



HAL
open science

Campagne de mesures mobiles pour caractériser l'ICU d'été de la ville de Casablanca (Maroc)

Nassima Hassani, Saïd Sghir, Sébastien Lebaut, Gilles Drogue

► **To cite this version:**

Nassima Hassani, Saïd Sghir, Sébastien Lebaut, Gilles Drogue. Campagne de mesures mobiles pour caractériser l'ICU d'été de la ville de Casablanca (Maroc) : premiers résultats. Colloque international : "Les ressources naturelles au Maroc : politiques de gestion et enjeux de développement", Oct 2019, Casablanca, Maroc. hal-03140935

HAL Id: hal-03140935

<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03140935>

Submitted on 15 Feb 2021

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.

Campagne de mesures mobiles pour caractériser l'ICU d'été de la ville de Casablanca (Maroc) : premiers résultats

*Hassani N., **Sghir S., *Lebaut S., *Drogue G.,

(1) Centre de Recherche en Géographie (LOTERR EA 7304), Université de Lorraine, Ile du Saulcy - BP 60228 57045 Metz cedex 01 (nassima.hassani@univ-lorraine.fr).

(2) Laboratoire de recherche en développement territorial, énergétique et environnemental (RDT2E), Université Sultan Moulay Slimane, Hay Ezzaitoune - BP 145, 25000 Khouiriba.

Résumé :

L'îlot de chaleur urbain (ICU) est un phénomène qui renvoie à l'augmentation de la température dans les milieux urbains qui deviennent plus chauds que les zones rurales moins denses, entraînant ainsi un inconfort thermique, une surmortalité des personnes vulnérables ainsi qu'une dégradation de la qualité de l'air. La présente étude vise à observer et analyser l'ICU de la ville de Casablanca à l'aide d'une méthode de mesures mobiles. Cette méthode nécessite l'utilisation d'une station météorologique permettant de recueillir des données microclimatiques et d'un dispositif GPS assurant l'enregistrement des itinéraires suivis, tous deux montés sur une voiture. Des campagnes de mesure ont été conduites le 12, le 16 et le 17 juillet 2019 avec pour cadre plusieurs secteurs de la ville suivant des transects urbains choisis au préalable. L'objectif était de relever la température de l'air dans différentes typologies urbaines telles que le centre-ville, des parcs et jardins, des zones industrielles ou commerciales... en vue d'identifier l'influence de la végétation et des zones aquatiques sur l'intensité de l'ICU casablancais. Ce dernier est estimé entre 2°C à 4°C pendant les nuits de beau temps, avec une intensité accrue au sein des zones industrielles et des zones urbaines denses au cœur de la ville.

Mots-clés : *Ilot de chaleur urbain, Température, Humidité relative, campagne de mesures mobiles, Casablanca.*

Absract:

The urban heat island (UHI) is a phenomenon referring to the increase in temperature in urban areas that become warmer than the less densely populated rural areas, thus causing thermal discomfort, excess mortality for the vulnerable people, as well as a deterioration of the air's quality. The present study aims to observe and analyze the UHI of the city of Casablanca using a mobile measurement method, with the help of a meteorological station collecting microclimatic data and a GPS device recording the routes followed, both mounted on a car. Measurement campaigns were carried out on July, 12th, 16th and 17th of 2019 in several areas of the city following previously selected urban transects. The objective was to measure the temperature of the air in different types of urban forms such as the city center, parks and gardens, industrial or commercial zones ... in order to identify the influence of vegetation and aquatic areas. Regarding its intensity, the local UHI is estimated between 2 ° C and 4 ° C during clear weather nights, with a greater intensity in industrial and dense urban areas in the heart of the city.

Keywords: *Urban heat island, Temperature, Relative humidity, mobile measurement campaign, Casablanca.*

Introduction

Les villes du monde ont connu une urbanisation accélérée depuis la révolution industrielle, en particulier les grandes et moyennes villes des pays industrialisés. Si elle a été propice au développement économique et social, cette urbanisation rapide a aussi contribué à l'apparition des nombreux problèmes environnementaux dont le dérèglement climatique, qui est un phénomène global aux multiples facettes.

Ainsi, selon l'Organisation Mondiale de la Météorologie (OMM), les cinq dernières années (2015- 2019) ont été successivement les plus chaudes jamais enregistrées depuis le début des relevées de températures (OMM, 2019). Plus précisément, le Groupe Intergouvernemental sur le Climat (GIEC) expose dans son rapport d'octobre 2018 un réchauffement global mesuré à 1,5°C au-dessus des seuils de la période préindustrielle (rapport GIEC, 2018). Cela s'explique en grande partie par les émissions de gaz à effet de serre engendrées par les activités humaines. Or, le changement climatique est susceptible de renforcer l'intensité et la fréquence des événements climatiques extrêmes, dont les épisodes caniculaires et les vagues de chaleur.

En ce qui concerne les villes, ce réchauffement climatique associé à l'urbanisation croissante, conduit à intensifier le phénomène de réchauffement thermique en milieu urbain connu sous le nom d'Îlot de Chaleur Urbain (ICU). Ce phénomène est typiquement caractérisé par un écart de température entre une zone urbaine plus chaude et des zones rurales ou forestières environnantes plus fraîches (Oke, 1973). Or, l'apparition et l'intensification de l'ICU sont liées à l'artificialisation des surfaces au sol. En effet, l'urbanisation intense et rapide des villes a généré des modifications dans la nature des sols : les sols qui étaient autrefois des surfaces naturelles sont devenus artificiels et carencés en végétation et en eau, freinant ainsi les processus d'évaporation et d'évapo-transpiration, qui jouent le rôle de rafraichisseurs climatiques.

L'intensité de l'ICU est également liée aux matériaux de construction utilisés dans les villes, ainsi qu'aux revêtements urbains. Ces matériaux ont généralement un faible albédo et une forte inertie thermique : ils absorbent et stockent la chaleur durant la journée et la restituent la nuit. De même, la rugosité de la ville est aussi l'un des facteurs contribuant à l'augmentation de la température car elle empêche la circulation de l'air et piège la chaleur à l'intérieur de la ville (Rizwan, Dennis et Liu, 2008).

La présente étude cherche à caractériser l'ICU d'été dans la ville de Casablanca. L'objectif est d'analyser et spatialiser les fluctuations thermiques au sein de l'aire urbaine par la collecte de données microclimatiques. Il s'agit ainsi d'établir l'influence qu'induisent les différentes typologies urbaines sur les variations locales des paramètres météorologiques comme la température de l'air et l'humidité relative. A cette fin, la méthode utilisée est celle des mesures mobiles sur des itinéraires traversant l'aire urbaine à trois moments de la journée : à l'aube, en fin d'après-midi et après le coucher du soleil.

1. Zone d'étude

La métropole du Grand de Casablanca est située dans le centre-ouest du pays sur la côte atlantique (latitude 33° 35' 17 N, longitude -7° 36' 40 O) et constitue la plus grande métropole du territoire marocain et sa capitale économique avec une population de 4,27 millions d'habitants (HCP, 2014) pour une superficie de 1 615 km² (Figure 1). Elle comprend les villes de Casablanca et Mohammédia et les deux provinces de Nouaceur et Médiouna. Elle se caractérise par un climat méditerranéen de façade océanique influencé par les courants marins avec des étés chauds et secs et des hivers doux et humides (classification de Köppen : Csb). Les mois les plus chauds vont de juin à septembre avec une température maximale moyenne quotidienne allant de 24°C à 26°C.

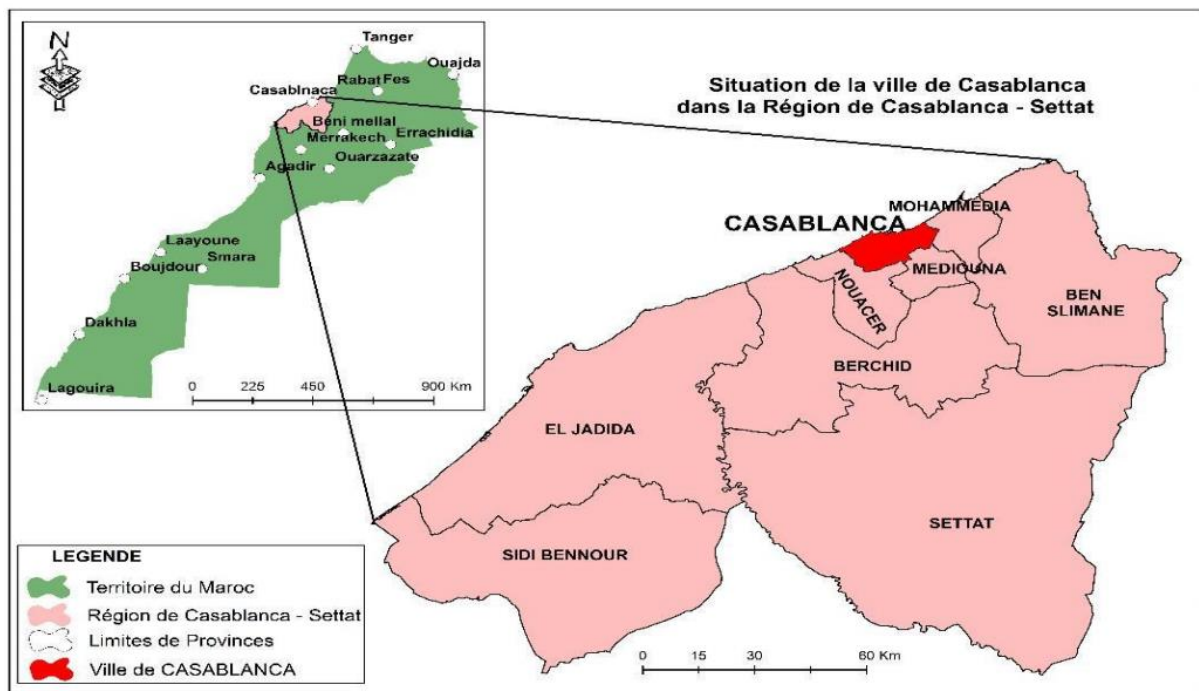


Figure 1 : Cartes montrant la zone d'étude du Grand Casablanca.

2. Matériel et méthode

La méthode d'observation par mesures mobiles a été développée en vue de renforcer la méthode par implantation d'un réseau de capteurs thermiques fixes, et ce, dans le but de mieux surveiller le microclimat des villes. En effet, cette méthode permet de compléter les points de mesures fixes afin de couvrir des zones non pourvues en stations météorologiques. De surcroît, elle offre la possibilité de collecter des données microclimatiques dans la couche de la canopée urbaine, facilitant ainsi l'observation des paramètres météorologiques au niveau des canyons urbains.

Le principe de cette méthode est de suivre des itinéraires traversant la ville jusqu'à la périphérie. Les mesures peuvent être réalisées, soit par l'utilisation d'un moyen de transport individuel (vélo, véhicule à moteur) ou collectif (bus, tramway), soit à pied (Leconte, 2014). Dans le cadre de notre étude, les campagnes de mesures sont effectuées à l'aide d'une voiture

équipée d'une station météorologique de type Kestrel 5500 et d'un GPS Garmin 600 (figure 2). Ces deux dispositifs sont fixés sur un mât à environ 2 mètres du sol qui est placé loin de toute source de chaleur propre au véhicule utilisé.

Cet équipement a ainsi permis d'effectuer des mesures sur des itinéraires traversant plusieurs secteurs de la métropole casablancaise. Toutefois, l'accès à certaines zones n'était pas possible avec un véhicule. Il en est ainsi des parcs, des jardins publics et des cours intérieures des lotissements, où, du fait de leur inaccessibilité en voiture, les mesures ont dû être effectuées à pied. Les données météorologiques (température de l'air et humidité relative) ainsi que les coordonnées GPS sont relevées toutes les cinq secondes tout au long des itinéraires suivis. Ajouté à cela, le véhicule roulait à des vitesses modérées pour que les données enregistrées par la station météorologique soient représentatives de chaque point enregistré par le GPS.



Figure 2 : à gauche la station Kestrel 5500 et à droite le GPS Garmin 600.

Toutefois, les données météorologiques visées ne sont pas relevées de façon synchrone sur les différents points de mesure puisqu'un seul véhicule équipé a été utilisé dans notre étude. Or, la température de l'air locale peut varier de quelques degrés entre le début et la fin du trajet. En effet, les trajets ayant une durée moyenne d'environ 60 à 90 minutes, cela engendre une variabilité temporelle qui ne peut pas être négligée. Il aurait été possible d'utiliser plusieurs véhicules équipés pour établir des mesures en simultané à différents points de la ville, mais cela requiert l'intervention d'une équipe de plusieurs personnes pour mener les campagnes de mesures, ainsi qu'un coût financier plus important. Pour pallier ce problème, une correction temporelle a alors été appliquée a posteriori en s'appuyant sur les données de référence collectées au début et à la fin des transects. L'objectif de cette manipulation est de traiter les données de chaque point comme si elles avaient été enregistrées au même moment, afin de pouvoir établir une comparaison entre elles.

3. Les itinéraires sélectionnés

La définition des critères de choix des itinéraires s'est faite en amont des campagnes de mesure sur le terrain. Les critères retenus impliquaient que les relevés devaient :

- Couvrir un grand nombre de typologies de quartiers (ancienne Médina, zone industrielle ou commerciale, habitat informel, habitat en transformation, habitat pavillonnaire, habitat colonial...).
- Emprunter différents types de voiries (boulevards, avenues, rues, ruelles...).
- Traverser une diversité d'espaces publics (parc, jardins, canyons urbains, squares...).

Après une mission de terrain réalisée le 21 et le 22 février 2019, plusieurs quartiers de la métropole casablancaise ont été visités afin de sélectionner les espaces urbains à parcourir pendant des campagnes de mesures mobiles dans le but de spatialiser l'ICU d'été.

Ainsi, trois itinéraires ont été suivis le 12, le 16 et le 17 juillet 2019 (figure 3). Les campagnes de mesures ont alors été effectuées à raison de deux par jour (journée de 24h). Une première session est exécutée en période diurne (fin de l'après-midi) dans le but de réaliser des mesures au moment où la température atteint son maximum journalier ; l'autre est menée en période nocturne (après le coucher de soleil), soit au moment où les bâtiments et les revêtements urbains restituent la chaleur stockée pendant la journée. Ce choix des intervalles d'intervention est basé sur les recherches bibliographiques consultées durant le travail de préparation faisant état du fait que le phénomène de l'ICU atteint son amplitude maximale après le coucher du soleil (Oke, 1987; Holmer, et al., 2007 ; Radfar, 2012).

Par ailleurs, pour optimiser l'analyse de l'ICU, les campagnes de mesures ont été conduites dans des conditions atmosphériques anticycloniques qui correspondent à un type de temps favorable à la mise en place de celui-ci. (Tableau 1).



Figure 3 : carte des itinéraires de transects du 12, 16 et 17 juillet 2019.

Date	Début de mesure	Début de mesure	Température (°C) (station DMN ¹)	Humidité relative (station DMN)	Vitesse du vent (m.s ⁻¹)	Direction de vent (°)	Pression
12/07/2019	16h23	18h40	24	68	8.5	340	1017hPa
12/07/2019	22h23	23h52	21	67	7	280	1017hPa
16/07/2019	16h36	17h41	23	66	12	360	1016hPa
16/07/2019	22h18	23h10	20	72	8.5	20	1016hPa
17/07/2019	15h18	16h58	23.5	59	13	20	1018hPa
17/07/2019	21h20	22h40	21	60	7	40	1017hPa

Tableau 1 : Récapitulatif des conditions météorologiques lors des campagnes de mesure mobiles.

Source : Infoclimat

4. Résultats

Pendant les campagnes de mesures mobiles, la chaleur artificielle générée par le trafic routier peut avoir pour effet d'augmenter les températures relevées et ainsi fausser les résultats. Afin de minimiser cet effet, les données microclimatiques enregistrées durant les moments où le véhicule était à l'arrêt ou circulait à une vitesse trop faible ou trop élevées ont été éliminées de la base de données.

4.1. La campagne de mesures du 12 juillet 2019

Les résultats de la campagne du 12 juillet 2019 sont présentés sur les figures 4 et 5. La première figure représente les résultats de la campagne diurne (de 16h20 à 18h40 heure locale), tandis que la deuxième figure illustre les résultats de la campagne nocturne, qui a été effectuée après le coucher du soleil (de 22h20 à 23h50 heure locale). L'itinéraire suivi durant ces deux sessions est d'une longueur d'environ 30km et d'une durée moyenne de 50 minutes, à une vitesse de 40 km/h.

L'écart de température constaté entre le point le plus chaud du parcours et le point le plus frais est de 7.7°C en période diurne et de 2.3°C en période nocturne. L'itinéraire a eu pour départ la zone d'activités de Sidi Barnoussi à l'est de la ville, puis il a traversé la ville en passant par différents quartiers et l'enregistrement des données a pris fin à l'ouest de la ville sur la côte atlantique.

D'après les résultats de la campagne diurne, on a constaté que la température relevée au début de l'itinéraire dans la zone côtière était relativement basse, variant entre 24°C à 27°C. La surchauffe du sol a en effet pour conséquence, d'attirer l'air venant de l'océan atlantique, car l'air surchauffé de la ville s'élève par ascendance thermique (phénomène de brise de mer). Un vent frais souffle ainsi de la mer vers l'intérieur des terres pour le remplacer. Ensuite, la température a augmenté progressivement en rentrant dans le centre de la ville en s'éloignant de

¹ DMN : Direction Météorologique Nationale de Casablanca.

Hassani N, Sghir S, Lebaut S, Drogue G. Campagne de mesures mobiles pour caractériser l'ICU d'été de la ville de Casablanca (Maroc)

la côte. Cela peut s'expliquer par les caractéristiques urbaines du centre-ville : un centre urbain très dense et un trafic important à l'exemple du quartier El Fidala. Enfin, la température a à nouveau commencé à baisser lentement dans la partie ouest de la ville à El Ouelfa ainsi qu'à la fin du parcours, soit à l'entrée du centre commercial Morocco Mall.



Figure 4 : résultats de la campagne diurne de l'itinéraire du 12 juillet 2019.

Les résultats de la campagne nocturne pour sa part (figure 5), indiquent que la température a été basse tout au long de l'itinéraire, avec une température maximale de 24.3°C. Cela s'explique par la survenue d'un déplacement des masses d'air inverse à celui qui se produit durant la journée. En effet, pendant la journée, l'air dans la ville chauffe plus vite qu'en mer, il est donc moins dense et s'élève par convection, ce qui a créé un vide en surface comblé par l'air frais provenant de la mer (brise de mer). Cependant, la nuit, après la renverse du soir, c'est l'inverse qui se produit : le sol et l'air au-dessus de la ville se refroidissent plus vite que l'océan dont la température varie peu du fait de son inertie thermique. Un vent de densité se dirigeant de la terre vers la mer se met alors en place (phénomène de brise de terre).

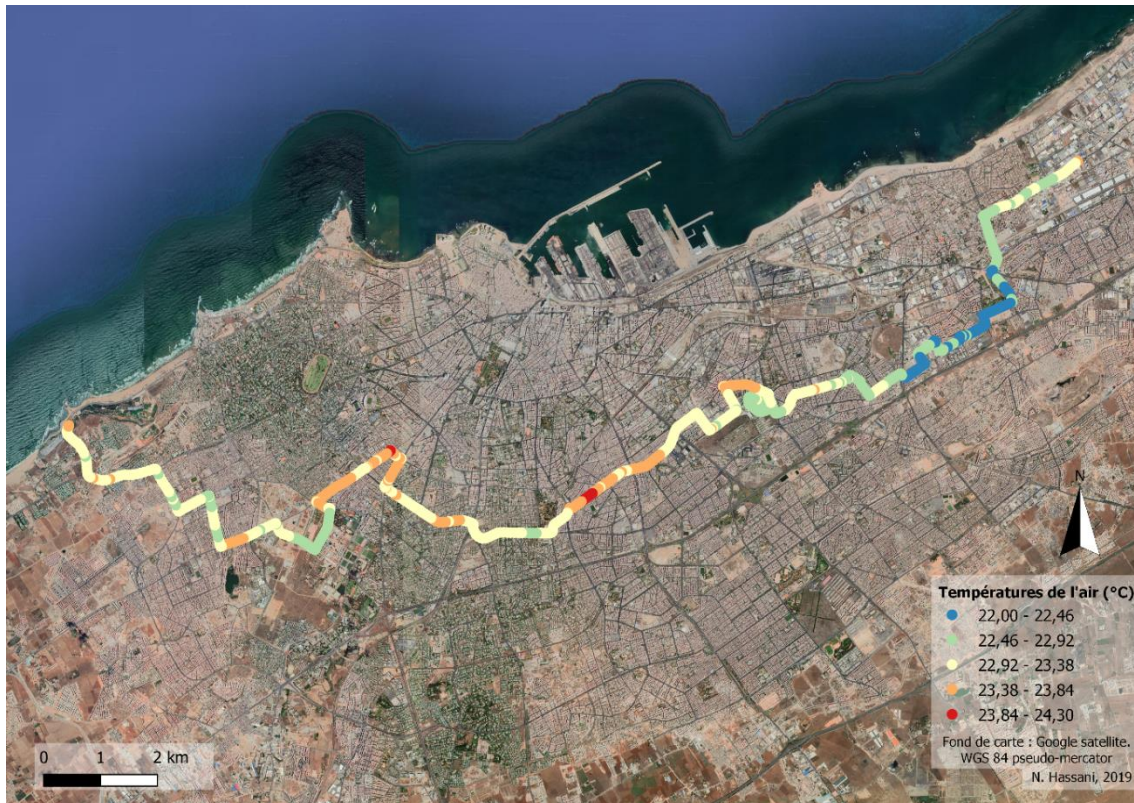


Figure 5 : résultats de la campagne nocturne de l'itinéraire du 12 juillet 2019.

4.2. La campagne de mesures du 16 juillet 2019

Le transect urbain suivi lors de la deuxième campagne de mesures est d'une longueur de 20 km environ. Il a débuté au niveau de la zone industrielle de la Roche Noire à l'est de la ville, pour ensuite traverser le centre-ville du tissu colonial, passer à côté du parc de la Ligue Arabe et finir au niveau de la rive atlantique à l'ouest. Cette campagne a duré un peu plus d'une heure avec une vitesse moyenne de 40 km/h.

Les figures ci-dessous (figures 6 et 7) représentent les variations dans la température de l'air enregistrées tout au long de l'itinéraire pendant la campagne diurne et la campagne nocturne. L'écart de température maximal enregistré au cours de la journée est de 3.9°C, tandis que l'écart nocturne est de 4.6°C.

D'après la session diurne (figure 6), on peut remarquer qu'au niveau de la zone de départ qui correspond à une zone d'industries lourdes, la température relevée est sensiblement plus élevée que dans le reste des zones parcourues. En effet, cette zone est très polluée et dépourvue de végétation. Par la suite, lorsque le trajet rejoint le centre-ville, la température commence à baisser et poursuit cette baisse jusqu'à la fin des mesures à l'ouest de la ville après avoir pénétré dans l'espace le moins dense (proche de la mer et pourvu de végétation).



Figure 6 : résultats de la campagne diurne de l'itinéraire du 16 juillet 2019.

D'après les résultats de la campagne nocturne (figure 7), la restitution de chaleur est beaucoup plus prononcée à l'ouest de la ville, notamment dans la zone industrielle de la Roche Noire. La température relevée dans cette zone varie en effet entre 26°C et 27°C. Ensuite, elle diminue de 1°C lors du passage au centre-ville. Puis, dans la suite de l'itinéraire, elle commence à baisser progressivement pour atteindre 22°C au parc de la Ligue Arabe. Enfin, la température reste modérée (22°C-23°C) à la fin de l'itinéraire à mesure que les relevés se rapprochent de la côte. C'est la moindre densité et la présence de végétation, ainsi que l'influence des courants marins qui jouent un rôle dans le rafraîchissement de cette zone.



Figure 7 : résultats de la campagne nocturne de l'itinéraire du 16 juillet 2019.

4.3. La campagne de mesures du 17 juillet 2019

Les résultats de l'itinéraire du 17 juillet sont présentés sur les figures 8 et 9. L'itinéraire suivi est d'une longueur de 17 km pour une durée d'une heure. Il a été parcouru à une vitesse moyenne de 40km/h. L'écart de température durant la période diurne entre le point le plus chaud et le point le plus frais de la ville est de 5.8°C, tandis que l'écart nocturne est de 3.9°C.

D'après les résultats de la première campagne (menée dans l'après-midi), on a pu constater une variabilité spatiale de la température relativement nette tout au long de l'itinéraire. En effet, les points frais sont relevés au début du parcours, qui correspond à l'esplanade de la mosquée Hassan II et la Médina. Cette fraîcheur se retrouve également au niveau du boulevard Sour Jdid et de la rue d'Alger, ainsi que dans le parc de la Ligue Arabe, ce qui s'explique par la présence d'alignements d'arbres, qui limitent l'exposition au rayonnement solaire. Par la suite, la température a commencé à augmenter pour atteindre sa valeur maximale quand l'itinéraire a emprunté le boulevard Brahim Roudani et le boulevard Abdelmoumen, tous deux caractérisés par une densité forte du trafic automobile. De même, on a pu remarquer également dans la deuxième partie de l'itinéraire au niveau des ronds-points une augmentation de température toujours à cause du trafic routier (couleur orange sur la carte). A la fin du parcours la température varie entre 26°C et 28°C.



Figure 8 : résultats de la campagne diurne de l'itinéraire du 17 juillet 2019.

D'après les résultats de la campagne nocturne (figure 9), la température est restée basse dans la zone coutière, qui correspond au début de l'itinéraire (entre l'esplanade de la mosquée Hassan II jusqu'au parc de la Ligue Arabe, en passant par la Médina), avec des relevés affichant 22°C à 24°C. C'est encore une fois l'air frais de la zone littoral qui explique cette fraîcheur. De même, le bâti ancien de la Médina qui est majoritairement de couleur blanche, a permis lui aussi d'apporter de la fraîcheur au cœur de la Médina par le fait qu'il stocke peu la chaleur durant la journée. Ensuite, l'itinéraire s'est poursuivi au cœur de la ville où la température a commencé à augmenter considérablement à cause de la densité urbaine, atteignant sa valeur maximale au niveau du quartier Sidi Othmane. Enfin, la température est restée relativement élevée à la fin du parcours près du siège de la préfecture de Ben M'Sick. Cela peut être dû au trafic puisque le siège de la préfecture est entouré de routes fréquentées. Aussi, ces relevés mettent en exergue le fait que la végétation présente dans le jardin de la préfecture n'a pas eu d'effet direct sur la température puisque celle-ci n'a pas diminué à sa proximité.

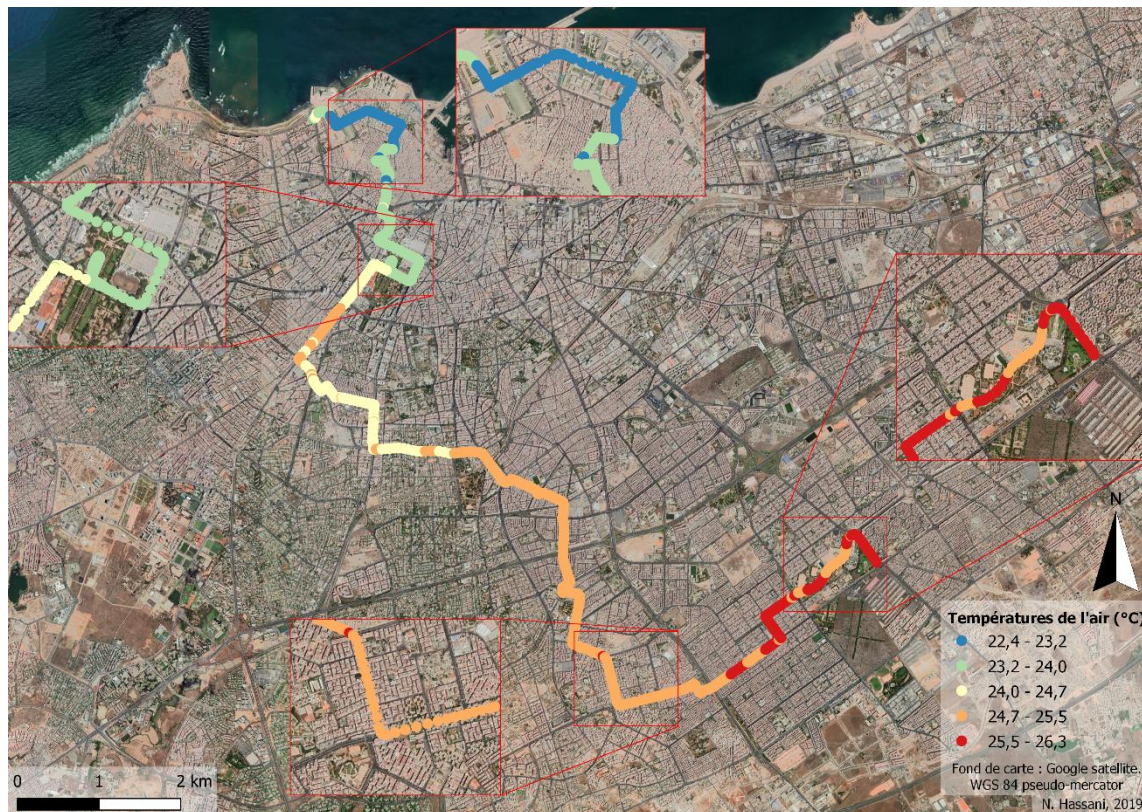


Figure 9 : résultats de la campagne nocturne de l'itinéraire du 17 juillet 2019.

Conclusion et discussion

Cette étude nous a permis de mieux observer et de spatialiser l'ICU d'été dans la métropole casablancaise, tout en quantifiant son degré d'intensité. Aussi, bien que les campagnes mesures n'aient pas été relevées en période de canicule, les résultats mettent en évidence un ICU nocturne dont l'intensité maximale atteint 4.6°C. En moyenne, sur l'ensemble des données relevées, l'ICU casablancais est de l'ordre de 2°C.

Ainsi, la mise en place d'un ICU est constatée au le cœur de la ville, notamment dans le quartier de la gare, d'Ain Chock, de Sidi Moumen et de El Fida, etc. Ceci est dû à la densité urbaine de ces quartiers, qui sont caractérisés par l'emploi de matériaux de faible albédo, et la présence de nombreux canyons urbains. En revanche, la partie Ouest de la ville qui donne directement sur la mer est relativement protégée du fait de la fraîcheur apportée par l'air marin : les températures relevées dans ces zones sont les plus souvent modérées.

Plus surprenant, en ce qui concerne la période diurne, les mesures font ressortir une différence de température de +4°C à +7°C respectivement entre les zones industrielles et le centre-ville, et entre la partie côtière à l'Ouest et les zones industrielles. L'ICU n'est ainsi pas cantonné au centre-ville dense, mais s'étend aussi aux zones industrielles à l'Est de l'agglomération. Ce sont les émissions atmosphériques polluantes émises dans ces zones et la forte densité en trafic routier qui expliquent cette répartition de l'ICU. Ajouté à cela, on retrouve dans ces zones de grandes surfaces imperméables (hangars métalliques, parkings, routes) à

faible albédo et faible conduction ayant pour effet de dégager beaucoup de chaleur durant la journée.

Dès lors, cette étude montre bien que le fractionnement socio-économique de l'agglomération de Casablanca a un impact sur le microclimat local. En effet, cette dernière est constituée de deux bassins : un bassin industriel d'un côté, qui est situé dans la partie Est, dominé par des zones d'activités industrielles et des zones résidentielles occupées par la population ouvrière, et se caractérisant par une pollution importante ; et de l'autre côté, on retrouve un bassin dominé par les activités touristiques et commerciales, au niveau de la partie Ouest, avec des quartiers résidentiels aisés (grandes maisons avec des jardins). Ce contraste urbain entre la partie Est et la partie Ouest a ainsi créé un autre contraste, qui est de nature thermique entre une partie Est chaude et partie Ouest plus fraîche.

Toutefois, les résultats des campagnes doivent être relativisés car ils sont, en soit insuffisants dans l'identification et la caractérisation de l'intensité de l'ICU de Casablanca, puisque les itinéraires suivis ne traversent que certains secteurs urbains et périurbains de la métropole. Afin de compléter et d'affiner ces résultats, de nouvelles campagnes de mesures sont programmées pour l'été 2020 durant lesquelles des itinéraires différents seront suivis.

Bibliographie :

- OMM**, 2019., « La vague de chaleur européenne marquée de nouveaux records de température », consulté le 3 juillet 2019, [le lien](#).
- GIEC**. 2018., « Global warning of 1.5°C ». Résumé à l'intention des décideurs, consulté le 8 octobre 2019, [le lien](#).
- OKET R**, 1973. « CITY SIZE AND THE URBAN HEAT ISLAND », p. 11.
- RIZWAN** Ahmed Memon, **DENNIS** Leung Y.C., **LIU** Chunho, 2008, « A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island », *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), p. 120-128.
- LECONTE** François, 2014., « Caractérisation des îlots de chaleur urbains par zonage climatique et mesures mobiles : Cas de Nancy », p. 274.
- OKET R**, 1987, *Boundary layer climates*.
- HOLMER** Björn, **THORSSON** Sofia, **ELIASSON** Ingegård, 2007, « Cooling rates, sky view factors and the development of intra-urban air temperature differences », *Geografiska Annaler: Series A, Physical Geography*, 89(4), p. 237-248.
- RADFAR** Mohammad, 2012, « Urban Microclimate, Designing the Spaces Between Buildings », *Housing Studies*, 27(2), p. 293-294.
- RIZWAN** Ahmed Memon, **DENNIS** Leung Y.C., **LIU** Chunho, 2008, « A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island », *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), p. 120-128.