

Une classification climatique du Québec à partir de modèles
de distribution spatiale de données climatiques mensuelles :
vers une définition des bioclimats du Québec

CONTRIBUTION DU SERVICE DE LA CARTOGRAPHIE ÉCOLOGIQUE

N° 60

**Vincent Gerardin
Daniel M^cKenney**

2001

**UNE CLASSIFICATION CLIMATIQUE DU QUÉBEC À PARTIR DE MODÈLES
DE DISTRIBUTION SPATIALE DE DONNÉES CLIMATIQUES MENSUELLES :
VERS UNE DÉFINITION DES BIOCLIMATS DU QUÉBEC**

Direction du patrimoine écologique et du développement durable
Ministère de l'Environnement

RÉDACTION : Vincent GERARDIN
Daniel M^cKENNEY

MODÉLISATION : Daniel M^cKENNEY
Yun-Qian YANG
Kevin LAWRENCE

COLLABORATION SCIENTIFIQUE : Ghislain JACQUES

GÉOMATIQUE : Jean BISSONNETTE

RÉVISION SCIENTIFIQUE : Jean-Pierre DUCRUC

DACTYLOGRAPHIE : Lyse SANFAÇON

**Ce document est aussi disponible en couleur, dans le site Internet
du ministère de l'Environnement**

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2001
Bibliothèque nationale du Canada

ISBN 2-550-38100-9
Envirodoq ENV2001-0189
PECE00060

Avant-propos

Très intéressés par les travaux de modélisation climatique menés en Australie, principalement par F. Hutchinson et B. Mackey, puis, par la suite, en Ontario par D. M^cKenney du Service canadien des forêts, conduisant à la caractérisation climatique des régions écologiques de Hills (Mackey *et al.*, 1996), nous avons demandé à ce dernier de produire pour le Québec un modèle climatique suivant la méthodologie appliquée en Ontario. Lors d'une rencontre avec Daniel M^cKenney, qui a eu lieu fin avril 1996, à Sault-Sainte-Marie, il a été entendu que lui-même et son équipe se mettraient rapidement à la tâche.

La première étape a été de produire le modèle numérique d'altitude du Québec à 1:250 000. L'achèvement de cette étape a été suivi, en 1998, de la modélisation climatique dont les résultats ont été livrés en septembre 1998, sous forme de cartes en format matriciel accompagnées d'une description statistique des quatre classifications proposées. Le texte qui suit a pour objectif de rendre facilement accessibles l'information originale et quelques éléments de compréhension de la méthodologie.

Introduction

Le cadre écologique de référence du Québec¹, développé au ministère de l'Environnement du Québec, s'appuie sur des variables écologiques permanentes. Ces variables sont : le climat, la géologie et la géomorphologie, le relief et l'hydrographie et le drainage des sols. De tous ces facteurs du fonctionnement des écosystèmes, le climat est sans nul doute le plus important, tout au moins aux niveaux supérieurs de perception, par son influence sur la physiologie, la vitalité et la croissance des organismes vivants, la composition et la structure des communautés végétales et animales et, par conséquent, sur leur distribution spatiale.

Si le climat est une variable majeure du fonctionnement des écosystèmes, il est, par sa nature graduelle, difficile à cartographier. En effet, le climat est gouverné, entre autres, par la latitude, la continentalité (distance des grandes masses d'eau) et l'altitude, toutes ces variables étant continues et sans limites tranchées. Le climat, à défaut d'être une variable facile à cartographier est une variable descriptive pouvant être rattachée à des unités territoriales délimitées par d'autres variables plus discrètes telles que le relief et l'hydrographie.

Jusqu'à tout récemment, la caractérisation climatique en cartographie écologique s'effectuait à partir d'indicateurs biologiques. La distribution des plantes ou des communautés végétales dans des conditions mésoïques (sols profonds de texture moyenne et bien drainés) était le principal indicateur utilisé pour définir, en association avec les données météorologiques disponibles – et les atlas climatiques –, une régionalisation bioclimatique. Les possibilités d'extrapolation des données climatiques à l'intérieur des unités territoriales des cartes écologiques restaient assez minces et s'amenuisaient au fur et à mesure de l'augmentation de l'échelle d'analyse et de la diminution de la densité du réseau des stations météorologiques.

Nous disposons aujourd'hui d'outils performants de spatialisation des variables permanentes des écosystèmes, telles que la topographie et le climat, basés sur les technologies informatiques, l'interpolation spatiale multidimensionnelle (*multidimensional mathematical surface fitting*) et les modèles numériques d'altitude.

¹Pour aborder la cartographie écologique du ministère de l'Environnement voir le site : <http://www.menv.gouv.qc.ca/biodiversite/cadre-ecologique/>

Le modèle présenté ici permet d'estimer, selon une matrice de deux kilomètres de résolution, des valeurs mensuelles moyennes de température et de précipitation avec leurs valeurs dérivées. Diverses classifications de ces premiers résultats permettent de proposer une carte des régions climatiques du Québec.

1. Méthode² et résultats

Le développement d'un modèle climatique matriciel fait partie du projet NATGRID (*National Georeferenced Information for Decision Makers*).

Ce travail a été rendu possible par la réalisation du nouveau modèle numérique d'altitude (MNA) validé sur le plan hydrologique et dérivé de la numérisation des cartes topographiques à 1 : 250 000. Les données du Québec sont enregistrées selon une maille de deux kilomètres, le territoire étant divisé en cellules (pixels) de quatre kilomètres² chacune. Chaque cellule est identifiée par un numéro et possède son propre attribut d'altitude auquel viendront s'adjoindre toutes les données climatiques engendrées par le modèle d'interpolation spatiale climatique.

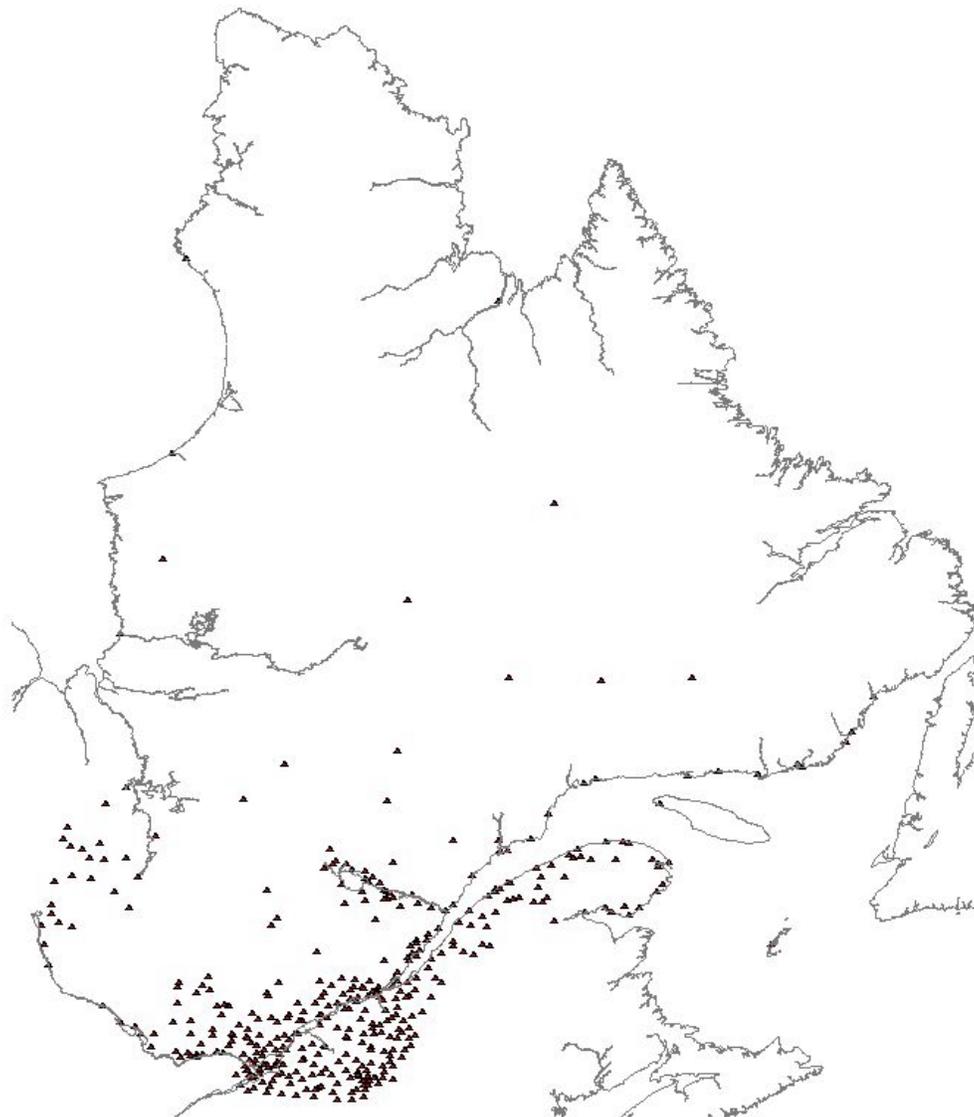
Le mode d'interpolation spatiale climatique a été programmé dans l'algorithme ANUSPLIN (pour Australian National University Multi-dimensional thin-plate SPlines) développé par M.F. Hutchinson de la Australian National University (Hutchinson, 1987). ANUSPLIN génère des « *spline coefficient surfaces* » qui sont traduits en valeurs climatiques par couplage avec le MNA. La validation des résultats est effectuée en retenant les données d'un certain nombre de stations météorologiques. Les « *spline coefficient surfaces* » sont calculés sans ces données et les valeurs prédites sont ensuite comparées avec les valeurs observées dans les stations retenues.

La méthode comprend trois étapes, soit :

- ① l'interpolation spatiale climatique;
- ② la construction de la base de données spatiales et,
- ③ la classification climatique.

² L'essentiel des informations fournies ici est extrait de l'article de Mackey *et al.* (1996) et d'un compte rendu informel des interventions de M^cKenney dans un atelier tenu sur le sujet en 1999.

Figure 1. Régions naturelles et stations météorologiques



1:10000000

1.1 Interpolation spatiale climatique

Les données climatiques proviennent de la compilation des 396 stations météorologiques du ministère de l'Environnement du Québec (figure 1) auxquelles furent ajoutées environ 150 stations supplémentaires provenant du fichier canadien *national surfaces*. Ces stations ont des données enregistrées sur une période de 30 ans, de 1966 à 1996.

La méthode d'interpolation spatiale (*thin-plate procedure*) permet l'utilisation simultanée de plus de deux variables indépendantes. Ainsi, à la latitude (y) et la longitude (x) des stations météorologiques, on peut ajouter l'altitude (z) comme troisième variable indépendante. L'interpolation spatiale climatique est alors partiellement empirique (latitude, longitude) et partiellement fonctionnelle (altitude). L'interpolation spatiale climatique, en mettant en relation les données climatiques mensuelles moyennes de température et de précipitation avec les trois variables indépendantes (x , y , z) permet une estimation des températures mensuelles moyennes minimales et maximales ainsi que des précipitations ce, pour tout lieu où ces trois variables indépendantes sont connues. De là, sont dérivés des paramètres climatiques à connotation plus biologique, tels le nombre annuel de degrés-jours de croissance et la durée annuelle moyenne de la saison de croissance.

Neuf valeurs climatiques ont ainsi été calculées pour chaque pixel de 4 kilomètres², soit :

- ❶ Température annuelle moyenne (°C);
- ❷ Amplitude journalière moyenne des températures (°C);
- ❸ Température moyenne des trois mois les plus chauds (°C);
- ❹ Température moyenne des trois mois les plus froids (°C);
- ❺ Précipitation annuelle totale en millimètres;
- ❻ Précipitation en millimètres des trois mois les plus chauds;
- ❼ Précipitation en millimètres des trois mois les plus froids;
- ❽ Durée annuelle moyenne de la saison de croissance en jours;
- ❾ Nombre annuel de degrés-jours de croissance (°C).

Le nombre annuel de degrés-jours de croissance est obtenu en calculant la somme annuelle des températures quotidiennes moyennes supérieures à 5 °C.

La saison de croissance est considérée comme débutant dès que la température quotidienne moyenne, pendant cinq journées consécutives après le 1^{er} mars, est égale ou supérieure à 5 °C. Elle se termine quand, à partir du 1^{er} août, la température quotidienne minimale est inférieure à - 2 °C.

1.2 Construction de la base de données spatiales

Le modèle numérique d'altitude (MNA) est une matrice régulière de latitude et de longitude à l'intérieur de laquelle l'altitude de chaque intersection est estimée et enregistrée. Le MNA à 1:250 000 de Géomatique Canada a été utilisé comme base de données spatiale pour la prédiction des variables indépendantes.

Quoique le MNA original soit d'une précision de l'ordre de 100 mètres, la grandeur moyenne des pixels retenus pour l'analyse spatiale est de deux kilomètres ce, afin de réduire la taille de la base de données et le temps de calcul vu les dimensions du Québec (environ 1 500 000 kilomètres² de surface intérieure).

1.3 Classification climatique

La base de données spatiales fournit, à chaque pixel, une valeur pour les neuf variables climatiques retenues. On peut ainsi représenter leur distribution spatiale (figures 2 à 10). Même si prise individuellement, les cartes ainsi obtenues présentent un intérêt certain pour la compréhension du climat du Québec, une image intégrée des neuf variables est essentielle pour une compréhension globale. La méthode de classification agglomérante non hiérarchique (*ALOC*; Belban, 1987) a été appliquée aux données de la matrice. Cette méthode permet de choisir les attributs et leur pondération, de contrôler la mesure d'association utilisée pour estimer la non-similarité entre les pixels et de décider du nombre de classes. Tous les attributs se sont vu accorder un poids égal, et la mesure d'association retenue est la distance de Gower (Gower, 1971). Quinze, vingt, trente et cinquante classes ont ainsi été calculées en faisant varier les seuils d'association.

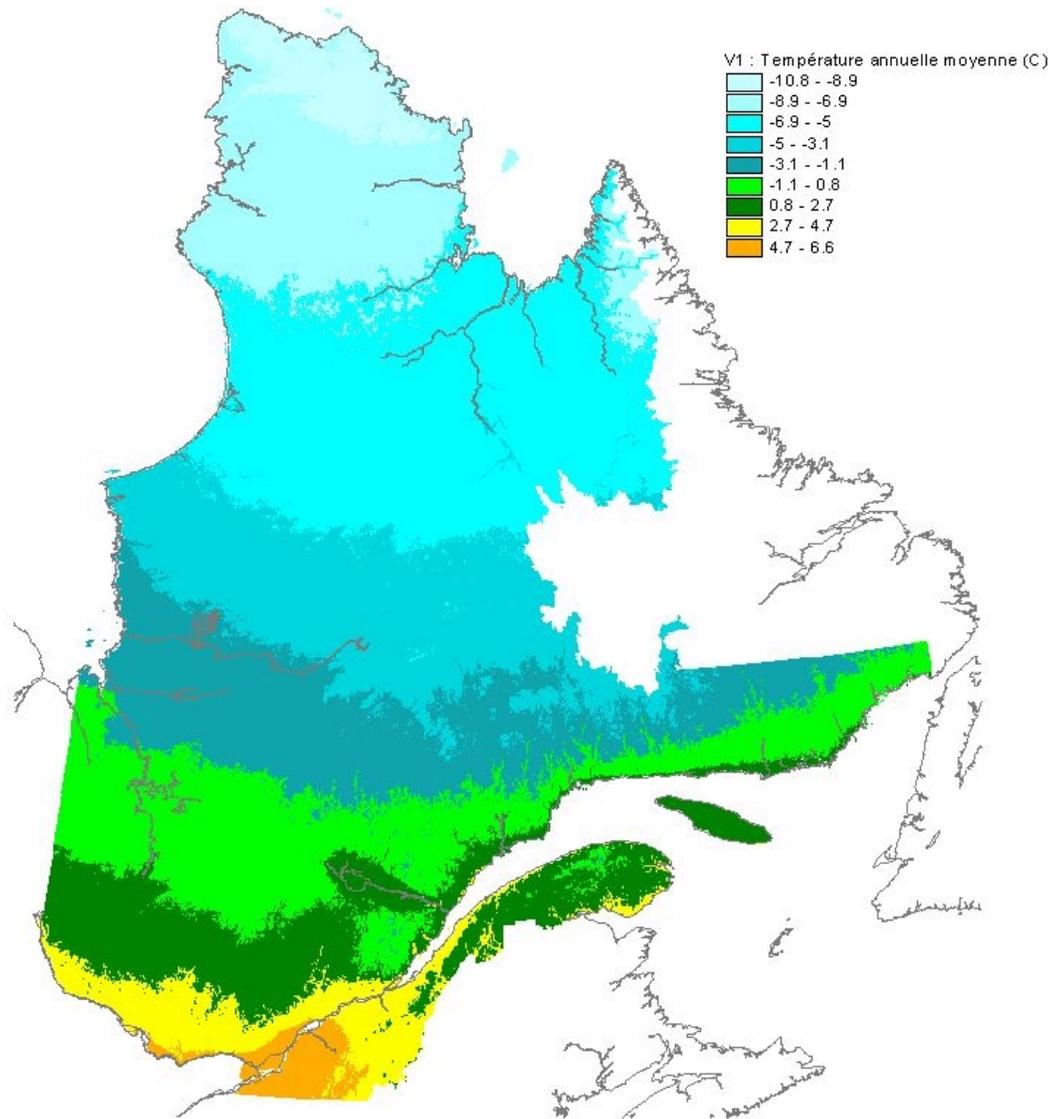
À chaque pixel a ensuite été attribuée une classe à l'intérieur des quatre classifications. Quelques valeurs statistiques – « minimum », « maximum », « moyenne » –, ont enfin été calculées à chaque classe (tableau 1 et annexe 1). La figure 11 présente la distribution spatiale de la classification climatique en quinze classes.

Enfin, une classification hiérarchique a été produite à partir des résultats du processus d'agglomération qui met en évidence les affinités intergroupes (figure 12).

Tableau 1 : Température moyenne annuelle de la classification en 15 classes

Classe	Température (°C)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	- 10,5	- 8,25	- 5,6
2	- 6,8	- 5,48	- 4,0
3	- 11,2	- 6,84	- 5,5
4	- 7,5	-6,48	-4,9
5	-5,3	- 3,92	- 2,2
6	- 5,7	- 3,91	- 2,2
7	- 4,8	- 2,30	- 0,1
8	- 3,5	- 1,71	- 0,2
9	- 3,4	- 1,86	0,0
10	- 2,5	- 0,42	1,4
11	0,9	2,19	3,9
12	- 1,5	0,59	3,5
13	-1,0	0,13	1,3
14	2,9	4,55	6,6
15	- 0,4	1,57	3,7

Figure 2 – Température annuelle moyenne (°C)



1:10000000

Figure 3 – Amplitude journalière moyenne des températures (°C)

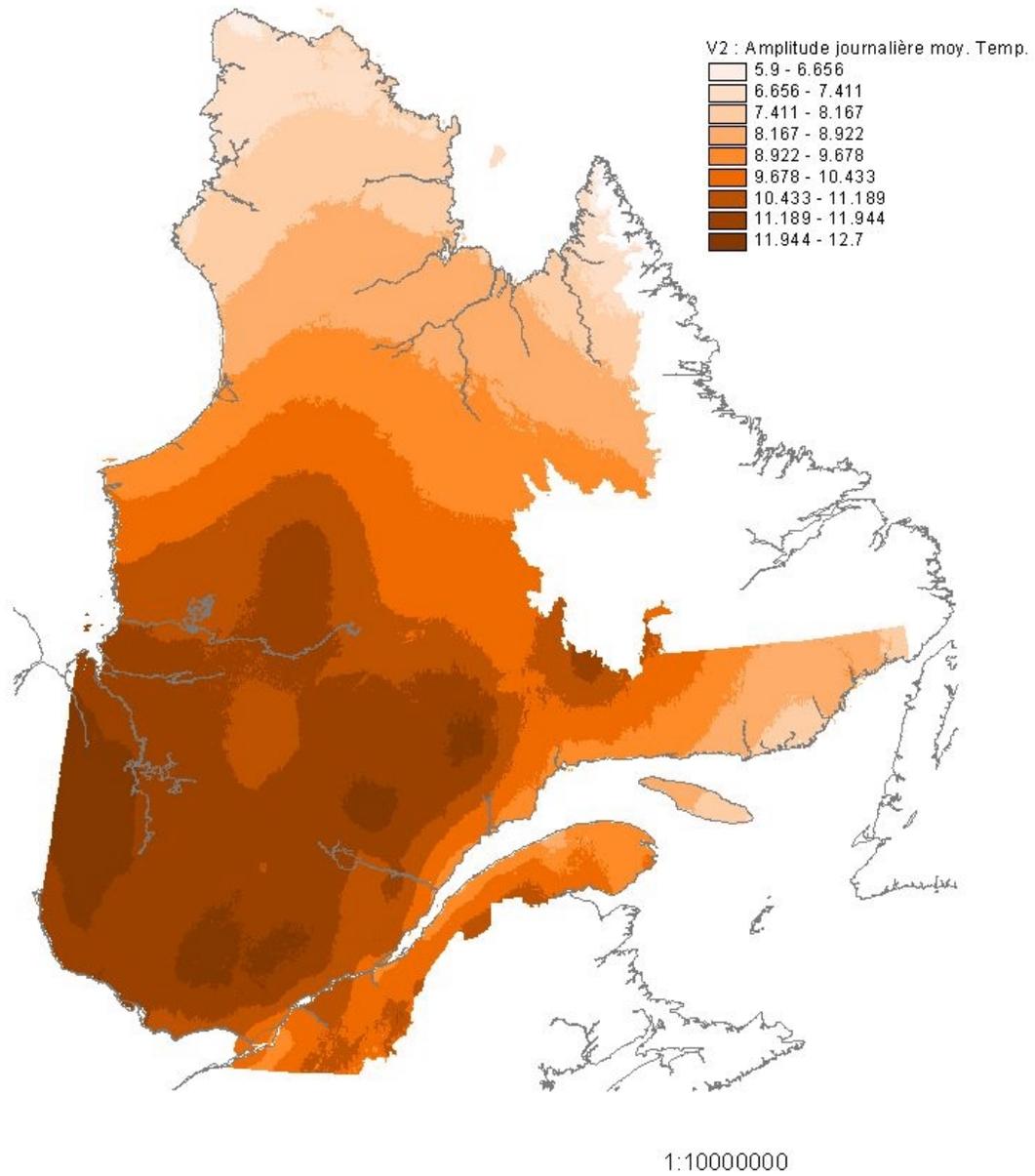
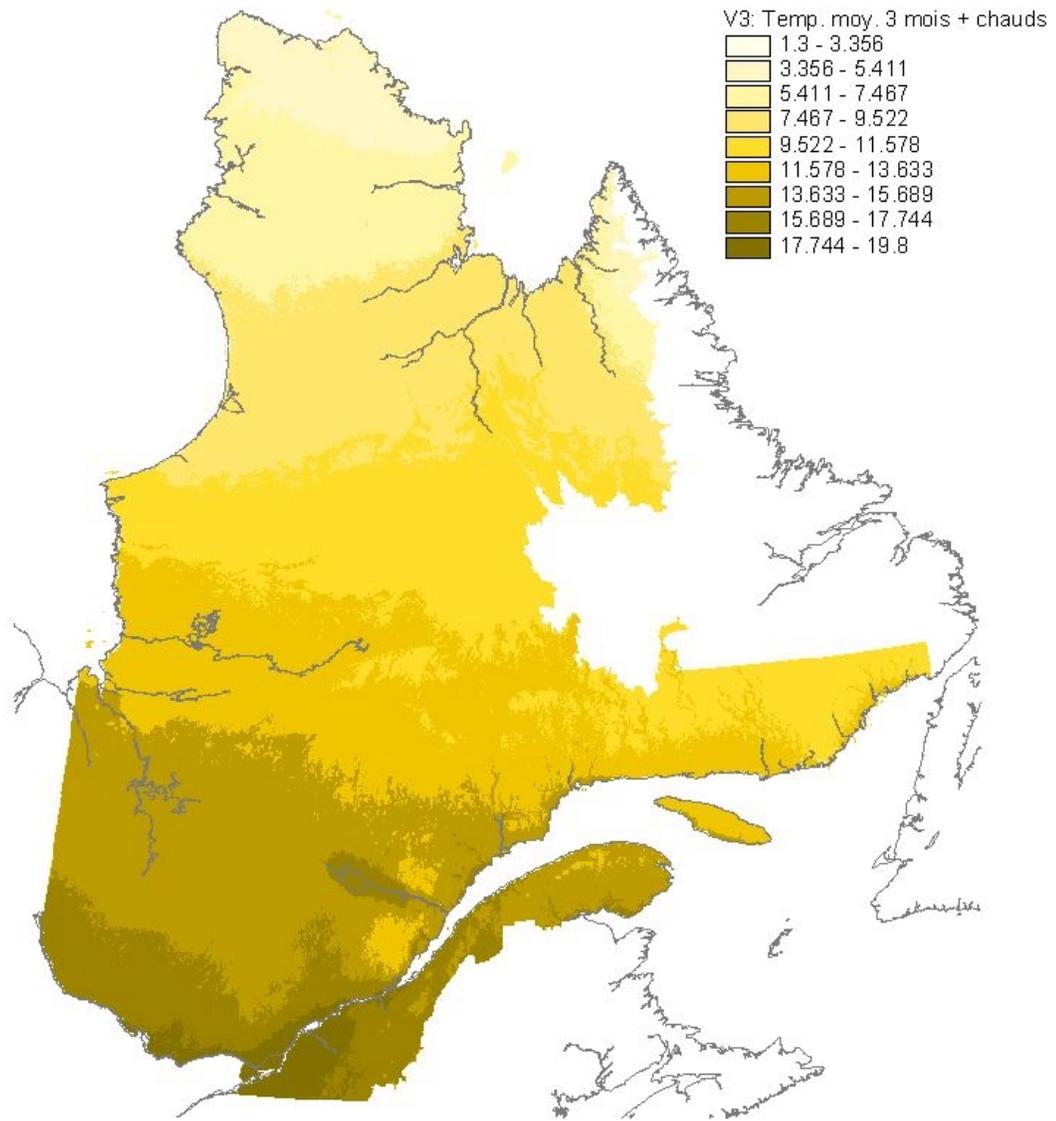


Figure 4 – Température moyenne des trois mois les plus chauds (°C)



1:10000000

Figure 5 – Température moyenne des trois mois les plus froids (°C)

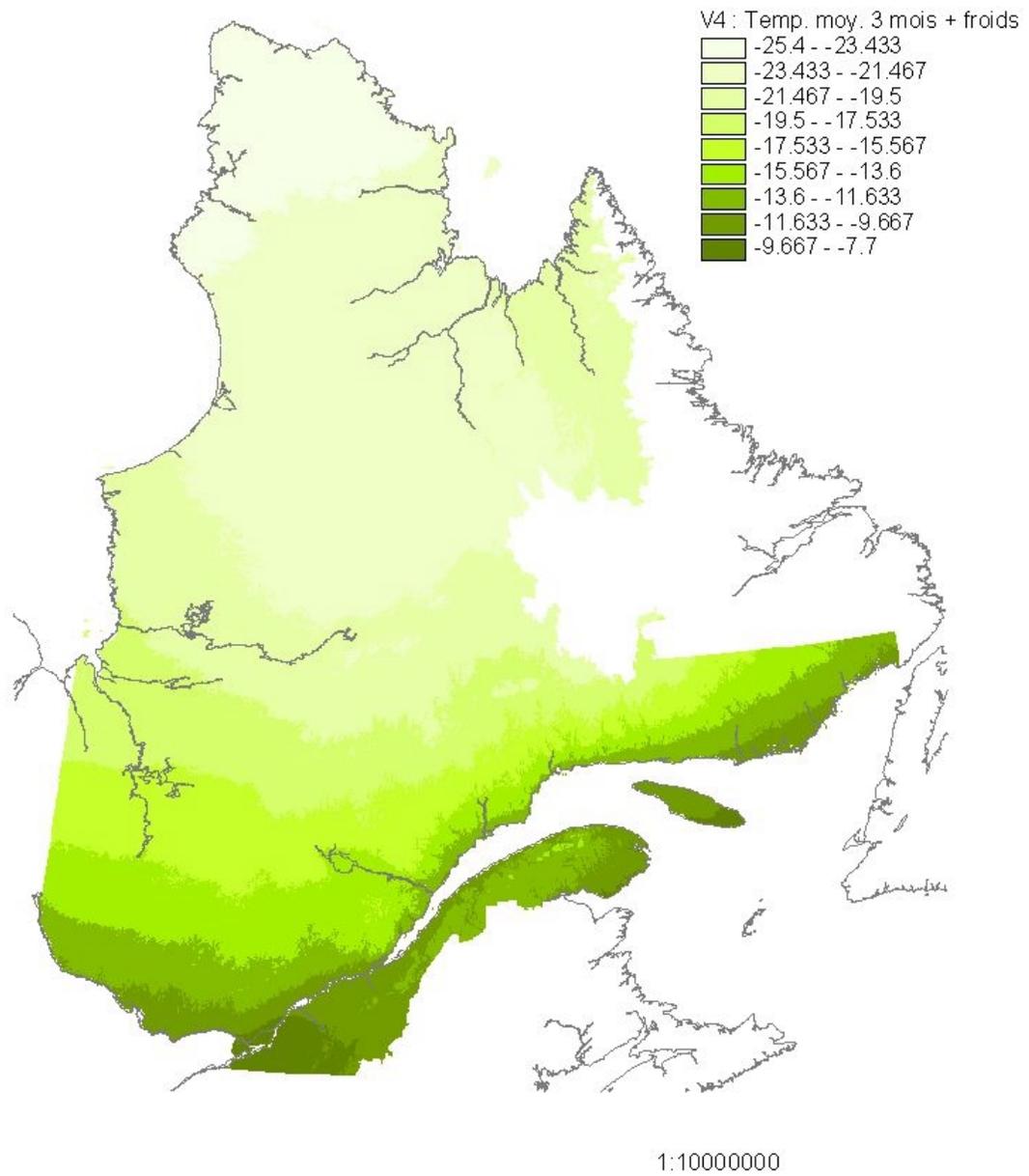


Figure 6 – Précipitation annuelle totale en millimètres

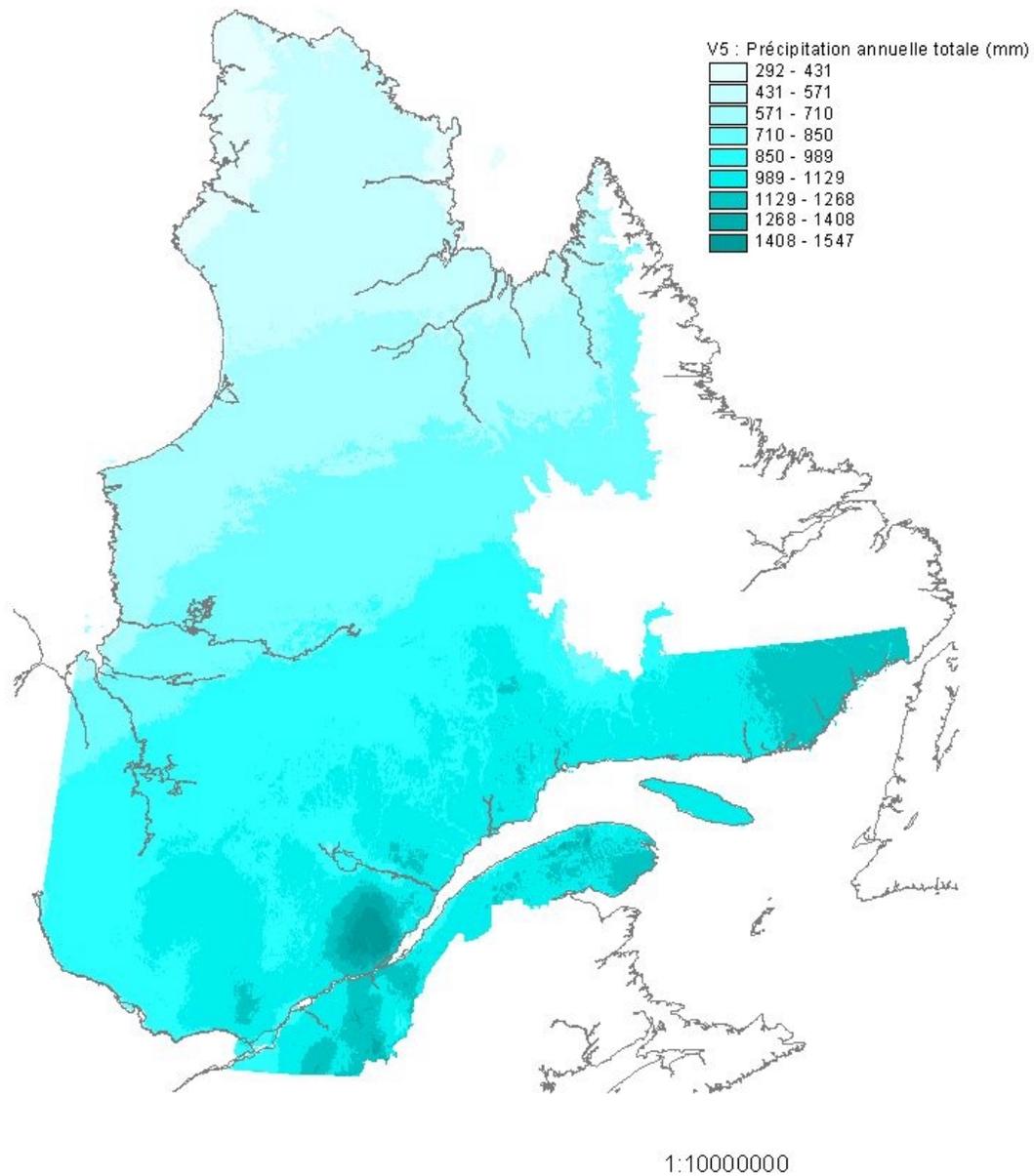
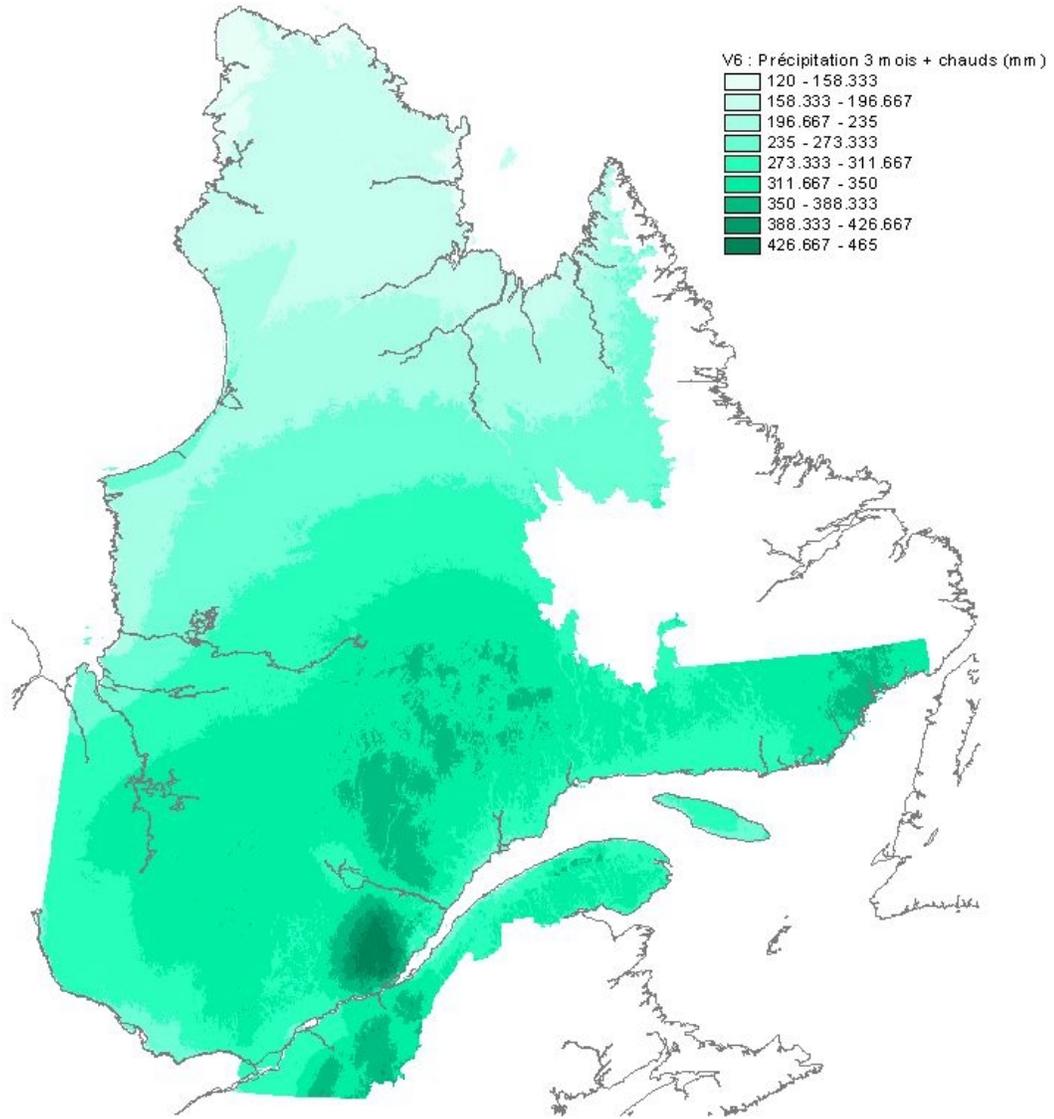


Figure 7 – Précipitation en millimètres des trois mois les plus chauds



1:10000000

Figure 8 – Précipitation en millimètres des trois mois les plus froids

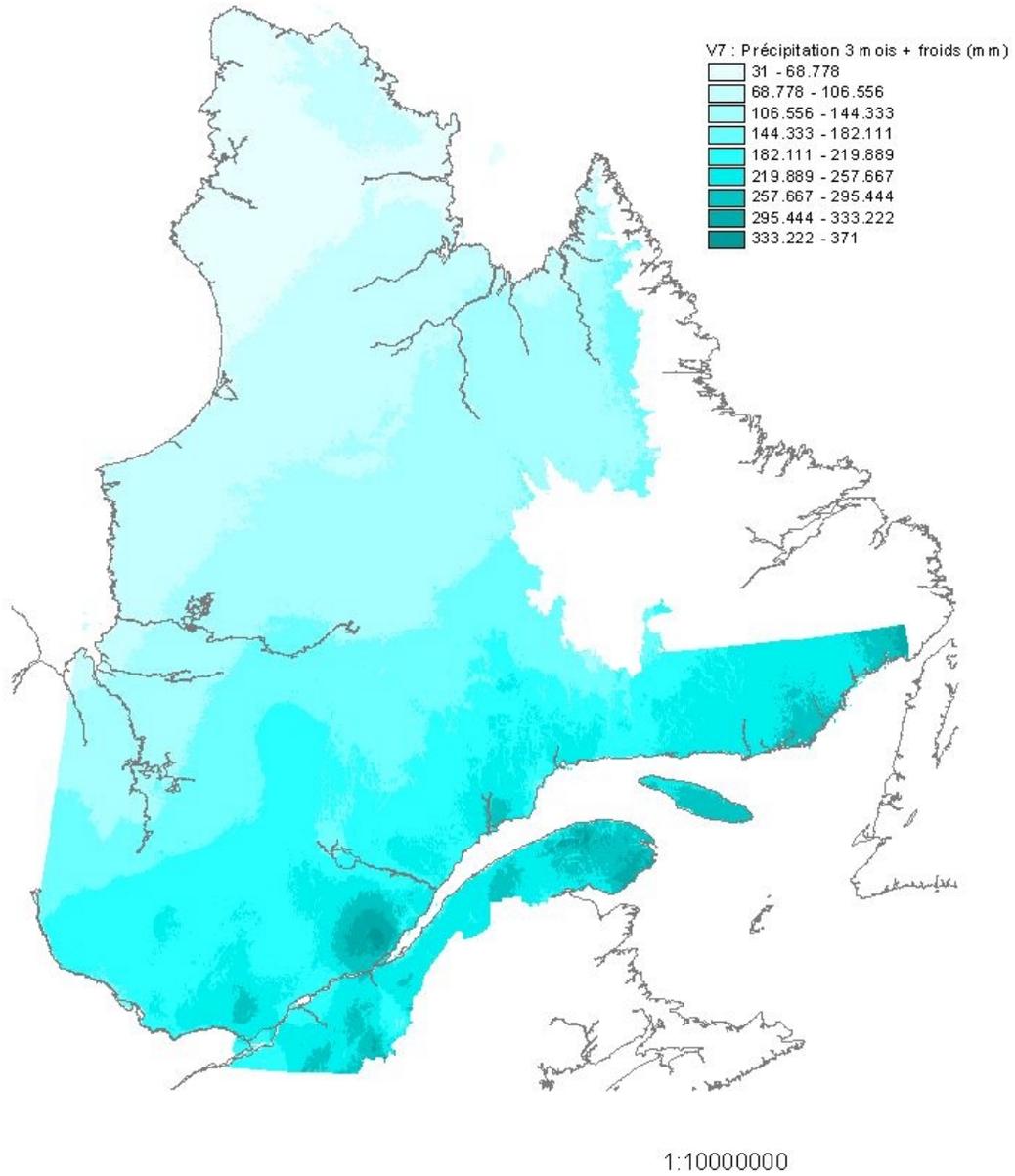


Figure 9 – Durée annuelle moyenne de la saison de croissance en jours

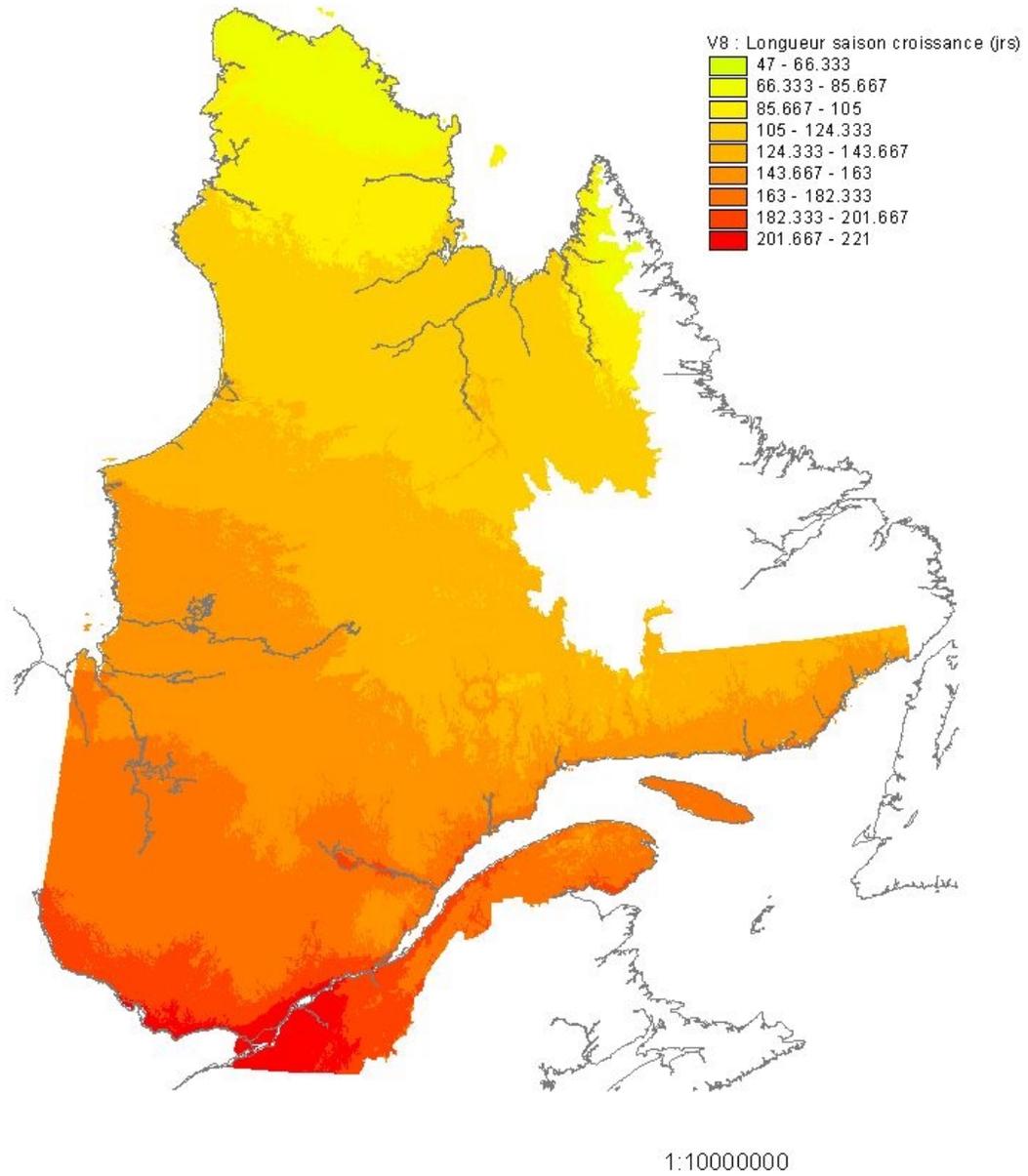


Figure 10 – Nombre annuel de degrés-jours de croissance

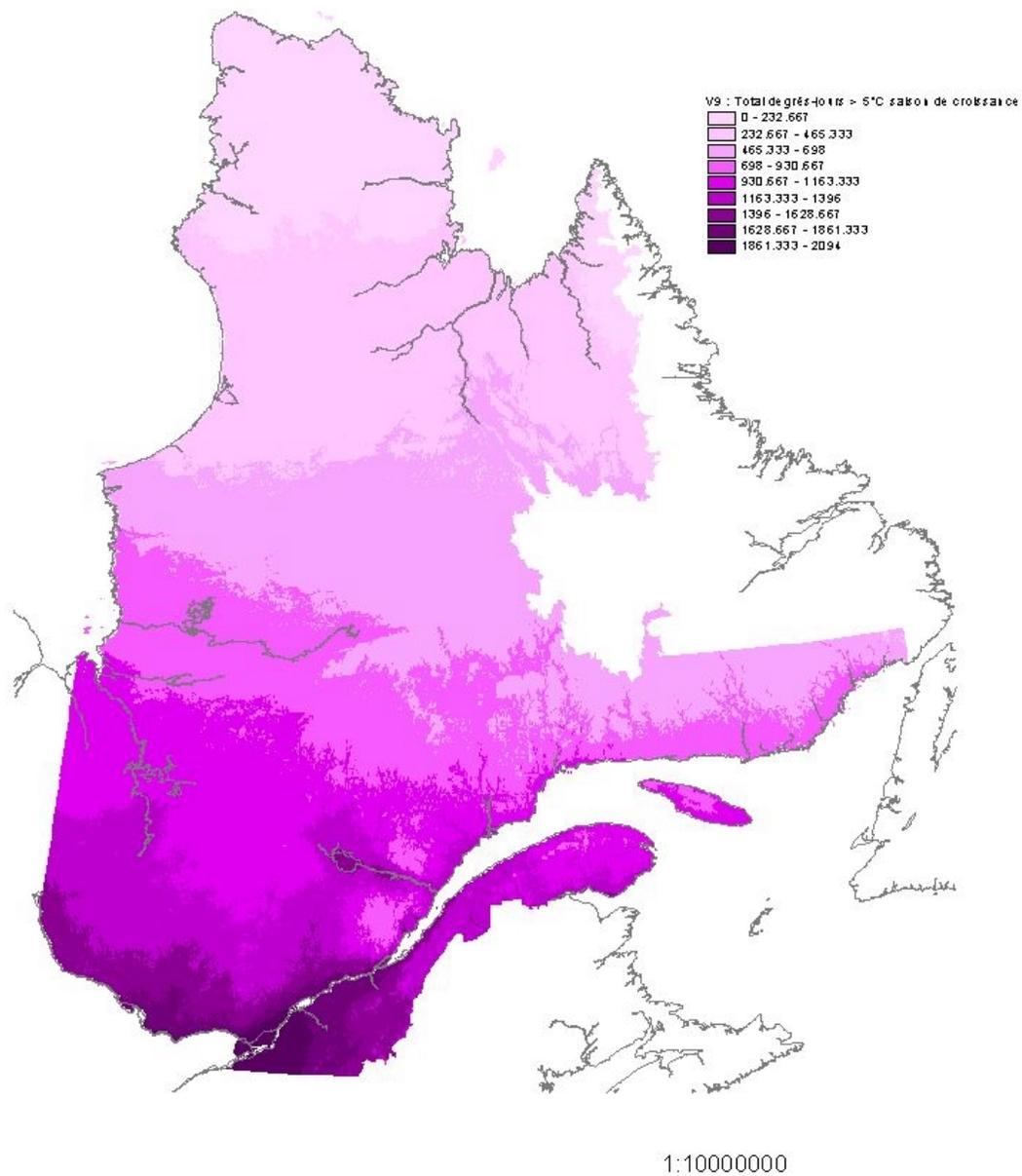
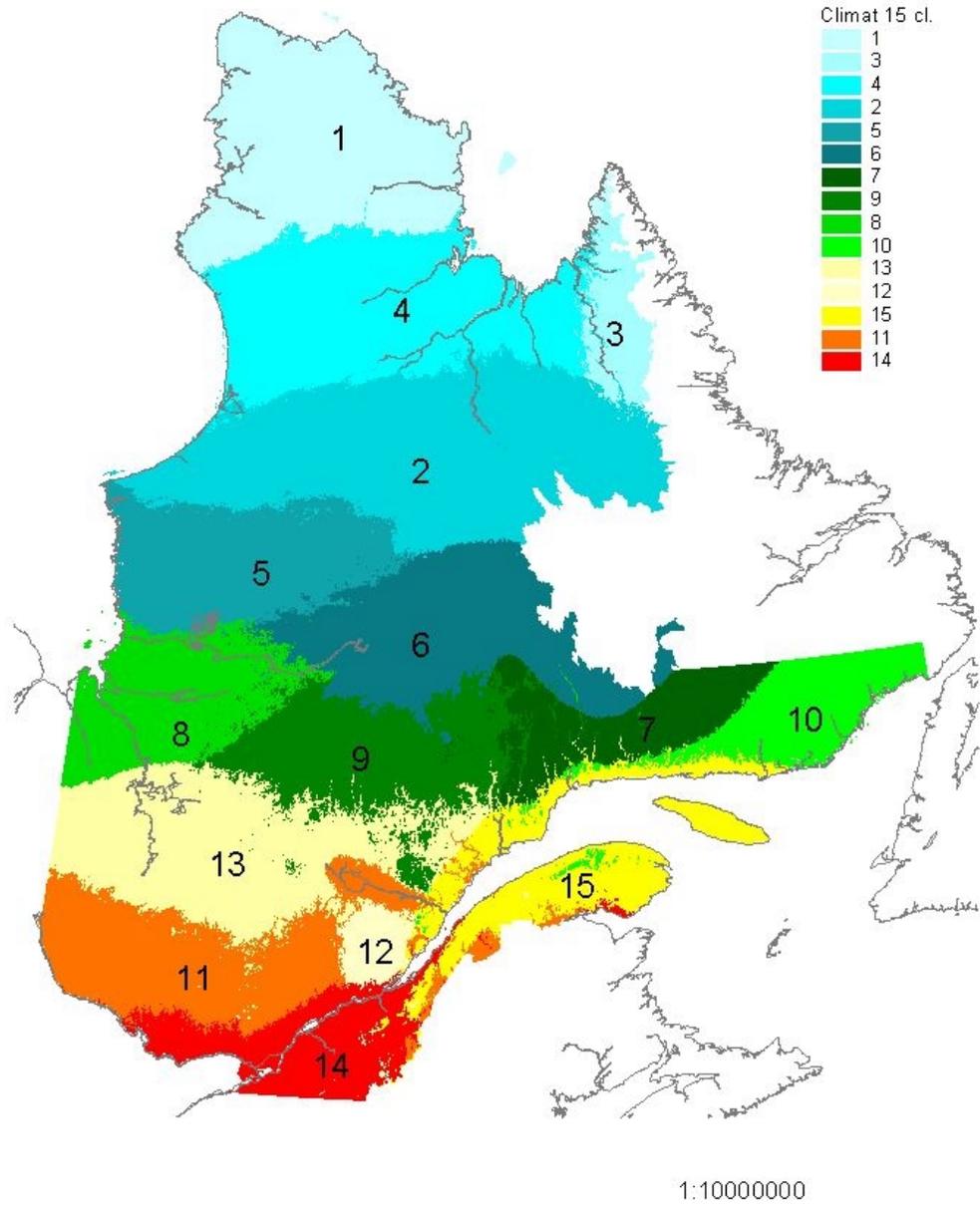


Figure 11 – Classification climatique en 15 classes



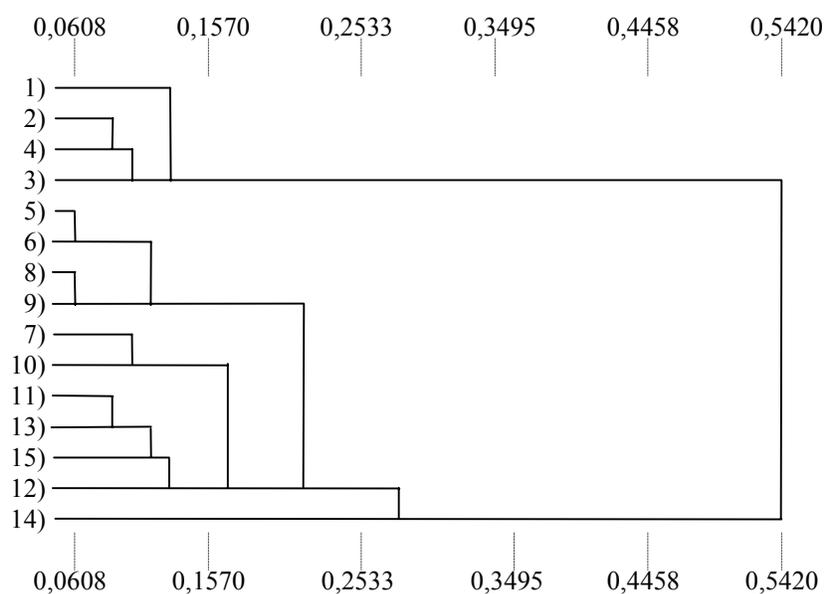


Figure 12. Dendrogramme de la classification climatique en 15 classes

1.4 Classification de Litynski

La classification climatique mondiale de Litynski (1988) a été appliquée à notre classification climatique en 15 classes pour aboutir à un regroupement en 12 classes (tableau 2, figure 15).

Tableau 2. Caractéristiques sommaires des climats du Québec

Classes selon Litynski	Région climatique	Température (*)	Précipitation (*)	Saison de croissance
1	1	polaire	semi-aride	très courte
2	2	subpolaire froide	modérée	très courte
3	3	polaire	modérée	courte
4	4	polaire	modérée	très courte
5	5	subpolaire froide	modérée	courte
6	6,7	subpolaire froide	sub-humide	courte
7	8,9	subpolaire froide	sub-humide	moyenne
8	10	subpolaire	humide	courte
9	11	subpolaire douce	sub-humide	longue
10	12,13	subpolaire	humide	moyenne
11	14	modérée	sub-humide	longue
12	15	subpolaire	sub-humide	moyenne

* Subdivisions de la classification mondiale de Litynski (1988).

2. Discussion

Malgré un réseau météorologique distribué de façon très inégale sur le territoire (figure 1), la modélisation climatique donne néanmoins des résultats intéressants.

La zonation des températures est avant tout dépendante de la latitude, puis de l'altitude et de la distance par rapport aux grandes masses d'eau (figures 8, 10, 11). L'altitude générale du relief du Québec augmente d'ouest en est (figure 13), parallèlement à l'accroissement de la continentalité. L'effet cumulé de ces deux variables marque le gradient de latitude des précipitations (figures 6, 7, 8) ce, d'autant plus fortement que la saison est chaude (figure 8).

Quant aux indices bioclimatiques que sont la durée de la saison croissance et le nombre de degré-jours de croissance, leur interprétation est plus délicate. La durée de la saison de croissance (figure 10) suit un gradient sud-ouest/nord-est, marquant d'un côté l'influence de l'altitude sur les températures et, de l'autre, l'influence probable – tout au moins en fin d'été, début d'automne – de la proximité des grandes masses d'eau (baie James, baie d'Hudson et golfe du Saint-Laurent). La forme de la limite nord de la classe comprise entre 143 et 163 jours de croissance est à ce point de vue très éloquente (figure 10). Cette fonction complexe de l'influence combinée de l'altitude et de la continentalité est cependant moins marquée pour le paramètre degrés-jours de croissance qui semble plus influencé par l'altitude seule.

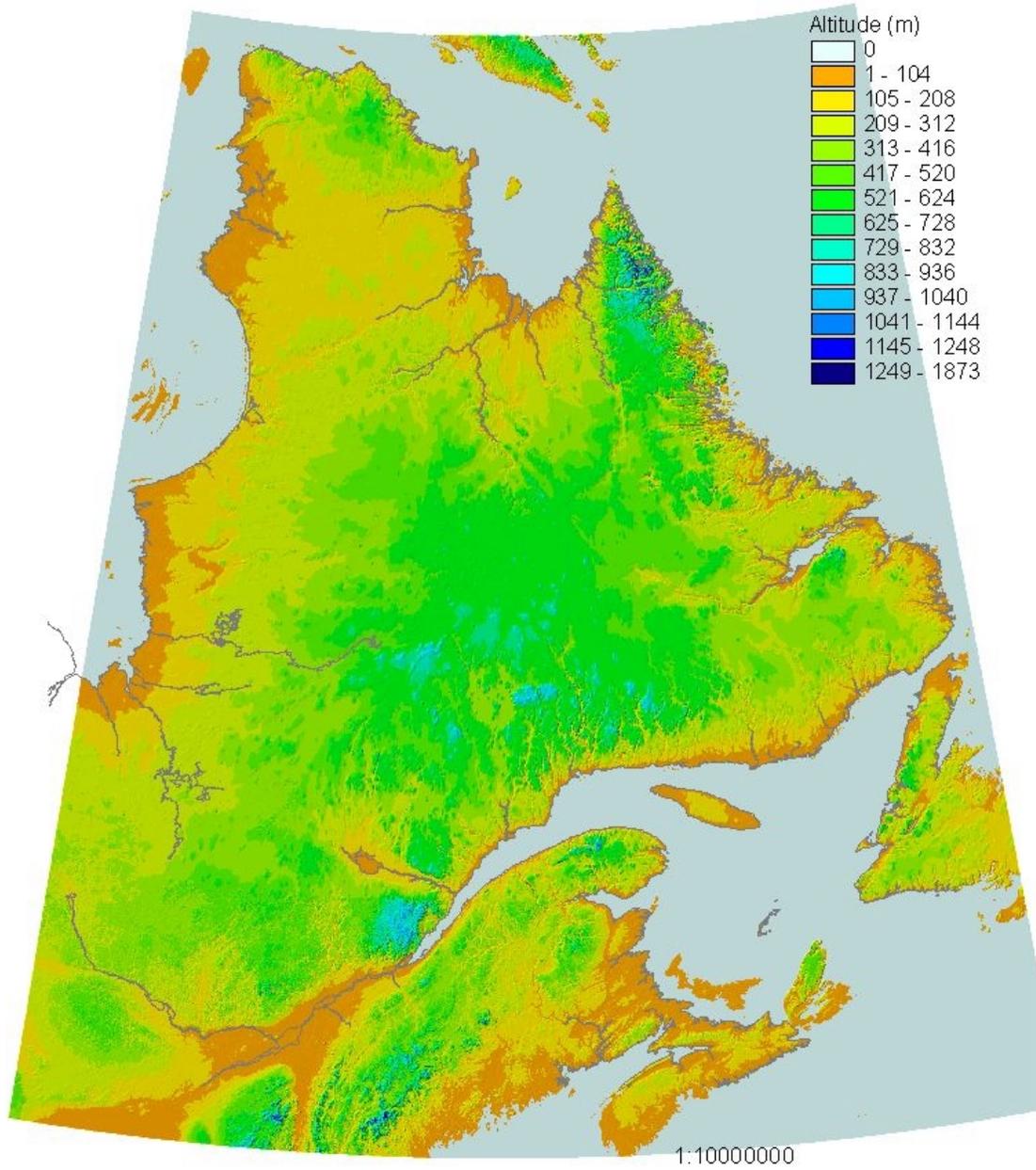
Cette bonne corrélation entre des indices climatiques et des variables géographiques n'est évidemment pas étonnante puisque le modèle s'appuie explicitement sur l'altitude et implicitement sur la continentalité ou distance des grands plans d'eau (positions x, y).

Les classifications climatiques présentent de plus une image cohérente avec nos connaissances actuelles de la distribution des espèces, des communautés et des structures végétales.

Les travaux menés tant les territoires de la Baie James et de la Moyenne-et-Basse-Côte-Nord (Gerardin, 1980) ont conduit à définir des régions écologiques³ (Ducruc, 1985; Lavoie, G., 1992) à partir de la distribution de certaines espèces végétales, des groupes éco-climatiques, des types physiologiques de végétation et des chronoséquences végétales. Bien qu'aucune information climatique n'ait servi à la cartographie des régions écologiques, la convergence générale de leurs limites avec celles de la classification climatique est remarquable (figure 14). Les gradients de latitude et de longitude sont parfois même surprenants compte tenu que le nombre de classes retenues (51) est tout à fait arbitraire.

³ La région écologique correspond à un climat régional distinct exprimé par un complexe particulier de types de végétation.

Figure 13 – Le relief du Québec (selon le modèle numérique d’altitude à 1 : 1000 000)



Bien sûr, les limites de certaines régions écologiques (FG, RO, MA), probablement discutables en regard de leur taille et de l'échelle d'expression, ne ressortent pas du modèle climatique probablement à cause du réseau météorologique lacunaire de ces territoires.

Par ailleurs, certaines inconsistances peuvent être attribuées à une insuffisance d'échantillons de la végétation, particulièrement dans les parties limitrophes des territoires d'étude.

Figure 14 – Régions écologiques des territoires de la Baie James et de la Moyenne-et-Basse-Côte-Nord, et la classification climatique en 51 classes.

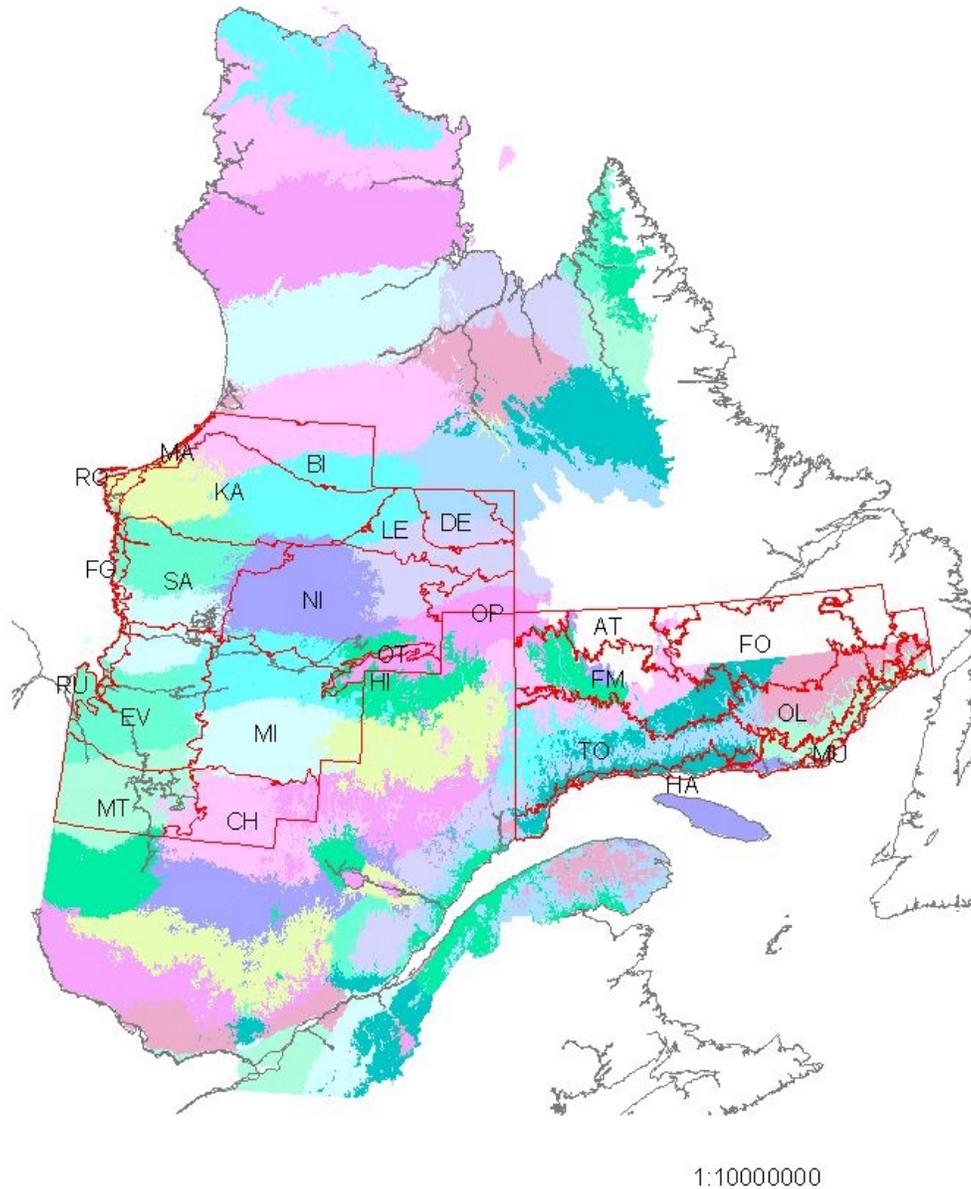


Figure 15 – Classes selon Litynski (température, précipitation, saison de croissance en jours)

Classes selon Litynski

- 1: P/SA/TC
- 4: P/M/TC
- 3: P/M/C
- 2: SpF/M/TC
- 5: SpF/M/C
- 6,7: SpF/SH/C
- 8,9: SpF/SH/M
- 10: Sp/H/C
- 12: Sp/H/M
- 13,15: Sp/SH/M
- 11: SpD/SH/L
- 14: M/SH/L

Température (C) :

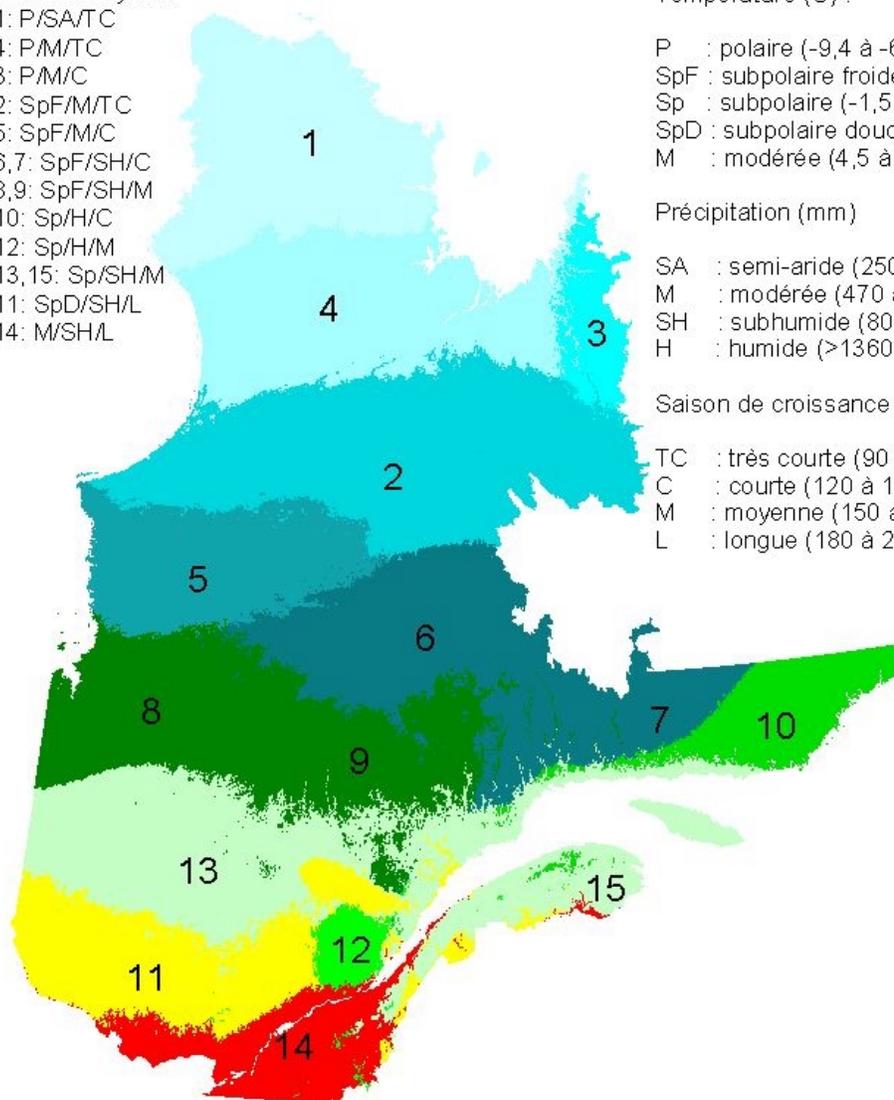
- P : polaire (-9,4 à -6,0)
- SpF : subpolaire froide (-9,4 à -6,0)
- Sp : subpolaire (-1,5 à -1,9)
- SpD : subpolaire douce (1,9 à 4,5)
- M : modérée (4,5 à 6,6)

Précipitation (mm)

- SA : semi-aride (250 à 469)
- M : modérée (470 à 799)
- SH : subhumide (800 à 1359)
- H : humide (>1360)

Saison de croissance (jours)

- TC : très courte (90 à 119)
- C : courte (120 à 149)
- M : moyenne (150 à 179)
- L : longue (180 à 209)



1:10000000

Références

Ducruc, J.-P., 1985. L'inventaire du capital-nature de la Moyenne-et-Basse-Côte-Nord. Gouvernement du Québec, Min. de l'Environnement; Série de l'inventaire du capital-nature, numéro 6 : 192 p.

Gerardin, V., 1980. L'inventaire du capital-nature du territoire de la Baie-James : les régions écologiques et la végétation des sols minéraux. Environnement Canada et Société de développement de la Baie-James, 398p.

Gower, J.C. 1971. A general coefficient of similarity and some of its properties. *Biometrics*, 27 : 857-874.

Hutchinson, 1987. Methods for generation of weather sequences. *In Agricultural Environments : characterisation, classification and mapping. Edited by A.H. Bunting.* CAB International, Wallingford, UK : 149-157.

Lavoie, G., 1992. Classification et répartition de la végétation des sols minéraux de la Moyenne-et-Basse-Côte-Nord, Québec/Labrador. Gouvernement du Québec, Ministère de l'Environnement; Planification écologique, série de l'Inventaire du capital-nature, numéro 11 : 283 p.

Litynski, J., 1988. Climat du Québec d'après la classification numérique. Carte de format 100 x 130 cm. Éditions Gamma.

Mackey, B.G., D.W. M^cKenney, Y.-Q. Yang, J.P. M^cMahon, F. Hutchinson, 1996. Site regions revisited : a climatic analysis of Hill's site regions for the province of Ontario using a parametric method. *Can. J. For. Res.* 26 : 333-354.

ANNEXE 1 : Quelques valeurs statistiques des 9 variables climatiques de la classification en 15 classes

Tableau 1 : Température moyenne annuelle (°C) de la classification en 15 classes

Classe	Température (°C)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	- 10,5	- 8,25	- 5,6
2	- 6,8	- 5,48	- 4,0
3	- 11,2	- 6,84	- 5,5
4	- 7,5	- 6,48	- 4,9
5	-5,3	- 3,92	- 2,2
6	- 5,7	- 3,91	- 2,2
7	- 4,8	- 2,30	- 0,1
8	- 3,5	- 1,71	- 0,2
9	- 3,4	- 1,86	0,0
10	- 2,5	- 0,42	1,4
11	0,9	2,19	3,9
12	- 1,5	0,59	3,5
13	- 1,0	0,13	1,3
14	2,9	4,55	6,6
15	- 0,4	1,57	3,7

Tableau 2 : Amplitude journalière moyenne des températures (°C) de la classification en 15 classes

Classe	Température (°C)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	6,2	7,53	8,3
2	8,3	9,38	10,9
3	5,9	7,53	8,4
4	7,2	8,51	9,4
5	9,4	10,69	11,7
6	9,7	10,57	11,7
7	8,9	10,01	12,0
8	10,3	11,43	12,2
9	9,8	11,42	12,5
10	7,4	8,57	10,7
11	9,2	11,62	12,6
12	8,7	10,87	11,7
13	9,9	11,67	12,7
14	8,6	10,49	12,1
15	7,4	9,47	11,5

Tableau 3 : Température moyenne des trois mois les plus chauds (°C) de la classification en 15 classes

Classe	Température (°C)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	3,2	5,80	7,7
2	8,4	9,61	11,1
3	0,9	6,62	8,7
4	6,8	8,03	10,1
5	10,0	11,25	12,6
6	9,8	11,55	12,8
7	9,8	11,61	13,7
8	12,1	13,33	14,4
9	11,6	13,20	14,4
10	9,4	11,30	13,9
11	14,7	16,01	17,5
12	11,9	14,14	16,9
13	13,2	14,72	15,9
14	15,8	17,82	19,8
15	12,2	14,46	16,4

Tableau 4 : Température moyenne des trois mois les plus froids (°C) de la classification en 15 classes

Classe	Température (°C)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	- 25,5	- 23,79	- 19,4
2	- 23,1	- 22,04	- 20,1
3	- 23,5	- 21,01	- 19,2
4	- 23,7	- 22,44	- 19,4
5	-22,8	- 21,36	- 19,4
6	- 22,5	- 20,85	- 17,6
7	- 20,4	- 17,17	- 14,1
8	- 21,4	- 19,09	- 14,9
9	- 20,7	- 18,79	- 14,2
10	- 15,8	- 12,96	- 9,4
11	- 16,0	- 13,45	- 10,3
12	- 16,1	- 14,25	- 10,4
13	- 18,5	- 16,44	- 13,7
14	- 12,2	- 10,17	- 7,7
15	- 15,5	- 12,08	- 8,4

Tableau 5 : Précipitation annuelle totale en millimètres de la classification en 15 classes

Classe	Précipitation (Millimètres)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	292	440,80	529
2	542	700,46	877
3	483	677,81	918
4	400	545,73	676
5	562	724,11	823
6	755	889,21	1105
7	912	1058,92	1226
8	642	809,21	923
9	860	970,48	1197
10	999	1149,64	1433
11	797	997,92	1253
12	1095	1333,63	1552
13	835	967,37	1145
14	823	1064,73	1334
15	861	1080,30	1303

Tableau 6 : Précipitation en millimètres des trois mois les plus chauds de la classification en 15 classes

Classe	Précipitation (Millimètres)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	119	167,70	222
2	191	248,07	313
3	179	227,71	292
4	151	197,56	254
5	216	259,33	305
6	284	322,31	388
7	283	326,55	394
8	221	284,70	325
9	288	340,04	390
10	283	329,34	392
11	241	310,80	380
12	331	406,55	468
13	283	329,41	379
14	229	312,41	390
15	238	300,13	384

Tableau 7 : Précipitation en millimètres des trois mois les plus froids de la classification en 15 classes

Classe	Précipitation (Millimètres)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	31	59,36	90
2	60	114,64	162
3	76	135,38	202
4	38	84,56	127
5	73	107,32	137
6	112	148,83	213
7	166	214,45	265
8	89	128,46	172
9	145	183,53	245
10	193	250,98	371
11	149	206,02	281
12	226	285,07	366
13	133	178,17	244
14	166	230,20	304
15	147	246,22	310

Tableau 8 : Durée annuelle moyenne de la saison de croissance en jours de la classification en 15 classes

Classe	Nombre de jours		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	66	89,79	115
2	105	122,12	143
3	47	92,68	249
4	98	111,86	132
5	128	143,46	157
6	116	133,71	152
7	115	135,50	157
8	140	158,79	167
9	133	150,53	162
10	128	147,90	169
11	167	180,23	197
12	146	165,09	190
13	153	166,93	177
14	181	201,34	221
15	152	169,44	192

Tableau 9 : Nombre annuel de degrés-jours de croissance (°C) de la classification en 15 classes

Classe	Nombre de jours		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	11	145,99	272
2	336	457,77	624
3	0	206,40	377
4	206	313,91	518
5	498	649,30	827
6	451	654,16	826
7	459	660,15	919
8	738	921,52	1093
9	653	868,02	1035
10	431	692,38	971
11	1118	1351,88	1640
12	710	1038,82	1504
13	901	1114,60	1322
14	1317	1699,24	2094
15	823	1084,91	1418

ANNEXE 2 : Quelques valeurs statistiques des 9 variables climatiques de la classification en 51 classes

Tableau 10 : Température annuelle moyenne (°C) de la classification en 51 classes

Classe	Température (°C)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	- 9,0	- 8,05	- 7,0
2	- 10,5	- 9,31	- 8,2
3	- 6,8	- 5,95	- 5,0
4	- 7,5	- 6,26	- 5,3
5	- 7,9	- 7,21	- 6,2
6	- 11,2	- 10,44	- 10,0
7	- 9,9	- 7,73	- 6,4
8	- 6,8	- 5,59	- 4,8
9	- 6,5	- 5,65	- 4,7
10	- 7,4	- 6,48	- 5,7
11	- 7,1	- 6,61	- 5,5
12	- 6,5	- 5,40	- 4,7
13	- 5,1	- 4,37	- 3,5
14	- 6,7	- 5,87	- 4,9
15	- 6,1	- 5,19	- 4,2
16	- 5,6	- 4,65	- 4,0
17	- 4,4	- 3,47	- 2,5
18	- 5,7	- 4,11	- 3,3
19	- 5,1	- 3,95	- 2,9
20	- 4,0	- 3,29	- 2,1
21	- 4,0	- 2,34	- 1,4
22	- 2,5	- 1,07	- 0,1
23	- 0,4	0,42	1,4
24	- 3,3	- 2,40	- 1,4
25	- 1,6	- 0,74	0,2
26	- 3,3	- 2,24	- 1,4
27	- 4,8	- 3,18	- 2,1
28	- 3,6	- 2,54	- 0,8
29	- 1,4	- 0,29	0,9
30	- 2,1	- 1,24	- 0,5
31	- 1,8	- 0,90	- 0,1
32	0,8	1,68	2,8
33	1,8	2,68	4,0
34	- 0,4	0,57	1,8
35	- 0,4	1,10	2,0
36	- 1,1	- 0,21	0,6
37	- 2,4	- 1,57	- 0,4
38	0,4	1,58	2,5
39	1,1	1,80	2,6
40	- 0,9	- 0,19	0,5
41	- 2,7	- 1,83	- 0,7
42	- 1,5	- 0,07	1,8
43	- 0,1	1,39	2,6

Classe	Température (°C)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
44	1,8	2,81	3,8
45	- 0,1	0,64	1,4
46	0,3	1,11	2,1
47	2,1	3,38	4,2
48	3,3	4,17	5,3
49	5,0	5,83	6,6
50	3,7	4,64	6,0
51	1,4	2,28	4,0

Tableau 11 : Amplitude journalière moyenne des températures (°C) de la classification en 51 classes

Classe	Température (°C)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	6,8	7,54	8,0
2	6,4	7,24	7,7
3	7,7	8,24	8,8
4	6,2	7,23	7,7
5	7,4	8,05	8,5
6	5,9	6,04	6,2
7	6,1	6,98	7,5
8	8,2	8,72	9,2
9	8,3	8,79	9,4
10	7,3	7,86	8,3
11	8,1	8,75	9,3
12	8,9	9,33	9,8
13	9,0	9,60	10,3
14	8,8	9,49	10,2
15	9,6	10,36	11,3
16	9,6	10,00	11,3
17	9,7	10,45	11,0
18	9,8	10,39	11,4
19	10,4	11,14	11,7
20	10,3	10,99	11,5
21	8,8	9,53	10,2
22	7,7	8,52	9,2
23	7,4	8,25	9,0
24	10,5	11,05	11,5
25	8,5	9,37	10,3
26	10,5	11,61	12,5
27	9,9	10,41	11,9
28	10,4	11,22	11,5
29	9,8	10,81	11,7
30	11,2	11,66	12,1
31	10,8	11,73	12,7
32	7,4	8,16	9,1
33	8,4	9,85	11,1
34	8,4	9,27	10,6
35	8,7	9,40	10,3

Classe	Température (°C)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
36	11,3	11,96	12,3
37	10,3	11,16	12,3
38	8,7	10,10	11,0
39	10,3	11,72	12,4
40	11,0	11,50	12,6
41	9,7	10,47	11,7
42	8,7	10,91	11,2
43	9,7	11,03	11,8
44	10,3	11,71	12,6
45	10,4	11,58	12,5
46	10,9	11,93	12,3
47	9,3	10,36	11,6
48	9,5	11,15	12,1
49	9,3	10,04	11,2
50	9,1	10,37	11,0
51	8,6	9,39	10,2

Tableau 12 : Température moyenne des trois mois les plus chauds (°C) de la classification en 51 classes

Classe	Température (°C)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	5,0	5,99	7,1
2	3,2	4,66	5,5
3	7,6	8,57	9,7
4	4,5	6,82	8,1
5	6,3	7,07	8,1
6	0,9	1,72	2,2
7	2,4	5,15	6,4
8	8,1	9,20	10,1
9	8,5	9,38	10,6
10	6,0	7,31	8,4
11	7,2	7,97	8,8
12	8,8	9,98	10,8
13	9,1	10,06	11,3
14	8,1	9,09	10,2
15	9,2	10,18	11,0
16	10,1	11,02	11,8
17	10,6	11,40	12,1
18	9,8	11,36	11,9
19	10,5	11,60	12,3
20	10,9	12,01	12,9
21	9,8	11,03	12,2
22	9,4	10,63	13,2
23	10,5	11,52	12,4
24	11,9	12,51	13,2
25	11,2	12,17	13,6
26	11,8	12,80	13,6
27	9,9	11,45	12,6

Classe	Température (°C)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
28	12,0	12,86	13,5
29	12,2	13,73	14,6
30	12,9	13,65	14,4
31	12,9	13,92	14,7
32	11,9	13,20	14,5
33	14,8	15,93	17,0
34	12,1	13,23	14,7
35	13,0	14,13	14,7
36	13,8	14,57	15,3
37	12,7	13,71	14,4
38	14,1	15,07	16,0
39	14,8	15,64	16,6
40	14,0	14,64	15,3
41	11,4	12,36	13,3
42	11,9	13,38	15,3
43	13,4	15,17	16,3
44	15,8	16,52	17,4
45	14,0	14,85	15,9
46	14,7	15,51	16,5
47	15,1	16,54	17,6
48	16,6	17,68	18,8
49	18,1	19,16	19,8
50	16,8	17,76	18,9
51	13,8	14,94	16,5

Tableau 13 : Température moyenne des trois mois les plus froids (°C) de la classification en 51 classes

Classe	Température (°C)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	- 24,4	- 23,64	- 21,7
2	- 25,5	- 24,54	- 22,6
3	- 22,4	- 21,43	- 19,9
4	- 21,1	- 20,29	- 19,2
5	- 24,0	- 23,17	- 21,6
6	- 23,5	- 22,90	- 22,5
7	- 22,7	- 21,27	- 19,7
8	- 22,9	- 21,35	- 20,1
9	- 22,7	- 21,85	- 20,4
10	- 21,5	- 20,96	- 20,0
11	- 23,4	- 22,79	- 21,9
12	- 23,0	- 21,93	- 20,3
13	- 22,1	- 21,23	- 20,5
14	- 23,1	- 22,54	- 21,5
15	- 23,1	- 22,44	- 21,4
16	- 22,6	- 21,68	- 20,7
17	- 21,8	- 20,81	- 19,8
18	- 22,3	- 20,90	- 19,3
19	- 22,7	- 21,59	- 19,5

Classe	Température (°C)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
20	- 21,4	- 20,15	- 17,6
21	- 18,5	- 16,53	- 14,8
22	- 15,8	- 13,57	- 11,1
23	- 13,1	- 11,52	- 9,4
24	- 20,9	- 19,79	- 18,8
25	- 16,1	- 14,57	- 12,6
26	- 20,4	- 19,03	- 17,5
27	- 20,7	- 18,87	- 16,7
28	- 21,3	- 20,16	- 15,8
29	- 17,2	- 15,57	- 13,5
30	- 19,6	- 18,51	- 17,7
31	- 19,1	- 17,59	- 16,1
32	- 11,7	- 10,29	- 8,4
33	- 13,3	- 11,54	- 9,2
34	- 15,2	- 13,03	- 11,6
35	- 14,7	- 12,28	- 10,3
36	- 18,3	- 17,16	- 16,0
37	- 20,1	- 19,00	- 15,7
38	- 14,7	- 12,88	- 11,0
39	- 15,6	- 13,93	- 12,1
40	- 18,4	- 16,99	- 15,8
41	- 18,7	- 17,15	- 15,6
42	- 16,1	- 14,71	- 12,0
43	- 15,4	- 13,96	- 11,6
44	- 15,1	- 12,72	- 10,2
45	- 17,0	- 15,48	- 13,5
46	- 17,1	- 15,43	- 13,4
47	- 13,1	- 11,06	- 9,6
48	- 12,2	- 11,00	- 9,8
49	- 10,2	- 8,98	- 7,7
50	- 11,6	- 9,86	- 8,2
51	- 12,7	- 10,80	- 8,9

Tableau 14 : Précipitation annuelle totale en millimètres de la classification en 51 classes

Classe	Précipitation (mm)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	292	417,01	516
2	302	457,05	529
3	432	547,96	663
4	397	518,35	637
5	377	472,49	610
6	739	848,80	918
7	478	683,45	840
8	644	718,76	839
9	515	611,24	685
10	583	698,99	797
11	461	561,60	669
12	664	761,45	855

Classe	Précipitation (mm)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
13	557	646,94	715
14	550	649,75	736
15	665	724,64	794
16	761	831,95	921
17	590	685,83	758
18	817	931,94	1067
19	709	793,61	877
20	807	910,61	1019
21	999	1083,29	1181
22	1108	1178,90	1433
23	1080	1159,66	1243
24	626	726,85	799
25	919	1066,85	1159
26	902	977,04	1089
27	893	1016,19	1191
28	788	850,18	927
29	937	1087,99	1260
30	681	794,72	891
31	922	1008,05	1142
32	985	1076,11	1138
33	861	1025,94	1143
34	923	1033,14	1120
35	1039	1155,36	1418
36	817	887,20	959
37	853	922,30	1016
38	902	1079,55	1187
39	905	1016,48	1170
40	912	970,08	1102
41	889	1051,37	1259
42	1241	1424,98	1552
43	1088	1222,70	1412
44	797	974,23	1137
45	937	1014,94	1138
46	838	930,17	985
47	1007	1177,33	1382
48	823	988,98	1138
49	829	997,51	1123
50	1024	1137,90	1272
51	931	1115,61	1439

Tableau 15 : Précipitation en millimètres des trois mois les plus chauds de la classification en 51 classes

Classe	Précipitation (mm)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	119	161,80	185
2	124	166,31	187
3	158	189,25	225
4	166	190,07	219

Annexe

Classe	Précipitation (mm)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
5	146	181,32	243
6	254	274,80	292
7	199	230,17	268
8	218	243,34	281
9	176	210,83	238
10	203	232,02	261
11	167	205,07	254
12	229	265,04	306
13	202	235,12	267
14	207	234,94	268
15	239	265,38	296
16	283	305,55	337
17	218	239,33	265
18	288	336,29	383
19	256	290,10	327
20	290	331,81	369
21	302	322,12	358
22	309	341,70	392
23	289	331,26	363
24	221	251,15	280
25	286	305,86	336
26	327	348,80	380
27	295	334,47	390
28	278	303,42	341
29	285	334,86	395
30	237	279,48	316
31	306	345,99	385
32	259	277,85	310
33	237	289,27	349
34	271	287,69	313
35	272	321,14	405
36	284	312,92	336
37	286	323,01	347
38	259	310,41	356
39	267	321,44	358
40	304	335,70	369
41	287	329,40	394
42	364	432,58	468
43	328	377,74	430
44	258	299,81	340
45	291	335,78	368
46	275	308,11	340
47	302	355,29	408
48	231	284,20	340
49	229	286,55	336
50	287	340,44	379
51	252	300,57	411

Tableau 16 : Précipitation en millimètres des trois mois les plus froids de la classification en 51 classes

Classe	Précipitation (mm)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	31	53,86	85
2	33	67,39	86
3	67	105,08	127
4	54	90,95	136
5	33	60,85	88
6	148	183,20	202
7	75	138,06	189
8	118	134,46	161
9	58	110,46	126
10	109	141,17	173
11	49	80,46	122
12	109	130,23	162
13	62	89,39	120
14	62	97,83	120
15	97	108,85	125
16	110	129,43	163
17	77	96,54	116
18	122	156,03	192
19	107	126,92	156
20	126	157,00	187
21	193	226,03	253
22	231	255,27	371
23	228	256,80	304
24	84	106,72	126
25	165	223,73	273
26	148	179,42	232
27	165	194,80	243
28	123	147,72	184
29	181	230,45	275
30	97	120,24	141
31	154	196,68	228
32	234	258,16	275
33	153	227,00	266
34	161	217,55	264
35	242	282,40	341
36	128	139,51	175
37	136	174,31	215
38	147	238,38	276
39	184	212,09	263
40	145	177,42	224
41	159	212,13	273
42	254	305,63	366
43	218	258,17	303
44	149	199,64	256
45	147	204,49	244
46	139	169,12	210
47	194	253,89	313

Classe	Précipitation (mm)		
	Minimum	Moyenne	Maximum
48	166	213,92	272
49	180	216,58	241
50	205	244,75	280
51	232	271,69	345

Tableau 17 : Durée annuelle moyenne de la saison de croissance en jours de la classification en 51 classes

Classe	Jours		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	81	90,69	107
2	66	78,34	85
3	104	113,39	123
4	77	97,56	110
5	92	104,00	120
6	241	245,80	249
7	47	79,15	91
8	105	113,70	121
9	112	119,57	133
10	86	98,50	108
11	104	112,83	127
12	110	120,36	127
13	124	138,31	148
14	112	122,02	133
15	119	129,25	143
16	118	128,85	136
17	140	149,03	155
18	116	130,40	138
19	123	141,88	152
20	123	137,48	150
21	117	132,45	142
22	128	140,67	152
23	141	156,25	169
24	150	155,21	161
25	138	147,17	156
26	135	145,58	155
27	115	130,33	140
28	139	152,66	159
29	147	156,78	166
30	156	161,83	167
31	146	156,70	165
32	160	169,68	183
33	173	181,41	195
34	151	159,54	172
35	148	163,23	173
36	162	167,31	172
37	143	158,02	164
38	160	170,96	179
39	170	176,91	183

Classe	Jours		
	Minimum	Moyenne	Maximum
40	158	164,60	171
41	134	141,65	151
42	146	159,26	175
43	159	172,73	183
44	177	185,04	195
45	159	169,82	176
46	168	174,97	183
47	175	187,57	198
48	188	198,92	210
49	207	214,23	221
50	192	202,37	215
51	163	174,03	194

Tableau 18 : Nombre annuel de degrés-jours de croissance (°C) de la classification en 51 classes

Classe	Degrés-jours		
	Minimum	Moyenne	Maximum
1	85	152,63	224
2	11	79,58	127
3	275	363,27	480
4	65	214,68	316
5	171	230,27	315
6	0	0,00	0
7	0	105,64	182
8	312	415,76	508
9	356	439,18	568
10	155	253,39	349
11	240	305,89	392
12	368	488,33	573
13	420	527,30	637
14	325	407,80	522
15	411	514,65	610
16	500	595,08	683
17	570	679,29	778
18	451	624,81	696
19	541	675,48	780
20	577	708,73	809
21	459	600,55	730
22	431	609,35	861
23	539	743,85	864
24	726	817,91	928
25	640	757,53	916
26	674	809,38	933
27	465	627,93	755
28	719	840,03	933
29	745	933,17	1074
30	861	974,36	1092
31	818	965,99	1098
32	816	948,94	1093

Annexe

Classe	Degrés-jours		
	Minimum	Moyenne	Maximum
33	1140	1310,25	1536
34	791	909,79	1123
35	842	1019,83	1121
36	990	1107,96	1217
37	791	950,59	1039
38	977	1149,52	1300
39	1150	1283,99	1412
40	989	1086,57	1214
41	638	745,01	871
42	710	920,72	1214
43	936	1193,42	1399
44	1304	1451,57	1606
45	999	1143,54	1303
46	1142	1267,86	1429
47	1221	1463,22	1638
48	1416	1670,30	1891
49	1780	1948,98	2094
50	1519	1690,88	1924
51	973	1157,36	1435

Pour tout renseignement, vous pouvez
communiquer avec le Centre d'information
du ministère de l'Environnement.

Téléphone : Québec (appel local), 521-3830
Ailleurs au Québec, 1 800 561-1616

Télécopieur : (418) 646-5974
Courriel : info@menv.gouv.qc.ca
Internet : www.menv.gouv.qc.ca

Dépôt légal – Bibliothèque nationale du Québec, 2001

ISBN 2-550-38100-9
Envirodoq : ENV2001-0189
PECE0060