HAL
open science

Évaluation de l'impact sur la température de surface de certains projets emblématiques de réaménagement dans l'aire métropolitaine de Casablanca (Maroc)

Nassima Hassani, Sébastien Lebaut, Said Sghir, Gilles Drogue

To cite this version:

Nassima Hassani, Sébastien Lebaut, Said Sghir, Gilles Drogue. Évaluation de l'impact sur la température de surface de certains projets emblématiques de réaménagement dans l'aire métropolitaine de Casablanca (Maroc). 34e colloque annuel de l'Association Internationale de Climatologie, Jul 2021, Casablanca, Maroc. hal-03465525

HAL Id: hal-03465525

https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03465525

Submitted on 3 Dec 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.

EVALUATION DE L'IMPACT SUR LA TEMPERATURE DE SURFACE DE CERTAINS PROJETS EMBLEMATIQUES DE REAMENAGEMENT DANS L'AIRE METROPOLITAINE DE CASABLANCA (MAROC)

HASSANI N.[1], LEBAUT S.[1], SGHIR S.[2], DROGUE G.[1]

1 Université de Lorraine, LOTERR, F-57000 Metz, France (nassima.hassani@univ-lorraine.fr)
2 Université Sultan Moulay Slimane, Laboratoire de Recherche en Management du Territoire, Communication et Modélisation (MTCM), Maroc

Résumé : *La métropole de Casablanca, premier pôle économique du Maroc, a connu ces dernières décennies une mutation urbaine remarquable afin de répondre aux défis socio-démographiques et améliorer son attractivité. De nombreux projets d'envergure ont été lancés et ont abouti au réaménagement de plusieurs sites importants. La présente étude se propose d'analyser, à l'aide des données de la télédétection, quatre sites emblématiques ayant fait l'objet d'un réaménagement majeur au cours des 20 dernières années. Il s'agit d'évaluer l'impact de ces requalifications sur l'environnement urbain en s'appuyant sur les variations au niveau des températures de surface terrestres (Ts). Ceci implique d'examiner les Ts de ces sites avant et après ces opérations à l'aide d'une analyse basée sur des indices spectraux. L'objectif est ainsi de déterminer si les principaux projets urbains casablancais prennent en compte la problématique de la surchauffe urbaine et se traduisent ou non par une amélioration du confort thermique pour la population.*

Mots clés : *température de surface terrestre ; images Landsat ; projets de réaménagement ; Grand Casablanca.*

Abstract : *The metropolis of Casablanca, Morocco's leading economic hub, has undergone remarkable urban transformation in recent decades in order to meet its socio-demographic challenges and improve its attractiveness. Many large-scale projects have been launched and have led to the redevelopment of several important sites. The present study proposes to analyze, with the help of remote sensing data, five iconic sites that have undergone major redevelopment in the last 20 years. The aim is to assess the impact of these redevelopments on the urban environment based on variations in land surface temperatures (LST). This involves examining the LST of these sites before and after these operations using a model based on spectral indices. The objective is to determine whether the main urban projects in Casablanca take into account the problem of urban overheating and whether or not they result in an improvement in the thermal comfort for the population.*

Keywords : *Land Surface Temperature ; Landsat images; redevelopment projects; Greater Casablanca.*

Indoduction :

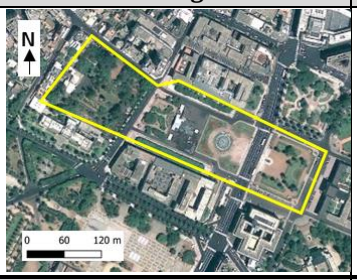
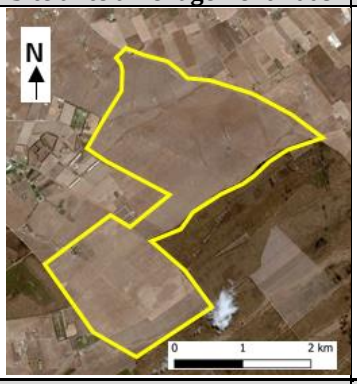
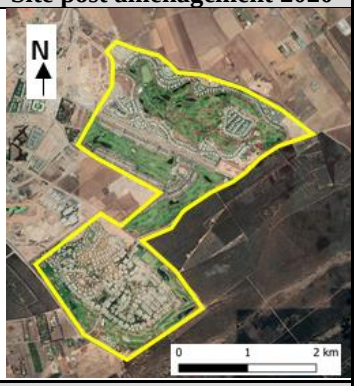
Le processus d'urbanisation, qui consiste principalement en la conversion d'espaces naturels en surfaces rugueuses et imperméables, crée un micro-climat spécifique aux villes. Ainsi, pendant la journée, différents facteurs (propriétés thermiques des matériaux de construction, carence en eau et en végétation, freinage du vent par les bâtiments, faible albédo, etc.) provoquent une modification du bilan énergétique de la zone urbaine, entraînant des températures de surface terrestres (Ts) plus élevées.

Mesurer les effets de l'urbanisation sur le climat local implique idéalement, de comparer la situation « pré-urbanisation » à la situation « post-urbanisation ». Les observations antérieures à l'urbanisation sont en effet les références idéales dans l'étude du climat urbain (Lowry, 1977). Or, la difficulté principale réside dans le fait que ces références sont rarement disponibles, ce qui conduit donc à utiliser les zones péri-urbaines ou les zones rurales environnantes comme référence. Néanmoins, certains espaces au sein de l'aire urbaine de Casablanca offrent justement cette opportunité puisqu'ils ont récemment fait l'objet d'une requalification urbaine. Il nous apparaît donc opportun d'examiner leur impact thermique potentiel à l'instar de l'étude menée par Renard et *al*. (2019) par exemple. L'objectif de la présente étude est ainsi d'examiner de manière comparative les Ts avant et après ces opérations pour en mesurer l'impact à l'aide de données issues des capteurs *Landsat* et des indices spectraux d'humidité et de végétation.

1. Sites étudiés

La métropole de Casablanca, capitale économique du Maroc, a vu son paysage urbain se transformer au cours des dernières décennies : de nombreux projets d'envergure ont été lancés pour accompagner son développement socio-économique et sa croissance démographique. Dans notre étude, nous nous intéressons à quatre sites emblématiques ayant fait l'objet d'un réaménagement entre 2003 et 2020 (tableau 1) et tentons d'évaluer l'effet de ces opérations urbaines sur la température au sol. Ces projets de réaménagement peuvent être classés en deux catégories : d'un côté des sites ayant fait l'objet d'une requalification urbaine (sites 1 et 2), et de l'autre, des sites ayant subi une urbanisation *stricto sensu* (sites 3 et 4).

Tableau 1: Présentation des quarte sites emblématiques choisis.

Site 1 : Anfa Park	**Site ante aménagement 2011**	**Site post aménagement 2020**
Chantier phare et symbole du renouveau urbain du Maroc, le projet Casa-Anfa vise à créer un pôle urbain moderne sur le site de l'aéroport historique de la ville fermé en 2007. La partie nord a été transformée en un grand parc central de 50 hectares (Anfa Park).		
Site 2 : Place Mohammed V	**Site ante aménagement 2009**	**Site post aménagement 2020**
La grande place Mohammed V, créée par l'urbaniste Henri Prost pendant le protectorat français, a fait l'objet d'une rénovation importante en vue de la construction du Grand Théâtre de Casablanca, plus grand édifice de ce genre en Afrique.		
Site 3 : Ville verte de Bouskoura	**Site ante aménagement 2008**	**Site post aménagement 2020**
La ville verte de Bouskoura est un éco-quartier construit au sud de Casablanca et attenant à la forêt de Bouskoura à quelques kilomètres du centre-ville. Il s'agit d'un centre urbain mixte composé d'une zone d'activités et de résidences haut standing autour d'un golf paysager, destiné à alléger la pression démographique sur le centre-ville en attirant les citadins « huppés » vers la périphérie sud.		
Site 4 : Le quartier d'affaires de Sidi Maârouf	**Site ante aménagement 2003**	**Site post aménagement 2020**
Du fait de sa situation stratégique à mi-chemin entre le centre-ville de Casablanca et l'aéroport international Mohamed V, ce qui fut autrefois un espace boisé a été transformé en un quartier d'affaires flambant neuf.		

2. Données utilisées

Les indices spectraux tels que l'indice de végétation par différence normalisée (Normalized Difference Vegetation Index ou NDVI), l'indice de construction par différence normalisée (Normalized Difference Built-up Index ou NDBI), l'indice hydrique par différence normalisée (Normalized Difference Water Index ou NDWI) et l'indice hydrique par différence normalisée modifiée (Modified Normalized Difference Water Index ou MNDWI) (le MNDWI permet d'éliminer le bruit issu des surfaces bâties, tandis que le NDWI élimine le bruit issu de la végétation et des sols nus) ainsi que les Ts ont été calculés à partir de trois images satellites *Landsat* prises à trois dates différentes, à savoir 1995, 2011 et 2019 (tableau 2) dans des conditions anticycloniques assez similaires (tableau 3). Les Ts ont été établies à l'aide de l'algorithme *Single-Canal* (Sobrino et *al*., 2004 ; Barsi et *al*., 2005 ; Cristóbal et *al*., 2009 ; Jimenez-Munoz et *al*., 2009). L'objectif est ainsi d'étudier la corrélation qui existe entre les indices spectraux et les Ts pour expliquer l'impact des aménagements sur l'environnement urbain.

Tableau 2: Caractéristiques des images *Landsat* multi-dates utilisées dans cette étude.

Capteur	Date d'acquisition	Heure d'acquisition (UTC)	Résolution spatiale de la bande IRT (m)	Séquence
Landsat TM	21/06/1995	10h40	120	jour
Landsat TM	04/08/2011	10h40	120	jour
Landsat OLI/TIRS	07/06/2019	11h03	100	jour

Tableau 3: Données météorologiques (moyennes horaires) au moment du passage des satellites (source : Direction Nationale de la Météorologie de Casablanca).

Jour	Température de l'air (°C)	HR (%)	Vent moyen (km/h)	Direction du vent	Pression (hPa)
21/06/1995	22,5	81	9	360	1016,5
04/08/2011	23,0	74	11	360	1018,0
07/06/2019	22,5	50	26	20	1018,0

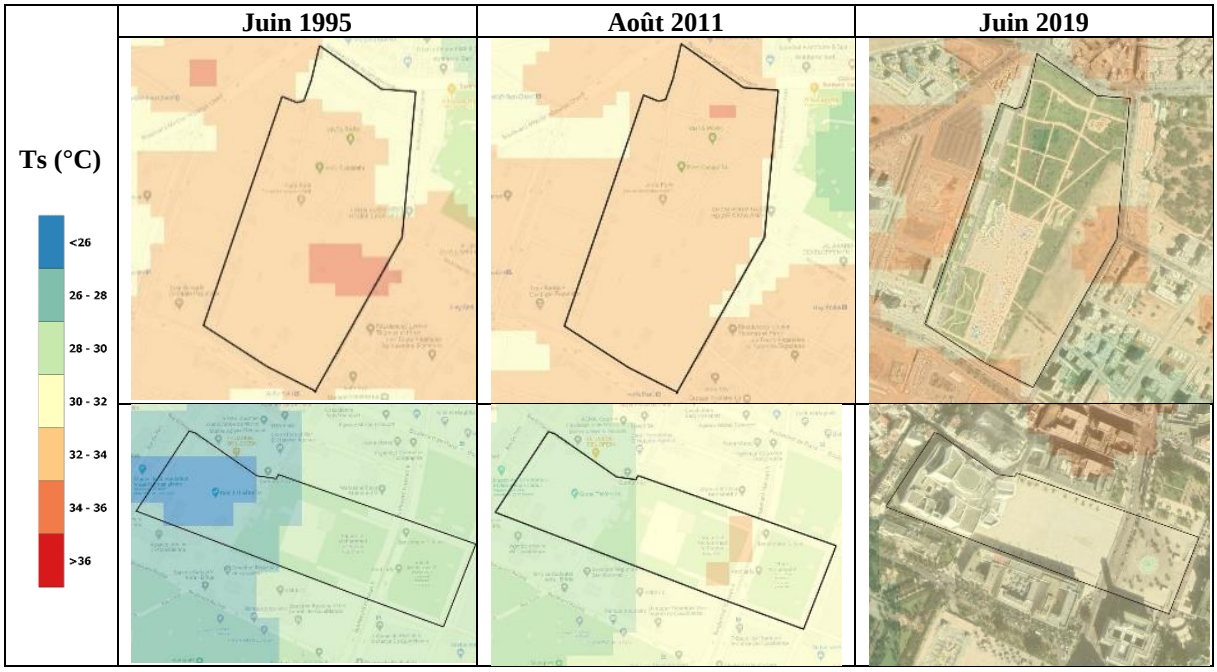
3. Résultats et discussion

3.1. Les projets de requalification urbaine (sites 1 et 2)

Les sites qui ont subi une requalification urbaine affichent des résultats thermiques contrastés : sur la partie nord de l'ancien aéroport de Casa-Anfa, une augmentation de l'indice de végétation et d'humidité est relevée, coïncidant avec une baisse des Ts moyennes et médianes de 2°C et de l'indice NDBI (tableau 4 et figure 1). À l'inverse, sur la place Mohammed V, une augmentation des Ts entre 2°C et 3°C est constatée, associée à une baisse logique de l'indice NDVI (tableau 4 et figure 1). En revanche, de manière surprenante, l'indice NDBI a enregistré une baisse due au recours à des couleurs claires, ce qui a permis de limiter en partie les effets de l'imperméabilisation du sol.

Ce contraste entre les deux sites s'explique par la nature des mutations urbaines qu'ils ont subi. Dans le premier cas (Anfa Park), des sols nus et des surfaces imperméables ont cedé la place à des surfaces végétalisées, des fontaines, un miroir d'eau de 700 m², ainsi qu'un canal long de 400m, en cohérence avec l'objectif du projet qui était de créer un « poumon vert » au sein de la ville *intra-muros*. Dans le second cas en revanche, la place Mohammed V a été intégralement imperméabilisée. Cela confirme l'effet rafraîchissant sur les surfaces obtenu en journée grâce à l'intégration d'espaces verts et de points d'eau.

Tableau 4 : Evolution des Ts sur le site d'Anfa Park et de la place Mohammed V sur la période 1995-2019.



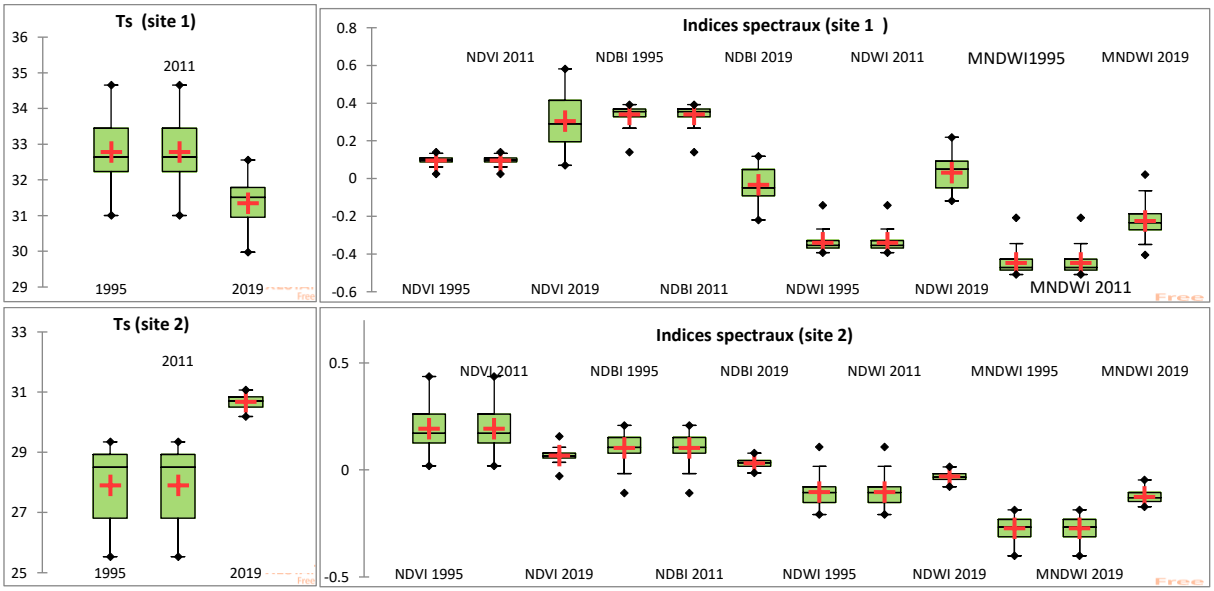


Figure 1 : Boîtes à moustaches des Ts des sites d'Anfa Park et de la place Mohammed V (croix rouge : moyenne ; points noirs : valeurs min et max ; limite inférieure de la boîte : 1er quartile ; limite supérieure : 3e quartile).

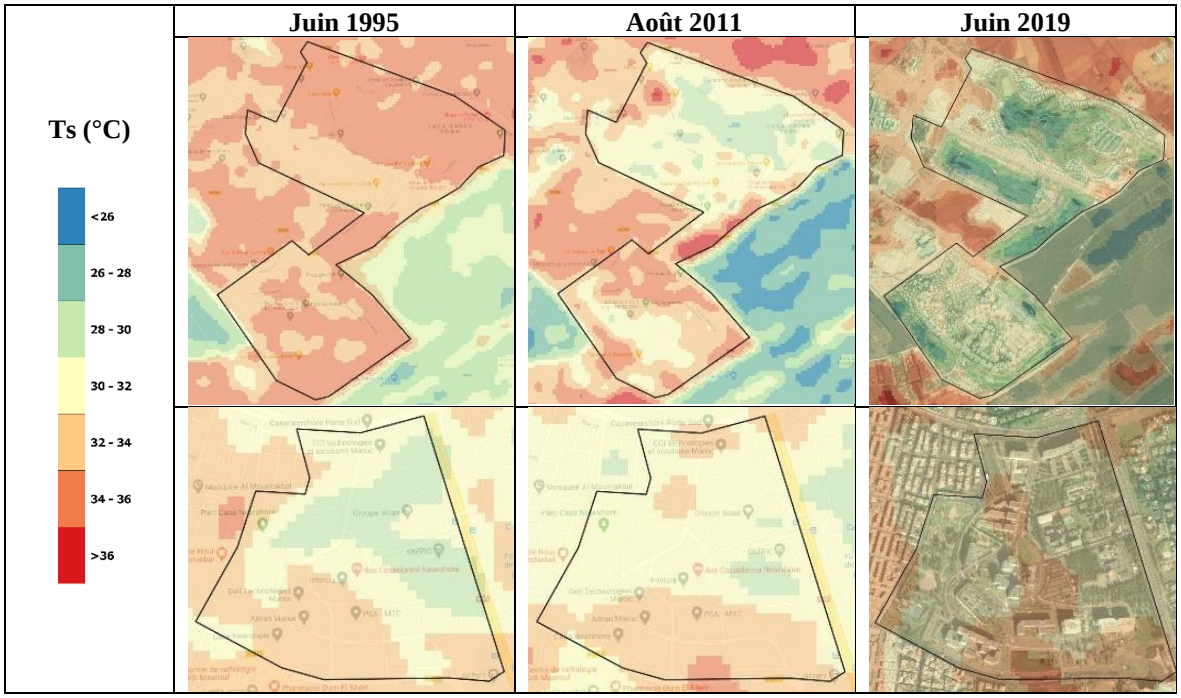
3.2. Les nouveaux quartiers « sortis de terre » (sites 4 et 5)

Intervenu entre 2011 et 2019, l'aménagement de la ville verte de Bouskoura a consisté en la conversion de champs de culture, faiblement irrigués et nus une bonne partie de l'année (Conseil Général du Développement Agricole, 2009) en un écoquartier flambant neuf. Cela a conduit à des changements urbains majeurs affectant les Ts du fait de l'implantation d'une végétation importante (toits végétalisés, jardins, terrains de golf de 92 ha, etc.) et de zones humides ou en eau (lacs, piscines, etc.). Les Ts moyennes et médianes ont ainsi diminué de 4°C et 5°C respectivement (tableau 5 et figure 2). Le changement d'occupation du sol est détecté par les indices spectraux NDVI, NDWI et MNDWI qui ont connu des hausses signficatives, accompagnées d'une baisse du NDBI (figure 2). Ainsi, bien que ce projet puisse s'analyser

comme un étalement urbain avec l'urbanisation de terres agricoles, le fait d'intégrer une végétation importante associée à une faible densité du bâti a conduit à l'apparition d'un îlot de fraîcheur local.

Le quartier d'affaires de Sidi Maârouf (site 4), pour sa part, a été construit en lieu et place d'un site naturel boisé. Ce changement dans l'occupation du sol a logiquement entraîné une augmentation des Ts, mais de manière très modérée (hausse de la Ts moyenne d'environ 1°C) car le nouveau quartier présente une faible densité et intègre un parc urbain dans sa partie ouest ainsi que de la végétation entre les immeubles. De même, les indices de végétation et d'humidité ont également peu varié.

Tableau 5 : Evolution des températures de surface pour la ville verte de Bouskoura et le quartier d'affaires de Sidi Maârouf sur la période 1995-2019



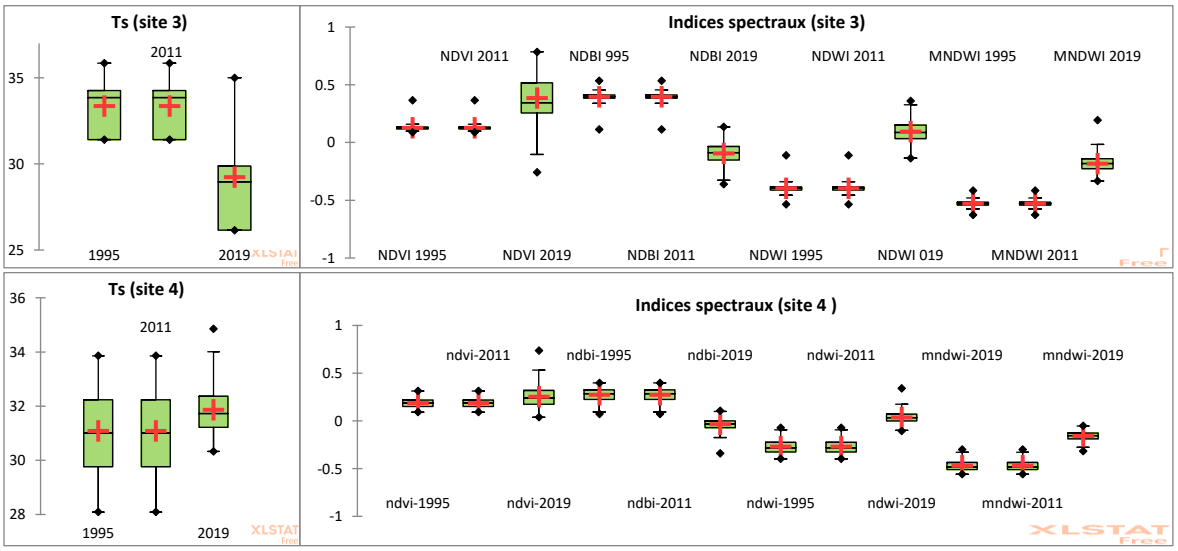


Figure 2 : Boites à moustaches des Ts des sites de la ville verte de Bouskoura et du quartier d'affaires de Sidi Maârouf (croix rouge : moyenne ; points noirs : valeurs min et max ; limite inférieure de la boîte : 1er quartile ; limite supérieure : 3e quartile).

Conclusion

Au total, cette étude a permis de reconstituer l'impact thermique de certains aménagements, parmi les plus importants réalisés au sein de la métropole de Casablanca au cours de la période s'étendant de 2003 à 2020. Dans ce laps de temps, ce territoire a connu une urbanisation rapide et considérable du fait de son développement socio-économique et de sa croissance démographique. Les résultats obtenus ont pour intérêt d'approfondir les études antérieures menées sur le Grand Casablanca (Hassani et *al*., 2021). Ainsi, bien que ces (ré)aménagements ne prennent pas expressément en compte les considérations microclimatiques, leur influence sur le climat local est souvent marquée, mettant en évidence les gains importants en termes de qualité de vie résultant du fait d'intégrer un couvert végétal et de limiter la densité urbaine. Toutefois, pour en mesurer la portée pleine et entière, il conviendrait de mesurer l'influence de ces projets sur les températures de l'air telles que ressenties par les habitants.

Bibliographie :

Barsi, J. A., Schott J. R., Palluconi F. D. & Hook S. J., 2005. Validation of a web-based atmospheric correction tool for single thermal band instruments. *In Earth Observing Systems X, 58820E*. International Society for Optics and Photonics https://doi.org/10.1117/12.619990.

Conseil Général du Développement Agricole, 2009. *Atlas de l'agriculture marocaine*. Edition 2008, Ministère de l'agriculture et de la pêche maritime, 51 p.

Cristóbal J., Jiménez-Muñoz J. C., Sobrino J. A., Ninyerola M. & Pons X., 2009. Improvements in land surface temperature retrieval from the Landsat series thermal band using water vapor and air temperature. *Journal of Geophysical Research : Atmospheres*, 114, D08103, https://doi.org/10.1029/2008JD010616.

Hassani N., Lebaut S., Drogue G. & Sghir S., 2021. Dynamique D'urbanisation Et Thermographies Satellitaires En Milieu Méditerranéen : le cas du Grand Casablanca (Maroc). *Bulletin de la Société Géographique de Liège (BSGLg)*, 76.

Jimenez-Munoz J. C., Cristobal J., Sobrino J. A., Soria G., Ninyerola M., & Pons X., 2009. Revision of the single-channel algorithm for land surface temperature retrieval from Landsat thermal-infrared data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(1), 339-349, https://doi.org/10.1109/TGRS.2008.2007125.

Lowry W.P., 1977. Empirical estimation of the urban effects on climate : A problem analysis. *Journal of Applied Meteorology*, 16(2), 129-135, https://doi.org/10.1175/1520-0450(1977)016%3C0129:EEOUEO%3E2.0.CO;2.

Renard F., Alonso L., Fitts Y., Hadjiosif A. & Comby J., 2019. Evaluation of the Effect of Urban Redevelopment on Surface Urban Heat Islands. *Remote Sensing*, 11(3), 299, https://doi.org/10.3390/rs11030299.

Sobrino J. A., Jiménez-Muñoz J. C. & Paolini L., 2004. Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of Environment*, 90(4), 434-440, https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003.