

# 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).

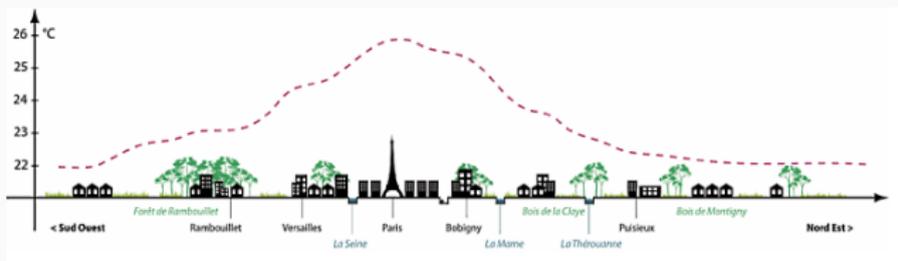


Figure 1: Illustration du phénomène d'ICU à Paris

## 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.

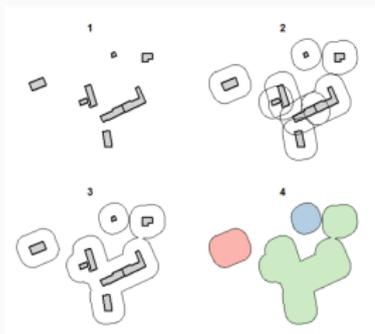
## BDTopo

- 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 ;

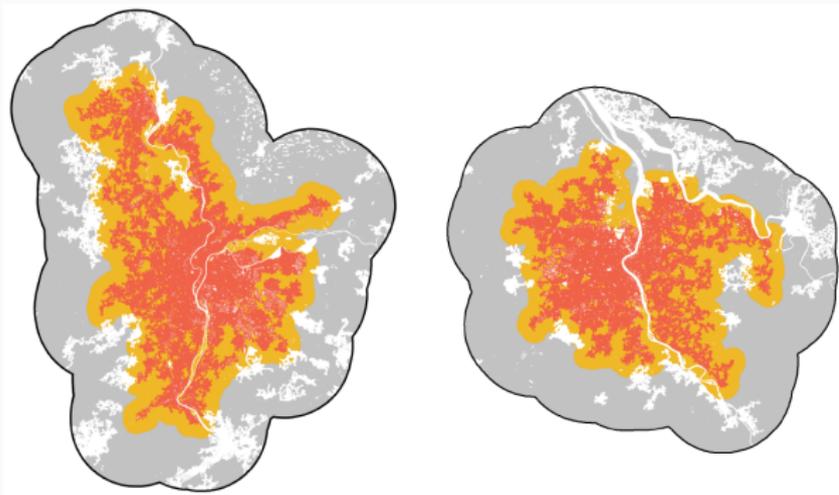


**Figure 2:** Repérage de la continuité du bâti de 200 m

- 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*

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

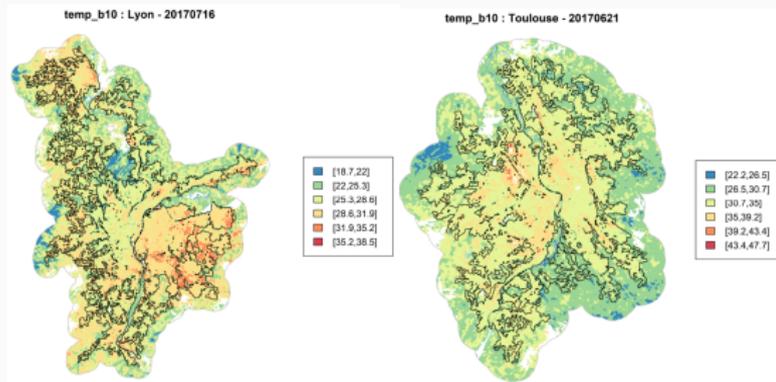


Figure 4: Température de brillance (en degrés Celcius)

## 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.

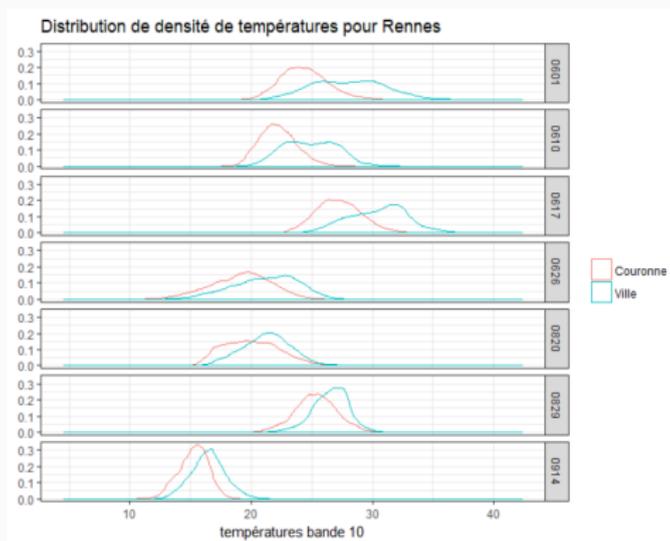


Figure 5: Densité de la température pour plusieurs dates, ville de Rennes

## 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.

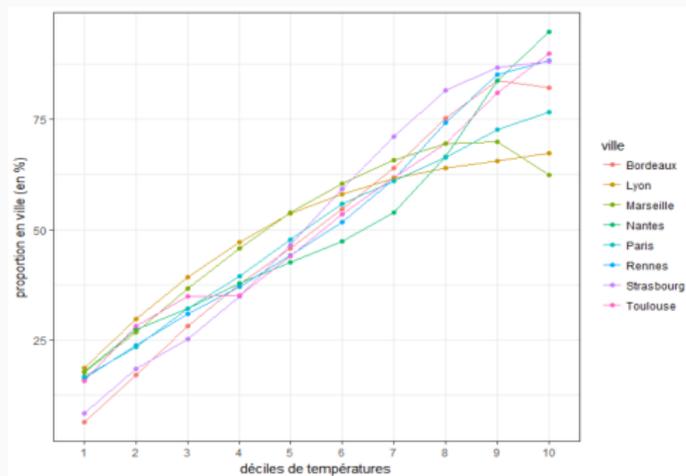


Figure 6: Déciles de température pour plusieurs villes, toutes dates

## 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) ;

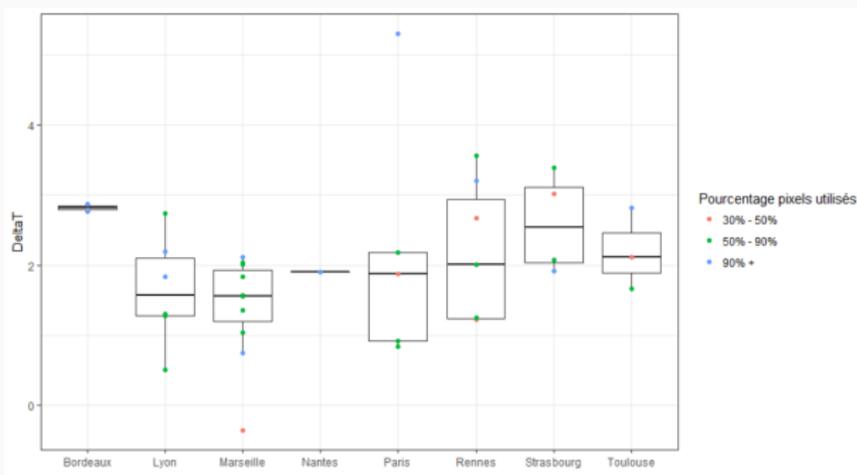


Figure 7: Différentiels de températures pour plusieurs villes et dates

# 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

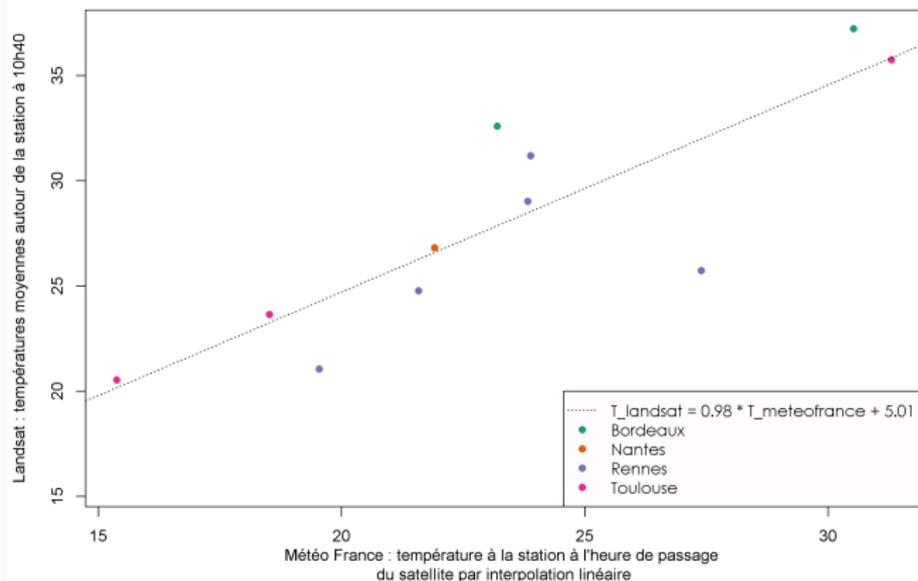


Figure 8: Comparaison avec températures mesurées par Météo France

## Couverture

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

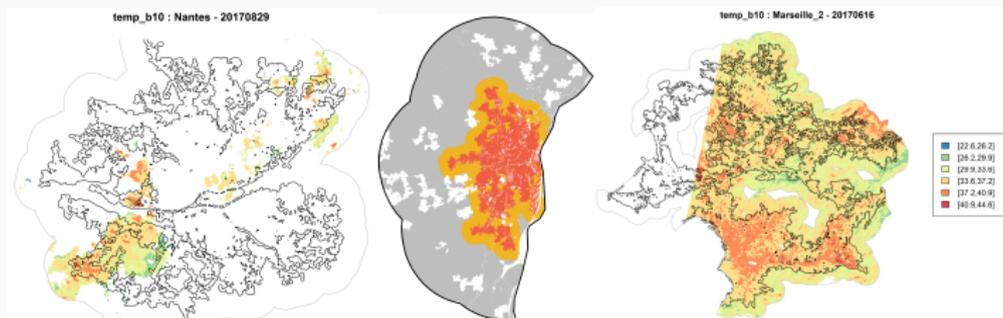


Figure 9: Nantes, Strasbourg, Marseille

# Conclusion

---

# 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.