



ATLAS

DE LA BIODIVERSITÉ DU QUÉBEC NORDIQUE

Démarche méthodologique



ATLAS

DE LA BIODIVERSITÉ DU QUÉBEC NORDIQUE

Démarche méthodologique



Équipe de réalisation :

Coordination : Frédéric Poisson¹

Rédaction : Frédéric Poisson¹, Line Couillard¹, Marie-Josée Côté¹

Révision scientifique : Rodolph Balej¹, Martin Joly¹, Jean-Pierre Laniel¹, Sylvie Létourneau¹, Robert Siron², Mélanie Veilleux-Nolin¹

Révision linguistique : Maryse Gaouette³

Cartographie écologique : Denis Bellavance¹, Daniel Bérubé¹, Frédéric Poisson¹, Tingxian Li¹

Analyse du biotope : Anne Le Rouzes¹, Frédéric Poisson¹

Analyse de la biocénose : Line Couillard¹, Abdoul Ousmane Dia¹, Pierre Grondin⁴, Bernard Tardif¹

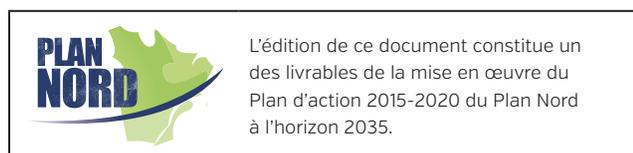
Analyses des données climatiques : Diane Chaumond², Ramón de Elía², Diane Frigon², Maja Rapačić², Robert Siron², Jason Samson²

Réalisation des cartes : Sophie Benoit¹

Conception graphique : Isabelle Pelletier⁵

Mise en page et corrections d'épreuves : Isabelle Pelletier⁵, Sophie Galerneau¹ et Katherine Delisle¹

Photo de couverture : gracieuseté de Benoît Tremblay :
« C'est à l'embouchure de cette vallée que se trouvait le poste de traite de Wolstenholme de la Compagnie de la Baie d'Hudson. J'ai d'ailleurs eu la chance de voler au-dessus des ruines l'été dernier... Reste un petit cimetière et un trottoir de galets... Du côté ouest d'Erik Cove [fjord Erik] où se jette cette rivière sans toponyme se trouve le point le plus septentrional du Québec, le cap Wolstenholme. »



Renseignements :

Pour tout renseignement, vous pouvez communiquer avec le Centre d'information du ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Téléphone : 418 521-3830
1 800 561-1616 [sans frais]

Télécopieur : 418 646-5974

Formulaire : www.mddelcc.gouv.qc.ca/formulaires/reenseignements.asp

Internet : www.mddelcc.gouv.qc.ca

Pour consulter ce document, visitez notre site Web :
<http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/biodiversite/atlas/index.htm>

Référence à citer :

Poisson, F., L. Couillard et M.-J. Côté. 2016. *Atlas de la biodiversité du Québec nordique : Démarche méthodologique*. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques, Direction de l'expertise en biodiversité, 107 p.

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 au <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.

Dépôt légal – 2016

Bibliothèque et Archives nationales du Québec
ISBN 978-2-550-76595-0 [imprimé]
ISBN 978-2-550-76594-3 [PDF]

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec – 2016



Ce papier contient 100 % de fibres recyclées après consommation.

1. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques
2. Ouranos
3. Les Traductions Atout
4. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs
5. Conception Dual

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION 2

Portée du document.....	4
Mise en contexte	4
But et Objectifs	5
Territoire d'étude	7

BALISES CONCEPTUELLES 8

Qu'est-ce que la biodiversité?.....	9
Comment est abordée la biodiversité du Québec nordique?.....	10
Comment est abordé le biotope?	11
Comment est abordée la biocénose?	11
Quelle est la place du climat dans l'analyse de la biodiversité?.....	12

DONNÉES ET OUTILS 13

Cadre écologique de référence du Québec	14
Cartographie de la végétation.....	17
Inventaires écologiques.....	18
Modèles climatiques.....	21
Espèces floristiques.....	25
Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec.....	26
Photographies aériennes obliques	26

MÉTHODE 28

Schéma méthodologique.....	29
Caractérisation des écosystèmes	30
Synthèse territoriale.....	31
Analyses de la biodiversité.....	32
Analyses des changements climatiques.....	35

RÉSULTATS..... 37

Caractérisation du biotope.....	38
Caractérisation de la biocénose.....	42
Caractérisation des écosystèmes	50
Synthèse territoriale.....	52
Analyses de la biodiversité par le biotope.....	80
Analyses de la biodiversité par la biocénose.....	82
Analyses des changements climatiques.....	86
Analyses croisées.....	90

DISCUSSION 98

CONCLUSION ET PERSPECTIVES 101

RÉFÉRENCES 104

INTRODUCTION





PORTÉE DU DOCUMENT

Le présent document explique la méthodologie développée dans le cadre du projet d'élaboration d'un Atlas de la biodiversité du Québec nordique. Dans un premier temps, il décrit les bases conceptuelles, les outils et les données utilisés pour analyser la biodiversité. Dans un deuxième temps, il présente les principaux résultats de cette démarche sur le territoire pilote de la Côte-Nord et les perspectives de les exporter à l'échelle du Québec nordique.

MISE EN CONTEXTE

Le territoire du Québec nordique a été, jusqu'à tout récemment, relativement protégé du développement, en grande partie en raison des contraintes climatiques et géographiques. En 2008, les projets de développement économique annoncés dans le cadre du Plan Nord ont rapidement mobilisé les intervenants régionaux et locaux, les organismes de conservation et le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC)¹. Tous étaient conscients de la fragilité de ce vaste territoire et estimaient qu'il fallait prendre en considération la protection de l'environnement et de la biodiversité lors de la prise de décision concernant des activités pouvant avoir des impacts importants sur ce territoire.

Partenaires du projet

En 2008, la venue des bureaux de la Fondation Prince Albert II de Monaco, à Montréal, offrait l'occasion unique de mettre en œuvre un projet d'envergure au Québec axé sur l'acquisition de connaissances sur la biodiversité nordique du Québec et sur l'analyse de celle-ci, et ce, au moyen de partenariats efficaces. Ce projet, qui s'est déroulé de mars 2009 à mars 2012, a engagé la participation financière de trois acteurs majeurs, dont la Fondation Prince Albert II de Monaco, le Consortium Ouranos (avec l'aide du Fonds vert) et le MDDELCC.

La Fondation Prince Albert II de Monaco se consacre à « *établir des partenariats afin de mener à bien des projets et entreprendre des actions concrètes dans ses champs d'actions prioritaires [...] : limiter les effets des changements climatiques et promouvoir les énergies renouvelables; préserver la biodiversité; gérer les ressources en eau et lutter contre la désertification* ». (<http://www.fpa2.com/missions.php>)

Pour sa part, le Consortium Ouranos « *a pour mission l'acquisition et le développement de connaissances sur les changements climatiques et leurs impacts ainsi que sur les vulnérabilités socioéconomiques et environnementales, de façon à informer les décideurs sur l'évolution du climat et à les conseiller pour identifier, évaluer, promouvoir et mettre en œuvre des stratégies d'adaptation locales et régionales* ». (<http://www.ouranos.ca/fr/notre-organisation/mission.php>)



1. En avril 2014, le ministère du Développement durable, de l'Environnement, de la Faune et des Parcs (MDDEFP) est devenu le ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC), tandis que le ministère des Ressources naturelles (MRN) a été scindé en ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles (MERN) et en ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP). Pour éviter la confusion, nous utiliserons dans le présent document les noms à jour des ministères.

BUT ET OBJECTIFS

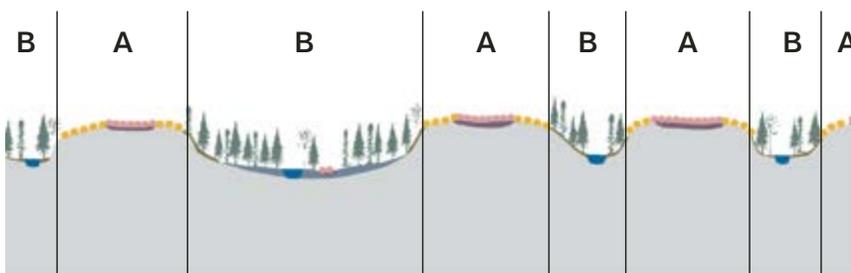
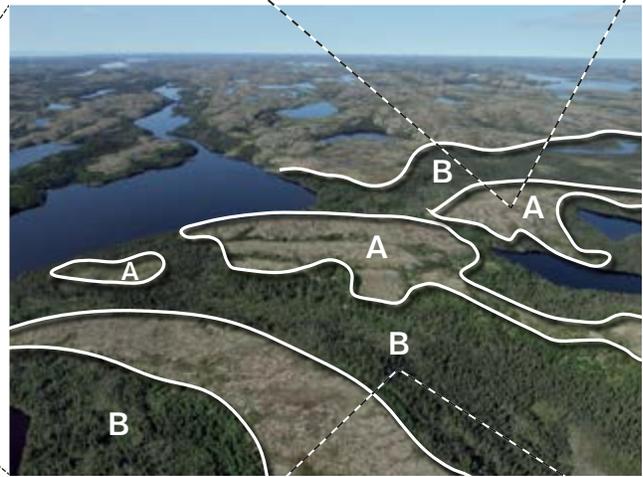
Le but poursuivi dans le cadre du projet est d'étudier la biodiversité du Québec nordique, un territoire de plus de 1,2 million de km², et ce, en tenant compte des changements climatiques.

Le projet poursuit trois principaux objectifs :

- Acquérir une connaissance structurée du territoire nordique en s'appuyant sur un système d'information territoriale (SIT);
- Élaborer une méthode d'analyse de la biodiversité, applicable à l'ensemble du Québec nordique, permettant une prise de décision éclairée en matière d'aménagement du territoire et de conservation de la biodiversité;
- Établir des partenariats avec les organismes détenteurs de données.

Les connaissances et analyses de la biodiversité peuvent être traduites dans un recueil de cartes constituant un atlas, qui devient ainsi un outil de synthèse, de visualisation et de vulgarisation de l'information disponible sur le territoire du Québec nordique.

Dans le cadre du projet, l'Atlas est une fenêtre sur la connaissance de la biodiversité du Québec nordique supportée par un système d'information géographique.





Collines de la Côte-Nord

TERRITOIRE D'ÉTUDE

Le projet couvre la partie du Québec située au nord du 49^e parallèle, un territoire d'une superficie de 1,2 million de km². Ce territoire englobe une partie de la forêt boréale continue, traverse la toundra forestière et se rend jusqu'à la toundra arctique herbacée. Il renferme les dernières grandes étendues où l'empreinte humaine est restée très faible, malgré les activités traditionnelles et industrielles.

Devant l'ampleur du territoire à couvrir, le volume de données disponibles et le temps imparti, le territoire de la Côte-Nord a été choisi pour développer la méthodologie sur laquelle s'appuiera l'élaboration de l'Atlas de la biodiversité du Québec nordique.

Le territoire pilote de la Côte-Nord correspond à la portion du territoire inventorié lors de l'inventaire du Capital-Nature [Ducruc, 1985] limite sud longe la côte entre Baie-Comeau et Blanc-Sablon. Sa limite ouest suit une ligne entre la rivière Manicouagan et la rivière Toulousteuc Nord-Est. Sa limite nord correspond à la frontière entre le Québec et le Labrador.

BALISES CONCEPTUELLES



QU'EST-CE QUE LA BIODIVERSITÉ ?

Les expressions « diversité biologique » et « biodiversité » sont récentes. C'est l'adoption de la Convention sur la diversité biologique, en 1992, qui les a popularisées.

La biodiversité est définie ainsi : « Variabilité des organismes vivants de toute origine, y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces, et entre les espèces et ainsi que celle des écosystèmes » [Nations Unies, 1992].



Représentation de la biodiversité

La biodiversité comprend donc toutes les formes du vivant [biocénose] dans leur milieu [biotopie] et s'exprime à différents niveaux d'organisation. Elle est aussi contrôlée par le climat qui régit les processus dynamiques [feux, épidémies, etc.], la succession, la composition et la structure de la végétation ainsi que le fonctionnement des écosystèmes, et ce, à différentes échelles spatio-temporelles [Schwartz, 1999].

COMMENT EST ABORDÉE LA BIODIVERSITÉ DU QUÉBEC NORDIQUE ?

Le plus grand défi pour aborder la biodiversité du Québec nordique réside dans la capacité à cartographier et à caractériser les éléments qui la constituent, à une échelle spatiale identique, afin de pouvoir capter les variations de son organisation sur l'ensemble du territoire [Noss, 1987; Margules et Pressey, 2000; Comer et coll., 2003].

Compte tenu de l'éloignement du territoire visé, l'étude de la biodiversité du Québec nordique présente plusieurs contraintes de nature budgétaire et matérielle. Dans ce contexte, il est primordial de définir et de justifier le niveau d'organisation de la biodiversité sur lequel les efforts doivent porter en priorité. Pour répondre à ces exigences, de nombreux auteurs proposent d'aborder la biodiversité au niveau des écosystèmes [Franklin, 1993; Hunter, 2005; Rowe, 1993; Noss, 1996].

L'approche de la biodiversité par l'écosystème comporte plusieurs avantages [Faber-Langendoen, 2007] :

- L'écosystème est un élément intégrateur des conditions du milieu et des associations d'espèces;
- L'écosystème permet de synthétiser l'information et réduit la quantité de données à traiter;
- L'écosystème facilite les analyses, les interprétations et les décisions pour la planification et l'aménagement du territoire.

Selon Tansley [1935], les écosystèmes sont définis ainsi : « *It is the systems so formed which [...] are the basic units of nature [1] on the face of the earth. [...] there is constant interchange of the most various kinds within each system, not only between the organisms but between the organic and the inorganic [2]. These ecosystems, as we may call them, are of the most various kinds and sizes. They form one category of the multitudinous physical systems of the universe, which range from the universe as a whole down to the atom [3]* ».

Cette définition met l'accent sur la réalité géographique des écosystèmes [1] qui peuvent être identifiés, délimités et décrits. L'écosystème comprend deux composantes distinctes, mais indissociables : le biotope et la biocénose [2]. Elle exprime aussi l'idée d'un système hiérarchique d'unités emboîtées les unes dans les autres [3].



Toundra arbustive arctique



Pessière à lichens [Courtoisie de Claude Morneau, MFFP]



Pessière à mousses [Courtoisie de Claude Morneau, MFFP]

COMMENT EST ABORDÉ LE BIOTOPE ?

Le biotope correspond à la partie physique des écosystèmes. Pour les écosystèmes terrestres, sa cartographie s'appuie sur la reconnaissance de l'organisation des formes de terrain, de la nature et de l'origine des dépôts de surface et des caractéristiques géologiques du socle rocheux. Les formes de terrain et leur organisation témoignent d'une longue évolution à travers le temps des formations géologiques et des matériaux superficiels (dépôts, sols, etc.) sous l'influence du climat, en interaction avec les organismes vivants les ayant successivement occupées. Les formes de terrain répondent à quatre caractéristiques fondamentales :

- Elles sont une composante essentielle de l'écosystème puisqu'elles en constituent le support physique [Tansley, 1935; Rowe, 1961];
- Elles se perçoivent et s'expriment, à la surface de la Terre, à diverses échelles de perception inscrites dans un système hiérarchique (du haut vers le bas);
- Elles sont organisées sur le territoire et leur distribution est génétiquement liée à leur histoire géologique [Christian, 1959];
- On peut les considérer comme permanentes, du moins à l'échelle humaine.

Selon l'approche du filtre brut, le biotope est reconnu comme le facteur génétique de l'organisation spatiale des écosystèmes : à un endroit, à un moment et sous des conditions climatiques données, la diversité des types de biotope engendre la diversité du vivant [biocénose] [Hunter, 1991; Rowe, 1993].

COMMENT EST ABORDÉE LA BIOCÉNOSE ?

La biocénose se définit comme l'ensemble des êtres vivants qui peuplent un écosystème donné. Elle englobe la phytocénose, qui regroupe les espèces végétales, la zoocénose, qui comprend les espèces animales, et la microcénose formée par les organismes fongiques et bactériens. Parce que la phytocénose convertit l'énergie solaire en biomasse et forme l'assise de toutes les chaînes trophiques, elle constitue une composante majeure des écosystèmes terrestres [Faber-Langendoen, 2007].

À l'instar du biotope, la phytocénose peut être analysée à l'échelle des espèces (flore) ou selon les différents niveaux d'organisation de ces espèces (végétation), allant de l'association végétale au biome. C'est généralement à partir de la végétation que se fait la caractérisation des écosystèmes terrestres. Cette dernière présente en effet des attributs, comme la structure et la composition, qui facilitent son étude et sa cartographie. La végétation est aussi le reflet des interactions entre le biotope et le climat. Elle révèle les changements qui s'opèrent sur le territoire en fonction de gradients latitudinaux, altitudinaux, longitudinaux ou trophiques.

Les données sur la flore complètent celles sur la végétation. Lorsqu'elles sont suffisamment abondantes et intégrées dans un système d'information territoriale, elles peuvent être mises à profit pour évaluer la richesse spécifique des écosystèmes ou de territoires précis. Elles servent aussi à la détermination de milieux d'intérêt pour la conservation sur la base, notamment, de la présence de taxons rares ou de taxons ayant une signification écologique ou phytogéographique particulière.

Dans le cadre du projet, l'analyse s'est limitée à la phytocénose, les données sur la zoocénose n'étant pas disponibles pour l'ensemble du territoire d'étude.

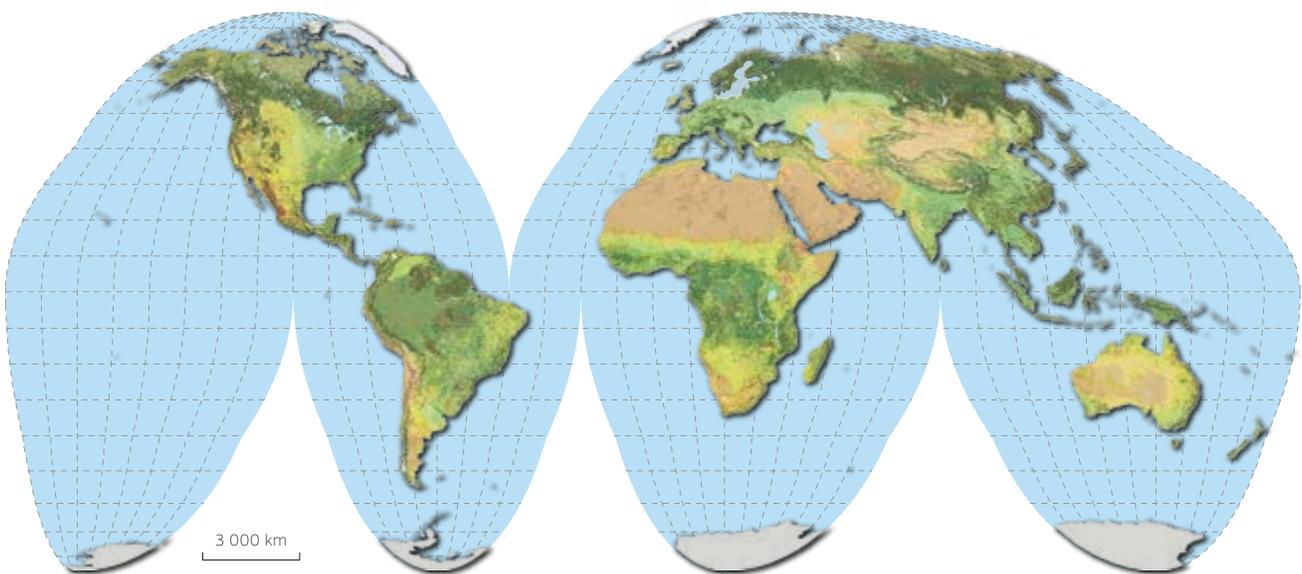
QUELLE EST LA PLACE DU CLIMAT DANS L'ANALYSE DE LA BIODIVERSITÉ ?

Le régime climatique régit le fonctionnement des écosystèmes, et ce, quels que soient le lieu et le niveau d'observation : « *Climate is the driving variable* » [Rowe et Sheard, 1981].

Les régimes climatiques suivent une certaine zonalité autour de la terre en fonction de la latitude qui conditionne la quantité d'énergie solaire reçue. Cette énergie, tout comme les précipitations, est modulée par la morphologie de la surface terrestre. Les grandes formations, à l'exemple du Bouclier canadien ou des Rocheuses, influencent le climat à l'échelle continentale. Les reliefs, comme les complexes de collines des Appalaches ou les grandes étendues de plaines des basses-terres du Saint-Laurent, le modifient à l'échelle régionale. Les formes de terrain simples comme les collines, les terrasses ou les vallées interviennent également pour moduler le climat à l'échelle locale. À toutes les échelles de perception, et dans un contexte climatique donné, chaque écosystème jouit d'un microclimat particulier lié à des variables comme l'exposition ou la position sur la pente.

Ainsi, si le climat induit la force et l'intensité des échanges de flux d'énergie et de matières, la morphologie de la surface terrestre influence la nature de ces échanges et donc la diversité des écosystèmes, des communautés, des espèces et des gènes.

Dans un contexte de changements climatiques, le climat, longtemps considéré comme une constante à l'échelle humaine, doit maintenant être regardé comme une variable à part entière.



Reflet de l'influence du climat sur la répartition des grands écosystèmes terrestres
Global Ecological Land Units [Sayre et coll., 2014]

The background of the page is a photograph of a lush, green valley. In the foreground, a large, white silhouette of a reindeer with prominent antlers stands on the right side, facing left. The middle ground features a dense forest of evergreen trees, and a small river or stream flows through the valley. The sky is filled with soft, white clouds. A large, semi-transparent orange rectangle is overlaid on the center of the image, containing the text 'DONNÉES ET OUTILS' in white, bold, uppercase letters.

DONNÉES ET OUTILS

Les premières observations scientifiques sur la biodiversité du Québec nordique remontent à la fin du 19^e siècle, à l'époque où la Compagnie de la Baie d'Hudson possédait un vaste réseau de postes de traite de fourrures. Les premières récoltes de plantes vasculaires auraient été faites en 1865, près de l'embouchure de la Petite rivière à la Baleine, le long de la baie d'Hudson [Cayouette, 2014]. C'est à compter de la seconde moitié du 20^e siècle que les travaux d'acquisition de connaissances se sont multipliés avec notamment la création du Centre d'études nordiques en 1961. Des inventaires écologiques majeurs ont également été menés dans la portion sud de ce vaste territoire, de la Baie-James jusqu'à la Basse-Côte-Nord [Gerardin, 1980; Ducruc, 1985].

Malgré la multitude d'études réalisées, les connaissances sur la biodiversité acquises au cours des dernières décennies ne sont pas uniformes sur l'ensemble du territoire. De plus, les régions phytogéographiques et les domaines bioclimatiques recensés dans cette portion du territoire québécois ont été délimités en s'appuyant sur des images et des techniques de cartographie beaucoup moins précises que celles dont on dispose aujourd'hui.

De nombreuses données restent à acquérir pour obtenir une connaissance systématique et uniforme de la biodiversité nordique et, plus particulièrement, des écosystèmes. Pour y parvenir, le projet préconise une utilisation des outils géomatiques modernes pour structurer et mettre à profit les données existantes et celles en cours d'acquisition, et pour éventuellement faciliter les analyses spatiales.

CADRE ÉCOLOGIQUE DE RÉFÉRENCE DU QUÉBEC

Le Cadre écologique de référence du Québec (CERQ), développé par le MDDELCC, cartographie et décrit le territoire en s'appuyant sur les formes de terrain, leur organisation spatiale, la géologie, les sols et la configuration du réseau hydrographique, le tout selon un système hiérarchique de niveaux de perception. Un texte descriptif accompagne les deux premiers niveaux de perception du CERQ, tandis que les niveaux inférieurs disposent d'une base de données portant sur l'hydrographie et la proportion de l'occupation des biotopes.

Les types de biotope sont définis par des combinaisons de plus en plus complexes de différentes variables du milieu physique, et ce, au fur et à mesure que l'on descend dans les niveaux de perception. Pour les niveaux supérieurs, la description des biotopes repose sur la forme de relief, le dépôt de surface et la nature géologique du socle rocheux, alors que s'ajoutent, pour les niveaux inférieurs, le drainage du sol et la pente. La précision des descripteurs utilisés s'affine également selon les niveaux de perception. Par exemple, pour les dépôts de surface, l'origine est utilisée pour les niveaux supérieurs et l'épaisseur et la texture s'ajoutent pour les niveaux inférieurs.

Les variables utilisées varient peu ou pas dans le temps, ce qui assure une stabilité, voire une permanence, au découpage cartographique du CERQ.

Dans ce projet, le CERQ sert à la fois de maille spatiale d'analyse et de sources de données sur le biotope. Le district écologique, qui constitue le quatrième niveau de perception du CERQ et dont la superficie moyenne des unités est de l'ordre de 780 km², correspond à l'unité cartographique privilégiée pour les analyses de la biodiversité dans le cadre du présent projet. Pour le territoire du Plan Nord, qui couvre près de 1,2 million de km², ce sont environ 1 700 districts écologiques qui soutiennent ces analyses.

ATLAS DE LA BIODIVERSITÉ DU QUÉBEC NORDIQUE



DONNÉES ET OUTILS



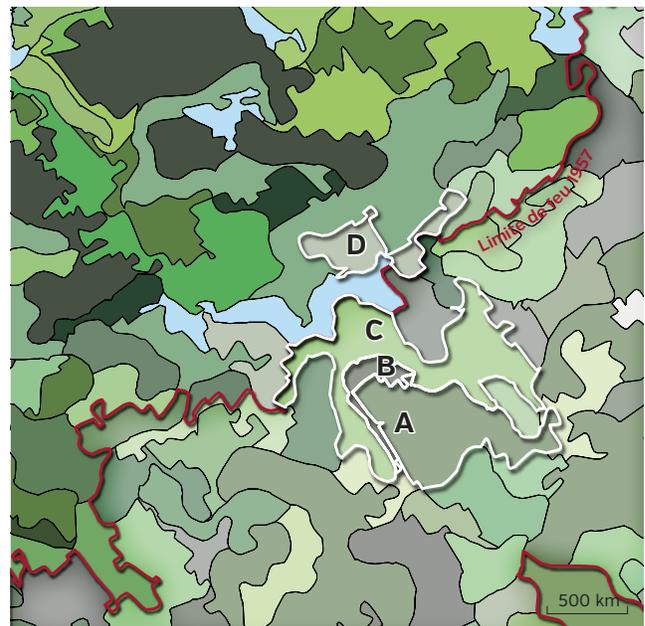
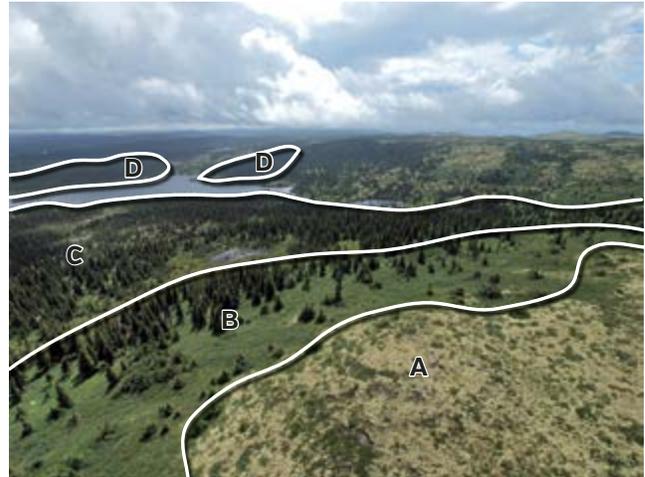
Territoire couvert par les différentes cartes de végétation du MFFP

CARTOGRAPHIE DE LA VÉGÉTATION

Sur le territoire du Québec nordique, trois types de cartographie de la végétation ont été produits par le ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) :

- Du 49^e parallèle jusqu'à la limite de la forêt commerciale : la carte écoforestière de l'inventaire écoforestier du Québec méridional, produite par interprétation de photographies aériennes à l'échelle du 1 : 15 000 pour la végétation, et par analyse des serres physiographiques issues des inventaires et de la carte des dépôts de surface au 1 : 50 000;
- De la limite de la forêt commerciale au 53^e parallèle : la carte écoforestière du projet de la limite nordique d'aménagement des forêts, à l'échelle du 1 : 50 000 [aire minimale de 8 ha] par analyse spectrale automatisée des images satellitaires Landsat (30 m de résolution), et par interprétation des photographies aériennes à l'échelle du 1 : 40 000 pour les dépôts de surface;
- Au nord du 53^e parallèle : la carte du projet Nord, à l'échelle du 1 : 50 000 [aire minimale de 8 ha] par analyse spectrale automatisée des images satellitaires Landsat (30 m de résolution) pour la végétation et des images satellitaires Rapid Eyes (5 m de résolution) pour les dépôts de surface.

Ces cartes présentent des degrés de précision différents. Dans un premier temps, les données ont été harmonisées pour obtenir un niveau d'information équivalent sur l'ensemble du territoire d'étude. Dans un deuxième temps, les relations entre les valeurs de couvert végétal et la typologie des systèmes écologiques ont été établies pour documenter la biocénose. Ces informations sont ensuite jumelées à celles des districts écologiques du CERQ afin de caractériser les écosystèmes terrestres.



Détail d'une carte du projet de la limite nordique d'aménagement des forêts

	TYPE DE COUVERT	DENSITÉ	HAUTEUR	STADE_DEV	ORIGINE	ANNÉE	DÉPÔT DE SURFACE	DRAINAGE
A	Landes	–	–	–	Brûlis	1957	Roc	Xérique
B	Résineux à fond de mousses	10 à 25 %	1 à 3 m	Jeune	Brûlis	1957	Roc	Xérique
C	Résineux à fond de mousses	10 à 25 %	5 à 7 m	Jeune	Brûlis	1957	Till mince	Mésique
D	Résineux à fond de mousses	26 à 40 %	7 à 9 m	Mature	–	0	Till mince	Mésique



Prise de données lors des inventaires écologiques

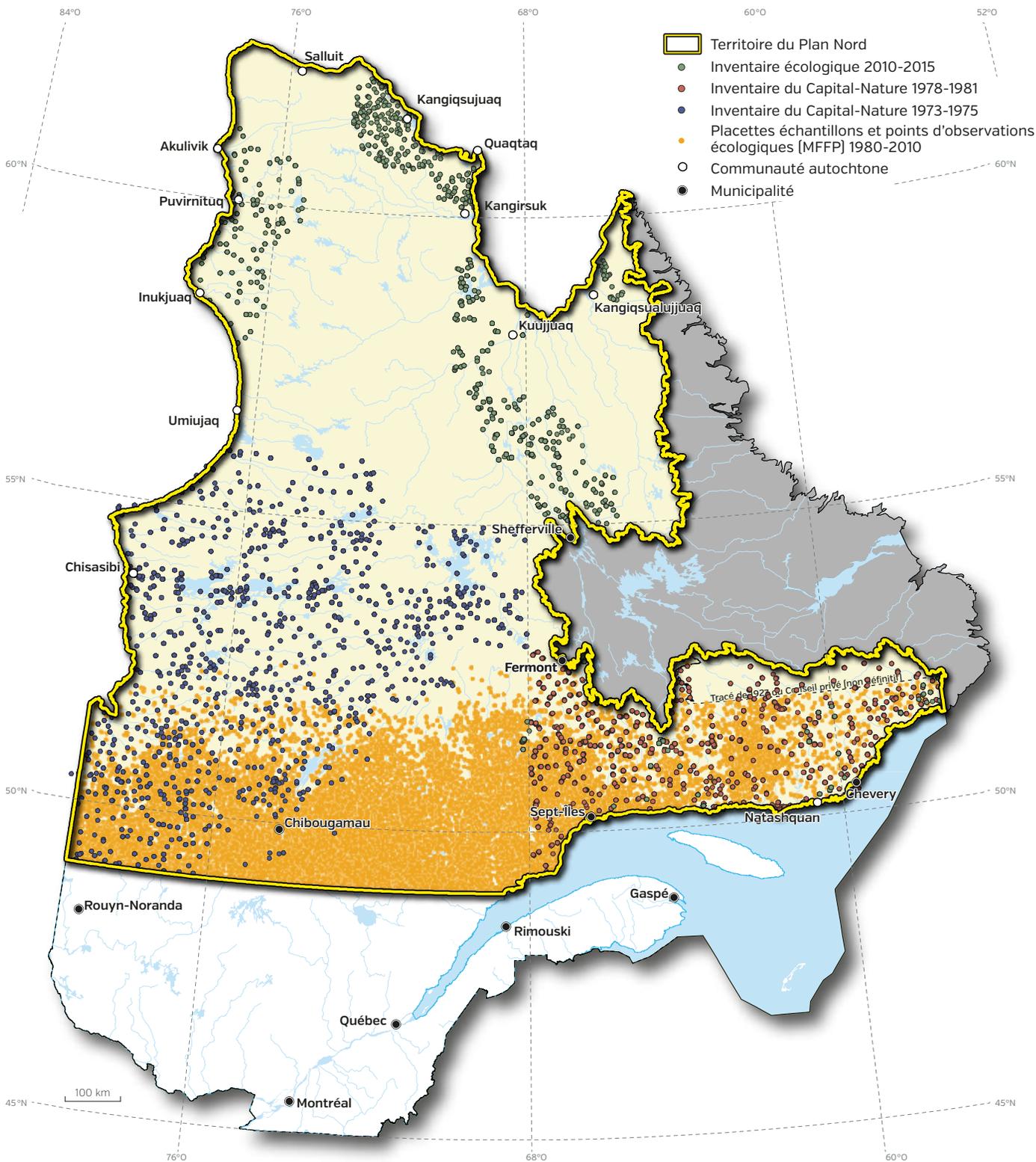
INVENTAIRES ÉCOLOGIQUES

Pour caractériser les écosystèmes terrestres, à la fois pour le biotope et la biocénose, trois sources d'inventaires écologiques et de données, couvrant de larges parties du territoire du Québec nordique, ont été mises à profit dans le cadre du projet :

- L'inventaire du Capital-Nature des territoires de la Baie-James effectué entre 1973 et 1979 [Gerardin, 1980] et l'inventaire du Capital-Nature de la Moyenne et Basse-Côte-Nord réalisé entre 1978 et 1981 [Ducruc, 1985] ont permis d'obtenir des données sur près de 50 % du territoire du nord du Québec. On dispose ainsi de 2 085 relevés écologiques pour la Baie-James et 1 952 pour la Côte-Nord;
- Dans le cadre des travaux de classification de la végétation du MFFP, près de 9 994 points d'observation écologiques ont été effectués, entre 1980 et 2010, du sud du Québec jusqu'au 52° parallèle. Sur ce territoire, s'ajoutent 26 623 placettes-échantillons temporaires, 3 491 placettes-échantillons permanentes et 875 placettes-échantillons nordiques réalisées dans le cadre de la révision de la limite nordique des forêts attribuables de 2006 à 2009 [MRN, 2013];
- Les récents inventaires écologiques menés par le MDDELCC, de 2010 à 2015, ont permis d'acquérir des données pour améliorer les connaissances du Nord, dont 299 relevés dans la région de Kangiqsujuaq en 2011, 271 relevés dans la fosse du Labrador en 2012, 228 relevés dans les régions d'Inukjuak, de Puvirnituk et d'Akulivik, 131 relevés dans les secteurs de Kuujjuaq et de Kangiqsualujjuaq en 2013 et 99 relevés dans les régions de Kangirsuk et de Quaqtac en 2015.

Les relevés effectués lors de ces inventaires servent à la validation des cartographies du CERQ et de la végétation du Nord québécois. Ils fournissent de surcroît des données essentielles à la caractérisation de la végétation et de la flore des territoires visés.

ATLAS DE LA BIODIVERSITÉ DU QUÉBEC NORDIQUE



Territoire couvert par les différents inventaires écologiques d'envergure

DONNÉES ET OUTILS



Localisation des stations météorologiques

MODÈLES CLIMATIQUES¹

Au Québec, le MDDELCC est responsable de 350 stations météorologiques qui fournissent notamment des données de température et de précipitation. Elles permettent de produire des statistiques sur les conditions climatiques comme les normales saisonnières, les degrés-jours de croissance, etc.

Le réseau de stations météorologiques est dense dans le sud du Québec alors qu'il est très dispersé dans le nord de la province. Les interpolations basées sur les observations climatiques ne permettent pas d'obtenir des données climatiques sur l'ensemble du territoire. Des modèles climatiques ont donc été mis au point par le Consortium Ouranos afin de s'affranchir des contraintes liées à l'utilisation des observations ponctuelles très limitées dans l'espace.

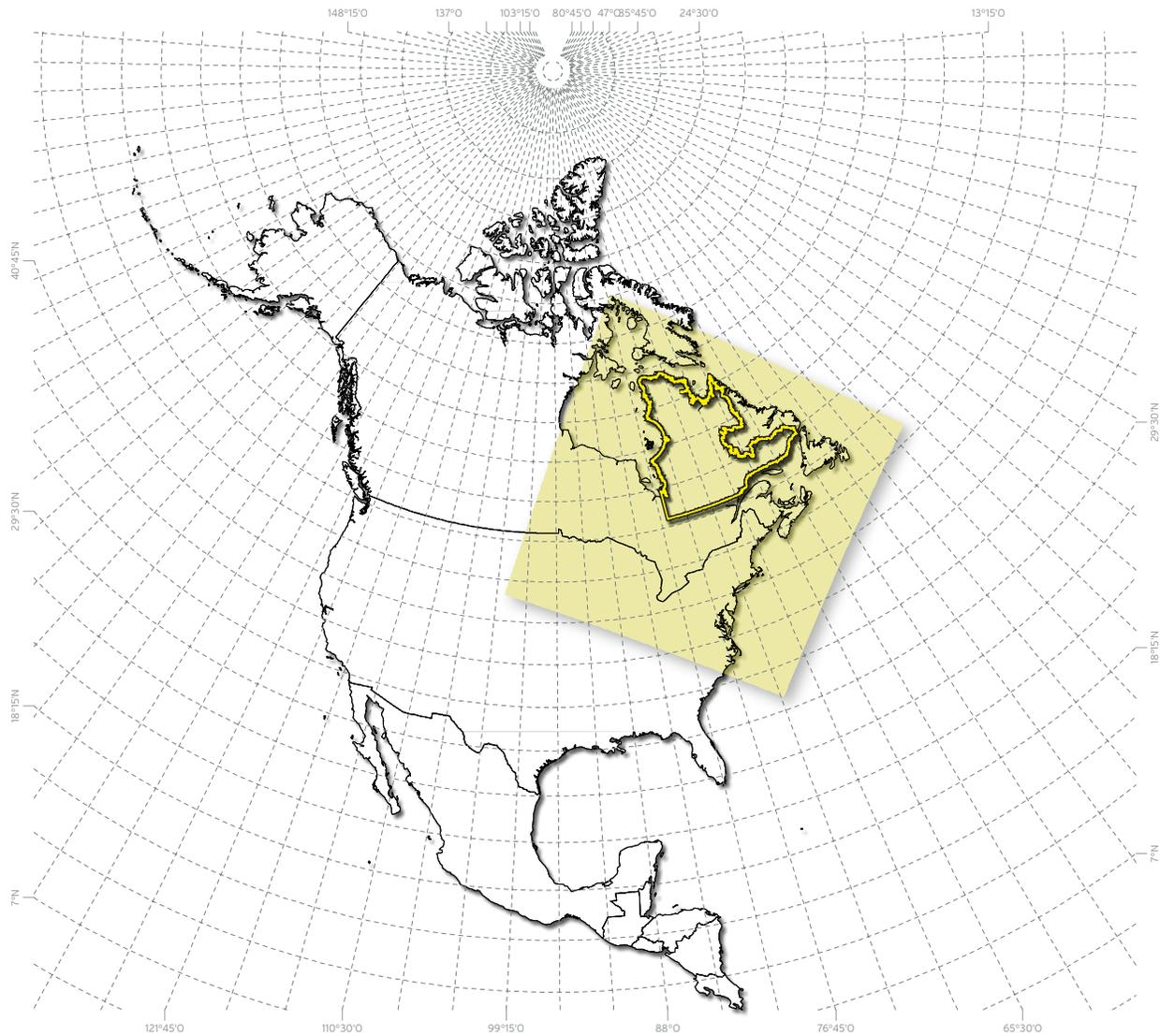
Les modèles climatiques les plus connus sont les modèles de climat globaux (MCG) qui couvrent la Terre avec des résolutions spatiales de l'ordre de la centaine de kilomètres (MCGC3 3°45' de résolution). L'approche des modèles régionaux du climat (MRC) consiste à se concentrer sur une région d'intérêt, comme le Québec (MRCC à 45 km : modèles régionaux canadiens du climat), ce qui permet de simuler le climat à plus fine échelle spatiale que les MCG. Pour tenir compte des événements climatiques qui se passent en dehors des limites du modèle régional, ce dernier doit être piloté par le modèle global.



Station météorologique à Umiujaq, Nunavik (Courtoisie du Centre d'études nordiques)

1. Diane Chaumont, Ramón de Elía, Maja Rapačić et Jason Samson du Consortium Ouranos ont participé à la rédaction de cette section.

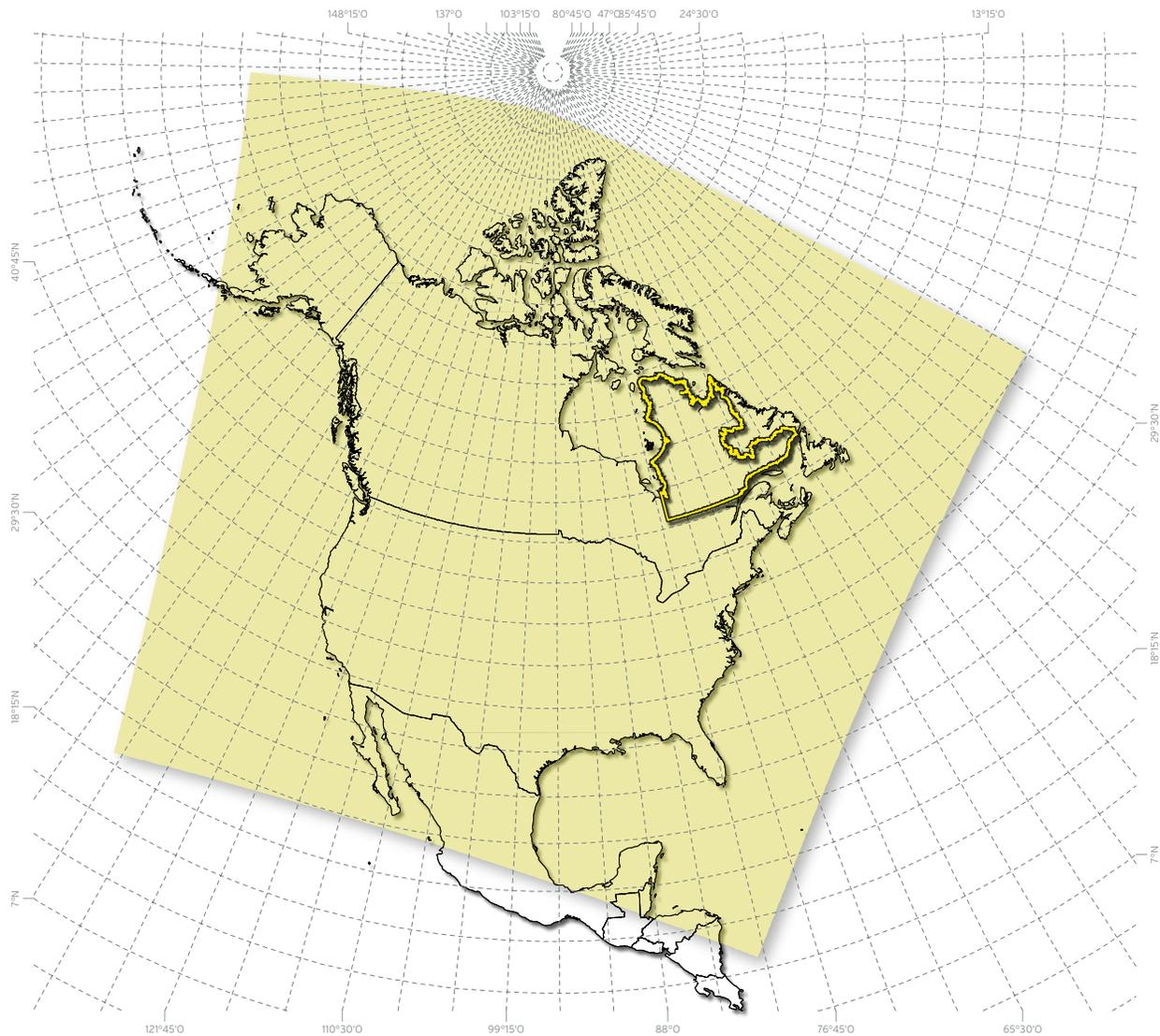
DONNÉES ET OUTILS



Étendue des modèles pour le climat actuel (1-Qc15) piloté par le modèle global (CGCM3)

Pour le projet, on dispose, pour le climat actuel, du MRCC à 15 km de résolution [Qc15]. Ce modèle fournit la moyenne des données journalières pour 95 variables pour la période 1961-2000. Ces variables ont été retenues en raison de l'influence qu'elles exercent sur la répartition du vivant, en tenant compte des réalités géographiques. Elles se répartissent en sept grands types de variables : température, précipitation, évapotranspiration, bilan hydrique, phénologie [saison de croissance et de dormance], gel-dégel et neige.

Pour établir le climat futur, il a été possible d'obtenir, pour ces mêmes variables, les valeurs pour l'horizon 2050 à partir de différents MRCC à 45 km de résolution, et ce, à partir de 12 scénarios de concentration de gaz à effet de serre pour la période 2041-2070. Dans l'Atlas de la biodiversité du Québec nordique, les modèles climatiques sont utilisés pour caractériser les conditions climatiques actuelles du territoire et déterminer les zones où de forts changements sont à anticiper.



Étendue du modèle pour le climat futur [2-MRCC à 45 km] piloté par le modèle global [CGCM3]

Un modèle climatique décrit différents processus météorologiques aux moyens d'équations appliquées sur une grille régulière qui crée une atmosphère « virtuelle » représentée par des cubes empilés les uns sur les autres, allant de la surface de la Terre jusqu'à la fin de l'atmosphère.

Ces équations expriment les lois de la physique qui régissent le fonctionnement dans chacun de ces cubes ainsi qu'avec leurs voisins à chaque pas de temps (p. ex., 15 minutes). Le climat terrestre n'est pas seulement influencé par des mécanismes atmosphériques, mais aussi par des processus océaniques (p. ex., El Niño/La Niña et la glace de mer) et des caractéristiques de surface (p. ex., la température du sol et le couvert végétal) qui sont inclus dans les modèles climatiques. Finalement, certains événements météorologiques se produisent à de plus fines échelles spatiales que les cubes (p. ex., la turbulence de l'air près de la surface de la Terre et la formation de précipitations) et ne peuvent être simulés directement; ils sont donc inclus dans le modèle par des paramètres décrivant leurs effets sur l'atmosphère.

DONNÉES ET OUTILS



Répartition des spécimens de plantes vasculaires numérisés et entreposés à l'Herbier Louis-Marie

ESPÈCES FLORISTIQUES

Les botanistes explorent depuis plus d'un siècle le nord du Québec afin de rendre compte de sa diversité floristique [Cayouette, 2014]. La majorité d'entre eux ont rapporté des spécimens qui ont été incorporés dans les collections de différents Herbiers partout dans le monde.

Dans le cadre de l'édition de la *Flore nordique du Québec et du Labrador* [Payette, 2013], l'Herbier Louis-Marie a numérisé toutes les étiquettes de récoltes de plantes vasculaires faites au nord du 54^e parallèle et les informations y apparaissant ont été intégrées dans une base de données. Cela représente 91 447 spécimens, dont 46 273 proviennent de l'Herbier Louis-Marie, les 45 174 autres étant issus d'autres Herbiers [Herbier du Musée canadien de la nature, Index Herbariorum, Agriculture Canada, Herbier Marie-Victorin, Herbier Mc Gill, Gray Hall Herbarium Harvard, Herbier du Québec et Herbier Terre-Neuve]. Avec l'appui du MDDELCC, ce travail s'est poursuivi et a permis de traiter les informations se rattachant à 13 297 spécimens récoltés sur la Côte-Nord et à 11 650 récoltés sur le territoire de la Baie-James.

Les renseignements qui accompagnent les spécimens d'Herbier forment une base de données historiques irremplaçable qui peut être analysée par des moyens modernes. Ces renseignements complètent les données recueillies lors des inventaires écologiques au cours desquels les habitats spécialisés et les groupes taxinomiques difficiles sont souvent négligés. La combinaison de ces différentes données aide à dresser un portrait plus précis de la diversité floristique des territoires d'étude [filtre fin].



Laboratoire de l'Herbier Louis-Marie [Courtoisie de l'Herbier Louis-Marie]



Silene uralensis (Rupr.) Bocquet
subsp. *uralensis*
= *Lycnis apetala* L., non *Silene apetala*
Willd., *Melandrium apetalam* ssp.
arcticum, *Melandrium apetalam*, *Silene*
uralensis ssp. *apetala*.
Annoté par Marcel Blondeau, février 2001

NOUVEAU-QUEBEC

Silene uralensis (Rupr.) Bocquet
var. *mollis* (Cham. & Schlecht.) Bocquet

Détroit d'Hudson, baie Diana, environs
de Quaqtac (Koartac), 61°02'N.-69°37'O.
Quadrillage U.T.M.: 19VDT654667

Dans les cailloux du haut rivage, avec
Astragalus eucosmus et *Oxytropis*
deflexa.

17 juillet 1986 - Récolte et déterminé
par Marcel Blondeau -- Récolte N° 86135

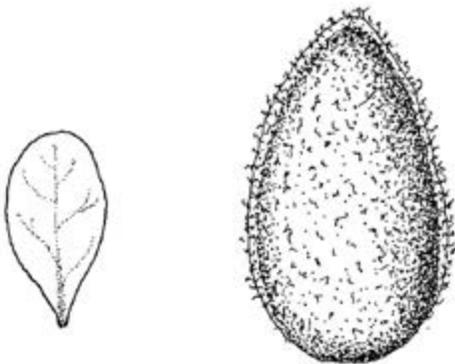
Silene uralensis récolté par Marcel Blondeau en 1986 près de Quaqtac [Courtoisie de l'Herbier Louis-Marie]

CENTRE DE DONNÉES SUR LE PATRIMOINE NATUREL DU QUÉBEC

Lors de l'adoption de la Loi sur les espèces menacées ou vulnérables en 1989, le gouvernement du Québec s'est engagé à sauvegarder l'ensemble de la diversité des espèces du territoire québécois et, en particulier, ses éléments les plus fragiles. Cette loi permet d'attribuer un statut juridique de protection aux espèces qui le nécessitent ainsi qu'à leurs habitats. Elle permet également de déterminer des listes d'espèces floristiques et fauniques susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables. Les renseignements relatifs à l'ensemble de ces espèces sont consignés au Centre de données sur le patrimoine naturel du Québec (CDPNQ) par le MDDELCC, le MFFP et le Service canadien de la faune (SCF), et sont mis à jour régulièrement. On y trouve également des renseignements sur d'autres éléments de biodiversité, comme les associations végétales et les systèmes écologiques.

Le CDPNQ ne fait pas que colliger des données sur la localisation, la biologie, l'habitat et la précarité des espèces menacées ou vulnérables. Il utilise une méthodologie mise au point par l'organisme de conservation NatureServe pour évaluer le rang de priorité des espèces et la qualité de leurs occurrences [Tardif et coll., 2005].

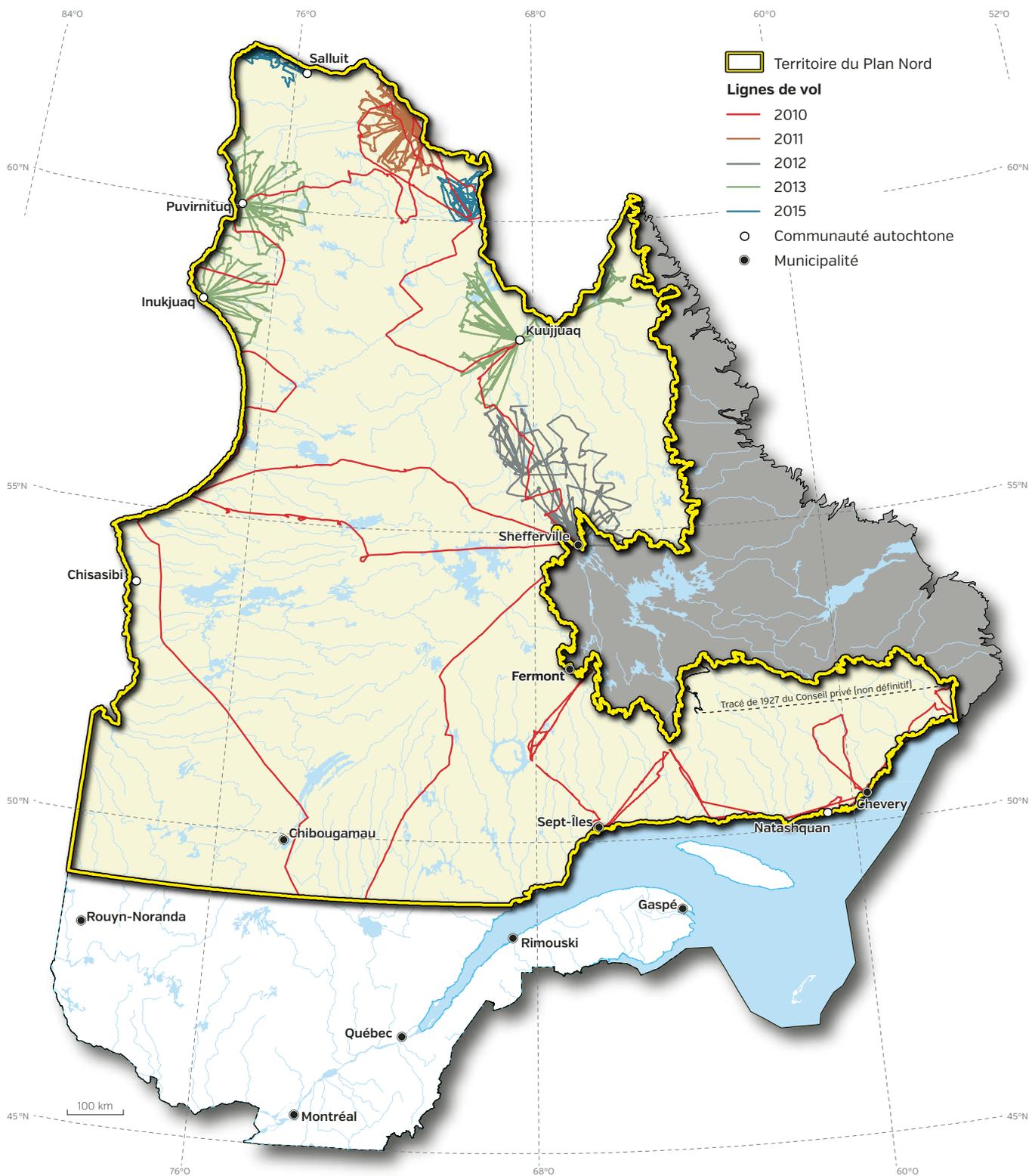
Dans le cadre du projet, une attention particulière a été accordée aux espèces floristiques menacées ou vulnérables, car elles constituent des éléments remarquables de la biodiversité du Québec. Cela a mené, notamment, à la découverte à l'été 2011 d'un nouveau taxon pour la science : la drave des monts de Puvirnituk [*Draba puvirnitukii*].



La drave des monts de Puvirnituk, un ajout récent à la flore nordique mondiale
Illustration : Ihsan Al-Shehbaz

PHOTOGRAPHIES AÉRIENNES OBLIQUES

Au début du projet, un survol de reconnaissance en avion, de près de 7 700 km, a été réalisé sur le territoire. Cet exercice a permis d'appréhender de visu l'organisation des écosystèmes et d'obtenir plus de 2 000 photographies aériennes obliques géoréférencées. Par la suite, l'exercice s'est poursuivi en hélicoptère lors de chaque campagne d'inventaire réalisée entre 2010 et 2015. C'est plus de 20 000 photographies aériennes obliques et 8 000 photographies de terrains qui permettent de corréler la cartographie écologique et d'illustrer les résultats d'analyses effectuées sur le territoire du Plan Nord.



Lignes de vol des campagnes de terrain



MÉTHODE

SCHÉMA MÉTHODOLOGIQUE

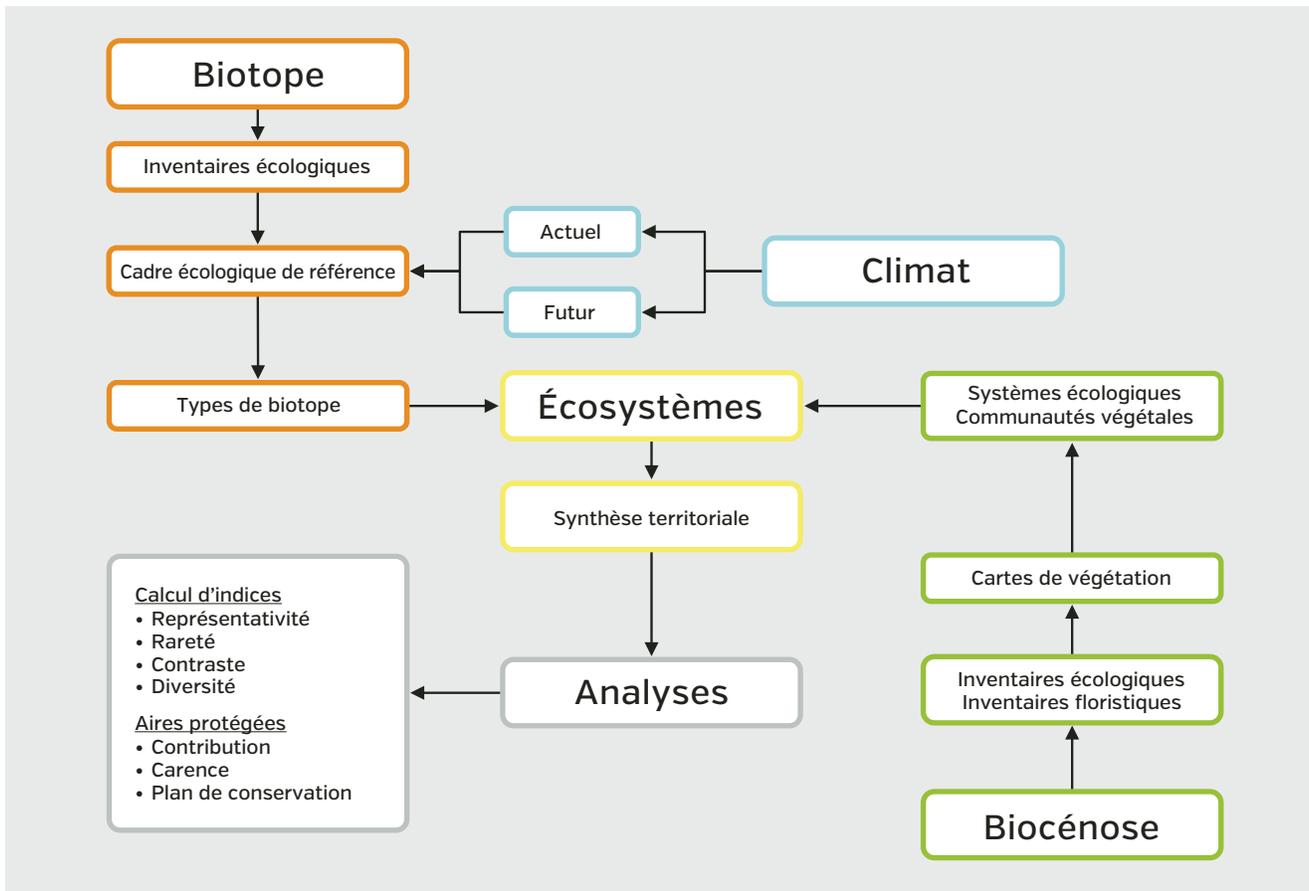


Schéma méthodologique

Tel qu'il est défini dans les balises conceptuelles, l'écosystème terrestre est le niveau retenu pour aborder la biodiversité du Québec nordique. La méthode développée pour l'analyse de la biodiversité du Québec nordique comporte quatre volets :

1) La caractérisation du biotope : elle est abordée au moyen du CERQ, qui repose sur une cartographie des caractéristiques physiques du territoire;

2) La caractérisation de la biocénose : elle est évaluée à partir de la classification des relevés d'inventaire et de la représentation cartographique de la végétation;

3) La caractérisation des écosystèmes terrestres : elle repose sur les relations établies entre le biotope et la biocénose;

4) Les analyses : différents indices, par l'entremise du biotope et de la biocénose, sont calculés pour l'analyse de la biodiversité. D'autres analyses évaluent l'importance des changements climatiques attendus sur le territoire.

Toutes ces données sont intégrées dans un système d'information territoriale et forment la base de la connaissance du territoire; c'est le cœur de l'Atlas de la biodiversité du Québec nordique.



Buttes de roches mafiques recouvertes de dépôt glaciaire mince dans la région de Kangiqsujuaq (Nunavik)

CARACTÉRISATION DES ÉCOSYSTÈMES

Caractérisation du biotope

La caractérisation du biotope est faite à partir du CERQ dont le niveau de perception retenu est le district écologique (niveau 4). L'identification des types de biotope est effectuée par photo-interprétation et validée par les relevés écologiques effectués lors des différents inventaires de terrain du MDDELCC et du MFFP. Les types de biotope qui composent un district écologique sont décrits en pourcentage d'occupation dans le polygone du CERQ.

Au niveau du district écologique, un type de biotope représente l'association particulière d'une forme de terrain, d'un dépôt de surface et d'une nature géologique du socle rocheux [p. ex., butte rocheuse mafique recouverte de dépôt glaciaire mince].

Caractérisation de la biocénose

Aux fins de la caractérisation des écosystèmes, la biocénose est abordée, dans un premier temps, par une typologie des communautés végétales.

Communautés végétales

Une communauté végétale est une unité de végétation définie sur la base de sa physionomie, d'un assemblage caractéristique d'espèces, de la présence d'espèces diagnostiques et de conditions particulières du milieu [Vegetation Subcommittee, 2008]. L'identification des communautés végétales résulte de la classification des relevés écologiques effectués lors des inventaires. Cette classification s'appuie sur deux principales méthodes d'analyse. La première a pour but d'ordonner et de regrouper les relevés apparentés sur la base de leur composition floristique. Par la suite, une analyse de correspondances canoniques (ACC) est effectuée afin de faire ressortir les variables du milieu qui contribuent le plus à expliquer la partition de ces communautés. Les résultats de l'ACC permettent de raffiner et de bonifier ceux issus du classement des relevés écologiques en fonction de la similitude des assemblages d'espèces.

Systèmes écologiques

La biocénose est ensuite abordée au niveau du système écologique, un concept développé par NatureServe pour faciliter la représentation cartographique de la végétation à une échelle intermédiaire [Comer et coll., 2003]. Un système écologique est un ensemble de communautés végétales qui tendent à coexister dans des milieux similaires en ce qui a trait, entre autres, aux grands types d'environnement [côtier, estuarien, continental, boréal, alpin et subalpin], aux conditions de drainage [milieux humides par rapport aux milieux secs] et/ou aux régimes de perturbation [feux, épidémie, inondation, etc.]. De ce point de vue, ce concept s'apparente à la notion d'habitat ainsi qu'à celle de végétation potentielle utilisée par le MRN [2008] dans son système de classification écologique de la végétation. Une étiquette géographique est habituellement accolée au nom de chaque système géographique afin de préciser son aire de répartition. La pessière d'épinette noire à pin gris de la forêt boréale de l'est est un exemple de système écologique reconnu par NatureServe.

Le système écologique est le niveau retenu pour caractériser la partie vivante des écosystèmes du Québec nordique. Un de ses autres avantages est de faciliter l'intégration des données disponibles sur les espèces floristiques dont les habitats préférentiels sont généralement connus.

Caractérisation des écosystèmes

L'écosystème est défini ici comme la combinaison d'un type de biotope et d'un système écologique. Pour ce faire, les cartes de végétation du MFFP sont utilisées. Un lien entre les types de végétation et les systèmes écologiques est d'abord établi. Puis un lien entre les types de dépôts de la carte de végétation et ceux de la description du CERQ est lui aussi établi. Connaissant la proportion des dépôts de surface dans chaque district écologique ainsi que les liens entre les dépôts de surface et les systèmes écologiques à l'aide des cartes de végétation, il est possible d'établir un lien entre les types de biotope et les systèmes écologiques, pour ensuite obtenir un portrait des écosystèmes du territoire.

SYNTHÈSE TERRITORIALE

Comme le découpage des districts écologiques s'appuie sur la distinction de l'agencement des types de biotope, chacun d'eux est par nature unique. Cependant, en ne s'attardant qu'à certaines caractéristiques qui les définissent et en ajoutant des données qui ne servent pas à la description comme des données sur le climat qui ont une influence sur la biocénose, il est possible d'effectuer des regroupements afin de synthétiser l'information et d'obtenir une compréhension plus globale du territoire et une meilleure compréhension de la répartition et de l'organisation spatiale des écosystèmes. Deux niveaux de classification sont réalisés, soit une classification générale et une classification détaillée.

Classification générale : zones territoriales

Les zones territoriales correspondent à un regroupement de districts écologiques qui présentent des liens géographiques et une histoire commune de mise en place de leur biotope ainsi que des conditions climatiques similaires. Les combinaisons de dépôts de surface, de natures du socle géologique et de pentes peuvent distinguer des conditions édaphiques supportant différents types de végétation. L'altitude, les températures et les précipitations permettent de distinguer des conditions climatiques modulant la quantité d'énergie reçue jouant aussi leur rôle dans l'organisation spatiale de la biocénose.

La classification est réalisée dans chaque région naturelle par une classification ascendante hiérarchique sur la matrice de distance des axes factoriels. Elle est basée sur la comparaison des proportions d'occupation des types de dépôts, de l'origine du socle rocheux, des classes d'altitude et de dénivelé des reliefs, ainsi que des données climatiques issues du modèle Qc15. Dans une deuxième étape, les classes obtenues par région naturelle sont regroupées entre elles par analyse de correspondance.

Classification détaillée : unités territoriales

Les unités territoriales correspondent à un regroupement de districts écologiques qui présentent une organisation particulière des types de biotope à l'intérieur de chacune des zones territoriales. Chaque unité territoriale se distingue donc des autres quant à l'organisation des types de biotope. Ces unités territoriales partagent les mêmes potentiels et les mêmes fragilités face aux différentes activités qui pourraient être réalisées sur le territoire. Elles représentent des unités qui pourraient servir d'assise à la planification de l'aménagement durable du territoire.

ANALYSES DE LA BIODIVERSITÉ

Analyse par le biotope

L'analyse par le biotope correspond à l'approche du filtre brut qui permet d'obtenir une valeur de la biodiversité potentielle d'un territoire. Elle se base sur le calcul d'indices qui font appel à différentes notions permettant d'apprécier la biodiversité potentielle, soit les indices de représentativité, de rareté, d'hétérogénéité et de contraste. Ces indices sont toujours reliés à un territoire de référence et à un niveau de perception. Ils intègrent les notions de superficie, de nombre, de relation avec les voisins et de composition.

Indice de représentativité-rareté

L'indice de représentativité est l'inverse de l'indice de rareté. D'un point de vue de la conservation, ces deux indices, quoiqu'opposés, sont fondamentalement complémentaires. Les types de biotope rares sont des éléments uniques qui ne se trouvent qu'à un seul endroit sur le territoire de référence; ils sont peu nombreux et occupent de petites superficies. À l'inverse, les types de biotope communs sont présents dans un grand nombre d'unités du CERQ et leur répartition est étendue. Cependant, on ne peut protéger un élément rare sans protéger les éléments communs qui les entourent, car ils constituent une matrice protectrice.

Le calcul de la répartition de chaque type de biotope considère le nombre de régions naturelles, le nombre d'ensembles physiographiques et le nombre de districts écologiques dans lesquels il est représenté. Certains biotopes ont été regroupés pour minimiser le bruit (p. ex., regroupement des monticules [0 à 25 m de dénivelé], des buttes [50 à 100 m de dénivelé] ou regroupement de toutes les vallées de différentes profondeurs).

Les formules suivantes sont utilisées pour calculer les indices de chaque type de biotope :

indice de représentativité =

$$\text{Nbr_RE}_i \times \text{Nbr_EP}_i \times \text{Nbr_DE}_i \times \text{SUP}_i$$

indice de rareté =

$$1 \div [\text{Nbr_RE}_i \times \text{Nbr_EP}_i \times \text{Nbr_DE}_i \times \text{SUP}_i]$$

où

Nbr_RE_i : nombre de régions naturelles (niveau 2 du CERQ) dans lesquelles se trouve le type de biotope i

Nbr_EP_i : nombre d'ensembles physiographiques (niveau 3 du CERQ) dans lesquels se trouve le type de biotope i

Nbr_DE_i : nombre de districts écologiques (niveau 4 du CERQ) dans lesquels se trouve le type de biotope i

SUP_i : superficie totale occupée par le type de biotope i

À partir de ces deux indices, l'une des cinq classes de représentativité-rareté est attribuée à chaque type de biotope en fonction des bris naturels des tables de calcul :

Classe rr1 : très représentatif

Classe rr2 : représentatif

Classe rr3 : moyennement représentatif

Classe rr4 : rare

Classe rr5 : très rare

Un indice de représentativité-rareté est attribué à chaque district écologique, en fonction de la proportion de chaque classe de représentativité-rareté des types de biotopes présents.

Indice de représentativité-rareté RR1 : très représentatif (rr1 majoritaire)

Indice de représentativité-rareté RR2 : représentatif (rr2 majoritaire ou moitié rr1-rr3)

Indice de représentativité-rareté RR3 : moyennement représentatif (rr3 majoritaire)

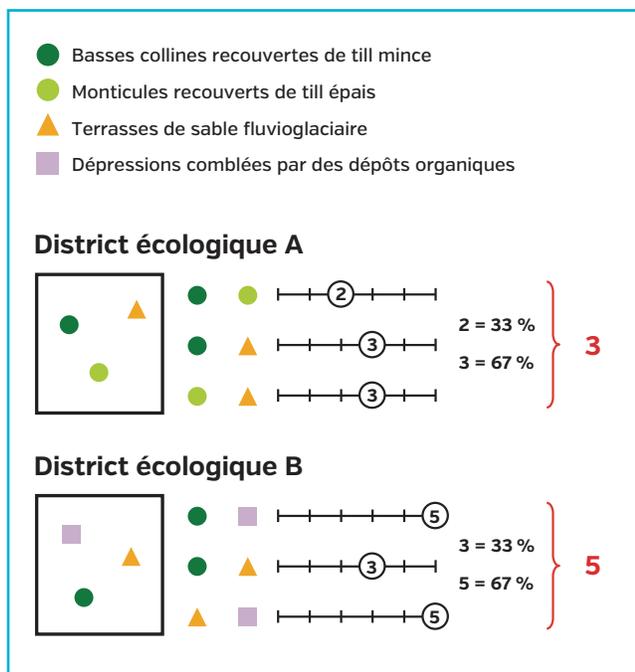
Indice de représentativité-rareté RR4 : rare (présence d'au moins un rr4)

Indice de représentativité-rareté RR5 : très rare (présence d'au moins un rr5)

Indice de contraste

L'indice de contraste donne une information sur la proximité écologique des types de biotope recensés dans un district écologique. Plus cet indice est élevé, plus les types de biotope supportent des écosystèmes potentiellement différents, ce qui augmente les chances d'observer une diversité biologique plus élevée au sein du district écologique.

Dans un premier temps, les types de biotope répertoriés sur le territoire sont regroupés afin de minimiser le bruit. Par exemple, les buttons et les monticules recouverts de till et possédant moins de 25 m de dénivelé de différence ont été regroupés puisqu'ils offrent très peu de contraste. Dans un deuxième temps, chaque contraste entre les paires de types de biotope regroupés est évalué en fonction de l'écart que l'expert détermine sur la base de ses connaissances écologiques. Ainsi, la probabilité de trouver une biocénose différente entre un type de biotope associé à un dépôt organique [dépression organique] et un autre renfermant du sable [terrasse de sable deltaïque] est plus élevée qu'entre deux types de biotope caractérisés par des dépôts de nature similaire [monticule de till drumlinoïde et monticule de till sans morphologie].



Exemple de calcul des indices de contraste de deux districts écologiques

Pour l'ensemble des valeurs de contraste de chaque paire de types de biotope rencontrée et pour l'ensemble des districts écologiques de la région visée pour le prototype d'Atlas, soit la région de la Côte-Nord, cinq classes de contraste sont établies en fonction des bris naturels de la table de calcul :

Classe de contraste 5 : très fort

Classe de contraste 4 : fort

Classe de contraste 3 : moyen

Classe de contraste 2 : faible

Classe de contraste 1 : très faible

L'indice de contraste de chaque district écologique est déterminé en fonction de la proportion des classes de contraste présentes :

Indice de contraste 5 : très contrasté – la proportion des classes de contraste 4 et 5 est supérieure ou égale à 50 % et la proportion de la classe de contraste 5 est supérieure ou égale à 50 %

Indice de contraste 4 : contrasté – la proportion des classes de contraste 4 et 5 est supérieure ou égale à 50 % et la proportion de la classe de contraste 5 est inférieure à 50 %

Indice de contraste 3 : moyennement contrasté – tous les autres cas

Indice de contraste 2 : faiblement contrasté – la proportion des classes de contraste 1 et 2 est supérieure ou égale à 50 % et la proportion de la classe de contraste 1 est inférieure ou égale à 50 %

Indice de contraste 1 : très faiblement contrasté – la proportion des classes de contraste 1 et 2 est supérieure ou égale à 50 % et la proportion de la classe de contraste 1 est supérieure à 50 %

Analyse par la biocénose

Sur le territoire du Québec nordique, les données sur la biocénose sont partielles. Si les cartes de végétation produites à partir des images satellitaires fournissent une information de même niveau sur une grande portion du territoire, celle-ci est trop générale pour permettre une caractérisation relativement détaillée des écosystèmes. Bien qu'elles soient plus fragmentaires, les données sur les communautés végétales et sur les espèces floristiques doivent être exploitées au maximum [approche par le filtre fin]. Lorsqu'elles sont suffisamment abondantes, ces données peuvent être utilisées pour dresser un portrait plus précis de la biodiversité et valider le résultat des analyses du biotope [filtre brut].

L'analyse de la biocénose se fait également à partir d'indices calculés pour le territoire de référence, en l'occurrence le district écologique du CERQ, à partir des éléments de la biodiversité tels que les espèces, les communautés végétales ou les systèmes écologiques.

Indice de richesse

L'indice de richesse se définit comme le nombre total d'un élément de biodiversité dans un espace défini (district écologique), à un moment précis. Une classe de richesse est ensuite déterminée en fonction des bris naturels de l'ensemble des indices obtenus pour chacun des districts écologiques.

Indice de rareté

Parallèlement à l'indice de richesse, l'indice de rareté de la biocénose [Williams et coll., 1997; Parisi, 2003] complète l'expression de la biodiversité en tenant compte de la répartition des éléments de biodiversité analysés sur l'ensemble du territoire visé, et plus exactement du nombre d'unités cartographiques où ces éléments sont présents. Cet indice permet de faire ressortir les unités cartographiques où se concentrent les éléments de biodiversité les moins fréquemment observés sur le territoire. Il est subdivisé en classes en fonction des bris naturels de la table de calcul.

La formule de l'indice de rareté de la biocénose est comme suit :

$$RWRI = \sum_{i=1}^n 1/h_i$$

où

RWRI : Rarity-Weighted Richness Index, qui est l'indice de richesse pondérée par la rareté [Tardif et coll., 2005]

n : nombre d'éléments de biodiversité dans un district écologique

h_i : nombre de districts écologiques occupés par l'élément de biodiversité i

Indice de biodiversité

L'évaluation de l'indice de biodiversité repose sur des concepts développés par NatureServe [Hammerson et coll., 2008]. Cet indice est utilisé pour déterminer la valeur relative de conservation des districts écologiques à partir d'éléments de biodiversité remarquables. Pour l'instant, l'évaluation de cet indice se fait au Québec uniquement à partir des occurrences d'espèces floristiques menacées ou vulnérables. En effet, ce sont les seuls éléments de biodiversité suffisamment documentés pour permettre d'appliquer les critères qui doivent être considérés dans la détermination de cet indice, comme les rangs de priorité à l'échelle globale (rang G), nationale (rang N) et subnationale (rang S) ainsi que la qualité des occurrences [Tardif et coll., 2005]. Cet indice est exprimé par les valeurs B1, B2, B3, B4 ou B5. Les districts écologiques qui présentent le plus grand intérêt pour la conservation de ces éléments de biodiversité sont ceux qui obtiennent une cote B1, B2 ou B3.

ANALYSES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Les données du climat actuel permettent d'expliquer en grande partie la répartition des espèces et des communautés. Les dernières observations sur le climat démontrent cependant que des changements importants sont à venir, notamment l'augmentation des moyennes de température et l'augmentation de la fréquence des événements météorologiques extrêmes (tempête, inondation, sécheresse, etc.). Ces changements vont fortement influencer l'équilibre des écosystèmes. Il est donc nécessaire de les étudier afin d'évaluer leurs impacts potentiels sur la biodiversité et de préparer des mesures d'adaptation ou d'atténuation de ces impacts.

Le projet ne vise pas directement à analyser la réponse des espèces aux changements climatiques; ce travail est déjà mené en partie par le groupe CC-BIO et les résultats ont fait l'objet d'une publication récemment [Berteaux et coll., 2014]. La méthode utilisée vise à mettre au point un outil pouvant servir à la prise de décision pour la conservation de la biodiversité, notamment pour la mise en place du réseau d'aires protégées. Cet outil permet de déterminer les endroits où de forts changements du climat peuvent apparaître et de localiser les zones refuges où les conditions futures pourraient ressembler aux conditions actuelles rencontrées sur certaines parties du territoire.

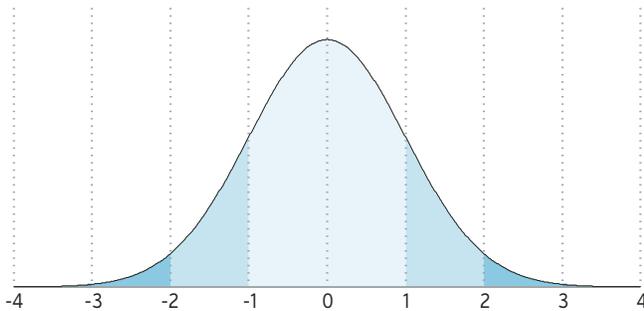
Le rapport de Samson [2012] renferme plus de détails sur la méthode utilisée et présente plusieurs analyses pertinentes à la réflexion amorcée [classification climatique, analyse des vents et évolution de la répartition des épidémies]. Dans ce document, la méthode est appliquée uniquement aux températures afin d'illustrer le type de résultat qu'il est possible d'obtenir. L'exercice pourrait être mené avec d'autres variables climatiques qui influencent la répartition des espèces, notamment le vent, l'humidité atmosphérique, les précipitations, le bilan hydrique, etc.



Palses en dégradation

À partir du modèle climatique MRCC à 15 km [Qc15], la température moyenne actuelle [1961-2000] de chaque district écologique a été calculée. De plus, pour chacune des zones territoriales de la Côte-Nord, les températures moyennes actuelles ont aussi été calculées, de même que leur écart-type. En ajoutant à la valeur actuelle des températures, celle de l'augmentation prédite pour l'horizon 2050 [2041-2070], par le modèle MRCC à 45 km, une valeur des températures futures à l'intérieur de chaque district écologique est établie.

Les variations climatiques sont évaluées en comparant les valeurs des températures annuelles moyennes futures [2041-2070] de chaque district écologique à la moyenne des températures annuelles actuelles [1961-2000] des zones territoriales auxquelles il appartient.



Classification des variations de températures futures en fonction de l'écart à la moyenne des températures actuelles

Variation très faible : lorsque la valeur de la température future du district écologique se trouve entre la moyenne et -1 écart-type ou la moyenne et +1 écart-type de la température actuelle de la zone territoriale.

Variation faible : lorsque la valeur de la température future du district écologique se trouve entre -2 écarts-types et -1 écart-type ou +1 écart-type et +2 écarts-types de la température actuelle de la zone territoriale.

Variation moyenne : lorsque la valeur de la température future se trouve entre -3 écarts-types et -2 écarts-types ou +2 écarts-types et +3 écarts-types de la température actuelle de la zone territoriale.

Variation forte : lorsque la valeur de la température future se trouve entre -4 écarts-types et -3 écarts-types ou +3 écarts-types et +4 écarts-types de la température actuelle de la zone territoriale.

Variation très forte : lorsque la valeur de la température future se trouve inférieure à -4 écarts-types ou supérieure à +4 écarts-types de la température actuelle de la zone territoriale.

A photograph of a rocky shoreline with two hikers in the background and a white silhouette of a husky in the foreground. The scene is set on a rocky, moss-covered bank next to a body of water. Two hikers are visible in the distance, one wearing a white hat and a red jacket, and another in a tan jacket. The foreground is dominated by large, dark grey rocks with patches of green and orange lichen. A large, dark blue rectangular overlay is positioned in the center of the image, containing the word 'RÉSULTATS' in white, bold, sans-serif capital letters. In the bottom right corner, there is a white silhouette of a husky dog sitting and facing right.

RÉSULTATS

Les sections qui suivent ont pour but de donner un aperçu de ce que sera le futur Atlas de la biodiversité du Québec nordique et d'illustrer, par des exemples, différents résultats obtenus pour le territoire de la Côte-Nord, en appliquant la méthode développée par le MDDELCC.

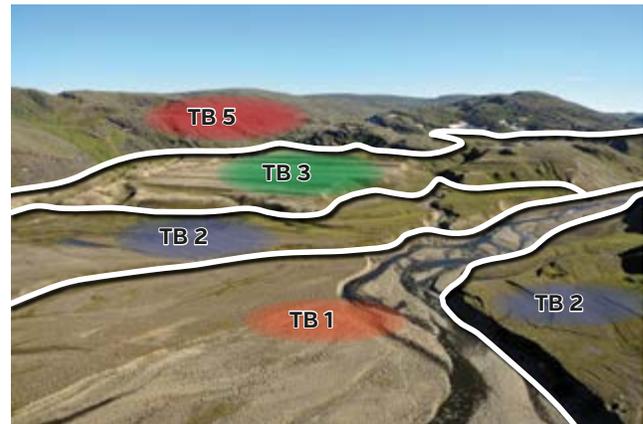
CARACTÉRISATION DU BIOTOPE

Selon le CERQ, le territoire de la Côte-Nord recoupe 3 provinces naturelles, 12 régions naturelles, 57 ensembles physiographiques et 356 districts écologiques.

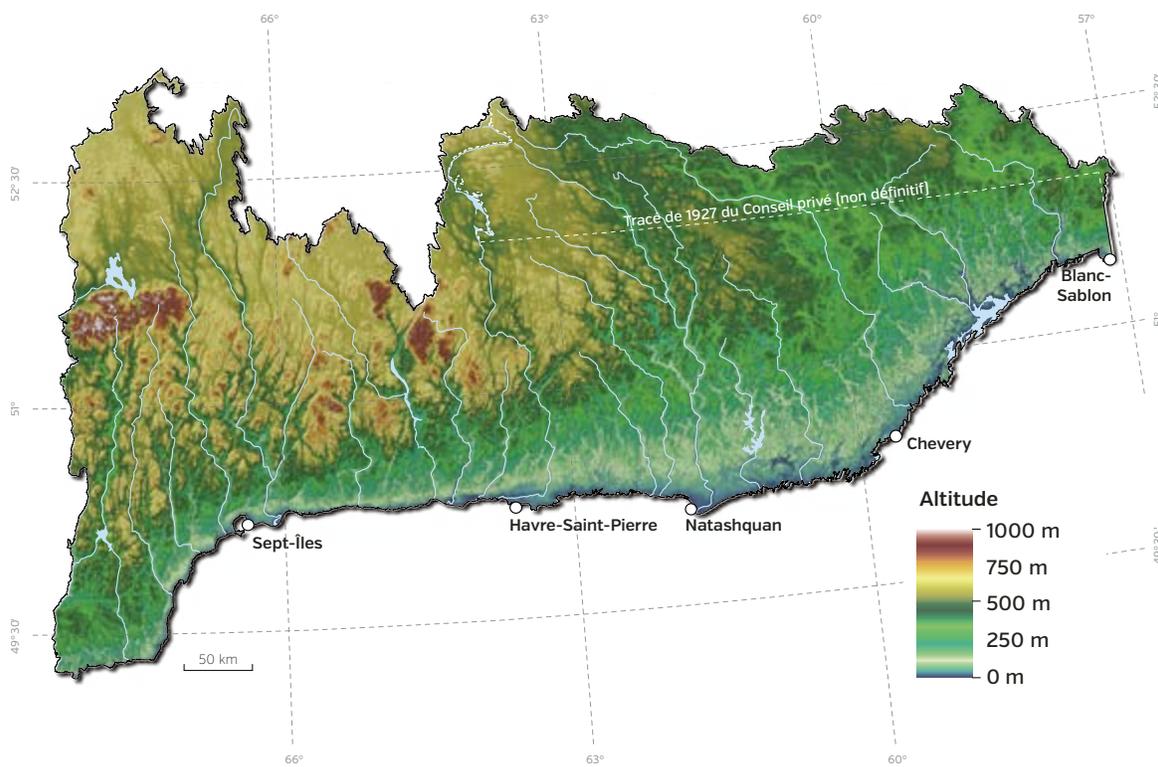
Les provinces naturelles du plateau de la Basse-Côte-Nord et des Laurentides centrales correspondent aux racines d'une chaîne de montagnes mise en place il y a plus d'un milliard d'années. Elles présentent des plateaux de gneiss et de granite, compris entre 200 et 500 m d'altitude, fortement disséqués par de profondes vallées. Des massifs d'anorthosite surplombent parfois ces vallées avec plus de 500 m de dénivelé. Une bande littorale étroite témoigne de l'invasion de la mer de Goldthwait lors de la déglaciation. La province naturelle du Labrador central correspond, pour sa part, à un plateau peu accidenté dont les altitudes varient entre 400 et 600 m. Ce plateau est localement interrompu par de petits massifs aux formes irrégulières qui culminent entre 800 et 1 100 m d'altitude.



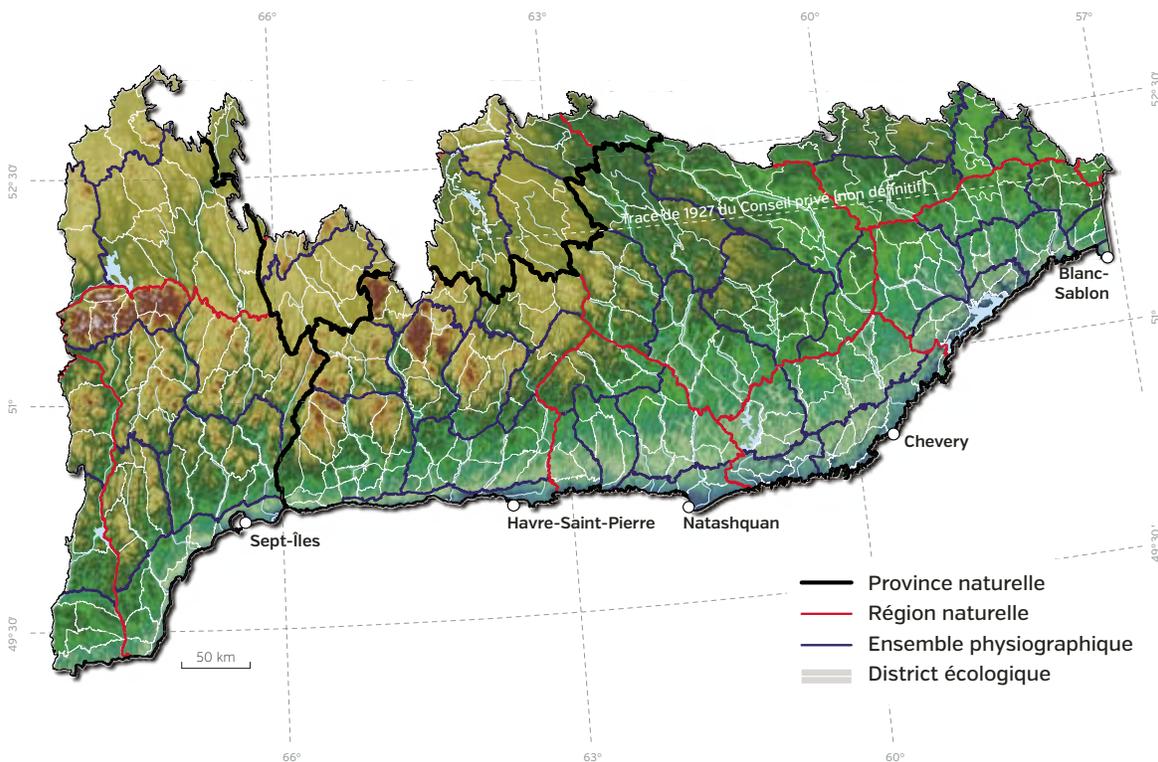
Cartographie et description du biotope



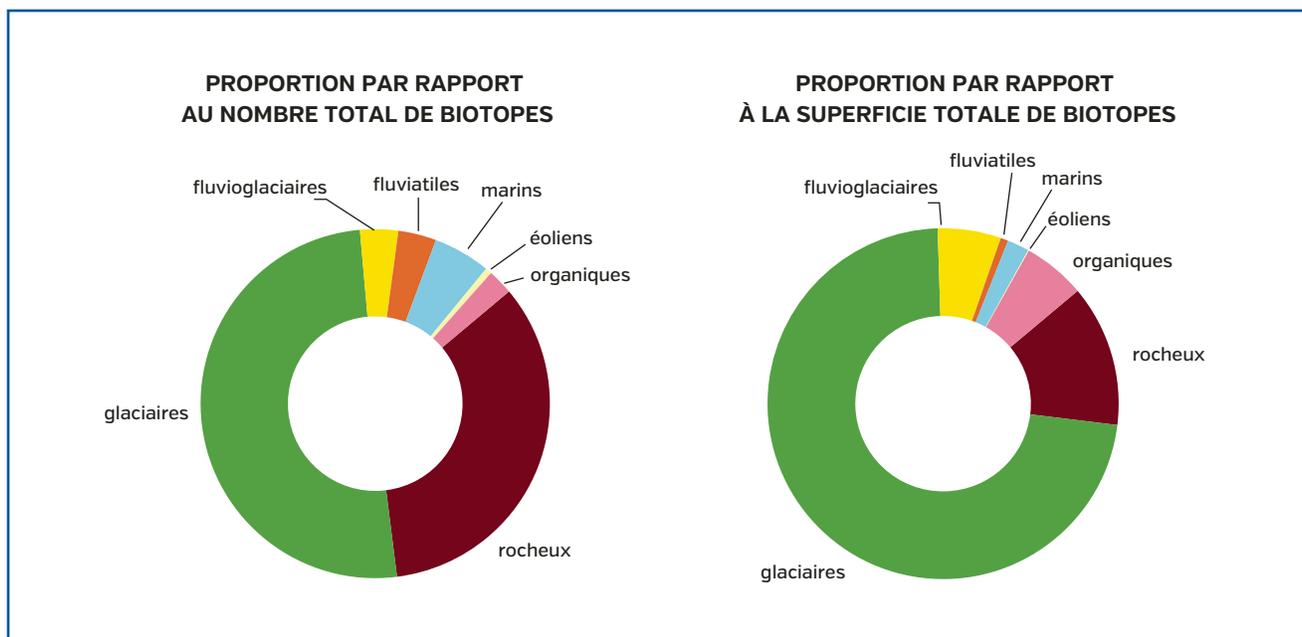
TYPE DE BIOTOPE		
NUMÉRO	CODE	DESCRIPTION
TB 1	TE/3FA	Terasse de dépôt fluviatil actuel
TB 2	TE/3FB	Terasse de dépôt fluviatil ancien
TB 3	TE/3D	Terasse de dépôt deltaïque glacio-marin
TB 4	FL/6DH	Flèche de dépôt littoral de haut de plage
TB 5	BC/OR	Basse colline de roc



Territoire pilote de la Côte-Nord



Cadre écologique de référence du Québec pour le territoire de la Côte-Nord



Proportion des types de biotopes associés à un dépôt de surface par rapport au nombre total des types de biotope et proportion des superficies de types de biotopes associés à un dépôt de surface

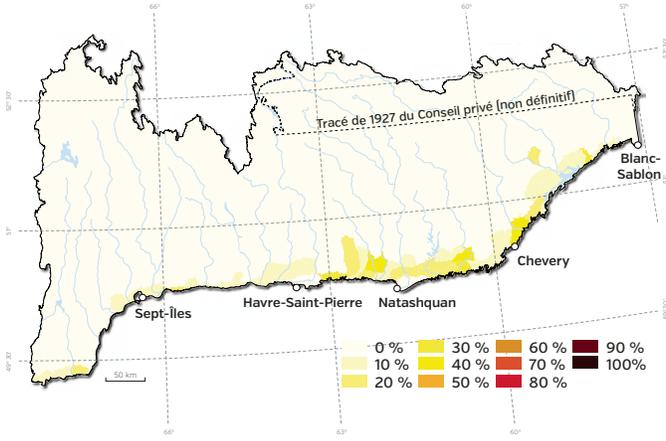
Types de biotope de la Côte-Nord

La description des districts écologiques distingue 170 types de biotope différents. Plus de la moitié (51 %) est associée aux dépôts glaciaires qui couvrent plus de 70 % de la superficie du territoire. Les types de biotope rocheux sont les deuxièmes plus importants, puis suivent dans l'ordre les biotopes de dépôts marins fluvio-glaciaires, fluviatiles, organiques et éoliens. Si les biotopes de dépôts rocheux et glaciaires sont plus nombreux, c'est qu'ils présentent une grande diversité de formes de reliefs et d'épaisseurs de dépôts (placage de till, till mince et till épais).

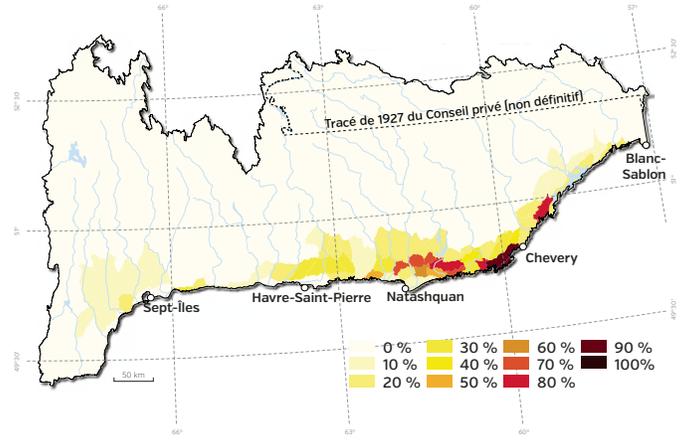
On observe une certaine régionalisation quant à la répartition des types de biotope. Certains types de biotope ne s'observent que dans des régions bien délimitées. Ainsi, les dépôts marins et les reliefs rocheux avec placage de tourbe se concentrent sur la bande côtière du territoire de la Côte-Nord, alors que les reliefs de plus de 200 m de dénivelé sont plutôt présents dans la portion ouest du territoire, tout comme les socles d'anorthosite.

On observe aussi une gradation dans l'épaisseur des dépôts glaciaires. Ainsi, les reliefs rocheux avec placage de till occupent une bande plutôt large qui longe la côte sans toutefois l'atteindre. Les reliefs recouverts de till mince sont relativement bien répartis sur l'ensemble du territoire, tandis que les reliefs recouverts de till épais se concentrent dans la partie nord. Tous les types de biotope (vallée profonde, vallon et monticule fluvio-glaciaires, dépression organique, moraine drumlinoïde ou moraine de décrépitude) présentent des distributions particulières. C'est cette organisation des types de biotope qui est la clé pour la détermination des zones territoriales.

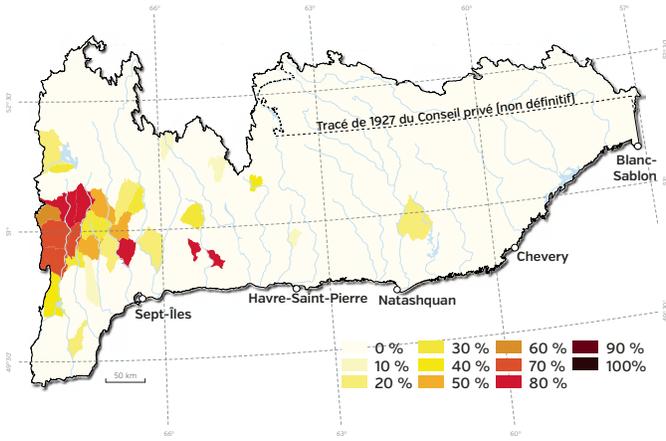
ATLAS DE LA BIODIVERSITÉ DU QUÉBEC NORDIQUE



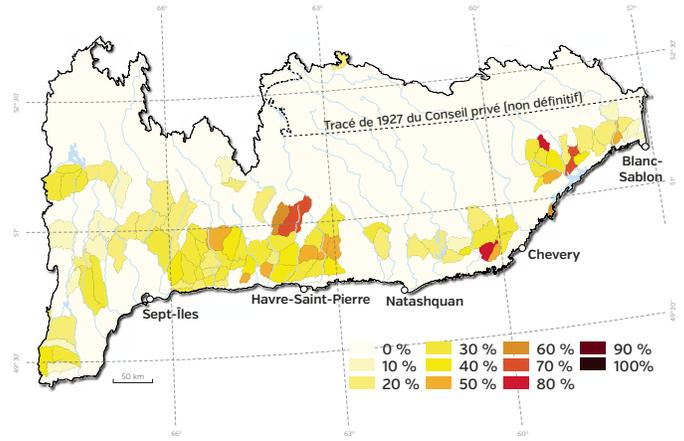
Pourcentage d'occupation des biotopes marins par district écologique



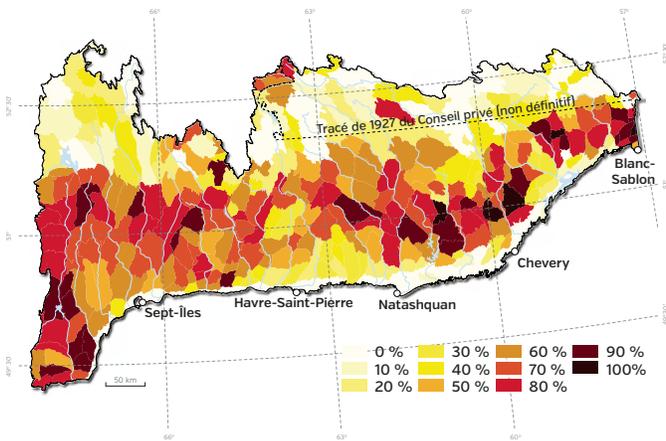
Pourcentage d'occupation des biotopes rocheux avec placage de tourbe par district écologique



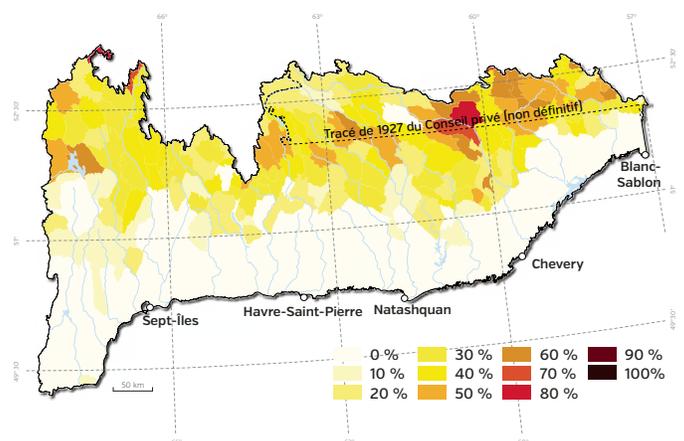
Pourcentage d'occupation des biotopes de plus de 200 m de dénivellé par district écologique



Pourcentage d'occupation des biotopes rocheux avec placage de till par district écologique



Pourcentage d'occupation des biotopes recouverts de till mince par district écologique



Pourcentage d'occupation des biotopes recouverts de till épais par district écologique

CARACTÉRISATION DE LA BIOCÉNOSE

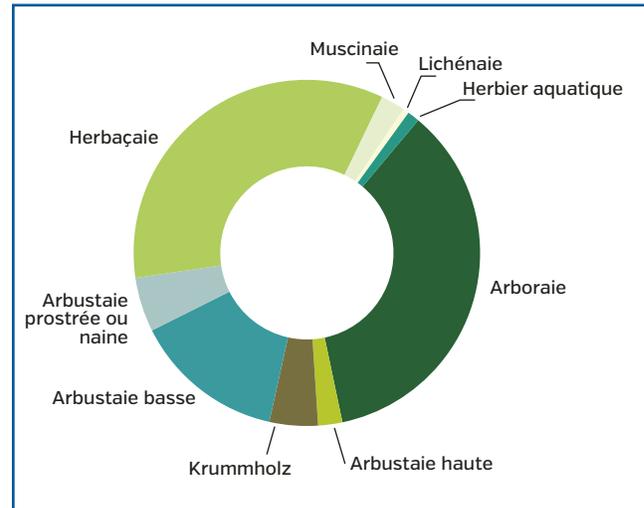
La caractérisation de la partie vivante des écosystèmes repose sur l'identification des communautés végétales occupant le territoire et de leur regroupement au sein de systèmes écologiques. Ce travail a été effectué pour le territoire de la Côte-Nord et quelques exemples des résultats obtenus sont présentés ci-dessous.

Communautés végétales de la Côte-Nord

L'analyse des données, provenant des 3 339 relevés de végétation effectués sur le territoire, a permis de distinguer près de 180 communautés végétales. Ce recensement n'est pas exhaustif du fait que certains milieux ont été très peu inventoriés, à l'exemple des milieux aquatiques, des marais salés ou saumâtres, des dunes et des milieux humides riverains.

Sur le plan physionomique, les arborais et les herbaçaias sont les communautés végétales les plus nombreuses, formant respectivement 37 % et 36 % de toutes celles recensées sur le territoire. Les arbustaias basses, prostrées ou naines, ou composées de krummholz en représentent, pour leur part, près de 25 %. On les trouve surtout dans les milieux exposés le long de la côte ou en altitude sur les hautes collines. Le faible nombre d'herbiers aquatiques, de muscinaies et de lichénaies s'explique en partie par un faible échantillonnage, mais aussi du fait que le paysage de la Côte-Nord est essentiellement forestier.

Pour les communautés végétales les plus fréquentes, des fiches descriptives ont été produites, présentant des renseignements sur leur composition floristique, leur répartition et les caractéristiques de leur habitat ainsi qu'une évaluation de leur intérêt pour la conservation.



Répartition des communautés végétales en fonction de leur physionomie. Les arborais et les herbaçaias représentent la proportion la plus élevée



Pessière à épinette blanche ouverte de l'étage subalpin des monts Groulx



Arbustaias prostrée au sommet d'un relief tabulaire près de Blanc-Sablon

Exemple d'une fiche d'une communauté végétale fréquente sur la Côte-Nord

ARBUSTAIE PROSTRÉE LICHÉNIQUE

CHAMAEDAPHNE CALYCVLATA / *CLADONIA STELLARIS* – *C. RANGIFERINA*

Cassandre caliculé / cladonies spp.

Système écologique préférentiel

Bog maritime

Biotopes

- Dépression organique ombrotrophe [DE/70]
- Monticule rocheux [MN/OR]

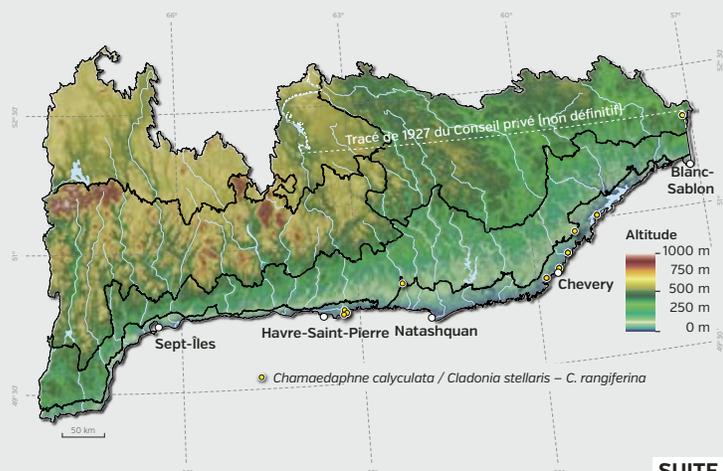
Description

Cette communauté végétale se caractérise par la prédominance au sol des lichens dont le recouvrement moyen atteint près de 60 %. Les deux espèces dominantes, *Cladonia stellaris* – *C. rangiferina*, forment un tapis quasi continu entrecoupé par de petites buttes de sphaignes constituées le plus souvent de *Sphagnum fuscum*. La strate arbustive n'est jamais très dense, présentant un recouvrement total moyen de 36 %. Elle est dominée par *Chamaedaphne calyculata* accompagné sporadiquement de *Kalmia angustifolia*, *Rhododendron groenlandicum* et *Picea mariana*. Peu abondantes, les espèces de la strate herbacée, sont surtout représentées par *Rubus chamaemorus* et *Trichophorum cespitosum*.

La communauté à *Chamaedaphne calyculata* / *Cladonia stellaris* – *C. rangiferina* occupe les parties les plus sèches des bogs maritimes. On la rencontre sur leur pourtour ou encore sur les lanières surélevées séparant les mares ou les dépressions. Il arrive à l'occasion que cette communauté couvre la quasi-totalité des bogs dépourvus de mares [bog uniforme].

Répartition

Sur le territoire de la Côte-Nord, cette communauté végétale est surtout présente dans la zone maritime.



SUITE >

Composition floristique*

Nombre de relevés : 9

STRATE (RECOUVREMENT TOTAL MOYEN)	CONSTANCE	RECOUVREMENT
ESPÈCE	% MOYEN	
Arborescente (1 %)		
<i>Picea mariana</i>	9	1
Arbustive (36 %)		
<i>Chamaedaphne calyculata</i>	64	15
<i>Kalmia angustifolia</i>	55	8
<i>Rhododendron groenlandicum</i>	64	5
<i>Picea mariana</i>	55	5
<i>Empetrum nigrum</i>	27	2
<i>Vaccinium uliginosum</i>	18	1
<i>Larix laricina</i>	27	<1
<i>Rhododendron canadense</i>	9	<1
Herbacée (10 %)		
<i>Trichophorum cespitosum</i>	55	7
<i>Rubus chamaemorus</i>	73	3
<i>Eriophorum vaginatum</i>	9	1
Muscinale (17 %)		
<i>Sphagnum fuscum</i>	55	10
<i>Sphagnum tenellum</i>	9	4
<i>Sphagnum capillifolium</i>	18	3
<i>Sphagnum rubellum</i>	9	<1
<i>Pleurozium schreberi</i>	9	<1
<i>Dicranum sp.</i>	9	<1
Lichénique (58 %)		
<i>Cladonia stellaris</i>	100	38
<i>Cladonia rangiferina</i>	90	18
<i>Cladonia mitis</i>	18	2
<i>Cladonia stygia</i>	9	1

* Les espèces caractéristiques de la communauté végétale sont indiquées en caractères gras.

Intérêt pour la conservation

Sur le territoire de la Côte-Nord, cette communauté végétale est fréquente dans la zone maritime, mais semble rare dans les autres zones.

Communautés ou concepts apparentés :

- Type de végétation à *Chamaedaphne calyculata*/*Cladonia rangiferina* [Gerardin et Grondin, 1984]
- *Kalmia angustifolia* – *Chamaedaphne calyculata* – [*Picea mariana*] / *Cladonia* spp. Dwarf-shrubland, CEGLO06225 [NatureServe, 2015]



Une grande zone de marais et marécages arbustifs au nord de Chevery



Bétulaie à bouleau blanc issue d'un feu de forêt

Systèmes écologiques de la Côte-Nord

Comme mentionné dans la section portant sur la méthode, les systèmes écologiques se distinguent par des assemblages particuliers de communautés végétales occupant des environnements similaires. Le nom de chaque système écologique est habituellement accompagné d'une étiquette géographique précisant son aire de répartition. Les systèmes écologiques présentés à la page suivante ayant été déterminés à partir de données portant sur une portion seulement du Québec nordique, leur affinité géographique n'a pas encore été précisée. Elle le sera lorsque les travaux d'inventaire et d'analyse auront été menés sur l'ensemble du territoire du Québec nordique.

Sur la base des renseignements existants et des avis fournis par différents experts, une trentaine de systèmes écologiques a été retenue pour le territoire de la Côte-Nord. Le nombre de communautés végétales répertoriées jusqu'à présent dans chaque système écologique a été déterminé. On constate qu'il n'y a pas nécessairement de lien entre la superficie occupée par un système écologique et le nombre de communautés végétales qu'il comprend. Ainsi, le fen pauvre à intermédiaire est celui qui présente la plus grande diversité de communautés végétales, même si sa présence est sporadique dans le paysage. Un constat similaire ressort lorsqu'on examine la richesse floristique des systèmes écologiques. Malgré sa superficie limitée et sa configuration généralement linéaire, le système écologique de marais et marécages arbustifs constitue le type préférentiel de 199 taxons indigènes, soit le quart (25,5 %) de tous ceux recensés dans les milieux naturels humides et terrestres (bien drainés) du territoire.

Certains systèmes écologiques de la Côte-Nord se caractérisent autant par leurs communautés végétales uniques que par les types de biotope particuliers qu'ils occupent. C'est le cas du système des marais salés ou saumâtres et marécages arbustifs côtiers, qui est confiné aux zones d'accumulation de dépôts fins situées dans les portions abritées du littoral (anses, baies et embouchures de rivières) et auquel une vingtaine de communautés végétales sont associées.

Les systèmes écologiques forestiers, pour leur part, occupent souvent des biotopes similaires. Ils se distinguent davantage par un assemblage particulier de communautés végétales associées à différents stades évolutifs. Les nombreuses études dont ces communautés ont fait l'objet montrent que leur composition et leur dynamique sont fortement influencées par le climat. Le système écologique de la sapinière à bouleau blanc, par exemple, regroupe plusieurs communautés forestières dominées ou co-dominées par le bouleau blanc et dont la présence est en bonne partie liée aux épidémies d'insectes. Dans la partie nord du territoire, les conditions climatiques plus sèches et plus froides freinent l'expansion des épidémies, mais favorisent les incendies de forêt qui constituent le régime de perturbation caractéristique du système écologique de la pessière d'épinette noire à lichens.

Enfin, quelques systèmes écologiques partagent les mêmes communautés végétales. L'arbustaie à *Chamaedaphne calyculata* - *Picea mariana* / *Sphagnum fuscum* se trouve aussi bien dans le bog maritime que dans le bog boréal. Ces deux systèmes écologiques possèdent cependant des communautés végétales plus particulières. Tandis que l'arbustaie lichénique à *Chamaedaphne calyculata* / *Cladonia stellaris* - *C. rangiferina* couvre d'importantes superficies dans le bog maritime, les communautés forestières sur tourbe se révèlent plus fréquentes à l'intérieur des terres, un des traits distinctifs du bog boréal.

RÉSULTATS

Nombre de communautés végétales et richesse floristique minimale des systèmes écologiques de la Côte-Nord présentés par grands types d'environnements et principaux milieux

SYSTÈMES ÉCOLOGIQUES	NBRE DE COMMUNAUTÉS VÉGÉTALES ¹	RICHESSSE FLORISTIQUE MINIMALE ²
ENVIRONNEMENTS CÔTIER ET ESTUARIEN		
Milieux humides		
Marais salé ou saumâtre et marécage arbustif côtier	23	44
Bog maritime	9	n.d.
Milieux secs		
Dune maritime	n.d.	
Littoral sableux	2	
Littoral de graviers et de cailloux [substrat acide]	n.d.	83
Littoral de roc acide (falaises vives et autres côtes rocheuses)	n.d.	
Littoral de graviers et de cailloux [substrat basique]		33
Littoral de roc basique (falaises vives et autres côtes rocheuses)	n.d.	
Lande maritime sur substrat acide	n.d.	14
Toundra maritime sur substrat acide	14	
Lande maritime sur substrat basique	n.d.	
Toundra maritime sur substrat basique	2	32
Sapinière et pessière maritimes	1	n.d.
ENVIRONNEMENTS CONTINENTAL ET BORÉAL		
Milieux humides		
Marais et marécages arbustifs	10	199
Pessière d'épinette noire à sphaignes	2	n.d.
Sapinière à épinette noire et sphaignes	2	n.d.
Fen pauvre à intermédiaire	26	32
Fen riche	6	54
Bog boréal	14	43
Milieux secs		
Falaise, escarpement et éboulis sur substrat acide	n.d.	23
Falaise, escarpement et éboulis sur substrat basique	n.d.	33
Lande boréale	8	41
Pessière d'épinette blanche sur substrat basique	1	
Pessière d'épinette noire à lichens	3	
Pessière d'épinette noire à mousses ou à éricacées	9	89
Sapinière à bouleau blanc	15	
Sapinière à épinette noire	21	
ENVIRONNEMENTS ALPIN ET SUBALPIN		
Sapinière ou pessière subalpine	2	
Combe à neige	3	60
Toundra alpine	13	
Fen pauvre à intermédiaire de haute altitude	2	n.d.
TOTAL	188	780

1 : n.d. : donnée non disponible

2 : Les valeurs ont été obtenues en déterminant pour chaque taxon le système écologique ou le groupe de systèmes écologiques auquel il est le plus fréquemment associé selon les avis d'experts. Comme plusieurs taxons peuvent occuper plus d'un système écologique, les valeurs présentées doivent être interprétées comme une richesse spécifique minimale. Les espèces aquatiques et les espèces introduites ne sont pas considérées dans ce tableau.

Exemple d'une fiche d'un système écologique répertorié sur la Côte-Nord

MARAIS SALÉ OU SAUMÂTRE ET MARÉCAGE ARBUSTIF CÔTIER

Sur le territoire de la Côte-Nord, ce système écologique se trouve confiné aux rares zones d'accumulation de dépôts fins situées à l'embouchure de rivières ou dans de petites baies de configuration variée.

Biotope

Plaine inondable marine ou estuarienne actuelle
[PI/6C]

Régime de perturbation

- Inondation périodique
- Érosion glacielle

Diversité biologique

- Nombre de communautés végétales : 23
- Nombre total d'espèces floristiques : 83

ANSES



BAIE OUVERTE



EMBOUCHURE DE RIVIÈRE



BAIE PROFONDE DIGITÉE



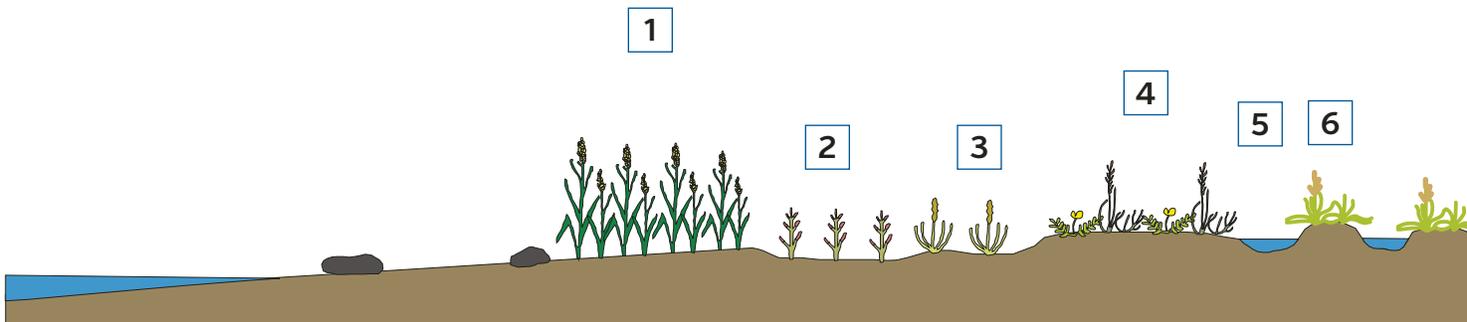
SUITE >

MARAI SALÉ OU SAUMÂTRE ET MARÉCAGE ARBUSTIF CÔTIER

Communautés végétales associées

Plusieurs des communautés végétales répertoriées sur la Côte-Nord dans ce système écologique sont largement répandues autour du golfe du Saint-Laurent. Dans la zone inondée par les marées quotidiennes (le bas marais), les herbaçaias à *Spartina alterniflora*, à *Salicornia depressa*, à *Plantago juncoïdes* ou à *Carex subspathacea* se succèdent le long d'un gradient altitudinal et d'exposition. Dans le haut marais, les herbaçaias à *Festuca rubra* – *Potentilla anserina*, à *Juncus arcticus*, à *Carex paleacea*, ou à *C. recta* (partie saumâtre) ainsi que les marelles à *Ruppia maritima* sont fréquentes. Sur les bourrelets de sable ou de gravier ou dans la zone de transition avec la forêt, s'installe une végétation plutôt dulcicole, dominée par *Calamagrostis canadensis* ou *Myrica gale*.

Le caractère distinctif de ce système écologique lui est conféré par un assemblage particulier de communautés végétales, à l'exemple de la mosaïque formée par les herbaçaias à *Carex mackenziei* (parfois remplacé par *C. salina* et/ou *C. glaerosa*) et à *Bolboschenus maritimus* qui occupent des superficies importantes dans le haut marais. Dans la partie est du territoire, on observe de plus dans le bas marais des communautés végétales formées d'espèces d'affinité plus nordique tels qu'*Hippuris lanceolata* et *Puccinellia phryganodes*.

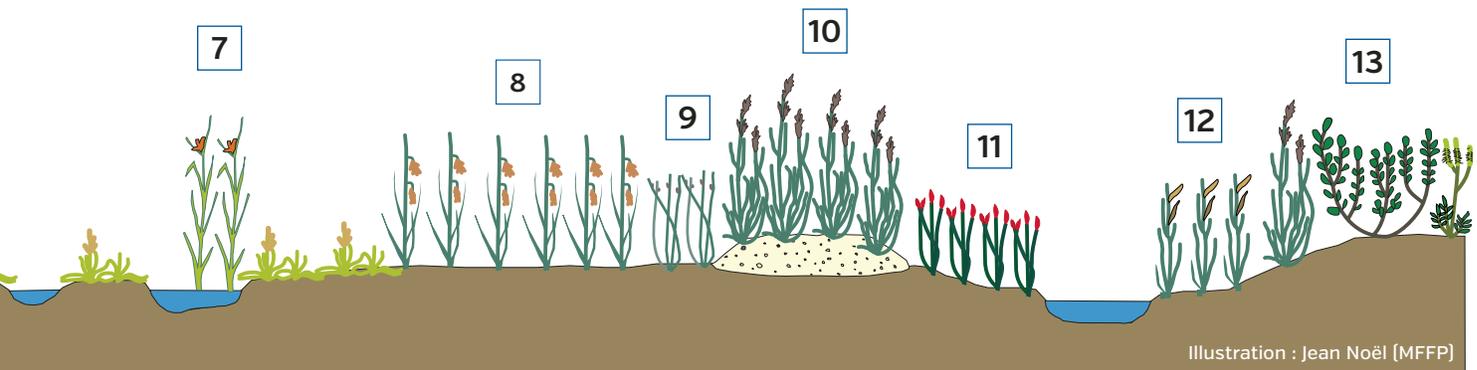


Hydrosère représentative

L'illustration et les photos ci-dessous illustrent la position altitudinale de la dizaine de communautés végétales les plus fréquemment observées dans le système écologique des marais salés ou saumâtres et marécages arbustifs sur le territoire de la Côte-Nord. Il s'agit essentiellement d'herbaçaiies disposées en bandes plus ou moins parallèles à la côte. Les inondations périodiques occasionnées par les marées, la formation d'un couvert de glace en hiver ainsi que l'arrachage de radeaux de végétation par les glaces au printemps constituent les principaux processus dynamiques régissant ce système écologique.

Principales communautés végétales

- | | |
|--|---|
| 1. <i>Spartina alterniflora</i> | 7. <i>Bolboschoenus maritimus</i> |
| 2. <i>Salicornia depressa</i> | 8. <i>Carex paleacea</i> |
| 3. <i>Plantago maritima</i> subsp. <i>juncooides</i>
ou <i>Carex subspathacea</i> | 9. <i>Juncus arcticus</i> var. <i>balticus</i> |
| 4. <i>Festuca rubra</i> et <i>Argentina anserina</i> . | 10. <i>Calamagrostis canadensis</i> |
| 5. <i>Ruppia maritima</i> (marelles) | 11. <i>Eleocharis uniglumis</i> |
| 6. <i>Carex mackenziei</i> | 12. <i>Carex recta</i> |
| | 13. <i>Myrica gale</i> et <i>Sanguisorba canadensis</i> |



CARACTÉRISATION DES ÉCOSYSTÈMES

Pour illustrer la relation entre le biotope et la biocénose sur laquelle s'appuie la caractérisation des écosystèmes, prenons en exemple le district écologique de la plaine littorale de Longue-Pointe-de-Mingan, situé dans la zone maritime du territoire de la Côte-Nord.

Biotope

La caractérisation de la partie physique des écosystèmes se fait par une évaluation de la proportion relative occupée par les types de biotope présents dans le district écologique. Pour le district de la plaine littorale de Longue-Pointe-de-Mingan, six types de biotope ont été établis.

Description de la proportion des biotopes du district de la plaine littorale de Longue-Pointe-de-Mingan

FORME DE TERRAIN	DÉPÔT DE SURFACE	GÉOLOGIE	%
FL : Flèche	6D : sables littoraux	0 : pas d'influence de la géologie	40 %
PN : Plaine	7O : tourbe ombrotrophe	0 : pas d'influence de la géologie	20 %
TE : Terrasse	3D : delta sableux	0 : pas d'influence de la géologie	10 %
TE : Terrasse	3F : sables alluvionnaires	0 : pas d'influence de la géologie	10 %
MN : Monticule	OR : roc	A : gneiss	10 %
VN : Vallon	5A : argiles marines	0 : pas d'influence de la géologie	10 %

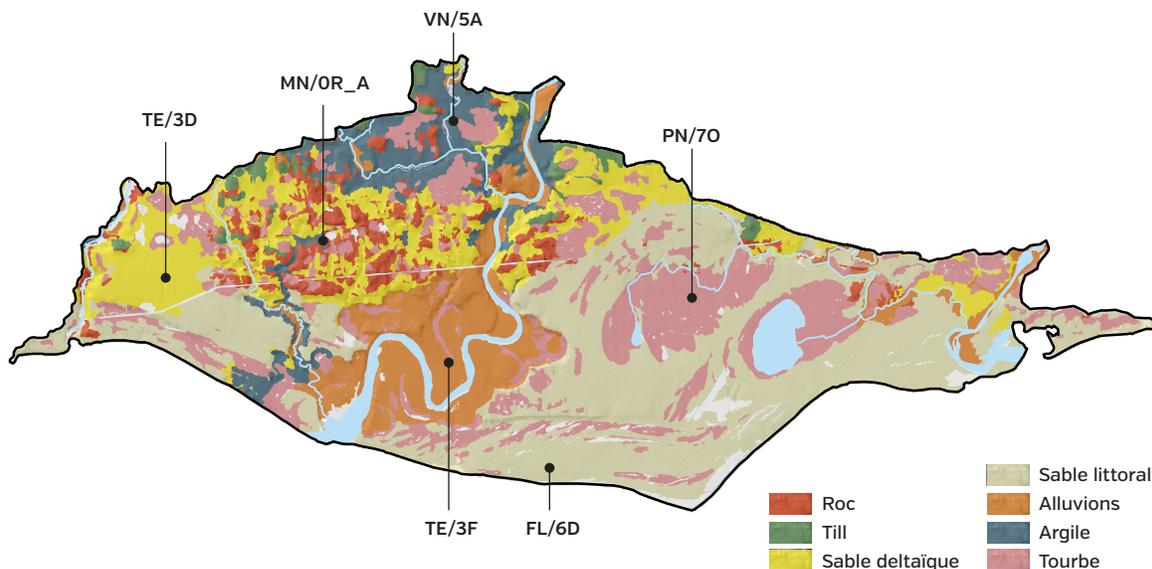


Illustration des biotopes du district de la plaine littorale de Longue-Pointe-de-Mingan à partir des données de la carte écoforestière du MFFP

Le premier type de biotope que l'on trouve sur la côte correspond à un vaste complexe de flèches de dépôt littoral [FL/6D]. Il est associé à de grandes plaines organiques ombrotrophes [PN/7O] interrompues par des plans d'eau. En amont de son embouchure, la rivière Saint-Jean coule à travers d'anciennes terrasses alluviales [TE/3F]. La rivière Magpie est bordée à l'est

par des monticules rocheux [MN/OR_A] et à l'ouest par une terrasse de dépôt deltaïque [TE/3D] mise en place lors de la phase d'invasion de la mer de Goldthwait. Au nord du district, la rivière Chambers coule au creux de vallons d'argiles marines [VN/5A] pour rejoindre la rivière Saint-Jean. Le socle rocheux fait partie d'un complexe géologique de roches acides [A : gneiss].

Biocénose

La biocénose est établie en reliant la valeur des données de la carte de végétation des cartes écoforestières à un système écologique. Cela permet de visualiser la répartition sur le territoire des principaux systèmes écologiques. Ceux de configuration linéaire ou de très petite superficie, qu'il est difficile de capter de cette façon, peuvent être déterminés par d'autres sources de données.

Écosystèmes

La détermination des écosystèmes se fait en établissant un lien entre les types de biotope et les systèmes écologiques. Les liens entre la biocénose et le biotope sont contenus dans la carte de végétation, il suffit de recoder les données de végétation et de dépôt.

Le district de la plaine littorale de Longue-Pointe-de-Mingan comprend 20 écosystèmes. On observe, par exemple, que les bogs maritimes et les sapinières à épinette noire et sphaignes sont majoritairement localisés sur le type de biotope de plaine organique [PN/7], tandis que le biotope de flèche de sables littoraux [FL/6D] peut supporter cinq systèmes écologiques, qui représentent autant d'écosystèmes distincts.

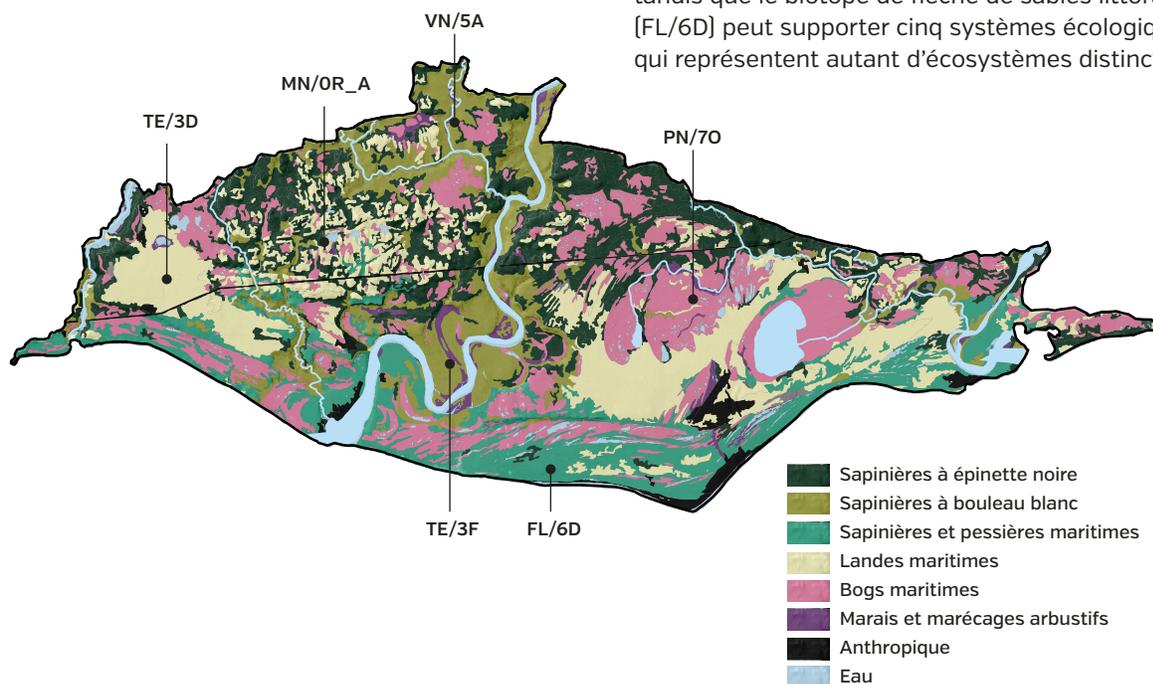
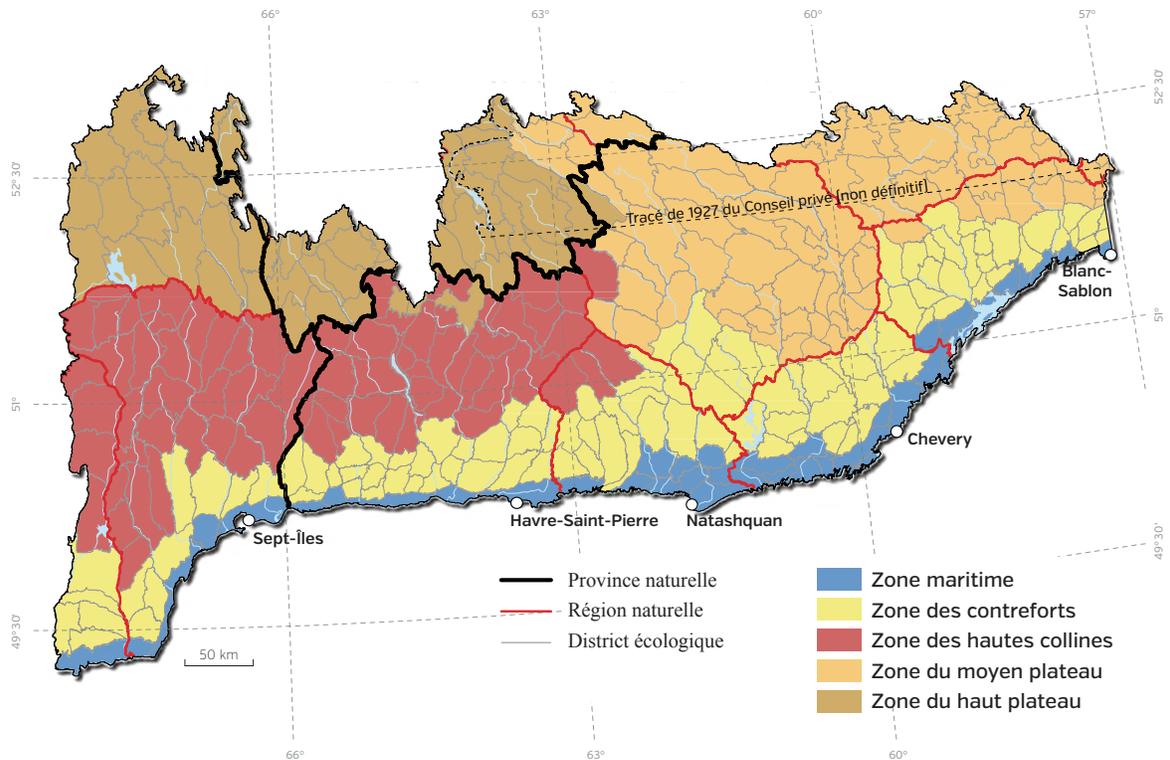


Illustration des systèmes écologiques du district de la plaine littorale de Longue-Pointe-de-Mingan à partir des données de la carte écoforestière du MFFP

Pourcentage d'occupation des systèmes écologiques dans chacun des types de biotope du district de la plaine littorale de Longue-Pointe-de-Mingan

BIOCÉNOSE		BIOTOPE					
CODE CARTOGRAPHIQUE	SYSTÈMES ÉCOLOGIQUES	FL 6D	DE 70	TE 3D	TE 3F	MN OR	VN 5A
Rm : résineux à fond de mousses	Sapinières à épinette noire Pessières d'épinette noire à mousses ou à éricacées Sapinière et pessière maritimes	56		76	66	40	97
Rc : résineux à fond de lichens	Pessières d'épinette noire à lichens	1					
Mm : mélangés à fond de mousses	Sapinières à bouleau blanc	3		2	8	3	2
Ld : landes	Landes maritimes	40		22		55	1
Mar : marais	Marais et marécages arbustifs		3		26		
Bog : bog	Bogs maritimes		95			2	
Tob : tourbières boisées	Sapinières à épinette noire et sphaignes		2				

SYNTHÈSE TERRITORIALE

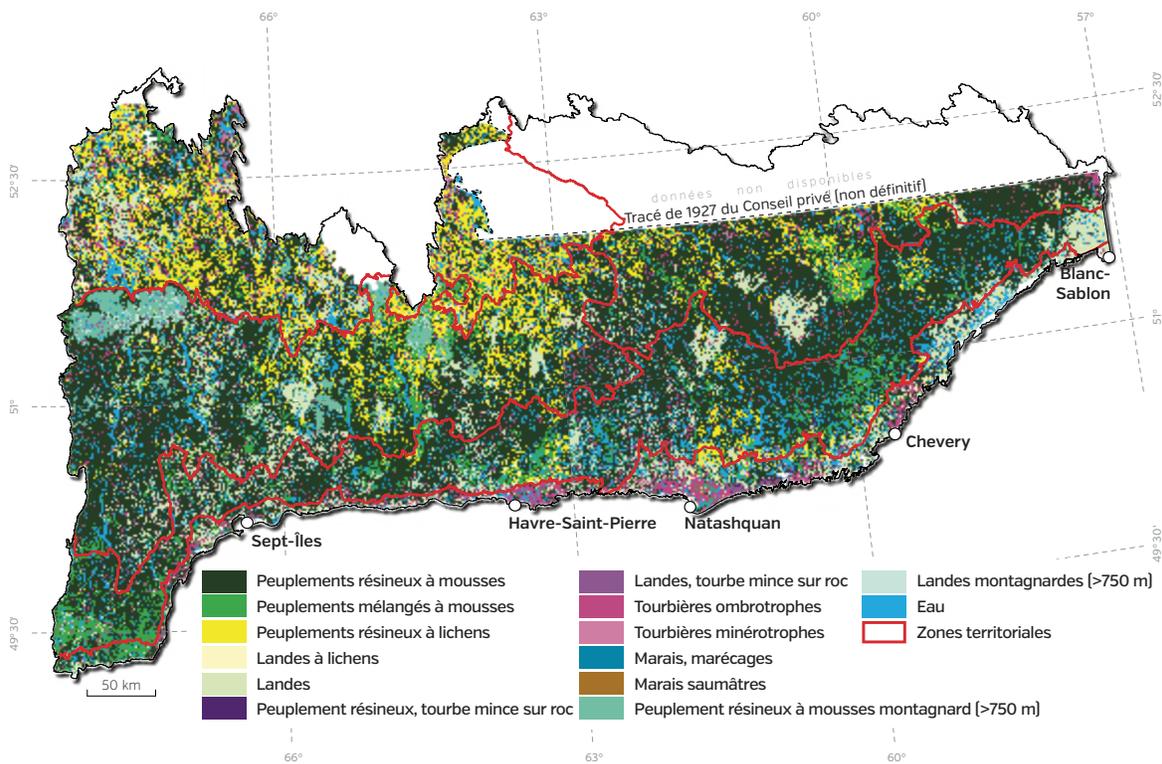


Zones territoriales de la Côte-Nord

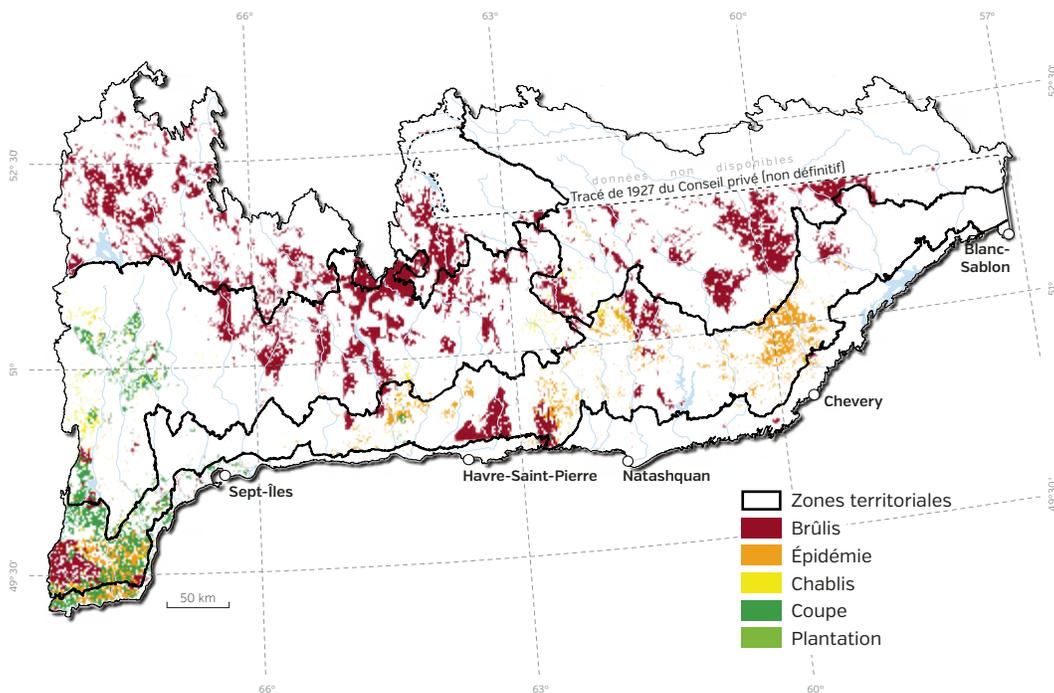


Zones territoriales de la Côte-Nord

Cette classification générale a permis de faire ressortir cinq grandes zones territoriales qui caractérisent le territoire de la Côte-Nord. Des fiches descriptives de chaque zone territoriale ont été produites en tenant compte des données sur le biotope, la biocénose, le climat et les perturbations naturelles.



Carte de végétation de la Côte-Nord



Carte des perturbations de la végétation de la Côte-Nord



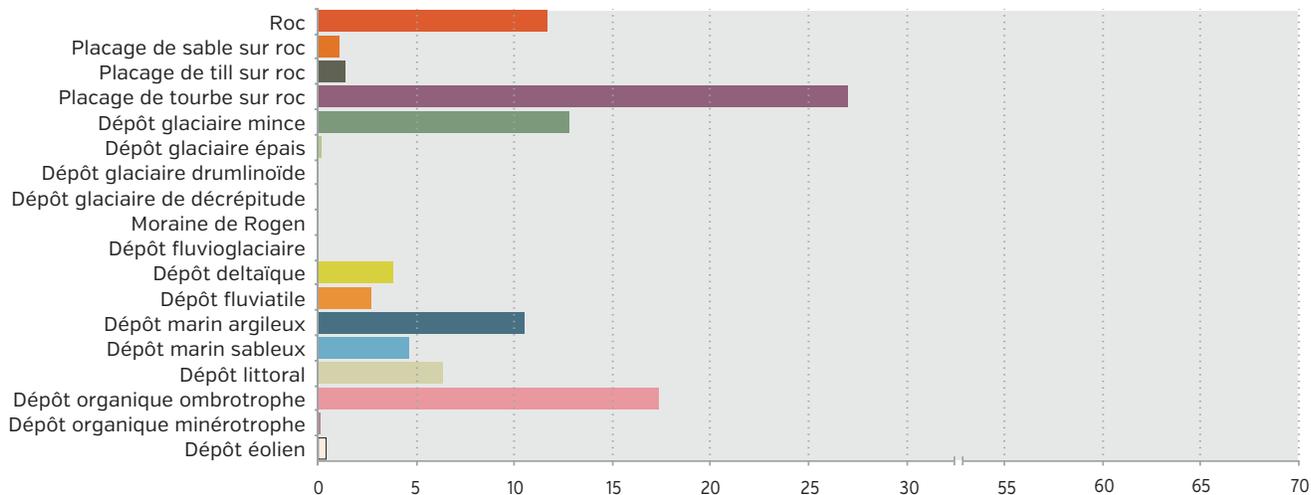
Reliefs côtiers décapés dans la région de Vieux-Fort

ZONE TERRITORIALE : BANDE MARITIME DE LA CÔTE-NORD

Biotope

Les districts écologiques associés à cette zone territoriale sont localisés sur une étroite bande côtière qui n'excède pas 30 km de large. Ils ont été soumis entièrement, lors de la dernière déglaciation [-10 000 ans], aux effets de la mer de Goldthwait qui a submergé les terres jusqu'à 150 m d'altitude. Cet événement explique la présence de quatre grands types de biotope, à savoir les reliefs décapés et relativement peu élevés, les vallons argileux présents entre ces reliefs, les grandes terrasses de sables deltaïques sur argile ainsi que les dépressions ou les plaines organiques qui occupent de plus ou moins grandes étendues.

Pourcentage d'occupation des dépôts pour la bande maritime de la Côte-Nord



Biocénose

Les systèmes écologiques des sapinières à bouleau blanc et des sapinières à épinette noire (forêts de résineux à fond de mousses) dominent et se trouvent principalement dans les fonds de vallons recouverts de dépôts marins argileux, sur les quelques reliefs présentant des placages de dépôts glaciaires ou des placages de matière organique et sur les grandes terrasses sableuses. Ces systèmes écologiques sont soumis à des perturbations naturelles (chablis et épidémie) qui favorisent l'installation du bouleau blanc dans les peuplements forestiers. À proximité de la côte, à l'est de Natashquan principalement, les sommets des faibles reliefs décapés sont occupés par les bogs maritimes et les landes maritimes (ou les toundras maritimes dans la partie est) qui composent une mosaïque complexe reflétant l'irrégularité du substrat rocheux. C'est toutefois sur les terrasses de sable imperméabilisées par une couche d'orstein que les bogs maritimes connaissent un développement maximal. Les landes maritimes, pour leur part, occupent les rares dunes fixées, les anciens cordons littoraux et les hauts de versants des reliefs décapés. Elles côtoient alors les sapinières ou pessières d'épinette blanche maritimes.

Climat

Les districts écologiques de cette zone présentent les températures les plus élevées du territoire de la Côte-Nord, de même que la saison de croissance la plus longue. Les eaux du golfe du Saint-Laurent tamponnent le climat; les écarts entre les températures minimales et maximales sont les moins grands et les jours de gel-dégel sont plus nombreux comparativement aux districts écologiques situés à l'intérieur des terres.

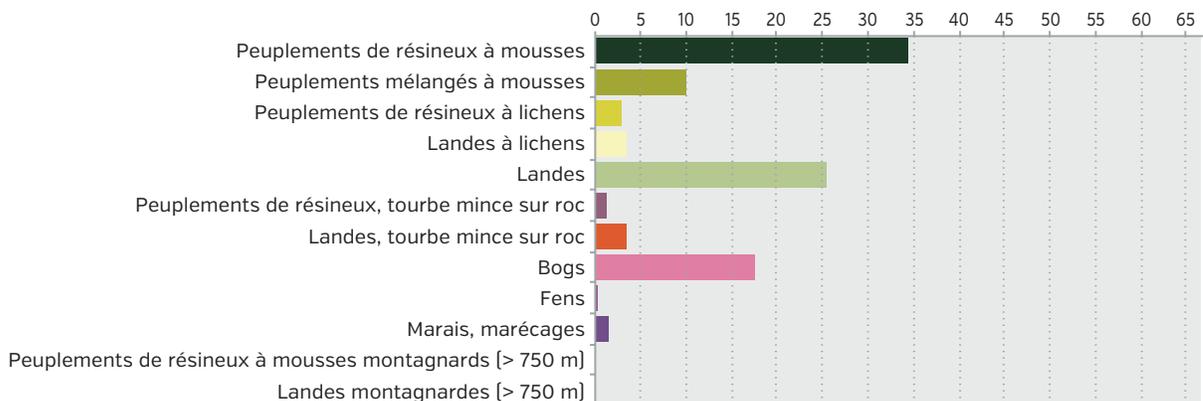


Terrasse d'argile recouverte de sable deltaïque entre la rivière Magpie et la rivière Saint-Jean

Particularités

Certains districts écologiques présentent les dernières traces de la province géologique des Basses-terres du Saint-Laurent. À Havre-Saint-Pierre et à Blanc-Sablon, les formations de calcaire supportent des sols plus riches et une flore spécialisée. Au contact du continent et des eaux du golfe du Saint-Laurent, des systèmes écologiques particuliers se sont développés : marais salés ou saumâtres et marécages arbustifs côtiers, littoraux sableux, littoraux de roc acide, dunes maritimes, etc. Ces derniers contribuent à la grande richesse floristique de la bande maritime de la Côte-Nord qui contraste fortement avec ceux qui se trouvent à l'intérieur des terres. L'effet combiné du courant froid du Labrador et des forts vents venus du large serait, pour sa part, responsable de la présence de taxons et de communautés végétales d'affinité arctique qui caractérisent la toundra maritime sur substrat acide ou basique.

Pourcentage d'occupation des types de végétation de la bande maritime de la Côte-Nord





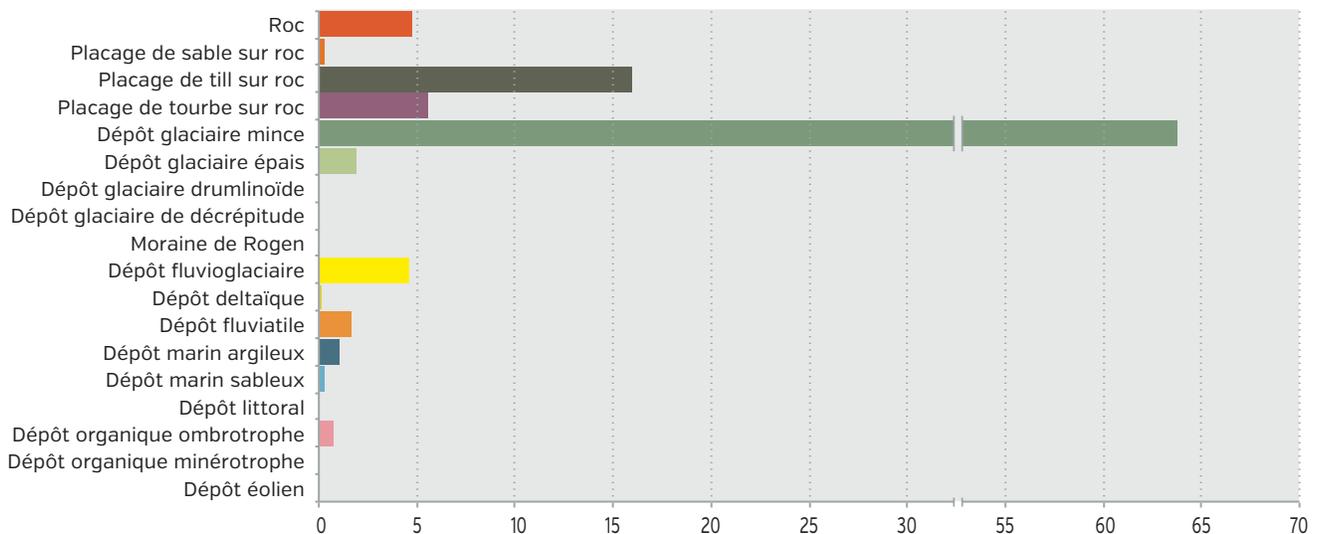
Sommet moutonné au nord de Matamec

ZONE TERRITORIALE : CONTREFORTS DE LA CÔTE-NORD

Biotope

Les districts écologiques marquent la transition entre ceux de la bande maritime et ceux des hautes collines et du moyen plateau de la Côte-Nord. Jusqu'à 150 m, les reliefs ont subi l'influence de la mer de Goldthwait. Ces derniers présentent des sommets décapés et sont associés à des vallons d'argiles marines. Au-delà de 150 m et jusqu'à 350 m d'altitude, le territoire présente de larges interfluvies moutonnés recouverts de till plus ou moins épais que des vallées encaissées parfois avec des dénivelés de plus de 200 m. Les fonds sont comblés par des sables fluvioglaciers. Les dépôts sont repris par les rivières qui, en les remaniant, laissent des terrasses fluviatiles.

Pourcentage d'occupation des dépôts pour les contreforts de la Côte-Nord



Biocénose

Les systèmes écologiques des sapinières à bouleau blanc et des sapinières à épinette noire (forêts de résineux à fond de mousses) (sapin et épinette noire) dominent encore le territoire. Ils sont représentés par des peuplements mélangés issus des perturbations naturelles. Ils se retrouvent principalement sur les versants et les reliefs recouverts de till plus ou moins épais et dans les fonds de vallée comblés par les dépôts marins et les dépôts fluvioglaciaires. Sur les larges sommets rocheux, à moins de 150 m d'altitude, se développent les landes boréales et les pessières d'épinette noire à lichens. Les bogs boréaux occupent les petites dépressions dans les reliefs recouverts de till et les fonds de vallée d'argile et de sables fluvioglaciaires. Les marais et marécages arbustifs occupent les terrasses fluviatiles inondées au printemps. Certaines arbustives des landes boréales sont associées à quelques grands feux qui sont survenus sur le territoire.

Climat

Les districts écologiques des contreforts de la Côte-Nord sont influencés par la masse d'eau du golfe du Saint-Laurent (bilan hydrique annuel élevé). La saison de croissance diminue par rapport aux districts écologiques de la bande maritime.

Particularités

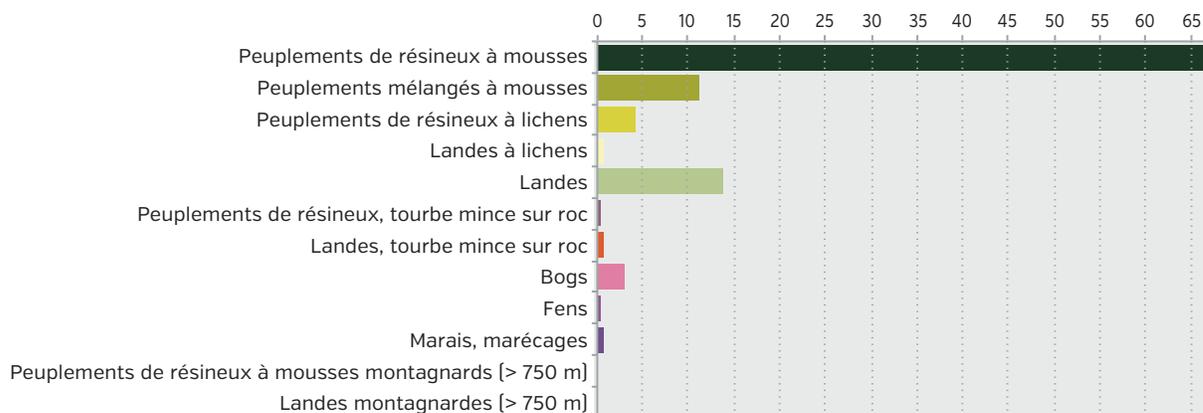
Les districts écologiques comprennent des reliefs rocheux qui supportent des peuplements résineux forestiers caractérisés par un folisol (sol composé de matériaux organiques forestiers des hautes terres,

frais et humide, qui se développe lorsque les températures du sol sont basses). Ces peuplements ont tendance à se transformer en landes au passage des feux lorsque ces derniers ne dégradent que partiellement la couche organique, ce qui empêche la germination des graines de sapin et d'épinette. Ces districts écologiques présentent des conditions propices au maintien de peuplements forestiers mélangés. La dynamique forestière est principalement contrôlée par les épidémies d'insectes et les conditions océaniques, qui confèrent un taux d'humidité atmosphérique plus grand qu'au nord et protègent en partie des feux.



Large fond de vallée de la rivière Mingan à moins de 150 m d'altitude

Pourcentage d'occupation des types de végétation pour les contreforts de la Côte-Nord





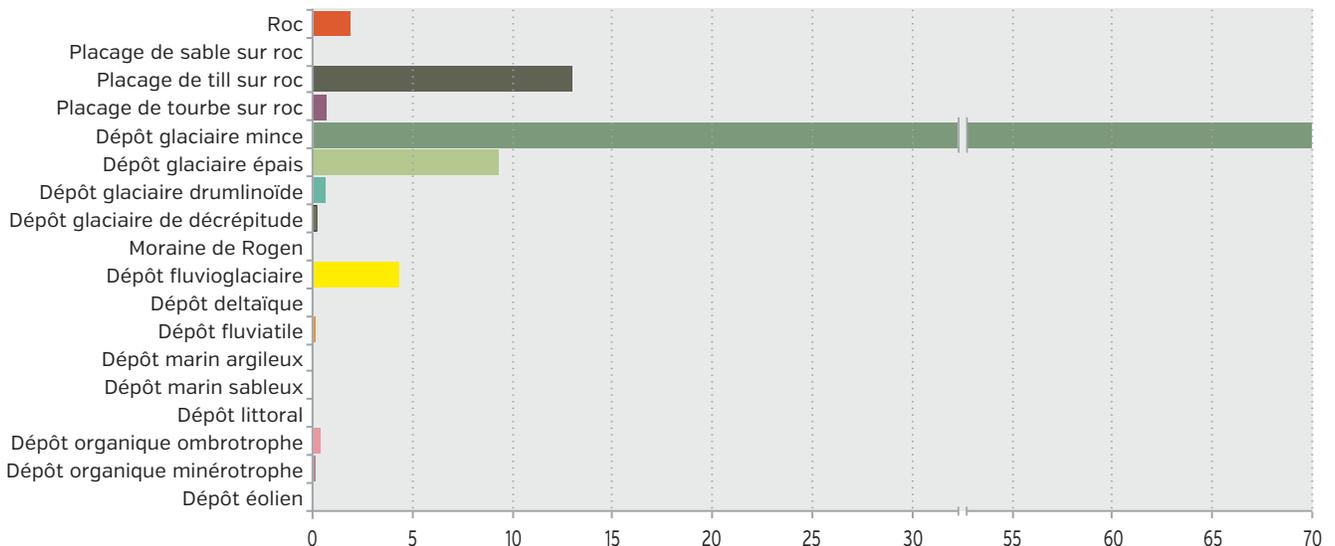
Hautes collines de la Côte-Nord entrecoupées de larges vallées glaciaires

ZONE TERRITORIALE : HAUTES COLLINES DE LA CÔTE-NORD

Biotope

La majorité des districts écologiques sont composés de massifs d'anorthosite formés lors de l'orogène de Grenville. L'érosion différentielle de cette roche encaissante, plus résistante que les roches environnantes, a façonné des reliefs qui atteignent les 700 m, certains dépassant même les 900 m [massif montagneux des monts Groulx]. Les dépôts glaciaires, plus ou moins épais, se présentent en placage sur certains sommets et versants. Certaines vallées, très profondes et étroites, présentent des versants abrupts pouvant dépasser les 500 m. Elles sont parfois accompagnées de quelques grands lacs longilignes [Magpie, Manitou et Manicouagan]. Certains fonds de vallée plus larges présentent des dépôts fluvioglaciaires, repris par les rivières.

Pourcentage d'occupation des dépôts pour les hautes collines de la Côte-Nord





Terrasses fluvioglaciaires et sommets rocheux recouverts de landes et de forêts à lichens

Biocénose

La distribution de la végétation est influencée par le gradient altitudinal associé à celui du climat. Les systèmes écologiques des sapinières à épinette noire et des pessières d'épinette noire à mousses ou à éricacées dominent le territoire. Ils occupent principalement les versants et les sommets abrités. Les fonds de vallée présentent des conditions édaphiques et microclimatiques propices au maintien des peuplements mélangés associés aux sapinières à bouleau blanc d'affinité plus méridionale. Le drainage oblique, quand il est présent, favorise également les peuplements de sapin. Les landes boréales et les pessières d'épinette noire à lichens occupent quelques fonds sableux et certains reliefs. Sur les hauts sommets, lorsque les altitudes dépassent les 900 m, la toundra alpine devient le système écologique dominant.

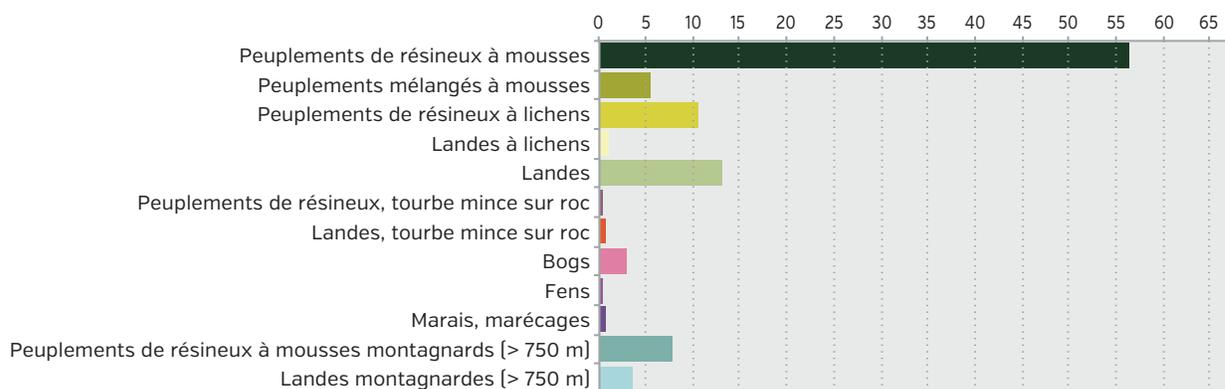
Climat

L'influence de la masse d'eau du golfe du Saint-Laurent, moins marquée, et la présence de hauts reliefs font chuter le nombre de degrés-jours de croissance. Les étés sont frais et les hivers sont froids. Le bilan hydrique est le plus faible des cinq zones territoriales, ce qui explique la forte fréquence des incendies de forêt. Les températures froides diminuent quant à elle l'importance des épidémies d'insectes.

Particularités

Le climat rigoureux, qui caractérise les milieux alpins et subalpins, attribue des formes de croissance particulières à la végétation. Les krummholz, typiques de ce secteur, apparaissent au-delà de 600 m d'altitude et forment souvent une ceinture autour du sommet des reliefs. Sur certains hauts versants de plus de 700 m d'altitude, les peuplements résineux renferment souvent de l'épinette blanche, ce qui témoigne de conditions atmosphériques plus humides [Lavoie, 1989]. Dans ces milieux, où la neige fond tardivement, les combes à neige se forment dans les zones abritées où la forme du terrain permet l'accumulation de la neige et son maintien plus longtemps. Ce système écologique abrite des communautés végétales dominées par des espèces chionophiles comme *Harrimanella hypnoides* [*Cassiope hypnoides*], *Phyllodoce caerulea* et *Salix herbacea*.

Pourcentage d'occupation des types de végétation pour les hautes collines de la Côte-Nord





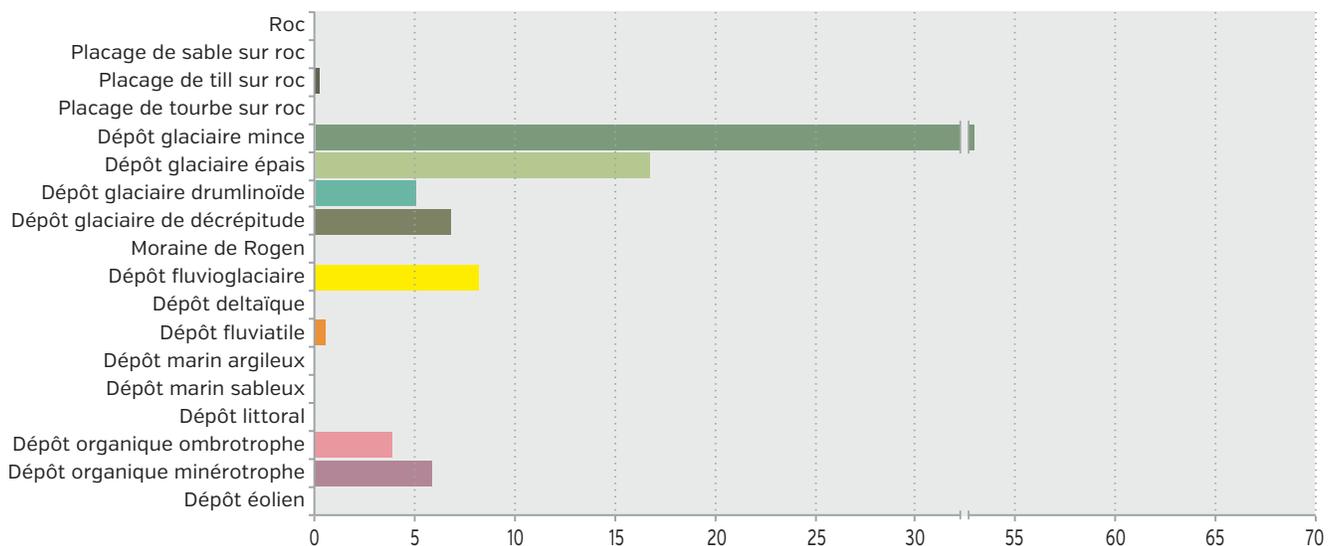
Plaine organique avec des monticules de till

ZONE TERRITORIALE : MOYEN PLATEAU DE LA CÔTE-NORD

Biotope

Les districts écologiques du moyen plateau présentent une altitude moyenne de 500 m. Ils sont parsemés de petites collines et quelques grandes rivières l'encaissent dans un axe nord-ouest sud-est (Natashquan, Saint-Augustin et Petit Mécatina). Les rivières, qui reprennent des dépôts fluvioglaciers, sont associées à des portions de territoire en dépression [350 m d'altitude] qui renferment de larges étendues de dépôts organiques accompagnées de moraines de décrépitude et de moraines drumlinoïdes.

Pourcentage d'occupation des dépôts pour le moyen plateau de la Côte-Nord



Biocénose

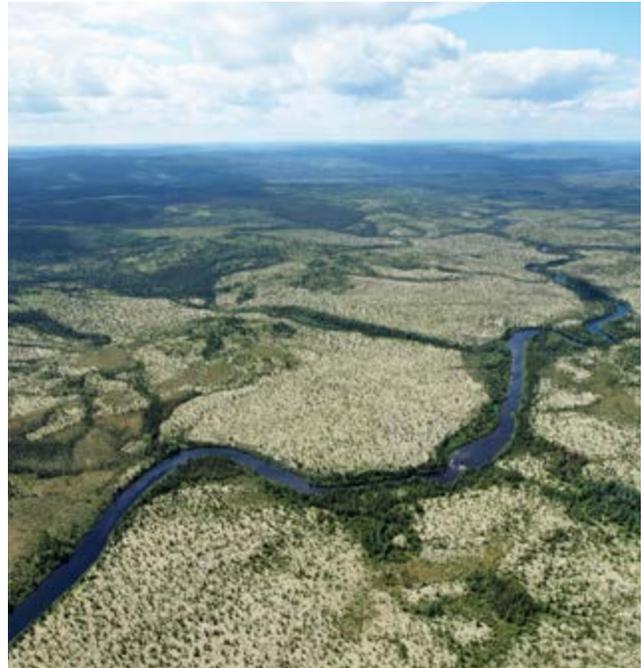
Les sapinières à épinette noire et les pessières d'épinette noire à mousses ou à éricacées dominent le couvert. Les bogs boréaux sont présents dans les dépressions. Les pessières d'épinette noire à lichens sont associées à la présence de moraines de décrépitude et de sable fluvioglaciaire, composés de dépôts filtrants. Les peuplements mélangés (sapin, épinette noire et bouleau blanc) issus des feux, principal agent de perturbation naturel, persistent dans le bas des versants protégés.

Climat

Les conditions climatiques des districts écologiques sont relativement les mêmes que pour ceux des zones environnantes. La saison de croissance est proche de la moyenne, mais présente la plus forte précipitation sous forme de neige.

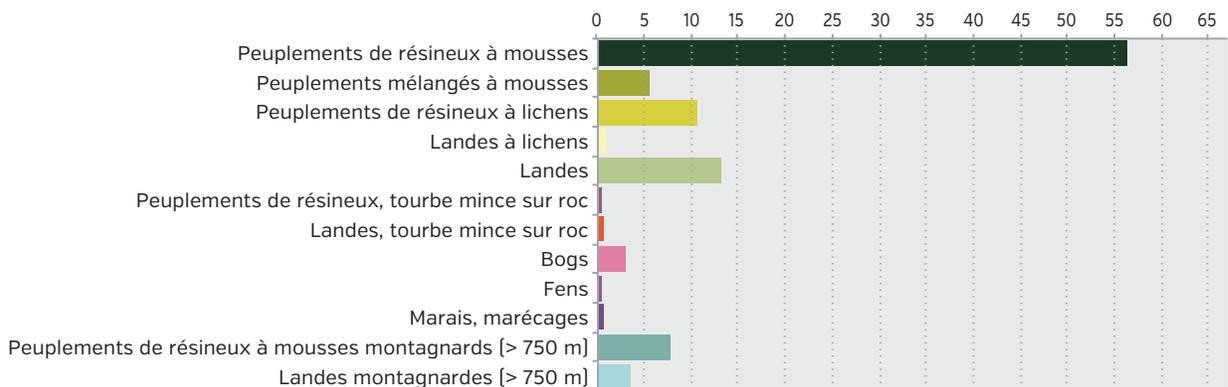
Particularité

Pour les districts écologiques situés à l'est, les landes boréales renferment des espèces d'affinité arctique se rapprochant des toundras maritimes. Dans le secteur de la rivière Lewis, les fens pauvres à intermédiaires sont présents sporadiquement.



Épandage fluvioglaciaire dans un vallon

Pourcentage d'occupation des types de végétation pour le moyen plateau de la Côte-Nord





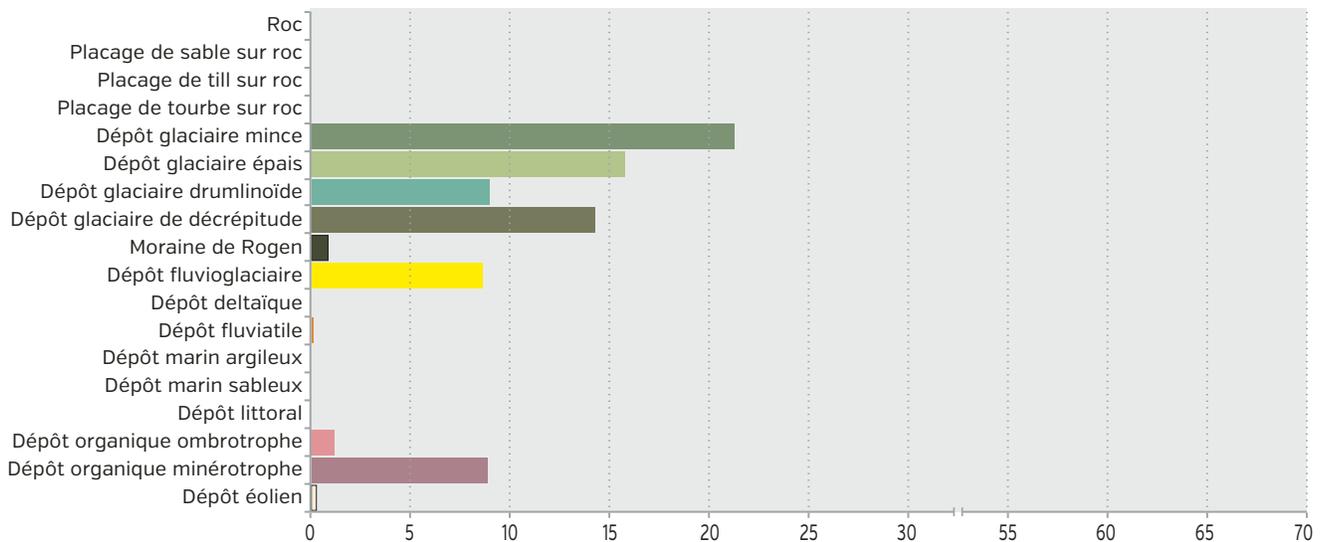
Reliefs et vallons recouverts de till

ZONE TERRITORIALE : HAUT PLATEAU DE LA CÔTE-NORD

Biotope

Les districts écologiques présentent des terrains recouverts de till à des altitudes de 600 m associés à des reliefs qui peuvent atteindre les 800 m d'altitude. La rivière Moisie découpe profondément le territoire. Fortement influencés par les processus glaciaires, les territoires en dépression (100 m de profondeur) renferment de larges étendues de moraines de décrépitude accompagnées de moraines drumlinoïdes et de dépôts organiques. De nombreuses rivières occupent de larges fonds de vallée et reprennent des matériaux fluvioglaciaires.

Pourcentage d'occupation des dépôts pour le haut plateau de la Côte-Nord



Biocénose

Les sapinières à épinette noire et les pessières d'épinette noire à mousses ou à éricacées dominent le couvert. Ces systèmes écologiques occupent les plateaux et le versant des reliefs. Les pessières d'épinette noire à lichens occupent une part presque aussi importante. Elles sont associées à la présence de dépôts filtrants tels que les moraines de décrépitude et les sables fluvioglaciaires. Les bogs boréaux occupent une portion non négligeable du territoire et sont associés principalement aux complexes fluvioglaciaires. Les landes boréales issues des feux, le principal agent de perturbation naturel, sont présentes sur l'ensemble du territoire. Les quelques sommets de plus de 900 m d'altitude se caractérisent, entre autres, par la présence de toundras alpines.

Climat

Le climat des districts écologiques est le plus continental des cinq zones. La saison de croissance y est la plus courte et les températures d'été et d'hiver y sont les plus froides. Le bilan hydrique est plutôt moyen.

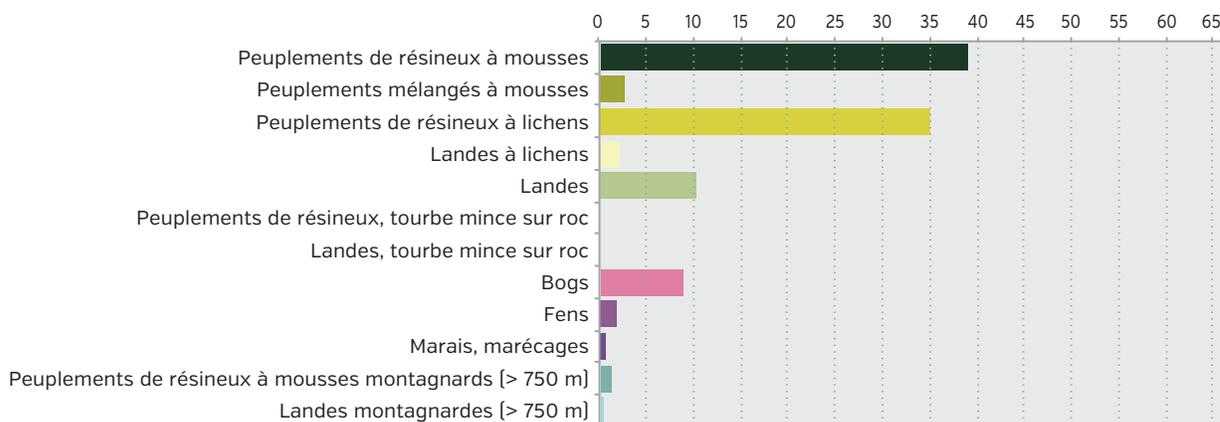
Particularité

Les feux sont un élément marquant du fonctionnement des écosystèmes de ces districts écologiques. La présence de roches calcaires et mafiques favorise la présence de fens riches [Gerardin et Grondin, 1984; Lavoie, 1984].

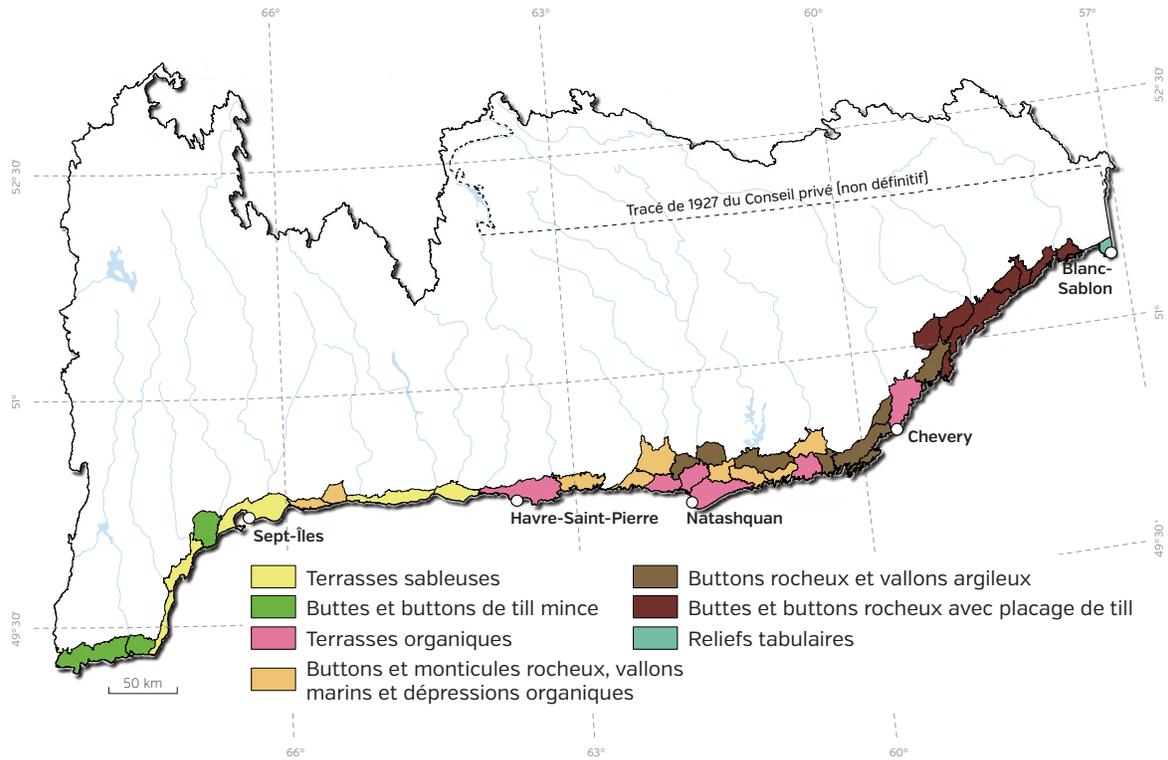


Dépressions organiques et monticules de till

Pourcentage d'occupation des types de végétation pour le haut plateau de la Côte-Nord



RÉSULTATS



Unités territoriales de la bande maritime de la Côte-Nord

Unités territoriales de la bande maritime de la Côte-Nord

Pour les districts écologiques de la bande maritime de la Côte-Nord, on distingue sept unités territoriales, soit les terrasses sableuses, les buttes et boutons de till mince, les terrasses organiques, les boutons et monticules rocheux, les vallons marins et dépressions organiques, les boutons rocheux et vallons argileux, les buttes et boutons rocheux avec placage de till et les reliefs tabulaires. Des fiches descriptives présentent chaque unité territoriale.

Fiches descriptives des unités territoriales





Terrasses sableuses

A. Le littoral est formé d'une succession de plages sableuses plus ou moins étendues et de pointes rocheuses qui plongent dans la mer. Il est bordé par des sapinières ou pessières maritimes [SbEb_m] et des landes maritimes [Ld_m]. À quelques endroits, les falaises montrent la juxtaposition du sable sur les argiles marines. Les marais salés ou saumâtres et marécages arbustifs côtiers se développent dans les anses et les baies littorales ainsi qu'à l'embouchure des cours d'eau.

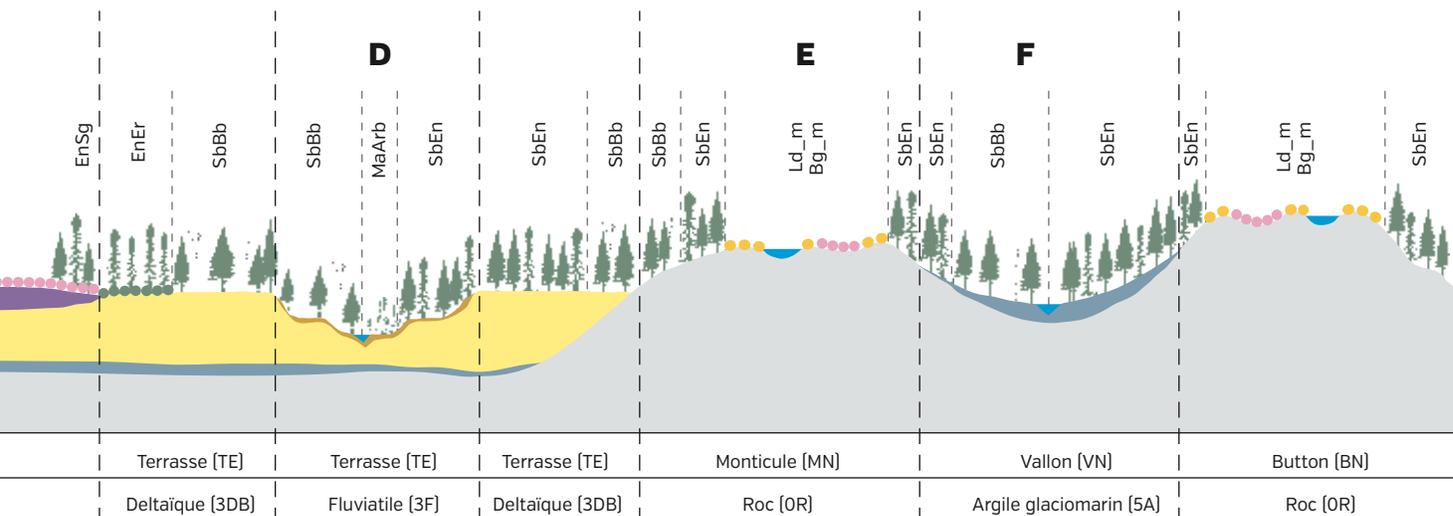
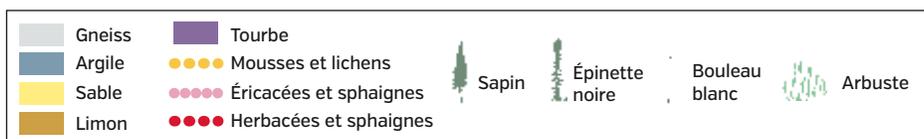
B. Les sapinières à épinette noire et les sapinières à bouleau blanc [SbEn, SbBb], bien drainées, colonisent la plus grande partie des terrasses, tandis que les pessières d'épinette noire à mousses ou à éricacées très bien drainées occupent les abords des talus [EnEr].

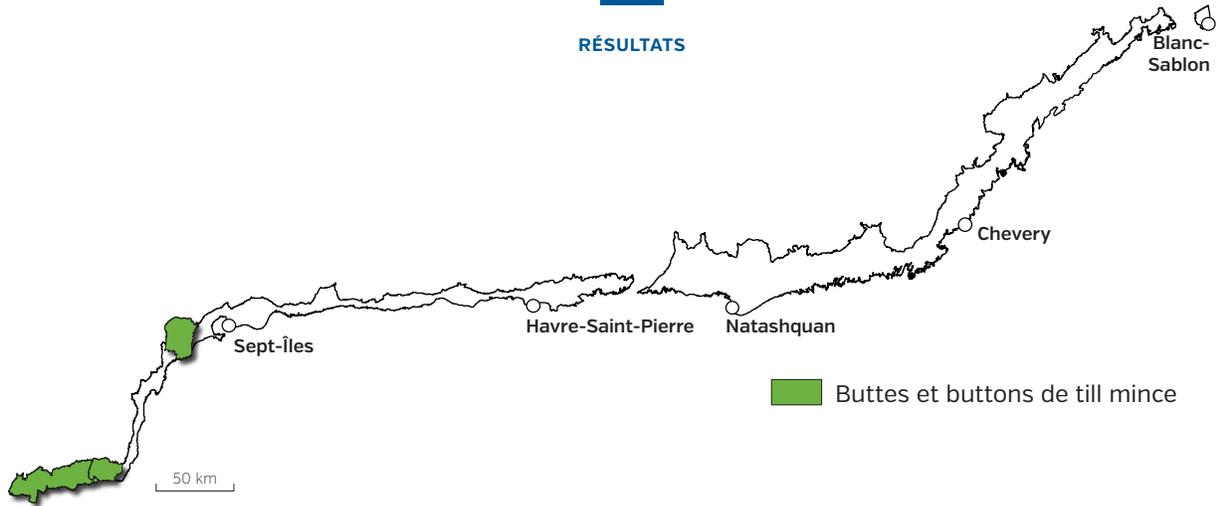
C. Les bogs maritimes [Bg_m] occupent les dépressions organiques bordées par des pessières d'épinette noire à sphaignes [EnSg]. Leur présence s'explique par le développement d'horizons indurés (ortstein) dans les dépôts sableux. Ils sont accompagnés de fens maritimes et de marécages arbustifs [Fn_m, MaArb] en bordure des petites rivières qui les parcourent.

D. Les grandes rivières favorisent le développement d'un système écologique régi par des inondations périodiques : les marais et marécages arbustifs [MaArb].

E. Les sapinières à épinette noire colonisent le haut des versants [SbEn], tandis que les sapinières à bouleau blanc colonisent le bas des versants des monticules [SbBb]. Les landes maritimes [Ld_m] et quelques bogs maritimes [Bg_m] occupent les sommets.

F. L'invasion marine a laissé des dépôts argileux qui forment des vallons dans lesquels coulent des ruisseaux. Ces vallons sont associés aux systèmes écologiques caractérisés par des peuplements matures dominés par le sapin [SbBb, SbEn].





Localisation des buttes et boutons de till mince

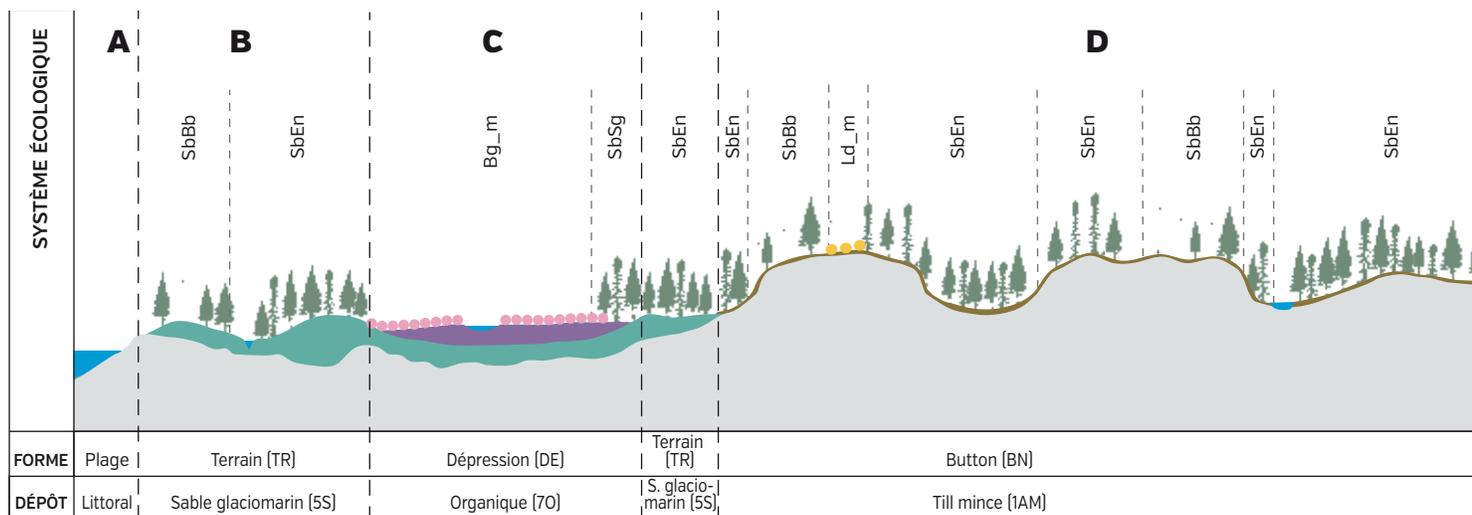
UNITÉ TERRITORIALE : BUTTES ET BOUTONS DE TILL MINCE

Les trois districts écologiques appartenant aux buttes et boutons de till mince sont situés dans la partie occidentale de la bande maritime de la Côte-Nord, entre les terrasses sableuses.

Les buttes et les boutons recouverts de till mince [BU/1AM, BN/1AM] dominent le territoire. À proximité du littoral se trouvent des vallons de dépôts sableux [VN/5S] produits par l'invasion de la mer de Goldthwait et parsemés de dépressions organiques ombrotrophes [DE/70]. Une faible proportion des districts écologiques est composée de reliefs rocheux [BU/OR]. Ils sont composés d'éléments qui, par leur nombre et leur répartition, forment des paysages fortement contrastés.

Les sapinières à épinette noire [SbEn] occupent la majorité du territoire. Elles se retrouvent majoritairement sur le till recouvrant certains boutons et sur les terrains de dépôts meubles ainsi que sur les versants des reliefs rocheux.

Profil physiographique des buttes et boutons de till mince





Buttes et boutons de till mince

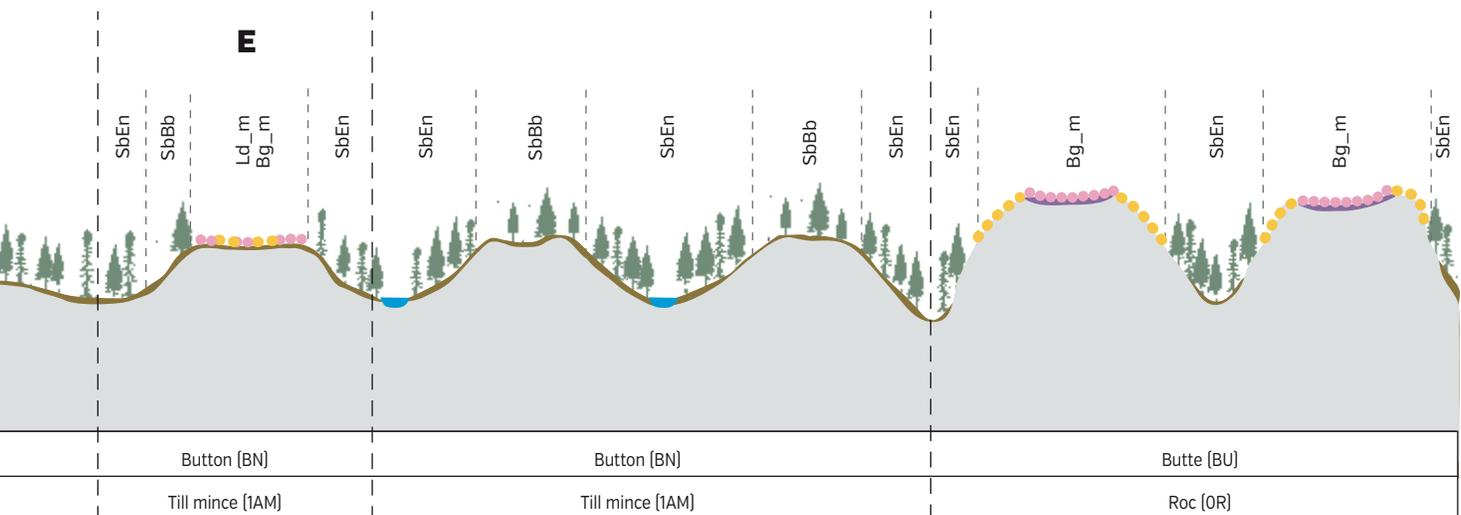
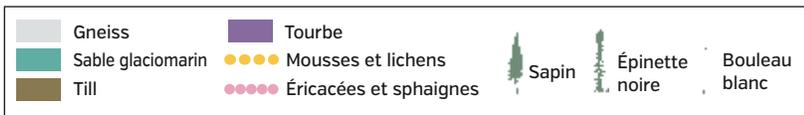
A. Le littoral est constitué de crans rocheux plus ou moins abrupts et de nombreuses petites plages sableuses.

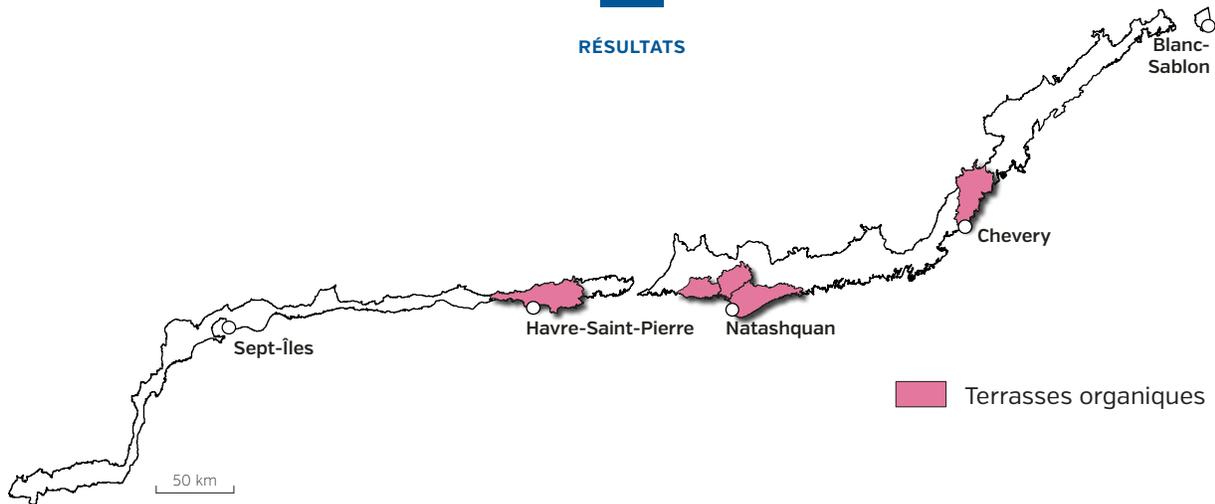
B. Les sapinières à bouleau blanc (SbBb) sont présentes en bordure du littoral, tandis que les sapinières à épinette noire (SbEn) le sont vers l'intérieur des terres, sur les terrains de dépôts marins sableux.

C. Le développement d'horizons indurés (ortstein) dans ces dépôts explique la présence des bogs maritimes (Bg_m) dans les dépressions. Ce système écologique côtoie les sapinières à épinette noire et les sphaignes associées aux stations mal drainées (SbSg).

D. Les sapinières à épinette noire (SbEn) et les sapinières à bouleau blanc (SbBb) occupent les versants des boutons recouverts de till et le bas des versants des boutons de roc.

E. Les landes maritimes (Ld_m) et les bogs maritimes minces (Bg_m) colonisent les sommets des reliefs rocheux et quelques sommets de till mince.





Localisation des terrasses organiques

UNITÉ TERRITORIALE : TERRASSES ORGANIQUES

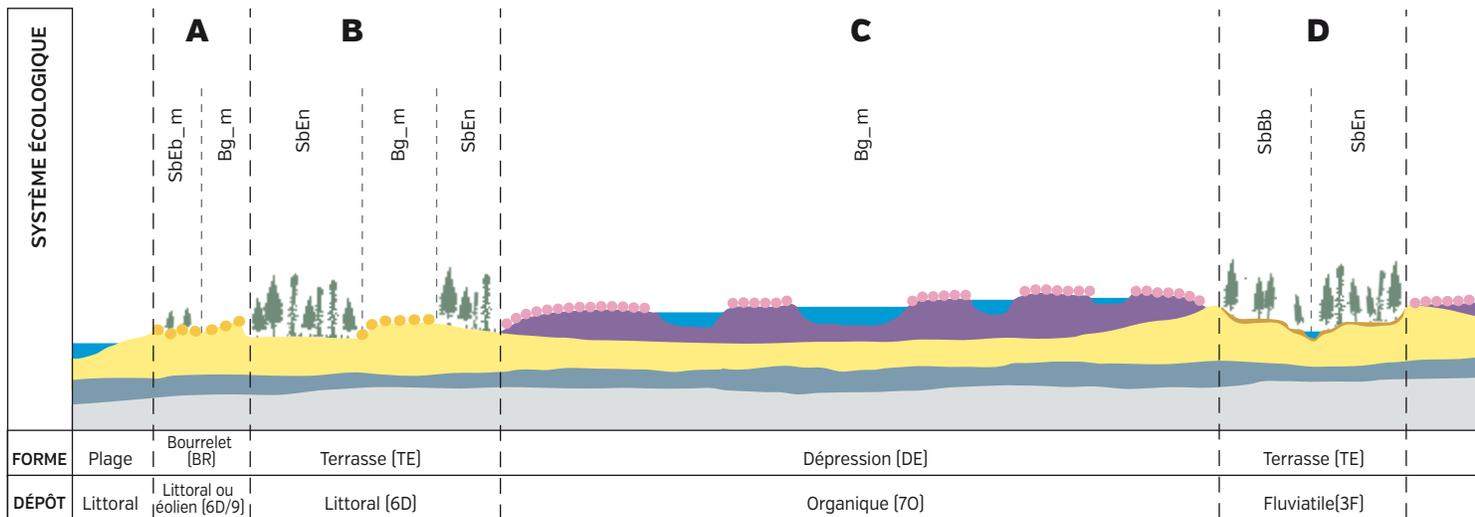
Les six districts écologiques appartenant à cette unité sont situés dans la partie centrale de la zone maritime du territoire pilote de la Côte-Nord.

Les districts écologiques des terrasses organiques se distinguent de ceux des terrasses sableuses par l'importance des dépressions organiques ombrotrophes [DE/70] qui reposent sur des dépôts de sable deltaïque marin. Ces dépôts sont aussi localement remaniés lors du retrait progressif de la mer de Goldthwait [TE/6D] et par les grandes rivières [TE/3F]. Des vallons marins [VN/5A] et des reliefs de tourbe sur roc [MN/0B] sont présents dans ces unités territoriales. Ces dernières sont composées d'éléments qui, par leur nombre et leur répartition, forment des paysages moyennement à très fortement contrastés.

Les bogs maritimes [Bg_m] recouvrent les plaines organiques et occupent la majeure partie du territoire.

Les terrasses organiques sont caractérisées par une forte densité de petits lacs et de mares associés aux grandes dépressions organiques. Cinq des douze plus grandes rivières de la région [Romaine, Aguanish, Natashquan, Olomane et du petit Mécatina] ont leur embouchure dans ces unités. Ce sont elles qui, lors de la déglaciation, ont charrié d'énormes quantités de matériaux qui se sont déposés sous forme de deltas au contact des eaux de la mer de Goldthwait.

Profil physiographique des terrasses organiques





Terrasses organiques

A. Le littoral rocheux est très présent, même si quelques unités présentent de longues plages sableuses. Le littoral est bordé par des bourrelets littoraux (BR6D) et des bourrelets éoliens (dunes, BR9) colonisés par les landes maritimes (Ld_m), les sapinières ou les pessières d'épinette blanche maritimes (SbEb_m).

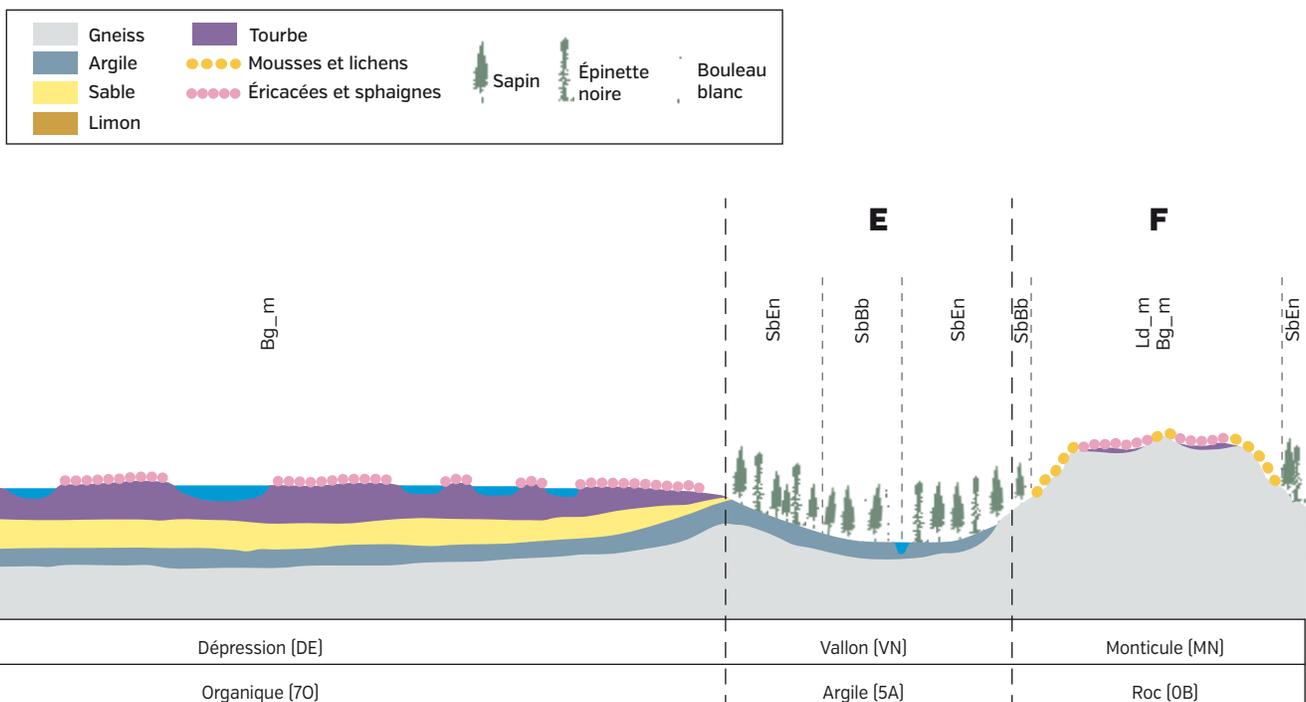
B. Les sapinières à épinette noire (SbEn) colonisent les terrasses littorales sableuses, tandis que les talus sont occupés par les landes maritimes (Ld_m). Les marais salés ou saumâtres et marécages arbustifs côtiers ceinturent les anses littorales situées à l'embouchure des cours d'eau.

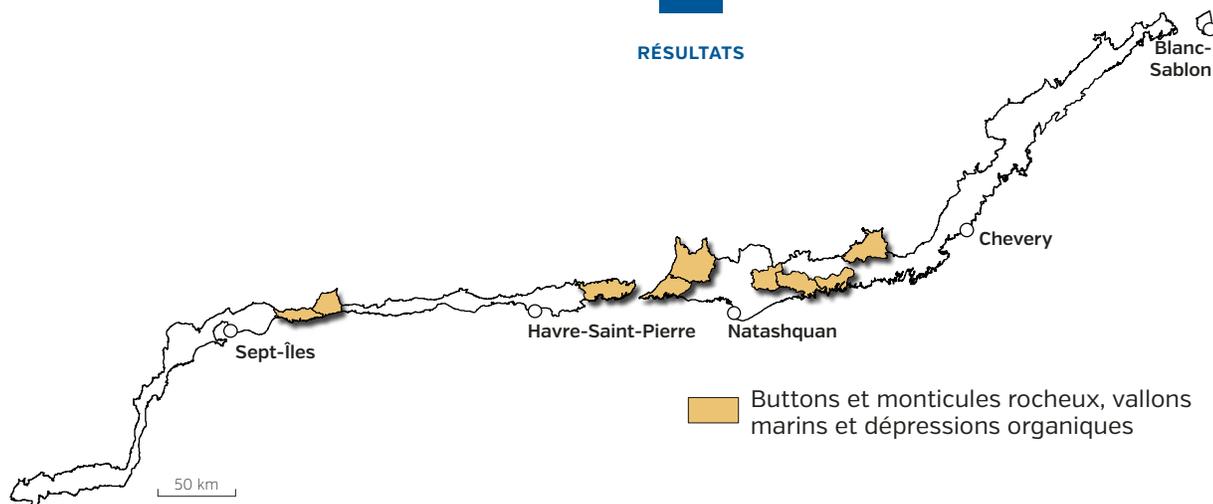
C. La présence des bogs maritimes (Bg_m) sur les dépôts bien drainés s'explique par le processus d'induration dans le sol (ortstein).

D. Les sapinières à épinette noire et les sapinières à bouleau blanc bien drainées (SbEn, SbBb) occupent les terrasses fluviales.

E. Les petits cours d'eau coulent dans des vallons dont les versants sont composés d'argiles déposées par la mer de Champlain. Les sapinières à épinette noire et les sapinières à bouleau blanc (SbEn, SbBb) y forment des forêts-galeries qui serpentent à travers la plaine organique.

F. Les landes maritimes (Ld_m) et les bogs maritimes (Bg_m) forment une mosaïque complexe qui domine les sommets des monticules de roc, alors que les sapinières à épinette noire et les sapinières à bouleau blanc (SbEn, SbBb) peuplent leurs versants.





Localisation des boutons et monticules rocheux, vallons marins et dépressions organiques

UNITÉ TERRITORIALE : BUTTONS ET MONTICULES ROCHEUX, VALLONS MARINS ET DÉPRESSIONS ORGANIQUES

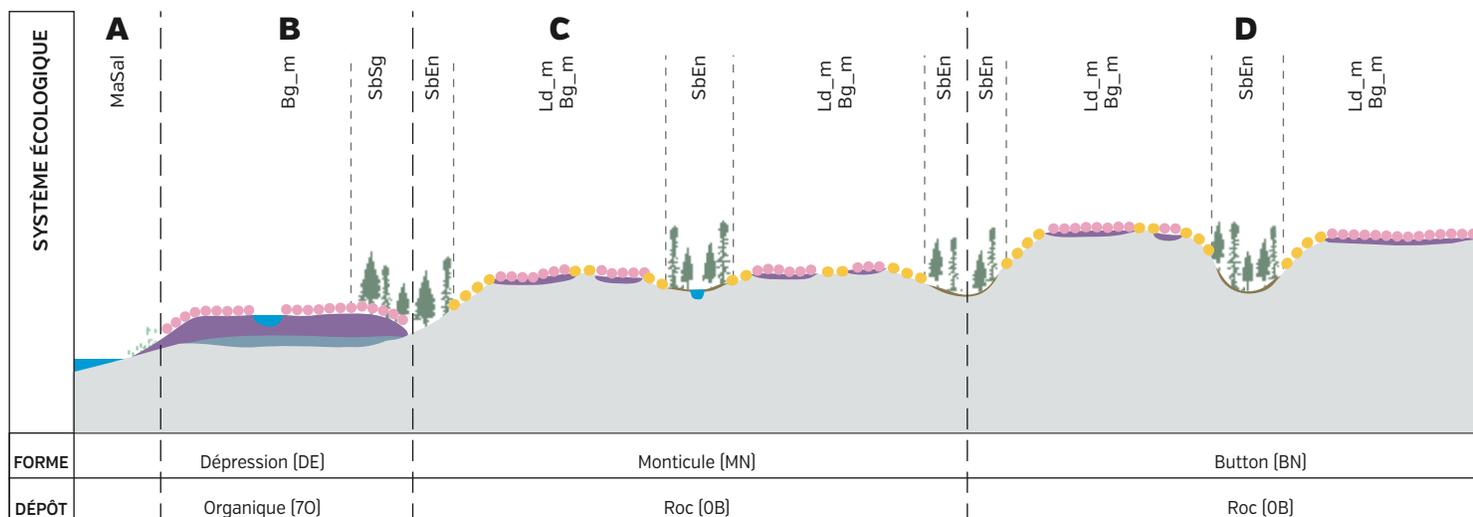
Les neuf districts écologiques appartenant aux boutons et monticules rocheux, vallons marins et dépressions organiques sont situés dans la partie centrale de la bande maritime de la Côte-Nord, au contact des terrasses organiques et des terrasses sableuses.

Les boutons et monticules de tourbe sur roc [BN/OB et MN/OB] sont associés à des vallons comblés d'argiles, parfois de sables [VN/5A, VN/5S]. Principalement localisés au bord de la côte, aux fonds des vallons, des dépôts organiques ombrotrophes se développent [DE/70]. Une faible proportion des reliefs est recouverte

d'une mince couche de till [BU/1AM]. Ces unités sont composées d'éléments qui, par leur nombre et leur répartition, forment des paysages peu à très fortement contrastés.

Les landes maritimes [Ld_m] et les systèmes écologiques forestiers occupent l'espace de façon égale sur le territoire. Les landes maritimes colonisent le roc. Les sapinières à épinette noire [SbEn] et les sapinières à bouleau blanc [SbBb] occupent principalement les reliefs recouverts de dépôts meubles, tandis que les dépressions organiques sont occupées par les bogs maritimes [Bg_m].

Profil physiographique des boutons et monticules rocheux, vallons marins et dépressions organiques





Buttons et monticules rocheux, vallons marins et dépressions organiques

A. Le littoral est constitué de roc et quelques marais salés ou saumâtres (MSal) se développent dans les anses et les baies littorales ainsi qu'à l'embouchure des cours d'eau.

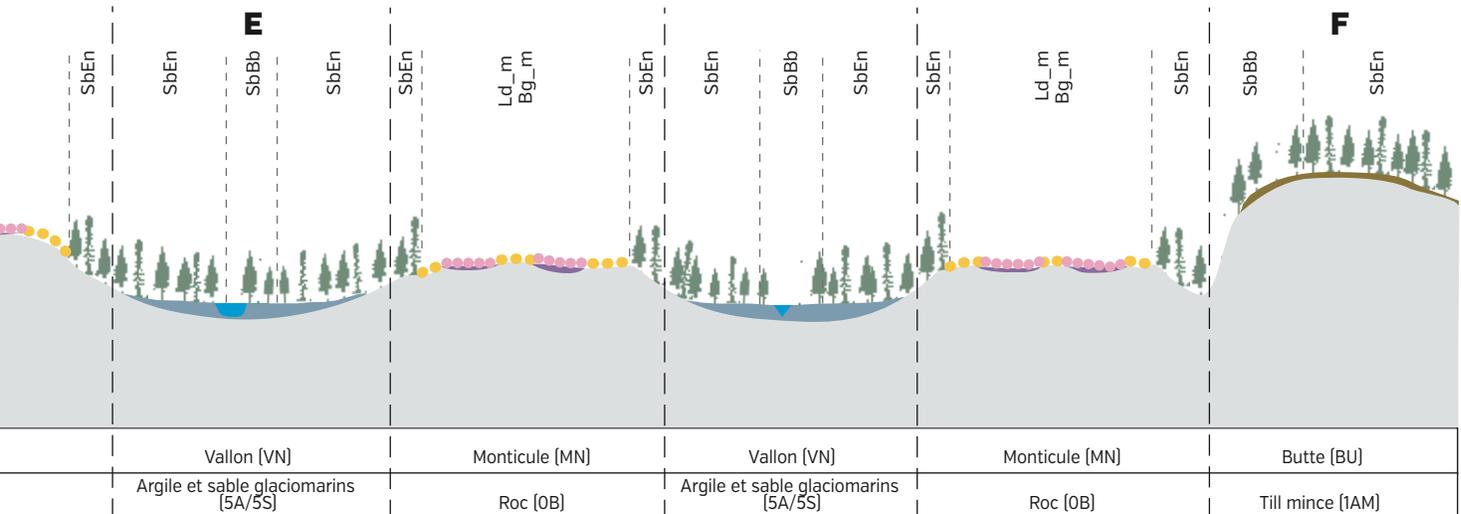
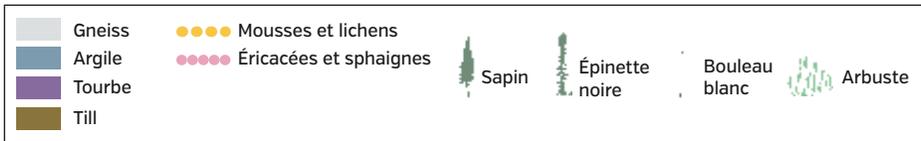
B. Les dépressions organiques localisées à proximité du littoral sont recouvertes par les bogs maritimes (Bg_m) associés aux sapinières à épinette noire et sphaignes mal drainées (SbSg).

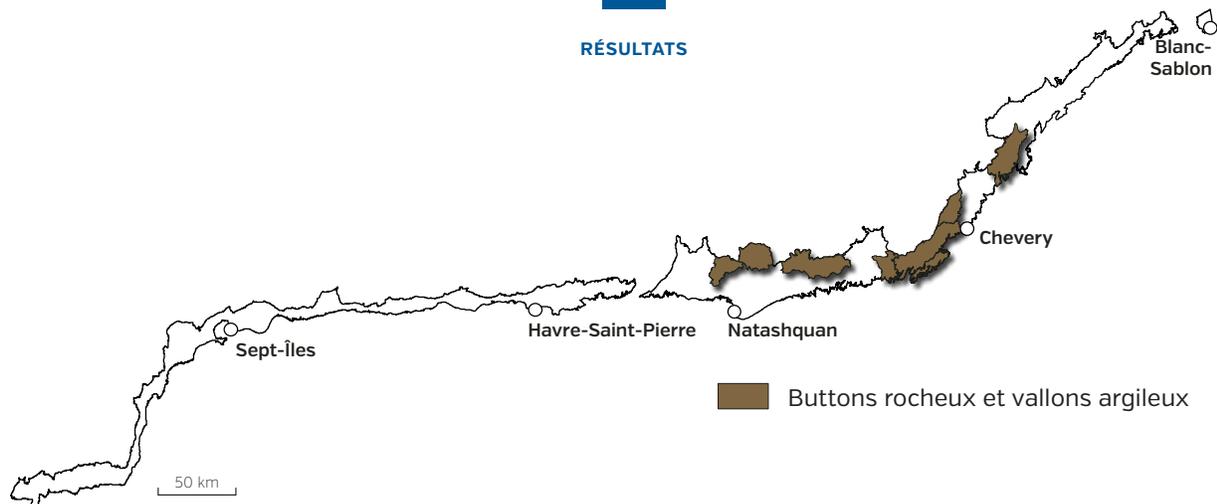
C. Les landes maritimes et les bogs maritimes (Ld_m < Bg_m) se côtoient sur les sommets et le haut des versants des reliefs rocheux.

D. Les sapinières à épinette noire bien drainées (SbEn) peuplent le bas de ces versants qui présentent un plaquage de till mince.

E. Les sapinières à épinette noire et les sapinières à bouleau blanc (SbEn, SbBb) sont associées aux vallons formés de dépôts laissés par la mer de Goldthwait.

F. Les sapinières à épinette noire et les sapinières à bouleau blanc (SbEn, SbBb) occupent aussi les reliefs recouverts de till.





Localisation des monticules rocheux et vallons argileux

UNITÉ TERRITORIALE : BUTTONS ROCHEUX ET VALLONS ARGILEUX

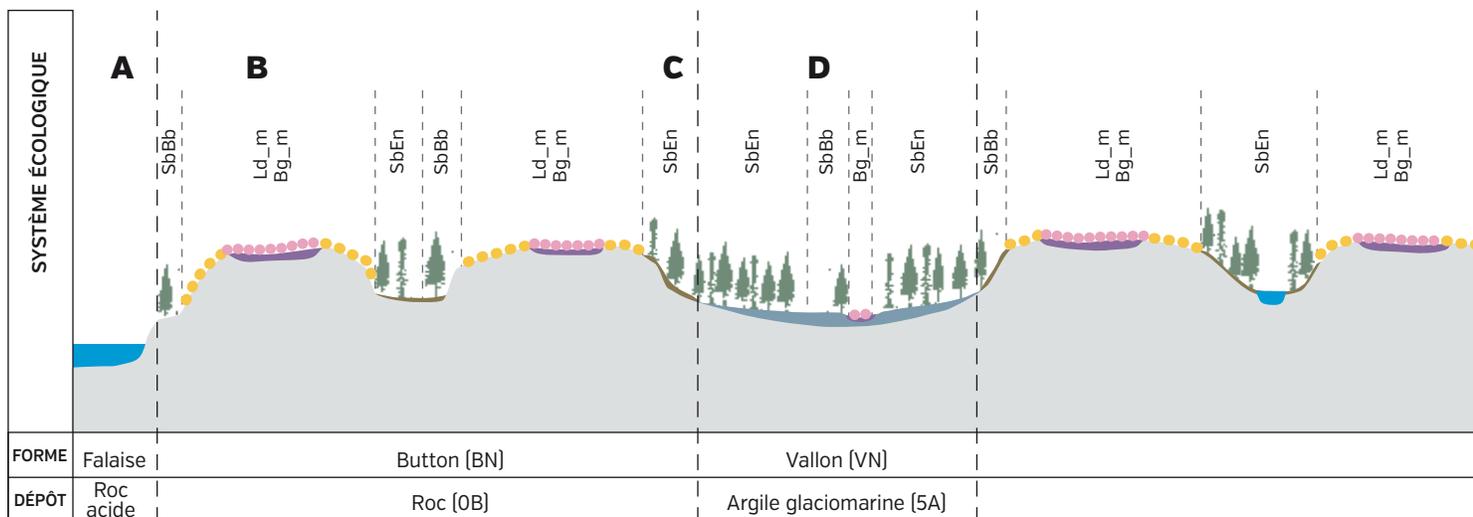
Les huit districts écologiques appartenant aux boutons rocheux et vallons argileux sont situés dans la partie centrale de la bande maritime de la Côte-Nord, au contact des terrasses organiques.

Les boutons de tourbe sur roc [BN/OB] dominent le territoire. Ils sont bordés par des versants recouverts d'une mince couche de till [VE/1AM] qui se terminent par des vallons de dépôts marins argileux [VN/5A]. Ces unités se distinguent des précédentes par l'absence de grandes étendues organiques dans le fond des vallons.

Ces unités sont composées d'éléments qui, par leur nombre et leur répartition, forment des paysages moyennement et très fortement contrastés.

Les landes maritimes [Ld_m] et les systèmes écologiques forestiers occupent l'espace de façon égale sur le territoire. Les landes maritimes colonisent le roc. Les sapinières à épinette noire [SbEn] et les sapinières à bouleau blanc [SbBb] occupent principalement les reliefs recouverts de dépôts meubles, tandis que les dépressions organiques sont occupées par les bogs maritimes [Bg_m].

Profil physiographique des monticules rocheux et vallons argileux





Monticules rocheux et vallons argileux

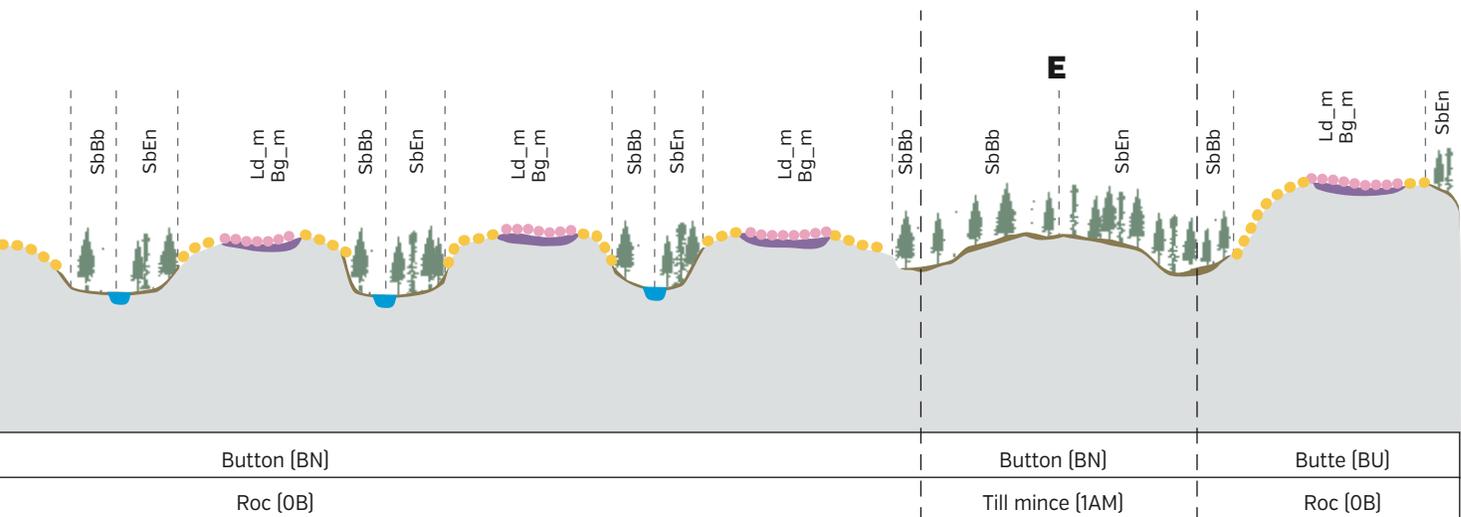
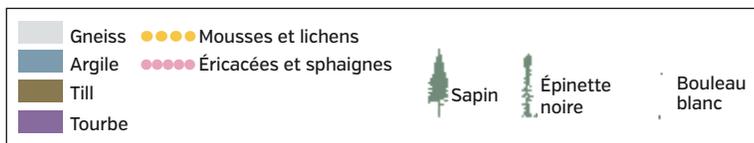
A. Le littoral est principalement constitué de roc. Quelques marais salés ou saumâtres (MSa) se développent dans les anses et les baies littorales ainsi qu'à l'embouchure des cours d'eau.

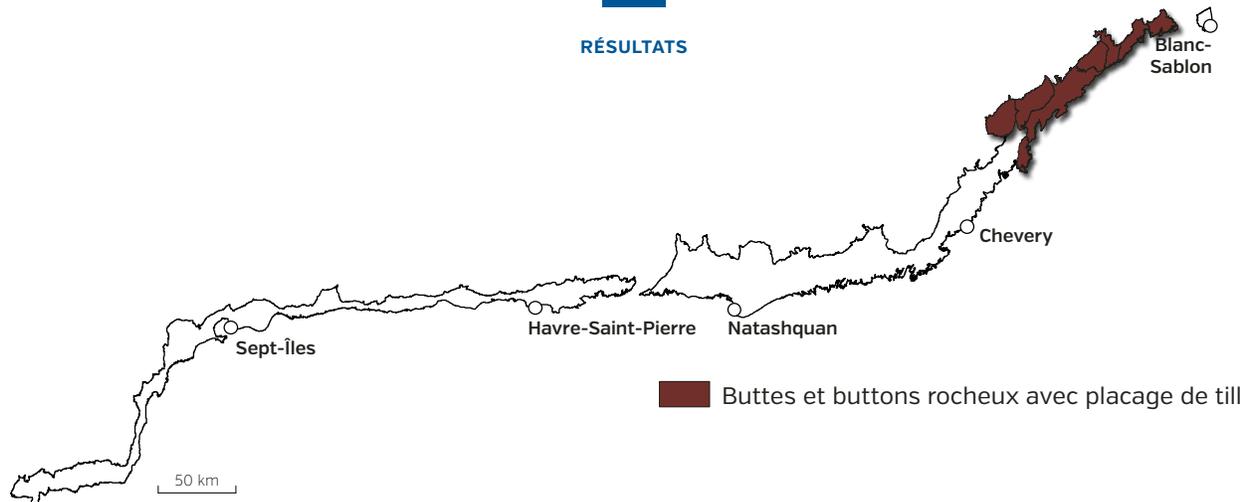
B. Les landes maritimes et les bogs maritimes ($Ld_m < Bg_m$) se côtoient sur les sommets et le haut des versants des reliefs rocheux.

C. Les sapinières à épinette noire bien drainées (SbEn) peuplent le bas de ces versants qui présentent un plaquage de till mince.

D. Les sapinières à épinette noire et les sapinières à bouleau blanc (SbEn, SbBb) sont associées aux vallons formés de dépôts laissés par la mer de Goldthwait.

E. Les sapinières à épinette noire et les sapinières à bouleau blanc (SbEn, SbBb) occupent aussi les reliefs recouverts de till.





Localisation des buttes et boutons rocheux

UNITÉ TERRITORIALE : BUTTES ET BUTTONS ROCHEUX

Les huit districts écologiques appartenant aux buttes et boutons rocheux sont situés dans la moitié orientale de la bande maritime de la Côte-Nord.

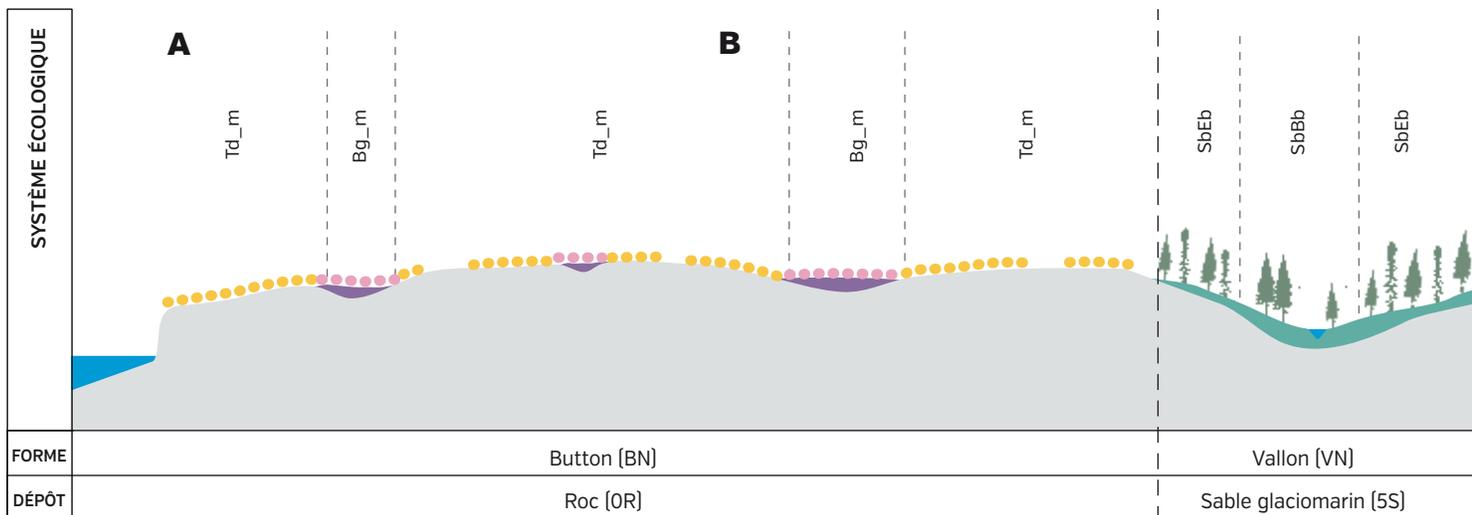
Les reliefs rocheux sont omniprésents sur le territoire, majoritairement formés de boutons [BN/OR] et de quelques buttes [BU/OR]. Certains reliefs supportent des tourbières minces sur roc [BN/OB]. Les vallons étroits de dépôts marins sableux laissés par la mer de Goldthwait [VN/5S] sont accompagnés par des plans d'eau. Ces unités sont composées d'éléments qui, par leur nombre et leur répartition, forment des paysages fortement contrastés.

La toundra maritime [Td_m] domine l'unité territoriale et occupe une grande proportion des reliefs rocheux.

Les lacs sont de petites tailles et occupent les failles des reliefs.

Ces unités présentent des échancrures envahies par l'eau salée qui pénètre parfois les terres jusqu'à leurs limites nord.

Profil physiographique des buttes et boutons rocheux





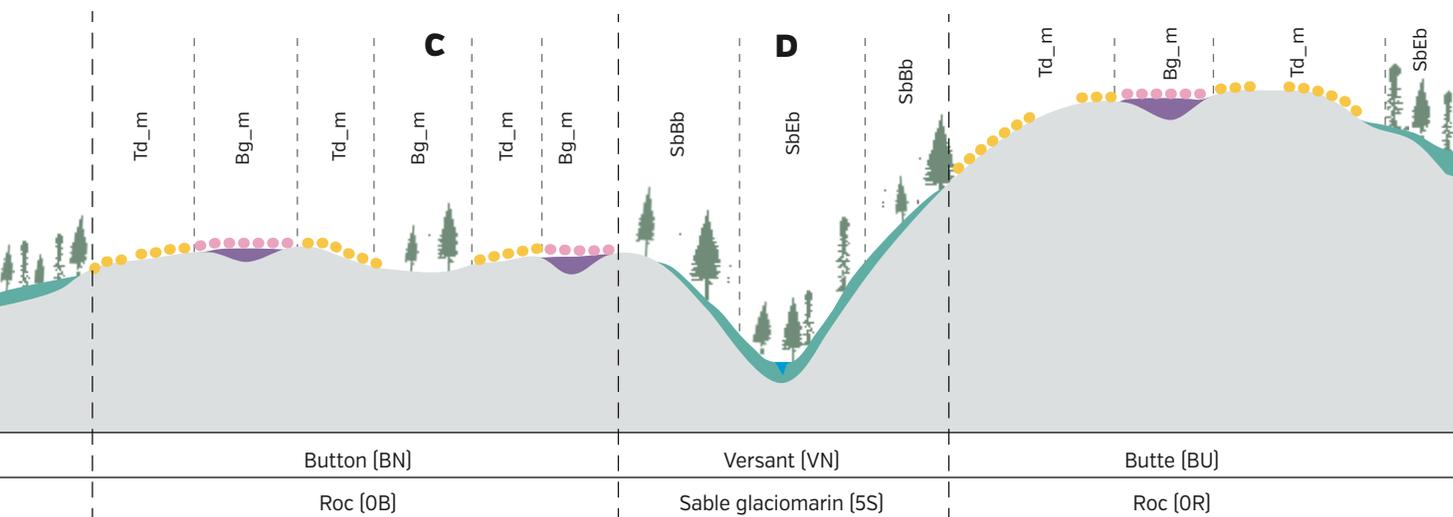
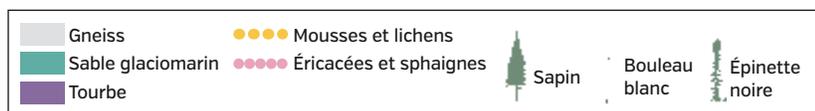
Buttes et boutons rocheux

A. Le littoral est composé de falaises de roc.

B. Les toundras maritimes [Td_m] occupent les sommets et les versants de roc. Quelques bogs maritimes [Bg_m] s'y développent.

C. Les sapinières à épinette noire et les sapinières à bouleau blanc bien drainées [SbEn, SbBb] se situent sur les bas de versants...

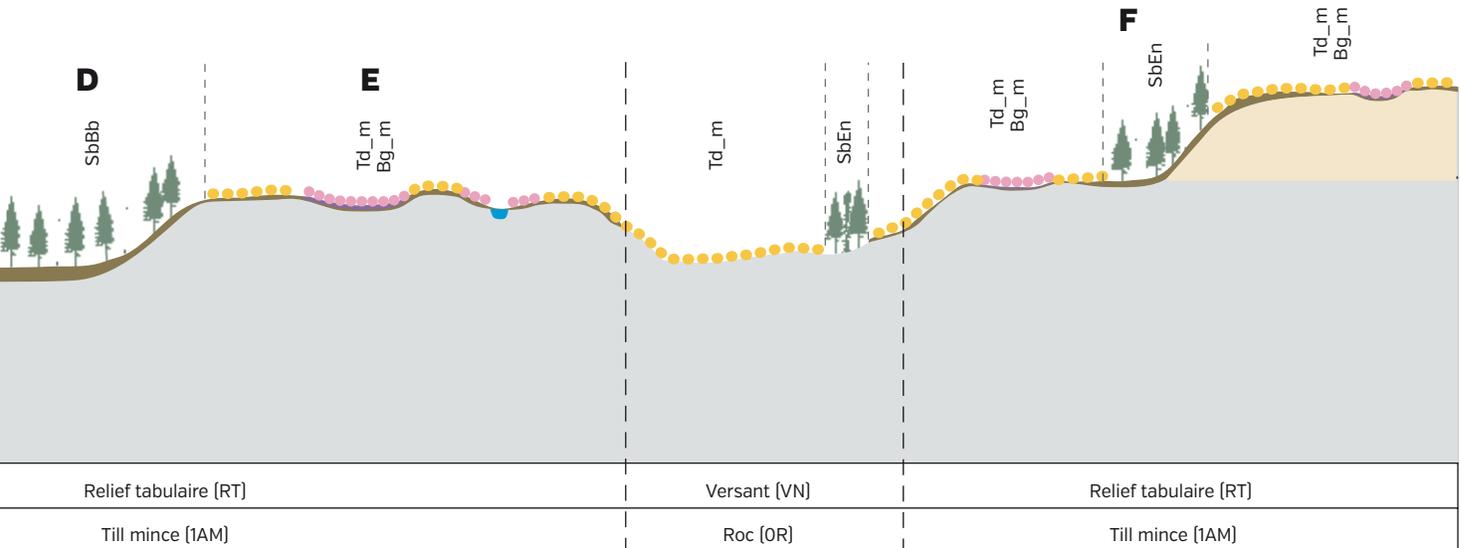
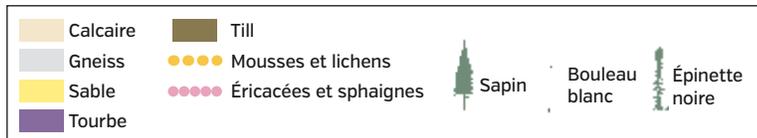
D. ...et dans les vallons de dépôts sableux protégés des vents.





Reliefs tabulaires

- A.** Le littoral est composé de plages sableuses et de roc.
- B.** Les toundras maritimes [Td_m] recouvrent également la majorité des terrasses littorales.
- C.** Les bogs maritimes [Bg_m] recouvrent les dépressions organiques situées sur les terrasses littorales. Le développement d'horizons indurés [ortstein] dans ces sables bien drainés permet à ce système écologique de se développer.
- D.** Les sapinières à bouleau blanc bien drainées, de petite taille [SbBb], occupent les secteurs plus protégés des versants recouverts de dépôts glaciaires.
- E.** Les toundras maritimes [Td_m] et les bogs maritimes [Bg_m] forment une mosaïque sur les sommets.
- F.** Les sapinières à épinette noire bien drainées [SbEn] sont situées dans les versants, sur les affleurements rocheux.



ANALYSES DE LA BIODIVERSITÉ PAR LE BIOTOPE

À partir des données colligées pour caractériser les écosystèmes, différents indices peuvent être calculés pour attribuer une valeur de biodiversité aux différents districts écologiques du territoire de la Côte-Nord. Rappelons que la valeur de ces indices n'est significative qu'en fonction du territoire de référence choisi.

Indice de représentativité-rareté

Pour le présent exercice, 68 types de biotope ont été définis. Sur le territoire de la Côte-Nord, les biotopes très rares se distinguent selon trois modes. Le premier représente des types de biotope (relief tabulaire recouvert de till mince, falaise rocheuse, buttons et buttes rocheuses recouvertes de placage de sable littoral) qui ne renferment pas de réel potentiel pour la biodiversité. Mis à part les falaises pour la nidification de certains oiseaux, les roches acides qui constituent ces types de biotope ne présentent pas de substrat favorable au développement d'une flore ou d'une faune diversifiée.

Le deuxième mode est caractérisé par la présence d'un dépôt de surface (moraine de Rogen, dépôt sableux éolien et argile) et le troisième mode, par la caractéristique physicochimique du substrat rocheux (mafique ou calcaire). Dans les deux cas, ces particularités peuvent renfermer un potentiel de développement d'une biocénose rare pour le territoire de référence.

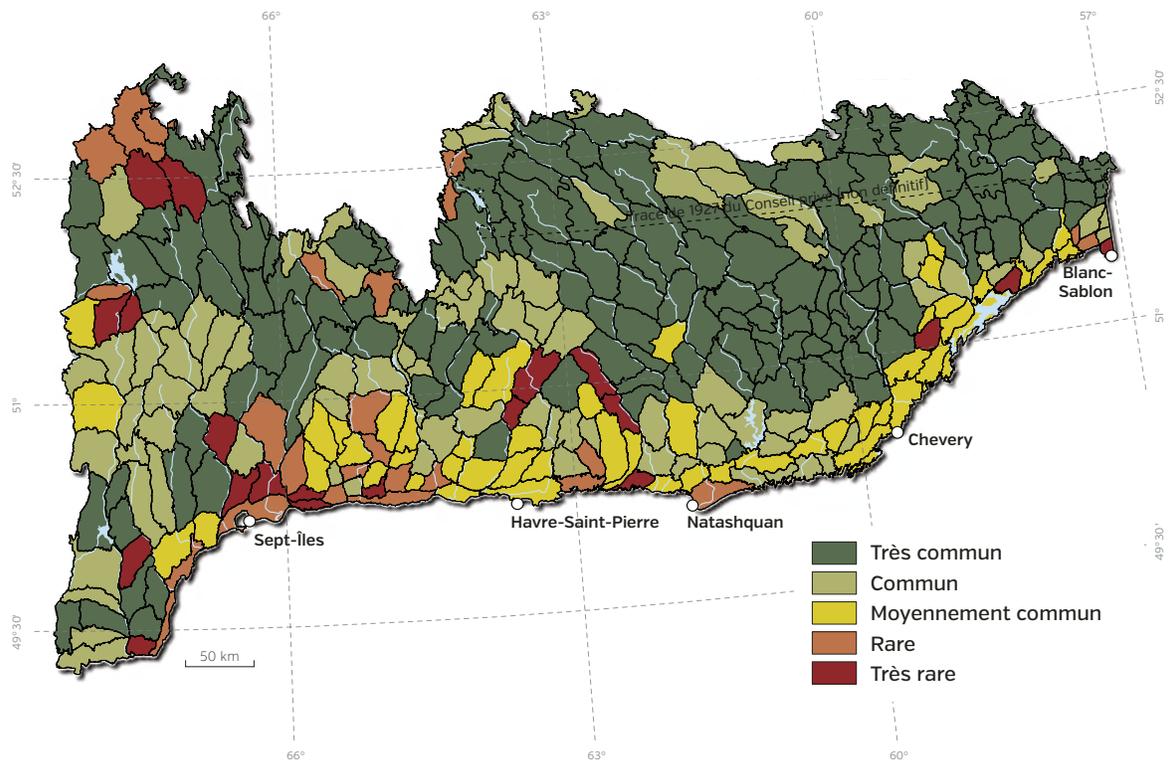
Les types de biotope communs sont des reliefs de roches acides, plus ou moins élevés et recouverts de till mince. Ils sont accompagnés de dépressions comblées par des dépôts organiques et de vallées, dont les fonds sont recouverts de dépôts fluvioglaciaires.

Les reliefs de moraine de décrépitude sont très présents dans le nord du territoire.

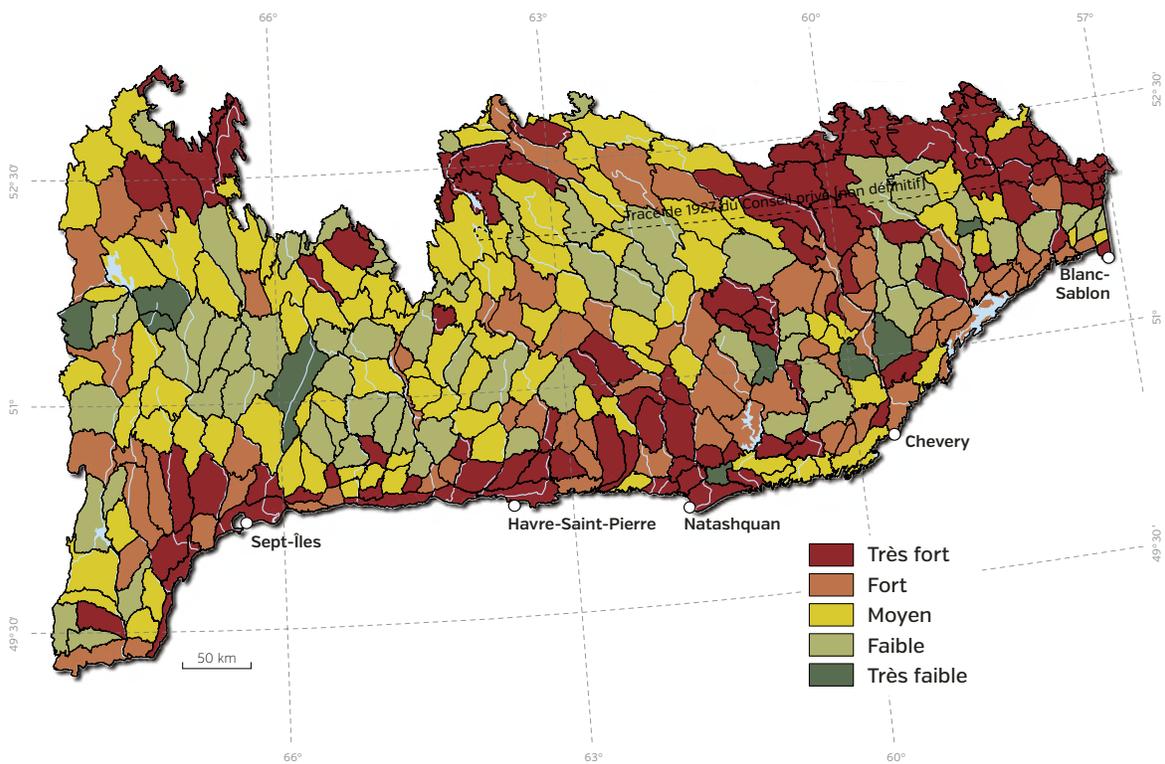
Indice de contraste

Pour le présent exercice, le regroupement a défini 23 types de biotope. Sur le territoire de la Côte-Nord, les districts écologiques les plus contrastés sont ceux situés aux abords de la côte et dans les plateaux de l'arrière-pays. Sur la côte, c'est la cohabitation des reliefs rocheux, des dépôts d'origine marine et littorale ainsi que du développement des dépôts organiques qui explique la forte concentration des types de biotope à très fort contraste. Sur les plateaux, c'est plutôt l'agencement des moraines de décrépitude et drumlinoïdes, des dépôts fluvioglaciaires et des dépôts organiques qui l'explique. Ces types de dépôts sont absents des districts écologiques des hautes collines et des contre-forts qui ne présentent pas de contrastes marqués.

ATLAS DE LA BIODIVERSITÉ DU QUÉBEC NORDIQUE

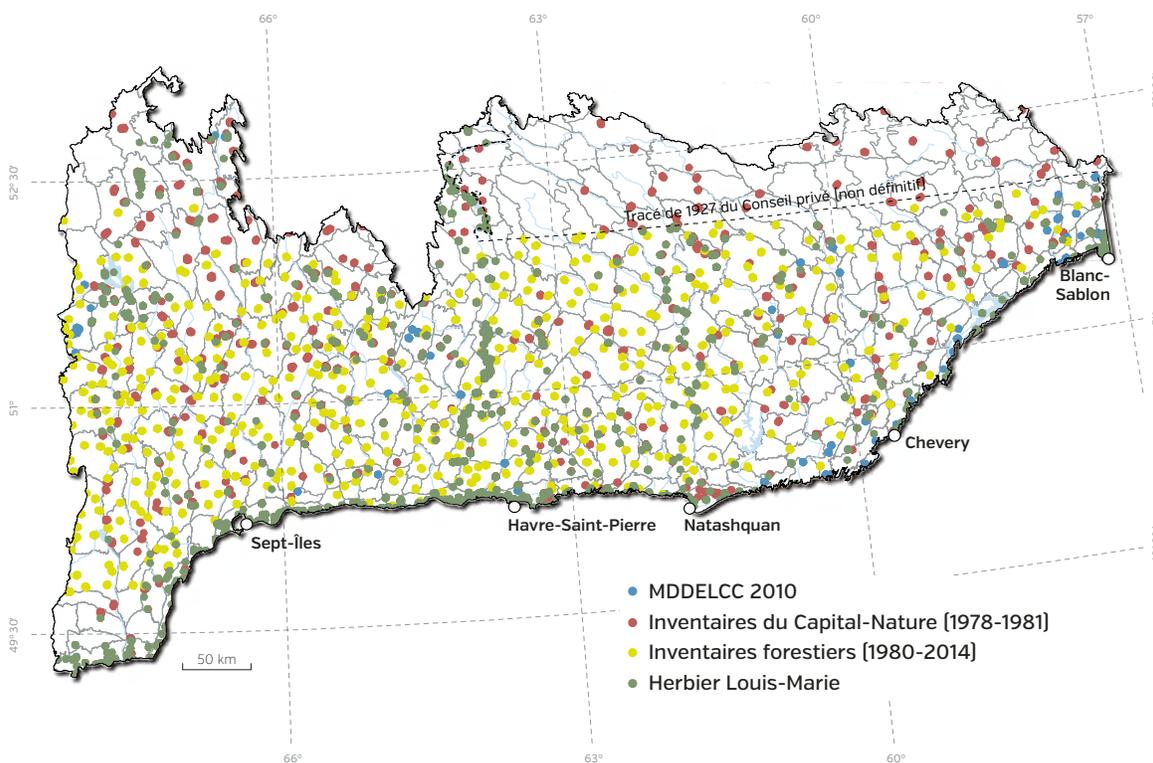


Indice de représentativité-rareté



Indice de contraste

RÉSULTATS



Sources de données sur la flore de la Côte-Nord

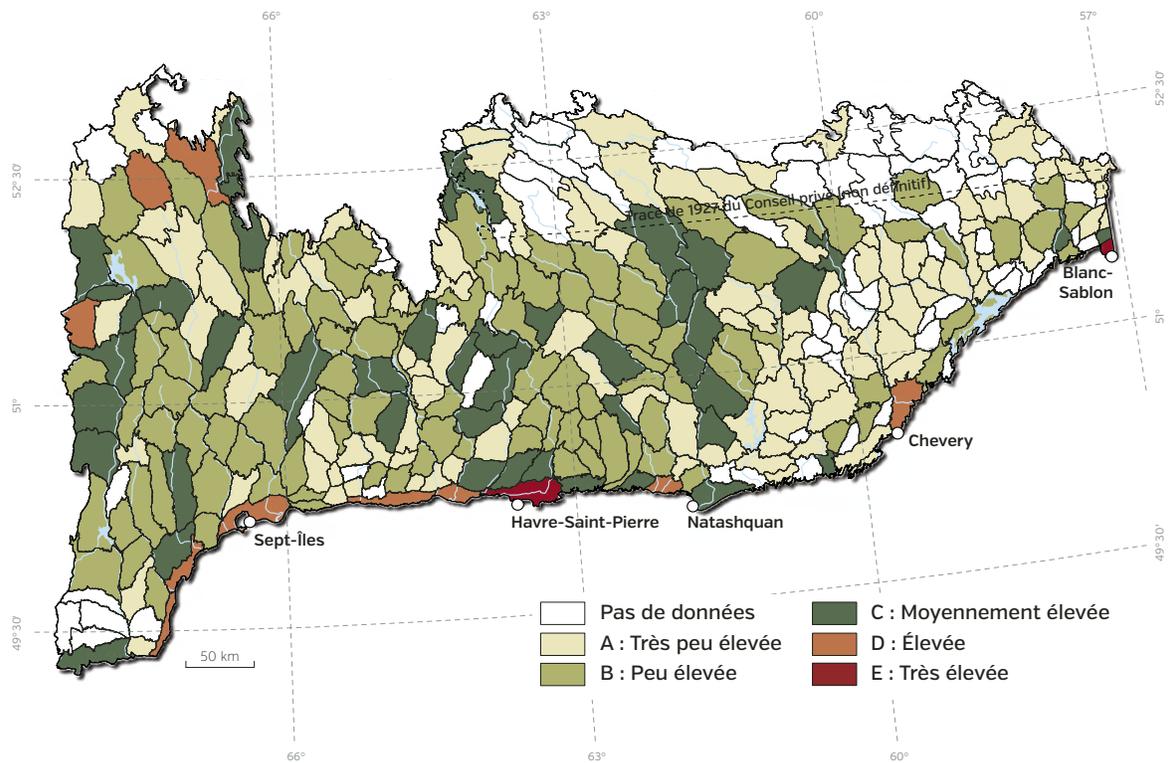
ANALYSES DE LA BIODIVERSITÉ PAR LA BIOCÉNOSE

À partir des données colligées sur les éléments de la biocénose recensés sur le territoire (espèces, communautés végétales ou systèmes écologiques), différents indices peuvent être calculés pour attribuer une valeur de biodiversité aux districts écologiques de la Côte-Nord. Les sections qui suivent présentent les résultats des indices calculés à partir des données sur la flore qui se sont avérées particulièrement intéressantes à exploiter en raison de leur qualité et de leur grande quantité. Au total, 77 452 observations d'espèces vasculaires et invasculaires réparties dans 298 districts écologiques ont été utilisées, ce qui donne en moyenne un peu plus de 260 observations par district écologique.

En dépit du grand nombre d'observations fournies par les inventaires écologiques menés sur le territoire, un peu plus de 50 % des taxons de plantes vasculaires ont comme source unique les spécimens de l'Herbar Louis-Marie qui représentent, pourtant, à peine 10 % des observations d'espèces. Ce résultat illustre de façon éloquent l'importance d'établir des partenariats avec les autres organisations détentrices de données, un des objectifs poursuivis par l'Atlas de la biodiversité du Québec nordique.

Comparaison entre les données de l'ensemble des sources et le travail de l'inventaire du Capital-Nature

GROUPES DE TAXONS	NOMBRE DE TAXONS	
	Présent travail	Lavoie [1984]
PLANTES VASCULAIRES		
Arbres	13	13
Arbustes	111	69
Plantes herbacées	684	291
Sous-total	808	373
PLANTES INVASCULAIRES		
Mousses	76	112
Hépatiques	13	43
Lichens	38	83
Sous-total	127	238
Total	935	611



Indice de richesse floristique

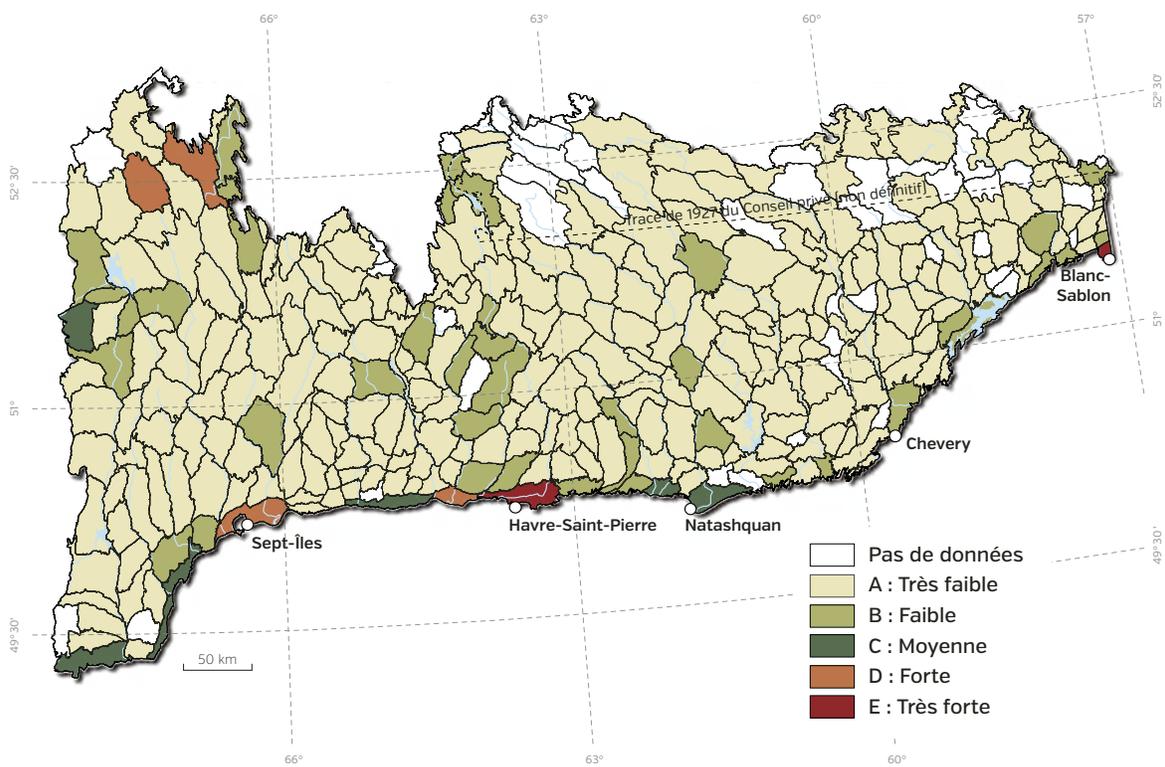
L'analyse des données a permis d'établir à 935 le nombre total de taxons recensés sur le territoire de la Côte-Nord, dont 808 taxons de plantes vasculaires (13 arbres, 111 arbustes et 684 plantes herbacées). Parmi ces taxons, 98 sont introduits, ce qui représente près de 12 % de la flore vasculaire du territoire d'étude, un pourcentage relativement faible comparativement à celui estimé de 26 à 28 % pour l'ensemble du Québec [Lavoie et coll., 2012]. Les bryophytes et les lichens sont représentés respectivement par 89 et 38 taxons. En comparant ces résultats avec ceux de Lavoie [1984], on remarque une augmentation appréciable du nombre de plantes vasculaires signalées sur le territoire. Ce gain est attribuable à l'utilisation de plusieurs sources de données. La liste de Lavoie [1984], en revanche, est plus complète en ce qui concerne les plantes vasculaires. On peut en déduire qu'en déployant le même effort de recensement des spécimens d'Herbier que celui investi pour les plantes vasculaires, le nombre de taxons vasculaires recensés aurait été beaucoup plus élevé.

Indice de richesse floristique

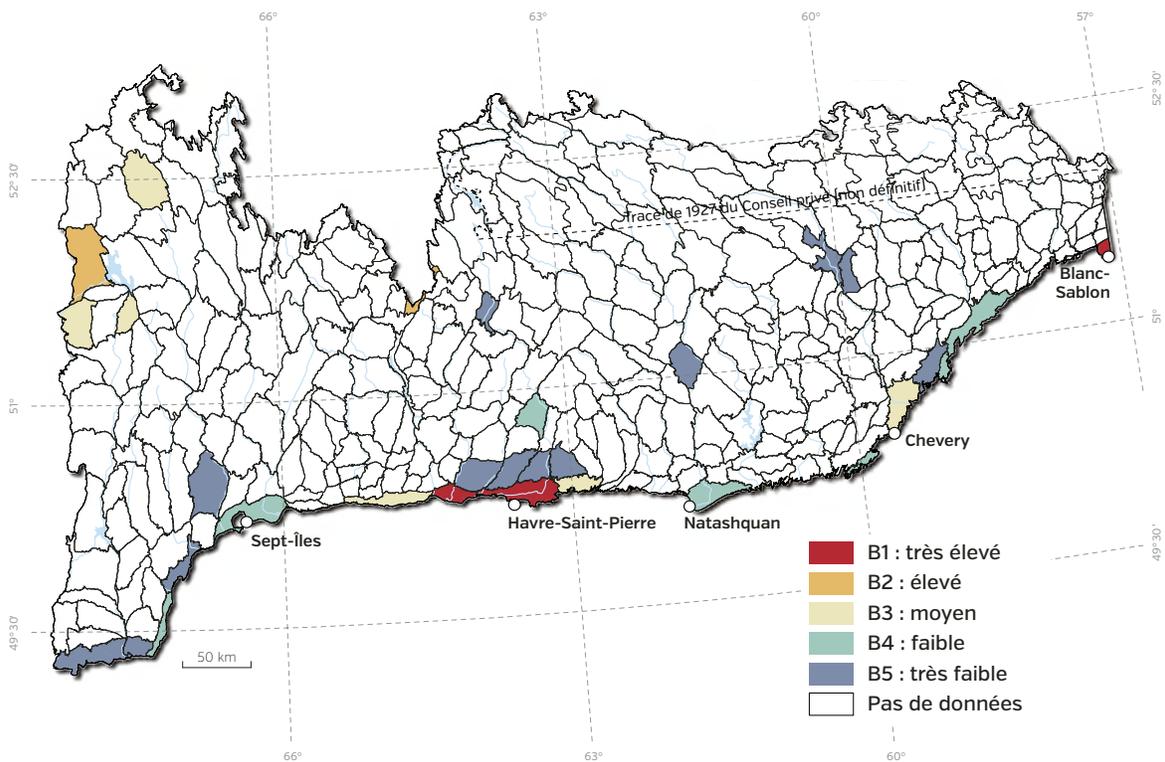
Pour les 298 districts écologiques pour lesquels des données sont disponibles, près du quart des districts (70) présente une richesse floristique variant de moyenne à très élevée. De ce nombre, deux districts se démarquent : celui de la plaine tourbeuse de Havre-Saint-Pierre avec 376 taxons, et celui des plateaux de Blanc-Sablon avec 451 taxons [50 % de la totalité des taxons indigènes répertoriés sur le territoire]. Ce résultat n'a rien d'étonnant puisqu'il s'agit de deux secteurs calcaires reconnus depuis longtemps pour leur flore diversifiée et ayant fait l'objet de nombreux inventaires.

En règle générale, les districts écologiques qui renferment des systèmes écologiques littoraux, associés à des substrats calcaires ou encore soumis à des conditions climatiques hémiarctiques parfois en combinaison, sont ceux qui renferment la plus grande richesse floristique.

RÉSULTATS



Indice de rareté



Indice de biodiversité

Indice de rareté

L'indice de rareté floristique permet de déterminer les districts écologiques où se concentrent les taxons les moins fréquents sur le territoire. Il peut s'agir de taxons rares, situés à leur limite nord ou sud de répartition, ou encore de taxons sous-échantillonnés parce qu'ils croissent dans des milieux peu accessibles ou appartiennent à des groupes taxinomiques difficiles à identifier (poacées, cypéracées, etc.).

À l'instar de l'indice de richesse floristique, les conditions salines ou saumâtres, calcaires ou hémiarctiques relativement rares sur le territoire concourent à l'obtention d'un indice de rareté élevé.

Indice de biodiversité

Le territoire d'étude abrite 63 espèces floristiques menacées ou vulnérables, soit 43 plantes vasculaires et 20 bryophytes.

L'indice de biodiversité, qui varie de B1 à B5, évalue l'importance des districts écologiques pour la conservation de ces éléments remarquables de la biocénose. Des 32 districts écologiques de la Côte-Nord abritant des espèces floristiques menacées ou vulnérables, 11 ont obtenu un indice de B1 à B3. Les trois districts écologiques ayant obtenu l'indice B1 sont situés sur la côte.

Parmi les éléments floristiques qui contribuent à augmenter l'indice de biodiversité, on trouve trois espèces, soit *Draba pycnosperma* [G2, N1N2, S1], *Astragalus robbinsii* var. *fernaldii* [G5, NT1, S1] et *Hordeum brachyantherum* subsp. *brachyantherum* [G5T5, N5, S1], qui sont présentes uniquement dans le secteur de Blanc-Sablon et se retrouvent nulle part ailleurs au Québec.



Ochrolechia frigida et *Sphaerophorus globosus*, deux lichens arctiques-alpins associés à la toundra maritime



Astragalus robbinsii var. *fernaldii*, une espèce menacée au Québec exclusive à la région de Blanc-Sablon



Athyrium distentifolium var. *americanum*, une fougère rare au Québec dans une combe à neige des monts Groulx



Mare de thermokarst

ANALYSES DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Le prototype d'Atlas de la biodiversité du Québec nordique a permis au Consortium Ouranos d'amorcer les tests du modèle MRCC à 15 km de résolution [Qc15]. L'ensemble des résultats peut être consulté dans le rapport de Maja Rapačić [2012]. Les travaux ont montré que le modèle simule bien les variabilités interannuelles et qu'il suit les tendances de réchauffement au nord depuis 15 à 20 ans. Toutefois, les travaux ont aussi permis de révéler des biais importants. Par exemple, le couvert nival est surévalué au nord et sous-évalué sur les reliefs.

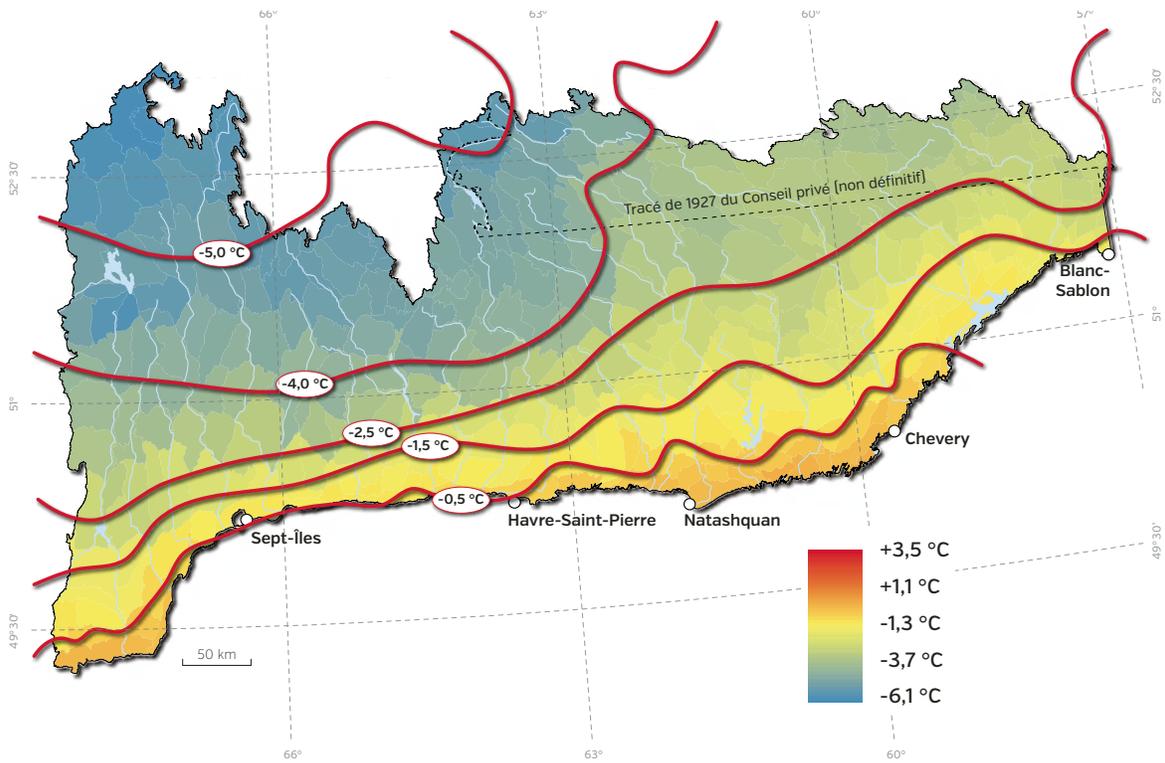
Les travaux ont aussi démontré que les modèles stricts à basse résolution, sans réanalyse avec les données d'observation, présentent des biais qui ne permettent pas de les utiliser comme climat de référence. Cependant, à cause du faible nombre de stations météorologiques au nord, les modèles d'une relative grande résolution sont indispensables pour permettre l'analyse sur l'ensemble du territoire. Un débiaisage du modèle Qc15 est possible à moyen terme, mais il nécessitera du temps et des ressources. Les avancées informatiques et l'avènement de nouveaux serveurs performants laissent entrevoir un traitement plus rapide et l'obtention d'un modèle fiable.

Malgré tout, la méthode d'analyse des variations climatiques qui suit est présentée avec les données disponibles.

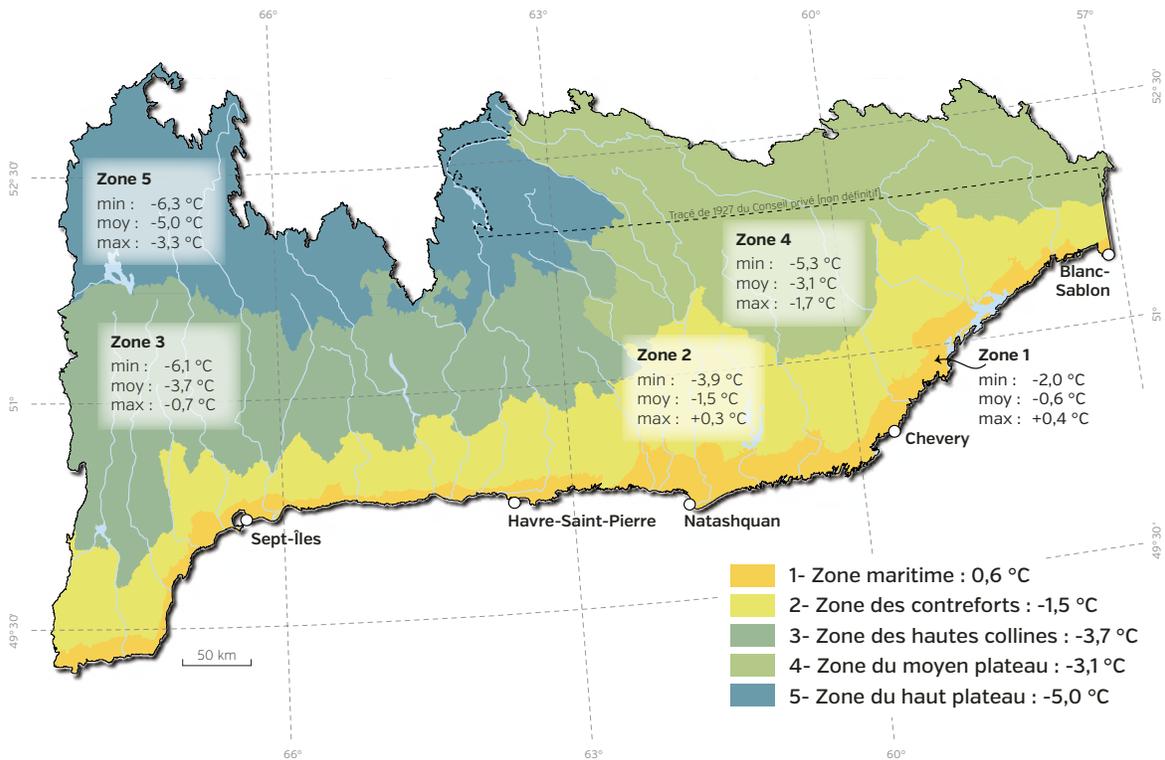
Analyse des variations climatiques

Le modèle Qc15 montre que les températures moyennes actuelles (1961-2000) sont plus clémentes en bordure du golfe du Saint-Laurent et qu'elles diminuent par la suite selon un axe sud-est/nord-ouest. Ces résultats corroborent de façon générale les observations de Lavoie [1989] sur la répartition des formations végétales sur la Côte-Nord. La zone côtière située entre Chevery et Blanc-Sablon fait cependant exception. On y rapporte en effet des types de végétation constitués de plusieurs espèces arctiques-alpines qui témoignent de conditions climatiques plus rigoureuses.

ATLAS DE LA BIODIVERSITÉ DU QUÉBEC NORDIQUE



Températures annuelles moyennes actuelles de chaque district écologique (Qc15)



Températures annuelles moyennes actuelles de chaque zone territoriale (Qc15)

Augmentations des températures prévues pour chaque district écologique dans l'horizon 2050 (MRCC à 45 km)

À l'horizon 2050 [2041-2070], le modèle MRCC à 45 km prévoit des augmentations de températures plus importantes à certains endroits de la côte et au nord-ouest du territoire de la Côte-Nord. Les différents scénarios montrent des augmentations positives comprises entre +2,3 °C et +3,4 °C pour toutes les parties de ce territoire.

Températures annuelles moyennes prévues pour chaque district écologique dans l'horizon 2050 (Qc15 + MRCC à 45 km)

En ajoutant les valeurs des températures moyennes actuelles du modèle Qc15 aux valeurs de l'augmentation des températures annuelles données par le MRCC à 45 km, on obtient les températures annuelles futures qui devraient être atteintes à l'horizon 2050 [2041-2070]. On remarque la même diminution des températures annuelles dans un axe sud-est/nord-ouest, mais avec des températures beaucoup plus élevées.

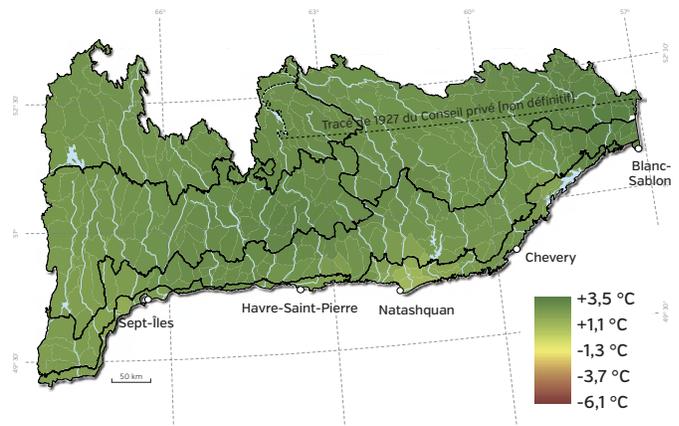
Importance des variations de température pour chaque district écologique en fonction des températures moyennes actuelles de la zone territoriale

Toutes les températures annuelles prévues en 2050 de tous les districts de la bande maritime et du haut plateau vont avoir une variation très forte par rapport à la moyenne des températures annuelles actuelles de leur zone territoriale respective.

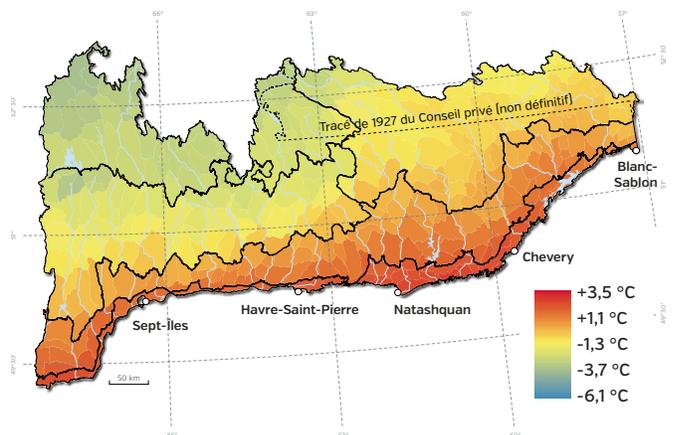
Les trois autres zones présentent quelques districts dont les variations seront faibles à moyennes. Ce sont des districts qui présentent les plus hautes altitudes de leur zone. Cette altitude compensera les augmentations de plus de 2 °C attendues. Les conditions de températures rencontrées en 2050 seront proches de certaines conditions rencontrées actuellement dans leur zone respective.

Dans le cas où on envisage d'utiliser ces districts pour créer des aires protégées, servant de refuges pour les écosystèmes ou les espèces menacées par les changements climatiques, il faudra vérifier si les types de biotope rencontrés sur les plus hauts reliefs correspondent à ceux rencontrés sur les plus bas reliefs afin de déterminer la présence des niches écologiques équivalentes.

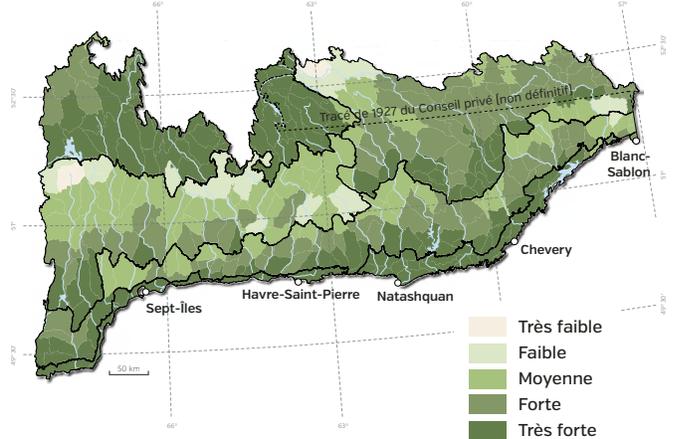
OPTIMISTE



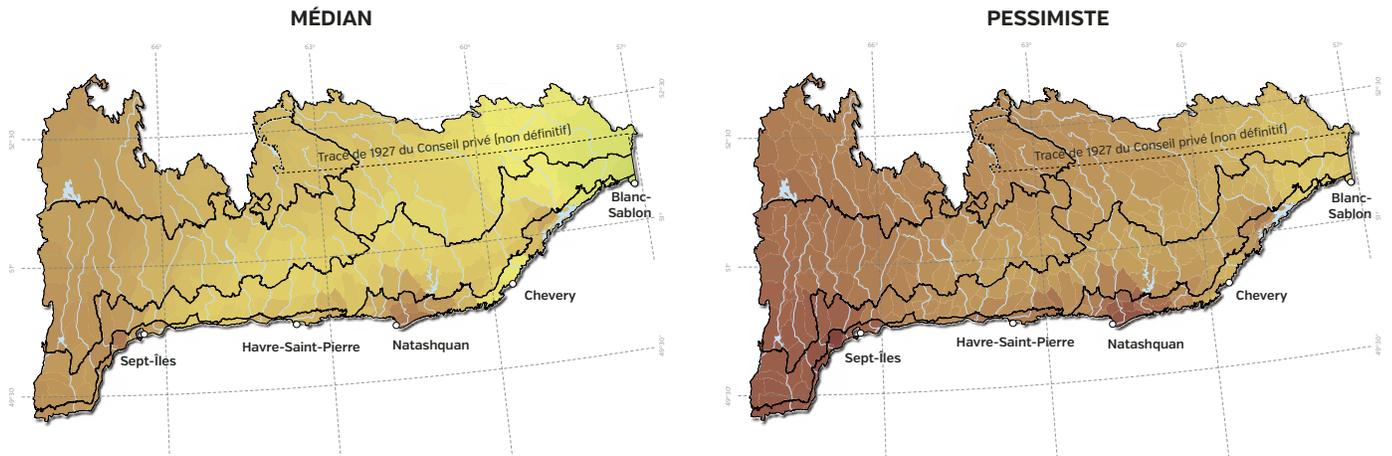
OPTIMISTE



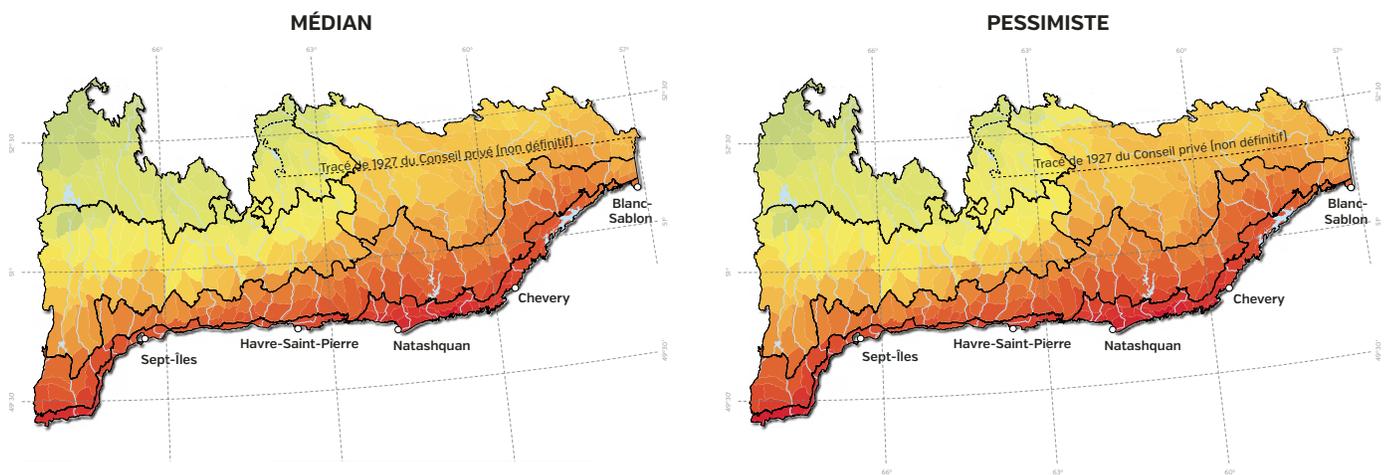
OPTIMISTE



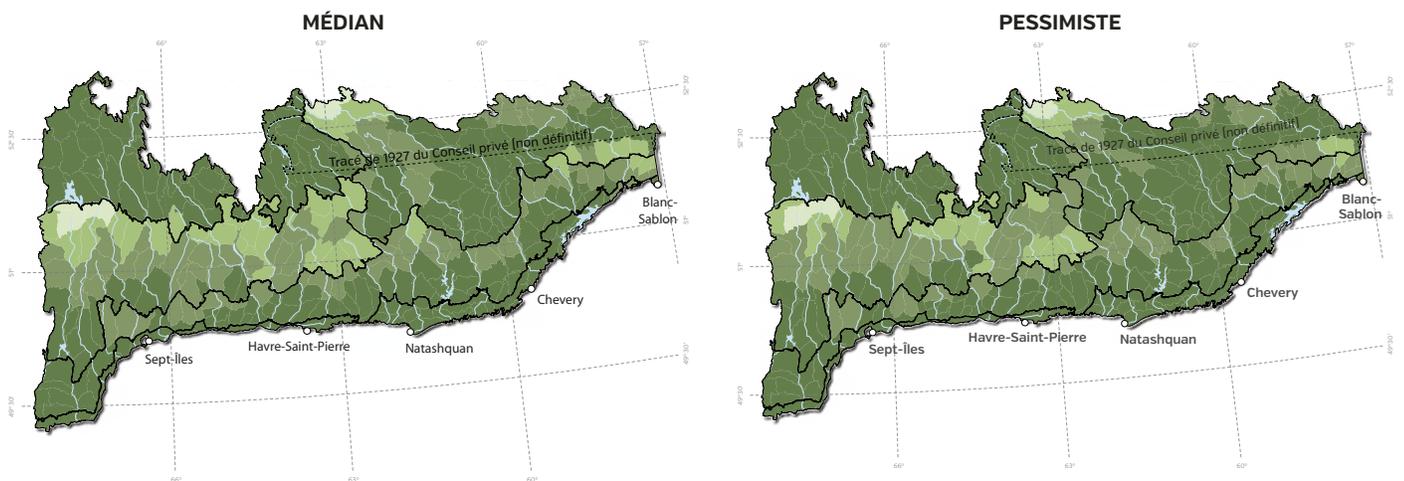
ATLAS DE LA BIODIVERSITÉ DU QUÉBEC NORDIQUE



Augmentations des températures prévues pour chaque district écologique à l'horizon 2050 (MRCC à 45 km) selon trois scénarios



Températures annuelles moyennes prévues pour chaque district écologique à l'horizon 2050 (Qc15 + MRCC à 45 km) selon trois scénarios



Importance des variations de température pour chaque district écologique en fonction des températures moyennes actuelles de la zone territoriale selon trois scénarios

ANALYSES CROISÉES

Croisement entre la rareté des types de biotopes et la rareté floristique

Les classes de représentativité-rareté du biotope rare et très rare renferment 50 % des classes de rareté floristique très forte (E) et 50 % des classes de rareté floristique forte (D). Cela confirme que les éléments rares des types de biotope, principalement les dépôts argileux marins et organiques et les substrats calcaires, sont des habitats propices à la présence d'espèces rares. En l'absence de données détaillées sur la flore, l'approche par le filtre brut permet de déterminer les districts écologiques les plus susceptibles d'abriter des espèces rares et d'orienter les inventaires futurs.

Croisement entre le contraste des types de biotopes et la richesse floristique

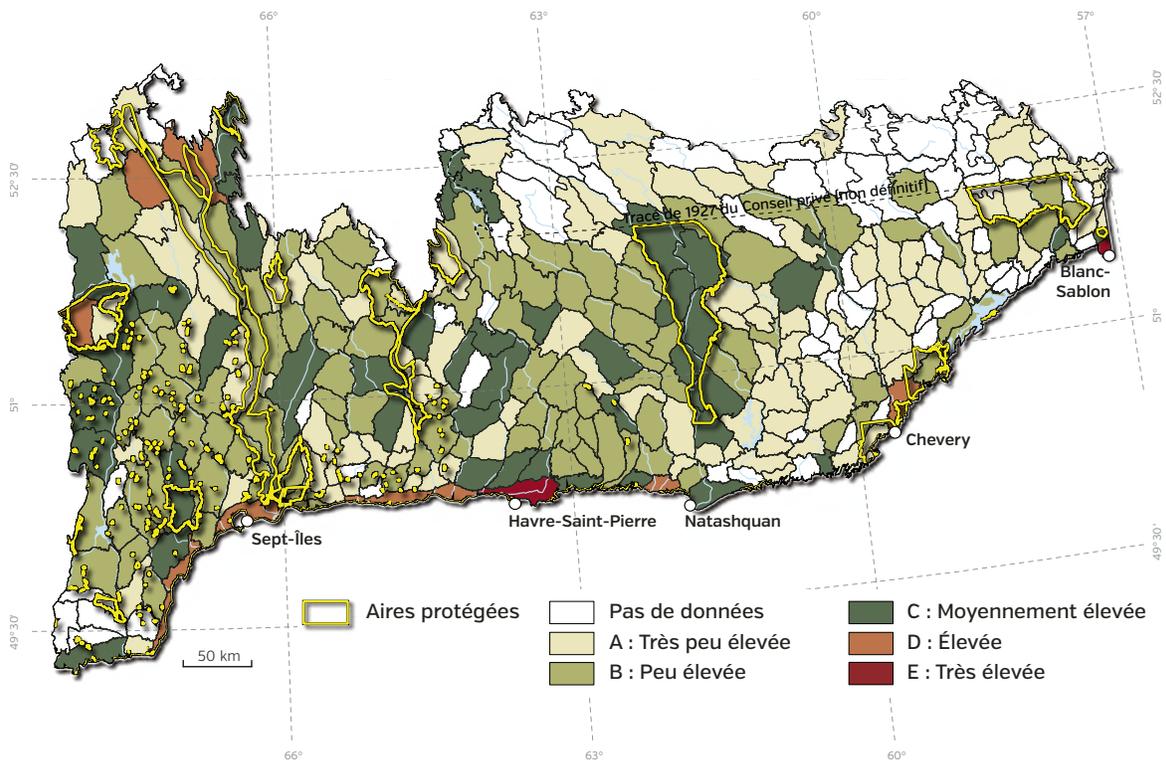
Les classes de contraste du biotope fort et très fort renferment 100 % des classes de richesse floristique très élevée (E) et 80 % des classes de richesse floristique élevée (D). Cela confirme que les districts écologiques contrastés peuvent présenter une diversité d'habitats favorisant la présence d'une grande diversité d'espèces floristiques. Là encore, l'approche par le filtre brut peut s'avérer utile pour déterminer les districts écologiques nécessitant l'acquisition de connaissances supplémentaires pour mieux évaluer l'impact des projets de développement sur la biodiversité.

Croisement entre la rareté des types de biotope et la rareté floristique

	- RARETÉ FLORISTIQUE +				
REPRÉSENTATIVITÉ - RARETÉ BIOTOPE	A	B	C	D	E
Très commun	48	34	0	25	0
Commun	29	18	14	0	0
Moyennement commun	13	29	29	25	50
Rare	5	11	57	25	0
Très rare	5	8	0	25	50

Croisement entre le contraste des types de biotope et la richesse floristique

	- RICHESSE FLORISTIQUE +				
CONTRASTE BIOTOPE	A	B	C	D	E
Très fort	32	16	25	80	100
Fort	18	26	23	10	0
Moyen	24	34	30	0	0
Faible	24	23	23	10	0
Très faible	4	1	0	0	0



Croisement entre les aires protégées et la richesse floristique

Croisement entre les aires protégées et la richesse floristique

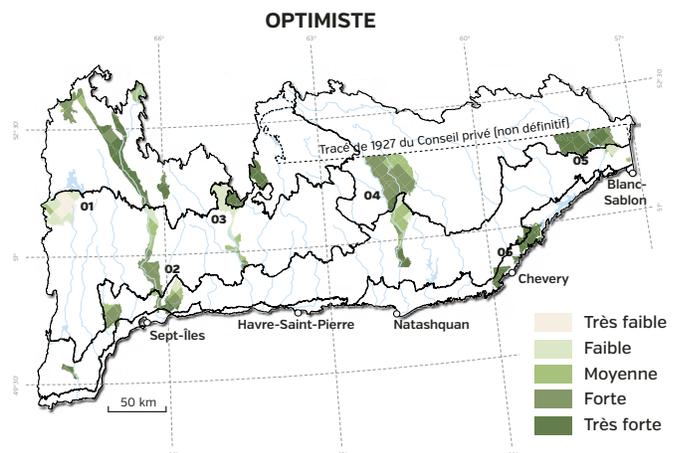
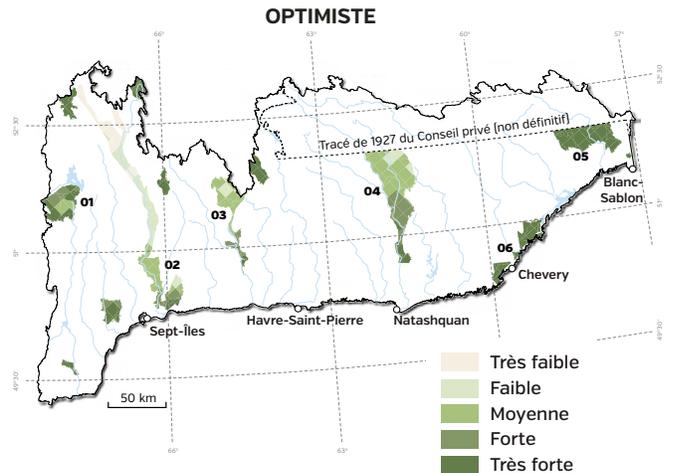
Par le passé, la mise en place du réseau d'aires protégées s'est principalement appuyée sur l'organisation des éléments physiques des écosystèmes. La prise en considération des éléments du filtre fin (espèces floristiques et communautés végétales) n'intervenait qu'à de très rares occasions. Cependant, lorsqu'on superpose le périmètre des aires protégées actuelles à la carte de l'indice de richesse floristique des districts écologiques, on observe que le réseau actuel recoupe sept des 12 districts écologiques dotés d'une richesse élevée ou très élevée si on inclut la Réserve de parc national du Canada de l'Archipel-de-Mingan ainsi que l'habitat floristique de Merritt-Lyndon-Fernald situé dans le secteur de Blanc-Sablon. Sur le plan de la diversité spécifique, la performance du réseau actuel d'aires protégées semble donc assez bonne. Une analyse plus détaillée révèle cependant des lacunes pour les taxons de systèmes écologiques plus spécialisés ou de faibles superficies comme le fen riche, la dune maritime et le système de falaise, d'escarpement et d'éboulis sur substrat basique.

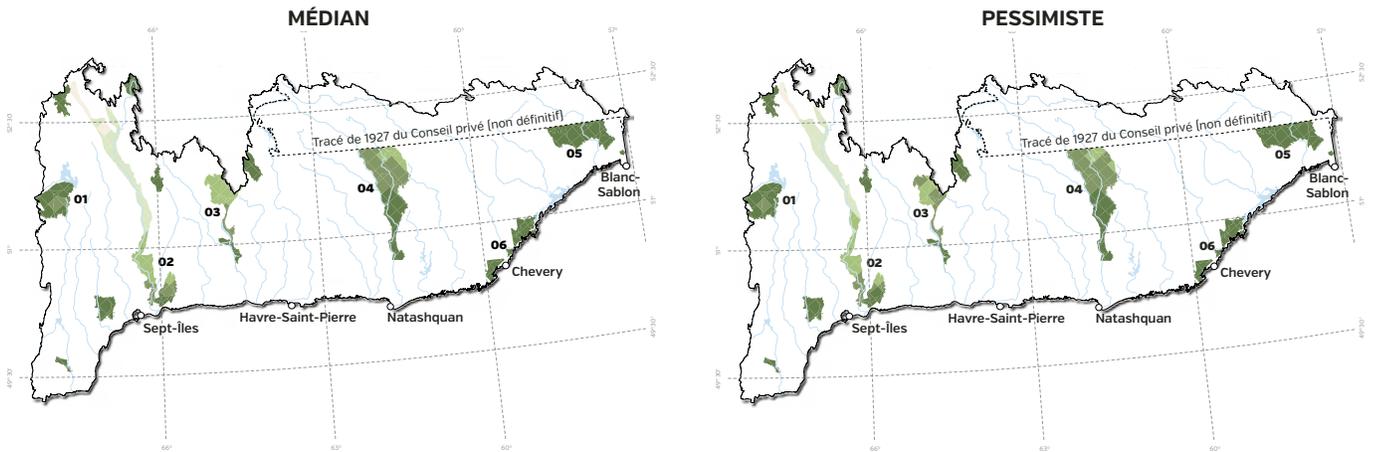
Dans une approche de conservation de la biodiversité, des échantillons de l'ensemble des communautés végétales répertoriées dans un territoire de référence devraient être représentés dans le réseau d'aires protégées afin de maintenir et de garantir le bon fonctionnement des écosystèmes et leur capacité d'adaptation aux changements. En protégeant le maximum de communautés végétales, on s'assure de couvrir une large variété d'espèces tant floristiques que fauniques. Sur la Côte-Nord, une analyse sommaire révèle que sur les 178 communautés végétales identifiées, une centaine se trouve au moins une fois dans le réseau actuel d'aires protégées. La très grande majorité des communautés forestières y sont représentées, de même que plusieurs communautés végétales des systèmes écologiques sur tourbe, de la lande boréale, de la toundra alpine et de la toundra maritime. Les communautés absentes correspondent à des communautés végétales appartenant à des milieux sous-inventoriés (marais salés, marais riverains, etc.) ou à des communautés forestières rares sur le territoire, comme les pinèdes à pin gris, ainsi que certaines pessières, sapinières et peupleraies.

Croisement ente les aires protégées et les changements climatiques

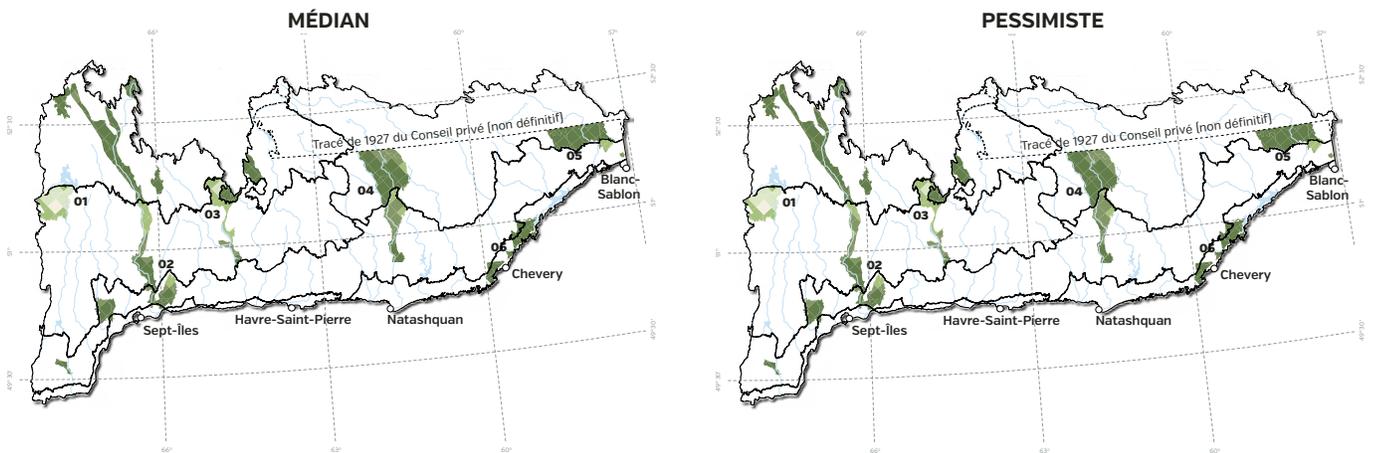
Une première analyse consiste à comparer la variation des températures annuelles prévues à l'horizon 2050 des cellules de la grille du modèle Qc15 par rapport à la moyenne des températures actuelles (1961-2000) des aires protégées actuelles. On observe que les aires protégées qui protègent les rivières (02 Moisie, 03 Magpie et 04 Natashquan) suivent l'axe du gradient des températures, si bien que les variations diminuent du sud vers le nord. Elles pourront donc servir potentiellement de corridor de migration pour les espèces dont les trop fortes températures sont un facteur limitant à leur présence. La réserve de biodiversité Uapishka-Monts Groulx (01) protège un massif du bas des versants à 400 m jusqu'aux sommets qui peuvent atteindre les 1 200 m. Ces sommets offrirait, dans le futur, des conditions de températures équivalentes à celles rencontrées de nos jours au bas des versants.

Une deuxième analyse consiste à considérer la température moyenne de la zone territoriale et à comparer l'écart à la moyenne des températures futures anticipées pour chaque cellule de la grille du modèle Qc15. Selon les résultats obtenus, on peut constater que les aires protégées situées en altitude (01 Uapishka-Monts Groulx et 03 Magpie) ou au nord de la zone territoriale (05 Guernesé) pourront servir de refuges thermiques pour les espèces venant du sud de leur zone. Cependant, la réserve de biodiversité de Guernesé (05) verra la composition de sa biodiversité complètement bouleversée puisque, comme le montre la figure précédente, toutes les cellules présentent des variations très fortes. Les résultats montrent aussi que les aires protégées qui protègent les rivières (02 Moisie et Matamec, 03 Magpie et 04 Natashquan) sont susceptibles de servir de corridor écologique pour le déplacement de la biodiversité.

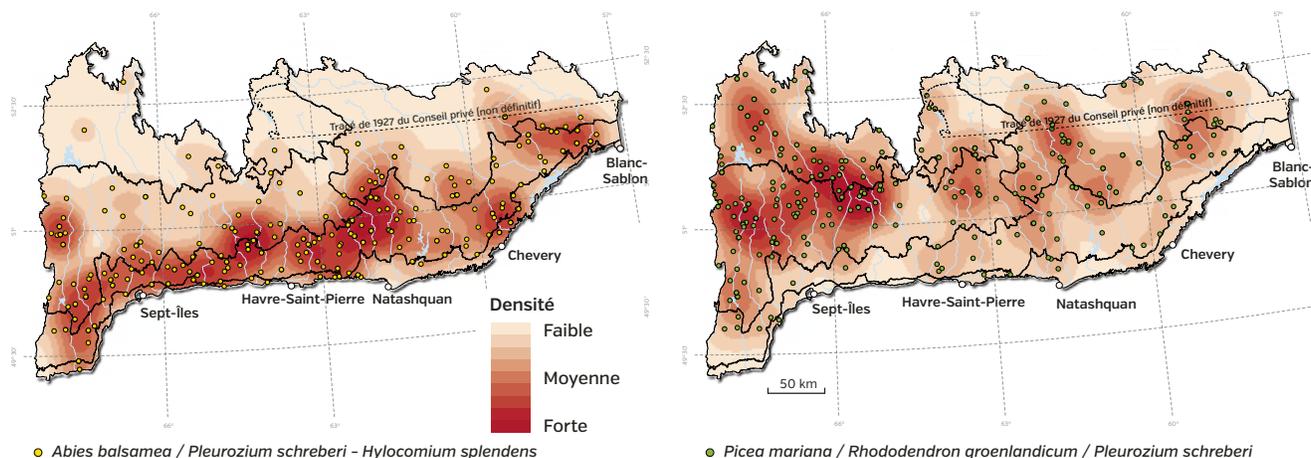




Variation des températures annuelles des cellules de la grille du modèle Qc15 par rapport aux températures annuelles actuelles des aires protégées selon trois scénarios



Variation des températures annuelles des cellules de la grille du modèle Qc15 par rapport aux températures annuelles actuelles des zones territoriales selon trois scénarios



Comparaison de la densité de deux communautés forestières fréquentes sur le territoire et associées à deux systèmes écologiques distincts

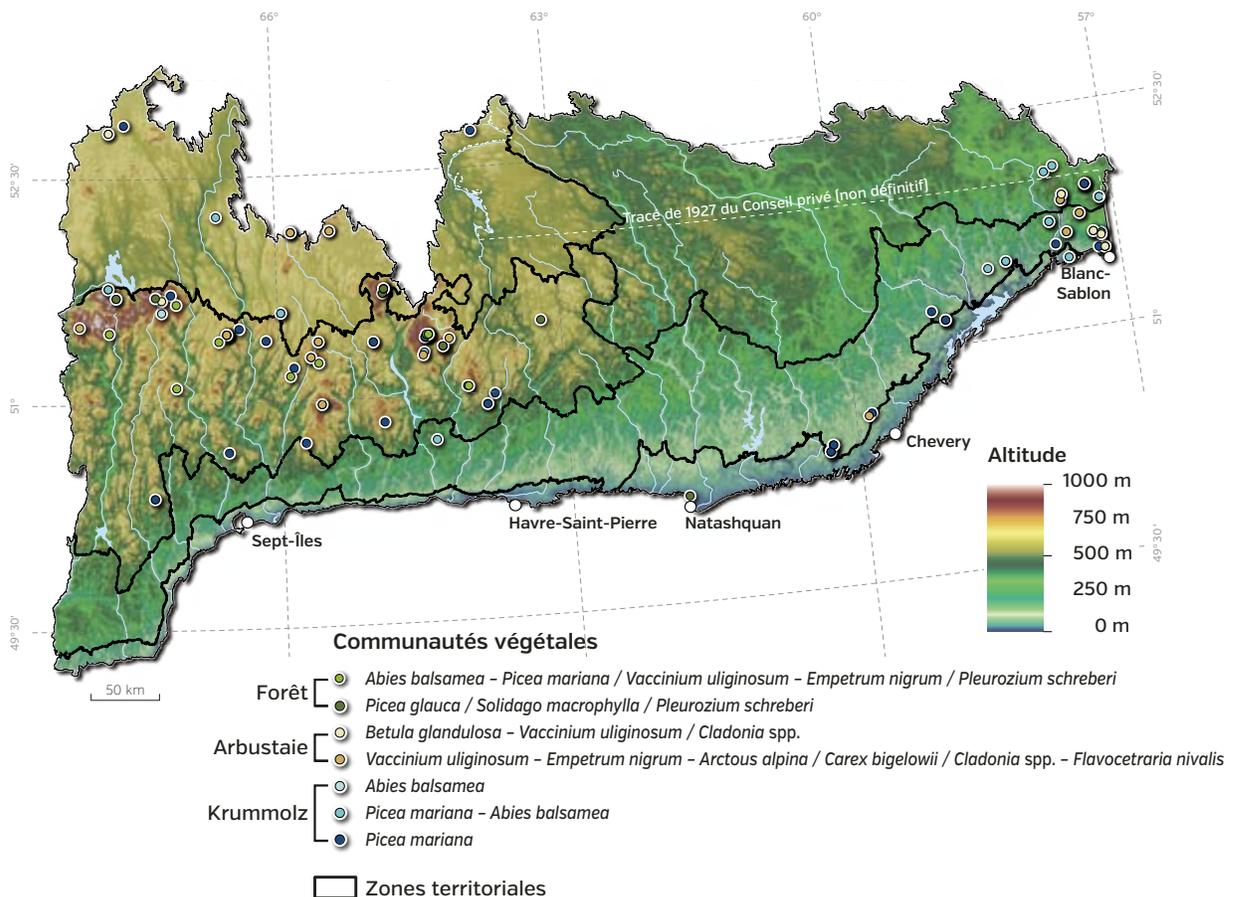
Lien entre le climat, les communautés végétales et les systèmes écologiques

À partir des relevés de végétation géoréférencés, des cartes de répartition des communautés végétales ont été produites. Celles-ci font ressortir différents patrons de répartition. Alors que certaines communautés végétales sont pratiquement ubiquistes, d'autres occupent des aires plus restreintes. Les communautés forestières dominées par l'épinette noire ou le sapin baumier, par exemple, comptent parmi les mieux représentées sur la Côte-Nord, à l'exemple de celle à *Picea mariana* / *Rhododendron groenlandicum* / *Pleurozium schreberi* [465 relevés], associée au système écologique de la pessière d'épinette noire à mousses ou à éricacées, ou de celle à *Abies balsamea* / *Pleurozium schreberi* - *Hylocomium splendens* [357 relevés], caractéristique de la sapinière à bouleau blanc.

Même si ces deux communautés sont présentes d'est en ouest sur le territoire, leurs aires de répartition diffèrent. Ainsi, la communauté à *Picea mariana* se concentre davantage dans la partie nord du territoire, où l'altitude est plus élevée et les températures annuelles moyennes, plus faibles. La communauté à *Abies balsamea*, pour sa part, est surtout présente dans la portion méridionale du territoire, en particulier dans la zone maritime et celle des contreforts. Ce patron de répartition témoigne de l'affinité des sapinières en général pour des conditions climatiques plus tempérées et/ou plus humides et des stations plus riches liées à la présence de dépôts marins ou d'un drainage latéral dans les bas de versants [Lavoie, 1989]. Globalement, le patron de répartition des principales communautés forestières de la Côte-Nord traduit bien le gradient climatique sud-est/nord-ouest révélé par le modèle climatique d'Ouranos, lequel est corrélé en partie à l'altitude.

D'autres communautés végétales constituent plutôt le reflet de conditions climatiques rigoureuses liées à des particularités régionales ou locales. Sur les hautes collines, au-delà de 600 m d'altitude environ, les températures plus froides, la forte humidité atmosphérique et les précipitations abondantes, dont une partie importante tombe sous forme de neige, empêchent l'installation d'un couvert forestier continu. C'est dans cet environnement que s'installent les communautés à *Picea glauca* / *Solidago macrophylla* / *Pleurozium schreberi* ainsi qu'à *Abies balsamea* - *Picea mariana* / *Vaccinium uliginosum* - *Empetrum nigrum* / *Pleurozium schreberi*, deux arborales ouvertes caractéristiques du système écologique de la sapinière ou de la pessière subalpine. Plus haut en altitude, les arbres sont absents; les sommets balayés par le vent sont occupés par la toundra alpine, un système écologique constitué principalement d'arbustaias prostrées lichéniques, dont le cortège floristique comprend plusieurs taxons d'affinité arctique, tels que *Diappensia lapponica*, *Arctous alpina*, *Flavocetraria nivalis* et *Ochrolechia frigida*.

Dans les positions un peu plus abritées s'installent des arbustaias basses dominées par le bouleau glanduleux ou encore des formations de krummholz constituées surtout de sapin baumier et/ou d'épinette noire. Plusieurs de ces communautés végétales se développent également à proximité de la côte, dans la portion est de la zone maritime où elles forment un système écologique distinct, soit la toundra maritime. Ces communautés végétales tapissent les versants ou coiffent le sommet des buttes rocheuses fortement exposées aux vents du large et, par conséquent, dépourvues d'un couvert nival protecteur. Leur présence dans cette partie du territoire s'explique donc également par des conditions climatiques rigoureuses qui ne sont toutefois pas perçues par les modèles climatiques.



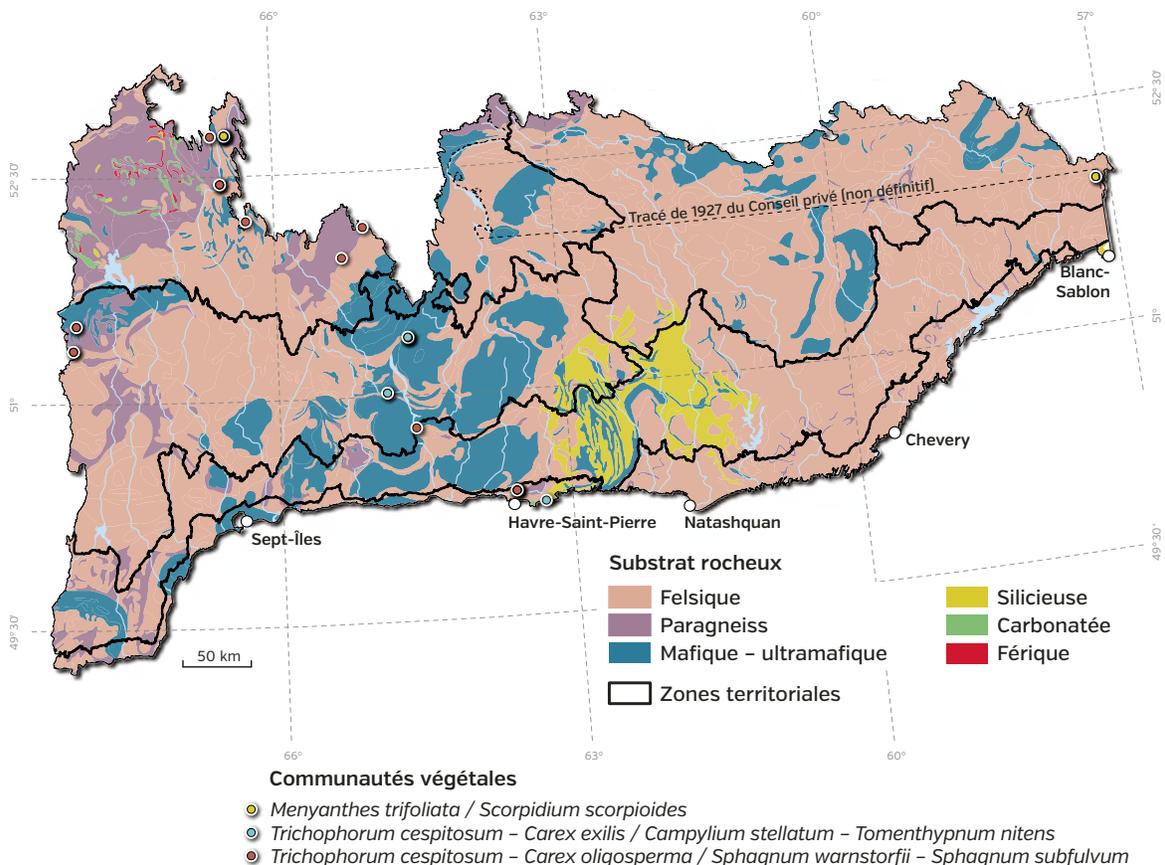
Localisation de quelques communautés végétales influencées par des conditions climatiques rigoureuses

Lien entre le substrat, les communautés végétales et les systèmes écologiques

La nature du substrat géologique constitue un autre facteur expliquant la relative rareté sur le territoire de certaines communautés végétales et des systèmes écologiques qui leur sont associés. Dans les quelques secteurs où affleurent des formations rocheuses basiques, les fens abritent des communautés végétales caractérisées par la présence d'espèces basiphiles, en particulier des bryophytes. Les herbaçaias à *Menyanthes trifoliata* / *Scorpidium scorpioides*, à *Trichophorum cespitosum* - *Carex exilis* / *Campylium stellatum* ou encore à *Trichophorum cespitosum* - *Carex oligosperma* / *Sphagnum warnstorffii* - *Sphagnum subfulvum* en sont de bons exemples. Ces communautés végétales permettent de distinguer le fen riche des autres systèmes écologiques tourbeux.

Lien entre les régimes de perturbation, les communautés végétales et les systèmes écologiques

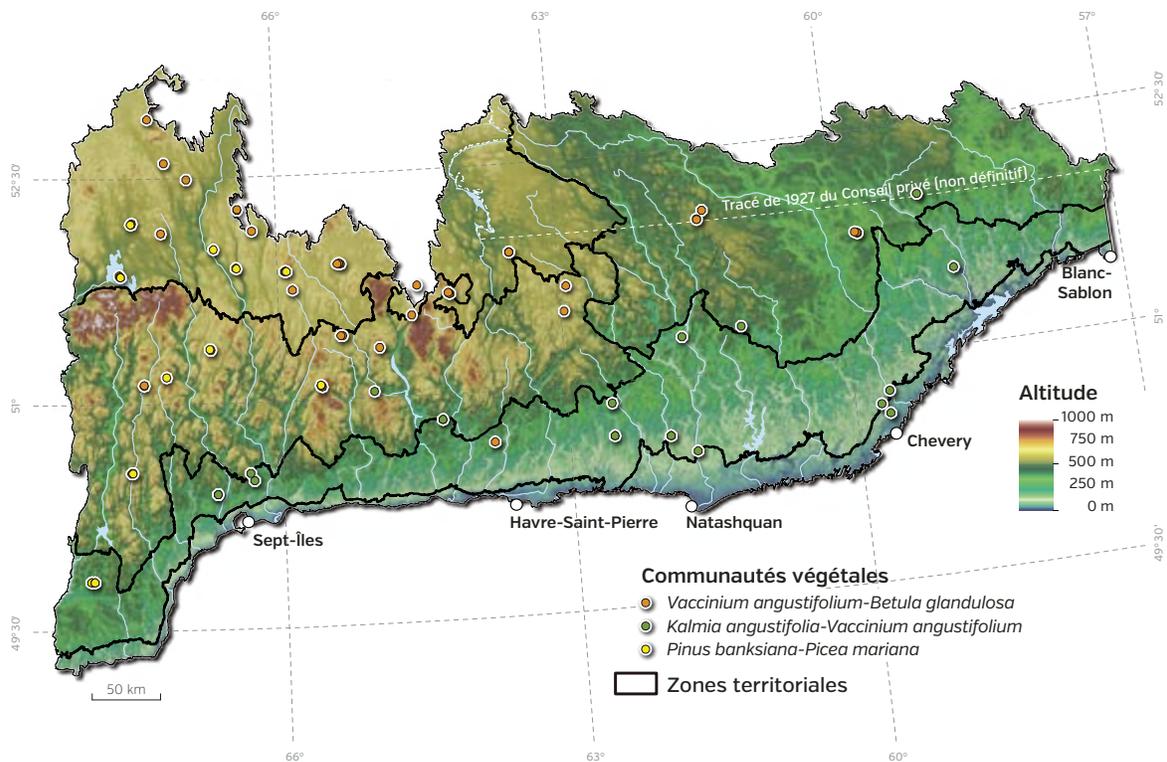
Un certain nombre de communautés végétales présentent une répartition sporadique sur le territoire parce qu'elles sont issues de perturbations naturelles, telles que les épidémies d'insectes ou les incendies de forêt. Selon leur ampleur ou leur sévérité, ces phénomènes affectent des territoires plus ou moins grands. Les incendies de forêt, par exemple, créent des ouvertures qui sont rapidement colonisées par des arbustaias formées principalement d'éricacées. Dans le haut plateau, ces arbustaias sont dominées par *Vaccinium angustifolium* et *Betula glandulosa*, alors que dans la bande maritime et celle des contreforts, *Vaccinium angustifolium* est plus fréquemment accompagné par *Kalmia angustifolia* qui devient alors l'espèce dominante. En l'absence de régénération, ces arbustaias peuvent demeurer stables; elles font alors partie du système écologique de la lande boréale. Autrement, elles peuvent être progressivement remplacées par des peuplements forestiers dont la composition sera influencée par celle des peuplements situés à proximité et par les caractéristiques du milieu environnant.



Enfin, il est intéressant de noter que les forêts de pin gris, si fréquentes dans le domaine bioclimatique de la pessière à mousses du sous-domaine de l'Ouest, sont peu communes et limitées à la partie nord-ouest du territoire où le relief est peu accentué et où les dépôts fluvioglaciaires de drainage excessif à bon sont bien représentés, créant des conditions favorables à la survivance et à l'expansion des incendies de forêt. Ces peuplements de début de succession peuvent être associés aux systèmes écologiques de la pessière d'épinette noire à mousses ou à éricacées ou de la pessière d'épinette noire à lichens.



Système écologique régi par les feux de forêts





DISCUSSION

La méthode développée et les résultats obtenus ont-ils permis d'atteindre les objectifs du projet ?

OBJECTIF 1 :

Acquérir une connaissance structurée du territoire nordique en s'appuyant sur un système d'information territoriale (SIT)

Le projet a permis de mettre en place un système d'information territoriale qui s'est révélé efficace pour exploiter une grande quantité de données provenant de sources variées. Le quatrième niveau de perception du CERQ, qui a été terminé à l'automne 2015 pour tout le Québec, s'est avéré être une maille spatiale d'analyse adéquate pour dresser un portrait général de la biodiversité sur un grand territoire et pour l'étudier sous différents angles ou en fonction de besoins particuliers. La principale difficulté rencontrée a résidé dans l'arrimage et l'uniformisation des données provenant de différentes sources, ce qui occasionne souvent des pertes d'information [l'ajustement des typologies se fait toujours en fonction de l'information la moins précise]. Pour le Québec, les données de couverture végétale sont disponibles à partir de trois produits cartographiques qui se distinguent par le type de données et les méthodes employées. Pour sa part, Ouranos rend disponible une version bêta d'un modèle climatique débiaisé par réanalyse des données de station. Pris indépendamment, tous ces systèmes d'information possèdent leur structure et leurs métadonnées bien établies. Il faut donc nécessairement faire un arrimage pour que les données soient compatibles.

OBJECTIF 2 :

Élaborer une méthode d'analyse de la biodiversité, applicable à l'ensemble du Québec nordique, permettant une prise de décision éclairée en matière d'aménagement du territoire et de conservation de la biodiversité

Dans le cadre du présent projet, la biodiversité a été analysée à différents niveaux d'organisation du biotope et de la biocénose. Des liens ont été établis entre les deux composantes des écosystèmes. Ce projet a montré que cette méthode pourrait être appliquée à l'échelle du Québec nordique. D'ailleurs, l'analyse du biotope a été utilisée, en 2015, pour évaluer la contribution des aires protégées et des propositions citoyennes pour le territoire du Nunavik. Bien qu'il reste encore beaucoup à faire pour couvrir tout le Québec, les travaux réalisés

pour le Nunavik ont démontré que la méthodologie est performante et permet de faciliter grandement la prise de décision. Elle pourrait être mise à profit pour réaliser différents travaux ministériels dans une perspective de développement durable du territoire nordique.

L'analyse sur les écosystèmes, qui nécessite d'établir des liens entre la typologie des cartes de végétation et celle des systèmes écologiques, n'a pas été complétée pour le territoire pilote en raison de la disponibilité tardive des données du MFFP. Une fois l'exercice terminé, des analyses similaires à celles menées sur le biotope et la biocénose pourront être réalisées.

OBJECTIF 3 :

Établir des partenariats avec les organismes détenteurs de données

Les données de base sont essentielles pour effectuer les nombreuses analyses nécessaires à la réalisation d'un tel projet (études d'impact, suivi de population animale, etc.). Le prototype d'Atlas de la biodiversité du Québec nordique a nécessité l'utilisation de données provenant du MDDELCC et du MFFP et aussi de divers organismes, tels que le Consortium Ouranos, l'Université Laval et le Regroupement QuébecOiseaux. Le partage de données est une préoccupation constante pour les organisations, surtout lorsqu'il est question de travailler dans les zones éloignées. Pour la réalisation d'un atlas complet couvrant tous les territoires du Québec nordique, la disponibilité des données et leur quantité limitée constitueront des limites importantes. Les partenariats avec les détenteurs de données seront à privilégier.

Les partenaires financiers du projet ont également contribué à sa réussite. Les fonds de la Fondation Prince Albert II de Monaco ont permis au MDDELCC de procéder à des survols de reconnaissance et à des inventaires sur le territoire, d'amorcer une entente sur la cartographie de la végétation du Québec nordique avec le MFFP et de numériser les données des spécimens de l'Herbier Louis-Marie pour les régions de la Côte-Nord et de la Baie-James.

Le financement de la Fondation Prince Albert II de Monaco obtenu pour cet atlas a servi d'amorce pour de nombreux partenariats, notamment avec des organisations gouvernementales et universitaires.

La participation financière du Consortium Ouranos dans le cadre du Fonds vert a servi à analyser les modèles climatiques [Rapaić, 2012], à analyser l'effet des changements climatiques sur la biodiversité [Samson, 2012] et à produire une revue de littérature effectuée par le Centre de la science de la biodiversité du Québec de l'Université McGill sur l'effet des changements climatiques sur la biodiversité, les écosystèmes, les aires protégées et les Autochtones [Auzel et coll., 2012]. Elle a également permis de soutenir l'organisme Regroupement QuébecOiseaux dans la collecte de données sur les oiseaux nicheurs de la Côte-Nord, à financer un projet de recherche de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue sur la biodiversité spécifique de la Baie-James et à financer une partie de la publication des résultats du groupe de recherche CC-BIO [Berteaux et coll., 2014]. Une partie des fonds a aussi servi à la diffusion de différents volets du projet et à financer la participation à des conférences, dont la conférence de l'Année polaire internationale qui s'est tenue à Montréal en avril 2012.

La majorité de ces partenariats se poursuivent aujourd'hui et de nouveaux inventaires ont été menés à l'été 2015. Ces travaux permettront la poursuite de la réalisation de l'Atlas de la biodiversité du Québec nordique. Actuellement, seules les instances gouvernementales sont en mesure de collecter des informations sur de larges territoires éloignés. De plus, des partenariats permettant de faciliter la logistique des travaux en zones éloignées ont été mis en place avec le MFFP et le MERN.



CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La biodiversité touche une multitude de disciplines qui peuvent chacune prétendre à être traitées dans un projet d'atlas. Ce dernier peut aussi prendre une multitude de formes en fonction des manières dont peut être abordé le sujet. Pour l'Atlas de la biodiversité du Québec nordique, la biodiversité est traitée au niveau des écosystèmes terrestres cartographiés en mettant l'accent sur leur partie physique. Ce choix repose sur les balises conceptuelles qui permettent de répondre aux objectifs fixés tout en tenant compte des caractéristiques du territoire d'étude ainsi que des contraintes logistiques, humaines, budgétaires et matérielles qui lui sont associées. Selon les données disponibles et les partenariats établis ou à venir, des éléments plus fins de la biodiversité, comme les espèces floristiques ou fauniques, peuvent aussi être utilisés pour compléter les analyses.

La méthodologie de l'Atlas de la biodiversité du Québec nordique s'est basée sur deux outils fondamentaux pour exprimer le concept d'écosystème : le CERQ pour la connaissance de l'organisation du biotope et les cartes de végétation associées à des typologies de communautés végétales pour la connaissance de l'organisation de la biocénose. Un des défis du projet était de trouver des points de convergence entre les données qui s'appuient sur des approches et des niveaux de perception différents. L'approche par le biotope repose sur une méthode holistique et descendante des différences entre des organisations de caractéristiques physiques de l'écosystème, tandis que l'approche par les communautés végétales se situe à un niveau de perception plus détaillé et procède par une méthode ascendante de regroupement des ressemblances [Rowe, 1999].

Le développement d'une méthodologie applicable à tout le territoire nordique reposait donc sur la capacité de la cartographie du biotope à descendre à un niveau de perception assez précis et sur celle de la classification de la biocénose à généraliser l'information afin de caractériser et d'analyser les écosystèmes du territoire. Elle reposait aussi sur la bonne compréhension des concepts et des principes établis dans la méthode afin que les différents spécialistes, indispensables aux travaux de terrain et aux analyses, interagissent à l'intérieur des limites écologiques communes et vers des objectifs identiques.

L'approche mise de l'avant pour la mise en place de l'Atlas a montré la capacité du CERQ à intégrer les divers renseignements disponibles pour un territoire précis. Le district écologique s'est révélé être la maille d'analyse appropriée pour la grandeur du territoire à couvrir. Il est assez précis pour reconnaître les changements dans le climat, de même que dans l'organisation du biotope et des principaux systèmes écologiques (biocénose). Le CERQ et les unités issues des classifications représentent un moyen efficace de synthèse et de mise en relation des différentes sources de données.

L'analyse de la biocénose a démontré l'importance des données plus vieilles ou moins modernes traitées par des méthodes d'analyse modernes. Ces renseignements proviennent des inventaires du capital-nature et des inventaires écoforestiers menés dans les années 1980. Ces inventaires ont fourni une multitude de données qui ont pu être exploitées au maximum dans les analyses présentées. De plus, les données de l'Herbier Louis-Marie et d'autres Herbiers, qui comprennent notamment d'anciennes récoltes de 1865, ont contribué pour environ 50 % des taxons de plantes vasculaires recensées sur le territoire de la Côte-Nord.

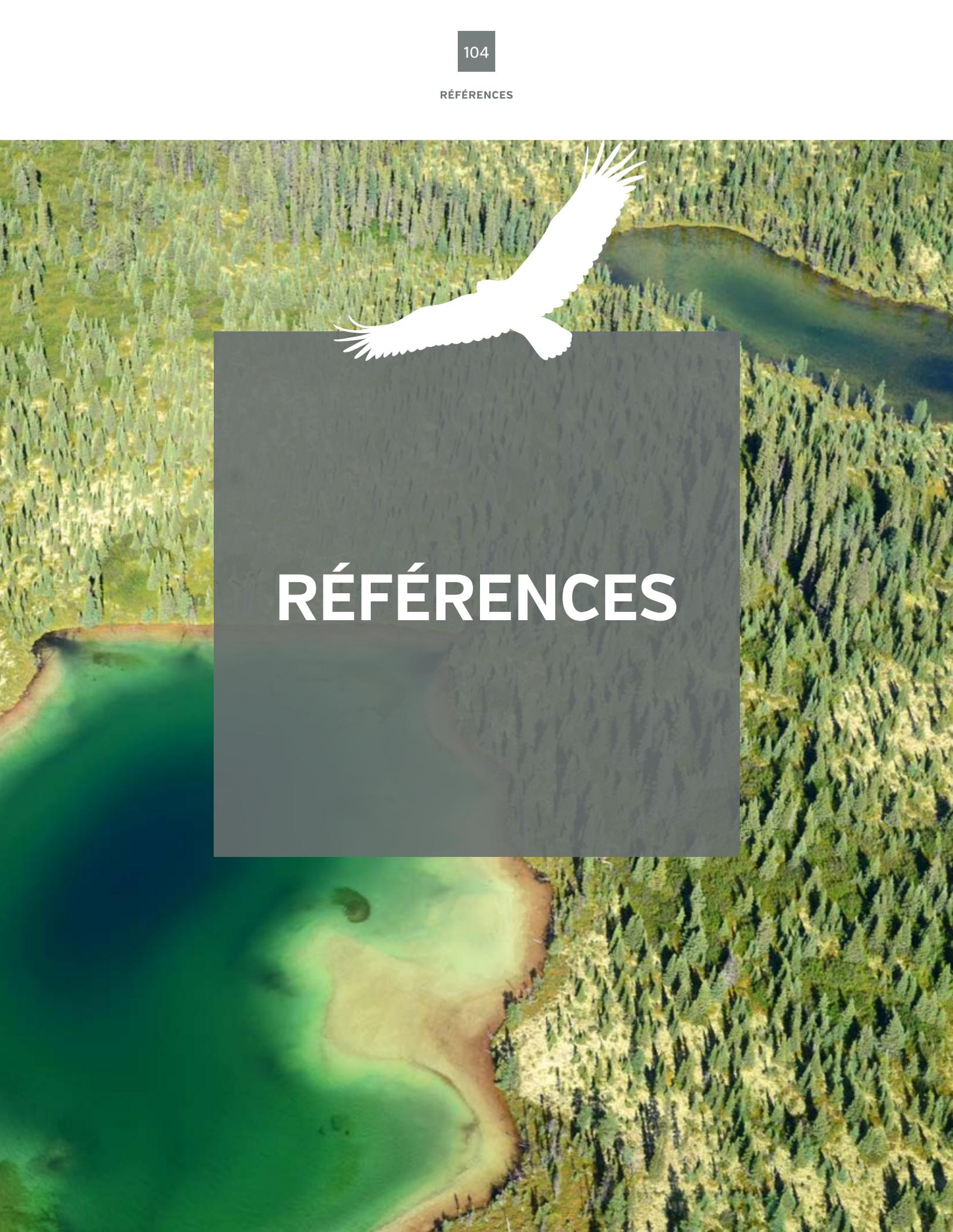
Certains éléments de connaissance du territoire n'ont toutefois pas été intégrés, notamment les écosystèmes aquatiques, la faune et les savoirs autochtones. Ces données n'ont pas été utilisées parce qu'elles n'étaient pas encore disponibles au moment de la réalisation du projet. Le manque de précision des modèles climatiques a aussi été un écueil qui a dû être contourné. Le Consortium Ouranos a d'ailleurs entrepris un programme pour améliorer les modèles afin de pouvoir les utiliser plus efficacement.

Les quelques exemples exposés dans le présent document permettent d'illustrer le potentiel d'une structure géomatique des données. L'Atlas est plus qu'une succession de cartes statiques, c'est un jeu de données interreliées que l'utilisateur peut questionner pour obtenir de l'information structurée lui permettant de comprendre l'organisation de la biodiversité, tant en ce qui concerne les espèces et les écosystèmes qu'en ce qui a trait au territoire. Le projet a donc permis d'acquérir de nombreux enseignements. Il a également mis en lumière son utilité indéniable pour assurer une prise de décision éclairée lors de la gestion de certaines problématiques environnementales ou d'aménagement du territoire.

Pour obtenir un atlas complet du Québec nordique, il est nécessaire de poursuivre l'acquisition de connaissances du territoire et de reproduire le modèle réalisé sur la Côte-Nord afin d'obtenir un portrait complet de la biodiversité du Québec nordique et, ainsi, de disposer d'un outil performant pour alimenter les processus décisionnels en matière de conservation, de protection de l'environnement et d'aménagement durable du territoire.

Dans une perspective de développement durable, les décisions prises pour assurer le développement du territoire nordique devraient s'appuyer sur des analyses de la capacité des milieux biophysiques à recevoir certains types d'activités ou d'infrastructures. Comme les unités du CERQ peuvent être classées, en fonction des caractéristiques du biotope et de la biocénose qu'elles renferment, en différentes classes d'aptitude, de potentiel et de fragilité, les portions de territoire véritablement fragiles peuvent être écartées ou faire l'objet d'études plus approfondies avant de prendre des décisions qui pourraient avoir des impacts importants sur l'environnement. Pour d'autres zones territoriales, des analyses du milieu pourraient être accélérées en s'appuyant sur une exploitation du territoire et de ses ressources qui respecte les bonnes pratiques déjà connues et établies. Le prototype d'Atlas de la biodiversité du Québec nordique a donc permis une avancée scientifique notable et offre de nombreuses possibilités pour permettre un développement durable de nos ressources. Il rejoint l'approche de Michel Jurdant qui est à l'origine des multiples travaux menés depuis plus de 40 ans au Québec.

« La connaissance est une base nécessaire et indispensable pour prendre des décisions éclairées sur un territoire qui appartient à l'Humanité, et le bilan de nos actions passées nous force aujourd'hui à qualifier la capacité des écosystèmes à accueillir les activités humaines pour moduler l'appétit vorace de l'*Homo Industrialis* » [Jurdant et coll., 1977].

An aerial photograph of a dense forest with a winding river or lake. A white silhouette of an eagle is shown in flight, positioned above a large, dark grey rectangular area that serves as a background for the title. The forest is lush green, and the water is a deep blue-green color.

RÉFÉRENCES

Références bibliographiques

- AUZEL, P., H. GAONAC'H, F. POISSON, R. SIRON, S. CALMÉ, M. BELANGER, M.M. BOURASSA, A. KESTRUP, A. CUERRIER, A. DOWNING, C.LAVALLÉE, F. PELLETIER, J. CHAMBERS, A.E. GAGNON, M.C. BEDARD, Y. GENDREAU, A. GONZALEZ, M. MITCHELL, J. WHITELEY ET A. LAROCQUE, 2012. *Impacts des changements climatiques sur la biodiversité du Québec : Résumé de la revue de littérature*. CSBQ, MDDEP, Ouranos, 29 p.
- BERTEAUX, D., N. CASAJUS ET S. DE BLOIS, 2014. *Changements climatiques et biodiversité du Québec : vers un nouveau patrimoine naturel*. Presse de l'Université du Québec, 202 p.
- CAYOUILLE, J., 2014. *À la découverte du Nord, deux siècles et demi d'exploration de la flore nordique du Québec et du Labrador*. Éditions MultiMondes, Québec, 363 p.
- CHRISTIAN, C.S., 1959. *The eco-complex in its importance for agricultural assessment*. Biogeography and Ecology in Australia [series Monographiae Biologicae, vol. 8], pp. 587-605.
- COMER, P., D. FABER-LANGENDOEN, R. EVANS, S. GAWLER, C. JOSSE, G. KITTEL, S. MENARD, M. PYNE, M. REID, K. SCHULZ, K. SNOW, ET J. TEAGUE, 2003. *Ecological Systems of the United States: A Working Classification of U.S. Terrestrial*. Systems. NatureServe, Arlington, Virginia, 83 p.
- DUCRUC, J.P., 1985. *L'analyse écologique du territoire au Québec : Inventaire du Capital-Nature de la Moyenne-et-Basse-Côte-Nord*. Division des inventaires écologiques, Environnement Québec, Environnement Canada, Hydro-Québec, 192 p.
- FABER-LANGENDOEN, D., 2007. *Putting ecosystem classification to work*. In *Fundamentals of Conservation Biology*. Hunter, M.L. et Jr.J.P. Gibbs [éd], p. 68.
- FRANKLIN, J. F., 1993. *Preserving biodiversity: Species, Ecosystems, or Landscape?* Ecological Applications, vol. 3, no 2, pp. 202-205.
- GERARDIN, V., 1980. *L'inventaire du capital-nature du territoire de la Baie-James – Les Régions écologiques et la végétation des sols minéraux, Tome 1 : méthodologie et description*. Direction générale des terres, Environnement Canada, 398 p.
- GERARDIN, V. ET P. GRONDIN, 1984. *Distribution et description des tourbières de la Moyenne-et-Basse-Côte-Nord*. Série de l'inventaire du capital-nature. ICN-4, ministère de l'Environnement, Gouvernement du Québec, 139 p.
- GROVES, C.R., D.B. JENSEN, L.L. VALUTIS, K.H. REDFORD, M.L. SHAFFER, J.M. SCOTT, J.V. BAUMGARTNER, J.V. HIGGINS, M.W. BECK, ET M.G. ANDERSON, 2002. *Planning for biodiversity conservation: putting conservation science into practice*. BioScience vol. 52, no 6, pp. 499-512.
- HAMMERSON, G.A., D. SCHWEITZER, L. MASTER ET J. CORDEIRO, 2008. *Ranking species occurrences – A generic approach*. NatureServe. <http://www.nature-serve.org/explorer/popviability.htm>.
- HUNTER, M.L., 1991. *Coping with ignorance: The coarse filter strategy for maintaining biodiversity*. In *Balancing on the Brink of Extinction*. Kohm, K.A. [éd], Island Press. Washington [D.C.], États-Unis. pp. 266-281.
- HUNTER, M.L., 2005. *A mesofilter conservation strategy to complement fine and coarse filters*. Conservation Biology vol. 19, no 4, pp. 1025-1029.
- JURDANT, M., J.L. BÉLAIR, V. GERARDIN ET J.P. DUCRUC, 1977. *L'inventaire du Capital-Nature – Méthode de classification et de cartographie écologique du territoire*. Série de la classification écologique du territoire, n°2, direction Régionale des Terres, Pêches et Environnement Canada, Québec, Canada, 202 p.
- LAVOIE, C., A. SAINT-LOUIS, G. GUAY ET E. GROENEVELD, 2012. *Les plantes vasculaires exotiques naturalisées : une nouvelle liste pour le Québec*. Le Naturaliste canadien, 136, no 3, pp. 6-32.
- LAVOIE, G., 1984. *Contribution à la connaissance de la flore vasculaire et invasculaire de la Moyenne-et-Basse-Côte-Nord*. *Provancheria nature – Méthode de classification et de cartographie écologique du territoire*. Série de la classification écologique du territoire, n°17, *Herbier Louis-Marie, Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation*, Université Laval, Québec, Canada, 149 p.
- LAVOIE, G., 1989. *Classification et répartition de la végétation des sols minéraux de la Moyenne-et-Basse-Côte-Nord, Québec/Labrador*, Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 280 p.
- MARGULES, C.R. ET R.L. PRESSEY, 2000. *Systematic conservation planning*. Nature, vol. 405, pp. 243-253.
- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC, 2008. *Norme de stratification écoforestière – Quatrième inventaire écoforestier*. Direction des inventaires forestiers, Forêt Québec, réédition – juin 2011, 94 p.

RÉFÉRENCES

- MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES DU QUÉBEC, 2013. *Rapport du Comité scientifique chargé d'examiner la limite nordique des forêts attribuables*. Secteur des forêts, 148 p. + 6 annexes.
- NATIONS UNIES, 1992. *NatureServe Explorer: An online encyclopedia of life* [web application]. Version 7.1. NatureServe, Arlington, Virginie. <http://explorer.natureserve.org>.
- NATURESERVE, 2015. *Convention sur la diversité biologique*. Article 2, p. 2.
- NOSS, R.F., 1987, *From Plant Communities to Landscapes in Conservation Inventories: A Look at The Nature Conservancy (USA)*. Biological Conservation vol. 41, no 1, pp. 11-37.
- NOSS, R.F., 1996. Ecosystems as conservation target. *Tree*, vol. 11, p. 351.
- OURANOS, 2015. *Vers l'adaptation. Synthèse des connaissances sur les changements climatiques au Québec*. Edition 2015. Montréal, Québec : Ouranos. 415 p.
- PARISI, M., 2003. *An Introduction to the Atlas*. In *Atlas of the Biodiversity of California*. The Resources Agency, California Department of Fish and Game, États-Unis, pp. 4-9.
- PAYETTE, S., 2013. *Flore nordique du Québec et du Labrador - vol. 1. Les Presses de l'Université Laval*, 553 p.
- RAPAIĆ, M., 2012. *Atlas de la biodiversité du Québec nordique - Analyses et scénarios climatiques*. Rapport du Consortium Ouranos, 229 p.
- RICHARD, P.J.H., 1987. *Le couvert végétal du Québec – Labrador et son histoire postglaciaire*. Département de géographie, Université de Montréal, Notes Doc. 87 01, 74 p. [avec carte en couleurs de la végétation du Québec-Labrador : Formations et grands domaines].
- ROUSSEAU, J., 1952. *Les zones biologiques de la péninsule Québec-Labrador et l'hémiarctique*. *Revue canadienne de botanique*, vol. 30, n°4, pp. 436-474.
- ROWE, J.S., 1961. *The level of integration concept and ecology*. *Ecology*, vol. 42, pp. 420-427.
- ROWE, J.S., 1993. *Eco-diversity. the key to biodiversity*. In *A protected areas gap analysis methodology: planning for the conservation of biodiversity*. Lacobelli, T., K. Kavanagh et S. Rowe [éd]. Toronto, Canada. pp. 2-9.
- ROWE, J.S., 1999. *Biodiversity at the Landscape Level*. In *Policy and Practices for Biodiversity in Managed Forests: The Living Dance*. Bunnell, F.L. et J.F. Johnson [éd], University of British Columbia Press, pp. 82-95.
- ROWE, J.S. ET J.W. SHEARD, 1981. *Ecological land classification: a survey approach*. *Environmental Management*, vol. 5, no 5, pp. 451-464.
- SAMSON, J., 2012. *Atlas de la biodiversité du Québec nordique – Volet effets des changements climatiques sur la biodiversité*. Rapport de projet du Consortium Ouranos, 51 p.
- SAYRE, R., J. DANGERMOND, C. FRYE, R. VAUGHAN, P. ANIELLO, S. BREYER, D. CRIBBS, D. HOPKINS, R. NAUMAN, W. DERRENBACHER, D. WRIGHT, C. BROWN, C. CONVIS, J. SMITH, L. BENSON, D. PACO VANSISTINE, H. WARNER, J. CRESS, J. DANIELSON, S. HAMANN, T. CECERE, A. REDDY, D. BURTON, A. GROSSE, D. TRUE, M. METZGER, J. HARTMANN, N. MOOSDORF, H. DÜRR, M. PAGANINI, P. DEFOURNY, O. ARINO, S. MAYNARD, M. ANDERSON, ET P. COMER, 2014. *A New Map of Global Ecological Land Units – An Ecophysiological Stratification Approach*. Washington, DC: Association of American Geographers. 46 p.
- SCHWARTZ, M.W., 1999. *Choosing the appropriate scale of reserves for conservation*. *Annual Review of Ecology and Systematics*, vol 30, pp. 83-108.
- TANSLEY, A.G., 1935. *The use and abuse of vegetational concepts and terms*. *Ecology*, vol. 16, pp. 284-307.
- TARDIF, B., G. LAVOIE ET Y. LACHANCE, 2005. *Atlas de la biodiversité du Québec. Les espèces menacées ou vulnérables*. Direction du développement durable, du patrimoine écologique et des parcs, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Gouvernement du Québec, Québec. 60 p.
- VEGETATION SUBCOMMITTEE, 2008. *National Vegetation Classification Standard, version 2*. Federal Geographic Data Committee Document number FGDC STD 005 2008, U.S. Geological Survey, Virginie. 119 p.
- WILLIAMS, D.F., E.A. CYPHER, P.A. KELLY, N. NORVELL, S.E. PHILLIPS, C.D. JOHNSON, G.W. COLLIVER ET K.J. MILLER, 1997. *Recovery Plan for Upland Species of the San Joaquin Valley, California*. United States Fish and Wildlife Service, Region 1, Portland, Oregon, p. 319.

Sources cartographiques

Base générale et administrative du Québec [BGAQ] à l'échelle de 1/2 000 000. Portrait général du Québec. Service de la cartographie. Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles.

Données numériques vectorielles.

Limites administratives et hydrologie : 5, 6, 15, 16, 19, 20, 24, 39, 41, 43, 52, 53, 64, 81, 82, 83, 84, 87, 88, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97

Base de données topographiques et administratives du Québec [BDTA] à l'échelle de 1/250 000.

Ministère de l'Énergie et des Ressources naturelles.

Données numériques vectorielles.

Routes et voies ferrées : 6

Municipalités et communautés autochtones : 6, 15, 16, 19, 20, 24, 27, 39, 41, 43, 52, 53, 64, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78, 81, 82, 83, 84, 87, 88, 89, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97

Cadre écologique de référence du Québec [CERQ], version 2016. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Données numériques vectorielles.

CERQ : 15, 39, 41, 50, 51, 52, 81, 82, 83, 84, 87, 88, 89, 91
Zones territoriales : 52, 53, 88, 89, 92, 93, 94, 95, 96, 97
Unités territoriales : 64, 66, 68, 70, 72, 74, 76, 78

Carte topographique du Canada [CanVec] à l'échelle de 1/50 000. Ressources naturelles Canada.

Données numériques vectorielles.

Couverture des cartes de végétation du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs à partir de l'index : 16

Cartographie écoforestière du programme d'inventaire écoforestier nordique [PIEN] à l'échelle de 1/100 000.

Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

Données numériques vectorielles.

Couches écoforestières : 17, 51, 53

Données et cartes, media Kit. ArcGIS 9 ESRI.

Données numériques vectorielles.

Limites des pays : 22, 23

Données numériques d'élévation du Canada [DNEC] à l'échelle de 1/50 000. Ressources naturelles Canada.

Données numériques matricielles.

Modèle numérique d'élévation et ombre : 39, 43, 95, 97

Inventaire écologique et inventaire du Capital-nature.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Données numériques vectorielles : 19

Ligne de vol. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Données numériques vectorielles : 27

Modèle numérique d'élévation du Québec à l'échelle de 1/20 000. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Données numériques matricielles.

Ombre : 50, 51

Placettes-échantillons et points d'observation. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

Données numériques vectorielles : 19

Récoltes numérisées de l'Herbier Louis-Marie.

Université Laval.

Données numériques vectorielles : 24

Stations météorologiques. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

Données numériques vectorielles : 20

Système d'information écoforestier [SIEF] à l'échelle de 1/20 000. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

Données numériques vectorielles.

Couches écoforestières : 50, 51, 53

Zones de végétation et domaines bioclimatiques du Québec. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs.

Données numériques vectorielles : 6

**Développement durable,
Environnement et Lutte
contre les changements
climatiques**

Québec 