de canicule. Les travaux de Météo-France à l'échelle régionale et les résultats des modèles climatiques régionaux prévoient la poursuite de ces augmentations (Jouzel *et al.*, 2014). Il en résulte une probabilité d'augmentation et d'intensification des vagues de chaleur, renforcées en milieu urbain par le phénomène d'îlots de chaleur (ICU). Ce concept désigne les écarts de températures observés entre les milieux urbains et les zones rurales environnantes. En effet, aux phénomènes de vagues de chaleur régionales se surajoutent les particularités microclimatiques des environnements urbains locaux. Leurs caractérisations et leurs interactions avec le changement climatique et les climats urbains constituent aujourd'hui un enjeu majeur de recherche et de santé publique.

Les acteurs publics locaux tentent, depuis une dizaine d'années, de prévenir et de réduire les risques humains potentiellement générés par une augmentation des périodes de canicules. Cependant, force est de constater l'absence, encore à ce jour, d'une caractérisation précise du climat local et des îlots de chaleur urbain en raison d'une mesure insuffisamment dense (Soto et Renard, 2015). Les seuls relevés météorologiques pérennes dans l'agglomération proviennent de deux stations de Météo-France situées à proximité ou à la marge du centre urbain². Il en résulte une modélisation encore imparfaite (Diallo-Dudek, 2015, par exemple). Cette étude propose de pallier cette limite en recourant à la mesure par satellite combinée à la mesure participative.

2. Une solution possible : le recours aux mesures satellitaires couplées aux données citoyennes

2.1. Les données Landsat : une couverture complète de la température de surface

Différentes options ont été évaluées pour caractériser au mieux les microclimats urbains à l'aide d'une densité de mesure suffisante afin de permettre une modélisation fiable. La première consistait à développer un réseau de stations météorologiques. Or, bien que précises, ces stations sont très coûteuses. La seconde, sous-exploitée pour le moment sur le territoire lyonnais, est de recourir à la mesure satellitaire avec le calcul des températures de surface, à l'aide des satellites *Landsat* par exemple (Zhang *et al.*, 2017 ; Walavender *et al.*, 2014).

Ces données de températures de surface se révèlent d'une utilité remarquable dans la caractérisation des ICU, notamment par leur couverture de l'ensemble de

1. Début des enregistrements à la station Lyon-Bron de Météo France

2. Lyon-Bron et Lyon Saint-Exupéry

l'agglomération et leur historique. Ainsi, l'ensemble des données exploitables depuis 2000 (soit 211 passages de Landsat 7 ou 8) ont été analysés et 52 journées ne présentant pas de couverture nuageuse sur le territoire ont été traitées. Cependant, la mesure satellitaire ne fournit que la température de surface des matériaux et non la température de l'air, et la maille, bien qu'appréciable (30 m), pourrait être plus fine. En outre, la diversité des matériaux en milieu urbain fait que la température de surface peut présenter des hétérogénéités énormes sur une même maille. De ce fait, il est proposé dans le cadre de cette étude de compléter la télédétection par une mesure participative de terrain à l'aide des données citoyennes.

2.2. Le recours aux mesures citoyennes pour la température de l'air

Les mesures participatives ou citoyennes représentent une démocratisation de la science et une ouverture du public aux problématiques environnementales. Le but principal de cette démarche est la constitution de vastes bases de données en s'appuyant sur des bénévoles, avec une précision spatiale et temporelle inédite, en respectant une méthodologie spécifique (Cohn, 2008 ; Silvertown, 2009). Les projets de mesures participatives sont ainsi actuellement en plein essor et sont facilités par les avancées technologiques dans le monde de la télécommunication, avec la démocratisation des smartphones notamment.

Des bénévoles, recrutés par le biais d'associations étudiantes, ont été équipés de capteurs de température de surface, de l'air et d'humidité présentant un bon rapport qualité prix. Cela présente plusieurs avantages. Le premier est de pouvoir déployer des campagnes régulières, synchrones au passage de *Landsat 8*. La base de données de mesures au sol produite serait impossible à obtenir en passant par des méthodes de mesure traditionnelles. Par exemple, la campagne de mesure participative du 05 octobre 2016 a permis de disposer d'un réseau temporaire de 172 relevés dans l'hyper-centre lyonnais. Le second est de pouvoir développer une expertise dans la conduite de campagnes mobiles d'instrumentation et de pouvoir l'appliquer en fonction des besoins de la recherche, mais aussi des besoins potentiels des acteurs publics et privés de l'aménagement du territoire. Le troisième avantage est de pouvoir impliquer des civils dans la collecte de données. En effet, le déploiement d'une campagne massive d'instrumentation ne peut se faire qu'avec les seuls effectifs des chercheurs ou des gestionnaires. D'une manière complémentaire aux mesures, les bénévoles se voient proposés de réaliser des cartes mentales thermiques avant les campagnes de mesure. Sept de ces dernières ont jusqu'à présent été effectuées dans le centre lyonnais (21 et 28 septembre, 5, 12 et 19 octobre 2016, 13 avril et 29 mai 2017), aussi bien en matinée qu'en après-midi ou en début de soirée. Les mesures sont ensuite corrigées afin de prendre en compte l'élévation ou la baisse des températures journalières durant les campagnes.

3. Premiers résultats : des disparités thermiques considérables

Les premiers résultats issus de l'exploitation des données *Landsat* présentent de fortes disparités thermiques dans l'agglomération, comme l'indiquent les températures de surface du 04 juillet 2015 (figure 1). Ainsi, des espaces chauds sont mis en évidence : le quartier économique de la Part Dieu (38,9 °C), les activités industrielles du sud-est du 7^e arrondissement (jusqu'à 42,9 °C), celles de l'est de la Métropole (jusqu'à 45,9 °C), le couloir de la chimie (47,7 °C), les principales zones commerciales du territoire telles que celle située à Saint-Priest (Porte des Alpes : 46,8 °C) ou dans le 9^e arrondissement (jusqu'à 47,1 °C) ; et des espaces plus frais : les parcs urbains comme le parc de la Tête d'Or (au plus frais 28,2°C à proximité du lac), à proximité des cours d'eau (environ 24,8 °C à la confluence du Rhône et de la Saône) et l'ouest lyonnais boisé (24,7 °C).

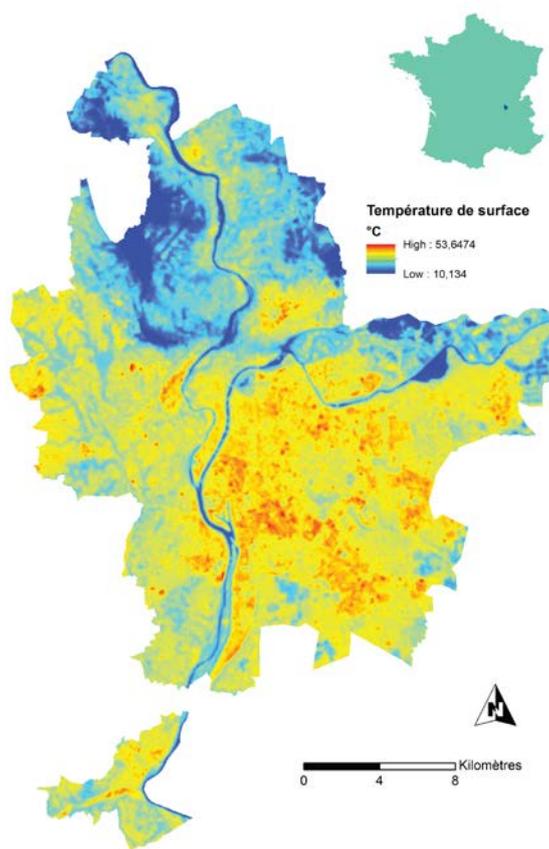


Figure 1. Température de surface de la métropole de Lyon, le 4 juillet 2015 à 12h22 (source : Landsat 8 – single channel method)

Les mesures participatives de température de surface confirment d'une manière globale celles issues de la télédétection mais présentent naturellement plus d'hétérogénéité en fonction de l'exposition au soleil et de la nature de la surface. Cependant, l'approche citoyenne permet aussi et surtout de fournir des températures de l'air inaccessibles par la mesure satellite. La densité de ces mesures peut s'avérer extrêmement performante en cas de forte participation et permet de saisir des contrastes thermiques très fins, inférieurs à l'échelle de l'îlot, comme durant la campagne du 5 octobre 2016 dans la presqu'île lyonnaise (2^e arrondissement) de 10h30 à 11h30 (figure 2).

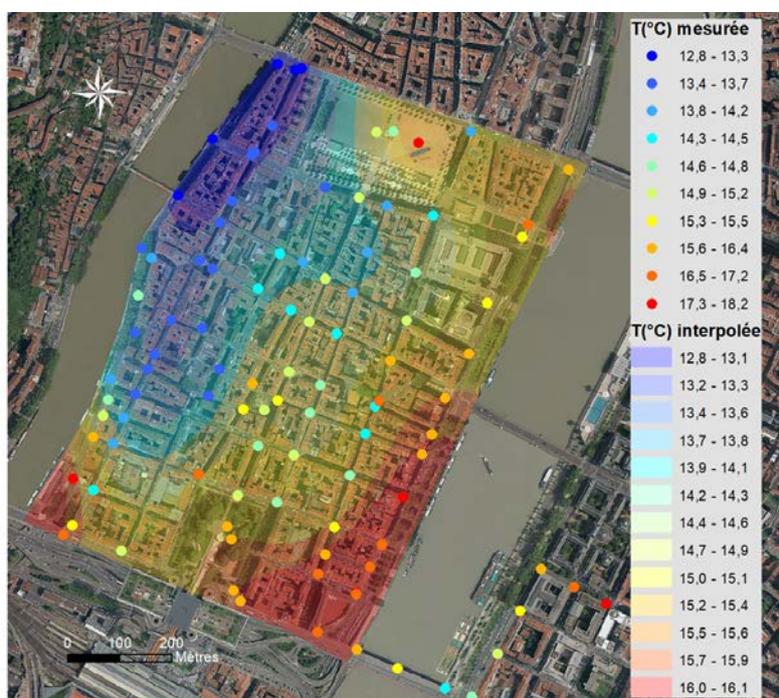


Figure 2. Température de l'air mesurée et interpolée (krigeage ordinaire³) lors de la campagne participative du 05 octobre 2016 sur la Presqu'île lyonnaise entre Rhône (Est) et Saône (Ouest) et les places Bellecour (Nord) et Carnot (Sud)

Dans un premier temps, les îlots de chaleur et de fraîcheur et les tendances établies par télédétection concernant les températures de surface sont ainsi confirmés au niveau de la température de l'air (cf. § précédent). Néanmoins, des tendances plus

3. La méthode de *krigeage* a été sélectionnée après comparaison des résultats de validation croisée des principales techniques déterministes et stochastiques d'interpolation spatiale (Arnaud et Emery, 2000)

finies apparaissent comme le caractère primordial de l'insolation dans la thermie urbaine et le comportement des canyons urbains. En effet, les rues étroites et minéralisées de Lyon (2^e, 3^e, 5^e et 7^e arrondissements notamment) ne constituent pas des zones surchauffées mais présentent au contraire dans la plupart des cas des températures plus faibles que le reste de l'agglomération en raison d'un manque d'insolation lié à leur encaissement.

Une session de restitution aux bénévoles est organisée afin de présenter les résultats des mesures, en général au début de la campagne de mesure suivante. Le matériel est respecté et aucune détérioration n'a été constatée. Le retour des volontaires est très positif, comme l'indique la note globale de satisfaction de 8,8 / 10 issue des fiches de *feedback* colligées à la fin des campagnes et les demandes pour les prochaines sessions sont nombreuses. Cela constitue un point à surveiller pour les prochaines campagnes car la taille optimale du pool de volontaires est d'une vingtaine. Il faudra ainsi veiller à renouveler si possible en partie l'effectif sans créer de frustrations ou de découragement. L'usure et le renouvellement du matériel de mesure est aussi un paramètre à prendre en compte.

4. Conclusion : des résultats encourageants à confirmer

L'étude des microclimats urbains est caractérisée par une très forte variabilité des disparités thermiques. Un réseau dense de mesure est ainsi nécessaire afin de saisir les gradients qui peuvent se manifester sur de très courtes distances. Cependant, la plupart des agglomérations françaises sont dépourvues d'un réseau dense de mesure installé de manière pérenne. En conséquence, il est proposé de caractériser la thermie urbaine par voie satellitaire associée à des mesures participatives. Cette première étude qui se voulait faire preuve de concept a démontré la faisabilité du projet en mettant en évidence des microclimats, comme le présupposait la littérature sur le sujet. Ces mesures sont maintenant à multiplier afin d'obtenir un échantillon conséquent et représentatif des différentes ambiances urbaines.

Remerciements

Ce travail a été réalisé grâce au soutien financier du LABEX IMU (ANR-10-LABX-0088) de l'Université de Lyon, dans le cadre du programme « Investissements d'Avenir » (ANR-11-IDEX-0007) géré par l'Agence nationale de la Recherche (ANR) et par le CNRS et les Projets Exploratoires Premier soutien (PEPS) interdisciplinaires « Risques et environnement » 2016. Les auteurs remercient Météo-France, l'association Infoclimat et l'USGS pour la fourniture des données climatiques et satellitaires ainsi que les relecteurs pour leurs remarques constructives.

Bibliographie

- Arnaud M. et Emery X. (2000). *Estimation et interpolation spatiale*, Hermes Science Publications, Paris.
- Cohn J.P. (2008). Citizen science: can volunteers do real research? *Bioscience*, 58, p. 192-197
- Diallo-Dudek J. (2015). Land Surface Temperature in the urban area of Lyon metropolis: a comparative study of remote sensing data and MesoNH model simulation. *Actes du colloque « Joint Urban Remote Sensing Event »*, Lausanne, 30 mars-1er avril.
- Jouzel J., Ouzeau G., Deque M., Jouini M., Planton S., Vautard R. (2014). Le climat de la France au XXI^e siècle. Vol. 4. Scénarios régionalisés : édition 2014 pour la métropole et les régions d’outre-mer, 64 p.
- Silvertown J. (2009). A new dawn for citizen science. *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 24, n° 9, p. 467-471
- Soto D., Renard F. (2015). Premières réflexions sur la préfiguration d’un observatoire lyonnais du climat. *Colloque INFORSID 2015*, Biarritz, p. 7-18
- Walawender, J.P., Szymanowski, M., Hajto, M.J., Bokwa, A. (2014). Land Surface Temperature Patterns in the Urban Agglomeration of Krakow (Poland) Derived from Landsat-7/ETM+ Data. *Pure Appl. Geophys.*, 171, p. 913-940
- Zhang, X., Hu, Y., Jia, G., Hou, M., Fan, Y., Sun, Z., Zhu, Y. (2017). Land surface temperature shaped by urban fractions in megacity region. *Theor Appl Climatol*, 127, p. 965-975

