

# ICU et canicules : les liaisons dangereuses



Urban Climate 35 (2021) 100747

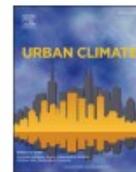


ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Urban Climate

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/uclim](http://www.elsevier.com/locate/uclim)



Is Urban Heat Island intensity higher during hot spells and heat waves (Dijon, France, 2014–2019)?

Yves Richard<sup>a,\*</sup>, Benjamin Pohl<sup>a</sup>, Mario Rega<sup>a</sup>, Julien Pergaud<sup>a</sup>,  
Thomas Thevenin<sup>b,c</sup>, Justin Emery<sup>d</sup>, Julita Dudek<sup>a,c</sup>, Thibaut Vairet<sup>b</sup>,  
Sébastien Zito<sup>a</sup>, Carmela Chateau-Smith<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Centre de Recherches de Climatologie, CNRS/Université Bourgogne Franche-Comté, UMR 6282 Biogéosciences, France

<sup>b</sup> ThéMA CNRS/Université Bourgogne Franche-Comté, France

<sup>c</sup> MSH Dijon, Université Bourgogne Franche-Comté, France

<sup>d</sup> AVENUES, Université de Technologie de Compiègne, EA 7284, France

<sup>e</sup> CPTC, Université Bourgogne Franche-Comté, EA4178, France

MUSTARDijon



# ICU et canicules : les liaisons dangereuses



Urban Climate 35 (2021) 100747

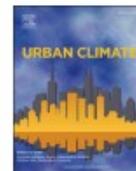


ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Urban Climate

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/uclim](https://www.elsevier.com/locate/uclim)



Is Urban Heat Island intensity higher during hot spells and heat waves (Dijon, France, 2014–2019)?

Yves Richard <sup>a,\*</sup>, Benjamin Pohl <sup>a</sup>, Mario Rega <sup>a</sup>, Julien Pergaud <sup>a</sup>,  
Thomas Thevenin <sup>b,c</sup>, Justin Emery <sup>d</sup>, Julita Dudek <sup>a,c</sup>, Thibaut Vairet <sup>b</sup>,  
Sébastien Zito <sup>a</sup>, Carmela Chateau-Smith <sup>e</sup>

<sup>a</sup> Centre de Recherches de Climatologie, CNRS/Université Bourgogne Franche-Comté, UMR 6282 Biogéosciences, France

<sup>b</sup> ThéMA CNRS/Université Bourgogne Franche-Comté, France

<sup>c</sup> MSH Dijon, Université Bourgogne Franche-Comté, France

<sup>d</sup> AVENUES, Université de Technologie de Compiègne, EA 7284, France

<sup>e</sup> CPTC, Université Bourgogne Franche-Comté, EA4178, France

**Certaines séquences sont chaudes, très chaudes...**

# ICU et canicules : contexte

Croissance urbaine + Changement Climatique = Risques augmentent



Magnitude de l'ICU

Fréquence durée  
intensité canicules

Stress thermique  
Morbidité mortalité

Conti et al., 2005; Habeeb et al., 2015; McGregor et al., 2015; Heaviside et al., 2016; Paravantis et al., 2017; Liao et al., 2018

Meehl, 2004; Shindell, 2007; Ouzeau et al., 2016; Soubeyroux et al., 2016; Schär et al., 2004; Stott et al., 2004; Barriopedro et al., 2011; Suarez-Gutierrez et al., 2020

Vandentorren et al., 2004; Robine et al., 2008; Barriopedro et al., 2011

**ICU et canicules : un cocktail explosif**

# ICU et canicules : contexte

Croissance urbaine + Changement Climatique = Risques augmentent



Magnitude de l'ICU

Fréquence durée  
intensité canicules

Stress thermique  
Morbidity mortalité

Conti et al., 2005; Habeeb et al., 2015; McGregor et al., 2015; Heaviside et al., 2016; Paravantis et al., 2017; Liao et al., 2018

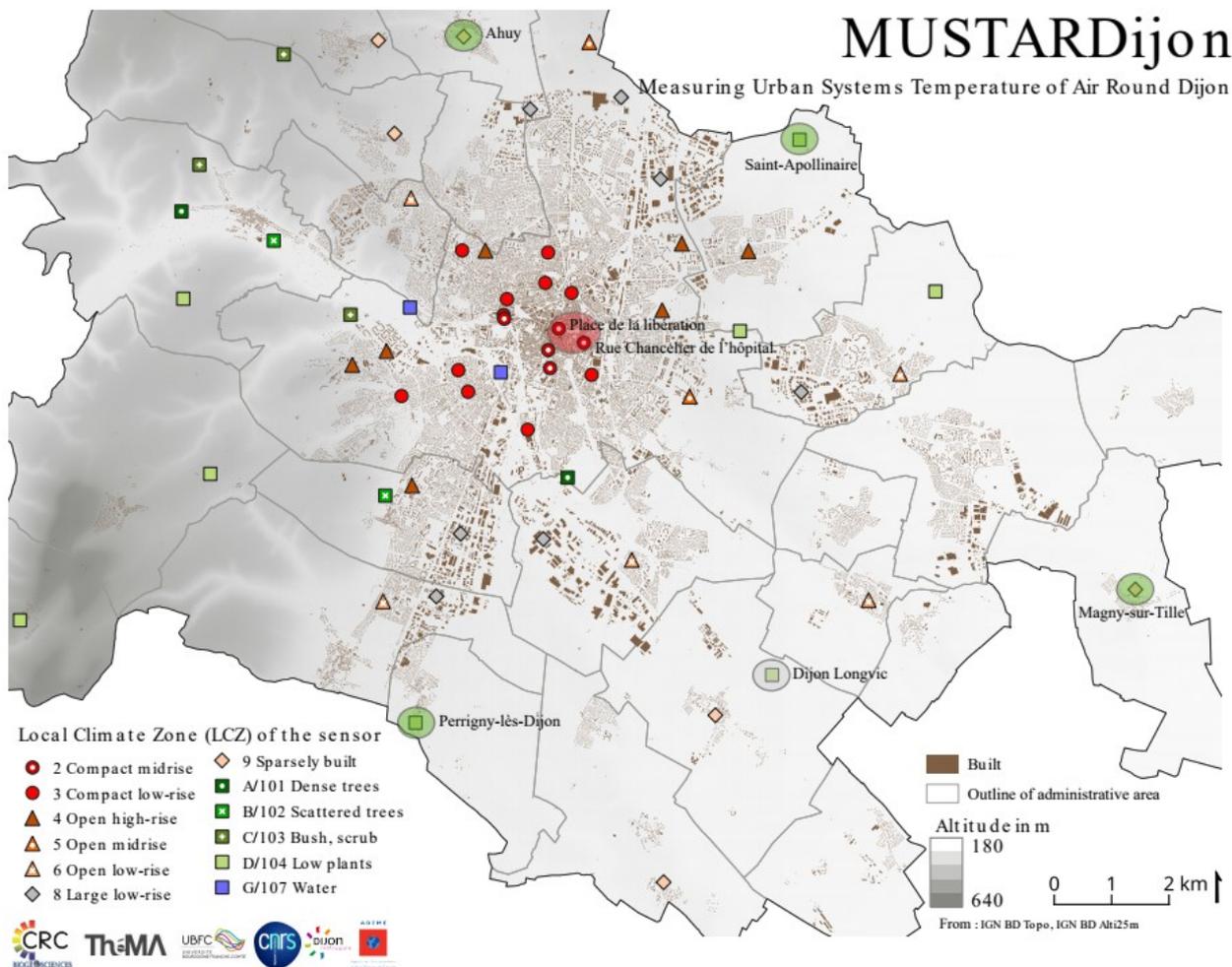
Meehl, 2004; Shindell, 2007; Ouzeau et al., 2016; Soubeyroux et al., 2016; Schär et al., 2004; Stott et al., 2004; Barriopedro et al., 2011; Suarez-Gutierrez et al., 2020

Vandentorren et al., 2004; Robine et al., 2008; Barriopedro et al., 2011



**ICU et canicules : un cocktail explosif → recherches en climat urbain en plein essor**

# ICU et canicules : données et méthode 1/3



## Site

Dijon Métropole

## Stations

réseau de plus de 50 stations

## Capteurs

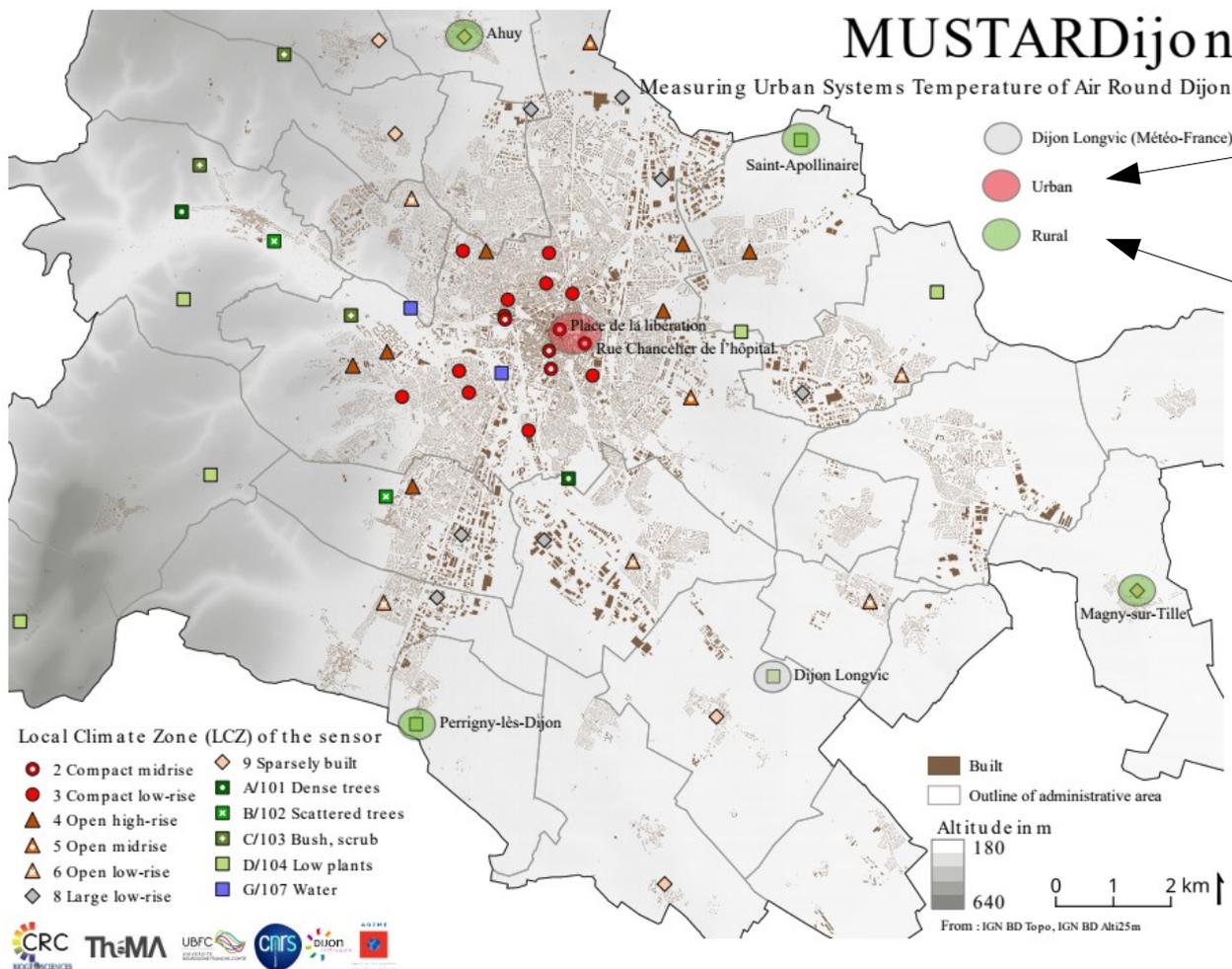
Mesures horaires de T° à 2m

## Période

Depuis juin 2014

Fig. 1. Map of the study area, showing LCZ, MUSTARDijon sensors, and Dijon-Longvic Météo-France station.

# ICU et canicules : données et méthode 2/3



## Indice urbain

- 2 stations sans lacunes ;
- en centre-ville ;
- au sein de la LCZ2.

## Indice rural

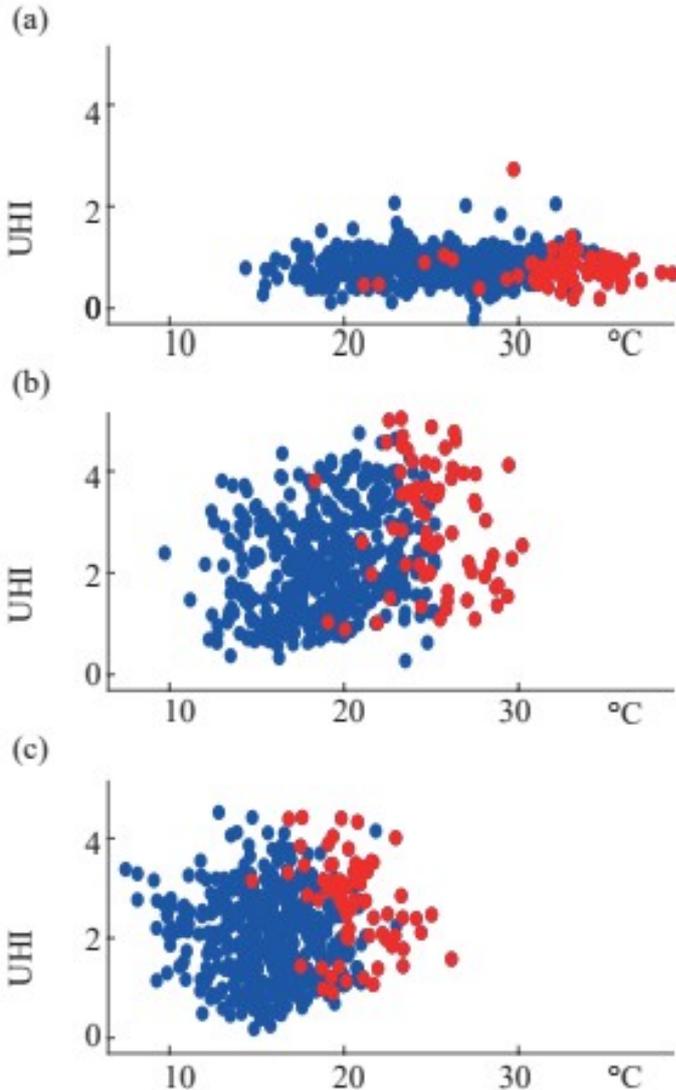
- 4 stations sans lacunes ;
- en plaine ;
- au sein de LCZ9 (sparsely built) ou D (Low plants).

## ICU

Indice Urbain – Indice rural

Fig. 1. Map of the study area, showing LCZ, MUSTARDijon sensors, and Dijon-Longvic Météo-France station.

# ICU et canicules : résultats 1/8



## Relation température et ICU (Juin-Août 2014-2019)

### a) Après-midi (1300-1700 UTC)

Relation quasi nulle → l'ICU n'est pas un phénomène de jour

### b) Soirée (1900-2300 UTC)

Relation significative → l'ICU se développe en soirée

### c) Nuit (0000-0400 UTC)

Relation significative → l'ICU se maintient la nuit

Fig. 2. Scatter plot of UHI intensity & Dijon-Longvic air temperature at 2 m (DLT), in K, June to August 2014-2019.  
(a) Afternoon (1300-1700 UTC) mean.  
(b) Evening (1900-2300 UTC) mean.  
(c) Night (0000-0400 UTC) mean. Red: hot days. Blue: days below threshold values ( $T_x > 32$  and  $T_n > 16^\circ\text{C}$ ).

# ICU et canicules : résultats 2/8

## Conditions météorologiques à Dijon Longvic (Météo France) (Juin-Août 2015 et Juin-Août 2018)

**a, e) T°**

Variations quotidiennes et horaires classiques

**b, f) ICU**

Rythme diurne et synchronicité avec les jours chauds

**c, g) Heures de soleil**

ICU et ensoleillement co-varient au pas quotidien

**d, h) Vitesse du vent**

Un vent soutenu atténue l'ICU

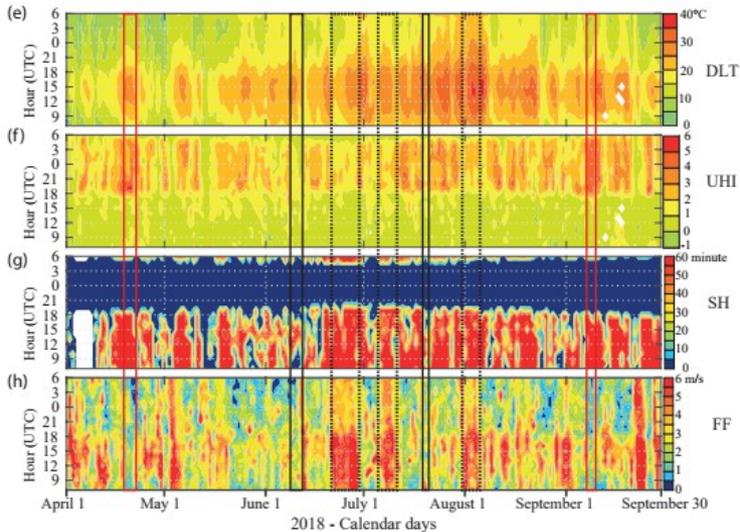
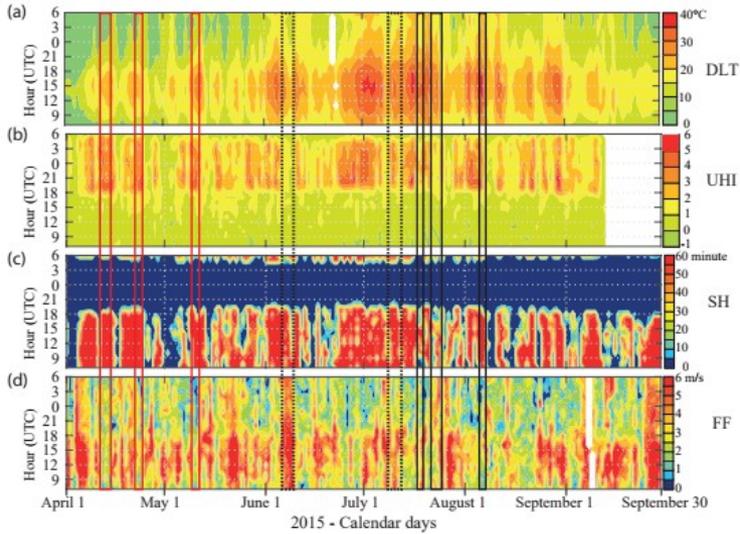


Fig. 3. Meteorological conditions (hourly values)

April to September: 2015 (a-d) and 2018 (e-h).

(a) & (e) Dijon-Longvic air temperature at 2 m (DLT) in °C.

(b) & (f) UHI intensity in K.

(c) & (g) Sunshine hours (SH) at DL in minute/hour.

(d) & (h) Wind speed (FF) at DL in m.s-1.

Red outline: lower T °C, sunny & not very windy, with strong UHI.

Black outline: higher T °C, not very sunny, without strong UHI.

Black dotted outline: higher T °C, sunny & windy, without strong UHI

N.B. White patches indicate missing data.

# ICU et canicules : résultats 2/8

## Conditions météorologiques à Dijon Longvic (Météo France) (Juin-Août 2015 et Juin-Août 2018)

**a, e) T°**

Variations quotidiennes et horaires classiques

**b, f) ICU**

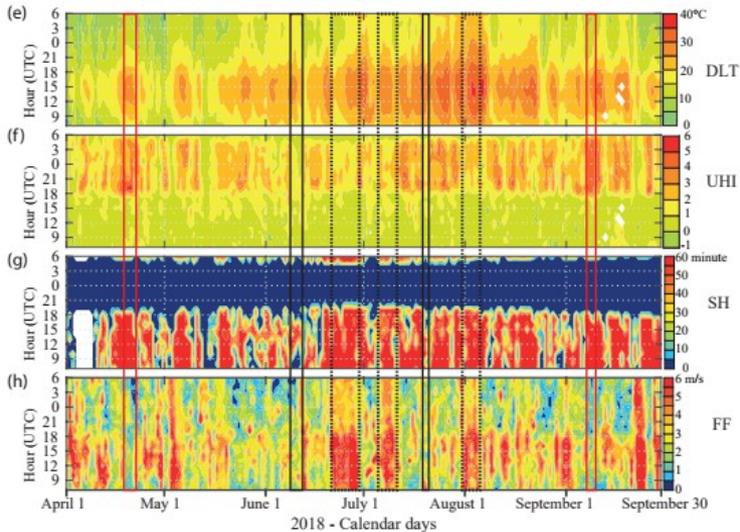
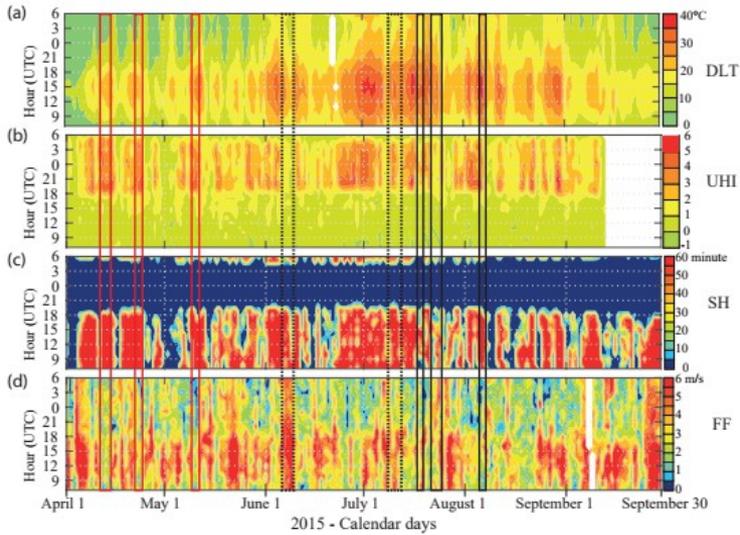
Rythme diurne et synchronicité avec les jours chauds

**c, g) Heures de soleil**

ICU et ensoleillement co-varient au pas quotidien

**d, h) Vitesse du vent**

Un vent soutenu atténue l'ICU



**Jusqu'ici tout va bien !**

# ICU et canicules : données et méthode 3/3

Identifier des séquences chaudes (32/16 ) et non des canicules (34/19 + 3 jours)

**Jaune et orange**

Jours isolés et séquences courtes (maxi 6 jours)

**Rouge**

Séquences longues (mini 7 jours)

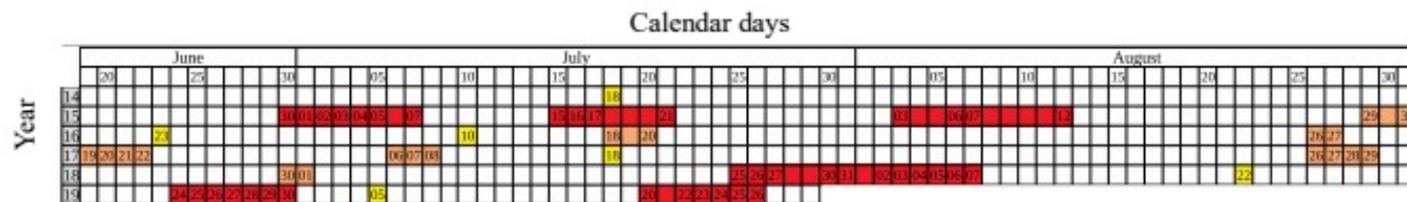


Fig. 4. Hot Spells & Heat Waves (HS&HW) 2014-2019.

Red cells: long HS&HW (7 days or more).

Orange cells: short HS&HW.

Yellow cells: isolated hot days.

Cell numbers indicate calendar days.

Numbered cells indicate days above threshold values ( $T_x > 32^\circ\text{C}$  and  $T_n > 16^\circ\text{C}$ ).

Dates for each long Hot Spell/Heat Wave (HS/HW):

2015: HS/HW 1 (30 June-7 July), HS/HW 2 (15-21 July), HS/HW 3 (3-12 August).

2018: HS/HW 4 (25 July-7 August). 2019: HS/HW 5 (24-30 June), HS/HW 6 (20-26 July).

N.B. Data collection ended 29 July 2019.

# ICU et canicules : données et méthode 3/3

Identifier des séquences chaudes (32/16 ) et non des canicules (34/19 + 3 jours)

**Jaune et orange**

Jours isolés et séquences courtes (maxi 6 jours)

**Rouge**

Séquences longues (mini 7 jours)

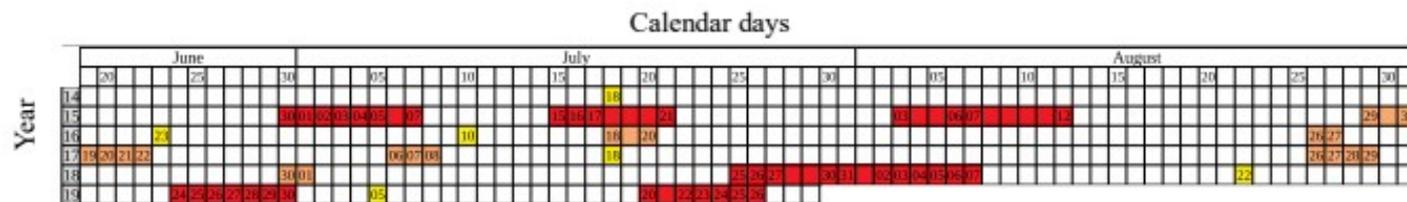


Fig. 4. Hot Spells & Heat Waves (HS&HW) 2014-2019.

Red cells: long HS&HW (7 days or more).

Orange cells: short HS&HW.

Yellow cells: isolated hot days.

Cell numbers indicate calendar days.

Numbered cells indicate days above threshold values ( $T_x > 32^\circ\text{C}$  and  $T_n > 16^\circ\text{C}$ ).

Dates for each long Hot Spell/Heat Wave (HS/HW):

2015: HS/HW 1 (30 June-7 July), HS/HW 2 (15-21 July), HS/HW 3 (3-12 August).

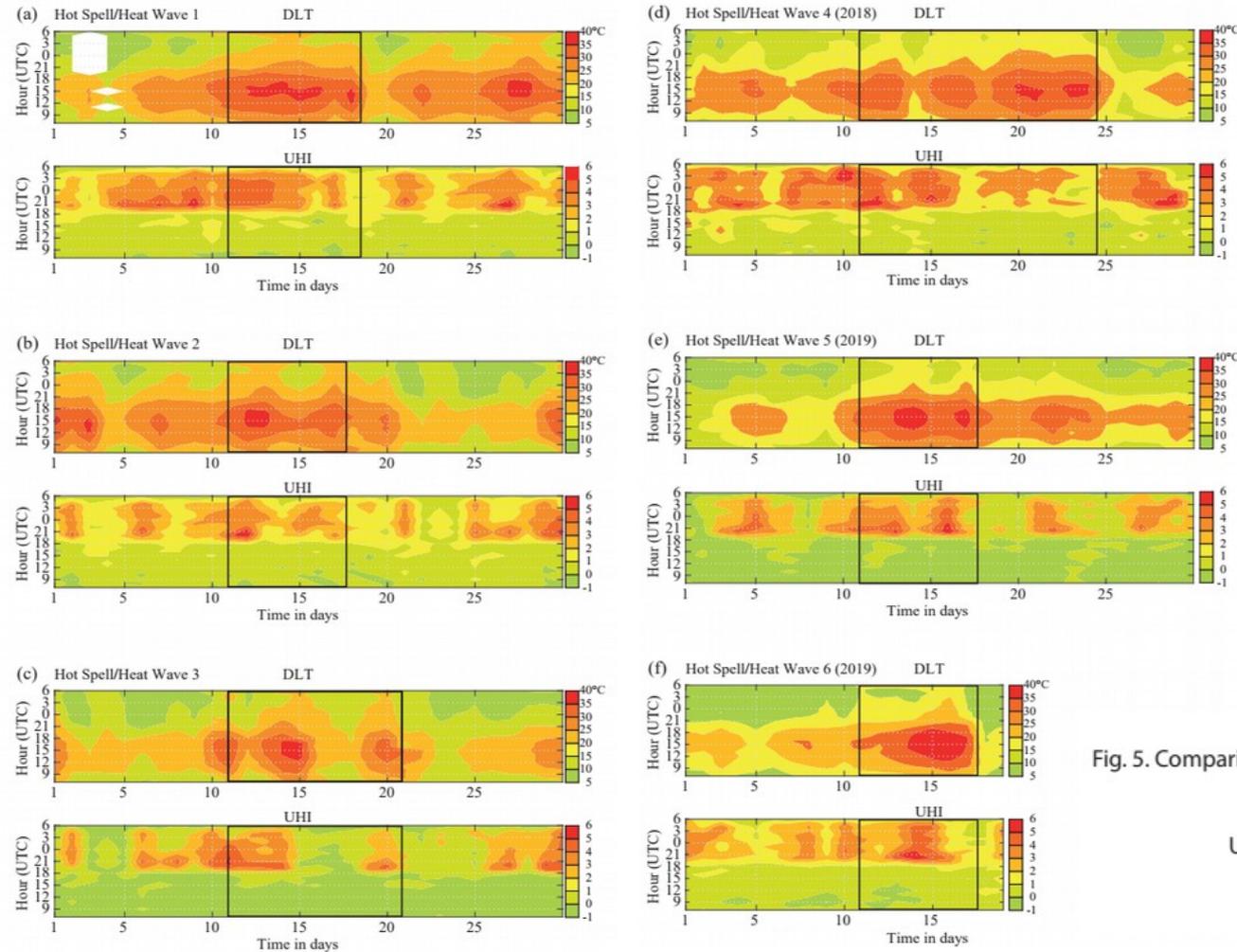
2018: HS/HW 4 (25 July-7 August). 2019: HS/HW 5 (24-30 June), HS/HW 6 (20-26 July).

N.B. Data collection ended 29 July 2019.



**Dsl, ce sera chaud mais pas torride  
Nous sommes à Dijon...**

# ICU et canicules : résultats 3/8



Correspondance entre séquences chaudes et max d'ICU ?

Pas systématiquement...

Max d'ICU en début ou fin de séquence chaude ?

Plutôt au début...

L'idée selon laquelle l'ICU est maximal et s'accroît pendant les canicules n'est pas confirmée.

Fig. 5. Comparison of DLT and UHI intensity (hourly values), aligned over a 30-day period.

(a) to (f) Hot Spell/Heat Wave 1 to 6 (see Fig. 2).

DLT air temperature at 2 m at Dijon-Longvic in °C (above).

UHI intensity in K (below). Hot Spell/Heat Wave onset: day 11.

Black outline: total Hot Spell/Heat Wave duration.

NB: White patches indicate missing data.

Rectangles noirs : séquence chaudes

# ICU et canicules : résultats 4/8

## Evolution de l'ICU au cours des séquences chaudes

Température moyenne

UHI max

Les T° varient mais ne diminuent pas au cours des 6 séquences chaudes

Les ICU max sont très variables. Diminuerai-ils au cours des séquences chaudes ?

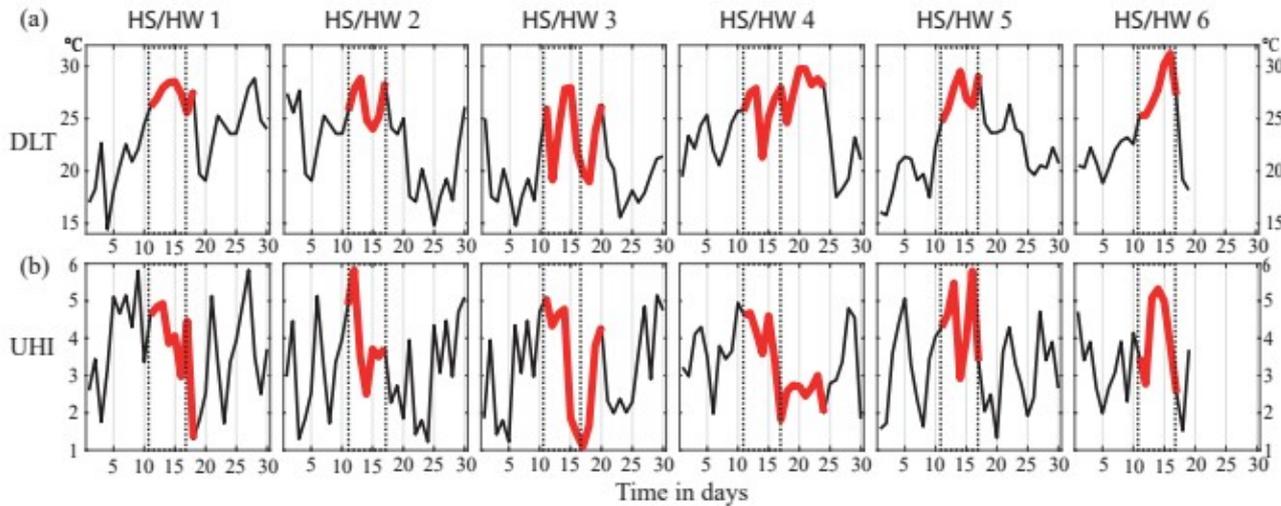


Fig. 6. Evolution of DLT and UHI for each long HS/HW, aligned over a 30-day period.

Each Hot Spell/Heat Wave (HS/HW) is aligned to begin on Day 11.

Red line: values during the HS/HW.

Black line: values before and after the HS/HW.

Black dotted outline: first seven days of the HS/HW.

(a) DLT: Mean daily air temperature at 2 m for Dijon-Longvic in °C.

(b) Maximum daily UHI intensity in K.

Jours 11 à 18 (entre les pointillés) : séquences chaudes

# ICU et canicules : résultats 5/8

## Évolutions moyennes au cours des 7 jours des séq. chaudes

**a, b) Après-midi (1300-1700 UTC)**

T° (urbaine et rurale) et ICU maxi jours 3 et 5

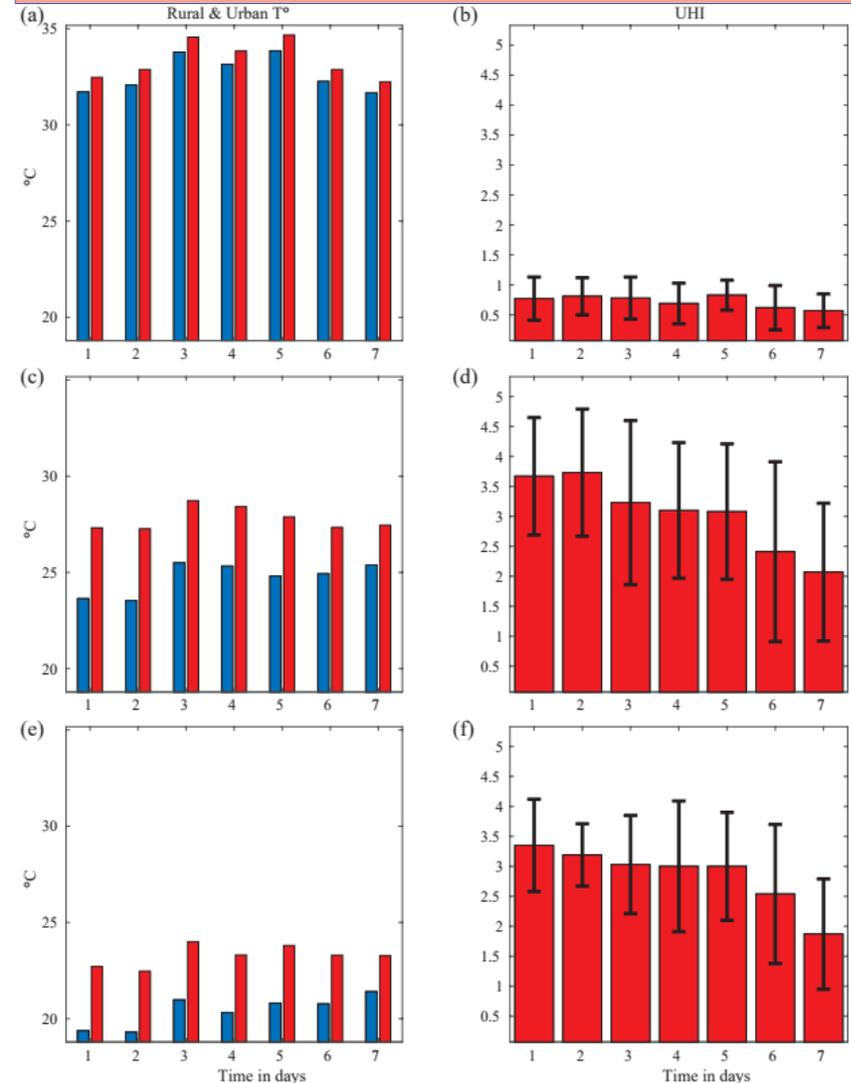
**c, d) Soirée (1900-2300 UTC)**

- T° urbaine stationnaire ;
- T° rurale augmente ;
- ICU diminue.

**e, f) Nuit (0000-0400 UTC)**

- T° urbaine stationnaire ;
- T° rurale augmente ;
- ICU diminue.

Fig. 7. Mean rural temperature, urban temperature, and UHI intensity for the first seven days during long HS&HW.  
 (a) & (b): Afternoon (1300-1700 UTC).  
 (c) & (d) Evening (1900-2300 UTC).  
 (e) & (f) Night (0000-0400 UTC).  
 (a), (c), & (e): T °C (rural in blue, urban in red).  
 (b), (d), & (f) UHI intensity in K (mean +/- SD indicated by black error bars).



# ICU et canicules : résultats 5/8

## Évolutions moyennes au cours des 7 jours des séq. chaudes

**a, b) Après-midi (1300-1700 UTC)**  
 T° (urbaine et rurale) et ICU maxi jours 3 et 5

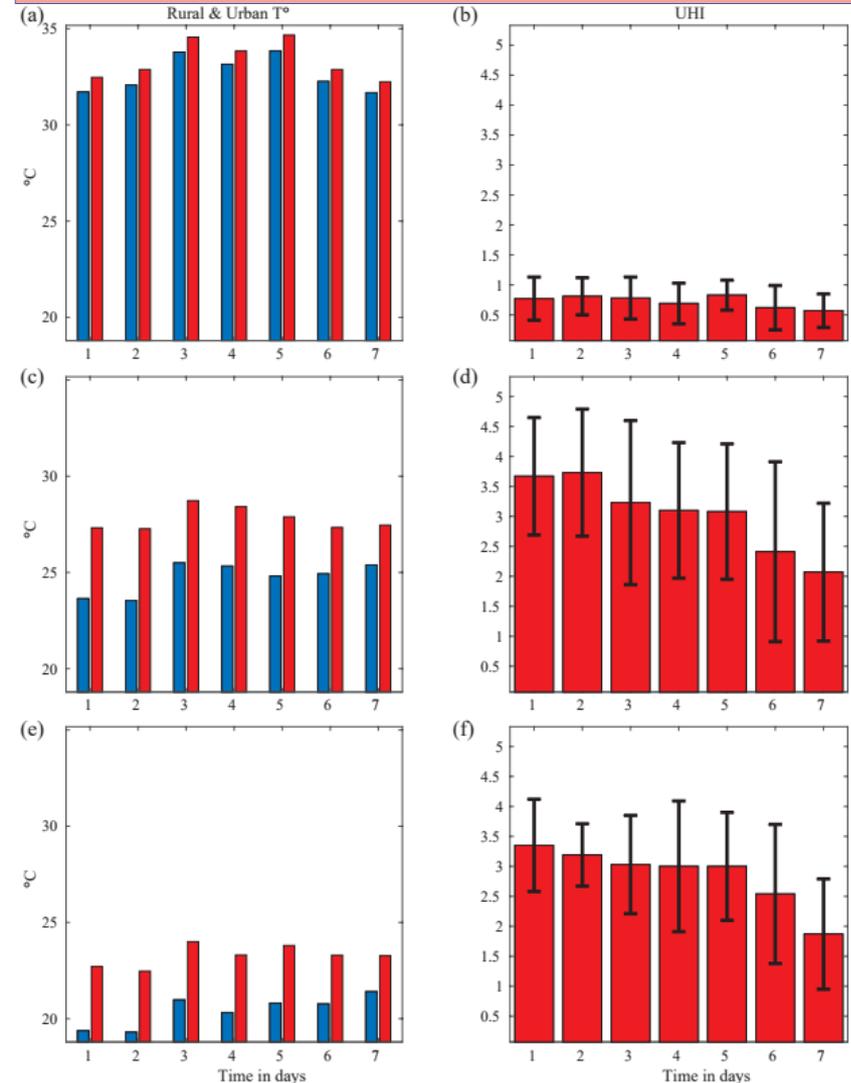
**c, d) Soirée (1900-2300 UTC)**  
 - T° urbaine stationnaire ;  
 - T° rurale augmente ;  
 - ICU diminue.

**e, f) Nuit (0000-0400 UTC)**  
 - T° urbaine stationnaire ;  
 - T° rurale augmente ;  
 - ICU diminue.

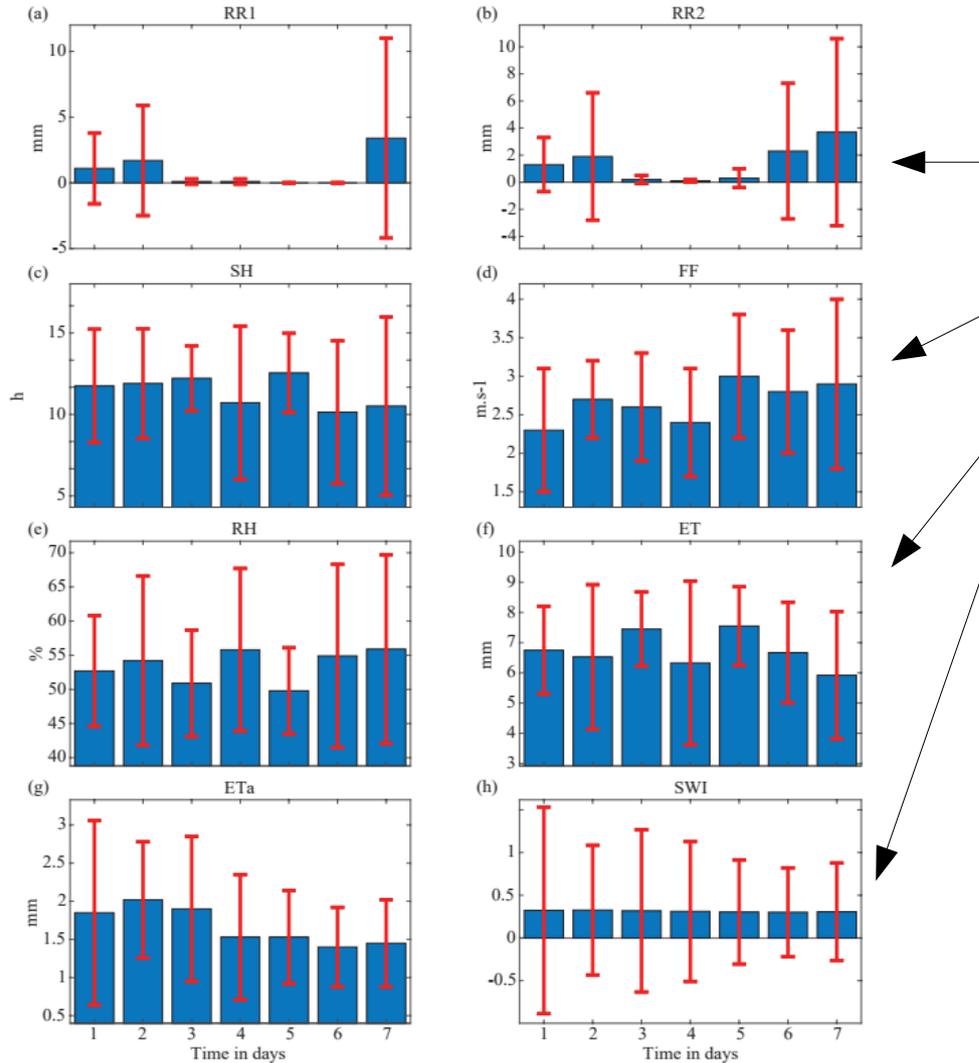
« je ne me rappelle personne  
 de sa connaissance qui reste  
 aussi tard à la campagne »

Lettre CLXVIII  
 Madame de Volanges  
 à madame de Rosemonde

Fig. 7. Mean rural temperature, urban temperature, and UHI intensity for the first seven days during long HS&HW.  
 (a) & (b): Afternoon (1300-1700 UTC).  
 (c) & (d) Evening (1900-2300 UTC).  
 (e) & (f) Night (0000-0400 UTC).  
 (a), (c), & (e): T °C (rural in blue, urban in red).  
 (b), (d), & (f) UHI intensity in K (mean +/- SD indicated by black error bars).



# ICU et canicules : résultats 6/8



Évolutions moyennes des conditions météorologiques et pédologiques au cours des 7 jours des séq. chaudes

a, b) Précipitations  
Quelques petites pluies

c, d) Soleil et vent  
Rien de net

e, f) Humidité relative et ETP  
Rien de net

g, h) ETR et SWI  
Diminutions

Fig. 8. Mean meteorological and soil conditions for the first seven days during long HS&HW.

(a) RR1: daily rainfall, observed at DL.

(b) RR2: daily rainfall, mean of 4 grid-points analyzed in SIM.

(c) SH: sunshine duration (DL).

(d) FF: wind speed (DL).

(e) RH: relative air humidity (DL).

(f) ET: potential evapotranspiration (SIM).

(g) ETa: actual evapotranspiration (SIM).

(h) SWI: soil wetness index (SIM).

Mean +/- SD indicated by red error bars.

# ICU et canicules : résultats 7/8

Évolutions au cours des 7 jours pour chaque séq. chaude

d) ETR  
Diminution

e) SWI  
Diminution

Fig. 9. Meteorological and soil conditions for each long HS/HW, aligned over a 30-day period. Each Hot Spell/Heat Wave (HS/HW) is aligned to begin on Day 11.

Red line: values during the HS/HW.

Black line: values before and after the HS/HW.

Black dotted outline: first seven days of the HS/HW.

(a) RR1: rainfall observed at Dijon-Longvic.

(b) RR2: rainfall mean of 4 grid-points analyzed in SIM.

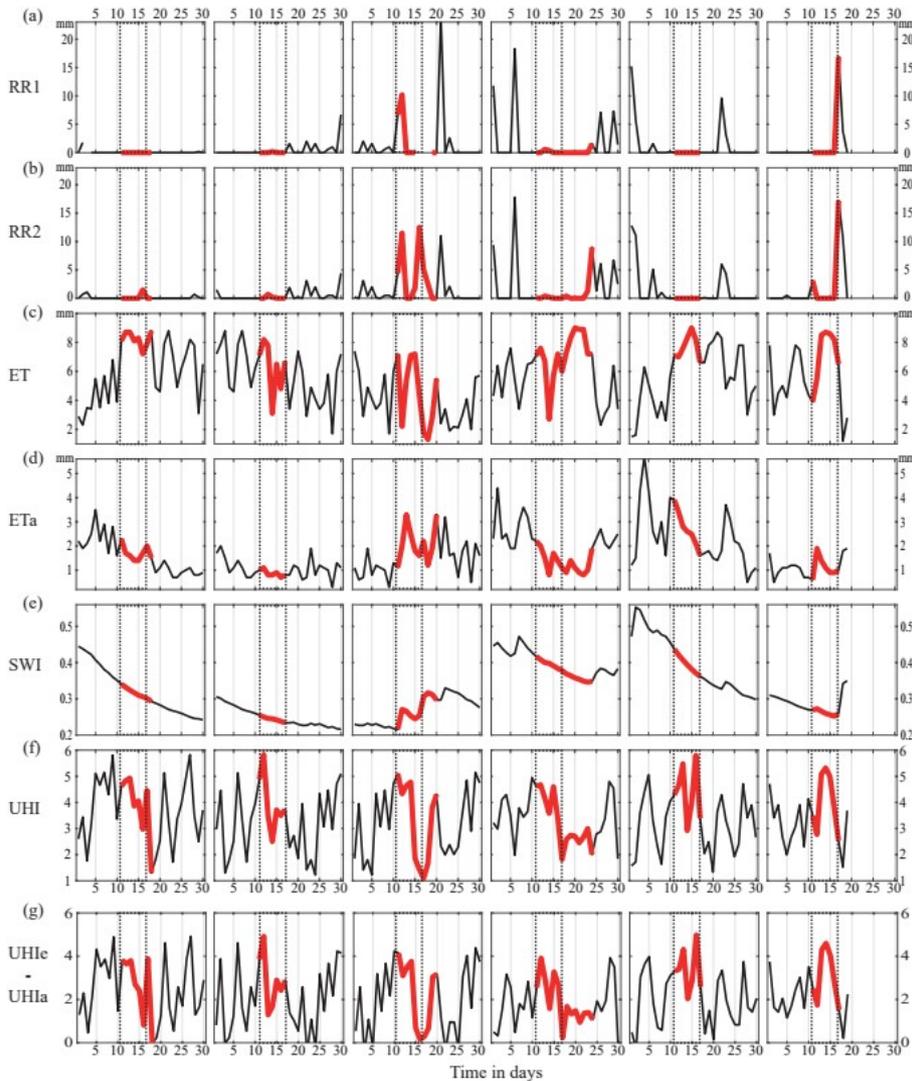
(c) ET: potential evapotranspiration (SIM).

(d) ETa: actual evapotranspiration (SIM).

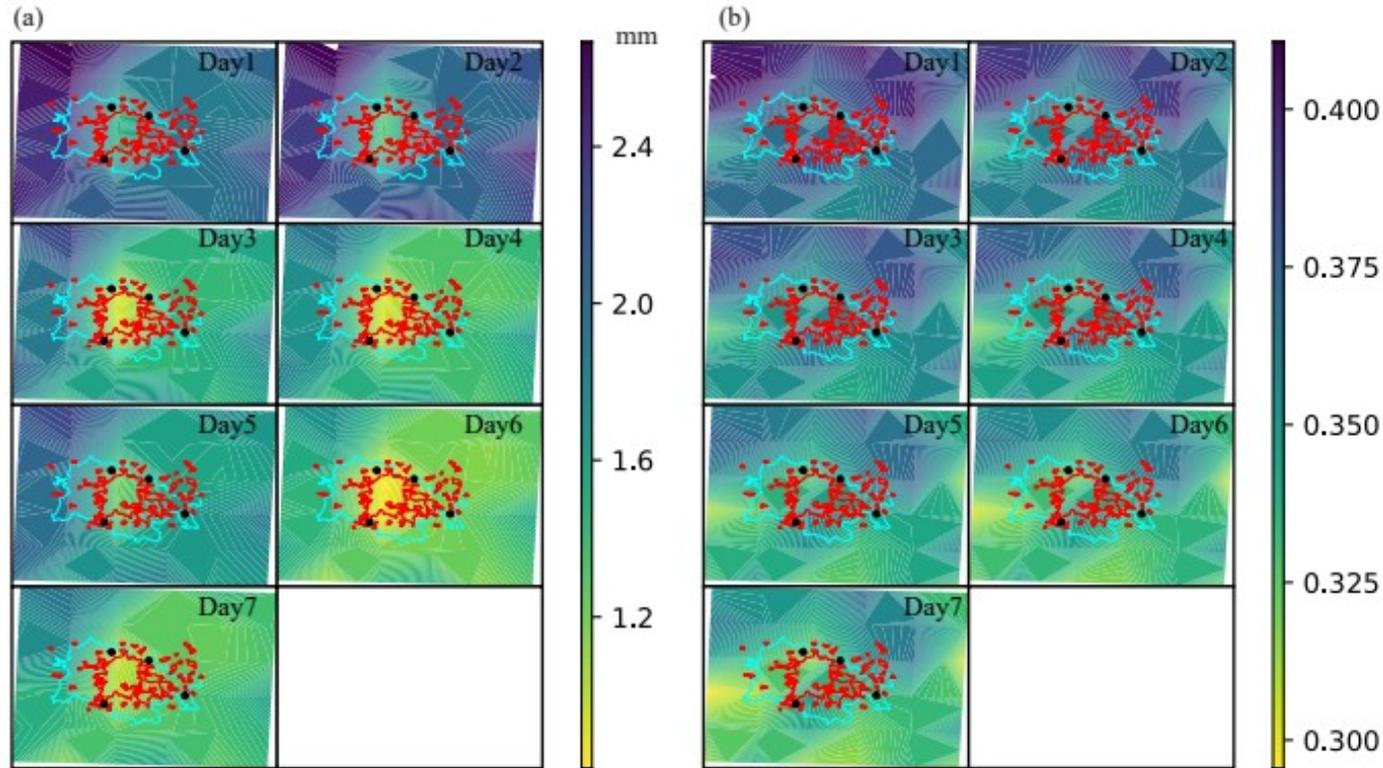
(e) SWI: soil wetness index (SIM).

(f) UHI intensity in K, MUSTARDijon.

(g) UHIe - UHIa: difference in K between UHI evening and UHI afternoon.



# ICU et canicules : résultats 8/8



Évolutions au cours des 7 jours pour  
chaque séq. chaude

a) ETR  
Diminution

b) SWI  
Diminution

Fig. 10. Mean for ETa and SWI during the first seven days of the six long HS&HW.

Light blue outline: Dijon administrative area (Dijon Métropole).

Red outlines: built areas.

Black dots: grid-points used in Figs. 8 & 9.

(a) ETa in mm.

(b) SWI.

# ICU et canicules : conclusions et perspectives

- 1) L'ICU est un problème sociétal, sanitaire, lors des canicules, et quasi uniquement lors des canicules
- 2) L'ICU, comme les canicules, est associé à des conditions anticycloniques, ensoleillées et peu ventées
- 3) En conséquence, statistiquement, le lien est vérifié si l'on considère toutes les journées de l'année, voir de l'été

# ICU et canicules : conclusions et perspectives

- 1) L'ICU est un problème sociétal, sanitaire, lors des canicules, et quasi uniquement lors des canicules
- 2) L'ICU, comme les canicules, est associé à des conditions anticycloniques, ensoleillées et peu ventées **Confirmations**
- 3) En conséquence, statistiquement, le lien est vérifié si l'on considère toutes les journées de l'année, voir de l'été

# ICU et canicules : conclusions et perspectives

- 1) L'ICU est un problème sociétal, sanitaire, lors des canicules, et quasi uniquement lors des canicules
- 2) L'ICU, comme les canicules, est associé à des conditions anticycloniques, ensoleillées et peu ventées **Confirmations**
- 3) En conséquence, statistiquement, le lien est vérifié si l'on considère toutes les journées de l'année, voir de l'été
- 4) Pourtant l'ICU n'est pas plus fort lors des canicules que lors des autres belles journées de printemps ou d'été
- 5) Lorsque les vagues de chaleurs persistent une semaine, l'ICU n'augmente pas
- 6) Il tendrait même à s'atténuer car les températures rurales augmentent au fil des jours
- 7) Cette augmentation serait à mettre en relation avec l'assèchement des sols ruraux
- 8) En s'asséchant, les espaces ruraux évapo-transpirent moins
- 9) Les températures nocturnes rurales se rapprochent de celles des villes

# ICU et canicules : conclusions et perspectives

- 1) L'ICU est un problème sociétal, sanitaire, lors des canicules, et quasi uniquement lors des canicules
- 2) L'ICU, comme les canicules, est associé à des conditions anticycloniques, ensoleillées et peu ventées **Confirmations**
- 3) En conséquence, statistiquement, le lien est vérifié si l'on considère toutes les journées de l'année, voir de l'été
- 4) Pourtant l'ICU n'est pas plus fort lors des canicules que lors des autres belles journées de printemps ou d'été
- 5) Lorsque les vagues de chaleurs persistent une semaine, l'ICU n'augmente pas
- 6) Il tendrait même à s'atténuer car les températures rurales augmentent au fil des jours **Éléments nouveaux**
- 7) Cette augmentation serait à mettre en relation avec l'assèchement des sols ruraux
- 8) En s'asséchant, les espaces ruraux évapo-transpirent moins
- 9) Les températures nocturnes rurales se rapprochent de celles des villes

# ICU et canicules : conclusions et perspectives

- 1) L'ICU est un problème sociétal, sanitaire, lors des canicules, et quasi uniquement lors des canicules
- 2) L'ICU, comme les canicules, est associé à des conditions anticycloniques, ensoleillées et peu ventées **Confirmations**
- 3) En conséquence, statistiquement, le lien est vérifié si l'on considère toutes les journées de l'année, voir de l'été
- 4) Pourtant l'ICU n'est pas plus fort lors des canicules que lors des autres belles journées de printemps ou d'été
- 5) Lorsque les vagues de chaleurs persistent une semaine, l'ICU n'augmente pas
- 6) Il tendrait même à s'atténuer car les températures rurales augmentent au fil des jours **Éléments nouveaux**
- 7) Cette augmentation serait à mettre en relation avec l'assèchement des sols ruraux
- 8) En s'asséchant, les espaces ruraux évapo-transpirent moins
- 9) Les températures nocturnes rurales se rapprochent de celles des villes

- 1) L'échantillon mobilisé pour le papier est réduit : les résultats sont à consolider
- 2) Les nouvelles vagues de chaleur (2020, 2021, ...) sont à mobiliser
- 3) Le SNO offre un cadre pour effectuer une étude s'appuyant sur les différents réseaux (Rennes, Toulouse, ...)
- 4) Appel est lancé à établir des liaisons, non dangereuses, entre ICU et canicules au sein du SNO

# ICU et canicules : conclusions et perspectives

- 1) L'ICU est un problème sociétal, sanitaire, lors des canicules, et quasi uniquement lors des canicules
- 2) L'ICU, comme les canicules, est associé à des conditions anticycloniques, ensoleillées et peu ventées **Confirmations**
- 3) En conséquence, statistiquement, le lien est vérifié si l'on considère toutes les journées de l'année, voir de l'été
- 4) Pourtant l'ICU n'est pas plus fort lors des canicules que lors des autres belles journées de printemps ou d'été
- 5) Lorsque les vagues de chaleurs persistent une semaine, l'ICU n'augmente pas
- 6) Il tendrait même à s'atténuer car les températures rurales augmentent au fil des jours **Éléments nouveaux**
- 7) Cette augmentation serait à mettre en relation avec l'assèchement des sols ruraux
- 8) En s'asséchant, les espaces ruraux évapo-transpirent moins
- 9) Les températures nocturnes rurales se rapprochent de celles des villes

- 1) L'échantillon mobilisé pour le papier est réduit : les résultats sont à consolider
- 2) Les nouvelles vagues de chaleur (2020, 2021, ...) sont à mobiliser
- 3) Le SNO offre un cadre pour effectuer une étude s'appuyant sur les différents réseaux (Rennes, Toulouse, ...)
- 4) Appel est lancé à établir des liaisons, non dangereuses, entre ICU et canicules au sein du SNO

**Merci pour votre attention  
et les liaisons à venir**