



**HAL**  
open science

## Les Local Climate Zones face à la canicule de 2018 à Dijon.

Yves Richard, Julita Dudek, Justin Emery, Ludovic Granjon, Lucile Pillot,  
Mario Rega, Thibaut Vairet, Julien Pergaud, O. Codet-Hache, M.-F. Dodet,  
et al.

► **To cite this version:**

Yves Richard, Julita Dudek, Justin Emery, Ludovic Granjon, Lucile Pillot, et al.. Les Local Climate Zones face à la canicule de 2018 à Dijon.. 32ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, May 2019, Thessalonique, Greece. pp.253-258. hal-02189432

**HAL Id: hal-02189432**

**<https://hal.science/hal-02189432v1>**

Submitted on 24 Mar 2022

**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.

## LES LOCAL CLIMATE ZONES FACE À LA CANICULE DE 2018 À

### DIJON

**RICHARD Y. (1), DUDEK J. (3,4), EMERY J. (2), GRANJON L. (4), PILLOT L. (4), REGA M. (1), VAIRET T. (1,2), PERGAUD J. (1), CODET-HACHE O. (5), DODET M.F. (5), THÉVENIN T. (2,4), THÉVENIN D. (6) et POHL B. (1)**

(1) Centre de Recherches de Climatologie, UMR 6282 Biogéosciences, CNRS/Univ Bourgogne Franche-Comté, yves.richard@u-bourgogne.fr

(2) UMR 6049 ThéMA, CNRS/Univ Bourgogne Franche-Comté

(3) UMR 5600 Environnement Ville Société, CNRS/Univ Lyon III

(4) USR 3516 MSH de Dijon, CNRS/Univ Bourgogne Franche-Comté

(5) Service écologie urbaine, Dijon Métropole

(6) CDM 21, Météo France

**Résumé :** Les températures de l'air mesurées par le réseau MUSTARDijon sont analysées lors de la canicule de l'été 2018 (24 juillet - 8 août). La méthode WUDAPT est appliquée à l'agglomération de Dijon afin d'identifier les Local Climate Zones (LCZs). Les rythmes diurnes et les moyennes nocturnes des températures sont analysés selon les LCZs ainsi qu'en fonction de l'altitude et de la distance au centre-ville. Lors des nuits caniculaires, l'altitude joue un rôle négligeable. Les températures dépendent de la distance au centre-ville. Elles sont également associées au type d'anthropisation résumé par les LCZs. Forme du bâti et végétation sont les deux clés permettant de comprendre et de moduler les températures nocturnes, celles qui impactent le plus la santé humaine lors des canicules.

**Mots clés :** Température, canicule, Îlot de Chaleur Urbain, LCZ.

**Summary:** Air temperatures measured by the MUSTARDijon network are analyzed during the summer 2018 (July 24 - August 8) heat wave. The WUDAPT method is applied to Dijon to identify Local Climate Zones (LCZs). Diurnal rhythms and nighttime mean temperatures are analyzed according to LCZs as well as to altitude and distance to the city center. During warm nights, altitude plays a negligible role. The temperatures depend to the distance of the city center. They are also associated to the anthropization summarized by the LCZs. Form of the building and vegetation are the two keys to understand and modulate the night temperatures which have the greatest impact on human health during heat waves.

**Keywords:** Temperature, heat wave, Urban Heat Island, LCZ.

### Introduction

Initialement dédiées à de simples gradients de température entre campagne et ville, les recherches sur les Îlots de Chaleur Urbains (ICUs) visent aujourd'hui à l'identification de zones cohérentes en termes de température et de morphologie. Les Urban Climate Zones (UCZs) ont été proposées (Oke, 2006) puis généralisées en Local Climate Zones (LCZs) par Stewart et Oke (2012). Le système de classification en LCZ fournit un cadre normalisé pour les observations et études de la température urbaine. L'objectif est de favoriser les échanges mondiaux entre recherches dédiées aux ICUs. D'abord appliquées à des grandes métropoles comme Glasgow (Emmanuel and Krüger, 2012), Madrid (Brousse et al., 2016) ou Hong Kong (Lau et al., 2015 ; Zheng et al., 2018), les LCZs s'avèrent également être très pertinentes pour des villes moyennes comme Nancy (Leconte et al., 2015a ; 2015b) ou Dijon (Richard et al., 2018). Les LCZs sont aujourd'hui utilisées dans le cadre de WUDAPT World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT), projet communautaire visant à recueillir un recensement des villes du monde entier (See et al., 2015). WUDAPT propose

d'utiliser le système de classification LCZ comme point de départ pour caractériser les villes de manière cohérente.

Les canicules ou vagues de chaleur sont des phénomènes qui se développent, que ce soit au regard de leurs fréquences, de leurs intensités, de leurs durées ou de la période de l'été pendant laquelle elles interviennent. Toutes les études convergent pour indiquer que ces événements devraient s'intensifier dans les décennies à venir (Schoetter et al., 2015 ; Ouzeau et al., 2016). En France, l'été 2018, le plus long jamais enregistré au regard du nombre de jours où la température a dépassé 25°C, a également été marqué par une canicule dépassant non seulement celle de 2006 en intensité, mais aussi celle de 2015 en longueur, bien que restant en retrait par rapport à celle de 2003 (Météo France). Les effets combinés des ICUs et du changement climatique rendent les villes et leurs populations de plus en plus vulnérables aux stress thermiques (Vandentorren et al., 2004 ; Willett and Sherwood, 2012 ; Mora et al., 2017). A l'échelle de la France, Santé Publique France a estimé que la surmortalité associée à la canicule de 2018 s'élèverait à 1480 personnes. À Dijon (Fig. 1), la surmortalité observée lors de la canicule de 2003 a été parmi les plus fortes de France (Vandentorren et al., 2004).

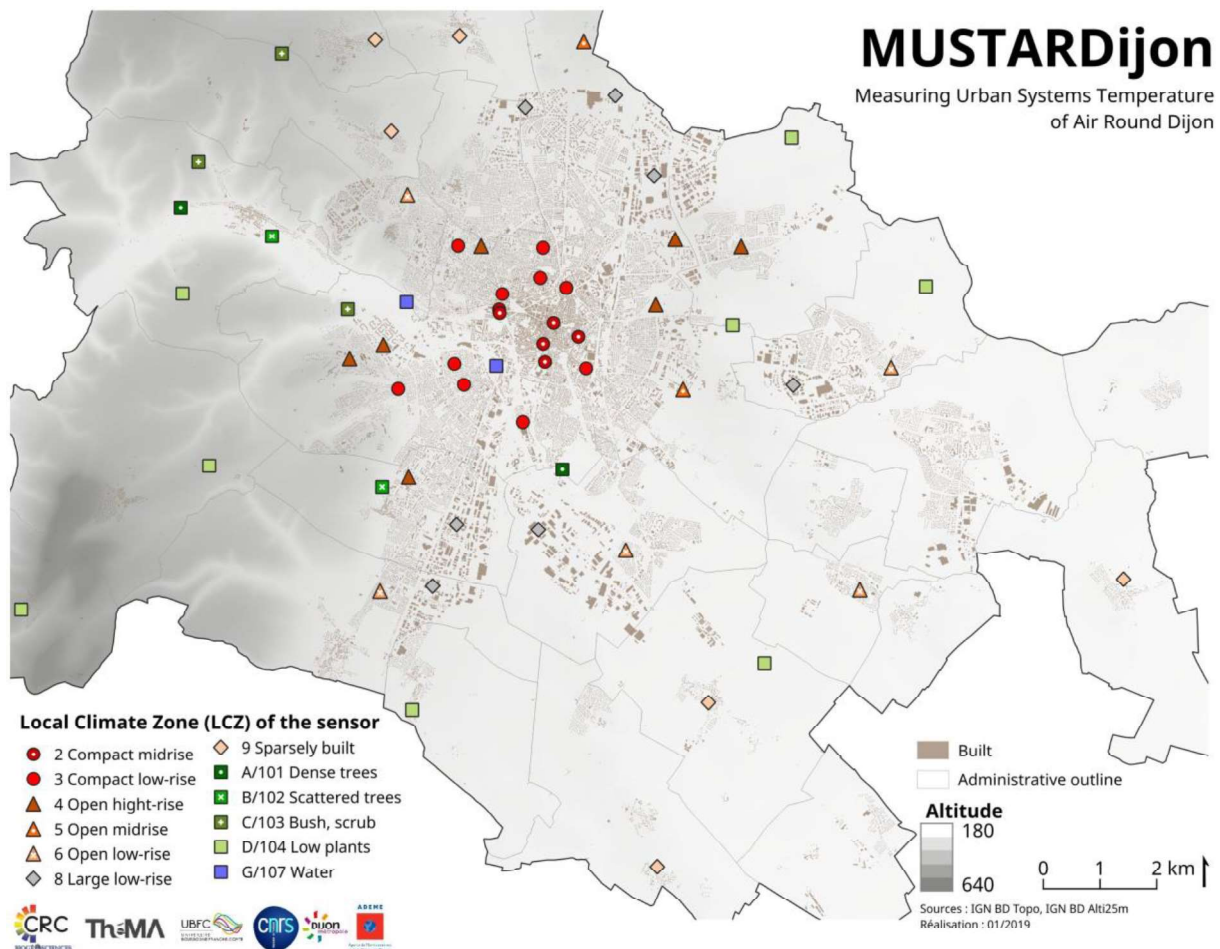


Figure 1. Le réseau MUSTARDijon et les LCZs des 60 sondes

Depuis, les épisodes caniculaires sont suivis avec attention par les services de la ville. Lors du plus récent et plus long épisode caniculaire, 24 juillet au 8 août 2018, quels furent les facteurs ayant le plus conditionné la température ? L'altitude, la distance au centre-ville ou bien l'environnement immédiat synthétisé par les LCZs ? Cette connaissance, encore lacunaire, présente de forts enjeux. En effet, en contexte de changement climatique, les Plans Climat-Air-Énergie Territoriaux (PCAET) et les plans d'urbanisme pourront s'appuyer sur la connaissance

des facteurs contrôlant la température lors des épisodes caniculaires afin de promouvoir un urbanisme durable et adapté à un climat où les canicules deviendront plus fréquentes, plus longues et plus intenses.

## 1. Données et Méthode

Les données principales sont issues du réseau MUSTARDijon créé en 2014. En 2018, il comporte 60 sondes déployées sur les 240 km<sup>2</sup> du territoire de Dijon Métropole (Fig 1). L'analyse porte sur les températures horaires mesurées lors de la canicule de l'été 2018 (24 juillet - 8 août), les rythmes diurnes moyens et les moyennes des températures nocturnes (2100 - 0500 UTC). Trois jeux de données complémentaires sont 1/ le Modèle Numérique de Terrain de résolution 25 m (BD Alti 25 m) de l'Institut Géographique National (IGN), 2/ différentes couches d'informations renseignant le bâti, la voirie et l'artificialisation des surfaces fournies par Dijon Métropole, et 3/ sept images satellitales Landsat 8 (Emery et al., 2018). Pour chacune des 60 sondes (Fig. 1) ont été calculées l'altitude (à partir du MNT), la distance au centre-ville (à partir des coordonnées des sondes) et la LCZ selon une maille de 100 m de côté. Pour déterminer la LCZ, les 7 images Landsat ont été mobilisées selon la méthode WUDAPT (See *et al.*, 2015 ; Richard et al., 2018).

## 2. Résultats

Les rythmes diurnes moyens sont calculés sur la période caniculaire, allant du 24 juillet au 8 août, pour les 60 sondes regroupées en fonction des 12 LCZs répertoriées sur le territoire de Dijon Métropole (Fig. 2). Les principales caractéristiques de chacune des séries et des 12 LCZs sont identifiables par comparaison avec la courbe en noir qui représente la moyenne des 60 séries, ou moyenne spatiale.

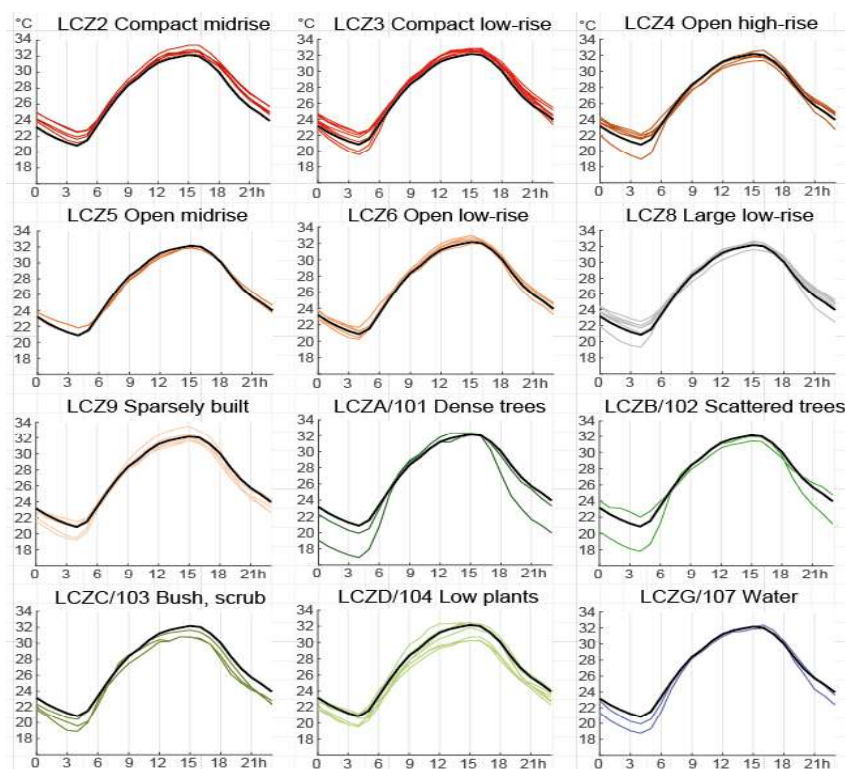


Figure 2. Profils thermiques diurnes moyens (24 juillet – 8 août 2018) des 60 sondes selon la LCZ en h UTC

Par rapport à la moyenne spatiale, les 6 sondes de la LCZ2 Compact midrise (centre-ville de Dijon) sont systématiquement chaudes. Parmi les autres LCZs représentant les espaces les plus urbanisés, ce sont les LCZs 3 Compact low-rise (faubourgs), 4 Open high-rise (Immeubles) et 8 Large low-rise (Zones d'activité ou zones commerciales) qui apparaissent comme étant également chaudes, nonobstant 4 exceptions. Les LCZs regroupant les espaces péri-urbains (LCZ5, 6 et 9) ont des températures proches de la moyenne spatiale. Les LCZs représentant les espaces les plus végétalisés, ou à proximité des plans d'eau, connaissent les températures les plus fraîches. C'est vérifié, surtout lors des heures de nuit, sur la majorité des sondes situées dans les LCZs A/101 Dense trees, C/103 Bush, scrub, D/104 Low plants, et G/107 Water. La LCZB/102 Scattered trees associe une station fraîche au sein de vergers situés dans une vallée encaissée et une station chaude au sein des vignes de la côte viticole.

Les températures moyennes nocturnes (2100 - 0500 UTC) des 60 séries sont calculées (Fig. 3). Elles sont mises en regard de l'altitude (Fig. 3a), de la distance au centre-ville (Fig. 3b) et de l'appartenance à une LCZ (Fig. 3c).

Aucune relation simple n'apparaît avec l'altitude (Fig. 3a) et la corrélation linéaire est quasi nulle ( $R=-0,09$ ). En effet, la période caniculaire fut associée à un type de temps radiatif et calme propice au développement d'inversions thermiques nocturnes, et les stations situées sur les hauteurs de l'ouest dijonnais, entre 300 et 510 m d'altitude, n'ont pas connu des nuits très fraîches. Leurs températures oscillent entre 21 et 23°C. En plaine et dans la vallée de l'Ouche, à moins de 300 m d'altitude, les contrastes spatiaux sont saisissants avec une fourchette allant de moins de 19°C à près de 25°C. L'amplitude de 6°C est en partie liée à la présence de deux stations froides (19 et 20°C) situées en fond de vallée. Si l'on excepte ces deux stations de fond de vallées, sous l'effet découlements catabatiques, l'amplitude atteint tout de même 4°C.

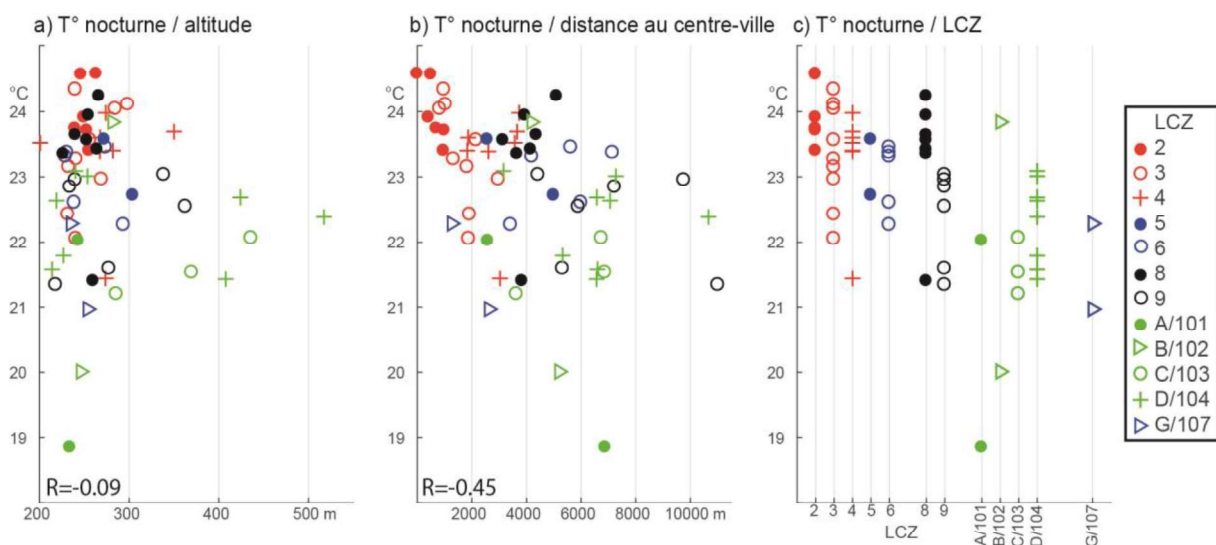


Figure 3. Situation, site et température nocturne moyenne (2100 - 0500 UTC, 24 juillet - 8 août 2018)

La relation entre la température nocturne et la distance au centre-ville est, quant à elle, avérée (Fig 3b). La corrélation linéaire égale à  $-0,45$  est significative au seuil 99 %. La température nocturne tend à décroître lorsque l'on s'éloigne du centre-ville, témoignant de l'existence d'un Îlot de Chaleur Urbain (ICU) qui, grossièrement, s'organiserait selon une logique simple ou concentrique, faisant en partie ( $R=-0,45$ ) fi des aspérités liées au relief ou aux formes urbaines.

La relation avec l'appartenance à une LCZ, catégorie qualitative, ne peut pas donner lieu à une corrélation. Elle a cependant été démontrée pour une journée (11 juillet 2015) via une analyse de variance (Richard et al., 2018). Lors de la canicule de l'été 2018, elle est également manifeste (Fig. 3c). Les séries de la LCZ2 Compact midrise (centre-ville de Dijon) sont celles

qui connaissent les nuits les plus chaudes (température nocturne moyenne = 24°C). Viennent ensuite, avec des températures nocturnes moyennes de l'ordre de 23,3°C, les LCZs 3, 4 et 8. Au sein de ces 3 LCZs, deux stations semblent néanmoins atypiques avec des nuits plutôt fraîches (température nocturne moyenne = 21,4°C) : Fontaine d'Ouche (LCZ4) et Fontaine (LCZ8), toutes deux situées dans des fonds de vallées. Les LCZs 5 Open midrise (Grands équipements comme le campus universitaire), 6 Open low-rise (anciens bourgs villageois absorbés par l'agglomération), et 9 Sparsely built (bourgs de la couronne péri-urbaine) apparaissent comme des catégories intermédiaires avec des nuits modérément chaudes. Enfin, les LCZs représentant les espaces les plus végétalisés, ou à proximité des plans d'eau, connaissent généralement les nuits les plus fraîches. Mais ce n'est pas systématiquement le cas. Ainsi note-t-on des nuits modérément fraîches en LCZB/102 Scattered trees, à Marsannay-la-Côte, en zone viticole, en LCZD/104 Low plants, sur des plateaux cultivés de l'ouest dijonnais, ce associé aux inversions thermiques, ou bien encore en LCZG/107 Water, au port du canal situé en toute proximité du centre-ville.

## Conclusion

A Dijon, comme dans de nombreuses villes de climat tempéré, les ICUs ne deviennent problématiques qu'en raison du développement des canicules associées au changement climatique. Doté d'un réseau de mesures fruit d'une collaboration entre la collectivité, des services de l'état et des laboratoires de recherche, Dijon Métropole est aujourd'hui un terrain d'étude privilégié afin de mieux comprendre la géographie fine des températures. L'analyse basée sur la méthodologie WUDAPT permet d'identifier des LCZs, méthodologie applicable à toute ville, ce qui permet des comparaisons rigoureuses. Lors de la canicule de l'été 2018, la géographie des températures nocturnes est principalement contrôlée par les états de surface. Bien que se développant sur des altitudes relativement contrastées (entre 200 et 500 m), l'agglomération de Dijon, hormis pour deux stations situées en des fonds de vallées, enregistre des températures nocturnes qui dépendent surtout de l'anthropisation. La température nocturne dépend de la situation au sein de l'agglomération car elle décroît lorsque l'on s'éloigne du centre-ville, comme de l'aménagement de chaque quartier, au travers du type de bâti combiné à la part de surfaces végétales. A noter que les formes urbaines sont implicitement prises en compte dans la distance au centre-ville. Ces formes urbaines modulent le simple ICU (centre – périphérie) et expliquent que la décroissance de la température nocturne est plus subtile qu'une simple relation à la distance au centre. La classification LCZ s'avère ainsi extrêmement pertinente pour caractériser des ambiances thermiques nocturnes.

## Remerciements

Les auteurs remercient Météo-France pour la mise à disposition des données (convention avec l'université de Bourgogne), l'ADEME et Dijon Métropole pour leur soutien.

## Bibliographie

- Brousse O., Martilli A., Foley M., Mills G., Bechtel B., 2016. WUDAPT, an efficient land use producing data tool for mesoscale models? Integration of urban LCZ in WRF over Madrid. *Urban Clim.*, 17, 116–134.
- Emmanuel R., Krüger E., 2012. Urban heat island and its impact on climate change resilience in a shrinking city: The case of Glasgow, UK. *Build. Environ.*, 53, 137–149.
- Emery J., Dudek J., Granjon L., Pohl B., Richard Y., Thévenin T., Martiny N., 2018. Chapitre 3 : Caractériser la morphologie urbaine via un SIG pour la simulation numérique du climat urbain. Dans Nicolas Baghdadi,

- Clément Mallet, Mehrez Zribi (dir.), Volume 3 : QGIS et applications en aménagement du territoire, ISTE éditions, Collections Système Terre - Environnement, pp.75-118 (ISBN : 978-1-78405-337-6).
- Lau K.K.-L., Ren C., Shi Y., Zheng V., Yim S., Lai D., 2015. Determining the optimal size of local climate zones for spatial mapping in high-density cities. *Extended Abstracts, 9th Int. Conf. on Urban Climate/12th Symp. on the Urban Environment, Toulouse, France, Météo-France.*
- Leconte F., Bouyer J., Claverie R., Pétrissans M., 2015a. Estimation of spatial air temperature distribution at sub-mesosclimatic scale using the LCZ scheme and mobile measurements. *Extended Abstracts, 9th Int. Conf. on Urban Climate/12th Symp. on the Urban Environment, Toulouse, France, Météo-France.*
- Leconte F., Bouyer J., Claverie R., Pétrissans M., 2015b. Using Local Climate Zone scheme for UHI assessment: Evaluation of the method using mobile measurements. *Build. Environ.*, 83, 39–49.
- Mora C., and Coauthors, 2017. Global risk of deadly heat. *Nature Climate Change*, 7, 501–506.
- Oke T.R., 2006. *Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites*. World Meteorological Organization, Instruments and Observing Methods, Report No. 81, 51 pp.
- Ouzeau G., Soubeyroux J.-M., Schneider M., Vautard R., Planton S., 2016. Heat waves analysis over France in present and future climate: Application of a new method on the EURO-CORDEX ensemble. *Clim. Serv.*, 4, 1-12.
- Richard Y., Emery J., Dudek J., Pergaud J., Chateau-Smith C., Zito S., Rega M., Vairet T., Castel T., Thévenin T., Pohl B., 2018. How relevant are Local Climate Zones and Urban Climate Zones for urban climate research? Dijon (France) as a case study. *Urban Clim.*, 26, 258-274.
- Schoetter R., Cattiaux J., Douville H., 2015. Changes of western European heat wave characteristics projected by the CMIP5 ensemble. *Clim. Dyn.*, 45, 1601–1616.
- See, L., and Coauthors, 2015. Generating WUDAPT's specific scale-dependent urban modeling and activity parameters: Collection of level 1 and level 2 data. *Extended Abstracts, 9th Int. Conf. on Urban Climate/12th Symp. on the Urban Environment, Toulouse, France, Météo-France, 25 pp.*
- Stewart I.D., Oke T.R., 2012. Local climate zones for urban temperature studies. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 93, 1879–1900.
- Vandentorren S., Suzan F., Medina S., Pascal M., Maulpoix A., Cohen J.-C., Ledrans M., 2004. Mortality in 13 French cities during the August 2003 heat wave. *Am. J. Public Health*, 94, 1518-1520.
- Willett K.M., Sherwood S., 2012. Exceedance of heat index thresholds for 15 regions under a warming climate using the wet-bulb globe temperature. *Int. J. Climatol.*, 32, 161-177.
- Zheng Y., Ren C., Xu Y., Wang R., Ho J., Lau K., Ng E., 2018. GIS-based mapping of Local Climate Zone in the high-density city of Hong Kong. *Urban Clim.*, 24, 419-448.