INTERETS DES IMAGES VISIBLE ET INFRAROUGE DU SATELLITE LANDSAT-8 POUR MODELISER L'ILOT DE CHALEUR URBAIN A PRESIDENTE PRUDENTE (SP) – BRESIL

Margarete Amorim, Vincent Dubreuil

▶ **To cite this version:**

Margarete Amorim, Vincent Dubreuil. INTERETS DES IMAGES VISIBLE ET INFRAROUGE DU SATELLITE LANDSAT-8 POUR MODELISER L'ILOT DE CHALEUR URBAIN A PRESIDENTE PRUDENTE (SP) – BRESIL. XXIXe colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Jul 2016, Besançon, France. pp.95-100. halshs-01345669

HAL Id: halshs-01345669

https://shs.hal.science/halshs-01345669

Submitted on 6 Aug 2016

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.

Public Domain

INTERETS DES IMAGES VISIBLE ET INFRAROUGE DU SATELLITE LANDSAT-8 POUR MODELISER L'ILOT DE CHALEUR URBAIN A PRESIDENTE PRUDENTE (SP) – BRESIL

AMORIM M. C. C. T.[1], DUBREUIL V.[2]

[1]*Faculdade de Ciências e Tecnologia - UNESP, Departamento de Geografia, Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente-Brésil, mccta@fct.unesp.br*
[2]*Université Rennes 2, LETG-Rennes-COSTEL UMR 6554 CNRS – France, vincent.dubreuil@uhb.fr*

Résumé *– Cet article vise à comparer l'intensité de l'îlot de chaleur atmosphérique nocturne et les températures des surfaces générées à partir de l'image thermique (bande 10) du satellite Landsat 8 à Presidente Prudente, ville de taille moyenne située dans l'intérieur du Brésil tropical. Une modélisation de l'îlot de chaleur urbain a été réalisée dans une étude antérieure (Amorim et al., 2015) en estimant la température de l'air à partir des caractéristiques de surface, notamment l'utilisation des sols, à partir d'images visible et proche infrarouge de Landsat 8. La modélisation de l'îlot de chaleur atmosphérique montre une intensité de 9ºC qui n'apparaît cependant pas sur les images des températures de surface du fait des propriétés radiatives similaires entre la ville et la campagne (sans végétation en saison sèche).*

Mots-clés : *îlot de chaleur atmosphérique, température de surface, Landsat 8, modélisation, Brésil.*

Abstract – Visible and infrared imaging of the Landsat-8 satellite for modeling of the urban heat island of Presidente Prudente, SP, Brazil. *This article aims to compare the intensity of nocturnal atmospheric heat islands and the temperatures of the targets generated by thermal imaging (band 10) using the Landsat 8 satellite in Presidente Prudente, a medium-sized city located in the tropical environment, in the dry season. To do that, the urban heat island was modeled (Amorim et al., 2015) by estimating the air temperature for the intra-urban environment and the nearby rural environment, considering the surface characteristics (land use, vegetation, and relief) and the temperature map of the targets based on the thermal channel (Landsat 8). The results showed that the surface temperatures, despite being taken on the same day as images used for the land use classification and NDVI, which resulted in the modeling of the atmospheric heat island and reached 9°C in intensity, did not present a surface heat island for the time the images were taken (1:22 pm GMT).*

Keywords*: atmospheric heat island, surface temperature, Landsat 8, modelling, Brazil.*

Introduction

De nombreuses études montrent que les îlots de chaleur atmosphériques peuvent atteindre durant la nuit une forte magnitude (plus de 7°C) dans des villes de taille moyenne, dans la mesure où les conditions météorologiques sont stables, avec peu de vent et de nuages (Mendonça & Dubreuil, 2002 ; Amorim, 2005, 2010 ; Amorim et al., 2009, 2015 ; Quenol et al., 2010). Les études sur les îlots de chaleur sont importantes, en particulier en milieu tropical où ils amplifient les situations d'inconfort thermique, qui peuvent être accentuées encore du fait de la concentration des polluants avec des répercussions négatives sur la santé des personnes (Amorim 2005 ; 2010 ; Dubreuil et Mendonça, 2002). Le diagnostic des îlots de chaleur urbains peut donc être un outil important pour la gestion de l'espace urbain (Dubreuil et al., 2010 b), en particulier pour en atténuer l'intensité et leurs impacts.

La littérature suggère trois types d'îlots de chaleur urbains en fonction de la couche où ils se trouvent : 1 - l'îlot de chaleur de surface diagnostiqué au moyen de la télédétection ; 2 - l'îlot de chaleur atmosphérique de basse couche, que Oke (1978) a appelé *urban canopy layer*, située entre le niveau du sol et le niveau moyen des toits ; 3 - l'îlot de chaleur de l'atmosphère urbaine supérieure, appelée, selon Oke (1978), *urban boundary layer*. Cette dernière surmonte la précédente et se prolonge parfois jusqu'à l'atmosphère libre. Nous étudierons, dans cet article, deux de ces types d'îlots de chaleur: celui de surface et celui de la basse atmosphère, dans la canopée urbaine.

Les îlots de chaleur de surface (ICS) sont généralement étudiés à partir des images de la bande thermique (canal 6) de Landsat 5 ou 7 ou, plus récemment, avec le canal 10 de Landsat-8. Les îlots de chaleur atmosphériques (ICA) sont mesurées en dessous du niveau supérieur des bâtiments à travers deux procédures types : les transects mobiles (mesures itinérantes avec des véhicules) et des points fixes grâce à un réseau de stations météorologiques ou des capteurs automatiques disposés dans l'environnement urbain et rural (Dubreuil et al., 2010a). Cet article vise à comparer, pendant la saison sèche, l'intensité de l'îlot de chaleur urbain atmosphérique à Presidente Prudente, ville de taille moyenne située dans la zone tropicale au sud-est du Brésil, et l'îlot de chaleur urbain de surface mesuré par le canal thermique de Landsat 8.

1. Contexte et méthodologie

Presidente Prudente est située à 22°07'04"de latitude sud et 51°22'57" de longitude ouest, et compte 207.610 habitants (IBGE, 2010). Elle est caractérisée par un climat tropical continental de transition entre les systèmes tropicaux, polaires et équatoriaux, entrainant une variabilité interannuelle très forte. Le climat de la région comporte deux saisons distinctes, une période de l'été / automne austral, plus chaude (moyenne des températures maximales comprises entre 27°C et 29°C) et pluvieuse (entre 150 et 200 mm par mois) ; et des hivers doux (moyenne des températures minimales comprise entre 16°C et 18°C) et moins humides (précipitations mensuelles entre 20 et 50 mm).

Pour analyser l'intensité des îlots de chaleur atmosphériques et de surface pendant la saison sèche à Presidente Prudente, des mesures itinérantes ont été utilisées (transects mobiles) ainsi que les images du satellite Landsat 8. Pour celles-ci, l'étude a retenu l'ensemble des canaux mais avec une attention plus particulière au canal 10, TIRS 1 (*Thermal Infrared Sensor*): la bande spectrale s'étend de 10,6 à 11,19 um dans l'infrarouge thermique et la résolution spatiale est de 100 mètres, mais les images sont ré-échantillonnées à 30 mètres par l'USGS (*United States Geological Survey*) et projetées en système UTM ce qui permet de les superposer à des cartes vectorielles de la ville.

Les procédures pour l'obtention des températures en degré Celsius (°C) à partir des images satellite ont été effectuées avec le logiciel IDRISI (c), en utilisant les paramètres de conversion des comptes numériques (CN) en rayonnement, puis en températures de surface. Dans ce travail, l'émissivité est supposée constante, soit 0,97. Ces procédures peuvent être obtenues sur le site Web *landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php* (consulté le 14 février 2016). Dans notre cas, les images concernent l'orbite 222 et la scène 75, acquises à plusieurs dates au cours de l'année 2014 vers 13h30GMT soit 10h30 locales.

Pour calculer les différences de températures intra-urbaines par rapport à l'environnement rural à proximité sur les images thermiques, un secteur avec une forte densité de la couverture végétale, souvent le plus froid de la région, a été choisi et a été considéré comme « 0 » ; par la suite, les différences de températures relatives à ce point ont été calculées pour chaque pixel afin d'éliminer la variabilité thermique temporelle entre les différentes périodes de l'année.

Pour l'enregistrement des températures de l'air intra-urbaines et rurales dans Presidente Prudente, des transects mobiles ont été réalisés de nuit selon deux axes nord-sud et est-ouest et 40 points de mesures ont été retenus, correspondant à différents types de surfaces et de quartiers (Amorim et al., 2015). Signalons enfin que les précipitations totales pendant la saison sèche de 2014 sont restées faibles (9,2 mm en juin, 76,2 mm au début du mois de juillet puis plus aucune précipitation jusqu'en août).

2. Modélisation de l'îlot de chaleur atmosphérique par transects et imagerie Landsat

L'imagerie Landsat est d'abord utilisée pour mettre en relation les températures de l'air et les types d'occupation des sols environnant les stations. Les canaux 3, 4, 5 et 6 de l'image du 08/08/2014 ont été utilisés pour la modélisation de l'îlot de chaleur urbain des températures de l'air pendant la saison sèche. L'indice de végétation NDVI (Normalized Diference Vegetation Index) a été retenu pour améliorer les résultats de la classification en trois types d'occupation du sol : surfaces artificialisées construites (voirie, bâtiments), végétation basse (prairies), végétation dense et forêts (Amorim et al., 2015).

Pour établir la relation entre la température de l'air et l'utilisation des terres, des fenêtres glissantes de 3x3 pixels (90 x 90 mètres), 5x5 pixels (150 x 150 mètres) et 9x9 pixels (270 x 270 mètres) et ainsi de suite, ont été utilisées : pour chaque point de mesure de température de l'air et chacune de ces fenêtres mobiles, le pourcentage de chaque classe d'occupation des sols a été corrélé avec l'intensité de l'ICA. Cette procédure est importante car elle ne présage pas a priori quelle est la zone d'influence de l'utilisation des terres sur les mesures de température pour chaque point, ce qui justifie le test avec ces fenêtres de taille « mobile ». Ainsi, pour la classe 1, la corrélation est meilleure (0,74) avec une fenêtre de 33x33 qu'avec une fenêtre de 5x5 pixels (0,55).

Le modèle de régression multiple a également intégré le relief qui est assez contrasté à Presidente Prudente. Au final, la modélisation (figure 1) tient donc compte de la topographie et de l'occupation des sols, les meilleurs descripteurs étant les classes 1 et 3. Une version plus détaillée de la méthodologie et des résultats est présentée dans Amorim et al., 2015.

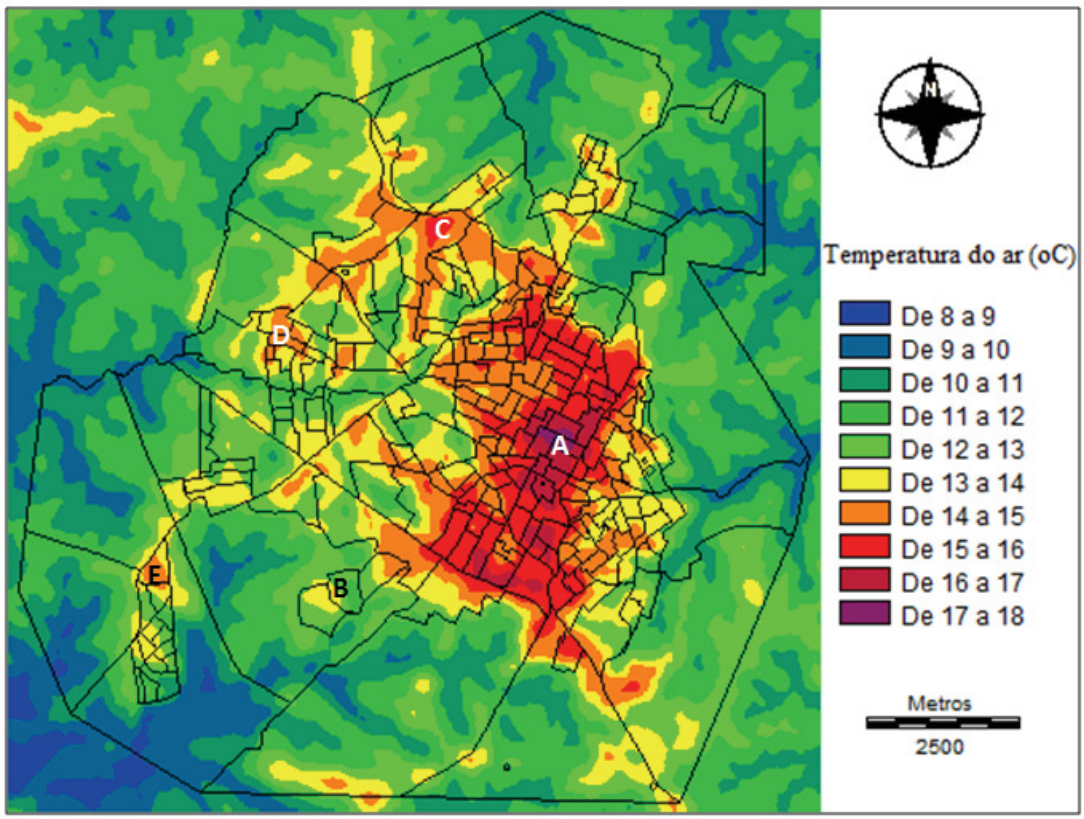

Figure 1. Modélisation de l'îlot de chaleur atmosphérique à Presidente Prudente en soirée pendant la saison sèche (A – Centre Comercial ; B – Quartiers résidentiels fermés ; C, D, E – Quartiers Populaires) – 30/06/2014 – 21h. (Source: Amorim et al., 2015, p. 42).

Les températures de l'air mesurées en saison sèche vers 21 heures locales ont montré le développement d'un fort îlot de chaleur urbain (ICU) atteignant une magnitude de 9°C. La

méthode permet de réaliser une régression multiple satisfaisante (corrélation générale de 0,81) et ainsi de construire avec l'imagerie Landsat visible et proche infrarouge une carte de l'ICU réaliste à l'échelle de l'ensemble de l'agglomération.

3. Intérêts et limites des caractéristiques des îlots de chaleur de surface

Les études antérieures sur la température de surface à Presidente Prudente en utilisant des images du satellite Landsat en saison des pluies, ont montré des îlots de chaleur de surface de très forte amplitude (jusqu'à 8°C) : des températures élevées sont ainsi observées sur différents types de matériaux urbains alors que les pâturages et les forêts en milieu rural apparaissent avec des températures plus basses (Amorim et al, 2009 ; Amorim et Monteiro, 2011; Cardoso et Amorim, 2014).

Les images de la figure 2 permettent ainsi de visualiser le contraste entre les surfaces urbanisées présentant des anomalies de températures élevées par rapport à la campagne avoisinante où sont relevées les températures les plus basses, quelle que soit la saison. A chaque fois, s'il s'agit de situations peu venteuses, des îlots de chaleur atmosphériques peuvent être observés, même si, bien entendu, il ne peut y avoir de relation directe entre ICS et ICA (Amorim et al., 2009).

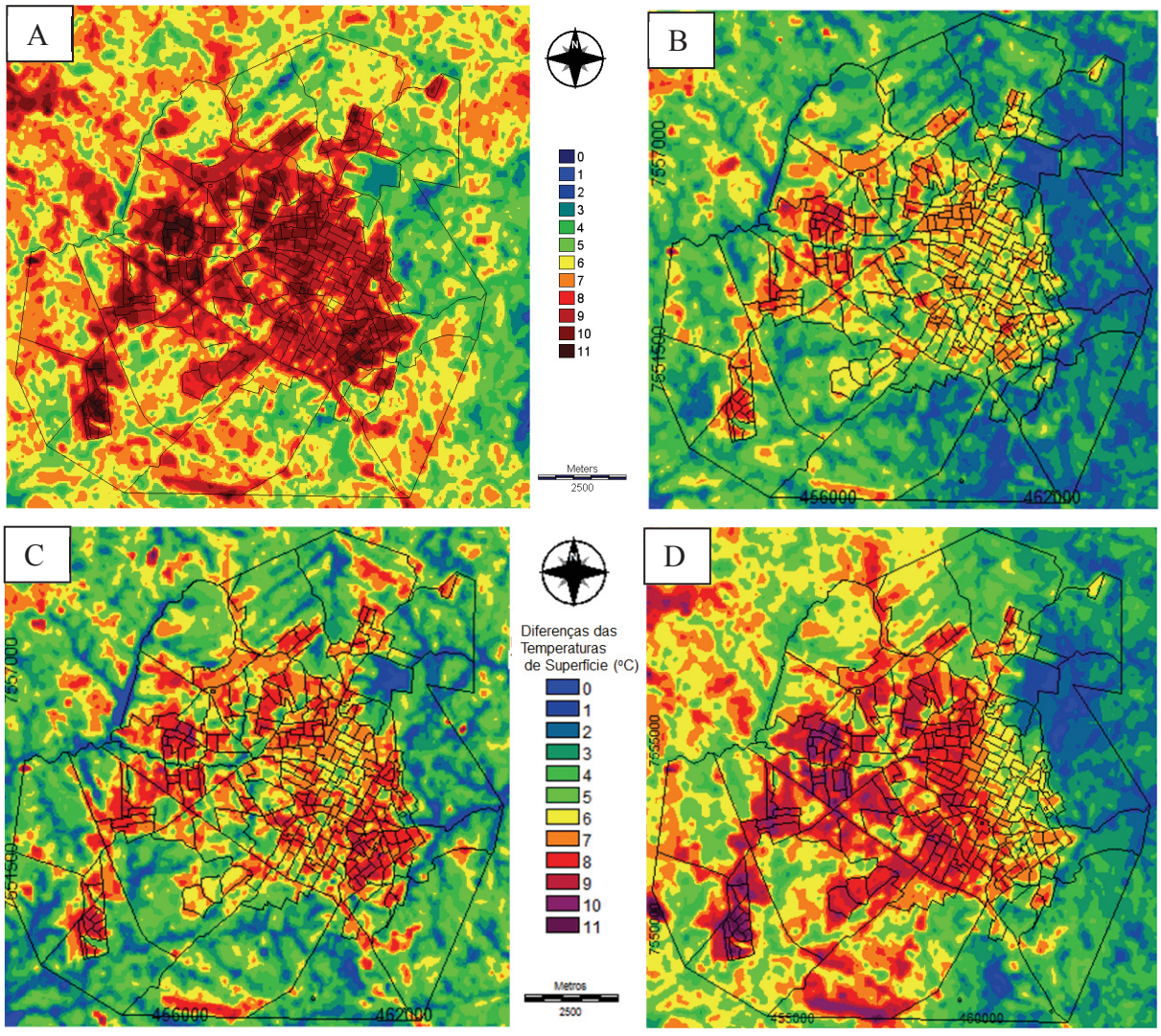

Figure 2. Cartes d'anomalies des températures de surface de Presidente Prudente pour différentes périodes de l'année en dehors de la saison sèche. A: 28/01/2014 ; B: 17/03/2014 ; C: 11/10/2014 ; D: 30/12/2014. Sources des images: http://earthexplorer.usgs.gov/ - Landsat 8, canal 10, WRS 222-075

Cependant, lorsqu'on s'intéresse à l'intensité de l'îlot de chaleur de surface pendant la saison sèche, le couvert végétal en milieu rural devient moins dense, avec une proportion importante de sols nus ou de surfaces peu couvertes. Ainsi, comme le montre la figure 3, le matin, en saison sèche, l'image satellite Landsat ne montre aucun îlot de chaleur de surface sur la zone urbaine de Presidente Prudente, parce que les températures des surfaces sont à peu près identiques sur la ville et la campagne. La carte, construite comme les précédentes en écarts de températures (ou anomalies) par rapport au point le plus froid, fait essentiellement ressortir le contraste entre les secteurs boisés de fonds de vallée et les interfluves occupés soit par des sols nus, des pâturages desséchés ou la ville. Les points les plus chauds sont d'ailleurs souvent situés en périphérie de la ville sur des sols nus et complètement secs.

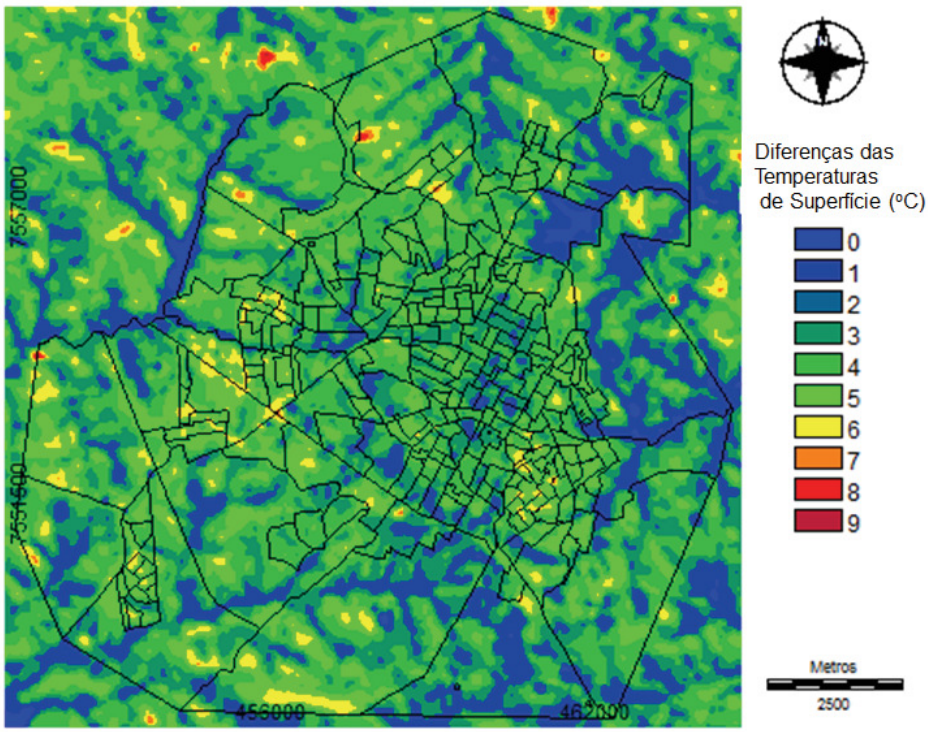

Figure 3. Carte d'anomalies des températures de surface de Presidente Prudente (SP) en saison sèche. Source de l'image: http://earthexplorer.usgs.gov/ - Landsat 8, canal 10, WRS 222-075 (le 08/08/2014 à 10h23GMT)

Dans une telle situation, l'imagerie infrarouge montre ses limites, non seulement pour distinguer les surfaces urbanisées par rapport à leur environnement rural, mais aussi pour distinguer au sein de l'agglomération les types d'urbanisation. En effet, même en ville, les quartiers plus ou moins arborés ne sont plus identifiables comme ils pouvaient l'être sur une image de saison des pluies ou intermédiaire.

L'absence d'îlot de chaleur de surface en matinée ne signifie pas l'absence d'ICA en soirée. Ainsi, alors que la figure 3 ne permet pas d'identifier les surfaces urbanisées, la modélisation réalisée avec les canaux visibles et proche infrarouge de Landsat (figure 1) permet bien de restituer l'ICA observé en début de nuit. On peut interpréter cela comme la nécessité de stocker de la chaleur en cours de journée, phénomène non encore enclenché en début de journée pendant la saison sèche par les surfaces urbanisées. Plus probablement, la restitution infrarouge nocturne reste bien plus importante en ville qu'en campagne du fait des volumes des bâtiments (indifféremment selon la période de l'année), alors que le différentiel ville/campagne en termes de flux de chaleur sensible/latente s'estompe considérablement en saison sèche.

Conclusion

Contrairement à ce qu'on aurait pu imaginer, les îlots de chaleur de surface dans les milieux urbains, ne sont pas détectés sur les images satellites pendant toutes les saisons de l'année. Ils sont surtout bien observables pendant les périodes pluvieuses où la présence de végétation plus dense et plus fraîche contraste avec les surfaces urbanisées plus chaudes. En revanche, le changement des conditions atmosphériques pendant la saison sèche entraine une diminution de la masse végétale et une augmentation des surfaces en sols nus, modifiant le bilan énergétique et entrainant des températures de surfaces proches entre les régions rurales et les zones urbaines.

L'absence d'ICS détectable par le satellite Landsat le matin n'entraîne pas, pour autant, l'absence d'ICA en soirée, comme l'illustre l'exemple de Presidente Prudente en saison sèche avec une intensité observée de 9°C. Cette observation ne rend pas non plus caduque l'utilisation des images Landsat, puisque la modélisation de l'ICA peut toujours avoir recours aux autres canaux, notamment visible et proche infrarouge, avec de bons résultats. Des méthodes combinant ces deux approches (courtes longueurs d'ondes et thermique) doivent maintenant être envisagées pour mieux modéliser l'ICA à cette échelle.

Remerciements : Les auteurs tiennent à remercier la FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pour son appui financier dans le cadre du projet 2014/16350-3. Cette étude a également bénéficié du soutien du programme des Chaires Françaises de l'Etat de São Paulo, édition 2014.

Bibliographie

Amorim M. C. C. T., 2005. Intensidade e forma da ilha de calor urbana em Presidente Prudente/SP. *Geosul (UFSC)*, **20**, 65-82.

Amorim M. C. C. T., Sant'anna Neto J. L., Dubreuil V., 2009. Estrutura térmica identificada por transectos móveis e canal termal do Landsat 7 em cidade tropical. *Revista de Geografía Norte Grande,* **43,** 65-80.

Amorim M. C. C. T., 2010. Climatologia e gestão do espaço urbano. *Mercator*, **9**, 71-90.

Amorim M. C. C. T., Monteiro A., 2011. As temperaturas intraurbanas: exemplos do Brasil e de Portugal. *Confins (Paris),* **13**, 1-18.

Amorim M. C. C. T., Dubreuil V., Cardoso R. S., 2015. Modelagem espacial da ilha de calor urbana em Presidente Prudente (SP) - Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, **16**, 29-45.

Cardoso R. S., Amorim M. C. C. T., 2014. Características do clima urbano em Presidente Prudente/SP a partir de dados de temperatura e umidade relativa do ar e técnicas de sensoriamento remoto. *Revista do Departamento de Geografia*, **28**, 39-64.

Dubreuil V., Quenol H., Foissard X., Planchon O., 2010a. Climatologie urbaine et îlot de chaleur urbain à Rennes, in P. Clergeau (dir.) *Ville et biodiversité : les enseignements d'une recherche pluridisciplinaire*. Rennes, Presses Universitaires, 105-122.

Dubreuil V., Delahaye C., Le Strat A., 2010b. Dynamiques d'occupation et d'utilisation du sol et leurs impacts climatiques au Mato Grosso, Brésil. *Confins*, **10.**

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. *Censo Demográfico 2010 : Sinopse* [en ligne]. Disponible sur: http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=354140&idtema=1&search=sao-paulo|presidente-prudente|censo-demografico-2010:-sinopse- (consulté le 14 février 2016).

Mendonça F., Dubreuil V., 2002. L'étude du climat urbain au Brésil : Etat actuel et contribution de la télédétection. Dans *Environnement et télédétection au Brésil*. Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 135-146.

Oke T. R., 1978. *Boundary Layer Climates*. London: Methuem & Ltd. A. Halsted Press Book, John Wiley & Sons, New York, 372 p.

Quenol H., Dubreuil V., Mimet A, Pellissier V., Aguejdad R, Clerjeau P., Bridier S., 2010. Climat urbain et impact sur la phénologie végétale printanière. *La Météorologie*, **68**, 50-57.