

COOLPARKS : OBSERVATION DU RAFRAÎCHISSEMENT D'UN PARC NANTAIS AU-DELÀ DE SON ENCEINTE

Jérémy BERNARD ¹, Adrien GROS ², Auline Rodler ³, Benjamin Morille ⁴, Marjorie Musy ⁵,
Pascal Kéavec ⁶, Sihem Guernouti ⁷

¹ Université de Göteborg et chercheur associé au Lab-STICC, Guldhedsgatan 5a - 41320 Göteborg, jeremy.bernard@gu.se

² Soleneos et Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville, 1 rue de la Noé – 44300 Nantes

³ Cerema Ouest, Équipe BPE et Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville, 9 rue René Viviani – 44262 Nantes

⁴ Soleneos et Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville, 1 rue de la Noé – 44300 Nantes

⁵ Cerema Ouest, Équipe BPE et Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville, 9 rue René Viviani – 44262 Nantes

⁶ Laboratoire de recherche en Hydrodynamique, Énergétique et Environnement Atmosphérique, 1 rue de la Noé – 44300 Nantes

⁷ Cerema Ouest, Équipe BPE et Institut de Recherche en Sciences et Techniques de la Ville, 9 rue René Viviani – 44262 Nantes

Résumé : L'intensité du rafraîchissement généré par les parcs et la distance à laquelle il peut être observé varient selon la composition des parcs et la morphologie urbaine du quartier qui les entoure. Pour étudier ces phénomènes, des mesures mobiles de température d'air sont réalisées à l'intérieur et autour du parc de Procé (Nantes). Des différences de température importantes (environ 1°C pendant la journée et jusqu'à 2.5°C pendant la nuit) sont observées à la fin du printemps entre le parc et ses alentours (moins de 300 m de l'enceinte). La température de l'air des rues alentour semble dépendante de leurs caractéristiques urbaines. L'humidité des sols semble être un paramètre important sur la différenciation climatique à l'intérieur du parc mais également entre le parc et ses alentours.

Mots-Clés : rafraîchissement, mesures mobiles, parc urbain

Abstract: Parc land cover and the surrounding urban morphology of the buildings impact the cooling intensity and the distance where the cooling can be observed. This phenomenon is investigated through mobile air temperature measurements within and around the Proce Park (France). At the end of the spring, large temperature differences (about 1°C during the day and up to 2.5°C during the night) are observed between the park and its surroundings (up to 300 m from its boundary). The air temperature within the surrounding streets seems to be dependent of their morphology. The soil humidity seems to be an major parameter to observe temperature variability within the park as well as in the urban surroundings.

Key-words : cooling, mobile measurement, urban park

Introduction

Rafraîchir les villes est une action d'adaptation au changement climatique permettant de limiter l'impact des canicules sur les citoyens. De nombreuses solutions sont étudiées pour améliorer le confort thermique extérieur (Santamouris et al. 2017). Certaines solutions sont relativement techniques (modification de l'albédo, arrosage de chaussées, utilisation de matériaux à changement de phase, utilisation de fontaines, d'asperseurs, de miroirs d'eau, etc.) tandis que d'autres sont fondées sur la nature et plus particulièrement sur la végétation (parcs, toitures ou façades végétalisées, arbres d'alignement, etc.). Les parcs urbains sont des cas particuliers de solutions puisqu'ils représentent des espaces aux propriétés proches de celles d'un

espace rural mais sont intégrés dans le tissu urbain. Cette discontinuité géographique peut être plus ou moins prononcée selon la densité de bâtiments et de végétation du quartier dans lequel les parcs se trouvent et de fait engendrer une discontinuité micro-climatique qui pourra elle aussi être importante. De nombreuses études ont identifié que l'air frais généré par les parcs urbains était transporté dans leur environnement bâti et qu'un rafraîchissement pouvait être mesuré au-delà de leur enceinte jusqu'à une distance équivalente à la largeur du parc (Jauregui 1990; Cao et al. 2010). L'intensité du rafraîchissement est cependant dépendante de la composition du parc et la surface bâtie impactée par le rafraîchissement est dépendante de la morphologie des rues dans lesquelles l'air va se propager (Bernard et al. 2018). Dans le cadre du projet CoolParks, des mesures mobiles de température d'air sont mises en œuvre à l'intérieur et autour d'un parc nantais pour évaluer (i) l'effet de la composition du parc sur sa température (variabilité au sein du parc) et (ii) l'effet de la morphologie du bâti alentour au parc sur le transport d'air frais.

1 Données

1.1 Cas d'étude

Le parc de Procé (Figure 1) a été choisi comme cas d'étude du fait de ses caractéristiques et également de celles de ses alentours urbains. En effet, (i) sa taille est relativement importante ($>100'000 \text{ m}^2$) et ses alentours suffisamment densément bâtis pour créer une réelle discontinuité géographique et donc microclimatique, (ii) sa composition est relativement diversifiée (présence de bosquets d'arbres, de larges pelouses ouvertes au ciel, d'espaces d'eau) et (iii) plusieurs rues perpendiculaires aux limites de parc sont relativement homogènes en leur sein, permettant de minimiser les effets micro-climatiques attribuables à des variations géographiques plutôt qu'à un effet de distance au parc.

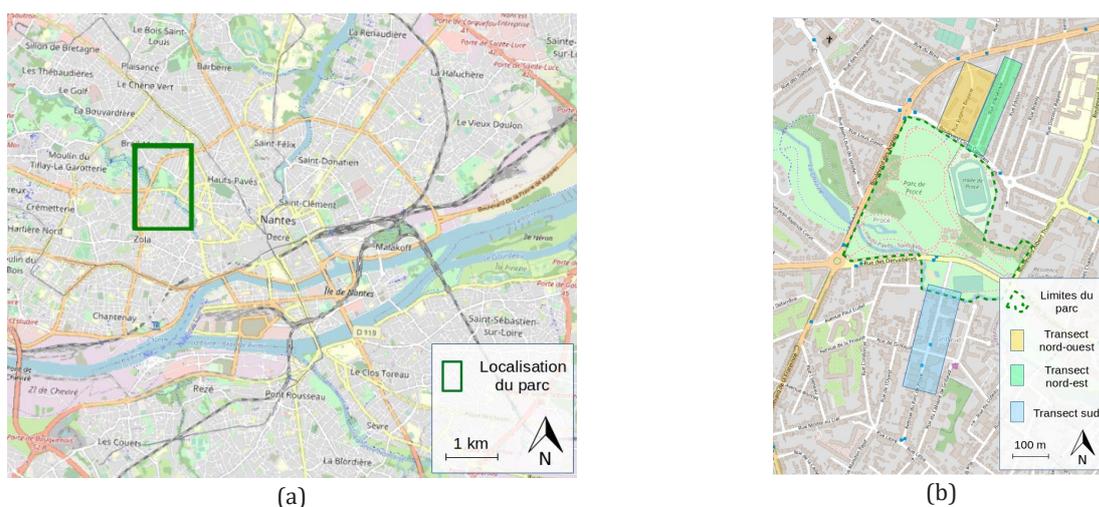


figure 1 : Localisation (a) du site d'étude et (b) des zones (parc et transects) où les mesures mobiles sont réalisées

1.2 Matériel

Cinq stations de mesure mobiles ont été développées par le Laboratoire de Recherche en Hydrodynamique, Énergétique et Environnement Atmosphérique (LHEEA) pour le besoin des campagnes de CoolParks. Elles sont composées d'un capteur de température (thermo-hygromètre Rotronic HC2S3 dont la sonde de mesure de température est de type Pt100 avec une précision de 0.1°C) et d'un capteur de vitesse de vent selon ses deux composantes horizontales (anémomètre ultra-sonique 2D LCJ Capteurs SONIC-ANEMO-MICRO). Le capteur de température est protégé du rayonnement solaire par l'abri Davis PN7714 qui a été choisi pour sa faible sensibilité au rayonnement (Lacombe et al. 2011; Bernard et al. 2019). Les capteurs sont reliés à un boîtier d'acquisition et l'ensemble est fixé sur un trépied permettant de régler la hauteur de

mesure entre 1,1 et 3,1 m. Pour les campagnes de mesure, le trépied a été réglé de façon à mesurer la température de l'air à 2 m (et donc le vent à environ 2,50 m).

Préalablement aux mesures, plusieurs campagnes de caractérisation du matériel ont été réalisées. Elles ont permis de (i) vérifier qu'en l'absence de rayonnement solaire, la différence de température mesurée entre deux stations situées côte à côte ne dépasse pas la précision du capteur (0.1 °C), (ii) vérifier qu'en présence du soleil et sous un vent inférieur à 1 m/s (0.77 m/s en moyenne) la différence de température mesurée entre une station à l'ombre et une station au soleil ne dépasse pas 0.2 °C (iii) évaluer la constante de temps du système {abri + capteur} à environ 3 minutes sous un vent de vitesse moyenne de 0.7 m/s.

1.3 Sites de mesure

Les campagnes étant des mesures mobiles, il est nécessaire de déplacer les stations puis de laisser le capteur converger à la température du nouveau site. Neuf sites de mesure situés à l'intérieur du parc de Procé ont été identifiés. Leur localisation a été choisie afin de représenter la diversité de composition du parc (surfaces d'eau, végétation basse ouverte au ciel, végétation arborée plus ou moins dense) et également sa topographie (Figure 2). Les sites ont ainsi été répartis dans des environnements de composition différente en haut et en bas du parc. La localisation précise des sites pour chaque campagne est présentée en même temps que les résultats (Figures 4 et 5).

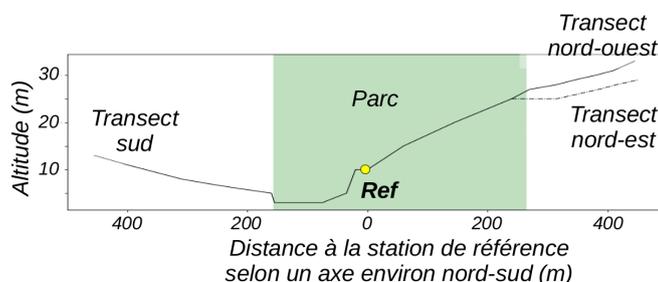


figure 2 : Topographie du parc de Procé et de ses alentours selon un transect nord sud parallèle aux transects de mesure (cf. Figure 1)

Pour caractériser le transport de fraîcheur hors des limites du parc, trois transects ont été choisis. Ceux-ci sont situés au nord et au sud du parc et ont une direction nord/nord-est (cf. Figure 1). Le choix de ces transects a été motivé par trois raisons : (i) la direction correspond à la direction de vent principale lorsque les conditions météorologiques sont propices à l'observation d'importantes différences de température pour la ville de Nantes (Bernard, 2017), (ii) Les rues sont relativement homogènes sur toute leur longueur au vu des caractéristiques pouvant principalement influencer sur le microclimat (présence ou non d'arbres d'alignement, hauteur et distribution des bâtiments), (iii) les deux transects nord sont adjacents et ont des morphologies contrastées (une rue canyon fortement minéralisée - Figure 3a, transect nord-est - et une rue composée d'immeubles détachés et de jardins arborés - Figure 3b, transect nord-ouest). Ce dernier point permet d'appréhender l'effet de la morphologie sur le transport de fraîcheur. Le transect sud est également une rue canyon mais de rapport d'aspect supérieur au canyon situé au nord du parc et arborée de part et d'autre de la chaussée (Figure 3c).

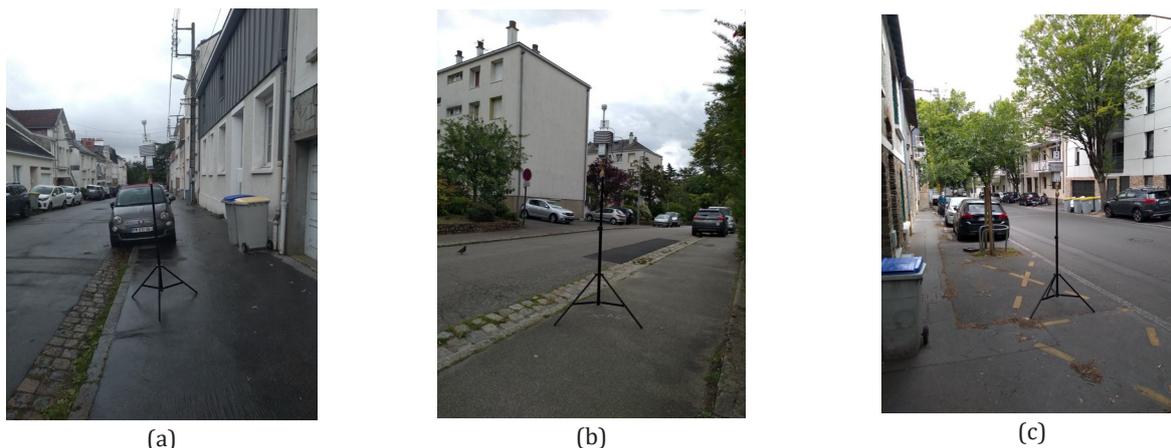


figure 3 : Photo des trois transects (a) rue canyon du transect nord-est (b) immeubles détachés du transect nord-ouest et (c) de la rue canyon du transect sud

Chacun de ces transects est caractérisé par 6 sites de mesure uniformément répartis le long de la rue (tous les 30 à 50 m). Comme pour les sites localisés à l'intérieur du parc, leur position est sujette à modification et leur localisation exacte est présentée en même temps que les résultats des campagnes.

1.4 Périodes de mesure

Les campagnes de mesures étant ponctuelles, il était nécessaire de définir les conditions météorologiques ainsi que les plages horaires diurnes et nocturnes propices à la réalisation de la mesure. Pour cela, des mesures fixes de température de l'air réalisées durant plusieurs années dans des parcs nantais et leur environnement urbain ont été analysées (Bernard et al. 2020). Plusieurs périodes diurnes d'environ deux heures ont été identifiées pour chaque saison. Pour chaque « combinaison {période, saison}, les conditions météorologiques permettant de maximiser le rafraîchissement des parcs ou la diffusion de fraîcheur dans leur environnement proche ont également été identifiées. Les campagnes sont organisées lorsque ces conditions semblent réunies.

Trois journées de mesure ont été réalisées en 2021 : les 26 et 27 mai (printemps) et le 28 août (été). La journée du 26 mai n'étant pas satisfaisante sur le plan météorologique (averses), seuls les résultats des journées du 27 mai et 28 août sont présentés ici. Au printemps, les sols étaient plutôt humides (données Météo-France et relevés visuels des observateurs), le vent était relativement faible (entre 0,3 et 1,5 m/s sur sites à 2.5 m de hauteur), de direction changeante (sud en début de journée puis nord) et le soleil était majoritairement présent bien que ponctuellement caché par quelques nuages. En été, les sols étaient plus secs, la vitesse du vent plus importante (jusqu'à 2.5 m/s) et le soleil légèrement voilé presque toute la journée.

2 Méthode

La valeur mesurée par chaque capteur est relevée toutes les 30 secondes. Les cinq stations sont utilisées simultanément pour couvrir les sites de mesure de tous les transects en 2h. Toutes les stations sont déplacées sauf la station de référence (station 1) qui reste au centre du parc. On distingue 3 phases pour chaque site : (i) une phase de déplacement (3 à 5 minutes) où les stations sont transportées d'un site à l'autre, (ii) une phase de stabilisation (5 à 10 minutes) : les mesures ont lieu mais les valeurs relevées pour la température et l'humidité de l'air ne sont pas considérées comme valides en raison de la constante de temps du système {abri + capteur}, (iii) une phase de mesure (5 minutes) : la valeur médiane de température et d'humidité de l'air est calculée pour les 5 dernières minutes avant la nouvelle phase de mobilité. Le mode de la direction de vent et la vitesse moyenne sont calculés pour les 7 dernières minutes.

Pour minimiser l'effet du rayonnement sur les mesures, deux stratégies différentes ont été adoptées : lors des campagnes du 27 mai, les abris de toutes les stations devaient être soit au soleil ou soit à l'ombre en même temps. L'analyse des résultats de cette première campagne a mis en évidence que la différence de vitesse de vent entre deux sites pouvait parfois être importante, pouvant conduire à des erreurs de mesure de température plus conséquentes qu'initialement évaluées. Le protocole a donc été adapté pour les campagnes du 28 août : toutes les stations ont été placées à l'ombre, ce qui a entraîné une légère relocalisation de certains sites (déplacement inférieur à 50 m).

3 Résultats

3.1 Journée du 27 mai 2021

Lors de cette campagne, le parc est toujours plus froid que ses rues adjacentes (Figure 4). C'est particulièrement vrai en fin de matinée (environ 1°C de différence pendant la période PJ1) et pendant la nuit (jusqu'à 2.5°C pendant PN1). L'air chaud en provenance des rues semble transporté par le vent à l'intérieur du parc. Ce phénomène est particulièrement visible sur la partie sud du parc pendant PJ1 (vent du sud) et sur la partie nord du parc pendant PN1 (vent du nord). De la même manière, l'air frais du parc semble être transporté à l'extérieur de son enceinte et ce à toutes les périodes (en s'éloignant du parc avec le vent dans le dos, la température augmente progressivement). À l'intérieur du parc, seuls les espaces boisés (à l'est et à l'ouest du parc) se distinguent légèrement thermiquement (plus frais en fin de matinée - PJ1). En-dehors du parc, les deux rues canyons (transects sud et nord-est) sont plus chaudes que la rue composée d'immeubles détachés (transect nord-ouest), sauf en PJ2.

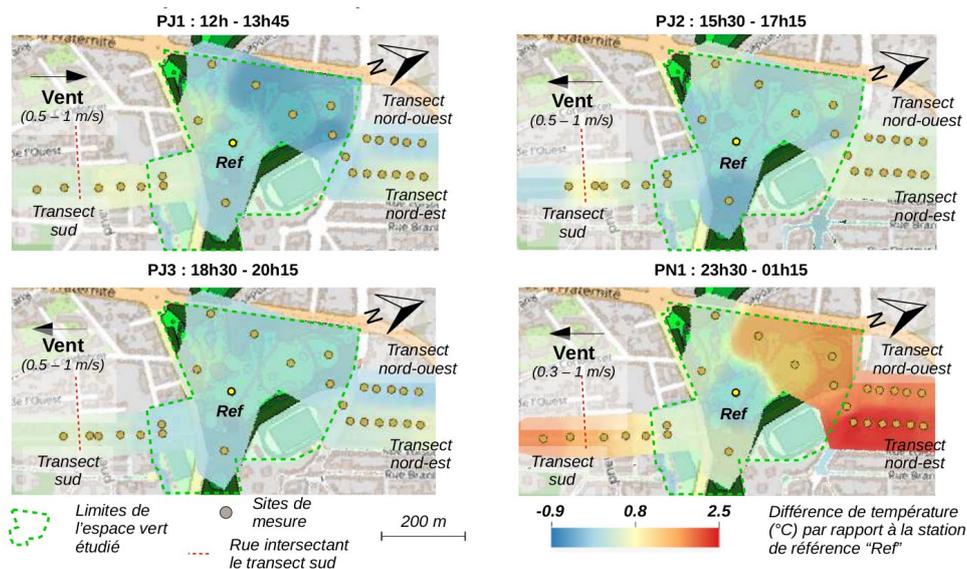


figure 4 : Cartographie de la température de l'air à l'intérieur et autour du parc de Procé au cours de la journée du 27 mai 2021 (interpolation des points par pondération inverse à la distance à la puissance 5 - horaires UTC)

3.2 Journée du 28 août 2021

Lors de cette deuxième campagne, le parc est plus frais que ses rues adjacentes seulement en fin de journée (PJ3) et pendant la nuit (PN1 - Figure 5). Il est difficile de juger qu'un réel effet de transfert d'énergie entre le parc et son environnement ait eu lieu (que ce soit en journée ou la nuit). À l'intérieur du parc, les espaces ouverts de haut de vallée (cf Figure 2) sont les plus chauds du parc en période de fort ensoleillement (PJ1 et PJ2) tandis que les espaces boisés de fond de vallée sont les plus frais pendant la nuit (PN1). Comme lors de la précédente campagne, la rue composée d'immeubles détachés et d'espaces de végétation basse est plus fraîche que les rues canyons sauf en milieu d'après-midi (PJ2).

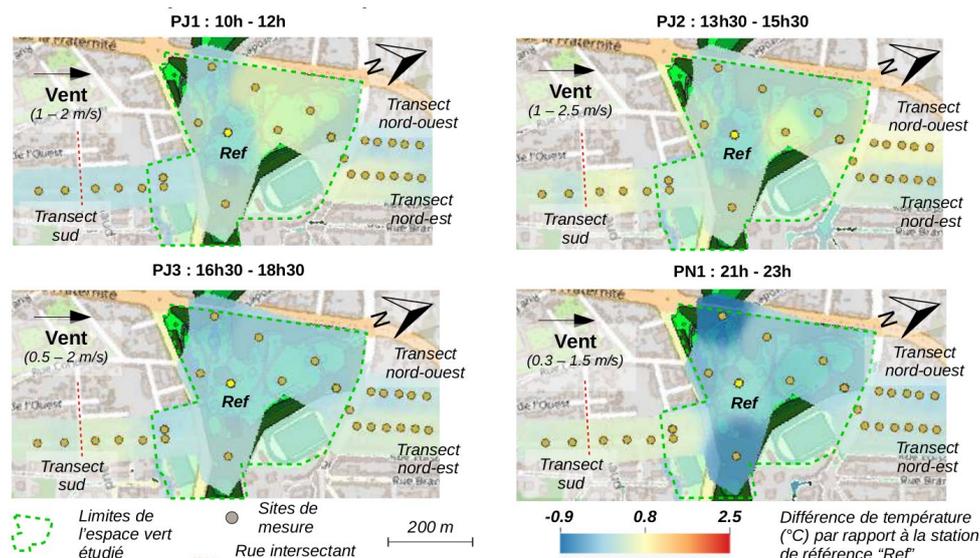


figure 5 : Cartographie de la température de l'air à l'intérieur et autour du parc de Procé au cours de la journée du 28 août 2021 (interpolation des points par pondération inverse à la distance à la puissance 5 - horaires UTC)

3.3 Observation commune aux deux journées

Le transect sud est intersecté par une rue est-ouest avant le (ou les) dernier(s) point(s) de mesure (Figure 4 et 5). En fin de matinée et en début d'après-midi (respectivement PJ1 et PJ2), cette intersection rafraîchit le transect en aval du vent. Ceci est plus particulièrement visible la journée du 27 mai 2021 (Figure 4) : (i) pour la période PJ1, la température augmente avec la distance au parc (couleur jaune) puis diminue légèrement en amont de l'intersection (couleur verte), (ii) pour la période PJ2, la température augmente avec la distance au parc (couleur jaune) puis diminue plus fortement après l'intersection (couleur bleue).

4 Conclusion

À l'intérieur du parc, l'humidité des sols semble avoir un effet important sur la capacité du parc à refroidir tant son enceinte que son environnement urbain : (i) des différences de température plus importantes entre le parc et son environnement ont été observées au printemps lorsque les sols étaient plus humides (ii) en été, la température plus importante dans les espaces ouverts du haut de vallée en fin de matinée peut également résulter de sols plus secs et donc qui se réchauffent plus rapidement.

À l'extérieur du parc, excepté en milieu de journée (PJ2), l'organisation du bâti en immeubles détachés semble propice à une température plus basse. Deux hypothèses sont proposées pour expliquer cette observation (i) ce type de tissu urbain permet un meilleur transport d'air frais issu du parc ou (ii) un microclimat plus frais se développe naturellement dans cette rue au facteur de vue du ciel et à la densité de végétation basse plus élevés (impliquant respectivement un rayonnement descendant plus faible et un moindre stockage de chaleur par rapport à un sol asphalté).

Remerciements : Ces travaux de recherche ont été produits dans le cadre du projet CoolParks co-financé par l'ADEME (N°1917C0002). Nous tenons à remercier les équipes de bénévoles qui ont pris le temps de participer aux campagnes de mesure, les agents des services de Nantes Métropoles et du SEVE de la ville de Nantes qui nous appuient dans le projet CoolParks.

Bibliographie

- Bernard, Jeremy. 2017. « Signature géographique et météorologique des variations spatiales et temporelles de la température de l'air au sein d'une zone urbaine ». Thèses, École centrale de Nantes. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01449935>.
- Bernard, Jérémy, P. Bodenan, P. Keravec, Benjamin Morille, et Auline Rodler. 2020. « Outil d'alerte pour identifier les périodes propices au rafraîchissement des parcs ». *33ème colloque de l'association internationale de climatologie - Changement climatique et territoires*, Jul 2020, Rennes, France.
- Bernard, Jérémy, Auline Rodler, Benjamin Morille, et Xueyao Zhang. 2018. « How to Design a Park and Its Surrounding Urban Morphology to Optimize the Spreading of Cool Air? » *Climate* 6 (1): 10.
- Bernard, Jérémy, Pascal Kéreve, Benjamin Morille, Erwan Bocher, Marjorie Musy, et Isabelle Calmet. 2019. « Outdoor Air Temperature Measurement: A Semi-Empirical Model to Characterize Shelter Performance ». *Climate* 7 (2). <https://doi.org/10.3390/cli7020026>.
- Cao, Xin, Akio Onishi, Jin Chen, et Hidefumi Imura. 2010. « Quantifying the cool island intensity of urban parks using ASTER and IKONOS data ». *Landscape and urban planning* 96 (4): 224–231.
- Jauregui, E. 1990. « Influence of a Large Urban Park on Temperature and Convective Precipitation in a Tropical City ». *Energy and Buildings* 15 (3): 457-63. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(90\)90021-A](https://doi.org/10.1016/0378-7788(90)90021-A).
- Lacombe, M, D Bousri, M Leroy, et M Mezred. 2011. « WMO Field Intercomparison of Thermometer Screens/Shields and Humidity Measuring Instruments, Ghardaia, Algeria, November 2008–October 2009 ». Instruments and observing methods report. World Meteorological Organization.
- Santamouris, M., L. Ding, F. Fiorito, P. Oldfield, Paul Osmond, R. Paolini, Prasad, et A. Synnefa. 2017. « Passive and active cooling for the outdoor built environment—Analysis and assessment of the cooling potential of mitigation technologies using performance data from 220 large scale projects ». *Solar Energy* 154: 14–33.