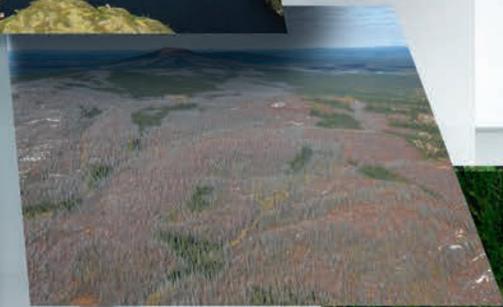


Rapport du Comité scientifique chargé  
d'examiner la limite nordique des  
forêts attribuables

## **ANNEXE 2**

### INFORMATIONS ADDITIONNELLES SUR LE PROGRAMME D'ACQUISITION DE CONNAISSANCES





Rapport du Comité scientifique chargé  
d'examiner la limite nordique des  
forêts attribuables

## **ANNEXE 2**

### INFORMATIONS ADDITIONNELLES SUR LE PROGRAMME D'ACQUISITION DE CONNAISSANCES

CITATION RECOMMANDÉE POUR LE CHAPITRE 1

Robitaille, A., A. Leboeuf et M. Haché, 2013. Programme d'acquisition de connaissances. *Dans* : Ministère des Ressources naturelles du Québec. Rapport du Comité scientifique chargé d'examiner la limite nordique des forêts attribuables. MRN, Secteur des forêts. Annexe 2, chapitre 1. p. 5 - 8.

CITATION RECOMMANDÉE POUR LE CHAPITRE 2

Saucier, J.-P., 2013. Placettes-échantillons et plan de sondage. *Dans* : Ministère des Ressources naturelles du Québec. Rapport du Comité scientifique chargé d'examiner la limite nordique des forêts attribuables. MRN, Secteur des forêts. Annexe 2, chapitre 2. p. 9 - 15.

CITATION RECOMMANDÉE POUR LE CHAPITRE 3

Lord, G., 2013. Données climatiques. *Dans* : Ministère des Ressources naturelles du Québec. Rapport du Comité scientifique chargé d'examiner la limite nordique des forêts attribuables. MRN, Secteur des forêts. Annexe 2, chapitre 3. p. 17 - 19.

ISBN : 978-2-550-67388-0 (version PDF - Rapport principal)

ISBN : 978-2-550-67390-3 (version PDF - Annexe 2)

© Gouvernement du Québec, 2013



## Table des matières

<b>1. Programme d'acquisition de connaissances</b> .....	5
(par André Robitaille, Antoine Leboeuf et Mario Haché)	
1.1 Cartographie écoforestière du programme d'inventaire écoforestier nordique (PIEN) .....	5
1.2 Validation de la cartographie du PIEN .....	6
<b>2. Placettes-échantillons et plan de sondage</b> .....	9
(par Jean-Pierre Saucier)	
2.1 Placettes-échantillons .....	9
2.2 Plan de sondage .....	9
2.3 Localisation des placettes-échantillons sur le terrain .....	13
<b>3. Données climatiques</b> .....	17
(par Gaétan Lord)	
<b>4. Références</b> .....	21



## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.</b> Interprétation du coefficient kappa. ....	7
<b>Tableau 2.</b> Résultats de la vérification de la carte écoforestière à l'échelle 1/100 000 à l'aide du coefficient kappa. ....	8
<b>Tableau 3.</b> Types de placettes du programme d'inventaire écoforestier nordique (PIEN). ....	10
<b>Tableau 4.</b> Plan de sondage sommaire de l'inventaire écoforestier nordique (2006-2009). ....	11
<b>Tableau 5.</b> Variables climatiques sélectionnées pour les simulations. ....	18



## Liste des figures

<b>Figure 1.</b>	Extrait de la carte 1/100 000 à évaluer et de l'image de la vidéo géoréférencée correspondante. ....	6
------------------	--	---



## Liste des cartes

<b>Carte 1.</b>	Placettes-échantillons du programme d'inventaire écoforestier nordique. ....	15
<b>Carte 2.</b>	Stations météorologiques intégrées dans la base de données « normales » du logiciel BioSIM. ....	18



# Programme d'acquisition de connaissances

(par André Robitaille, Antoine Leboeuf et Mario Haché)

Une des recommandations du comité scientifique responsable d'examiner la limite nordique adoptée en 2002 portait sur la nécessité de réaliser un programme d'acquisition de connaissances pour les portions nord et est du territoire d'étude. Ainsi, en 2005, dès la formation du comité, le ministère des Ressources naturelles (MRN) a autorisé le démarrage d'un programme d'inventaire écoforestier nordique (PIEN) pour le territoire situé entre la limite nord de la zone d'aménagement et la latitude 53° Nord, ainsi que pour une grande portion de la Moyenne et de la Basse-Côte-Nord.

Ce programme s'est étalé sur une période de cinq ans, soit de 2005 à 2009. Il comprenait, pour une portion donnée du territoire, une première année de cartographie, suivie d'une seconde consacrée au mesurage de placettes-échantillons. Le programme a permis de compléter la cartographie des districts écologiques et des unités de paysage régional. De plus, le comité a colligé une liste de publications utilisées par ce dernier comme références pour le présent travail ou relatives au territoire d'étude.

## 1.1 Cartographie écoforestière du programme d'inventaire écoforestier nordique (PIEN)

La cartographie du territoire nordique a été réalisée selon une approche qui repose sur l'utilisation de photographies aériennes interprétées en trois dimensions sur écran d'ordinateur et sur l'analyse d'images satellite Landsat (Robitaille *et al.*, 2008; Leboeuf *et al.*, 2012a).

Des photographies aériennes aux échelles 1/40 000 et 1/60 000 ont été utilisées pour cartographier les dépôts de surface et les régimes hydriques. Elles permettent de repérer des formes

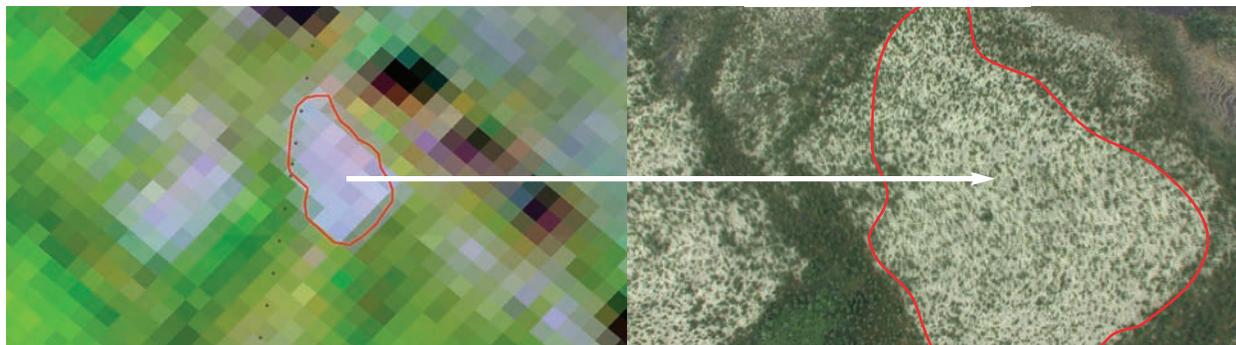
de terrains caractéristiques (terrasses, formes profilées, etc.) qui renseignent sur l'origine et la composition des types de dépôts. Les régimes hydriques sont attribués en fonction de la nature des matériaux qui composent ces dépôts et de la forme des pentes. L'interprétation en trois dimensions à l'écran d'ordinateur, qui a remplacé l'utilisation du stéréoscope traditionnel, a permis d'augmenter la précision globale du travail.

Les images satellite Landsat, dont la résolution spatiale est de 30 m au sol, ont été employées pour cartographier la végétation. Ce travail comprend trois étapes principales. La première consiste à segmenter les images en créant automatiquement des polygones à partir des zones homogènes d'une image. Ensuite, ces polygones sont classés automatiquement sur la base des couleurs de l'image, en lien avec la nature de la végétation. Cette opération est appuyée par des milliers de validations sur le terrain. Enfin, une dernière étape de cartographie manuelle a permis d'éditer les contours et la classe de végétation des polygones que le système n'a pas pu classer automatiquement.

L'évaluation de la hauteur des arbres a été effectuée selon une approche récemment développée par Leboeuf *et al.* (2012b). Cette méthode suit trois étapes principales : 1) établissement d'une relation entre la fraction d'ombre calculée à partir d'images à très haute résolution spatiale (par exemple, QuickBird) et la hauteur des arbres; 2) mise au point d'une procédure de sélection des placettes d'échantillonnage d'entraînement qui renseignent sur la hauteur des arbres; 3) application de la méthode k-NN des *k* plus proches voisins (k-NN pour *k-nearest neighbors*), qui s'appuie sur des placettes d'entraînement.

## FIGURE 1

Extrait de la carte 1/100 000 à évaluer (à gauche) et de l'image de la vidéo géoréférencée correspondante (à droite).



La carte produite, dont la superficie minimale de représentation est de 8 ou 16 ha, décrit les variables permanentes du milieu (dépôt de surface, régime hydrique, pente), les variables écoforestières (type de couvert forestier, densité, hauteur, stade de développement, végétation du sous-bois) et les perturbations naturelles (feux, chablis et épidémies). À noter que pour les portions ouest et est du territoire d'étude, le comité a décidé de récupérer des cartes de dépôts de surface qui n'incluent pas les régimes hydriques. Pour l'ensemble du territoire couvert par le PIEN, ce sont plusieurs centaines de milliers de polygones cartographiques qui permettent de localiser et de décrire les massifs boisés, les landes, les milieux contraignants, les perturbations naturelles, etc.

### 1.2 Validation de la cartographie du PIEN

Considérant que la cartographie écoforestière à l'échelle 1/100 000 du PIEN a été conçue à partir d'images satellite, et compte tenu de son importance déterminante pour mener à bien les analyses du comité scientifique, celle-ci nécessitait une validation rigoureuse. Pour ce faire, le comité a confié à son membre de l'Institut de la statistique du Québec le soin d'élaborer une approche

de validation cartographique permettant d'évaluer les niveaux de précision des principales variables.

L'approche la plus courante en foresterie consiste à utiliser des placettes de terrain. Afin de pouvoir établir quantitativement le niveau de confiance de la démarche, la description des éléments de la placette est comparée avec celle du polygone cartographique. Puisque l'échelle de comparaison est très différente entre une placette forestière standard de 400 m<sup>2</sup> et les peuplements (ces derniers dépassant souvent 16 ha), une telle approche entraîne une sous-évaluation de la qualité de la carte, la placette ne pouvant pas, la plupart du temps, décrire adéquatement toute l'hétérogénéité naturelle du peuplement d'une telle superficie.

Pour pallier cette faiblesse, le comité a développé une approche de validation basée sur une vidéo géoréférencée réalisée lors d'un survol par avion. La figure 1 présente un extrait de cette vidéo géoréférencée, qui est liée à un système d'information géographique (ici ArcGIS). Pour ce faire, un échantillon aléatoire de 1000 polygones a été tiré parmi l'ensemble des polygones du territoire. Ensuite, ces polygones ont été interprétés par un photo-interprète indépendant. Le nombre de 1000 polygones

**TABLEAU 1**  
**Interprétation du coefficient kappa.**

Kappa	Interprétation
Inférieur à 0	Aucun accord
Entre 0 et 0,19	Accord pauvre
Entre 0,20 et 0,39	Accord acceptable
Entre 0,40 et 0,59	Accord moyen
Entre 0,60 et 0,79	Accord substantiel
Entre 0,80 et 1,00	Accord presque parfait

Source : Landis et Koch (1977)

apparaît suffisant pour atteindre des niveaux de précision raisonnables lors de la comparaison des classements. L'échantillonnage des polygones a été effectué en deux étapes : 1) sélection aléatoire de tracés de vol sur environ 1500 km assurant un balayage nord-sud et est-ouest couvrant la diversité des paysages; 2) sélection de 1000 polygones parmi les polygones situés sous la ligne de vol. Cette manière de procéder permet de représenter 97,3 % du territoire d'étude.

Afin d'interpréter les résultats de la vérification de la carte écoforestière, le test du kappa (Cohen, 1960; Sim et Wright, 2005) a été utilisé. Ce dernier permet de mesurer l'accord entre les classes de la carte et celles du photo-interprète, tout en tenant compte des accords dus au hasard. L'interprétation du coefficient kappa est présentée au tableau 1.

Les résultats de la vérification sont présentés au tableau 2. Ce tableau montre aussi l'indice de précision global à titre indicatif. Les coefficients kappa obtenus pour les types de couverts et la végétation du sous-bois sont respectivement de 0,46 et 0,49, ce qui constitue un accord « moyen ». L'accord est « acceptable » pour le stade de développement (0,36) et « presque parfait » pour les codes de terrain (0,90) et les perturbations d'origine (0,96). Les résultats sont cependant plus faibles

pour les classes de densité considérées individuellement, le kappa de 0,12 représentant, dans ce cas-ci, un accord « pauvre ». Par contre, les classes regroupées (A, B et C : > 40 %; D et L : ≤ 40 %), qui ont servi pour certains calculs effectués par le comité, présentent un kappa de 0,35, soit un accord « acceptable ». Cette différence peut s'expliquer par le fait que la densité s'avère être très variable dans les peuplements et que l'erreur survient généralement entre deux classes de densité adjacentes (par exemple, confusion entre les classes B et C). D'ailleurs, le kappa pondéré, qui attribue une pénalité moins grande pour les erreurs entre deux catégories adjacentes, est de 0,25 (accord « acceptable ») pour les classes de densité considérées individuellement.

Globalement, les résultats obtenus sont très satisfaisants pour la majorité des variables et montrent qu'il n'y a pas de biais d'interprétation. Seuls les résultats relatifs aux cinq classes de densité présentent une plus grande diversité de classement. Ces résultats permettent donc d'affirmer que la carte écoforestière 1/100 000 donne un portrait juste et fiable du paysage forestier du territoire d'étude.

## TABLEAU 2

Résultats de la vérification de la carte écoforestière à l'échelle 1/100 000 à l'aide du coefficient kappa.

Variable	Kappa	Accord	Indice de précision global*
Type de couvert	0,46	moyen	91,2 %
Végétation du sous-bois	0,49	moyen	78,3 %
Stade de développement	0,36	acceptable	71,8 %
Code terrain	0,90	presque parfait	92,8 %
Perturbation d'origine	0,96	presque parfait	99,6 %
Classe de densité individuelle	0,12	pauvre	32,8 %
Classe de densité regroupée (A, B et C : > 40 %; D et L : ≤ 40 %)	0,35	acceptable	67,0 %

\* L'indice de précision global est ajouté à titre indicatif.

## Placettes-échantillons et plan de sondage

(par Jean-Pierre Saucier)

### 2.1 Placettes-échantillons

Entre 2006 et 2009, un sondage écodendrométrique a été réalisé pour la portion nord du territoire d'étude. Il a été exécuté selon des normes d'inventaire (Berger *et al.*, 2008) basées sur les mêmes standards de qualité que ceux des inventaires forestiers traditionnels réalisés plus au sud. En tout, 875 placettes ont fait l'objet d'une récolte de données durant cette période (carte 1, page 15). Les variables mesurées ou observées dans les placettes ont été déterminées afin de pouvoir évaluer le plus précisément possible les indicateurs retenus par le comité scientifique.

On distingue trois types de placettes, dont certaines ont des formes et des superficies différentes (tableau 3) : la placette-échantillon écodendrométrique nordique (602 PEEN); la placette-échantillon post-feu nordique (168 PEFN); la placette-échantillon permanente nordique (105 PEPN). Elles fournissent de nombreuses informations relatives aux caractéristiques physiques et écologiques du territoire, notamment des données d'observation et de mesures du profil pédologique, des données d'analyses physico-chimiques des sols (réalisées en laboratoire), des données d'observation de l'abondance des lichens terricoles et épiphytes, ainsi que des données d'inventaire systématique des plantes et des mousses de la placette.

Ces placettes fournissent également des informations dendrométriques, entre autres des données d'observation sur les semis et les gaules, la description des couverts (hauteur et densité) des strates ligneuses et non ligneuses et des études de tiges. De plus, on récolte dans ces placettes des rondelles d'arbres pour en déterminer l'accroissement et des cônes pour estimer la viabilité des semences produites.

### 2.2 Plan de sondage

Le plan de sondage a été conçu de façon à mesurer la résilience et la productivité des milieux. Compte tenu de la vaste superficie du territoire d'étude, il a été nécessaire de combiner des variables forestières et des variables du milieu physique, et ce, tout en reflétant la grande variété des milieux du territoire et leurs gradients de sensibilité (tableau 4).

Quelques milieux, dont la connaissance fine ne présentait pas d'utilité pour l'analyse des critères retenus, ont été exclus du plan de sondage. Ce sont :

- certains milieux très rares (comme les sites sur colluvions et dépôts littoraux marins);
- des milieux dont la densité du couvert arborescent est inférieure à 10 % et dont l'origine visible n'est pas un feu, un chablis ou une épidémie (saulaie, arbustaie basse, milieu humide à éricacées, lande<sup>1</sup> alpine, lande rocheuse, lande herbacée, lande à mousses ou lande à lichens);
- les brûlis très récents (0-10 ans), dans la mesure où l'information obtenue à partir des brûlis de 10-30 ans offre une meilleure évaluation de la résilience et de la capacité de production;
- certains dépôts de surface qui présentent de trop fortes contraintes à l'aménagement (rochers nus sans végétation autre que les lichens, champs de blocs glaciaires, dépôts fluviaux ou littoraux actifs, talus d'éboulis).

<sup>1</sup> Les landes boisées, dont le couvert arborescent était de 10 à 25 % de densité, ont été sondées.

### TABLEAU 3

#### Types de placettes du programme d'inventaire écoforestier nordique (PIEN)

##### Placette-échantillon écodendrométrie nordique (PEEN)

La PEEN est constituée de différentes unités d'échantillonnage circulaires, soit :

- cinq microplacettes de 1,69 m de rayon, dont l'aire est de 1/1111 ha (9 m<sup>2</sup>);
- une sous-placette de 3,57 m de rayon, dont l'aire est de 1/250 ha (40 m<sup>2</sup>);
- une placette de 11,28 m de rayon, dont l'aire est de 1/25 ha (400 m<sup>2</sup>).

##### Placette-échantillon post-feu nordique (PEFN)

La PEFN est constituée de différentes unités d'échantillonnage circulaires, soit :

- dix microplacettes (grappe) de 1,69 m de rayon, dont l'aire est de 1/1111 ha (9 m<sup>2</sup>);
- une sous-placette de 3,57 m de rayon, dont l'aire est de 1/250 ha (40 m<sup>2</sup>);
- une placette de 11,28 m de rayon, dont l'aire est de 1/25 ha (400 m<sup>2</sup>).

##### Placette-échantillon permanente nordique (PEPN)

La PEPN est constituée de différentes unités d'échantillonnage circulaires, soit :

- cinq microplacettes de 1,69 m de rayon, dont l'aire est de 1/1111 ha (9 m<sup>2</sup>);
- une sous-placette de 3,57 m de rayon, dont l'aire est de 1/250 ha (40 m<sup>2</sup>);
- une placette de 11,28 m de rayon, dont l'aire est de 1/25 ha (400 m<sup>2</sup>).

Note : La PEPN est une placette-échantillon permanente (PEP), à laquelle on apporte certaines modifications aux unités d'échantillonnage.

TABLEAU 4

Plan de sondage sommaire de l'inventaire écoforestier nordique (2006-2009).

Strate 2006	Strate 2007	Strate 2008	Strate 2009	Description	Placettes 2006 (N)	Placettes 2007 (N)	Placettes 2008 (N)	Placettes 2009 (N)	N total après 2009
F1		F1H		Brûlis de 10 à 30 ans sur till épais mésique	16				70
	F1M	F1M	F1M	Brûlis de 10 à 30 ans sur till épais mésique		31	8	6	
		F1MX		Brûlis de 10 à 30 ans sur till épais mésique-xérique					
	F1S	F1S	F1S	Brûlis de 10 à 30 ans sur till épais subhydrique		3	2	4	
	F1X			Brûlis de 10 à 30 ans sur till épais xérique					
F2	F2	F2	F2	Brûlis de 10 à 30 ans sur fluvioglaciaire de contact ou moraines de décrépitude	8	8	8	6	30
F3	F3	F3	F3	Brûlis de 10 à 30 ans sur fluvioglaciaire d'épandage ou fluvialite ancien	8	8		2	18
		F4	F4	Brûlis de 10 à 30 ans sur till mince			9	6	15
		F6	F6	Brûlis de 10 à 30 ans sur moraines de texture grossière			9	3	12
		F8	F8	Brûlis de 10 à 30 ans sur sables fluvialites ou glaciolacustres et marins			10	4	14
		F9	F9	Brûlis de 10 à 30 ans sur argiles marines ou glaciolacustres			6	2	8
	MF1	MF1	MF1	Mélangé ou feuillu sur till épais		5	4	5	14
S1c	RR1c	RR1c	RR1c	Résineux à cladonies sur till épais	18	75	13	18	124
S1m	RR1m	RR1m	RR1m	Résineux à mousses sur till épais	21	45	30	47	143
	MF2	MF2	MF3	Mélangé ou feuillu sur till mince		5	3	4	12
S2c	RR2c	RR2c	RR2c	Résineux à cladonies sur till mince	6	11	6	6	29
S2m	RR2m	RR2m	RR2m	Résineux à mousses sur till mince	8	11	22	32	73
	MF3	MF3		Mélangé ou feuillu sur moraines d'ablation, de Rogen ou frontales			2		2

**TABLEAU 4 (suite)**

Strate 2006	Strate 2007	Strate 2008	Strate 2009	Description	Placettes 2006 (N)	Placettes 2007 (N)	Placettes 2008 (N)	Placettes 2009 (N)	N total après 2009
S3c	RR3c	RR3c	RR3c	Résineux à cladonies sur moraines d'ablation, de Rogen ou frontales	7	10	12	5	34
S3m	RR3m	RR3m	RR3m	Résineux à mousses sur moraines d'ablation, de Rogen ou frontales	5	3	6	3	17
	MF4	MF4		Mélangé ou feuillu sur fluvioglaciaire de contact ou moraines de décrépitude			3		3
S4c	RR4c	RR4c	RR4c	Résineux à cladonies sur fluvioglaciaire de contact ou moraines de décrépitude	9	10	10	7	36
S4m	RR4m	RR4m	RR4m	Résineux à mousses sur fluvioglaciaire de contact ou moraines de décrépitude	6	3	6	4	19
	MF5	MF5	MF5	Mélangé ou feuillu sur fluvioglaciaire d'épandage ou fluviatile ancien			2	1	3
S5c	RR5c	RR5c	RR5c	Résineux à cladonies sur fluvioglaciaire d'épandage ou fluviatile ancien	6	4	4	3	17
S5m	RR5m	RR5m	RR5m	Résineux à mousses sur fluvioglaciaire d'épandage ou fluviatile ancien	5	1	4	4	14
	MF6s	MF6s		Mélangé ou feuillu sur sol organique			2		2
S6s	RR6s	RR6s	RR6s	Résineux à sphaignes sur sol organique	7	5	22	13	47
	MF7	MF7	MF8	Mélangé ou feuillu sur roc ou till très mince			4	7	11
S7c	RR7c	RR7c	RR7c	Résineux à cladonies sur roc ou till très mince	5	2	6	9	22
S7m	RR7m	RR7m	RR7m	Résineux à mousses sur roc ou till très mince	7	3	14	33	57
		MF8		Mélangé ou feuillu sur dépôts glaciolacustres			2		2
		RR8	RR8	Résineux à cladonies sur dépôts glaciolacustres			8	6	14

**TABLEAU 4** (suite)

Strate 2006	Strate 2007	Strate 2008	Strate 2009	Description	Placettes 2006 (N)	Placettes 2007 (N)	Placettes 2008 (N)	Placettes 2009 (N)	N total après 2009
		MF10	MF10	Mélangé ou feuillu sur dépôts littoraux argileux (glaciolacustres, marins, till de Cochrane)				1	1
		RR10	RR10	Résineux sur dépôts argileux (glaciolacustres, marins, till de Cochrane)			4	2	6
		MF11		Mélangé ou feuillu sur dépôts littoraux sableux					
		RR11	RR11	Résineux à cladonies sur dépôts littoraux sableux			5	1	6
<b>Total</b>					<b>142</b>	<b>243</b>	<b>246</b>	<b>244</b>	<b>875</b>

Les dépôts de surface sont ainsi regroupés en fonction de leur texture et de leur morphologie, et ce, sur la base des connaissances résultant de la classification écologique du Québec méridional. Dans le cas du sondage des sites de brûlis récents, seuls les dépôts de surface et le régime hydrique sont considérés comme critères de regroupement. Dans le cas des terrains forestiers, les regroupements de dépôts de surface sont subdivisés par le type de couvert dominant (les strates mélangées et feuillues, peu abondantes, sont regroupées) puis par le type de végétation du sous-bois (à mousses ou à lichens) plutôt que par la densité du couvert.

L'allocation du nombre de placettes par strate est d'abord réalisée proportionnellement à la superficie de la strate, puis modifiée pour assurer un nombre minimum de trois placettes, dans la mesure du possible. Considérant que l'établissement des gradients de croissance et de résilience a davantage d'importance que la représentation statistique des caractéristiques dendrométriques, la priorité est accordée à une exploration de la diversité des conditions plutôt qu'à un respect de la proportion relative de chaque strate.

Le tableau 4 présente un sommaire du plan de sondage pour l'ensemble du territoire sondé ainsi que le nombre de placettes établies.

### 2.3 Localisation des placettes-échantillons sur le terrain

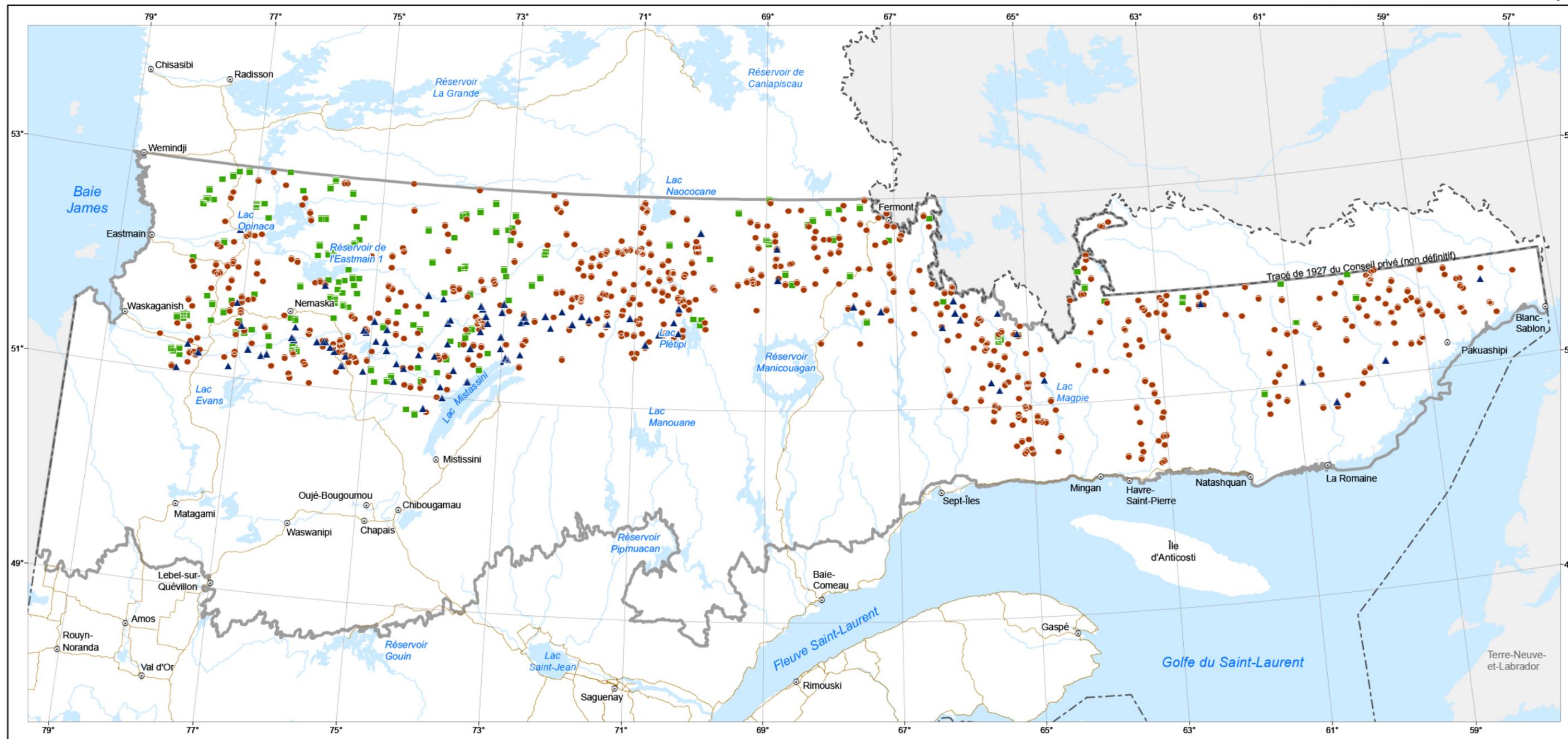
Lors de la planification du sondage sur le terrain, les placettes sont localisées dans des polygones retenus selon les critères des strates définies au plan de sondage. Afin d'assurer une répartition géographique aléatoire des placettes-échantillons sur le terrain, une procédure en cinq étapes est suivie :

1. Tous les polygones des strates retenues ont été classés en ordre aléatoire.
2. L'accessibilité physique (par route, bateau, hydravion ou hélicoptère) de chaque polygone est ensuite vérifiée, et ce, en fonction de sa position dans l'ordre aléatoire. Si le polygone n'est pas accessible, il est rejeté et on passe au suivant.
3. Les polygones accessibles sont retenus jusqu'à ce que l'allocation du nombre de placettes par strate soit complétée. Lorsque l'échantillon

d'une strate est complet, on continue en suivant l'ordre aléatoire, et ce, jusqu'à ce que toutes les strates soient comblées.

4. Dans les polygones retenus, qui sont souvent de grandes dimensions, un emplacement représentatif des conditions du milieu est ensuite déterminé par photo-interprétation et ses coordonnées géographiques sont consignées.
5. Enfin, une fois sur le terrain, une procédure permet d'assurer que l'équipe de sondeurs établisse la placette en un point aléatoire (Berger *et al.*, 2008), afin que les données recueillies ne soient pas biaisées.

**Carte 1**  
**Placettes-échantillons du programme**  
**d'inventaire écoforestier nordique**



**Placettes-échantillons nordiques (875)**

- Placette-échantillon écodendrométrique nordique (602 PEEN)
- Placette-échantillon post-feu nordique (168 PEFN)
- ▲ Placette-échantillon permanente nordique (105 PEPN)

**Limite**

— Territoire d'étude

**Réseau routier**

— Route principale

**Frontières**

--- Interprovinciale  
 - - - Québec – Terre-Neuve-et-Labrador  
 (cette frontière n'est pas définitive)

**Métadonnée**

Projection cartographique :  
 Conique de Lambert avec deux parallèles  
 d'échelle conservée (46° et 60°)

**Sources**

Assise cartographique MRNF 2010  
 Placettes-échantillons MRNF 2009

**Référence**

Rapport du comité scientifique chargé d'examiner  
 la limite nordique des forêts attribuables  
 Ministère des Ressources naturelles, 2013

Note : Le présent document n'a aucune portée légale.

© Gouvernement du Québec, 2013





# 3

## Données climatiques

(par Gaétan Lord)

Le climat est un facteur déterminant à la fois pour la productivité forestière et le régime des feux. Afin de connaître adéquatement le climat du territoire d'étude et de pallier la rareté des stations météorologiques de cette partie du territoire québécois, le logiciel BioSIM 9 a été utilisé (Régnière et Saint-Amant, 2008). Non seulement ce logiciel a-t-il été éprouvé par de nombreux utilisateurs en forêt boréale québécoise, mais les méthodes d'extrapolation qui y sont intégrées tiennent compte adéquatement des éléments topographiques du territoire d'étude, notamment en ce qui a trait à leurs relations avec certaines variables climatiques d'intérêt, comme la température et les précipitations. La méthode est décrite ici tandis que des résultats détaillés, accompagnés de nombreuses cartes climatiques, sont présentés à l'annexe 4.

BioSIM, d'abord conçu pour prévoir les événements qui mènent au développement saisonnier des insectes ravageurs, a été adapté aux besoins spécifiques des travaux d'inventaire écoforestier nordique du MRN. Il comprend un modèle de simulation climatique qui est basé sur les données relatives à la température de l'air et aux précipi-

tations régionales, interpolées à partir des stations météorologiques avoisinantes, et ajustées pour les différences d'élévation, de latitude et de longitude à l'aide de gradients régionaux et à partir de bases de données géoréférencées (Régnière et Saint-Amant, 2008). En intégrant au modèle des données d'altitude, de pente et d'exposition des versants, il est possible de mieux simuler certaines variables déterminantes pour la croissance forestière, par exemple le nombre de degrés-jours et l'indice d'aridité. La carte 2 montre la localisation des stations météorologiques intégrées dans la base de données « normales » du logiciel BioSIM.

Les 15 variables qui ont fait l'objet de simulations apparaissent au tableau 5. Elles ont été choisies en fonction de leur impact sur la dynamique et la croissance de la végétation. C'est pourquoi elles sont essentiellement liées aux températures, aux précipitations et à la saison de croissance. Certaines variables climatiques, comme la vitesse du vent et le taux d'ensoleillement, n'ont pas fait l'objet de simulations en raison de la trop grande rareté des stations enregistrant ces mesures sur une période de temps suffisamment longue.

## CARTE 2

Stations météorologiques intégrées dans la base de données « normales » du logiciel BioSIM.

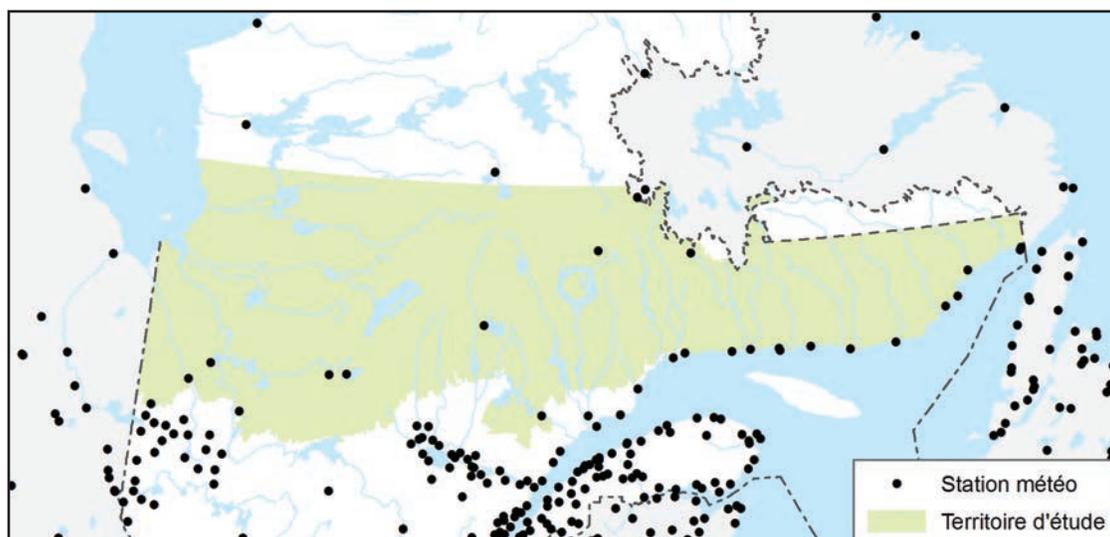


TABLEAU 5

Variables climatiques sélectionnées pour les simulations.

Nom	Unités	Description
1- Température moyenne annuelle	°C	
2- Degrés-jours de croissance	°C	Somme annuelle des températures moyennes journalières cumulées au-dessus du seuil de 5 °C.
3- Nombre de jours de la saison de croissance	Jours	La saison de croissance est définie comme étant la période comprise entre les trois premiers jours consécutifs sans gel ( $T^{\circ} \text{ min.} > 0 \text{ °C}$ au printemps) et les trois premiers jours consécutifs avec gel ( $T^{\circ} \text{ min.} < 0 \text{ °C}$ à l'automne).
4- Température moyenne pendant la saison de croissance	°C	
5- Nombre de jours sans gel	Jours	Nombre total de jours où $T^{\circ} \text{ moy.} > 0 \text{ °C}$ .
6- Nombre de jours consécutifs sans gel	Jours	La plus longue période dans l'année est considérée. Ainsi, un gel tardif en juin peut diminuer passablement la valeur de cette variable.
7- Dernier jour de gel	Jour julien	Premier jour de la période définie par la variable « Nombre de jours consécutifs sans gel ».
8- Premier jour de gel	Jour julien	Dernier jour de la période définie par la variable « Nombre de jours consécutifs sans gel ».
9- Précipitations totales annuelles	mm	Somme annuelle des précipitations, liquides ou solides.
10- Précipitations totales des mois de juin, juillet et août	mm	Somme des précipitations pour les mois de juin, juillet et août, liquides ou solides (jours juliens 152 à 243).
11- Précipitations totales pendant la saison de croissance	mm	Somme des précipitations pendant la saison de croissance, liquides ou solides.

**TABLEAU 5** (suite)

Nom	Unités	Description
12- Précipitations annuelles sous forme de neige (équivalente en eau)	mm	Somme annuelle des précipitations sous forme de neige (équivalente en eau). Si la T° moy. < 0 °C pour un jour donné, les précipitations de ce jour sont considérées comme étant sous forme de neige.
13- Proportion des précipitations totales sous forme de neige	%	Aussi appelée « fraction nivale ».
14- Indice d'aridité	cm	L'indice d'aridité correspond à la somme des déficits hydriques mensuels basés sur la différence entre la précipitation mensuelle et l'évapotranspiration potentielle de Thornthwaite (0 si négatif). Il renseigne sur la sécheresse du climat et sur le déficit de la disponibilité en eau pour les plantes.
15- Déficit cumulatif de pression de vapeur des mois de juin, juillet et août	mbar	Le déficit cumulatif de pression vapeur de la saison de végétation (DPV) est la somme du déficit quotidien de pression de vapeur des mois de juin, juillet et août (jours juliens 152 à 243) calculé à partir des valeurs quotidiennes des températures minimales et maximales. Il donne une indication de la difficulté de l'eau à pouvoir s'évaporer.

Les simulations climatiques ont été réalisées à l'aide des données météorologiques de la période 1971-2000 et en utilisant les paramètres des centroïdes des polygones écoforestiers des troisième et quatrième inventaires écoforestiers, ainsi que ceux de l'inventaire écoforestier nordique du MRN. Une valeur a été obtenue pour chacun des quelque trois millions de polygones du territoire d'étude, et ce, pour chaque variable climatique. Par la suite, les résultats ont été reportés à l'échelle du district écologique en calculant une valeur moyenne pour chacun des 1114 districts (moyenne d'environ 2700 polygones par district).



# 4

## Références

- Berger, J.-P., J. Joncas, P. Morin, C. Morneau, Y. Philibert et P. Racine, 2008. Normes d'inventaire écodendrométrique nordique. Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec, Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers. 251 p.
- Cohen, J., 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ. Psychol. Meas.* 20 : 37-46.
- Landis, J.R. et G.G. Koch, 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33 : 159-174.
- Leboeuf, A., A. Robitaille, J.-P. Létourneau, C. Morneau et L. Bourque, 2012a. Norme de cartographie écoforestière du programme d'inventaire écoforestier nordique (PIEN). Ministère des Ressources naturelles, Forêt Québec, Direction des inventaires forestiers. 30 p.
- Leboeuf, A., R. Fournier, J. Luther, A. Beaudoin et L. Guindon, 2012b. Forest attribute estimation of north eastern Canadian forests using QuickBird imagery and a shadow fraction method. *For. Ecol. Manage.* 266 : 66-74.
- Régnière, J., R. Saint-Amant et A. Béchard, 2012a. BioSIM 10 – User's Manual. Natural Resources Canada, Canadian Forest Service, Laurentian Forestry Centre. Information Report LAU-X-129. 68 p.
- Robitaille, A., A. Leboeuf, J.-P. Létourneau, J.-P. Saucier et É. Vaillancourt, 2008. Integrated ecoforest mapping of the northern portion of the continuous boreal forest, Québec, Canada. Workshop Proceedings: Circum Boreal Vegetation Mapping, 3-6 November, Helsinki, Finland. p. 180-183.
- Sim, J. et C.C. Wright, 2005. The kappa statistic in reliability studies: use, interpretation, and sample size requirements. *Phys. Ther.* 85 : 257-268.



*Ressources  
naturelles*

Québec 