Représentations cartographiques de la Communauté métropolitaine de Montréal :

ANNEXE 2 : Les îlots de chaleur (2005) et l'évolution thermique (1984-2005) ;

ANNEXE 3 : L'indice de végétation (2005) et son évolution (1984-2005).

Document déposé auprès du

Conseil Régional de l'Environnement (CRE) de Laval

Réalisé par

Yves Baudouin
responsable du projet

Julien Leprince
Camilo Perez
étudiants à la maîtrise en géographie

3 décembre 2007

UQÀM **Département de géographie**
Université du Québec à Montréal

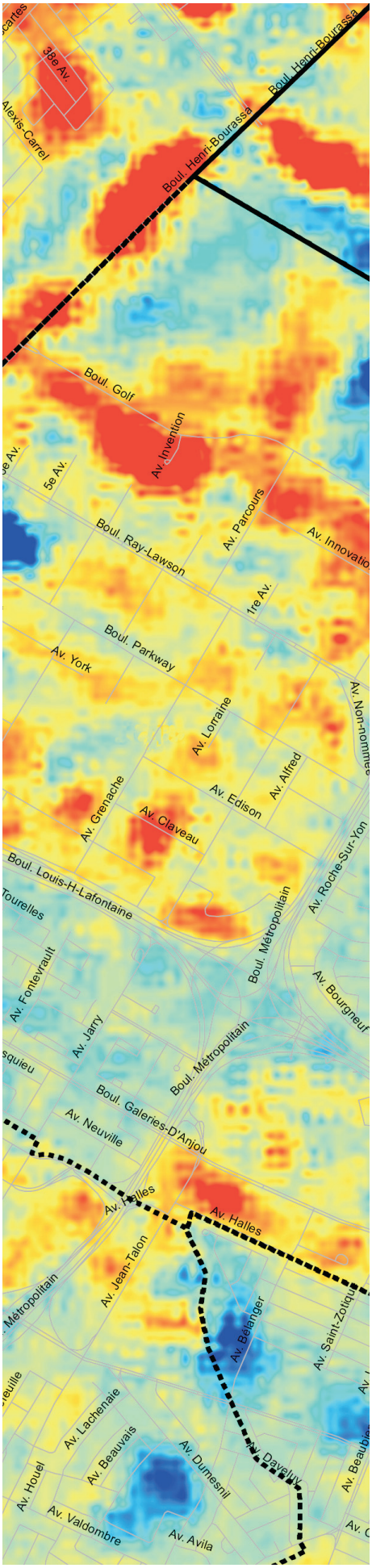


Table des matières

1. Organismes impliqués et remerciements 6

2. Définitions 7

3. Démarche méthodologique 8

4. Précisions sur l'interprétation des documents cartographiques 11

5. Documents cartographiques 13

ANNEXE 2: Les îlots de chaleur (2005) et l'évolution thermique (1984-2005) 13

II.I Communauté métropolitaine de Montréal

Localisation des îlots de chaleur (27 juin 2005) 13

Évolution thermique (1984-2005) 14

II.II Arrondissements ou villes

Ahuntsic-Cartierville 15

Anjou 17

Baie-d'Urfé 19

Beaconsfield 21

Côte-des-Neiges/Notre-Dame-de-Grâce 23

Côte-Saint-Luc 25

Dollard-des-Ormeaux 27

Dorval 29

Hampstead 31

Kirkland 33

Lachine 35

LaSalle 37

L'île-Bizard/Sainte-Geneviève 39

L'île-Dorval 41

Mercier/Hochelaga-Maisonneuve 43

Montréal-Est 45
Montréal-Nord 47
Montréal-Ouest 49
Mont-Royal 51
Outremont 53
Pierrefonds/Roxboro 55
Plateau Mont-Royal 57
Pointe-Claire 59
Rivière-des-Prairies/Pointe-aux-Trembles 61
Rosemont/La Petite-Patrie 63
Sainte-Anne-de-Bellevue 65
Saint-Laurent 67
Saint-Léonard 69
Senneville 71
Sud-Ouest 73
Verdun 75
Ville-Marie 77
Villeray/Saint-Michel/Parc-Extension 79
Westmount 81

II.III Autres secteurs cartographiés de la CMM

BoisBriand 83
Deux-Montagnes 85
Laval : Chomedey 87
Laval : Duvernay/Saint-Vincent-de-Paul 89
Laval : Ouest 91
Laval : Pont-Viau/Laval-des-Rapides 93
Laval : Saint-François 95
Laval : Laval-sur-le-Lac/Sainte-Dorothée 97
Laval : Fabreville/Sainte-Rose 99
Laval : Auteuil/Vimont 101
Longueuil 103
Repentigny 105

ANNEXE 3 : L'indice de végétation (2005) et son évolution (1984-2005) 107

III.I Communauté métropolitaine de Montréal

Répartition de l'indice de végétation (27 juin 2005) 107

Évolution de l'indice de végétation (1984-2005) 108

III.II Arrondissements ou villes

Ahuntsic-Cartierville 109

Anjou 111

Baie-d'Urfé 113

Beaconsfield 115

Côte-des-Neiges/Notre-Dame-de-Grâce 117

Côte-Saint-Luc 119

Dollard-des-Ormeaux 121

Dorval 123

Hampstead 125

Kirkland 127

Lachine 129

LaSalle 131

L'île-Bizard/Sainte-Geneviève 133

L'île-Dorval 135

Mercier/Hochelaga-Maisonneuve 137

Montréal-Est 139

Montréal-Nord 141

Montréal-Ouest 143

Mont-Royal 145

Outremont 147

Pierrefonds/Roxboro 149

Plateau Mont-Royal 151

Pointe-Claire 153

Rivière-des-Prairies/Pointe-aux-Trembles 155

Rosemont/La Petite-Patrie 157

Sainte-Anne-de-Bellevue 159

Saint-Laurent 161

Saint-Léonard 163
Senneville 165
Sud-Ouest 167
Verdun 169
Ville-Marie 171
Villeray/Saint-Michel/Parc-Extension 173
Westmount 175

III.III Autres secteurs cartographiés de la CMM

BoisBriand 177
Deux-Montagnes 179
Laval : Chomedey 181
Laval : Duvernay/, Saint-Vincent-de-Paul 183
Laval : Ouest 185
Laval : Pont-Viau/Laval-des-Rapides 187
Laval : Saint-François 189
Laval : Laval-sur-le-Lac/Sainte-Dorothée 191
Laval : Fabreville/Sainte-Rose 193
Laval : Auteuil/Vimont 195
Longueuil 197
Repentigny 199

Le présent document contient les Annexes 2 et 3 du document intitulé : *L'évaluation du type d'occupation du sol, du couvert végétal et des îlots de chaleur; le développement et l'application d'un indice de perméabilité, en milieu urbain et périurbain, sur le territoire de la Communauté Métropolitaine de Montréal (CMM).*

1. Organismes impliqués et remerciements

Cette production cartographique origine du département de géographie de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) et découle de certains chantiers issus de deux projets commandités. Le premier projet, chapeauté par le Conseil Régional de l'Environnement de Laval (CRE de Laval), a principalement bénéficié du support financier du Fonds d'action québécois pour le développement durable (FAQDD). À cette contribution se rajoute celles de la ville de Montréal, de Laval, de la Conférence régionale des élus de Laval et du Ministère des Affaires municipales et des Régions. Ce projet a pour titre : *L'évaluation du type d'occupation du sol, du couvert végétal et des îlots de chaleur; le développement et l'application d'un indice de perméabilité, en milieu urbain et périurbain, sur le territoire de la CMM.* Associé à ce projet nous retrouvons le département de géographie de l'Université de Montréal (UdeM) et l'Institut de recherche en biologie végétale (IRBV). Le support technique provient de la ville de Montréal et de la Communauté Métropolitaine de Montréal (CMM). Le deuxième projet origine d'une subvention du programme fédéral du Fonds d'action pour les changements climatiques (FACC) et s'est réalisé en lien avec la Direction de la Santé Publique de Montréal (DSP). Il a pour titre : *Identification des secteurs vulnérables à la chaleur intense dans une métropole canadienne en vue d'interventions et d'études ciblées en santé publique*. Associé à ce projet nous devons souligner la contribution financière d'Ouranos ainsi que son expertise professionnelle, de plus il faut mentionner l'apport scientifique d'Environnement Canada et le support logistique (données) du Centre de Sécurité civile de la Ville de Montréal.

Nous tenons donc à remercier les organismes mentionnés de leurs supports financier, scientifique et logistique, ainsi que les étudiants qui y ont participée.

Yves Baudouin
Professeur
Département de géographie
Université du Québec à Montréal

2. Définitions

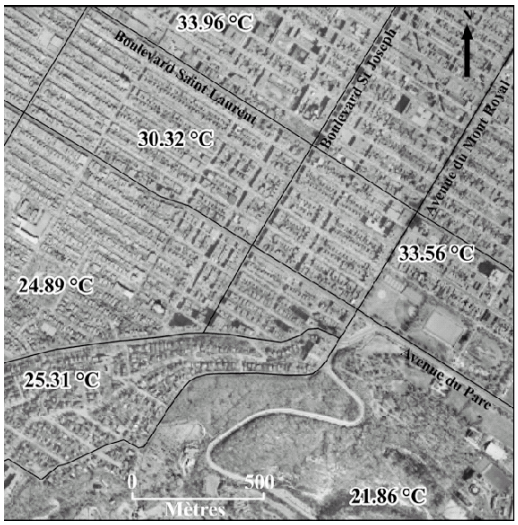
Les îlots de chaleur

Les îlots de chaleur se définissent comme des *zones urbanisées, caractérisées par des températures estivales plus élevées que l'environnement immédiat avec des différences qui varient selon les auteurs de 5 à 10°C.* Voogt (2004)[1] identifie trois types d'îlots de chaleur, soit ceux :

1. de la couche limite atmosphérique (*boundary layer urban heat island*),
2. de canopée, situés à la cime des arbres et/ou des immeubles (*canopy layer urban heat island*),
3. et ceux de surface (*surface urban heat island*).

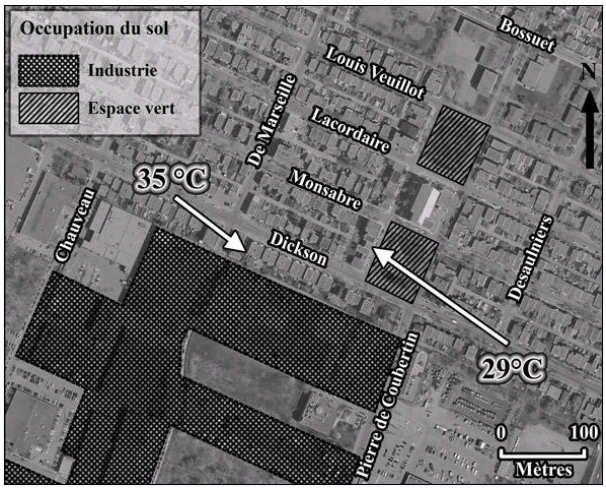
Les images satellites utilisées dans ce projet (Landsat 5, bande 6) détectent le 3ème type d'îlot de chaleur, c.a.d. ceux de surface. La chaleur ressentie par le corps humain est par contre différente de celle de surface, elle se rapproche plus de celle située à la canopée qui est généralement plus fraîche mais ceci dépend des matériaux situés à proximité.

On remarque que la variation thermique durant la période estivale en milieu urbain est très élevée. En effet, à l'intérieur d'un rayon de 1,5 km, plus de 10°C ont été enregistrés (25 juin 2005). La figure à droite illustre bien cette situation. Ainsi nous notons 21,86°C au parc du Mont Royal tandis que juste un peu plus au nord, près de l'avenue Mont Royal, dans un secteur fortement minéralisé, la température est de l'ordre de 33,56°C. Des milieux différents engendrent inévitablement des comportements thermiques différents.



[1] Voogt, J. A. 2004. *Application of a 3-D urban surface-sensor sun model to estimate urban thermal anisotropy for a range of urban geometries*. 5th Symposium of the Urban Environment, American Meteorological Society, 23-26 Aug. 2004 Vancouver, BC, Canada. In Martin P., 2007, *Analyse diachronique du comportement thermique de Montréal en période de 1984 à 2005.* Mémoire de Maîtrise, Département de Géographie, Université du Québec à Montréal, 138 pages.

De plus, le contexte environnant influence grandement la température ambiante. Prenons par exemple le cas de deux espaces résidentiels similaires (de type moyenne densité) : un premier situé à proximité d'un espace vert et un autre tout près d'une industrie. Une différence de 6°C a été remarquée entre les deux. Nécessairement ceci laisse entendre que les matériaux de surface environnant affectent les bâtisses situées à proximité.



Les indices de végétation

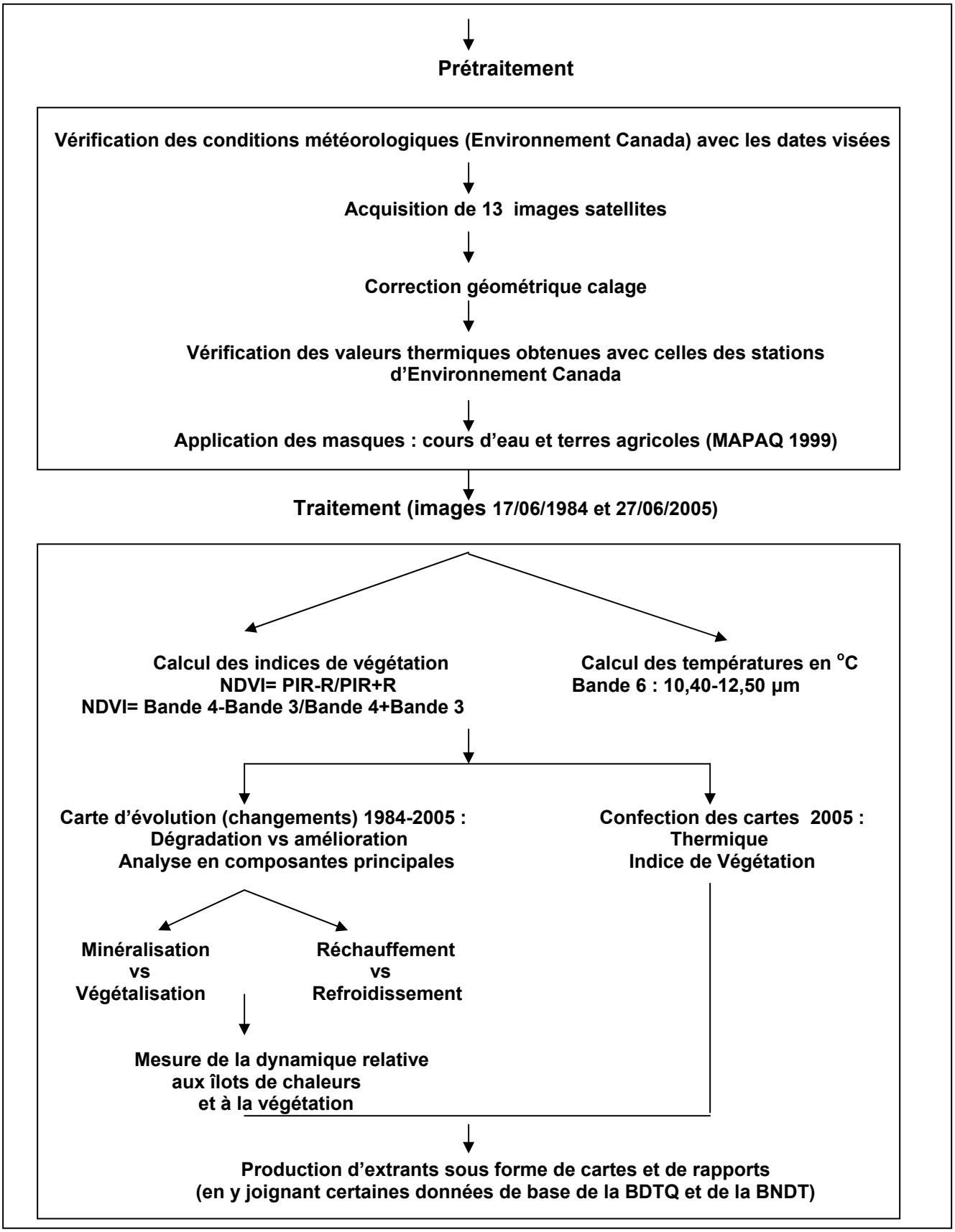
L'indice choisi pour l'observation du changement du milieu végétal de cette étude est celui du NDVI *Normalized Difference Vegetation Index*, car malgré le développement de plusieurs nouveaux indices adaptés aux comportements des sols, le NDVI proposé reste celui le plus utilisé. De récentes études ont démontré les limites de ce dernier qui parfois ne fournit pas d'estimation juste quant à la quantité de végétation. Ses mesures sont en effet fonction de la réflexion du visible et du proche infrarouge de la canopée des végétaux, de la réflexion du même spectre depuis le sol et de l'atmosphère, et sont ainsi sujettes à des erreurs d'observation. Les différentes espèces végétales existantes, qu'il y ait des arbres feuillus ou non, le type d'occupation du sol et l'ombrage contribuent aussi à la variabilité de l'NDVI.

3. Démarche méthodologique

La méthodologie repose principalement sur l'utilisation de l'imagerie satellitale. Ainsi 13 images du satellite Landsat 5 ont été acquises. Les cartes du présent document par contre ne reposent que sur deux images : 17/06/1984 et 27/06/2005 aux alentours de 10h15 le matin. Les techniques et méthodes appliquées, présentées dans l'organigramme, sont conventionnelles et se retrouvent dans plusieurs autres études que ce soit pour le calcul des températures[2], celui des indices de végétation[3] ou encore pour la détection des changements[4].

---

[2] http://www.cas.sc.edu/geog/rslab/Rscc/mod5/5-1/exercises/RADIANCE.HTM
Barsi J.A., Schott J.R., Palluconi D.L., Helder S.J., Hook B.L., Markham G., Chander G. et O'Donnell E.M., 2003, Landsat TM and ETM+ themal band calibration, *Can. J. Remote Sensing*, Vol. 29, No. 2, pp. 141-153.
[3] Bonn F., 1996, *Précis de télédétection, Volume 2 Applications thématiques*, AUPELF, 633 pages.
[4] Mas J.F., 2000, Une revue des méthodes et techniques de télédétection, *Can. J. Remote Sensing*, Vol. 26, No. 4, pp. 349-362.


Prétraitement
Vérification des conditions météorologiques (Environnement Canada) avec les dates visées
Acquisition de 13 images satellites
Correction géométrique calage
Vérification des valeurs thermiques obtenues avec celles des stations d'Environnement Canada
Application des masques : cours d'eau et terres agricoles (MAPAQ 1999)
Traitement (images 17/06/1984 et 27/06/2005)
Calcul des indices de végétation
NDVI= PIR-R/PIR+R
NDVI= Bande 4-Bande 3/Bande 4+Bande 3
Calcul des températures en °C
Bande 6 : 10,40-12,50 µm
Carte d'évolution (changements) 1984-2005 :
Dégradation vs amélioration
Analyse en composantes principales
Confection des cartes 2005 :
Thermique
Indice de Végétation
Minéralisation
vs
Végétalisation
Réchauffement
vs
Refroidissement
Mesure de la dynamique relative
aux îlots de chaleurs
et à la végétation
Production d'extrants sous forme de cartes et de rapports
(en y joignant certaines données de base de la BDTQ et de la BNDT)

Les îlots de chaleur

La cartographie des îlots de chaleur nécessite la transformation des comptes numériques des pixels (de 120 mètres de résolution) en valeurs de température (précise au ½ ^{o}C) à l'aide de la formule fournie dans le manuel du satellite[5]. La première équation transforme les comptes numériques (CN) de l'image en flux du rayonnement mesuré par le capteur (Ls), alors que la seconde équation convertit le flux mesuré en température apparente en degrés Celsius.

$$Ls = L\min + \left(\frac{L\max - L\min}{CN\max - CN\min}\right) \times (CN - CN\min)$$

$$TC = \frac{k2}{\left[In\left(\frac{k1}{Ls} + 1\right)\right]} - 273$$

Les paramètres Lmin et Lmax sont en unités de flux par micromètre et expriment respectivement le niveau le plus bas et le niveau le plus haut du flux mesurable par le capteur. Ces niveaux correspondent aux comptes numériques qui s'établissent de 1 CNmin à 255 CNmax. Les coefficients k1 et k2 sont des constantes d'unités de flux par des longueurs d'onde équivalentes à 666,09 et 1 282,71.

Indice de végétation

Le calcul de l'indice de végétation appliqué est classique et repose sur l'utilisation de deux bandes spectrales du satellite Landsat 5, soit les bandes 3 et 4. Celles-ci sont de 30 mètres de résolution[6].

$$NDVI = \frac{PIR - R}{PIR + R}$$

$$NDVI = \frac{Bande\ 4 - Bande\ 3}{Bande\ 4 + Bande\ 3}$$

Les valeurs résultantes du NDVI varient de -1 à +1 ; celles situées entre -1 et 0 indiquent l'absence de végétation tandis que les valeurs entre 0 et +1 illustrent la présence de végétation.

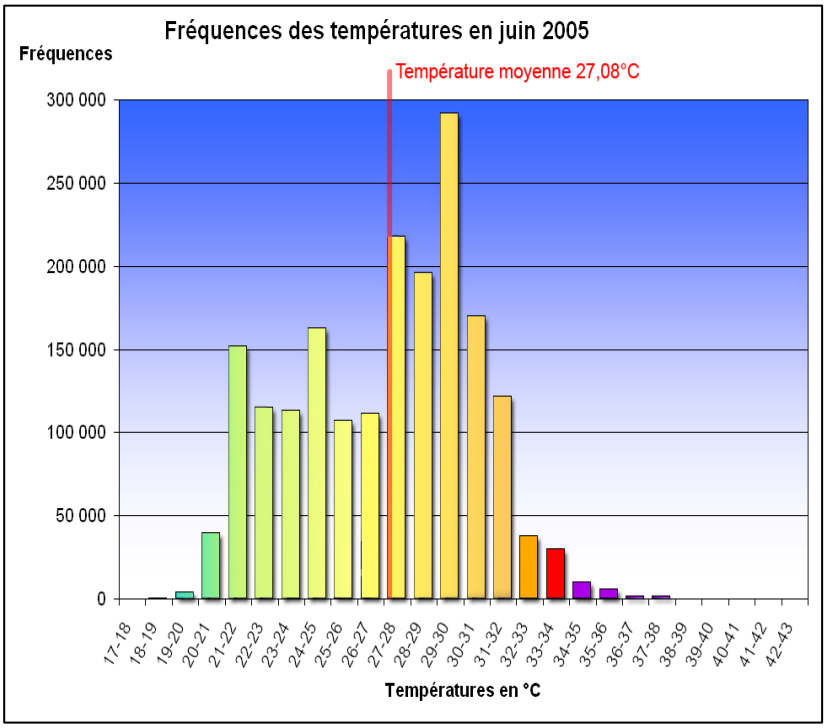
---

[5] NASA (2002), http://www.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/

[6] où :
PIR= Proche infra rouge
R = Rouge

4. Précisions sur l'interprétation des documents cartographiques

Les cartes des îlots de chaleur (27 juin 2005)



Comme mentionné au point 2, *les îlots de chaleur se distinguent de leur milieu environnant par des différences de température allant de 5 à 10°C*. Dans le présent cas nous avons statué que les îlots de chaleur débutaient à 32,08, soit 5°C de plus que la moyenne (c.a.d. 27,08°C + 5°C). Cette valeur est légèrement plus basse que les 33°C souvent utilisés mais la légende donne le loisir de constater qu'il s'agit du début de la tranche supérieure. Celle-ci correspond aux îlots de chaleur et s'échelonne de 32,08°C à 42°C (elle est constituée de trois classes : 32,08°C - 33,08°C ; 33,08°C - 34,08°C ; 34,08 °C - 42,00 °C). Les deux autres tranches vont respectivement de 17°C à 27,08°C (inférieure à la moyenne) et les zones tolérables de 27,08°C à 32,08°C.

Les cartes d'évolution thermique (1984-2005) et d'évolution d'indice de végétation

Les cartes d'évolution thermique illustrent les changements thermiques survenus entre deux dates : 17/06/1984 et 27/06/2005. Ces cartes montrent les secteurs s'étant réchauffés (maximum de +16,96 °C) ou refroidis (maximum de -11,04 °C). **MISE EN GARDE :** CES CARTES NE LOCALISENT PAS LES ÎLOTS DE CHALEUR MAIS BIEN LES SECTEURS QUI THERMIQUEMENT ONT CONNU UN CHANGEMENT À LA HAUSSE OU À LA BAISSE. Ce changement est très souvent attribuable à une modification du taux de minéralisation ou de végétalisation. Un secteur peut donc s'être réchauffé substantiellement (en rouge sur la carte) sans pour autant constituer un îlot de chaleur; on parlera alors de dégradation thermique.

Dans le cas des cartes d'évolution d'indice de végétation le même scénario se produit. Ainsi les secteurs de couleur rouge d'une carte d'évolution de l'indice de végétation indiquent les secteurs

qui ont été dévégétalisés, mais ne signifient pas pour autant qu'il n'y a plus de végétation; ces cartes ne renseignent que sur le niveau d'amélioration ou de dégradation.

5. Organisation des documents cartographiques

Les 188 documents cartographiques de ce document abordent quatre thématiques et sont organisés en deux Annexes. Au début de chaque Annexe nous retrouvons deux cartes régionales qui couvrent le territoire de la CMM. Ces cartes présentent les thématiques abordées propre à l'Annexe, suivies de cartes pour chacun des arrondissements/villes de Montréal (34 cartes) et pour 12 autres composantes de la CMM (BoisBriand ; Deux-Montagnes; Laval : Chomedey ; Duvernay, Saint-Vincent-de-Paul ; Ouest ; Pont-Viau/Laval-des-Rapides ; Saint-François ; Laval-sur-le-Lac/Sainte-Dorothée ; Fabreville/ Sainte-Rose ; Auteuil/Vimont ; ainsi que Longueuil et Repentigny).

Annexe 2 : Documents cartographiques des îlots de chaleur

- Carte régionale des îlots de chaleur (thermiques),
- Carte régionale d'évolution (ou des changements thermiques),
- Cartes d'îlots de chaleur (thermiques) par arrondissements et municipalités de l'agglomération de Montréal ainsi que certaines autres constituantes de la CMM,
- Cartes d'évolution (ou des changements thermiques) par arrondissements et municipalités de l'agglomération de Montréal ainsi que certaines autres constituantes de la CMM.

Annexe 3 : Documents cartographiques de l'indice de végétation

- Carte régionale de l'indice de végétation (NDVI),
- Carte régionale d'évolution du NDVI (ou des changements du NDVI),
- Cartes de l'indice de végétation (NDVI) par arrondissements et municipalités de l'agglomération de Montréal ainsi que certaines autres constituantes de la CMM,
- Cartes d'évolution du NDVI (ou des changements du NDVI) par arrondissements et municipalités de l'agglomération de Montréal ainsi que certaines autres constituantes de la CMM.