HAL open science

Évaluation des effets thermiques des leviers d'action visant à réduire l'îlot de chaleur urbain : l'exemple de Dijon.

Yves Richard, Benjamin Pohl, Julien Pergaud, Sébastien Zito, Mario Rega, Thomas Thévenin, Justin Emery, Thibaut Vairet, Julita Diallo-Dudek, D. Thévenin, et al.

▶ **To cite this version:**

Yves Richard, Benjamin Pohl, Julien Pergaud, Sébastien Zito, Mario Rega, et al.. Évaluation des effets thermiques des leviers d'action visant à réduire l'îlot de chaleur urbain : l'exemple de Dijon.. 30ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Jul 2017, Sfax, Tunisie. pp.167-172. hal-01585069

HAL Id: hal-01585069

https://hal.science/hal-01585069

Submitted on 23 Feb 2024

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.

Association Internationale de Climatologie

XXXÈME COLLOQUE DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DE CLIMATOLOGIE

AIC 2017

Climat, ville et environnement

Actes du colloque

3-6 juillet 2017
Sfax (Tunisie)

Editeurs scientifiques
Salem DAHECH et Sami CHARFI

Colloque de l 'AIC organisé par l'université de Sfax (FLSH, lab SYFACTE) en collaboration avec l'Association Tunisienne de Climatologie

ÉVALUATION DES EFFETS THERMIQUES DES LEVIERS D'ACTION VISANT À RÉDUIRE L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN : L'EXEMPLE DE DIJON

RICHARD Y.[1], POHL B.[1], PERGAUD J.[1], ZITO S.[1], REGA M.[1], THÉVENIN T.[2], EMERY J.[2], VAIRET T.[2], DUDEK J.[3], THÉVENIN D.[4], CODET HACHE O.[5], DODET M-F.[5]

[1] *Centre de Recherches de Climatologie, UMR 6282 Biogéosciences, CNRS/Univ Bourgogne Franche-Comté*
[2] *UMR 6049 THEMA, CNRS/univ Bourgogne Franche-Comté*
[3] *UMR 5600 Environnement Ville Société, CNRS/Univ Lyon III*
[4] *CDM 21, Météo France*
[5] *Service écologie urbaine, Communauté Urbaine du Grand Dijon*

Résumé – *Changement climatique et Îlot de Chaleur Urbain (ICU) additionnent leurs effets et concourent à une augmentation de la fréquence et de l'intensité des situations caniculaires en ville. Compte tenu des enjeux de santé publique associés, plusieurs actions sont envisageables. Les principales sont la couleur des matériaux, le développement de surfaces en eau et la végétalisation. A Dijon, un réseau constitué de 60 stations fixes permet d'évaluer le potentiel de ces trois actions. L'étude de la saison chaude 2016 montre que le rôle rafraîchissant de l'eau n'intervient qu'en journée, que l'effet des surfaces claires (béton versus bitume) sur la température de l'air n'est que de quelques dixièmes de degrés, et que la végétation offre le potentiel rafraîchissant le plus important. Ce potentiel est de l'ordre de 4°C lors des situations où l'ICU est bien développé, à savoir en début de nuit, par temps chaud, ensoleillé, calme sous conditions anticycloniques.*

Mots-Clés *: ICU, végétation, eau , albédo.*

Abstract - ***Evaluation of the thermal effects of the levers of action to reduce the Urban Heat Island: example of Dijon.*** *Climate Change and Urban Heat Island (UHI) combine their effects and lead to increased frequencies and intensities of heat waves in urban environments. Considering the associated public health issues, several actions are possible: the color of the materials, the development of water surfaces or urban vegetation. In Dijon, a network of 60 stations makes it possible to evaluate the potential of these three actions. Analysis of the warm summer 2016 season reveals that the refreshing role of water only occurs during daytime, the effect of bright surfaces (concrete versus bitumen) on the air temperature is only a few tenths of a degree, while vegetation offers the largest refreshing potential. Its magniture is about 4°C when the early night UHI is well developed, i.e. warm, sunny and calm weather under anticyclonic conditions.*

Keywords *: UHI, vegetation, water, albedo.*

Introduction

Dans un contexte de réchauffement climatique et de croissance urbaine, les effets indésirables des Îlots de Chaleur Urbain (ICU) deviennent des enjeux majeurs pour nombre d'agglomérations. Le stress thermique combinant canicule et ICU s'avère en effet être encore plus important que la somme des deux termes (Li et Bou-Zeid, 2013). Deux stratégies d'adaptation peuvent être envisagées : climatiser les bâtiments et inviter la population à rester à l'intérieur, ou bien réduire l'ICU. Pour réduire l'ICU et s'inscrire dans une politique de développement durable, trois leviers sont identifiés : jouer sur l'albédo des surfaces et renforcer la présence d'éléments végétaux et aquatiques. A noter que ces deux derniers leviers sont également identifiés dans le cadre du développement des trames vertes et bleues (Colombert et Boudes, 2012). Développer les éléments végétalisés et aquatiques permettrait en outre de favoriser la biodiversité (El Jai et Pruneau, 2015). Afin d'éviter toute mal adaptation et de procéder à des adaptations sans regret (Hallegatte, 2008), il est indispensable d'éprouver préalablement l'effet potentiel de chacune des adaptations envisagée. Le réseau de sondes thermiques déployées sur l'agglomération du Grand Dijon permet en cela de produire des informations sur lesquelles s'appuyer.

1. Données et méthodes

En 2016, le réseau MUSTARDijon (de Lapparent *et al.*, 2015) a été porté à 60 stations (Fig 1). Chaque station est constituée d'une sonde HOBO® Pro v2 placée dans un abri M-RSA fixé à 3m du sol, avec une patte prolongée, sur un candélabre (côté sud) le moins affecté possible par des ombres portées. Quatre indices sont élaborés. « *ICU* » est la différence entre la moyenne de température de quatre stations de centre-ville et celle de quatre stations rurales. « *Végétation* » est la différence de température entre un parc urbain de 33ha (Parc de la Colombière) et une zone résidentielle proche. « *Eau* » est la différence entre une station au bord de l'eau (les 7ha du port du canal de Bourgogne) et une zone résidentielle proche. Enfin « *Albédo* » est la différence entre deux stations situées à 50m l'une de l'autre, sur l'esplanade de la gare, respectivement au-dessus de béton désactivé (cheminement piéton à proximité d'une voie de tramway) de couleur claire et de bitume (parking pour véhicules) plus sombre.

Ces quatre indices sont élaborés afin de donner des ordres de grandeurs des potentiels offerts par les trois leviers que sont la végétalisation, la présence d'eau et le rôle de l'albédo. Ces potentiels sont examinés en moyenne au cours des 12 mois de l'année, ainsi qu'en valeurs maximales au cours du printemps et de l'été 2016. Ils sont mis en relation avec les conditions météorologiques fournies par Météo France. Celles-ci sont mesurées à la station de Dijon-Longvic (Fig 1) ou issues des réanalyses SAFRAN (Soubeyroux *et al.*, 2008).

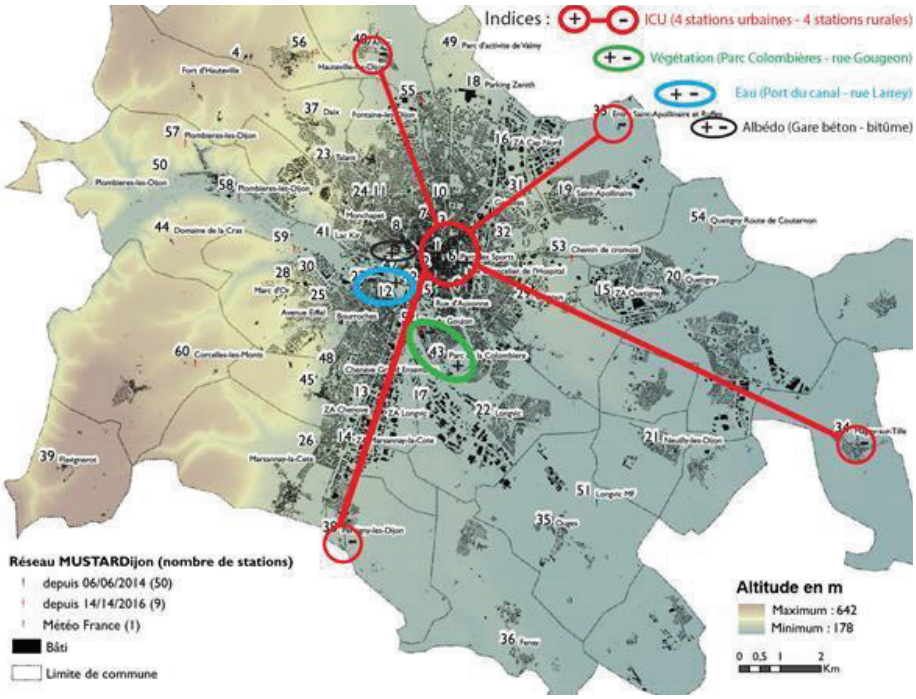

Figure 1. Le réseau de 60 stations MUSTARDijon et la détermination de 4 indices

2. Résultats

Sur deux années de mesures (01/10/2014 – 30/09/2016), les quatre indices présentent des valeurs maximales au printemps et en été (Fig 2). *ICU* y est de l'ordre de 1 à 1,5°C contre 0,5 à 1°C en automne et en hiver. Les ICU moyens printaniers et estivaux, compris entre 1 et 1,5°C, sont conformes à ce qui est observé dans des villes du Royaume-Uni telles qu'Édimbourg,

Plymouth, Manchester ou Bristol (Emmanuel *et al*., 2012), plus grandes mais moins ensoleillées que Dijon. L'indice *Végétation* dépasse 0.5°C d'avril à septembre. Les effets potentiels moyens de l'eau et de l'albédo sur la température de l'air sont réduits (Fig 2). L'eau, à l'image des océans, a un effet opposé entre l'hiver (effet adoucissant) et l'été (effet rafraîchissant).

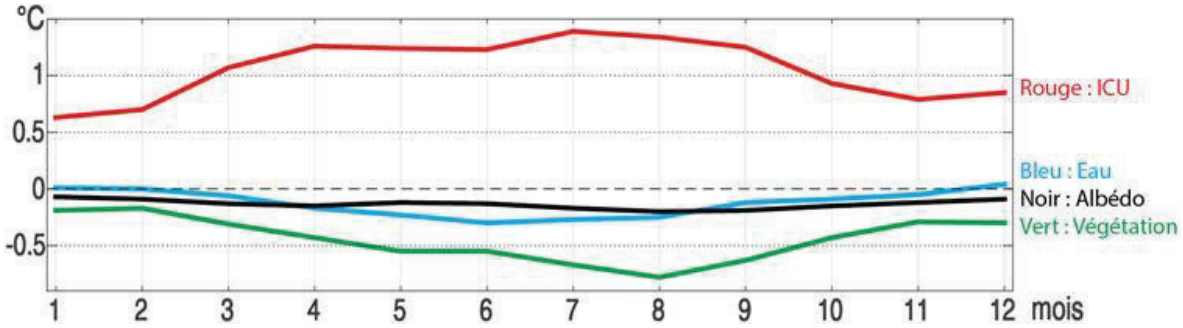

Figure 2. Moyennes mensuelles des indices (2014-2016)

Les valeurs horaires des quatre indices témoignent d'un rythme diurne marqué et caractéristique (Oke, 1982). Les contrastes sont faibles en journée. Ils deviennent soudainement forts au coucher du soleil, puis s'atténuent lentement tout au long de la nuit (Fig 3). A noter qu'en matinée, *Végétation* et *Albédo* témoignent d'effets opposés à leur propre effet moyen. L'effet de l'eau se singularise des deux autres. En effet, opposant toujours à l'image d'un océan douceur nocturne et fraîcheur diurne, la présence d'eau en ville non seulement n'atténue pas, mais tendrait même à renforcer l'ICU nocturne.

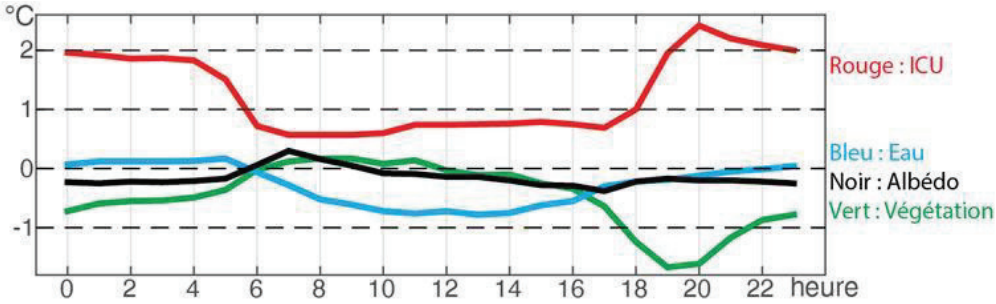

Figure 3. Moyennes horaires des indices (15 avril 2016 – 14 septembre 2016)

Sur la saison chaude 2016 (15 avril au 14 septembre), les valeurs quotidiennes des quatre indices sont élaborées en agrégeant les quatre heures (20-23h) pendant lesquelles les contrastes thermiques sont les plus forts (Fig 4). *ICU* atteint alors régulièrement des valeurs de 4°C voir même 5°C (3 fois dans la saison). Aux mêmes moments, *Végétation* dépasse 2°C et peut atteindre 3°C. Les effets d'*Albédo* et d'*Eau* restent modérés.

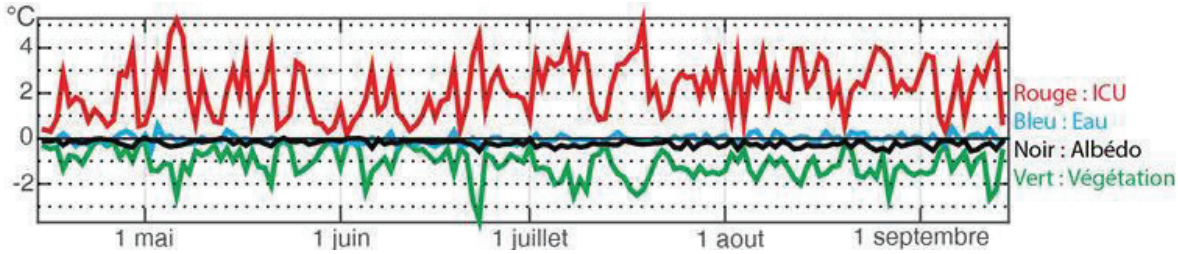

Figure 4. Valeurs quotidiennes des indices (15 avril 2016 – 14 septembre 2016)

Pour comparer les magnitudes et observer les correspondances temporelles, les valeurs horaires des quatre indices sont représentées sur une même échelle (Fig 5). *ICU* comme effets potentiels de la végétation, de l'eau et de l'albédo apparaissent comme étant intermittents. En cela les moyennes (horaires, quotidiennes ou mensuelles) sont des métriques peu appropriées lorsqu'il s'agit de réfléchir sur les aspects indésirables de l'ICU qui n'interviennent que quelques nuits d'été. Bien que non marqué par de véritable canicule, l'été 2016 a connu quelques nuits chaudes. La température nocturne a pu être inconfortable à onze reprises : les 11, 18, 19, 21, 22, 23 et 24 juillet, les 16, 27 et 28 août, ainsi que le 9 septembre. Lors de ces onze nuits, à la station Météo France de Dijon-Longvic, la température n'est pas descendue en dessous de 17°C. A cela s'ajoute un différentiel de +2 à +4°C lié à l'ICU (Fig 5a).

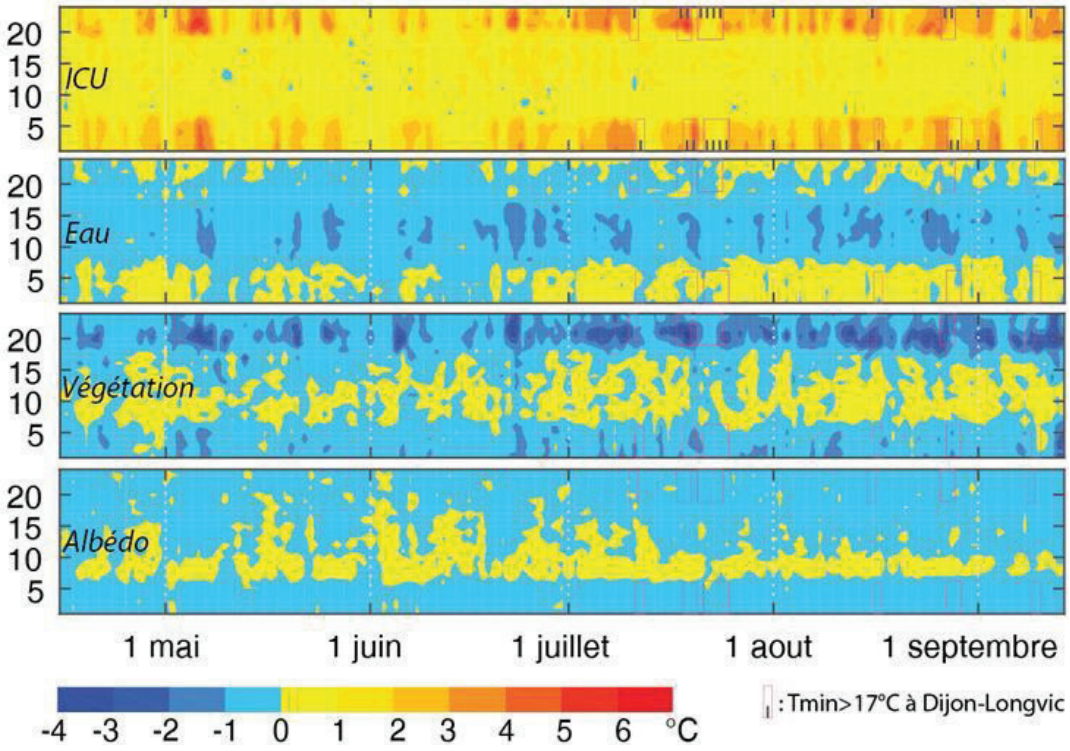

Figure 5. Valeurs horaires des indices (15 avril 2016 – 14 septembre 2016)

A noter qu'il n'y a pas systématiquement correspondance entre nuits chaudes et fort ICU. Lors de l'épisode chaud du 18-19 juillet, l'ICU est fort, de l'ordre de 4°C. En revanche, les 21-24 juillet, la température nocturne du centre-ville n'a été plus élevée que de 2°C. Lors de ces mêmes onze nuits, on peut observer l'effet de la végétation (Fig 5c). Dans le parc de la Colombière, cet effet a été maximal lors des mêmes nuits (18 et 19 juillet). En début de nuit, la température est 3 voir 4°C inférieure à celle observée à quelques centaines de mètres, non loin de la rivière également, rue du Gougeon.

Afin de comprendre le caractère intermittent de ces phénomènes, les valeurs quotidiennes des quatre indices (pour rappel : moyennes des valeurs horaires sur la tranche 20h-23h) sont corrélées aux conditions météorologiques qui ont prévalu dans l'après midi, calculées sur la tranche six-horaire 14h-19h. Pour faciliter les comparaisons, les corrélations ont été calculées sur les valeurs opposées des trois indices fraîchissants (*Végétation*, *Eau* et *Albédo*).

Le fait que les corrélations soient quasi systématiquement de même signe (hormis avec vent zonal et humidité spécifique) confirme que l'effet rafraîchissant intervient bien dans les mêmes conditions que celles conditionnant le développement d'un ICU. A Dijon-Longvic, ou au point de grille SAFRAN correspondant, ces conditions sont : forte insolation, excellente visibilité, rayonnement global et températures élevées par forte pression, fortes évapotranspirations potentielle et réelle (Fig 6). *A contrario* les valeurs de précipitation, de ruissellement, d'humidité dans le sol et d'humidité relative de l'air sont faibles. Le vent méridien est faible également. L'ensemble peut se résumer par beau temps chaud et ensoleillé par temps calme sous conditions anticycloniques. L'albédo semble avoir un comportement légèrement différent des autres indices. Mais, comme indiqué par la corrélation avec le vent zonal, ces corrélations spécifiques sont peut-être liées à des écoulements d'air à micro-échelle se produisant sur l'esplanade de la gare et non attribuables à la couleur des surfaces en tant que telle.

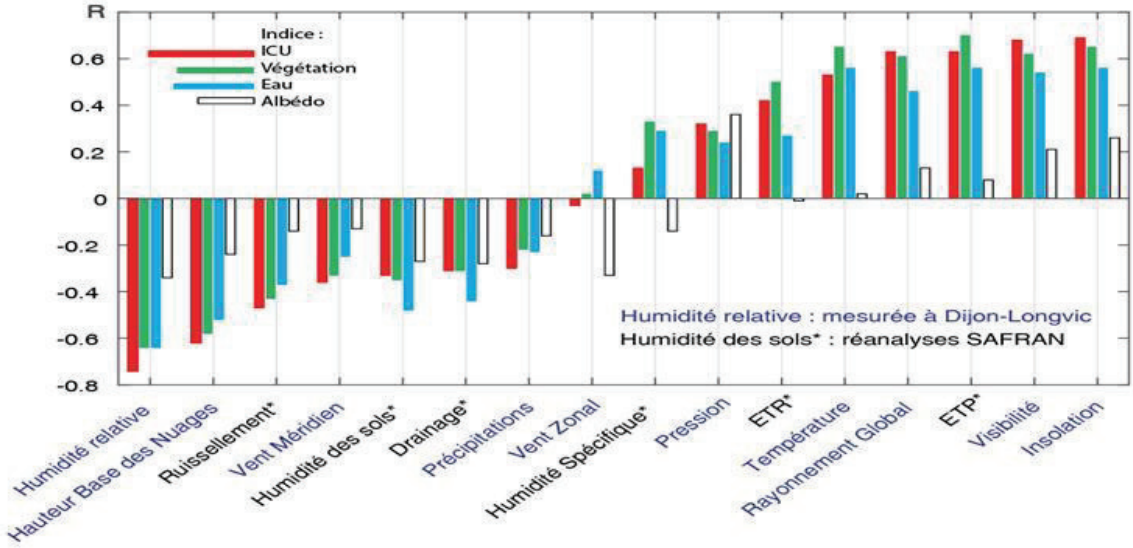

Figure 6. Corrélations entre valeurs quotidiennes (20h-23h) des quatre indices et des conditions météorologiques (14h-19h) sur la période 15 avril 2016 – 14 septembre 2016

Conclusion

Le réseau MUSTARDijon donne quelques indications en termes de leviers d'adaptation au changement climatique et de leurs potentiels respectifs. Développer la présence de l'eau, lorsque cela est possible, ne peut réduire l'ICU nocturne. L'effet rafraîchissant de l'eau est strictement diurne. Jouer sur l'albédo, en remplaçant des surfaces sombres (type bitume) par des surfaces claires (type béton désactivé), opération fréquemment réalisée par les agglomérations dans le cadre de réaffectations de voirie, permet de réduire l'ICU. Mais très peu. Ces opérations ne peuvent être envisagées comme exclusivement destinées à réduire la température et à améliorer le confort thermique. Le principal levier d'action réside dans la végétalisation. Dans un parc urbain de 33 ha l'effet de l'ICU a quasi disparu. Créer des parcs de cette taille n'est pas réaliste, mais leur présence (merci aux générations passées) permet de mesurer ce que la végétation peut apporter en ville en termes de confort thermique. Cela peut aussi donner des idées aux aménageurs pour que la végétation en ville ne se limite pas aux parcs et à quelques alignements d'arbres le long de la voirie. Cela nécessite préalablement de mieux comprendre les effets de la surface, de la hauteur

(herbacées, buissons, arbres) et de la forme (bosquets, alignements, fractal) des éléments végétaux.

Les mesures *in situ*, si rigoureuses et fiables soient-elles, posent la question de la transposabilité des résultats. Les quatre indices élaborés, s'ils décrivent bien des effets locaux, sont-ils adaptés pour définir des ordres de grandeurs applicables en tout point de l'agglomération? Pour vérifier ceci, plutôt que de multiplier à l'infini les points de mesure, on peut recourir à la modélisation. Un exercice de ce type a été réalisé concernant l'albédo (Vairet, 2016). Les résultats sont en accord avec ce qui est observé : le potentiel rafraîchissant de l'albédo est limité à quelques dixièmes de degrés. Des simulations de ce type sont en cours concernant l'effet du végétal. Une mise en eau de Dijon n'est pas programmée ! Des scénarios de croissance et d'évolution de la morphologie urbaine intégrant (ou non) plus de végétal sont en cours d'élaboration. Des travaux conduits sur Strasbourg montrent que ces évolutions devraient vraisemblablement être majeures pour infléchir de manière significative l'ICU (Kohler *et al.*, 2016).

Remerciements

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

Bibliographie

Colombert M., Boudes P., 2012 : Adaptation aux changements climatiques en milieu urbain et approche globale des trames vertes. *Vertigo*, Hors-série **12**.

Emmanuel R., Krüger E., 2012: Urban heat island and its impact on climate change resilience in a shrinking city: The case of Glasgow, UK. *Building and Environment*, **53,** 137-149.

de Lapparent B., Roux J., Richard Y., Pohl B., Bientz S., Codet-Hache O., Dumaitre F., Toussaint H., Tissot A.-C., Thévenin D., Thévenin T., 2015 : Mesures de la température et spatialisation de l'îlot de chaleur urbain à Dijon. *Actes du XXVIIIe Colloque de l'Association Internationale de Climatologie*, Liège, 257-262.

El Jai B., Pruneau D., 2015 : Favoriser la restauration de la biodiversité en milieu urbain : les facteurs de réussite dans le cadre de quatre projets de restauration. *Vertigo*, **15**.

Hallegatte S., 2008: Adaptation to Climate change: Do not count on climate scientists to do your work, Reg-Markets Center, Related Publication 08-01.

Kohler M., Tannier C., Blond N., Aguejdad R., Clappier A., 2016: Impacts of several urban-sprawl countermeasures on building (space heating) energy demands and urban heat island intensities. A case study. *Urban Climate*, http://dx.doi.org/10.1016/j.uclim.2016.12.006

Li D., Bou-Zeid E., 2013: Synergistic Interactions between Urban Heat Islands and Heat Waves: The Impact in Cities Is Larger than the Sum of Its Parts*. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, **52**, 2051-2064.

Oke T.R., 1982: The energetic basis of the Urban Heat Island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **108**, 2-24.

Soubeyroux J.M., Martin É., Franchisteguy L., Habets F., Noilhan J., Baillon M., Regimbeau F., Vidal J-P., LeMoigne P., Morel S., 2008 : Safran-Isba-Modcou (SIM) : Un outil pour le suivi hydrométéorologique opérationnel et les études, *La Météorologie*, **63**, 40-45.

Vairet T., 2016 : *Urbanisme et îlot de chaleur urbain : mécanisme et leviers d'action*. Mémoire de Master. Dijon, 94 pp.