

La cartographie des îlots de chaleurs urbains par la télédétection à Mostaganem : un outil d'aide à la végétalisation de la ville

BACHIR Nora*, AICHE Messaoud*, MALIKI Mostapha*, MEBARKI Imene*, BENHARRATS Farah**
*Faculté des Sciences et de la Technologie, université de Mostaganem, Laboratoire de Construction,
Transport et Protection de l'environnement (LCTPE)
**Agence Spatiale Algérienne-ASAL-Arzew

ملخص: اليوم آثار ظاهرة الاحتباس الحراري وارتفاع درجات الحرارة في المراكز الحضرية تزيد قلق السياسيين والمختصين في التخطيط الحضري، هذا الاحتباس الحراري في الوسط الحضري يزداد ارتفاعا مقارنة بالمناطق الريفية أو المناطق الطبيعية، مما يؤدي الى خلق ظاهرة الجزر الحرارية الحضرية. جزيرة الحرارة الحضرية يعني خصوصية المناخ المحلي في المدن بالمقارنة مع المناطق الريفية المحيطة. من أجل مكافحة هذه الظاهرة تم تنفيذ استراتيجيات متعددة التخصصات. في حين تعميم المدينة بالمناطق الخضراء يعد أحد الاستراتيجيات الفعالة، خصوصا عندما لا نستطيع تغيير الشكل الحضري فالجوء الى المساحات الخضراء يعد كحل مثالي. من أجل قياس الحرارة الحضرية و الجزر الحرارية الحضرية وتحديد مكانهما ، استندت عدة دراسات على الاستشعار عن بعد ، الذي تسمح بياناته ، بعد معالجة دقيقة ، بتحديد درجات الحرارة السطحية لمكان معين. الهدف من هذا البحث هو تحليل أثر الغطاء النباتي على الجزر الحرارية الحضرية لمدينة مستغانم ، اعتمادا على الاستشعار عن بعد ومعالجة صور الأقمار الصناعية كوسيلة من وسائل تحديد هذه الجزر الحرارية.

الكلمات الأساسية :

الاستشعار عن بعد، جزيرة الحرارة الحضرية، الغطاء النباتي الحضري، مناخ محلي، مدينة مستغانم.

Résumé : Aujourd'hui, les effets du réchauffement climatique et la hausse des températures dans les centres urbains inquiètent de plus en plus les responsables politiques et professionnels de l'urbanisme. Ce réchauffement est amplifié par rapport aux zones rurales ou naturelles environnantes, créant ainsi le phénomène de l'îlot de chaleur urbain ". L'îlot de chaleur urbain signifie la spécificité climatique des villes par rapport aux zones rurales ou péri-urbaines avoisinantes.

Afin de lutter contre ce phénomène, de multiples stratégies transdisciplinaires sont mises en œuvre. La végétalisation des villes est présentée comme une stratégie d'adaptation au changement climatique «sans regret», Surtout lorsque la forme urbaine et l'orientation des rues ne peuvent être changés, c'est l'une des stratégies de refroidissement les plus efficaces. En effet, afin de quantifier et spatialiser les îlots de chaleur et de fraîcheur urbains, plusieurs études se sont basées sur la télédétection, dont les données après un

traitement rigoureux, permettent de déterminer les températures de surface pour un lieu donné. L'objectif de cette étude est d'analyser l'impact de la végétation sur les îlots de chaleur urbains de la ville de Mostaganem, en se basant sur l'imagerie satellitaire comme moyen de localisation de ces îlots de chaleur et de fraîcheur.

Mots clés : Télédétection, Ilot de chaleur urbain, végétation urbaine, Microclimat, ville de Mostaganem.

Abstract : Today, the effects of climate warming and the rise of the temperatures in the urban centres worry more and more the political officials and professionals of town planning, this warming is to amplify compared to the rural areas or natural surroundings, thus creating the phenomenon of the "urban heat island". The urban heat island means the climatic specificity of the cities compared to the rural areas or peri-urban neighbouring, in order to fight against this phenomenon of multiple strategies transdisciplinary are implemented, However the vegetation of the cities is presented like a strategy of adaptation to the climate change "without regret", Especially when the urban form and the orientation of the streets cannot be changed, it is one of the most effective strategies of cooling. Indeed, in order to quantify and spatialize the urban heat island and cool island, several studies were based on the teledetection of which the data after a rigorous treatment, to allow to determine the temperatures of surface for a given place. The objective of our study is to analyze the impact of the vegetation on urban heat island of the town of Mostaganem, one being based on the teledetection and the satellite image processing like means of localization of the urban heat island and cool island.

Keywords : Télédétection, urban heat, urban vegetation, Microclimate et Mostaganem.

1. Introduction

Aujourd'hui, les effets du réchauffement climatique et la hausse des températures dans les centres urbains inquiètent de plus en plus les responsables politiques et professionnels de l'urbanisme. En effet selon le 4^{ème} rapport du Groupe Intergouvernemental d'experts sur l'Evolution du Climat (GIEC) paru en février 2007, la température globale s'est élevée en moyenne de 0.7°C à la sur-

face de la Terre durant le 20^{ème} siècle, consécutivement à l'augmentation des concentrations des gaz à effet de serre dans l'atmosphère (Martine Rebetez, 08), aussi dans son 5^{ème} rapport publié en 2014 le GIEC prévoit une élévation de la température qui pourrait atteindre 4,8°C entre 2080 et 2100 (Jean-Jacques Terrin, 15). L'Algérie figure parmi les pays à forts risques de changement climatiques. C'est ce que révèle le rapport de l'université des Nations unies pour l'environnement et la sécurité humaine (UNU-EHS), l'*Alliance Development Works* de 2014.

Dans ce contexte de changement climatique, les systèmes urbains sont considérés comme étant les grands responsables de ce réchauffement dans la mesure où ils représentent plus de 75 % de la consommation globale de l'énergie (Onu « World urbanisation prospects », Progress in planning, 2011, aie&pnue). En effet avec la croissance de la population mondiale et urbaine, ces dernières années les villes ont grandi de manière exponentielle. Les propriétés des zones urbaines et industrialisées sont différentes des zones rurales et naturelles, et cela à des effets sur les paramètres du climat, plus particulièrement au cœur des villes, où un micro-climat spécifique y règne. Ce réchauffement est amplifié par rapport aux zones rurales ou naturelles environnantes, créant ainsi le phénomène de **l'îlot de chaleur urbain**, qui émerge aujourd'hui comme une question environnementale et climatique centrale.

2. La formation des îlots de chaleur urbain

L'îlot de chaleur urbain signifie la spécificité climatique des villes par rapport aux zones rurales ou péri-urbaines avoisinantes, il est mis en évidence en 1833 par le britannique Luke Howard, lorsqu'il a observé que la température mesurée la nuit au cœur de Londres est sensiblement plus chaude que celle enregistrée dans la campagne environnante (H. E. Landsberg, 1981). De nombreux facteurs sont responsables de la formation des îlots de chaleur urbain, d'une part les chauffages, les trafics, et les industries rejettent de la chaleur et des polluants dans l'atmosphère, d'autre part la compacité, la densité accrue des tissus bâtis, la minéralisation et l'imperméabilisation accélérée des sols par des matériaux peu réfléchissants qui absorbent la chaleur et imposent des systèmes de drainage réduisant l'évaporation des eaux (Jean-Jacques Terrin, 15).

Ajouter à tous ces facteurs Les formes urbaines, la configuration des rues formant des canyons qui emprisonnent la

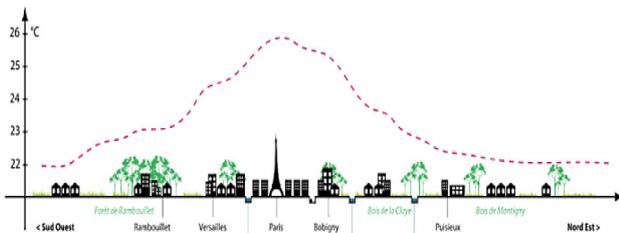


Fig. 01 Coupe schématique de visualisation des températures en 2008 pour une nuit de canicule (type été 2003)

© Groupe DESCARTES - Consultation internationale de recherche et de développement sur le grand pari de l'agglomération parisienne, 02/2009

chaleur, l'existence et l'emplacement de places, de parcs et de plans d'eau, tout comme l'inertie des matériaux et l'albédo des façades, des toitures et des sols, ont une incidence sur les transferts de chaleur (Jean-Jacques Terrin, 15). Face à ces contraintes d'îlot de chaleur urbain, de multiples stratégies transdisciplinaires sont mises en œuvre, tout

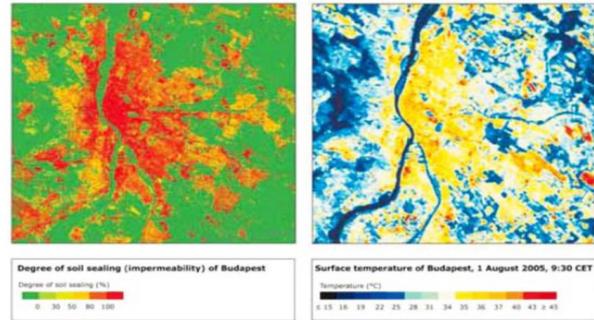


Fig. 02 degré d'imperméabilisation des sols (gauche) et température de surface observée (droite) à Budapest en 2005.

EEA Report « Urban adaptation to climate change in Europe »,

on croisant de diverse disciplines telles que programmation urbaine, météorologie, sciences de l'environnement, conception architecturale et paysagère, tout en impliquant les habitants (Jean-Jacques Terrin, 15).

Cependant la végétalisation des villes est présentée comme une stratégie d'adaptation au changement climatique « sans regret » (Cécile de Munck, 13), Surtout lorsque la forme urbaine et l'orientation des rues ne peuvent être changés, c'est la stratégie de refroidissement la plus efficace (Emilie REDON, 17).

3. Végétaliser la ville pour créer des îlots de fraîcheur urbain

Selon Serge Salat, Les stratégies de rafraîchissement peuvent être résumées en une formule : « la ville blanche, verte et bleue ». La végétation en ville contribue à atténuer localement les îlots de chaleur urbains, en effet la température de surface des bâtiments est diminuée par l'ombre portée principalement par les arbres, aussi l'évaporation de l'eau retenue dans le sol et interceptée par le feuillage des plantes, un troisième phénomène physique de la végétation, il s'agit de la transpiration des plantes qui concerne tous les types de végétaux (pelouse, buissons, arbustes, arbres, façades et toitures végétalisées, etc..) mais qui se produit le jour (Cécile de Munck, 13) .

La végétation est déjà présente en milieu urbain sous forme de jardins privés, squares ou de parcs publics, arbres d'alignement, on attend d'elle aujourd'hui qu'elle équilibre environnementalement l'artificialisation du milieu de vie qu'est la ville (Majorie Musy, 2014).

En effet, afin de quantifier et spatialiser les îlots de chaleur

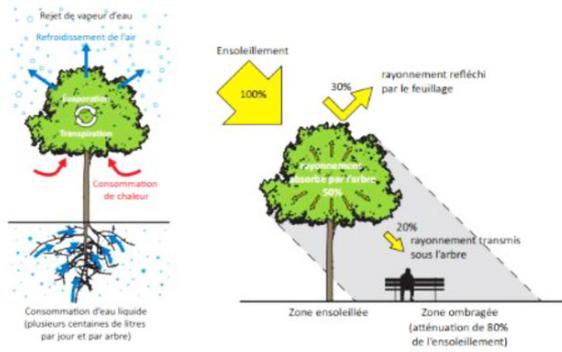


Fig. 03 Processus physiques principaux à l'origine des modifications radiatives et thermiques du climat urbain. Source : APUR (2012).

et de fraîcheur urbains, plusieurs études se sont basées sur la télédétection dont les données après un traitement rigoureux, permettent de déterminer les températures de surface pour un lieu donné, à un instant donné.

4. La télédétection et les mesures satellitaires, des moyens d'identification et de localisation des îlots de chaleur et de fraîcheur

L'imagerie satellite permet de mesurer les températures de surface d'une région donnée. Ceci est possible en partant des températures de brillance vers les températures de surfaces, tout en connaissant l'émissivité des matériaux.

Pour quantifier les ICU par télédétection il existe plusieurs méthodes en fonction des types de ces îlots de chaleur, cependant il existe plusieurs type d'ICU, possédant chacun leur échelle spatiale et temporelle ainsi que leur mécanisme et leur méthode de mesure (Lucille Alonso, 17) :

- L'ICU souterrain.
- L'ICU de surface concernant la différence de température de surface entre les zones urbaines et rurales.
- L'ICU atmosphérique de basses couches, *urban canopy layer* (Oke, 1978), situé entre le niveau du sol et le niveau moyen des toits et qui fait référence à la température de l'air.
- L'ICU atmosphérique urbain supérieur, *urban boundary layer* (Oke, 1978).

Dans notre étude on s'intéressera aux ICU de surface et celui atmosphérique. Aussi l'objectif de notre étude c'est d'analyser l'impact de la végétation sur les ICU, pour cela un intérêt spécial est porté sur l'indice de végétation (NDVI) déduit à partir des bandes thermiques rouge et proche infra-rouge d'une image satellitaire. Cet indicateur graphique permet de mesurer la quantité de végétation chlorophylle ment active. Il se calcule à partir des bandes spectrales proches infrarouges et rouge du capteur optique de SPOT-5.

$$NDVI = \frac{\text{proche infrarouge} - \text{rouge}}{\text{proche infrarouge} + \text{rouge}}$$

5. Cas de la ville de Mostaganem

Une ville côtière du nord-ouest algérien, Mostaganem est réputée pour ses remarquables valeurs culturelles et artistiques. Elle se caractérise par un climat semi-aride à été chaud (bioclimat méditerranéen), sur l'étroite bande côtière, et à hiver tempéré sur le reste de son territoire. La pluviométrie y est irrégulière et la température moyenne (24° c), sauf les 10 à 25 jours en juillet et août, durant lesquels souffle le sirocco (Source : Weatherbase, statistiques sur 10 ans).



Fig. 04 vue satellitaire de la ville de Mostaganem, source Google earth.

Méthodologie utilisée

Premièrement, pour mieux caractériser le microclimat de Mostaganem, le recours à la mesure satellitaire pour le calcul des températures de surface, est nécessaire à l'aide des satellites *Landsat* passage synchrone (tableau suivant) au-dessus de la ville, pendant la saison hivernale.

Tab 01. Dates de passage du satellite Landsat 8 au-dessus de la ville de Mostaganem du Janvier à Mars 2019, source : auteurs.

| Mois | Jour |
|---------|----------------------------|
| Janvier | Mercredi 02 Vendredi 18 |
| Février | Dimanche 03 Mardi 19 |
| Mars | Jeudi 07 Samedi 23 |

USGS EROS Center fournit les données satellitaires Landsat 8 OLI/TIRS. Les données sont en format 16Bits et les différentes bandes sont livrées à une résolution de 30 mètres x 30mètres.

Les températures de surface (LST) se déterminent à des bandes infrarouges thermiques (TIRS), bande 10 et bande 11. Néanmoins, il existe principalement deux méthodes, celle à partir d'un unique canal infrarouge

« Single Channel » et la méthode « Split Window ».

Dans notre étude, nous nous sommes intéressés à la méthode « Split Window ». Cette méthode utilise les propriétés spectrales thermiques des deux canaux TIRs différents.

Avant de déterminer les températures de surface pour un jour donné, plusieurs étapes de calcul sont nécessaires. La première étape est de convertir les comptes numériques (DN) des bandes spectrales en luminances au sommet de l'atmosphère (Lucille Alonso, 17).

$$L_s = \text{RadianceMultiplier} \times \text{BandethermiqueLandsat} + \text{RadianceAdd} (2)$$

La seconde étape consiste en un calcul de la température de brillance (BT) en degrés Kelvin (°K) :

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_s + 1}\right)} \quad (3)$$

K_1 et K_2 sont des constantes de températures tirées du Metadata de l'image Landsat.

La troisième étape consiste à évaluer l'émissivité de la surface du sol (Land Surface Emissivity) en se fondant sur la méthode des seuils de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index Thresholds).

Enfin, pour pouvoir calculer les températures de surface par l'algorithme du « Split Window », plusieurs traitements atmosphériques sont nécessaires pour corriger l'influence de l'atmosphère sur les LST.

Mesures sur terrain

Des premières mesures de surfaces ont été faites le 19 février 2019, à l'aide d'un thermomètre infrarouge, pour valider et affiner les cartographies obtenues par télédétection, afin de mieux discriminer les températures de surface.



Fig. 05 thermomètre infrarouge utilisé.

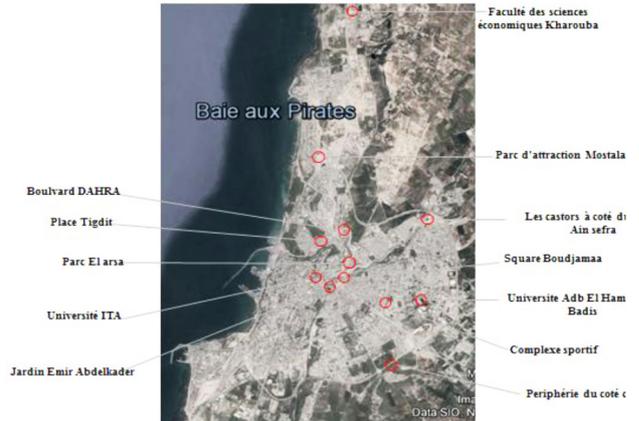


Fig. 06 les 12 sites de mesure, Source : auteurs.

Tab 02. Températures mesurées, source : auteurs.

| Site du site | Site | Nom du site | Coordonnées géographiques latitude Longitude | Emissivité | Température de surface en °C |
|--------------|-------|---|--|------------|------------------------------|
| 501 | 09:36 | Faculté des sciences économiques Kharouba | 35.58017793/0.1096291 | 0,95 | 13,7 |
| 502 | 09:49 | Parc d'attraction Mostaganem | 35.58087278/0.1096420988475234 | 0,95 | 12,5 |
| 503 | 10:06 | Place Tigdit | 35.59380813071094877/0.1091493802 | 0,95 | 10 |
| 504 | 10:16 | Boulevard DAHRA | 35.5939061163389/0.09581466320197049 | 0,95 | 16,6 |
| 505 | 10:26 | Parc El arsa | 35.59321236477294/0.09714415001 | 0,95 | 12,4 |
| 506 | 10:44 | Université ITA | 35.59254161350172/0.08955866446601436 | 0,95 | 15,3 |
| 507 | 10:59 | Jardin Emir Abdelkader | 35.5927231921178/0.0914904379107078 | 0,95 | 17,5 |
| 508 | 11:04 | Square Boudjamaa | 35.5912459/0.0900906181 | 0,95 | 19,6 |
| 509 | 11:21 | Complexe sportif | 35.59286661245246/0.102732757286711 | 0,95 | 12,8 |
| 510 | 11:30 | Université Abd El Hamid Ibn Badis | 35.59279246/0.1095503 | 0,95 | 28,1 |
| 511 | 11:41 | Périphérie du côté castor | 35.5930394/0.1186463 | 0,95 | 17,1 |
| 512 | 11:46 | Les castors à côté de Qued Ain sefra | 35.593096/0.1150024 | 0,95 | 20,6 |

6. Résultats attendus

Un premier résultat attendu de cette recherche est de localiser les îlots de chaleur et de fraîcheur urbain dans la ville de Mostaganem, cela va nous permettre de bien se positionner dans les points les plus chaud de la ville, afin d'étudier l'effet de la végétation dans l'atténuation de la température.

Un deuxième résultat sera la détermination de l'indice de végétation (NDVI), qui va nous permettre d'analyser la quantité de la végétation dans ces points chaud et de la comparée avec celle présente dans les îlots de fraîcheur.

7. Conclusion

Des analyses de températures de surface effectuées à partir d'images satellitaires à Munich ont révélé qu'une augmentation de 10% de la surface végétalisée se traduit par une baisse des températures de l'air de 1°C dans un rayon de 100 m (Martine Rebetez, 08) à travers la présente recherche et on se basant sur le traitement d'image satellitaire, on compte aboutir a des stratégies adéquates, par simulation a l'aide du logiciel ENVI-MET, pour végétaliser les îlots de chaleur urbain de la ville de Mostaganem et créer des îlot de fraîcheur.

Références bibliographiques

Cécile de Munck, 2013, Modélisation de la végétation urbaine et stratégies d'adaptation pour l'amélioration du confort climatique et de la demande énergétique en ville, thèse de doctorat en Météorologie urbaine,

- l'Institut National Polytechnique de Toulouse (INPT).
- Emilie REDON, 2017, Modélisation de la végétation urbaine comme régulateur thermique, thèse de doctorat, l'Université Toulouse 3 Paul Sabatier (UT3 Paul Sabatier).
- Jean-Jacques Terrin, 2015, villes et changement climatique, îlot de chaleur urbain, Parenthèses.
- Lucille Alonso, 2017, Caractérisation des îlots de chaleur et de fraîcheur urbains lyonnais à l'aide de mesures satellitaires, mobiles et participatives, mémoire de master2 en Gestion de l'environnement - mention Géosystèmes environnementaux, université de Lyon3 .
- Martine Rebetez, 2008, Vue sur la ville n°8, IRIS-Ecologie.
- Majorie Musy, 2014, Une ville verte : rôle du végétal en ville, Quae.
- Oke T., 1976, « The distinction between canopy and boundary-layer urban heat islands », Atmosphere, Vol.14.
-