

Les îlots de chaleur vus du ciel

Se familiariser avec des données satellites

Maëlle Fontaine*, Vianney Costemalle*

Journées de Méthodologie Statistique, 14 juin 2018

* Insee, Division des Méthodes et Référentiels Géographiques

Plan de la présentation

1. Le phénomène d'îlot de chaleur
2. Sources et méthode
3. Résultats
4. Limites et prolongements

Introduction

Introduction

- Données satellites de plus en plus souvent **mises à disposition librement** et **démocratisation des outils** pour les traiter ;
- couverture exhaustive et uniforme du territoire ⇒ nombreuses **opportunités pour la statistique publique** ;
- **Task Team de l'ONU** intitulée "*Earth Observations for Official Statistics*" : publication d'un rapport (2018) destiné à guider les Instituts Nationaux de Statistique (INS) envisageant de mobiliser les données satellites pour les statistiques officielles ;
- **changement de paradigme** : les images satellites ne sont pas conçues pour fournir de l'information statistique ⇒ questions d'incertitude, de qualité et de validité ;
- **manque d'expertise** des utilisateurs ⇒ garder des ambitions modestes pour monter en compétence ; constituer au besoin des équipes pluridisciplinaires.

Statistique publique et données satellites : sujets traditionnels

- occupation des sols et artificialisation (classification d'images) ;
- autres statistiques agricoles (prévision de récoltes) ;
- objectifs de développement durable (ODD).

Choix du sujet des îlots de chaleur urbains (ICU)

- intéresse de nombreux acteurs publics (agences d'urbanisme, ARS), en lien avec une recrudescence des épisodes de canicules et de leurs conséquences sur les populations les plus vulnérables ;
- ambition modeste : caractériser l'intensité du phénomène ICU pour différentes villes françaises, en mettant en place une procédure automatique pour mesurer un différentiel de température entre ville et périphérie.

Le phénomène d'îlot de chaleur

Le phénomène d'îlot de chaleur

Définition

- phénomène ICU = **micro-climat urbain** : la température de l'air est plus chaude en ville qu'en périphérie ;
- en ville, le bâti **absorbe davantage d'énergie solaire** restituée sous forme de chaleur, et parfois piégée par la géométrie urbaine ;
- le phénomène est **plus prononcé la nuit** qu'en journée ;
- il peut s'appréhender à **différentes échelles** (ville VS périphérie ou de façon plus fine : micro-ICU).

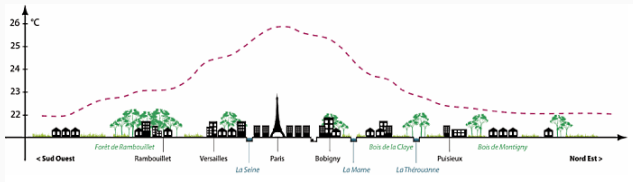


Figure 1: Illustration du phénomène d'ICU à Paris

Les déterminants de l'intensité du phénomène

- surface en **eau** et en **végétation** ;
- indice de **réfléchissement du bâti** (couleurs, matériaux) inférieur de 15 à 30 % ;
- **géométrie urbaine** (canyons urbains, exposition au vent), qui peut plus ou moins "piéger" la chaleur ;
- densité des **activités humaines** (trafic routier, chauffage et climatisation, réseaux d'eau chaude, métabolisme humain, etc).

Enjeux et leviers

- enjeu de **santé publique** (vulnérabilité en temps de canicule) ;
- enjeu **énergétique** et **environnemental** (plus forte demande de réfrigération / climatisation) ;
- **leviers dont disposent les villes** : créer des "îlots de fraîcheur", humidifier les sols perméables, mettre à profit la fraîcheur des sous-sols, agir sur la réglementation thermique, etc.
- pour cela elles ont besoin de localiser le phénomène et de le quantifier.

Revue de littérature

Littérature abondante sur le phénomène ICU depuis les années 1990

1. modélisation des processus physiques sous-jacents ;
2. analyses empiriques à partir de données de température :
 - percevoir des **tendances de long terme, en lien avec le réchauffement climatique**. Séries de relevés de stations météo, sur une longue période et un grand nombre de villes ([4]) ;
 - évaluer la **vulnérabilité locale au phénomène de canicule**. Mesures *ad hoc*, souvent de nuit et par temps de canicule, à une échelle beaucoup plus fine dépassant rarement le périmètre d'une ville ([3], [1], etc) ;
 - **caractériser l'intensité d'un ICU ou l'expliquer** par d'autres facteurs. Dimensions temporelles et spatiales intermédiaires entre les deux précédentes, possibilité de mobiliser des données satellites ([6], [2], [5]).

Sources et méthode

Landsat 8

- résolution spatiale : 30 mètres ;
- résolution temporelle : 16 jours ;
- fauchée : environ 200 km ;
- heure de survol : 10h40.

Récupération automatique des données

- 9 métropoles françaises : Paris, Lyon, Marseille, Strasbourg, Nantes, Rennes, Lille, Toulouse, Bordeaux ;
- période de juin à septembre 2017 ;
- bandes spectrales 10 et 11 (infra-rouges), indice de qualité du pixel, et métadonnées.

BDTopo

- bâti selon la nature des bâtiments ;
- eau et végétation.

Comment mesurer un différentiel de température ville/périphérie ?

1. Déterminer le contour de la ville

- 1.1 zone de bâti correspondant aux surfaces de vie dans l'agglomération : actualisation unités urbaines avec BDTopo 2017 ;

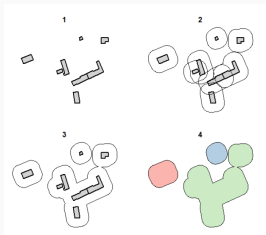


Figure 2: Repérage de la continuité du bâti de 200 m

- 1.2 retrait eau, espaces verts, bâti industriel, terrains de sport, ponts ...

2. Déterminer la périphérie

couronne d'aire égale à celle de la tâche urbaine, une fois retirés : eau, bâti industriel, autres tâches urbaines

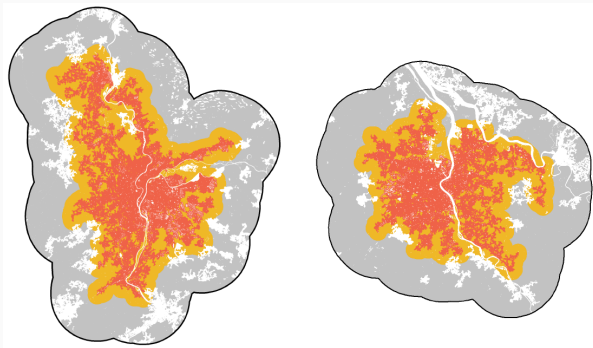


Figure 3: Ville (rouge) et périphérie (jaune), pour Lyon et Bordeaux

3. Recouper avec les températures par pixels issues de *Landsat 8*

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{M_L * V_{pix} + A_L}\right) + 1} \quad (1)$$

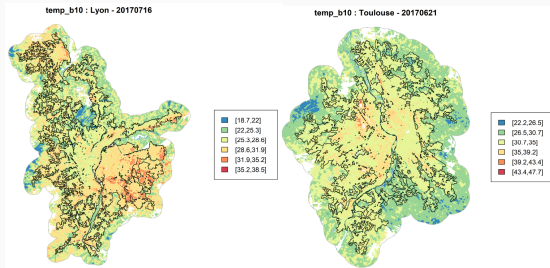


Figure 4: Température de brillance (en degrés Celcius)

4. Calcul de $\bar{T}_{ville} - \bar{T}_{peripherie}$, pour les pixels de qualité suffisante

Résultats

A date donnée : distribution des pixels

- modes systématiquement décalés ;
- forme de la densité irrégulière d'une date à l'autre.

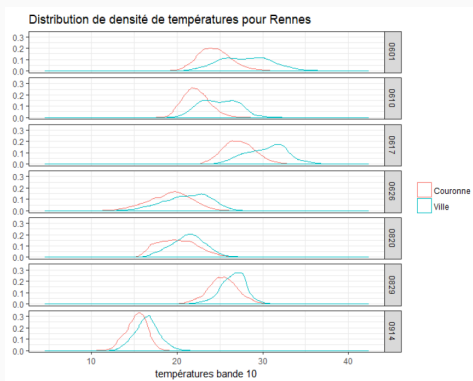


Figure 5: Densité de la température pour plusieurs dates, ville de Rennes

Localisation des points chauds et froids

- **points chauds** = pixels appartenant à un décile de température élevé parmi les pixels exploitables des mêmes zone/date ;
- 10 % points les plus froids : en ville dans environ 20 % des cas ;
- 10 % points les plus chauds : en ville dans 65 à 85 % des cas.

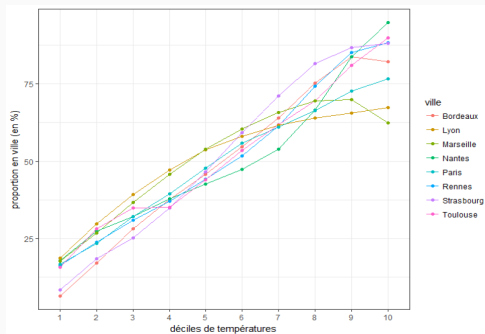


Figure 6: Déciles de température pour plusieurs villes, toutes dates

Moyennes toutes dates confondues

- écart ville/périphérie **systématiquement positif** ;
- de l'ordre de **2 degrés** Celcius en moyenne ;
- **varie peu** selon la ville (Bordeaux - Strasbourg - Toulouse - Rennes - Nantes - Paris - Lyon - Marseille) ;

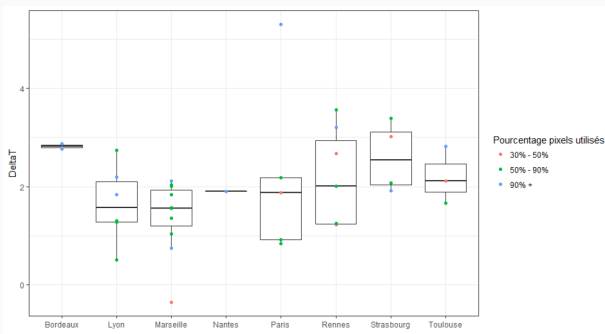


Figure 7: Différentiels de températures pour plusieurs villes et dates

Limites et prolongements

Contours de la ville et de la périphérie

- pas de définition consensuelle de la ville ou de la périphérie ;
- dichotomie peut se faire avec données du bâti (mais choix arbitraires), par classification des sols ...

Mesures de la température

- température mesurée avec le satellite \neq la température au sol ;
- et température au sol \neq température ressentie ;
- comparaison avec données de Météo France : 5 degrés d'écart, mais n'invalide pas une étude "en delta".

Limites et prolongements

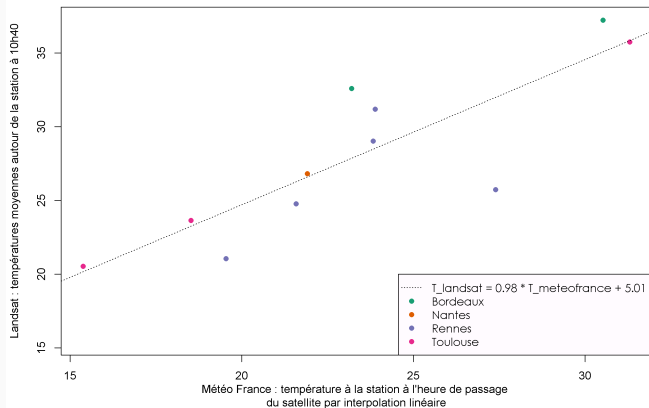


Figure 8: Comparaison avec températures mesurées par Météo France

Couverture

- passage de nuages ;
- villes frontalières ;
- villes à cheval entre plusieurs tuiles.

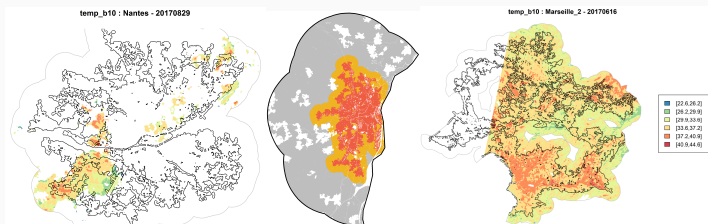


Figure 9: Nantes, Strasbourg, Marseille

Conclusion

- **procédure automatique** de calcul de différentiel de température entre une ville et sa périphérie, à partir des images satellites issues de *Landsat 8* et de la BDTopo ;
- application à une **dizaine de villes françaises** sur la période de juin à septembre 2017 : écart de température entre une ville et sa périphérie systématiquement positif, en moyenne de l'ordre de 2 degrés Celcius, peu différent d'une ville à l'autre ;
- **prolongements nécessaires** pour des résultats plus précis ;
- les **premières initiatives** menées autour des données satellites (collaboration avec l'IGN sur le thème de l'occupation des sols, puis travaux autour des ICU) sont **prometteuses pour d'autres investissements** (Eurostat...).

Merci !





L. de Développement et d'Urbanisme de l'Agglomération
Strasbourgeoise.

Les îlots de fraîcheur dans la ville.

Les notes de l'Adeus, 140, Novembre 2014.



N. Debbage and J. M. Shepherd.

The urban heat island effect and city contiguity.

Computers, Environment and Urban Systems, 54:181–194, 2015.



A. P. du Climat et Météo France.


L'îlot de chaleur urbain à paris : Un microclimat au coeur de la ville.

Brochure, Février 2014.

 A. Tzavali, J. P. Paravantis, G. Mihalakakou, A. Fotiadi, and E. Stigka.

Urban heat island intensity: a literature review.

Fresenius Environmental Bulletin, 24:4535–4554, 2015.

 B. Zhou, D. Lauwaet, H. Hooyberghs, K. De Ridder, J. P. Kropp, and D. Rybski.

Assessing seasonality in the surface urban heat island of london.

Journal of Applied Meteorology and Climatology, 55(3):493–505, 2016.

 B. Zhou, D. Rybski, and J. P. Kropp.

On the statistics of urban heat island intensity.

Geophysical research letters, 40(20):5486–5491, 2013.