



Novembre 2014

Étude de performance de projets de lutte aux îlots de chaleur urbains dans la région de Montréal

Synthèse de l'étude d'Environnement Canada¹

Étude réalisée par :
Service météorologique du Canada – Région du Québec, Environnement Canada²

Synthèse réalisée par :
Marie-Eve Levasseur
Direction de la santé environnementale et de la toxicologie, Institut national de santé publique du Québec

Contexte

Le Plan d'action sur les changements climatiques 2006-2012 du gouvernement du Québec visait notamment l'adaptation des communautés aux changements climatiques tant sur le plan individuel qu'en ce qui concerne les infrastructures et les programmes. Le ministère de la Santé et des Services sociaux (MSSS) était responsable du volet santé de l'Action 21 visant l'instauration des mécanismes devant servir à prévenir et à atténuer les impacts des changements climatiques sur la santé. À cet effet, le MSSS a confié à l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ) le mandat de soutenir le milieu municipal et les réseaux de la petite enfance et de l'éducation afin de mettre en place des mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains (ICU). Ainsi, l'INSPQ a appuyé de nombreux projets de lutte aux ICU, notamment dans la grande région de Montréal. Au cours des années 2011 et 2012, plusieurs projets de création d'îlots de fraîcheur ont été mis en place dans divers arrondissements de la ville incluant, entre autres, des actions de végétalisation et d'aménagements de cours d'écoles, de terrains sportifs et de stationnements. Ces projets avaient aussi comme objectif de favoriser l'accroissement de la végétation et des surfaces réfléchissantes.

¹ Environnement Canada (2014). Étude de performance de projets de lutte aux îlots de chaleur urbains dans la région de Montréal, Service météorologique du Canada – Région du Québec (SMC-QC), 142 pages.

² La présente étude a été financée par le Fonds vert dans le cadre de l'Action 21 du Plan d'action 2006-2012 sur les changements climatiques du gouvernement du Québec. L'étude a été réalisée grâce à une équipe de scientifiques, d'avisers et de gestionnaires d'Environnement Canada incluant les collaborateurs suivants : Stéphane Gagnon, Ronald Frenette, Stéphane Bélair, Simon Pellerin, Frédéric Chagnon, Philippe Gachon, Philippe Martin, Nedka Pentcheva, André Cotnoir, Louise Bussières, Chantale Côté, Claude Masse et Gilles Brien.

Afin d'évaluer les retombées de ces mesures de lutte aux ICU de manière concrète (réduction de la chaleur ou gain de fraîcheur), l'INSPQ s'est tourné vers le Service météorologique du Canada – Région du Québec (SMC-QC) d'Environnement Canada (EC) en raison des compétences et des ressources de cet organisme reconnu. Leur expertise a permis d'évaluer la performance des mesures d'atténuation des ICU de certains projets de démonstration dans la région de Montréal. Six projets et sites spécifiques ont été sélectionnés, assurant la représentativité de divers milieux, dans le but de quantifier les impacts des réaménagements. Cette évaluation est une première au pays dans le domaine des prévisions environnementales urbaines. Elle a permis l'acquisition de connaissances et le développement de méthodes pertinentes contribuant à améliorer les nouveaux projets de lutte aux ICU.

Cet article est une synthèse de l'étude réalisée par le Service météorologique du Canada – Région du Québec (SMS-QC) pour l'INSPQ.

Objectifs et définitions

L'objectif principal du mandat confié à EC était de réaliser une étude de performance des mesures d'atténuation mises en place pour lutter contre les ICU dans le cadre de certains projets situés dans la région de Montréal. Ainsi, EC a tenté d'évaluer les bénéfices environnementaux des aménagements réalisés en termes de gains de fraîcheur. Pour ce faire, plusieurs techniques ont été employées, dont la modélisation à haute résolution, l'utilisation de l'imagerie thermique satellitaire ainsi qu'une campagne de mesures sur le terrain.

En premier lieu, il importe de clarifier la terminologie entourant le concept d'îlots de chaleur urbains. Bien qu'il existe plusieurs définitions et types d'ICU, ce rapport se concentre sur deux d'entre eux : les ICU de la canopée urbaine et les ICU de surface.

Les ICU de la canopée urbaine se caractérisent par une différence entre la température de la couche d'air à la hauteur moyenne des bâtiments en milieu urbain, soit de 1,5 à 5 mètres, et la température de l'air en milieu rural dans les mêmes conditions météorologiques. Ces différences sont plus marquées durant la nuit, où le taux de refroidissement de l'air en milieu urbain est plus lent que celui du milieu rural. Pour certaines villes, ces écarts de température peuvent atteindre jusqu'à 12 °C, lors de nuits claires et par vent calme (Oke, 1987). Les différences entre les propriétés thermiques des surfaces présentes dans les zones urbaines et rurales sont à l'origine de ces variations de température.

Le deuxième type d'îlot de chaleur défini dans l'étude d'EC est l'ICU de surface. Ce dernier se caractérise par la différence entre la température radiative de la surface urbaine et celle de la surface rurale. Les ICU de surface affichent une grande variabilité spatiale intra-urbaine, comme les ICU de la canopée urbaine. Toutefois, le cycle diurne de l'intensité des ICU de surface est caractérisé par un maximum le jour, au moment où le rayonnement solaire incident est maximal. Par ailleurs, lorsque le vent est faible et que le ciel est dégagé, l'évolution nocturne de l'intensité des ICU de surface est similaire à celle des ICU de la canopée urbaine.

L'îlot de chaleur intra-urbain (ICIU) est l'expression de la variabilité spatiale de l'effet d'ICU d'une agglomération. Les ICIU se développent principalement dans les endroits où l'on retrouve de nombreuses surfaces susceptibles d'emmagasiner de la chaleur, comme les matériaux de revêtement de certaines infrastructures ou de stationnements. Les ICIU s'observent autant dans la canopée urbaine qu'à la surface, leur permettant ainsi d'être détectés par des mesures de températures *in situ* (canopée) et par l'imagerie thermique satellitaire (surface).

Description des projets

Le tableau 1 présente les projets de réaménagement sélectionnés à des fins d'évaluation dans le cadre de l'étude de performance.

Tableau 1 Listes des projets évalués

PROJET	ARRONDISSEMENT / VILLE
Verdun fait sa fraîche	Verdun, Montréal
Place fraîcheur à l'école Calixa-Lavallée	Montréal-Nord, Montréal
Verdissement du pôle d'entraide	Brossard
Vague de fraîcheur au Palais Culti-Vert	Ville-Marie, Montréal
Îlots de fraîcheur urbains : Les écoles d'abord	Mercier-Hochelaga-Maisonneuve, Montréal
Effet de terre aux Habitations Jeanne-Mance	Ville-Marie, Montréal

Source : Environnement Canada (2014). Les liens hypertextes mènent à la description des projets sur le site Web *Mon climat, ma santé* (<http://www.monclimatmasante.qc.ca/>).

Dans certains cas, les projets comportaient plusieurs mesures et actions visant à créer des espaces de fraîcheur. Cependant, des zones précises ont été ciblées pour évaluer les bénéfices environnementaux des mesures mises en place. Ainsi, dans le cadre du projet *Verdun fait sa fraîche*, c'est l'aménagement du parc Philippe-Zotique-Milette qui a été visé à des fins d'évaluation. D'une surface bétonnée avec un seul arbre, le parc a été aménagé en y incluant des surfaces gazonnées, des lits de plantation et des surfaces de caoutchouc pour réduire le couvert de béton et de pierre à seulement 16 % de la surface totale du parc.

Le second projet, *Place fraîcheur à l'école Calixa-Lavallée*, visait l'aménagement du terrain de cette école de Montréal-Nord. Deux aires du projet ont été sélectionnées pour y effectuer les observations, soit les terrains sportifs, dans la cour de l'école, et le stationnement, situé à l'extrémité sud du site. Les modifications apportées aux surfaces incluent une augmentation de la surface végétale (gazon, arbres et arbustes) et des surfaces claires (Bituclair, béton gris pâle, dalles sans coloration, etc.).

Pour le troisième projet sélectionné, *Verdissement du pôle d'entraide*, ce sont les aménagements du parc Aumont qui ont été retenus pour les besoins de l'évaluation (voir figure 1). Les travaux incluaient notamment le déplacement du jardin communautaire, l'installation d'une aire de jeux d'eau, un nouveau tracé pour la piste cyclable et la plantation d'arbres, de plates-bandes florales et de vignes.

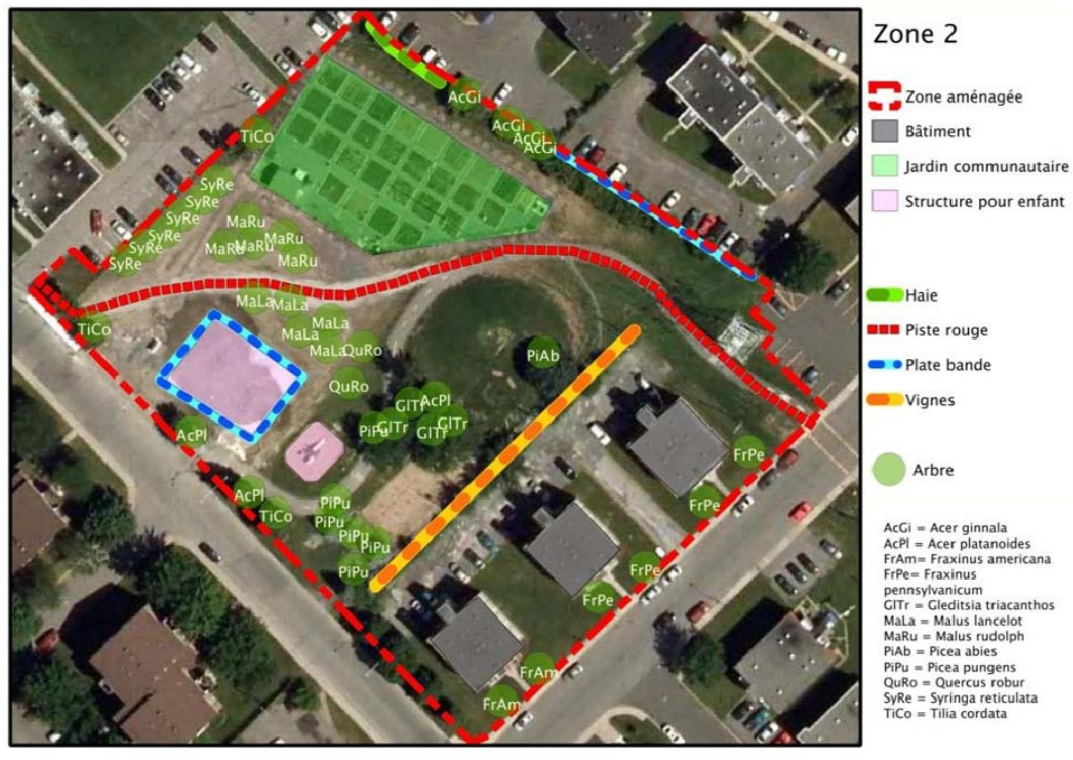


Figure 1 Illustration des aménagements réalisés au parc Aumont à Brossard

Source : Environnement Canada (2014)

Le projet *Vague de fraîcheur au Palais Culti-Vert* visait l'aménagement d'une partie du toit du Palais des congrès de Montréal en y ajoutant des tapis végétaux et en y faisant l'exploitation de cultures en pots et en bacs. La figure 2 ci-dessous montre l'aménagement du toit à l'été 2011.

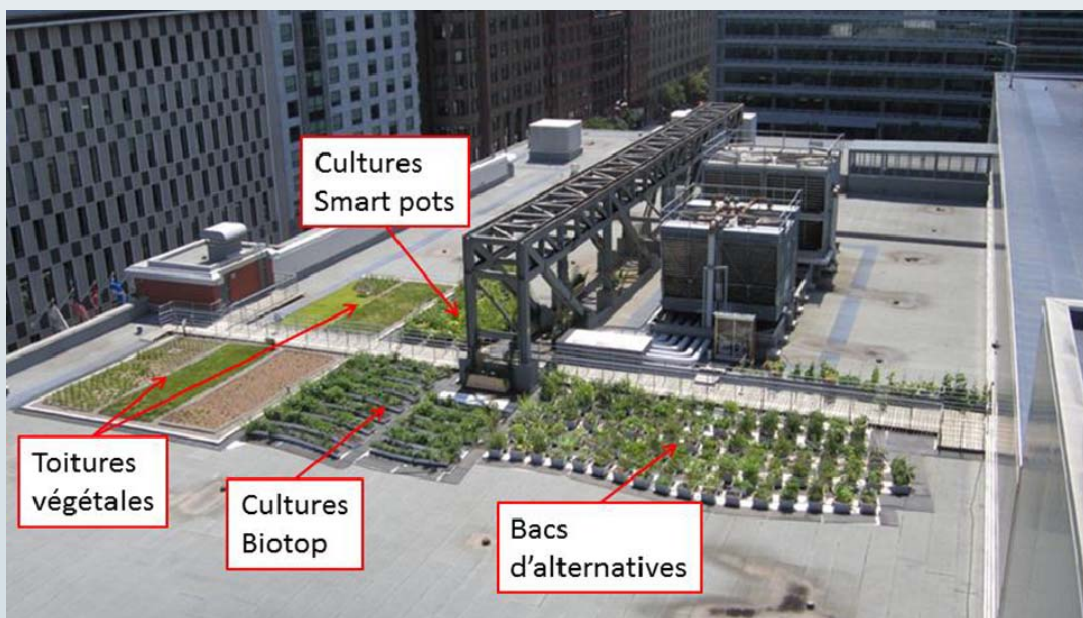


Figure 2 Vue aérienne de l'aménagement du toit du Palais des congrès

Source : Environnement Canada (2014)

Îlots de fraîcheur urbains : Les écoles d'abord est un projet d'aménagement de plusieurs cours d'école de l'arrondissement Mercier–Hochelaga-Maisonneuve. Dans le cadre de cette étude, la cour de l'école St-Clément a été choisie pour y évaluer les « impacts fraîcheur » des modifications prévues, soit l'ajout de végétation, la réduction des surfaces imperméables, l'aménagement d'un jardin et l'installation de dispositifs créant de l'ombre. Cette école est située dans un quartier à forte densité de bâti.

Enfin, le dernier projet sélectionné, *Effet de terre aux Habitations Jeanne-Mance*, visait l'aménagement de stationnements (plantation d'arbres et de végétaux, bassins de rétention d'eau, réduction du nombre d'espaces) et de façades des maisons situées autour de ce stationnement du complexe des Habitations Jeanne-Mance, au centre-ville de Montréal. Cinq stationnements ont été évalués en termes de réduction de la chaleur, en plus d'un sixième qui servait de site de comparaison puisque n'ayant subi aucune modification.

Résultats

Modélisation à haute résolution

La méthode de modélisation à haute résolution visait à valider et à quantifier les résultats des travaux d'aménagement des six projets en simulant leurs impacts sur les bilans radiatifs et les températures ambiantes lors d'épisodes d'ICU significatifs. Les simulations numériques ont permis de comparer les réductions thermiques occasionnées par les aménagements de quatre sites lors de quatre épisodes d'ICU significatifs (voir tableau 2), les deux autres sites faisant partie de l'étude n'ayant pu être utilisés faute de description détaillée des aménagements. Pour chaque projet, deux simulations ont été effectuées pour chacun des épisodes d'ICU, soit une première simulation où les propriétés des matériaux reflétaient la situation avant les travaux, et la seconde où l'occupation du sol reflétait l'état du site après les réaménagements.

Les résultats des modélisations numériques de surface montrent que l'effet rafraîchissant des modifications des sites apparaît davantage la nuit lorsque les matériaux relâchent l'énergie accumulée durant le jour. Les réductions de températures sont particulièrement marquées pour les sites de Verdun et de l'école Calixa-Lavallée, notamment en raison de l'augmentation importante des surfaces végétalisées. Pour le site de Verdun, la simulation montre que des réductions de température peuvent atteindre jusqu'à 3,7 °C avec en moyenne une réduction de 1,35 °C, jour et nuit confondus. Pour l'école Calixa-Lavallée, où près de la moitié de la surface asphaltée a été remplacée par des plantations ou des surfaces claires, les réaménagements ont donné lieu à une réduction moyenne de température d'environ 1 °C et une réduction maximale de 2,9 °C. Les modifications apportées au toit du Palais des congrès portaient sur une trop petite surface par rapport à la superficie modélisée. Ainsi, les simulations démontrent une réduction moyenne de la température d'environ 0,27 °C avec un maximum de réduction à 0,73 °C. L'effet fraîcheur n'a donc pu être nettement établi pour ce projet. Enfin, les simulations pour le site du pôle d'Entraide de Brossard indiquent des impacts neutres voire même des augmentations de la température avec une moyenne de 0,19 °C. Ces résultats s'expliquent notamment par le fait que les aménagements incluaient le déplacement d'un jardin communautaire sans en agrandir la superficie, le déplacement d'une piste cyclable et le changement de son revêtement pour une surface asphaltée de couleur rouge, ainsi que l'ajout de jeux d'eau sur une dalle de béton à fort albédo, modifications qui ont contribué à réduire la superficie végétalisée initiale.

Le Tableau 2 présente les réductions thermiques moyennes et maximales pour les quatre sites évalués et les quatre épisodes d'ICU significatifs. Les valeurs représentent l'écart entre les températures (prévues) après et avant réaménagement, les valeurs négatives indiquant qu'il y aurait eu une réduction des températures et les valeurs positives indiquant une augmentation des températures après les travaux d'aménagements.

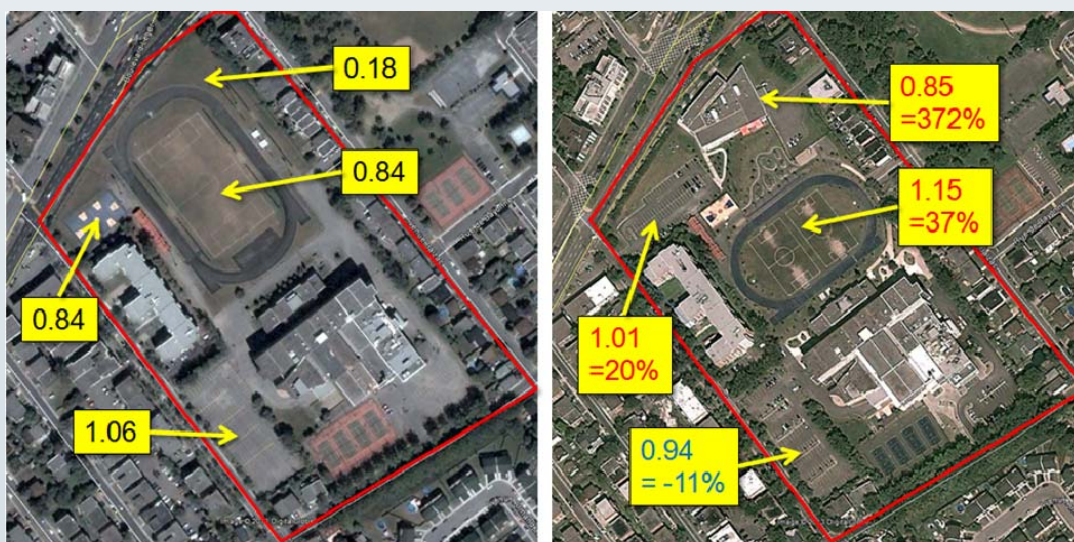
Tableau 2 Réductions thermiques (°C) selon la modélisation urbaine

Date de l'événement	Verdun		Palais des congrès		Calixa-Lavallée		Brossard	
	Réduction maximale	Réduction moyenne	Réduction maximale	Réduction moyenne	Réduction maximale	Réduction moyenne	Réduction maximale	Réduction moyenne
14 au 17 juillet 2011	-3,71	-1,24	-0,7	-0,26	-2,73	-0,99	0	0,18
25 au 31 juillet 2011	-3,3	-1,2	-0,62	-0,23	-2,6	-0,96	0,01	0,16
9 au 15 juillet 2012	-3,71	-1,49	-0,73	-0,3	-2,92	-1,19	-0,04	0,2
20 au 27 août 2012	-3,36	-1,47	-0,62	-0,29	-2,52	-1,15	0	0,2
Moyennes	-3,52	-1,35	-0,67	-0,27	-2,69	-1,07	-0,01	0,19

Source : Environnement Canada (2014)

Imagerie thermique satellitaire

Les résultats obtenus par la méthode d'imagerie thermique satellitaire sont présentés sous forme d'images aériennes sur lesquelles on peut comparer les sites sélectionnés avant et après les réaménagements. Ces images, prises sous des conditions météorologiques similaires, ont été sélectionnées par EC dans des banques de données spécialisées (Landsat). Puisqu'il est presque impossible d'obtenir deux images prises dans des conditions identiques, les données sont normalisées par le biais d'une équation. Ces valeurs relatives sont superposées à des images obtenues par Google Earth (de 2008 et 2013). Les variables obtenues sont sans unité et ne représentent pas une température : leur grandeur reflète un gain ou une perte de chaleur par rapport à l'image de référence (avant les travaux). Par exemple, la figure 3 montre les résultats pour le projet de l'école Calixa-Lavallée.



Légende : Sur l'image de droite, les chiffres en rouge montrent une augmentation de la valeur entre 2008 et 2013 et impliquent un effet d'ICU de surface plus élevé. Les chiffres en bleu montrent une réduction de la valeur entre 2008 et 2013 et impliquent un effet d'ICU de surface moins élevé.

Figure 3 Vues aériennes du site de l'école Calixa-Lavallée en 2008 (à gauche) et 2013 (à droite)

Source : Courtoisie du SMC-QC d'Environnement Canada

On peut aussi observer les gains et pertes thermiques en pourcentage. Pour ce projet, seule la plantation d'arbres sur le stationnement sud-ouest semble avoir créé un effet de fraîcheur. La construction d'un pavillon d'hôtellerie et d'un stationnement au nord du site a eu l'effet inverse. De plus, la piste d'athlétisme a été recouverte d'un tapis sportif de couleur bleue au lieu d'être faite de Bituclair tel que prévu initialement.

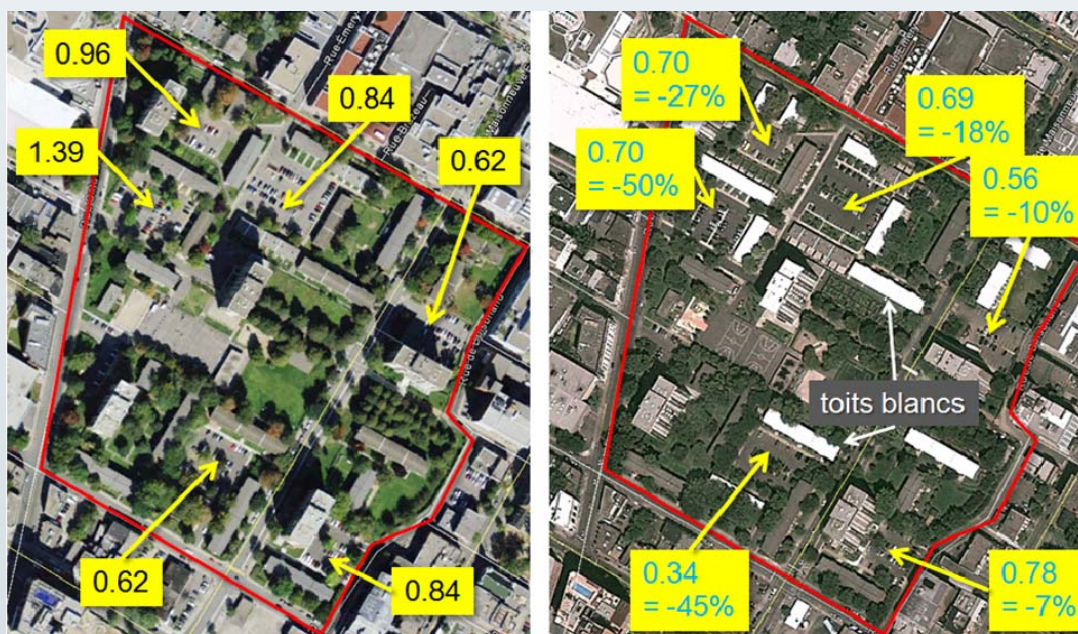
Pour le projet *Îlots de fraîcheur urbains : Les écoles d'abord*, les réaménagements à l'école St-Clément semblent montrer une augmentation de l'effet d'ICU (gains thermiques de 86 et 113 % pour les deux sites d'observations). Bien que le terrain réaménagé semble avoir un albédo moindre que la surface précédente d'après les vues aériennes, l'absence d'information quant à sa surface ne permet pas de déterminer la cause exacte de cette augmentation. De plus, les dates de la prise d'images satellites diffèrent sensiblement, ce qui a pu influencer les résultats.

Quant au site du pôle d'entraide à Brossard, les résultats démontrent un gain thermique général qui n'est pas biaisé par l'ombrage de bâtiments, soit de 42 et 45 %.

La portion du toit du Palais des congrès qui a été réaménagée par un tapis végétal et l'installation de cultures en bacs et en pots a permis une réduction notable de l'effet d'ICU à cet endroit, soit une diminution d'environ 13 %.

Le projet le plus délicat à évaluer pour EC est celui de la place fraîcheur, à Verdun, puisque sa superficie n'est couverte que par un pixel. Malgré cela, on y observe un gain de fraîcheur intéressant, avec une réduction d'environ 26 %.

Enfin, les aménagements au complexe des Habitations Jeanne-Mance présentent les meilleurs gains en termes de réduction de l'effet d'ICU (figure 4), avec un maximum de réduction d'environ 50 %. Tous les stationnements où des arbres ont été plantés semblent considérablement plus frais, cette situation pouvant être accentuée par l'installation de toitures blanches réfléchissantes aux alentours (action non prévue dans le projet initial).



Légende : Sur l'image de droite, les chiffres en bleu montrent une réduction de la valeur entre 2008 et 2013 et impliquent un effet d'ICU de surface moins élevé.

Figure 4 Vues aériennes du site des Habitations Jeanne-Mance en 2008 (à gauche) et 2013 (à droite)

Source : Courtoisie du SMC-QC d'Environnement Canada

Au final, sur l'ensemble des projets évalués, la moitié d'entre eux indiquent un gain de fraîcheur ou une réponse thermique favorable à l'atténuation des ICU de surface. Le Palais des congrès et les Habitations Jeanne-Mance montrent tous deux des réductions de la température de surface notables. Bien que le projet de Verdun soit de trop faible superficie pour pouvoir être évalué adéquatement, il présente tout de même une réduction de l'effet d'ICU. Enfin, bien que l'on observe une amplification de l'effet d'ICU de surface à certains endroits à l'école Calixa-Lavallée, on remarque aussi des gains de fraîcheur dans une des zones.

Campagne de mesures

Trois séries temporelles de températures de l'air ont été choisies afin d'effectuer des comparaisons avec les observations des températures de l'air de chacun des projets sélectionnés durant les étés 2011 et 2012. En milieu rural, la température moyenne a été calculée à partir des températures de l'air observées à différentes stations météorologiques en dehors de Montréal, soit les stations de Varennes, St-Anicet, L'Assomption, Ste-Clothilde, L'Acadie et Ste-Anne-de-Bellevue. En milieu urbain, les températures de l'air moyennes horaires des stations Dorval (aéroport Montréal-Trudeau) et McTavish (campus de l'Université McGill) ont été utilisées. Les températures mesurées pour chacun des sites ont donc été comparées avec ces trois séries temporelles. Les résultats de la campagne de mesures montrent que les six projets constituaient des ICU plus ou moins intenses. En effet, les températures de l'air y étaient systématiquement plus élevées que celles des stations urbaines de référence.

Les données recueillies ne permettent pas de comparer adéquatement les changements dans les températures avant et après les actions d'aménagement : deux années en cours de travaux ne fournissent pas un échantillonnage suffisant.

Méthodes d'évaluation de la performance

L'étude se base sur des approches éprouvées, soit la modélisation à haute résolution (ex. : Bernier *et al.*, 2011; Carrera *et al.*, 2010; Leroyer *et al.*, 2011; Masson *et al.*, 2000), l'imagerie thermique satellitaire (ex. : Vogelmanna *et al.*, 2001; Zhang *et al.*, 2009) et une campagne de mesures sur le terrain (Chagnon, 2007; Lemonsu *et al.*, 2009). La description détaillée de la méthodologie et la liste complète des références sont présentées dans le rapport complet (Environnement Canada, 2014).

L'évaluation de la performance des projets de lutte aux ICU de la région de Montréal s'est faite par le biais de trois méthodes distinctes. En premier lieu, la caractérisation des ICU à Montréal a été effectuée afin de circonscrire les épisodes significatifs d'ICU pour les années 2008, 2010, 2011 et 2012. L'analyse des séries temporelles des températures de l'air relevées par huit stations météorologiques urbaines et rurales de Montréal et de ses environs a permis d'identifier les intensités et la fréquence des événements d'ICU significatifs pour ces étés.

Ces données ont à leur tour été utiles afin de réaliser des modélisations numériques à haute résolution. Cette technique a permis de simuler les impacts des projets d'aménagement sélectionnés sur les bilans radiatifs et les températures ambiantes (de l'air) pendant quatre épisodes d'ICU significatifs. Ainsi, des simulations du site avant et après les réaménagements prévus (comparaison des propriétés thermiques des matériaux et surfaces) ont permis de comparer les impacts thermiques des changements apportés en termes de réduction moyenne et de réduction maximale des températures. L'absence de description détaillée quant aux types de surfaces aménagées (matériaux, couvert végétal, etc.) et leurs dimensions avant et après les travaux a rendu impossible la modélisation à haute résolution pour deux sites, soit le complexe des Habitations Jeanne-Mance et la cour de l'école St-Clément du projet *Îlots de fraîcheur urbains : Les écoles d'abord*. Les simulations ont été effectuées pour les quatre autres sites.

La seconde méthode employée afin d'évaluer les changements thermiques occasionnés par les projets de lutte aux ICU est celle de l'imagerie thermique satellitaire. Elle permet la comparaison d'images thermiques avant et après les réaménagements, afin d'évaluer le changement en termes de gain ou de réduction de la chaleur. La méthodologie développée en 2011 par le SMC-QC a dû être revue puisque le satellite Landsat 5 a cessé de fonctionner en novembre 2011 et que Landsat 7 a connu un bris en 2003, ce qui empêche d'utiliser les images thermiques de Montréal. Il a donc fallu attendre à l'été 2013 pour que Landsat 8 fournisse de nouvelles images qui ont pu être comparées à celles obtenues avant les réaménagements des sites des six projets (image de 2008). Les images sélectionnées, obtenues dans des conditions météorologiques similaires, ont dû être soumises à des corrections atmosphériques pour restituer les réflectances au sol (logiciel REFLECT; Bouroubi *et al.*, 2006) et être normalisées (afin de corriger pour l'impossibilité d'obtenir deux images prises dans des conditions identiques). Ainsi, l'imagerie thermique permet d'obtenir des variables sans unité dont la grandeur reflète un gain ou une perte de chaleur. On peut donc comparer les images de 2008 et 2013 et observer si les projets réalisés ont permis d'atténuer l'effet d'ICU. Cette méthode est cependant moins précise lorsque de petites superficies sont analysées puisque la plus petite unité, soit 1 pixel, correspond à une résolution de 30 mètres x 30 mètres.

Finalement, une campagne de mesures a été effectuée durant les deux saisons estivales pendant lesquelles les projets ont été réalisés. D'abord, chaque site devait être décrit avant et après les aménagements. Malheureusement, pour certains sites, les informations n'ont pas toujours pu être fournies. Ensuite, une surveillance en continu a été effectuée sur certains sites grâce à l'installation d'une station d'observation qui enregistre certains paramètres météorologiques; température et humidité de l'air, vitesse du vent et précipitations. De plus, des observations manuelles ont été faites lors de conditions météorologiques favorables au développement d'ICU et ont souvent pallié au manque de données en continu de certains sites. Enfin, la majorité des sites ont été soumis à une ou plusieurs périodes d'observations intensives, soit plusieurs séries de mesures prises au cours d'une période de 24 à 48 heures. Parmi les limites de cette méthode, notons l'absence de données systématiques décrivant les conditions de tous les sites avant et après les réaménagements. Diverses contraintes techniques liées à l'état d'avancement des projets et à l'installation des stations d'observation automatiques ont contribué à réduire la quantité de mesures prises sur les sites.

Conclusion

La caractérisation des ICU de la canopée urbaine a permis de confirmer que les températures diurnes, en milieu rural comme en milieu urbain, sont relativement similaires, alors que les températures nocturnes varient en fonction du milieu, l'environnement urbain se refroidissant moins que le milieu rural. Les observations du réseau de stations météorologiques d'EC ont permis de constater la quasi-absence d'effet d'ICU de la canopée urbaine (à l'échelle du grand Montréal) lors d'épisodes intenses de chaleur accablante. Ce phénomène s'explique notamment par les conditions météorologiques particulières qui accompagnent généralement les canicules au Québec, soit une humidité élevée et des vents légers à modérés, conditions qui atténuent les différences de température entre le milieu rural et urbain.

Cependant, les données satellitaires et celles issues de la campagne de mesures montrent que par conditions ensoleillées, l'effet d'ICU (de la canopée et de surface) est toujours présent, si minime soit-il, dans les endroits peu végétalisés, imperméables, et encore davantage pour les surfaces ayant un faible albédo (ex. : asphalte).

L'étude de performance des projets de lutte aux ICU dans la région de Montréal a permis de démontrer que certains des projets sélectionnés permettaient d'obtenir des gains de fraîcheur notable. D'après l'imagerie satellitaire, les projets situés au Palais des congrès et aux Habitations Jeanne-Mance ont contribué à l'atténuation de l'effet d'ICU de surface. De même, le projet situé à Verdun a montré une atténuation malgré sa faible superficie, ainsi qu'une section du projet situé à l'école Calixa-Lavallée. La modélisation urbaine, méthode la plus concluante, a permis de montrer une réduction de l'effet d'ICU pour les projets de Verdun et Calixa-Lavallée. L'impact thermique au Palais des congrès n'a pu être clairement démontré en raison de la surface aménagée, trop petite par rapport à la superficie modélisée.

Il appert aussi que la prise de mesures ainsi que la description des surfaces et des matériaux employés avant et après les aménagements sont d'importants éléments à obtenir afin d'évaluer la réponse thermique des projets de lutte aux ICU. Le choix des matériaux et de leur couleur a pu avoir un impact sur la modification de l'effet d'ICU à certains endroits. De plus, les changements apportés aux projets en cours de réalisation ont pu occasionner des modifications sur la réduction anticipée de l'effet d'ICU.

Le rapport « Étude de performance de projets de lutte aux îlots de chaleur urbains dans la région de Montréal » a permis de comparer trois méthodes visant à évaluer les impacts en termes de réduction de la température pour divers projets de lutte aux ICU dans la métropole. Ces connaissances pourront contribuer à sélectionner les meilleures pratiques et favoriseront certaines méthodologies plus probantes que d'autres. Pour EC, la modélisation numérique offre une meilleure comparaison des sites avant et après les réaménagements, notamment en raison de sa résolution élevée et de par l'absence de contraintes physiques reliées aux instruments de mesure.

Les résultats de l'étude montrent l'efficacité de plusieurs interventions mises en place pour réduire l'effet d'ICU (réduction de la surface bétonnée, végétalisation, etc.), mais pas de toutes. Certaines devront être priorisées afin de réaliser le plus de gains de fraîcheur possible. Cette étude permet finalement de conclure que la superficie des projets doit être suffisamment importante pour obtenir un effet significatif et mesurable avec les outils existants.

Références

- Bernier N.B., Bélair S., Bilodeau B. & Tong L. (2011). Near surface and land surface forecasts for the Vancouver 2010 Winter Olympic and Paralympic games. *J. Hydrometeor.*, vol. 12, p. 508-530.
- Bouroubi M.Y., Vigneault P., Cavayas F. & Tremblay N. (2006). Le progiciel « Reflect » pour la correction atmosphérique d'images satellites : validation sur la Montérégie, Québec. *Téledétection*, vol. 6, p. 1-8.
- Carrera M.L., Bélair S., Fortin V., Bilodeau B., Charpentier D. & Doré I. (2010). Evaluation of Snowpack Simulations over the Canadian Rockies with an Experimental Hydrometeorological Modeling System. *J. Hydrometeor.*, vol. 11, p. 1123-1140.
- Chagnon F. (2007). Montréal Urban Snow Experiment (MUSE) - Report on the measurement campaigns of 2005 and 2006. Component 2 of CRTI Project 02-0093RD. Environmental Emergencies Response Unit, Environment Canada.
- Environnement Canada (2014). Étude de performance de projets de lutte aux îlots de chaleur urbains dans la région de Montréal, Service météorologique du Canada-Région du Québec (SMC-QC), 142 pages.
- Lemonsu A., Bélair S. & Mailhot J. (2009). The new Canadian Modelling System: Evaluation for two cases from the Joint Urban 2003 Oklahoma City experiment. *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 133, p. 47-70.
- Leroyer S., Bélair S., Mailhot J. & Strachan I.B. (2011). Microscale Numerical Prediction over Montreal with the Canadian External Urban Modeling System. *J. Appl. Meteorology & Climatology*, vol. 50, p. 2410-2428.
- Masson V. (2000). A physically based scheme for the urban energy budget in atmospheric models. *Boundary-Layer Meteorology*, vol. 94, p. 357-397.
- Oke T.R. (1987). *Boundary layer climates*. Routledge, Taylor and Francis Group; Cambridge, 435 p.
- Vogelmann J.E., Helder D., Morfitta R., Choate M.J., Merchant J.W. & Bulley H. (2001). Effects of Landsat 5 thematic mapper and Landsat 7 enhanced thematic mapper plus radiometric and geometric calibrations and corrections on landscape characterization. *Remote Sensing of Environment*, vol. 78, p. 55-70.
- Zhang P., Imhoff M.L., Wolfe, R.E. & Bounoua L. (2009). Characterizing urban heat island effect at global settlements using MODIS and nightlight products. *American Geophysical Union, Fall Meeting 2009*, abstract #U33B-0054.



Le BISE est disponible intégralement en format électronique sur le portail de l'équipe à l'adresse suivante : <http://www.inspq.qc.ca/bise/>.

Les reproductions à **des fins d'étude privée ou de recherche** sont autorisées en vertu de l'article 29 de la Loi sur le droit d'auteur. Toute **autre utilisation** doit faire l'objet d'une **autorisation du gouvernement du Québec** qui détient les droits exclusifs de propriété intellectuelle sur ce document. Cette autorisation peut être obtenue en formulant une demande au guichet central du Service de la gestion des droits d'auteur des Publications du Québec à l'aide d'un formulaire en ligne accessible à l'adresse suivante : <http://www.droitauteur.gouv.qc.ca/autorisation.php>, ou en écrivant un courriel à : droit.auteur@cspq.gouv.qc.ca.

Les données contenues dans le document peuvent être citées, à condition d'en **mentionner la source**.

Les articles publiés dans ce bulletin d'information n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs et non celle de l'Institut national de santé publique du Québec.

ISSN : 1927-0801 (En ligne)

©Gouvernement du Québec (2014)

**Institut national
de santé publique**

Québec

