

**Limites méthodologiques de l'étude et mise en garde**

Une limite déjà observée dans Boulfroy *et al.* (2013) concernait la confusion entre les champs agricoles nus et les îlots de chaleur. En effet, la température prédite pour les terres agricoles nues s'apparentait souvent à celle des îlots de chaleur, en raison des confusions existant entre les champs et les surfaces bâties pures hautement imperméables. Dans cette nouvelle version, un effort a été fait pour identifier spécifiquement les champs agricoles lors de la classification du territoire, en créant une nouvelle classe qui les distingue souvent des surfaces imperméables. Comme la classification du territoire est la variable avec la plus forte valeur explicative dans le modèle, cette confusion a été atténuée de beaucoup.

De plus, il est essentiel de garder en tête que l'objectif poursuivi par ce modèle n'était pas de produire une cartographie précise de températures absolues, mais une cartographie de températures relatives, permettant de localiser les zones potentielles les plus chaudes et les plus fraîches. Les classes de températures de surface doivent donc être considérées comme des indicateurs robustes, permettant d'identifier et de localiser les îlots de fraîcheur et de chaleur.

Comme le montre la figure 8, une comparaison macro des deux cartes produites à partir des images de 2007 et de 2013, montre une cohérence satisfaisante entre ces 2 jeux de données : les concentrations de pixels les plus chauds (en rouge) et les plus frais (en vert foncé) se recourent dans la grande majorité des cas, permettant donc de suivre dans le temps l'évolution des îlots de chaleur et de fraîcheur. Toute comparaison fine, à l'échelle du pixel, doit par contre être faite avec prudence. En effet, plusieurs différences d'ordre méthodologique peuvent entraîner de légers écarts des classes de couleurs entre les 2 cartes (passage d'une classe à une autre limitrophe). La principale différence est l'étendue du territoire d'étude (la carte de 2007 a été produite à une échelle plus vaste que celle de 2013), influençant les seuils utilisés pour créer les niveaux de température. La résolution spatiale des données satellitaires (20 m pour les images de 2007 *versus* 30 m rééchantillonnée à 15 m pour 2013) peut également créer de légères différences.

**Principales références**

Boulfroy, E., J. Khaldoune, F. Grenon, R. Fournier et B. Talbot. 2013. Conservation des îlots de fraîcheur urbains - Description de la méthode suivie pour identifier et localiser les îlots de fraîcheur et de chaleur (méthode en 9 niveaux). CERFO et Université de Sherbrooke. Rapport 2012-11c. 40 pages.

Kestens, Y., A. Brand, M. Fournier, S. Goudreau, T. Kosatsky, M. Maloley and A. Smargiassi. 2011. Modelling the variation of land surface temperature as determinant of risk of heat-related health events. *International Journal of Health Geographics*, vol. 10, n°7, p.2-9.

Yu, X., X. Guo et Z. Wu. 2014. Land surface temperature retrieval from Landsat 8 TIRS-Comparison between radiative transfer equation-based method split window algorithm and single channel method. *Remote Sensing* 6 : 9829-9852.

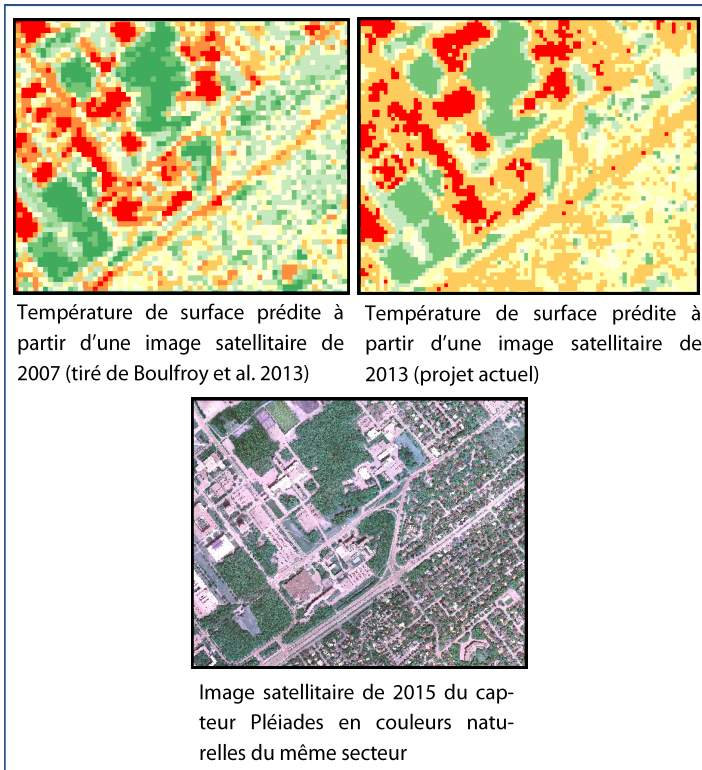


Figure 8. Comparaison des cartographies de température de surface prédite obtenues à partir d'une image SPOT 5 de 2007 et d'une image Landsat 8 de 2013

**Conclusion**

Le nouveau modèle prédictif de la température de surface relative permet de localiser, pour le territoire du périmètre urbain de la Communauté métropolitaine de Québec, les secteurs les plus chauds (îlots de chaleur) et les plus frais (îlots de fraîcheur), à une échelle relativement fine (résolution de 15 m près), apportant une meilleure précision que la donnée de température de surface fournie par le capteur thermique de Landsat 8. Ce portrait des îlots de chaleur et de fraîcheur reflète également mieux la réalité de ce territoire, puisqu'il repose sur des données satellitaires datant de 2013, contrairement à la cartographie produite par Boulfroy *et al.* (2013) dont le portrait datait de 2007 pour la région de Québec. Ce nouveau portrait permet alors de prendre en considération les changements importants dans le tissu urbain (ex : nouveaux développements qui ont vu le jour) et de suivre l'évolution récente des îlots de chaleur et de fraîcheur. Une telle cartographie représente alors un outil fort utile aux fins de planification et d'intervention en santé publique, protection civile et environnement, tant pour les autorités sanitaires que municipales.

Ce projet a été financé par le Fonds vert dans le cadre du Plan d'action 2013-2018 sur les changements climatiques (PACC) du gouvernement du Québec.

**Équipe de réalisation**  
Mathieu Varin, M.Sc.  
Emmanuelle Boulfroy, M.Sc.  
Frank Grenon, Ph.D.

Les changements climatiques causés par les émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique occasionneront des épisodes de canicule de plus en plus fréquents en milieu urbain au Québec<sup>1</sup>. Or, ces épisodes représentent un grave problème de santé publique puisqu'ils entraînent davantage de soins hospitaliers et de décès prématurés, notamment au sein des plus vulnérables. La hausse constante de la température (observée et projetée) ainsi que la présence de périodes de températures extrêmes, en particulier en été, accentueront vraisemblablement un problème déjà connu : les îlots de chaleur urbains.

Il devient donc urgent d'adopter de bonnes pratiques en matière d'aménagement du territoire, visant la diminution des effets des îlots de chaleur. C'est dans ce contexte que Nature Québec, dans le cadre de son projet *Milieus de vie en santé*, a confié au CERFO la réalisation de la cartographie des îlots de chaleur et de fraîcheur pour le territoire de la Communauté métropolitaine de Québec.

**Cartographie des îlots de chaleur et de fraîcheur de la Communauté métropolitaine de Québec**

**Cadre méthodologique général et principales étapes du projet**

Une première cartographie des îlots de chaleur a été élaborée en 2010 (Kestens *et al.*, 2011). Suite aux demandes des utilisateurs de cet outil, l'Institut national de santé publique du Québec a mandaté le CERFO en 2012-2013 pour réaliser une nouvelle cartographie des îlots de chaleur et de fraîcheur, d'une résolution plus fine et représentant un portrait plus récent de la situation (Boulfroy *et al.* 2013). Cette nouvelle cartographie des îlots de chaleur et de fraîcheur reposait sur un modèle spatial de prédiction de la température relative de surface, appliqué à l'ensemble des zones habitées par plus de 400 habitants par km<sup>2</sup> au Québec. Pour la région de Québec, les images utilisées dataient de 2007.

En 2015, Nature Québec a demandé au CERFO de réaliser une nouvelle mise à jour de la cartographie des îlots de chaleur et de fraîcheur dans le territoire de la Communauté métropolitaine de Québec, à partir d'images les plus récentes possibles.

La méthode utilisée est une adaptation du modèle de prédiction de la température de surface, utilisé dans Boulfroy *et al.* (2013) : même cadre méthodologique et sensiblement les mêmes variables explicatives. La principale différence consiste à ne plus utiliser d'images SPOT pour le calcul des variables explicatives du modèle, mais d'utiliser la mosaïque d'images de Landsat 8. Ce choix repose sur le cons-

<sup>1</sup> Selon le GIEC, onze des douze années les plus chaudes jamais observées ont été enregistrées depuis 1995. Au Québec, les dix années les plus chaudes du siècle ont été enregistrées à partir des années 1980.

<sup>2</sup> Projet financé par le Fonds vert dans le cadre du Plan d'action 2013-2020 sur les changements climatiques du gouv. du Québec.

<sup>3</sup> La résolution originale des bandes 1 à 9 de Landsat 8 est de 30 m. Après fusion d'images à partir de la bande 8 panchromatique, cette résolution est rééchantillonnée à 15 m. Dans le cas de SPOT, la résolution initiale était de 20 m, et de 10 m après rééchantillonnage.

tat<sup>3</sup> que pour les bandes 1 à 9, la résolution spatiale des images Landsat 8 peut se restreindre à 15 m, ce qui s'apparente à la résolution des images SPOT de 10 m (Yu *et al.* 2014). De plus, en utilisant un jeu d'images unique pour l'élaboration du modèle prédictif de température (toutes les variables proviennent du même jeu d'images Landsat 8), on évite également les confusions liées aux changements temporels lors de l'utilisation de plusieurs images (ex. : variable dépendante de Landsat et variables explicatives de SPOT acquises en deux dates différentes, pouvant même être décalées d'une année).

**Qu'est-ce qu'un îlot de chaleur urbain?**

Ce phénomène se définit par des températures estivales plus élevées dans les milieux urbains que dans les zones rurales avoisinantes (Figure 1), pouvant entraîner des problèmes de santé importants, voire la mort chez certains groupes de population plus vulnérables.

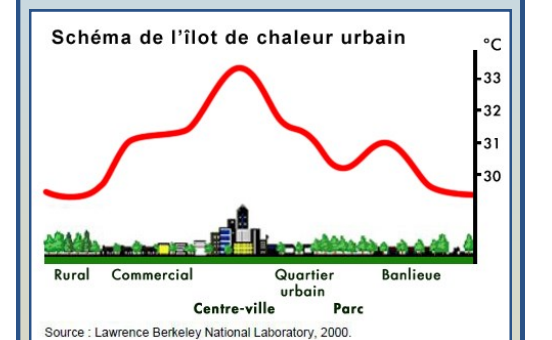


Figure 1. Îlot de chaleur urbain



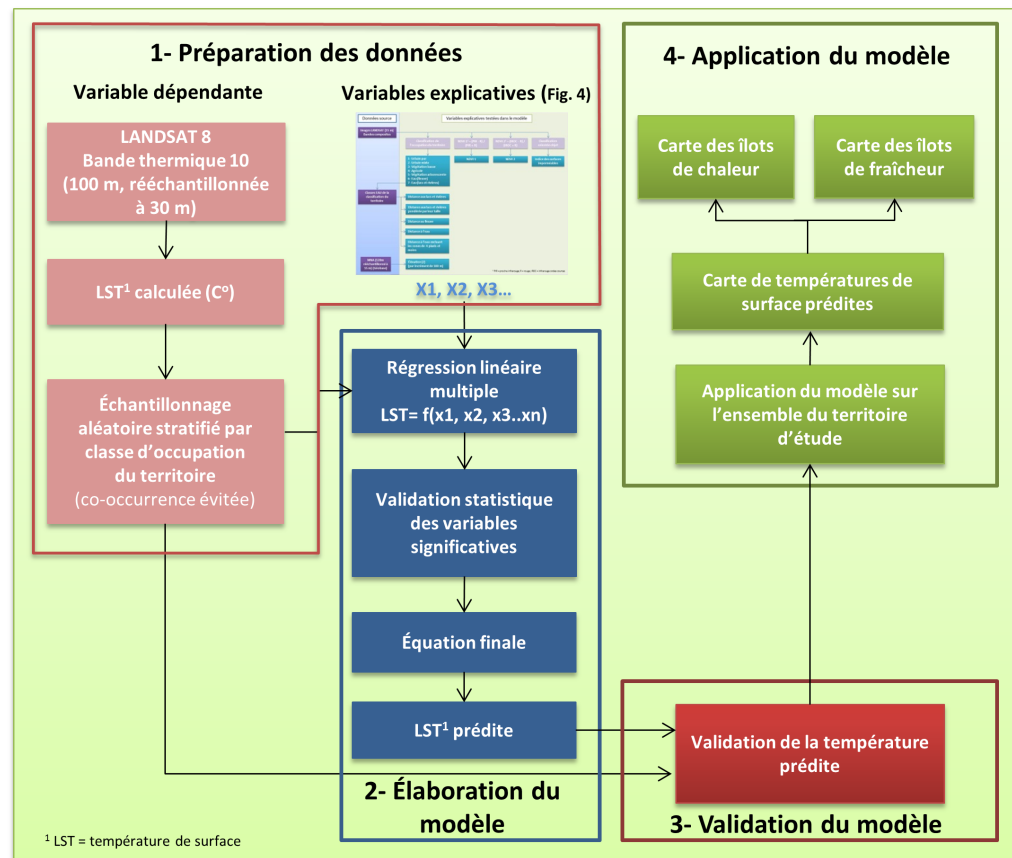
La figure 2 présente les principales étapes suivies lors de l'élaboration de la cartographie des températures de surface :

1. Préparation du jeu de données utilisé pour construire le modèle (variables explicatives et température de surface);
2. Élaboration du nouveau modèle;
3. Validation statistique du nouveau modèle;
4. Application du modèle sur l'ensemble du territoire d'étude.

**Préparation des données utilisées pour l'élaboration du modèle prédictif**

**Territoire d'étude et données satellitaires utilisées**

Le territoire d'étude correspond au périmètre urbain de la Communauté métropolitaine de Québec (CMQ), auquel une zone tampon de 500 m de large a été ajoutée (Figure 3).



Les données satellitaires utilisées pour couvrir ce territoire sont deux images acquises par le satellite Landsat 8 le 12 juillet 2013 autour de 15h. Ces données ont été récupérées gratuitement sur le site de l'Institut d'études géologiques des États-Unis, *EarthExplorer*.

**Variable dépendante du modèle**

La variable dépendante du modèle, soit la température de surface, est calculée à partir de la bande thermique (10) du capteur TIRS de Landsat 8. Le choix d'utiliser des images Landsat pour calculer la variable dépendante du modèle s'explique par la nécessité de disposer de données issues d'une bande thermique et de privilégier des données gratuites. La résolution des données thermiques est de 100 m, rééchantillonnée à 30 m.

Figure 2. Principales étapes suivies pour réaliser la cartographie de températures de surface

**Quelques exemples des bienfaits de la végétation en ville**

Des baisses de température de plusieurs degrés peuvent être observées près d'espaces verts, atténuant alors les effets des îlots de chaleur. En plus d'agir comme un climatiseur naturel en diminuant la température ambiante des villes et en favorisant une meilleure ventilation, les espaces boisés urbains sont aussi responsables de plusieurs autres bienfaits sur la santé: ils réduisent les gaz polluants présents dans l'air, ils filtrent les poussières fines et les aérosols en suspension dans l'air, ils contribuent à réduire les risques de cancer de la peau et de cataractes et constituent un milieu propice à la tenue d'activités physiques et récréatives en plein air. Bien entendu, les espaces verts en milieu urbain remplissent aussi d'autres fonctions écologiques, sociales et économiques.

**Variation explicatives testées**

Les variables explicatives ont été calculées à partir des données issues du capteur OLI de Landsat 8. Leur résolution brute est de 30 m, rééchantillonnée à 15 m par une fusion d'images avec la bande 8 panchromatique. Les variables testées sont approximativement celles qui figuraient déjà dans le modèle développé par Boulfroy *et al.* (2013). D'autres variables ont été ajoutées, en posant l'hypothèse qu'elles pourraient peut-être améliorer le modèle, notamment en réduisant la confusion qui avait été mise en évidence dans Boulfroy *et al.* (2013), entre les sols agricoles et les îlots de chaleur.

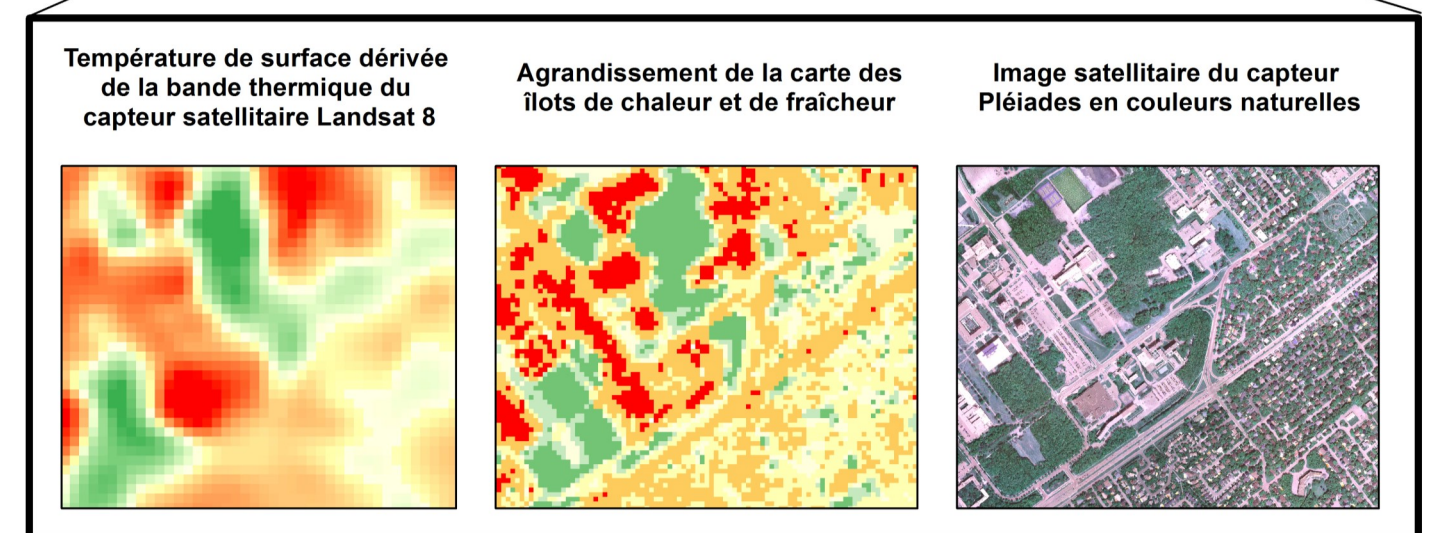
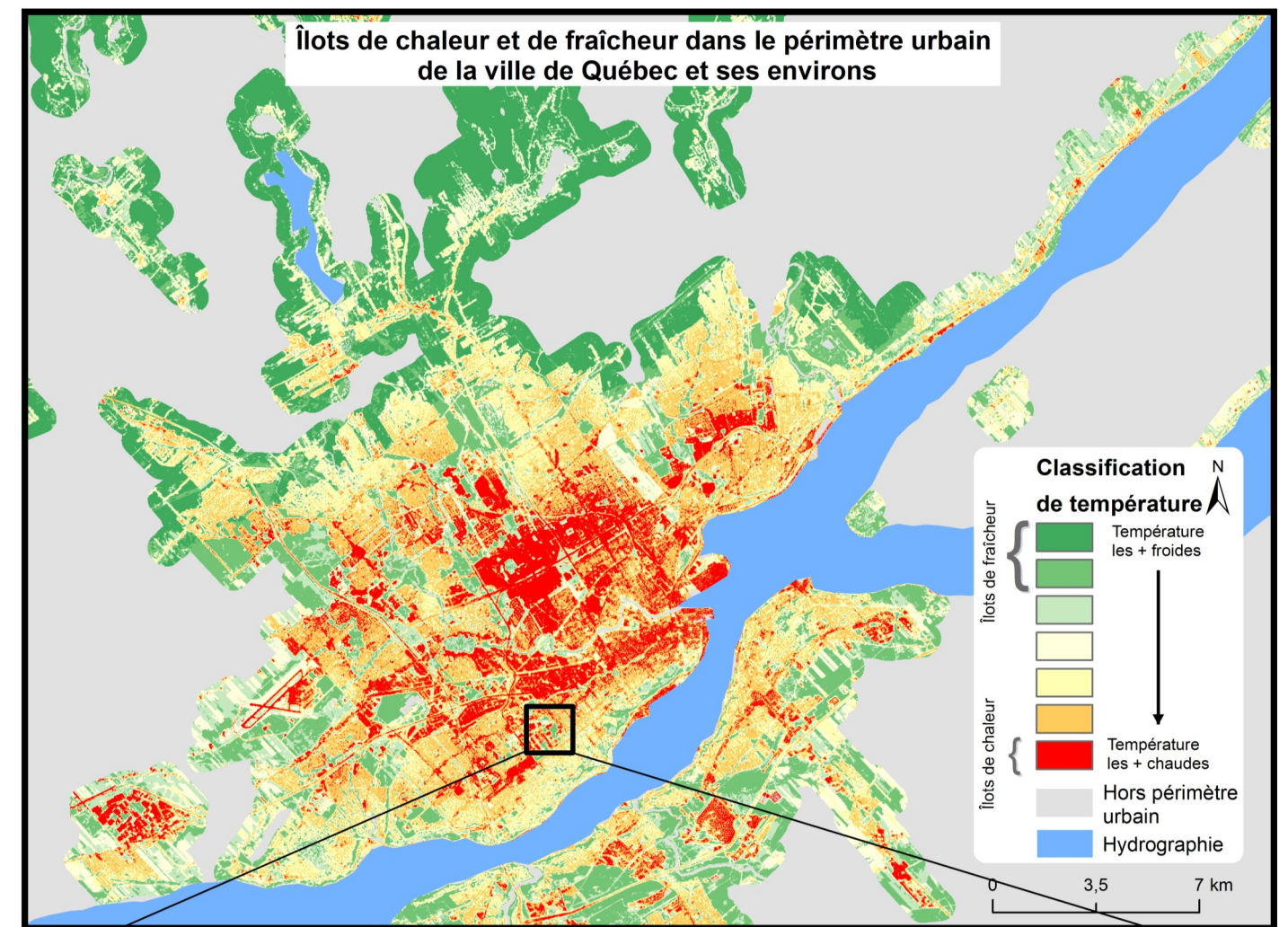


Figure 7. Carte de températures de surface pour les villes de Québec et de Lévis (carte générale et zooms)