

**Rapport préparé pour la Commission
d'étude sur la gestion de la forêt publique québécoise**

LA FORÊT NATURELLE DU QUÉBEC, UN SURVOL

<p>Le contenu de ce document n'engage que son auteur</p>
--

DANIEL GAGNON
Groupe de recherche en écologie forestière interuniversitaire
Université du Québec à Montréal

MAI 2004

Table des matières

Introduction

Roche, sols et climat : ressources pour la croissance

L'assise rocheuse

Nos jeunes sols et leur origine

Le climat

La zone bioclimatique tempérée : la forêt feuillue du Québec

La végétation

La faune

L'érablière à caryer cordiforme

L'érablière à tilleul

L'érablière à bouleau jaune

La zone bioclimatique boréale : la forêt coniférienne du Québec

La végétation

La faune

La sapinière à bouleau jaune

La sapinière à bouleau blanc

La pessière noire à mousses

La pessière noire à lichens

La toundra forestière

La zone bioclimatique arctique : au delà de la forêt

Conclusion

Remerciements

Bibliographie

Sites Web

Appendice : Liste des espèces mentionnées dans le texte

Liste des tableaux

Tableau 1. Superficies et caractéristiques climatiques des zones et des domaines bioclimatiques du Québec avant 1998

Tableau 2. Superficies des zones et des domaines bioclimatiques du Québec après 1998

Liste des figures

Figure 1. Carte des isolignes des degrés-jours de croissance au Québec

Figure 2. Carte des domaines bioclimatiques du Québec avant 1998

Figure 3. Carte des domaines bioclimatiques du Québec après 1998

Note sur les citations de références

Les références générales du texte sont indiquées à côté des titres des sections et sous-sections appropriées, lorsqu'il y a lieu. Quelques références plus spécifiques sont aussi insérées directement dans le texte. Toutes les références sont identifiées par un chiffre dans le texte et dans la bibliographie. Afin de maintenir un niveau élevé de synthèse et de vulgarisation scientifique, les citations de références ont été tenues à un strict minimum dans le texte. Toutefois, les références générales (particulièrement le Manuel de foresterie) permettront au lecteur de trouver la source de toutes les informations.

Introduction

Le but de ce texte est de fournir un portrait de la forêt naturelle du Québec, de ses composantes et de son fonctionnement. La tâche n'est pas simple, car le Québec possède un très vaste territoire, qui s'étend du 45° au 62° parallèle, couvrant ainsi plus de 1,6 million de km². Ce grand territoire est couvert d'une végétation qui varie énormément du sud vers le nord. La majeure partie de la végétation naturelle du Québec consiste en des forêts, formées de plusieurs espèces d'arbres et d'autres plantes. Ces forêts sont également l'habitat de la faune terrestre.

Pour comprendre la forêt du Québec, il faut comprendre ce qui la fait pousser et se régénérer. Les facteurs physiques de l'environnement déterminent les limites des différentes zones de végétation, en influençant directement la végétation, ou indirectement en influençant les régimes de perturbations qui vont l'affecter. Le climat est le facteur principal gouvernant la distribution de la végétation. L'énergie disponible pour la croissance et les précipitations sont des éléments clés de la productivité végétale, incluant celle des forêts. Les sols ont aussi un rôle important à jouer au niveau de la productivité, car ils sont la source des éléments nutritifs nécessaires à la croissance et leurs caractéristiques vont aussi influencer l'apport en eau. Le climat influence fortement les perturbations naturelles qui affectent les forêts. Par exemple, les feux de forêts sont plus fréquents dans l'ouest du Québec à cause de son climat plus sec. Les perturbations naturelles ne sont toutefois pas des catastrophes pour la plupart des espèces forestières. Certaines espèces en ont même besoin pour se régénérer.

Il faut aussi connaître les habitants naturels de la forêt, les plantes et les animaux, et les facteurs qui en gouvernent la biodiversité. Il faut aussi être en mesure d'apprécier quels facteurs menacent la biodiversité. En prêtant attention à quelques leçons du passé et du présent, on pourra plus sûrement assurer la conservation future de la biodiversité. La certification forestière sera bientôt un atout compétitif important pour l'industrie. Cette certification exige une gestion et une exploitation qui respectent des normes de développement durable. Cela implique la conservation de la biodiversité et le maintien de la production forestière à long terme sur le territoire forestier du Québec.

Roche, sols et climat : ressources pour la croissance

Toutes les plantes, incluant les arbres, ont besoin de lumière, de gaz carbonique (CO₂), d'eau, d'éléments nutritifs et de chaleur afin de croître. Le manque d'une seule de ces ressources va limiter leur croissance.

La lumière est une ressource abondante partout, sauf bien sûr dans les sous-bois des forêts où les grands arbres en accaparent la plus grande partie. Ainsi, le sous-bois d'une érablière recevra moins de cinq pour cent de la lumière qui atteint la cime des arbres. Le gaz carbonique, de plus en plus abondant dans l'air depuis l'ère industrielle, ne limite pas la croissance non plus. La croissance des arbres est parfois limitée par l'eau au Québec, soit par manque, tel que sur les pentes abruptes et les affleurements rocheux, soit par excès, partout où l'eau sature le sol durant de longues périodes (marais, tourbières, rivages).

Les éléments nutritifs proviennent du sol même, ou de processus qui se produisent dans les sols. Les sols ont donc aussi une grande influence sur le potentiel de croissance des arbres. La qualité d'un sol à favoriser la croissance des arbres va dépendre de plusieurs facteurs, mais surtout de son origine, c'est-à-dire à partir de quoi a-t-il été formé et comment. L'utilisation passée d'un sol est également importante. Par exemple, si on retire tiges et feuillage des arbres hors d'un site de coupe, cette "exportation" des éléments nutritifs contenus dans les arbres peut créer des carences après deux ou trois coupes successives, particulièrement pour le calcium. On peut remédier à ce problème en répartissant bien les résidus de coupe sur le parterre de coupe, puisque le feuillage contient la plus grande partie des éléments nutritifs.

Enfin, la chaleur va aussi limiter la croissance des plantes, puisque la photosynthèse ne peut se produire à trop basse température. La photosynthèse est la série de réactions chimiques par lesquelles les feuilles transforment le gaz carbonique, tiré de l'air, en sucres, qui sont les unités de base qui serviront à édifier le bois et les autres tissus des plantes.

Le socle rocheux du Québec est en grande partie constitué du Bouclier canadien, la plus vieille formation géologique (précambrienne, vieille d'au moins 600 millions d'années, mais pouvant atteindre 4 milliards d'années) de la Terre et aussi une des plus stables. Tout le Québec situé au nord des contreforts des Laurentides fait partie du Bouclier canadien. Là où le climat rend possible la production forestière, soit généralement au sud du 52° parallèle, les roches du Bouclier sont dures et surtout de nature acide. Lorsque la roche du Bouclier entre dans la composition des sols, ceux-ci sont généralement acides, pauvres en éléments nutritifs (dont surtout le calcium), pierreux et leurs particules fines sont surtout constituées de sable. La majeure partie de la forêt boréale coniférienne du Québec pousse sur le Bouclier canadien.

Les Appalaches forment la deuxième assise géologique en importance au Québec, s'étendant sur la rive sud du Saint-Laurent à partir de l'Estrie jusqu'en Gaspésie. Les roches qui forment les Appalaches sont bien plus jeunes (on parle quand même de 230 millions d'années) et beaucoup moins acides et dures que celles du Bouclier. Les sols qu'elles forment sont donc moins acides et plus riches, ou fertiles. Ces sols sont pierreux, mais le sable est moins abondant dans les particules fines, où l'on retrouve plus de limon. L'Estrie a surtout un caractère de forêt feuillue, mais le Bas-Saint-Laurent et la Gaspésie ont une forêt dominée par les conifères.

Ce sont les roches des Basses-Terres du Saint-Laurent qui sont généralement les plus riches au Québec. Ces roches sont relativement jeunes (d'âge paléozoïque, d'au moins 250 millions d'années), comparées à celle du Bouclier, et elles sont sédimentaires (déposées en couches au fond d'anciennes mers). Les sols formés à partir de ces roches sont très pierreux, mais aussi très riches en éléments nutritifs.

Nos jeunes sols et leur origine ^{1,2}

Bien que l'on puisse observer la roche en place de temps à autre, sur des affleurements rocheux naturels (crêtes, falaises, berges) ou artificiels (tranchées de construction routière), ce n'est pas la roche qui constitue le substrat sur lequel poussent généralement les arbres. Une très grande majorité de la surface du Québec est recouverte de dépôts de surface, que l'on peut creuser à la pelle, contrairement à la roche. La roche peut ainsi être recouverte d'à peine quelques centimètres de ces dépôts de surface, ou bien être enfouie sous plus de 60 mètres de dépôts. Ce sont sur des dépôts de surface d'au moins 50 cm d'épaisseur que poussent toutes les forêts productives du Québec. Les racines des arbres peuvent les pénétrer et y puiser l'eau et les éléments nutritifs dont elles ont besoin.

D'où viennent ces dépôts de surface? Bien qu'ils soient très variés, les dépôts de surface du Québec ont tous une origine relativement récente. Il y a environ 15 000 ans, la dernière glaciation continentale nord américaine, qui a duré environ 100 000 ans, commençait à libérer le territoire du Québec dans sa partie la plus méridionale. La déglaciation s'est effectuée par la fonte du glacier de sa marge sud en allant vers le nord, laissant sur place une pluie de limon, de sable et de roches (parfois très grosses) enfermés dans la glace. Toutes ces roches et particules furent arrachées à la roche par le passage du glacier lors de son expansion du nord vers le sud. La glace s'accumulait alors dans le nord du Québec, et "coulait" sous son propre poids vers le sud. On peut s'imaginer la force immense de cet effet de rabot, sachant que plus d'un kilomètre d'épaisseur de glace recouvrait Montréal. Les débris arrachés à la roche sur de longues distances par le passage du glacier ont donc été déposés, lors de sa fonte, par dessus l'assise rocheuse. Ce type de dépôt meuble, appelé till, est sans contredit le plus largement répandu au Québec. De par sa nature pierreuse et son abondance de sable, ce dépôt se draine bien. Sa richesse en éléments nutritifs dépend toutefois du type de roche dont proviennent ses particules fines (limon, sable) et grossières (roches). Le till dérivé des roches du Bouclier canadien est acide et pauvre en éléments nutritifs. Par contre, le till des Basses-Terres du Saint-Laurent est d'acidité neutre et riche en éléments nutritifs.

Bien que l'on retrouve un till d'épaisseur variable en couche de fond presque partout au Québec, ce till a été remanié ou recouvert par d'autres dépôts de surface en plusieurs endroits. Le till a souvent été remanié par l'effet du fort courant des paléo-rivières, servant d'exutoires aux eaux de la fonte du glacier continental. Les particules ainsi emportées par l'eau se sont déposées en aval, créant d'autres couches de dépôts de surface. Ainsi, les vastes dépôts de sable que l'on voit aujourd'hui en quelques endroits du Québec sont le résultat d'anciens deltas de paléo-rivières qui se jetaient dans un lac ou une mer post-glaciaire, le ralentissement soudain du courant permettant aux particules de sable de sédimer. De même, la présence dans les paysages d'aujourd'hui de dépôts de surface de limon et d'argile, particules plus fines que le sable, signale l'emplacement d'anciens lacs ou de mers post-glaciaires. La mer de Champlain, qui a recouvert une bonne partie des Basses-Terres du Saint-Laurent des environs de Montréal de 9000 à 6000 ans avant aujourd'hui, était en fait une incursion de l'océan Atlantique qui a inondé un territoire affaissé sous le poids énorme du glacier et récemment libéré par celui-ci. Le "rebondissement" de ce territoire a lentement vidé cette mer, mais en laissant d'épais dépôts de surface marins, libres de toute pierre, plats et fertiles, où l'on pratique aujourd'hui l'agriculture intensive du maïs et du soya. Des dépôts très semblables se retrouvent aussi au lac Saint-Jean (mer postglaciaire) et en Abitibi (lac postglaciaire), mais leur potentiel se trouve limité par le climat.

Les dépôts de surface mis en place par divers processus après la déglaciation ont servi de trame de fond pour le développement des sols. Tous les sols du Québec sont jeunes. Les plus vieux sont dans le sud du Québec et datent du retrait du glacier il y a au plus 15 000 ans; les plus jeunes sont au Nouveau Québec, là où le glacier continental est disparu en tout dernier, il y a 2500 ans. La formation d'un sol est le résultat d'un processus complexe où la nature du dépôt de surface originel, le climat, les organismes vivants, le relief et le temps ont tous un rôle à jouer. Le dépôt de surface originel peut être pauvre en éléments nutritifs, tel un till acide du Bouclier canadien, ou être riche, tel un dépôt marin des Basses-Terres du Saint-Laurent. Le climat agira aussi en accélérant ou en ralentissant la décomposition de la litière, sous l'effet de la température, et en lessivant les éléments nutritifs et les fines particules du sol, sous l'effet des précipitations. Les organismes vivants ont un rôle très important dans la formation et le maintien de la fertilité d'un sol, par l'apport de litière (feuilles, branches, troncs) de la

végétation à chaque année, par le travail de décomposition et de transformation de cette matière organique effectué par les organismes vivant dans le sol même (bactéries, champignons, insectes, vers de terre, etc.). Ce sont les organismes du sol qui recyclent les éléments nutritifs enfermés dans la matière organique morte, et qui les rendent ainsi disponibles à nouveau aux plantes. Le relief influence surtout les patrons de drainage de l'eau du sol. Les sommets, les crêtes et les hauts de pente évacuent rapidement l'eau de pluie. Les bas de pente reçoivent de l'eau de pluie directement, mais héritent aussi de l'eau tombée plus haut sur les pentes par le phénomène du drainage latéral, c'est-à-dire de l'eau qui percole lentement vers le bas de la pente à travers le dépôt de surface. Les sols en bas d'une pente sont donc mieux approvisionnés en eau que la moyenne, et reçoivent également plus d'éléments nutritifs transportés par cette eau. Les reliefs plats ou concaves sont mal drainés et les sols peuvent être saturés en eau une grande partie de l'année. Enfin, plus un sol est vieux, plus tous ces facteurs ont eu le temps d'agir.

Au Québec, sur le vaste territoire du Bouclier canadien, le till acide et pauvre, ainsi que le climat froid et humide de la forêt boréale coniférienne favorisent le développement de sols de type podzol. La litière acide d'aiguilles de conifères accélère aussi ce processus de podzolification. Dans le sud du Québec, sur les tills plus riches dérivés des roches sédimentaires de la vallée du Saint-Laurent, le climat plus chaud et la litière riche en éléments nutritifs des arbres feuillus favorisent le développement de brunisols. Les vers de terre sont très nombreux et d'actifs recycleurs dans les meilleurs brunisols, mais ils sont toujours absents des podzols, tous trop acides. Sur les dépôts de limon et d'argile d'anciennes mers ou lacs, on verra souvent des sols de type gleysol, résultant de longues périodes annuelles de saturation en eau de ces sols mal drainés.

Le climat ^{2,3}

Le climat du Québec est fortement marqué par le gradient sud-nord de la température. On peut illustrer ce changement de température en comparant la température moyenne annuelle de diverses régions ou villes du Québec du sud vers le nord. Par exemple, la température moyenne annuelle à Montréal est de 6°C, alors qu'elle est près de 0°C en Abitibi. Toutefois,

une des façons les plus éloquentes d'illustrer le gradient de température est d'utiliser les degrés-jours (figure 1). L'indice des degrés-jours provient du milieu agricole où l'on se sert de cet indice pour savoir si le climat est assez chaud pour telle ou telle culture. Par exemple, le maïs arrive à croître et à produire des épis à Montréal, mais ne pourra pas produire beaucoup d'épis matures en Abitibi. L'indice des degrés-jours relie la quantité de chaleur reçue ainsi que la durée de la saison de croissance. Pour déterminer le nombre de degrés-jours à un endroit précis, il suffit d'additionner le nombre de degrés au dessus d'une température moyenne journalière de 5 °C à chaque jour de l'année. Pourquoi 5 degrés Celsius? Parce que les feuilles de la plupart des plantes peuvent commencer à effectuer de la photosynthèse, et donc à croître, lorsque cette température moyenne est atteinte. Les jours où la température moyenne est sous 5°C, il n'y a pas d'accumulation de degrés-jours. Ainsi, le plus tôt au printemps où la température moyenne journalière dépassera 5°C, le plus tôt on commencera à accumuler des degrés-jours, et plus la température sera clémente tard à l'automne, plus on continuera d'accumuler des degrés-jours. Il n'est donc pas surprenant de voir qu'à l'extrémité sud du Québec, dans les environs de Montréal, le nombre de degrés-jours moyens annuels excède 2000, alors qu'à Rouyn-Noranda il y en a moins de 1500, et qu'à Kuujjuarapik, sur la berge de la baie d'Hudson, il y en aura moins de 750 (figure 1).

Ce gradient de chaleur est le facteur le plus déterminant pour la composition de la végétation du Québec. Ainsi on aura, du sud vers le nord, un gradient de végétation forestière qui reflète étroitement le gradient sud-nord de chaleur. Toutefois, la latitude n'est pas le seul gradient géographique le long duquel change la température. La température et le nombre de degrés-jours baissent également en fonction de l'altitude, comme on peut l'observer en Gaspésie au Mont Jacques-Cartier, ou bien en traversant le parc des Laurentides entre Québec et Saguenay. Ce changement altitudinal se reflète dans la végétation, comme si on avait voyagé des centaines de kilomètres vers le nord.

Après la température, les précipitations sont l'autre aspect le plus important du climat. Au Québec, les précipitations, en termes de quantité, sont à peu près également réparties au courant de l'année, quoiqu'une plus grande proportion tombe sous forme de neige plus on monte vers le nord (tableau 1). On note aussi une baisse régulière des précipitations totales

moyennes annuelles en allant vers le nord. Ce changement est associé à la transition entre la zone climatique de basse pression tempérée, où les précipitations sont abondantes, vers la zone de haute pression arctique, où les précipitations sont faibles. Il existe aussi un gradient important d'ouest en est de précipitations au Québec. En effet, les régions situées dans l'ouest du Québec reçoivent moins de précipitations à la même latitude que les régions situées à l'est. Par exemple, l'Outaouais est plus sec que l'Estrie, et l'Abitibi est plus sec que la Gaspésie. Ceci se reflète dans la fréquence et l'intensité plus élevées des feux de forêt dans les régions plus sèches à l'ouest, et dans la fréquence et l'intensité plus élevées des épidémies d'insectes ravageurs, selon leurs préférences climatique ou d'espèce d'arbre hôte (selon qu'elle est favorisée ou non par les feux).

Le climat influence directement la végétation, mais il l'influence aussi indirectement par son effet sur la fréquence, l'intensité et le type de perturbations naturelles. Le climat influence la distribution individuelle de toutes les espèces végétales, arbres, plantes de sous-bois, mousses ou lichens, dont est composée la forêt. Le climat influence également la distribution des animaux. Certaines espèces de plantes et d'animaux ne se retrouvent que dans le sud du Québec. Ainsi plusieurs espèces abondantes plus au sud en Ontario ou aux États-Unis atteignent dans le sud du Québec leur limite de distribution nordique, tels que le chêne blanc et la couleuvre d'eau^{4, 5}. Au gradient de température, représenté par les degrés-jours (figure 1) est associé un gradient de biodiversité décroissant, du sud vers le nord. Les chercheurs débattent depuis longtemps les causes de cette baisse de diversité, ou du nombre d'espèces végétales et animales, mais le fait que ce gradient sud-nord existe est incontestable. Très récemment, des chercheurs ont suggéré que la cause directe du gradient décroissant sud-nord de la biodiversité serait la simple baisse d'énergie solaire en allant vers le nord⁶. Le nombre de degrés-jours est un bon indicateur de l'énergie solaire (figure 1). Les forêts feuillues du sud du Québec sont beaucoup plus riches en espèces, plantes et animaux confondus, que les forêts conifériennes nordiques, et ces dernières sont plus riches que la toundra arctique du Nouveau-Québec².

La productivité forestière est également fortement influencée par le climat. La productivité se mesure en quantité de biomasse (en kilogrammes ou en mètres cubes) produite par surface (par

mètre carré, par hectare ou kilomètre carré) par unité de temps (par an ou pour une période de 50 ou 100 ans). La biomasse d'une forêt est en très grande majorité renfermée dans les arbres, soit dans le bois des tiges, des branches et des racines, dans les feuilles et dans l'écorce. La biomasse forestière s'exprime souvent par le volume de bois à l'hectare, la partie d'intérêt pour l'industrie forestière. Si on exprime ce volume de bois en termes de volume à 50 ans, c'est à dire après une croissance de 50 ans, on obtient une valeur de productivité nette (quantité à l'hectare par unité de temps). La productivité nette est l'équivalent du salaire net, après les déductions à la productivité brute par les coûts de la respiration (processus métaboliques liés au maintien des tissus) et les pertes (chute de feuilles, de branches). Ainsi, une érablière du sud du Québec aura entre 250 et 350 mètres cubes de bois à l'hectare à 50 ans, alors qu'une sapinière abitibienne aura entre 100 et 200 mètres cubes de bois à l'hectare à 50 ans². Cette différence est surtout attribuable à la différence de température, mais l'eau et les éléments disponibles pour la croissance sont aussi des facteurs pouvant réduire la productivité. En effet, un manque d'eau (affleurement rocheux, pente raide, sol sableux drainé très rapidement) ou d'éléments nutritifs (dépôt de surface pauvre et acide) va limiter la productivité dans toutes les régions. La plus grande productivité végétale, et forestière, au Québec sera obtenue là où le climat et les sols sont les meilleurs, soit dans les Basses-Terres du Saint-Laurent. L'agriculture, basée également sur la productivité végétale, monopolise une grande partie de ce territoire. Des régions presque aussi méridionales, mais aux sols plus pierreux et moins riches, tels l'Estrie et l'Outaouais, ont encore de vastes espaces forestiers où la productivité est un peu moins élevée que celle des Basses-Terres. En montant vers le nord, la productivité forestière baisse encore, liée à la baisse de la température et à la présence de sols moins riches. Toutefois, de bons sols se trouvent dans certaines régions nordiques (ex. argiles de l'Abitibi). Ce sera alors essentiellement le climat, surtout la température, qui va limiter la productivité.

La zone bioclimatique tempérée : la forêt feuillue du Québec^{2,3}

La végétation²

On peut scinder le Québec, du sud au nord, en trois zones bioclimatiques, la zone tempérée, la zone boréale et la zone arctique (figure 2). Une zone bioclimatique se définit, tel que le nom le suggère, par ses caractéristiques biologiques et ses caractéristiques climatiques relativement homogènes à l'intérieur d'une très vaste étendue. Le climat y définit un type de végétation dominant, ainsi que les processus qui gouvernent le fonctionnement des écosystèmes. Parmi ces processus se trouvent les cycles d'éléments nutritifs et les régimes de perturbations naturelles. Au Québec, la zone tempérée se divise en trois domaines bioclimatiques, du sud vers le nord, caractérisés par la dominance de l'érable à sucre dans le paysage : l'érablière à caryer cordiforme, l'érablière à tilleul et l'érablière à bouleau jaune.

La zone bioclimatique tempérée du Québec est en fait la sous-zone tempérée nordique, qui s'étend dans l'est de l'Amérique du Nord du 42° au 47° parallèle. Au Québec cette sous-zone occupe 110 800 km², soit 7% de la superficie du Québec. Sa végétation naturelle en est une de forêt feuillue, caractérisée par l'érablière sur les sols à régime d'humidité moyen (mésique). L'érable à sucre est l'espèce dominante de l'érablière; les autres espèces d'arbres feuillus, tels le hêtre, le frêne blanc, le tilleul, le chêne rouge et le bouleau jaune, ont une abondance moindre. Sur les sols secs, habituellement pauvres, on trouvera des forêts où dominant soit les chênes ou les pins. Sur les sols humides, on trouvera des forêts de feuillus, tel l'orme d'Amérique, l'érable rouge et le frêne rouge, ainsi que des forêts de conifères, tel le sapin et le cèdre (thuya). Le long des grands cours d'eau, en plaine inondable au printemps, on verra des forêts de feuillus dominées par l'érable argenté, le frêne rouge, le frêne noir et l'orme.

Le renouvellement naturel de la forêt feuillue s'effectue par le remplacement continu des arbres dans les forêts matures, ou climax. Le stade climax représente la fin du développement successional après une perturbation majeure (feu, coupe forestière). Cette forêt climax (climacique) peut maintenir une composition relativement stable, par le remplacement des vieux arbres qui meurent par la croissance de jeunes arbres déjà présents dans le sous-bois,

sous forme de semis ou de gaules. L'opportunité de remplacement se présente lors de la chute naturelle d'un arbre mort ou mourant, souvent causée par un vent fort, créant ainsi une ouverture dans la voûte forestière. Cette ouverture crée une augmentation de la ressource lumineuse, qui accélère la croissance des jeunes arbres. Un de ces jeunes arbres réussira, à moyen terme, à remplir la trouée par le développement de sa couronne. Bien sûr, ce processus de régénération par trouées peut impliquer plusieurs arbres à la fois et influencer la taille des trouées, qui peuvent donc varier beaucoup en superficie. Ces trouées se produisent le plus souvent sous l'influence d'un coup de vent, qui abat des arbres morts ou affaiblis, mais aussi, comme on a pu le voir en 1998, par un verglas d'intensité inhabituelle qui a produit de nombreuses et grandes trouées. Les verglas de l'intensité de celui de 1998 sont toutefois restreints à l'extrême partie sud du Québec et très peu fréquents (à intervalles de 300 à 500 ans).

L'effet de ces perturbations par trouées est de permettre le remplacement de vieux arbres par des jeunes. Toutefois, durant ce processus de perturbation, les proportions des différentes espèces d'arbres demeurent relativement stables, du fait que les jeunes arbres en sous-bois ont pu s'établir à l'ombre de leurs parents et qu'ils ont pu attendre une ouverture pour gagner la canopée. Ces espèces possèdent des semis et des gaules tolérants à l'ombre, qui ont la capacité de survivre en croissant très lentement en sous-bois. L'érable à sucre et le hêtre sont les deux espèces qui peuvent tolérer la plus faible luminosité en bas âge. D'autres espèces ont une tolérance à l'ombre intermédiaire et ne peuvent pas attendre l'arrivée d'une trouée pendant des décennies comme peuvent le faire l'érable et le hêtre. Ces espèces à tolérance à l'ombre intermédiaire, tels le frêne blanc, le tilleul, le chêne rouge, le caryer cordiforme et le bouleau jaune, peuvent toutefois croître plus rapidement dans une grande trouée lorsqu'il s'en produit une. La création de plusieurs grandes trouées, comme lors du verglas de 1998, peut augmenter l'abondance relative de ces espèces, même si l'érable à sucre conservera son rang de premier dominant.

Malgré la prépondérance des perturbations par trouées dans la forêt feuillue, les perturbations par le feu se produisent occasionnellement. Les feux de forêts sont plus fréquents dans la partie ouest de la zone feuillue, en Outaouais, où le climat est un peu plus sec. Après feu, les

sols à régime d'humidité moyen seront recolonisées par le tremble, le peuplier à grandes dents et le bouleau blanc, des espèces de début de succession intolérantes à l'ombre. En effet, les semis de ces espèces ne peuvent pas survivre à l'ombre d'arbres, incluant ceux de leur propre espèce. Ils n'apparaissent que suite à une perturbation majeure sur une grande surface, telle que causée par un feu. Ces espèces recolonisent aussi après une coupe forestière totale. Sur les sols secs, comme les dépôts sableux profonds, les affleurements rocheux ou les fortes pentes orientées vers le sud, les forêts après feu pourront être constituées de pins et de chêne rouge. La forêt de l'Aigle, sur les vastes dépôts de sable bordant la rivière à l'Aigle près de Maniwaki, est formée de grands pins blancs et de grands pins rouges. Les forêts sur sols humides échappent souvent aux feux.

Parmi les 1875 espèces de plantes vasculaires indigènes du Québec, 1600 se retrouvent dans la zone bioclimatique tempérée ². La vallée du Saint-Laurent, dans les environs de Montréal, avec le climat le plus doux du Québec, ses sols et substrats rocheux variés, renferme la plus haute diversité végétale du Québec. Près de 500 plantes sont exclusives à la zone tempérée. Plusieurs espèces sont très méridionales et ne se retrouvent qu'à l'intérieur d'un triangle formé par le lac Saint-Pierre, la rivière des Outaouais et la rivière Richelieu. Ces espèces atteignent ici la limite nord de leur aire de distribution en Amérique du Nord. Parmi les 375 espèces de plantes vasculaires suffisamment rares au Québec pour être susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables, tel que reconnu par le Ministère de l'Environnement, il y en a 193 (51 %) qui appartiennent à ces espèces à la périphérie nord de leur aire de distribution ⁴. Plusieurs arbres font partie de ce groupe de plantes rares méridionales, tels l'érable noir, l'orme liège, le micocoulier, le genévrier de Virginie, le pin rigide, le chêne bicolore et le chêne blanc⁴. Dans la grande forêt feuillue de l'est de l'Amérique du Nord, du Québec à la Georgie, le chêne blanc est la troisième espèce la plus commune après l'érable à sucre et le hêtre, mais il est cependant très rare au Québec. Il n'y a que deux petits peuplements de pin rigide au Québec; le plus important est protégé dans la Réserve écologique du Pin-rigide (1978), située dans la municipalité régionale de comté du Haut-Saint-Laurent ².

Parmi les espèces de plantes rares du Québec (susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables) 34% se retrouvent en forêt, principalement dans le sud du Québec, c'est à dire

dans la zone dominée par l'érablière ⁴. C'est effectivement dans le sud que se joue principalement la lutte pour la conservation de la biodiversité végétale forestière du Québec. La forêt boréale est relativement pauvre en espèces de plantes et renferme très peu d'espèces rares. À ce jour, 34 espèces de plantes du Québec ont été officiellement désignées menacées ou vulnérables selon la *Loi sur les espèces menacées ou vulnérables* (1989) ⁷. L'ail des bois, une espèce emblématique de l'exploitation non durable des ressources naturelles, fut la première espèce au Québec (plante ou animal) à être désignée selon cette loi. L'ail des bois fut désigné vulnérable en 1995.

À l'échelle planétaire, les menaces à la biodiversité proviennent de trois causes principales, la perte ou l'altération de l'habitat, la surexploitation et l'impact des espèces introduites. Au Québec, ce sont ces mêmes causes qui menacent la biodiversité. Le sud du Québec, où la biodiversité végétale est à son maximum, est également la région du Québec la plus densément peuplée. Les activités humaines (déforestation, agriculture, modification des berges, drainage des terres humides, développement domiciliaire et commercial, etc.) ont affecté les habitats naturels depuis plus de deux siècles. On estime que plus de 80 % des terres humides du sud du Québec ont disparu. L'arisème dragon, une plante désignée menacée, se trouve au Québec seulement dans les érablières à érable argenté des berges du Saint-Laurent, de Montréal à Sorel, et fait face à la disparition progressive de son habitat. À l'intérieur des terres, la forêt est répartie en îlots plus ou moins grands, sur les sols trop pierreux pour l'agriculture moderne. Cette fragmentation de l'habitat a des répercussions sur la viabilité de plusieurs espèces de plantes. Le ginseng à cinq folioles, désigné menacé au Québec (2001), se trouve ainsi isolé dans des boisés trop éloignés les uns des autres pour facilement permettre les échanges génétiques (par le pollen), et encore moins la dispersion par les graines.

La surexploitation a aussi porté atteinte à la biodiversité végétale du sud du Québec. Un bon exemple récent est celui de l'ail des bois, dont la vente commerciale a été interdite lors de sa désignation d'espèce vulnérable. Cette espèce avait connu un déclin important avant cela, suite à un engouement du public pour les plantes sauvages comestibles. Le ginseng à cinq folioles, espèce aux propriétés identiques à celles du ginseng asiatique, fut découvert en Amérique en 1716 dans les forêts, importantes à l'époque, des environs de Montréal. La récolte abusive a eu

tôt fait de décimer les populations. On estime qu'il ne resterait aujourd'hui plus qu'environ 10000 plants de ginseng au Québec, dispersés dans une cinquantaine de populations isolées, dont la plupart sont si petites qu'elles courent un risque élevé de disparaître⁷. Ces scénarios de déclin risquent de se reproduire ailleurs au Québec, dans les forêts plus nordiques, pour d'autres espèces forestières non-ligneuses que l'on convoite. Par exemple, l'if du Canada est aujourd'hui recherché pour ses aiguilles dont on peut extraire le taxol, une substance pouvant guérir certaines formes de cancer. Le problème avec les plantes forestières, c'est qu'elles croissent très lentement et se reproduisent lentement. Le niveau de récolte qu'elles peuvent tolérer de façon soutenue est relativement faible, ce qui est habituellement trop peu pour être rentable. Dans le cas de l'ail des bois et du ginseng ce sont le bulbe et la racine que l'on récolte, tuant immédiatement la plante. D'autres types de récoltes sont moins dommageables si seulement une partie de la plante est prélevée (branches de l'if, feuilles de fougères ou "crosses de violon"), et encore moins si la partie récoltée est morte (cônes de pin et d'épinette). La forêt feuillue du sud du Québec a aussi subi l'écémage de ses arbres à la valeur la plus élevée. Ainsi, l'analyse d'actes de vente notariés révèle que la région de la municipalité régionale de comté du Haut-Saint-Laurent a été vidée en quelques décennies, au début du 19^e siècle, de son chêne et de son pin blanc, les espèces à la plus haute valeur commerciale⁸.

L'introduction accidentelle ou volontaire d'espèces venues d'ailleurs (espèces exotiques) est une menace grandissante pour la biodiversité. En effet, les échanges commerciaux avec une multitude de pays de divers continents augmentent considérablement le risque d'introduction via les marchandises. Un scénario vraisemblable serait l'introduction d'insectes s'attaquant au bois de nos espèces d'arbres. Le mode d'introduction pourrait être l'emballage (cageots ou caisses en bois). Ce scénario est déjà réalité en Nouvelle-Écosse, où les épinettes rouges du parc Point Pleasant, près de Halifax, ont été toutes coupées parce qu'on y a découvert un insecte exotique dans leur bois, le longicorne brun de l'épinette, une menace potentielle pour les forêts du Canada entier⁹. La spongieuse ("gypsy moth") est un insecte qui a été introduit au Massachusetts en 1869 et qui est apparu au Québec en 1924. Depuis, il continue de prendre de l'expansion dans la vallée du Saint-Laurent, ses chenilles dévorant les feuilles des chênes, des bouleaux et des peupliers. Les épidémies peuvent causer des défoliations totales pendant trois ou quatre années consécutives, mais causent rarement la mort de l'arbre, sauf sur sols

pauvres et secs ¹⁰. Le réchauffement climatique pourrait accélérer l'expansion de cet insecte et en augmenter les dommages.

Les maladies fongiques introduites sont potentiellement encore plus dommageables que les insectes. La maladie hollandaise de l'orme, par exemple, a considérablement réduit la population québécoise d'orme d'Amérique, une espèce dont le bois était très recherché pour la fabrication de meubles. Pire encore, une rouille introduite à partir de l'Europe au début du 20^e siècle a fait disparaître entièrement le châtaignier d'Amérique, autrefois l'espèce dominante des forêts du sud-est de la forêt feuillue tempérée nord américaine.

Il y a également des plantes qui sont introduites et qui peuvent causer des problèmes écologiques et économiques. À ce jour, il n'y a pas de plante introduite qui cause ce type de problème en forêt. Toutefois, la salicaire pourpre, bien visible l'été dans les milieux humides du sud du Québec, risque d'avoir des impacts écologiques négatifs, surtout pour la sauvagine qui y trouve une maigre source de nourriture. Les problèmes causés à la végétation par les organismes introduits est considérablement plus important plus au sud. Le réchauffement climatique prévu pourrait aggraver les problèmes causés aux plantes et aux forêts du Québec par les organismes exotiques. Pourquoi ces organismes sont-ils aussi nuisibles rendus ici? Les organismes qu'ils attaquent n'ont pas co-évolué avec eux au fil des millénaires, et par conséquent ils n'ont pas développé de mécanismes de résistance. Aussi, ces organismes introduits se trouvent eux-mêmes libres de maladies et de ravageurs dans leur nouveau milieu, les libérant des contraintes naturelles qui régissent les espèces indigènes.

La faune^{5, 11, 12, 13}

La faune de la sous-zone bioclimatique tempérée nordique est celle des trois domaines bioclimatiques de l'érablière. C'est une faune de la forêt feuillue, qui tire gîte et nourriture des espèces végétales qui y poussent et des autres espèces animales qui y vivent. On associe souvent la faune des forêts aux vertébrés, surtout les oiseaux et les mammifères, qu'on y observe. Toutefois, il ne faut pas oublier la vaste faune des animaux invertébrés, dont les insectes qui renferment le plus grand nombre d'espèces et d'individus. Au Québec, comme ailleurs dans le monde, le groupe champion de la biodiversité est le groupe des insectes, avec plus de 25 000 espèces. Malgré le fait que la diversité végétale et animale soit généralement très bien connue au Québec, on trouve encore fréquemment de nouvelles espèces d'invertébrés, surtout dans les sols et la litière (insectes, acariens). L'ensemble des vertébrés (poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux et mammifères) du Québec totalise 650 espèces, dont 325 espèces d'oiseaux. Les animaux les plus visibles, ou les plus charismatiques, ne sont pas ceux qui sont les plus importants dans l'érablière en termes de biomasse (poids) et en nombre d'individus. Dans les érablières du sud du Québec les animaux qui atteignent la plus forte biomasse à l'hectare sont les vers de terre; le vertébré le plus abondant (nombre d'animaux et biomasse totale) est la salamandre cendrée, un amphibien qui vit sous la litière et sous les troncs d'arbres en décomposition.

Il est plus difficile de décrire la faune de la zone tempérée que sa végétation, car la faune est mobile et beaucoup d'oiseaux sont migrateurs, et non pas résidents à l'année. Plusieurs espèces présentes dans la forêt feuillue du sud du Québec se retrouvent également dans la forêt mixte (sapinière) plus au nord. Toutefois, on peut tenter de dresser un portrait de la faune de la zone tempérée en évoquant ses espèces les plus communes. Chez les rongeurs, par exemple, l'écureuil gris (et sa forme noire) vient tout de suite à l'esprit, de même que le lapin à queue blanche et la souris à pattes blanches. Certains rongeurs sont ubiquistes dans toutes les forêts du Québec, tempérées ou boréales, tel le castor, le rat musqué, le lièvre d'Amérique, le porc-épic, les souris sauteuses et le campagnol des champs.

Le cerf de Virginie (chevreuil) est la seule espèce commune de grand herbivore de la forêt feuillue, quoiqu'il se trouve aussi plus loin au nord que la limite de la zone tempérée. Le cerf atteint présentement une densité historiquement la plus élevée dans le sud du Québec. Le broutage qu'il effectue en hiver cause déjà des problèmes importants dans les plantations d'arbres feuillus nobles ou d'arbres fruitiers. La mosaïque forestière et agricole du sud du Québec est un habitat idéal pour le cerf, lui fournissant nourriture abondante et abri. Le réchauffement du climat favorise aussi le cerf, par des hivers moins rigoureux, avec moins de neige. Le seul véritable prédateur du cerf, le loup, a été extirpé du sud du Québec. L'effet combiné de tous ces facteurs positifs risque de continuer à favoriser l'accroissement de la population de cerfs, jusqu'au point où la régénération naturelle des forêts sera compromise par le broutage excessif. Ce scénario se produit déjà dans le sud de l'Ontario et aux États-Unis, ainsi qu'au Québec à l'île d'Anticosti, en forêt boréale (sapinière), où le cerf a été introduit et où il a atteint une très forte densité en absence de tout prédateur^{2, 11}.

Les prédateurs de petite et moyenne taille, tels le coyote, le renard, le raton laveur et la mouffette, ont augmenté en abondance en l'absence du loup, augmentant ainsi la pression sur de multiples petites proies. Ainsi, la disparition d'un grand prédateur a eu des répercussions certaines sur la végétation (broutage du cerf), et possiblement sur la faune (prédation intensifiée sur les petites proies). Il y a eu des pertes documentées de biodiversité animale dans le sud du Québec. Le plus célèbre cas étant celui du pigeon voyageur que l'on a décrit comme étant tellement abondant que ses vols migratoires "noircissait le ciel pendant des heures et même des jours". Le pigeon voyageur est un bon exemple d'extinction d'une espèce par la surexploitation, facilitée par la nidification coloniale de l'espèce. Le déclin de l'espèce fut accéléré de 1871 à 1880. Le dernier individu sauvage fut capturé en 1900, et le dernier individu de l'espèce mourut dans un zoo en 1914. Voici une ressource naturelle importante disparue suite à une exploitation excessive et sans contrôle. Dans le cas du pigeon voyageur, il y a probablement eu des effets négatifs additionnels liés au comportement grégaire de l'espèce et à la réduction ou à la transformation de son habitat, les forêts feuillues. On peut s'interroger sur les impacts écologiques de la disparition de cette espèce si abondante. Quels ont été les impacts sur les prédateurs qui ont perdu cette ressource? Ce pigeon se nourrissait de graines et de fruits en forêt. Certaines espèces de plantes ont-elles perdu leur mode de dispersion le plus

efficace? Le ginseng par exemple, qui produit de beaux fruits rouges? Enfin, la fertilisation locale des sols par les excréments des colonies favorisait-elle certaines plantes?

Sans qu'il y ait eu disparition d'espèces (à l'échelle continentale), il y a eu plusieurs espèces qui sont devenue éteintes localement, tout comme le loup. Le wapiti, grand cervidé que l'on associe à l'Ouest canadien, était présent dans les Cantons de l'Est et en Outaouais jusqu'au début du 19^e siècle ¹². Le cougar se trouvait également au Québec, et selon certains spécialistes pourrait encore s'y retrouver. Même là où il est encore abondant, dans l'ouest nord américain, le cougar est très rarement observé. Au Québec, on a placé l'espèce sur la liste des espèces animales susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables, advenant la preuve de l'existence d'une population ¹⁴. Une autre espèce de félin, le lynx roux, toujours présente mais plus petite et associée à la zone tempérée feuillue, se trouve aussi sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables ¹⁴.

Plusieurs espèces animales ne se retrouvent au Québec que dans la zone tempérée des forêts feuillues, où elles atteignent, comme beaucoup de plantes, la limite nord de leur aire de distribution en Amérique du Nord. Plusieurs de ces espèces se retrouvent sur la liste des espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables, ou bien elles ont déjà été désignées. Chez les chauves-souris, parmi les huit espèces trouvées au Québec, il y en a quatre qui sont sur la liste ¹⁴. Le petit polatouche, un écureuil volant, atteint l'extrémité sud du Québec. Celui-ci, et certaines des espèces de chauves-souris, trouvent abri dans de gros arbres à troncs creux. Les vieux arbres creux sont rares dans les érablières du sud du Québec, puisque ces forêts sont en grande majorité relativement jeunes, ayant subi la coupe à une ou plusieurs reprises. Les reptiles, des animaux à "sang froid" qui doivent compter sur la température ambiante pour ajuster leur température corporelle, ne sont pas nombreux au Québec et sont aussi pour la plupart rares et restreint aux régions les plus au sud. Parmi nos sept espèces de couleuvres, trois sont susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables ¹⁴. Parmi nos huit espèces de tortues, cinq sont susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables, dont la tortue des bois, et une est déjà désignée menacée (tortue molle à épines) ¹⁴. Ces espèces forment une partie importante de la biodiversité de la zone tempérée au Québec, mais leur

avenir est incertain puisqu'elles se trouvent dans une région peuplée, où les forêts et tous les milieux naturels subissent les plus fortes pressions de développement et de pollution.

Pour la faune avienne on peut aussi dresser une liste d'espèces plus ou moins caractéristiques de la forêt feuillue de la zone tempérée du Québec. Ainsi, la buse à épaulettes, l'épervier brun, l'épervier de Cooper et le petit-duc maculé sont des rapaces typiques de la forêt feuillue. Parmi les oiseaux résidents à l'année, on notera le grimpereau brun, la sittelle à poitrine blanche et le cardinal rouge, une espèce qui semble augmenter peu à peu son aire de distribution dans le sud du Québec. Toutefois, plusieurs oiseaux migrateurs sont en déclin dans tout l'est de l'Amérique du Nord. Parmi ceux-ci on trouve beaucoup d'espèces associées à l'érablière, telles le tangara écarlate, la grive des bois et la paruline couronnée. Ce déclin pourrait être attribuable à des facteurs liés à leur habitat estival au Québec, ou bien à des conditions défavorables en sites d'hivernage (Amérique centrale et du Sud), ou encore à une combinaison des deux. Dans le sud du Québec, la fragmentation des boisés et leur isolement dans une mer agricole serait un des problèmes. Plus un boisé est petit, plus la zone de transition, ou l'écotone, entre le champ agricole et la forêt intérieure du boisé est proportionnellement importante. Ainsi, les espèces adaptées aux conditions de l'intérieur de la forêt, ne retrouvent pas ces conditions particulières dans les petits boisés. Cette zone de transition pénètre de 50 à 100 mètres à l'intérieur du boisé, résultant en un microclimat plus chaud et sec, une luminosité plus élevée et un taux de prédation plus élevé. En effet, plusieurs prédateurs opportunistes (ex. renard, mouffette, raton laveur) préfèrent chasser dans ces écotones. Un oiseau parasite des nids, le vacher brun, utilise aussi ces écotones. Cet effet négatif de la fragmentation s'applique non seulement à certaines espèces d'oiseaux, mais aussi à d'autres espèces d'animaux et de plantes. Enfin, les petits boisés peuvent attirer certaines espèces à y faire leur nid, mais leurs pertes (mortalité par manque de nourriture ou prédation) peuvent être supérieures à leurs gains, transformant les petits boisés en "puits" qui doivent être constamment réapprovisionnés par des "sources" avoisinantes, soit les boisés suffisamment grands ou les forêts.

Tout comme chez les autres animaux et les plantes, certaines espèces d'oiseaux, comme le pic à tête rouge (susceptible d'être désigné menacé ou vulnérable) et la pie-grièche migratrice

(désignée menacée), sont des espèces à la marge nordique de leur aire de distribution dans la zone tempérée du sud du Québec ¹⁴.

L'érablière à caryer cordiforme ²

Le domaine de l'érablière à caryer cordiforme est le plus petit des neuf domaines bioclimatiques du Québec, couvrant près de 9 700 km² ou 0,6 % du territoire. Ce domaine couvre une région en forme de triangle, comprise entre le sud de la vallée de l'Outaouais, de Gatineau à Montréal, au nord-ouest et la vallée du Richelieu à l'est (figure 2). C'est le domaine bioclimatique le plus chaud au Québec (température moyenne annuelle de 5 à 7 °C; tableau 1), où le nombre de degrés-jours de croissance excède 2000 (figure 1). Les sols sont aussi les plus riches, à cause des roches sédimentaires et des types de dépôt de surface qui en sont dérivés ou qui les recouvrent. Ces facteurs climatiques et pédologiques combinés font que la productivité forestière est aussi la plus élevée du Québec. Par exemple, en utilisant des arbres à croissance rapide, tels certains peupliers hybrides, il serait possible d'atteindre un volume suffisant pour la récolte en moins de 15 ans. Toutefois, ces conditions sont également idéales pour l'agriculture, surtout sur les dépôts de surface de limon et d'argile, laissés par le retrait de la mer de Champlain. Ces sols sont plats et libres de pierres, permettant l'utilisation de machinerie agricole. Ainsi, plus de 50% de la superficie de ce domaine est maintenant à vocation agricole (terres cultivées ou en friche). Les forêts de feuillus intolérants à l'ombre et de résineux occupent chacune environ 10% du domaine, alors que les érablières en occupent un autre 20%. Ces érablières, souvent aménagées pour la production de sirop d'érable, sont pour la plupart situées sur des dépôts de till, trop pierreux pour l'agriculture, ce qui leur a souvent épargné d'être transformées en pâturages. Un dernier 10% du territoire est occupé par des tourbières ou terres noires non boisées. Les sols humides occupent environ 50% du domaine, bien qu'ils soient aujourd'hui en grande partie drainés artificiellement et utilisés pour l'agriculture. Les sols secs sur dépôts de sable occupent environ 10% de la superficie, alors que les sols mésiques (humidité moyenne) en occupent environ 40%.

Les gradients de productivité et de biodiversité sont tous les deux étroitement associés au gradient climatique. La productivité végétale et la biodiversité animale et végétale sont les plus élevés dans le domaine bioclimatique de l'érablière à caryer cordiforme, et vont en décroissant plus on progresse vers le nord et que le climat devient plus rigoureux. Beaucoup d'espèces animales et végétales se retrouvent essentiellement dans cette zone la plus méridionale du Québec. Plusieurs de ces espèces sont affectées par la disparition ou la transformation de leur habitat et sont susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables, ou le sont déjà, tel que la couleuvre brune, le petit polatouche et l'arisème dragon ^{7, 14}.

L'érablière est le type de végétation de fin de succession, ou climacique (qui a atteint le climax), qui dominait le paysage avant sa transformation à grande échelle par l'action humaine. L'érablière à caryer cordiforme occupe tous les sols mésiques, ou relativement bien drainés. La richesse des sols, à cause de l'origine des dépôts de surface sur lesquels ils se sont développés, contribue à la richesse de la végétation. L'érablière à caryer cordiforme se nomme ainsi à cause de la présence quasi constante du caryer cordiforme, "hickory" en anglais, un arbre qu'on ne retrouve pas à l'extérieur de ce domaine bioclimatique au Québec. Une érablière à caryer cordiforme typique renferme plusieurs espèces d'arbres, souvent de 10 à 15 espèces (sur un total de 49 espèces d'arbres dans le domaine au complet) ². On y trouve peu de conifères, soit la pruche, et parfois quelques pins blancs. La dynamique de régénération naturelle de ce type de forêt est par un mécanisme de création de trouées, de tailles variables, suite à la chute d'un ou plusieurs arbres.

L'érablière à caryer cordiforme semble se régénérer de façon à maintenir une composition stable, représentant la fin de la succession forestière. Toutefois, tous les exemples de ce type d'érablière sont relativement jeunes, ayant tous été coupés par le passé; on en trouve peu âgés de plus de 100 ans. Il existe un vestige de forêt originelle précoloniale, dans la réserve écologique du Boisé-des-Muir où les arbres les plus vieux sont âgés de 300 ans ¹⁵. Cette forêt est composée surtout de hêtre, de pruche et d'érable à sucre. Juste à côté, où un voisin a coupé sa forêt dans le passé, on trouve une érablière à caryer typique. Il semblerait qu'une période de succession plus longue (200 à 300 ans), sans coupe forestière, mènerait à une érablière à hêtre et à pruche ¹⁵. Ces trois espèces sont très tolérantes à l'ombre et peuvent croître lentement en

sous-bois pendant des décennies, pour éventuellement bénéficier d'une petite trouée pour atteindre la voûte forestière. Beaucoup d'espèces d'arbres de l'érablière à caryer cordiforme, en commençant par le caryer lui-même, n'ont pas ce genre de tolérance à l'ombre, suggérant que ce type d'érablière soit le résultat d'une succession de moins de 100 ans après coupe forestière¹⁵. Ce type de perturbation majeure favorise l'établissement d'espèces de tolérance à l'ombre intermédiaire, sinon intolérantes à l'ombre, contrairement à de petites perturbations par trouées qui favorisent les espèces très tolérantes à l'ombre.

Sur les sites à régime d'humidité plus sec du domaine de l'érablière à caryer cordiforme, on trouvera des forêts de chênes, de pin blanc et de pruche. Les chênaies sont composées de chêne rouge, mais aussi de chêne blanc, un arbre très rare au Québec. Sur les sols limoneux et argileux des dépôts de la mer de Champlain, naturellement mal drainés avant le drainage agricole, on aurait vraisemblablement trouvé une érablière à tilleul et à orme d'Amérique, avant le défrichement à grande échelle pour l'agriculture. Enfin, le long des grands cours d'eau (Saint-Laurent, Outaouais, Richelieu), en plaine inondable au printemps, on trouve l'érablière à érable argenté, là où elle n'a pas été éliminée par des aménagements agricoles ou urbains.

L'érablière à tilleul ²

Le domaine bioclimatique de l'érablière à tilleul entoure celui de l'érablière à caryer (figure 2). Il couvre plus de trois fois la superficie du domaine de l'érablière à caryer, soit près de 35 000 km² ou 2,3 % du territoire du Québec (tableau 1). Le domaine de l'érablière à tilleul englobe une partie des Basses-Terres du Saint-Laurent, du lac Saint-Pierre à l'île d'Orléans. Il couvre aussi la partie sud de l'Outaouais et la partie sud-est des Appalaches (figure 2). Après le domaine de l'érablière à caryer, c'est le domaine bioclimatique le plus chaud au Québec (température moyenne annuelle de 4 à 5 °C; tableau 1), où le nombre de degrés-jours de croissance varie de 1750 à 2000 (figure 1).

Les sols sont encore riches, particulièrement dans les Basses-Terres du Saint-Laurent. La richesse des sols diminue dans les Hautes-Terres des Appalaches, et encore plus dans les

Laurentides où les roches acides du Bouclier canadien forment la base minérale des dépôts de surface. Certains de ces sols, utilisés pour l'agriculture par le passé, ont été abandonnés et sont aujourd'hui à nouveau recouvert de forêts de 50 à 75 ans d'âge. Ces sols étaient trop peu productifs, trop pierreux ou trop accidentés pour l'agriculture moderne, extensive et mécanisée. L'Estrie est un bel exemple de cette déprise agricole. C'est une région où le pourcentage de superficies cultivées était plus élevé il y a 100 ans. La production forestière est redevenue la meilleure utilisation de ces sols.

L'utilisation des sols varie beaucoup dans ce domaine en fonction de la région. La partie du domaine de l'érablière à tilleul qui occupe les Basses-Terres du Saint-Laurent présente un patron de types de sols et de végétation semblable à celui de l'érablière à caryer. Les sols humides sont plus abondants (60%) que les sols secs (20%) ou mésiques (20%). L'agriculture accapare 40% de la superficie. Les érablières, dominées par l'érable à sucre ou l'érable rouge, occupent 30% de la superficie du domaine; les forêts de feuillus intolérants à l'ombre et de résineux occupent chacune environ 10% du domaine, de même que les tourbières non boisées. Dans les régions à relief plus accidenté (Outaouais, Laurentides, Estrie), les sols bien drainés dominent (70 à 80% du domaine). L'agriculture se pratique sur seulement 10 % du territoire, alors que les érablières en occupent au moins 60%. Les forêts de résineux et les forêts de feuillus intolérants à l'ombre se partagent le reste de la superficie du domaine; les grandes tourbières sont absentes.

Le domaine de l'érablière à tilleul est suffisamment étendu d'est en ouest pour qu'on puisse y observer une différence notable des précipitations totales annuelles. L'Outaouais, la partie ouest de ce domaine bioclimatique, est plus sec, avec moins de 1000 mm de précipitations totales annuelles. Un déficit en eau survient à chaque été, ce qui devrait favoriser l'occurrence plus fréquente de feux. Bien que le cycle naturel des feux soit inconnu, la végétation forestière de l'Outaouais possède une plus forte abondance de chêne rouge, de pin blanc et de pin rouge que la partie est du domaine. Les peuplements de ces espèces sont généralement formés d'arbres d'à peu près le même âge (une cohorte d'individus, formant un peuplement équienné, ou d'âge égal), qui se sont établis tout de suite ou peu après un feu de forêt. Le chêne rouge et les pins sont aussi des espèces tolérantes à la sécheresse, qu'elle soit causée par le climat ou le

type de dépôt de surface (sables épais). Dans la partie est du domaine de l'érablière à tilleul, les précipitations totale annuelles excèdent 1000 mm et il n'y a généralement pas de déficit en eau l'été.

La flore du domaine de l'érablière à tilleul compte 41 espèces d'arbres, soit huit de moins que le domaine de l'érablière à caryer. La flore vasculaire totale compterait 1500 espèces, soit 100 de moins que le domaine de l'érablière à caryer. Le gradient décroissant de la biodiversité vers le nord, s'observe également chez les animaux. Certaines espèces animales et végétales rares au Québec atteignent la marge nordique de leur aire de distribution en Amérique du Nord dans le domaine de l'érablière à tilleul, tel le chêne blanc et la couleuvre tachetée ^{4,5}.

L'érablière à tilleul est le type de végétation de fin de succession sur tous les sols mésiques (drainage modéré) et relativement riches. On ne trouve plus de caryers dans ce domaine bioclimatique. Une érablière à tilleul typique renferme bien sûr du tilleul, mais aussi du frêne blanc, de l'ostryer, du hêtre et du bouleau jaune. Ce sont de belles forêts (20 m de hauteur à 80 ans) où les arbres ont des âges qui varient de jeunes à vieux (forêt inéquienne, ou formée d'arbres d'âges inégaux). Comme dans le domaine bioclimatique précédent, le mécanisme de régénération naturelle qui favorise le maintien d'une telle structure d'âge est un régime de perturbations par trouées, pour la plupart de petite taille (inférieure à 200 m²). Une croissance accrue des arbres adjacents à la trouée va souvent refermer le couvert. Si la trouée est grande, elle pourra plutôt être comblée par la croissance d'arbres surcimés (petit arbres relativement âgés dont la croissance a été ralentie par le manque de lumière) déjà présents en sous-bois, ou bien par l'établissement de nouveaux semis. L'érable à sucre peut croître très rapidement en hauteur dans les trouées, soit près de 30 cm par an, alors qu'à l'ombre, en sous-bois, il poussera moins de 3 cm par an. Les feux ont probablement eu un rôle important par le passé dans la dynamique forestière, surtout dans l'ouest du domaine en Outaouais.

Une perturbation importante s'est abattue sur les érablières durant les années 80. Ce dépérissement de l'érablière a frappé les arbres matures, l'érable à sucre en particulier mais aussi les autres espèces. Le dépérissement ressemblait à un vieillissement accéléré menant à la perte de feuillage et de branches de la couronne, et parfois même à la mort. Plusieurs causes

possibles ont été avancées pour tenter d'expliquer le phénomène. Il y a des causes naturelles, comme une succession de conditions climatiques extrêmes (gel-dégel en hiver, neige peu abondante rendant les racines fines des arbres susceptibles au gel, sécheresse l'été), ainsi que des causes anthropiques comme la pollution de l'air. En effet, la précipitations acides ont été mises en cause à l'époque et il y a encore des inquiétudes bien fondées quant à leur effet négatif à long terme sur la productivité des érablières. Toutefois, l'effet négatif potentiel des précipitations acides est limité aux forêts du sud du Québec, soit les domaines de l'érablière, et à certaines régions à cause de leurs sols naturellement acides et de leur position en aval des sources polluantes. Les Basses-Terres du Saint-Laurent ont des sols riches capables de tamponner l'acidité excédentaire des précipitations. Ainsi, le dépérissement a eu très peu d'impact dans le domaine de l'érablière à caryer et dans la partie du domaine de l'érablière à tilleul situé dans les Basses-Terres. C'est dans le domaine de l'érablière à bouleau jaune, au climat plus rigoureux et aux sols plus pauvres et acides, que les dommages associés au dépérissement ont été les plus forts. Puisque le dépérissement n'a pas progressé depuis la fin des années 80, il ne semble plus constituer, pour le moment, une menace pour les érablières.

Dans les Basses-Terres du domaine de l'érablière à tilleul, l'agriculture a beaucoup modifié le paysage et les boisés restants ont subi des coupes répétées. L'érable rouge, une espèce ubiquiste, domine plusieurs jeunes forêts sur les sols secs à humides. Par contre, dans les Hautes-Terres laurentidiennes et appalachiennes l'activité humaine semble avoir laissé moins de traces. Les érablières à tilleul, dominées par l'érable à sucre, couvrent encore une bonne partie du paysage. Plusieurs sont exploitées pour la production du sirop d'érable ou pour leur bois, par la méthode de la coupe par jardinage. Lors d'une coupe par jardinage, seulement une partie (30%) des arbres est récoltée, répartie proportionnellement dans toutes les classes de tailles, et ce à intervalles d'environ 15 à 20 ans.

Dans les sites les plus secs (sols minces sur roc ou sables épais) du domaine de l'érablière à tilleul, on trouvera des peuplements de chênes, de pin blanc, de pin rouge et de pruche. Les chênaies sont composées de chêne rouge, accompagné de pins. Sur les sols humides et riches on trouvera l'érablière à tilleul et à orme d'Amérique, où l'abondance de l'érable rouge reflète la fréquence et l'intensité des coupes passées. Sur les sols humides et pauvres, on trouvera la

sapinière à épinette rouge sur sol minéral, et des tourbières à épinette noires et à sphaignes sur les sols organiques (produits par la décomposition très lente de végétaux). Les rives basses des grands cours d'eau (Saint-Laurent, Outaouais) et des lacs, inondés au printemps, sont occupées par l'érablière à érable argenté ou la frênaie à frêne rouge, là où ces peuplements n'ont pas été éliminés par les développements.

L'érablière à bouleau jaune ²

Le domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune forme une bande d'environ 100 km de largeur au nord de l'érablière à tilleul sur la rive nord du Saint-Laurent (figure 2). Au sud du Saint-Laurent, à l'est de l'érablière à tilleul, l'érablière à bouleau jaune couvre aussi une grande partie du sud-est du Québec (Appalaches, Beauce, sud du Bas-Saint-Laurent) (figure 2). La superficie totale du domaine de l'érablière à bouleau jaune est près du double de celle du domaine de l'érablière à tilleul, soit près de 66 000 km² ou 4,3 % du territoire du Québec (tableau 1). Ce domaine de l'érablière est le plus froid des trois que l'on trouve au Québec; la température moyenne annuelle varie de 2,5 à 4°C (tableau 1), et le nombre de degrés-jours de croissance varie de 1500 à 1750 (figure 1). Le domaine de l'érablière à bouleau jaune est le dernier domaine bioclimatique du Québec où l'érable à sucre est abondant sur les sols à drainage moyen (mésiques). Encore une fois, on peut observer dans ce domaine un gradient croissant de précipitations en allant vers l'est. Le secteur ouest du domaine est plus sec (précipitations totales annuelles inférieures à 1000 mm) et on y voit souvent des peuplements dont l'origine est attribuable aux feux de forêts, alors que le secteur de l'est est plus humide.

Les sols sont beaucoup moins riches dans le domaine de l'érablière à bouleau jaune, puisqu'on y trouve peu de basses-terres. La richesse des sols est plus élevée dans la partie appalachienne du domaine, à cause de la nature de l'assise géologique, et plus faible dans la partie laurentienne aussi à cause de la roche généralement acide du Bouclier canadien. Dans l'ensemble du domaine de l'érablière à bouleau jaune, il y a aujourd'hui environ 20% de la superficie en terres agricoles ou en friches. L'érablière domine le paysage et occupe 40% du territoire. Les forêts de peupliers et de bouleau blanc (feuillus intolérants à l'ombre),

régénérées après coupes ou feux, occupent 20% de la superficie. Les forêts de conifères (10%) et les zones de coupes récentes (10%) complètent le paysage. Dans les Laurentides, les sols mésiques représentent 70% des sols, alors que 20% des sols sont secs et 10% sont humides. Dans les Appalaches, ce sont 80% des sols qui sont mésiques et 20% qui sont humides.

Comme dans les deux autres domaines de l'érablière précédents, le mécanisme de régénération naturelle qui prédomine dans l'érablière à bouleau jaune est un régime de perturbations par trouées, quoique plusieurs des gros arbres feuillus capables de générer ces trouées (érable à sucre, bouleau jaune) ont été coupés par le passé. Les cartes écologiques, les documents historiques, les images de satellites et des études spécifiques indiquent que les perturbations naturelles par les feux sont plus importantes dans l'érablière à bouleau jaune que les autres domaines de l'érablière. Ainsi, selon la région, de 15 à 40% des peuplements forestiers sont clairement issus de régénération naturelle après feu. Ces peuplements sont constitués de feuillus intolérants à l'ombre (tremble, peuplier à grandes dents, bouleau blanc), de chênes rouges et de pins. Les peuplements de feuillus intolérants, qu'ils soient issus de feux ou de coupes, vont éventuellement se transformer en érablières par la succession forestière, l'érable à sucre étant tolérant à l'ombre et ses semis et gaules capables de croître en sous bois. C'est dans l'ouest du domaine de l'érablière à bouleau jaune que les chênaies à chêne rouge, les pinèdes à pin blanc et les peupleraies à peuplier à grandes dents, toutes établies après feu, occupent leurs plus vastes superficies au Québec.

Dans le domaine de l'érablière à bouleau jaune, on ne compte plus que 23 espèces d'arbres, soit une perte de 18 espèces par rapport au domaine de l'érablière à tilleul. La flore vasculaire totale est estimée à 900 espèces, soit 600 de moins que le domaine de l'érablière à tilleul. Les espèces de la zone tempérée ne représentent plus que 40% de la flore; la majorité des espèces ont une répartition centrée dans la zone bioclimatique voisine au nord, la zone boréale. Le gradient décroissant de la biodiversité continue aussi de se refléter chez les espèces animales. Chez les reptiles, peu typiques des climats froids, on ne trouve plus que quatre des sept espèces de couleuvres du Québec dans l'érablière à bouleau jaune⁵. Pour les tortues, on n'en trouve plus que deux espèces sur huit, et ce essentiellement le long de la rivière des Outaouais et ses tributaires⁵.

L'érablière à bouleau jaune est le type de végétation de fin de succession sur tous les sols mésiques, pour la plupart des sols podzoliques dans ce domaine, soit généralement pauvres en éléments nutritifs et acides. L'érablière à bouleau jaune typique renferme des quantités variables de bouleau jaune, et les conifères, tels le sapin, l'épinette rouge, l'épinette blanche et la pruche sont plus fréquents. Le hêtre apparaît sporadiquement, quoiqu'il est pratiquement absent au nord du domaine (Témiscamingue). L'érable rouge est beaucoup plus abondant dans l'est du domaine, où il semble avoir été favorisé par les coupes. En plus des semis des arbres, la strate arbustive de l'érablière à bouleau jaune comprend des arbustes tel l'if du Canada, la viorne à feuille d'aulne (ou bois d'original), le noisetier et le sureau. Les feuilles d'if font maintenant l'objet d'une récolte pour le taxol qu'elles contiennent. Le taxol est un puissant agent anti-cancer découvert il y a à peine 15 ans.

L'érablière à bouleau jaune possède une structure d'âge inéquienne, les deux espèces d'arbres dominantes étant capables de profiter des trouées pour se régénérer ou accélérer leur croissance. Dans les érablières subissant un régime de coupes légères, le bouleaux jaune peut être favorisé car il est moins tolérant à l'ombre que l'érable à sucre. Il se régénère le mieux sur le bois mort, l'humus ou le sol minéral mis à nu. On observe fréquemment de jeunes bouleaux jaunes poussant sur une souche, un tronc mort au sol ou encore sur le monticule de sol créé par un arbre déraciné. Les coupes augmentent le nombre de ces situations propices à son établissement, et créent des ouvertures qui favorisent sa croissance.

Dans le domaine de l'érablière à bouleau jaune, le chêne rouge n'occupe plus les sols secs, mais se régénère après feu sur sols mésiques, surtout dans l'Outaouais. Dans les sites les plus secs à sols minces sur roc, on trouvera des sapinières avec plusieurs combinaisons de conifères, tels le cèdre, le pin blanc, le pin rouge, la pruche et l'épinette rouge. Sur les sols secs sur sables épais, on trouvera plutôt des pessières (forêts d'épinette) à épinette noire et à sapin, avec un sous bois formé d'arbustes de la famille des éricacées (ex. bleuet) et de mousses. Sur les sols humides et riches, le plus souvent dans de petites dépressions dans l'érablière à bouleau jaune typique, on trouvera une érablière à bouleau jaune et frêne noir. Sur les sols humides et pauvres, on trouvera plutôt une sapinière à épinette rouge et à sphaignes. Les tourbières, sur

les sols organiques, sont occupées par la pessière noire à sphaignes et à éricacées (bleuet, thé du Labrador, kalmia). Sur les berges des rivières, inondées au printemps, on trouvera la frênaie noire à orme d'Amérique.

La zone bioclimatique boréale : la forêt coniférienne du Québec ^{2,3}

La végétation ²

Située directement au nord de la zone tempérée, se trouve la zone bioclimatique boréale (figure 2). Cette zone bioclimatique se définit le plus facilement par son caractère coniférien, soit la dominance des paysages par des forêts de conifères. Les deux espèces de conifères, ou de résineux, qui définissent le mieux la zone boréale sont le sapin et l'épinette noire. Dans la sous-zone boréale inférieure (218 504 km², 14,3% du Québec; tableau 1), les sols mésiques sont occupés par des forêts où domine le sapin, d'où le nom de "sapinière" attribué aux deux domaines bioclimatiques qui en font partie (figure 2). La sous-zone boréale supérieure (966 963 km², 63,4% du Québec; tableau 1) est très vaste et se divise en trois domaines bioclimatiques, dont les deux plus méridionaux, les "pessières", sont caractérisés par la dominance quasi totale de l'épinette noire ("pessière" provient du nom latin de l'épinette, *Picea*) (figure 2). Le dernier domaine bioclimatique de la zone boréale supérieure est la toundra forestière, un domaine de transition entre la forêt boréale et la toundra Arctique où les arbres sont absents (figure 2).

Ainsi, la zone bioclimatique boréale du Québec, ses deux sous-zones confondues, possède une superficie gigantesque de 1 185 500 km², ce qui équivaut à 78% du territoire québécois, s'étalant du 47° au 58° parallèle. La zone boréale possède une répartition mondiale dans l'hémisphère nord à ces latitudes, couvrant le nord de l'Europe (Scandinavie, Russie), de l'Asie (Sibérie) et de l'Amérique du Nord (Alaska, Canada). Il n'y a pas d'équivalent de cette forêt dans l'hémisphère sud, puisqu'on y trouve aucune masse continentale à la même latitude. Le climat de la zone boréale est relativement froid et pluvieux, avec une température moyenne annuelle variant de 2,5 à -7,5°C et des précipitations totales moyennes annuelles de 1100 à 400 mm, du sud vers le nord (tableau 1). Ce climat froid et humide favorise l'augmentation des superficies occupées par les tourbières (sols organiques, très mal drainés, et formés surtout de mousses, les sphaignes, partiellement décomposées).

Sur les sols bien drainés, la végétation de la zone boréale, bien que généralement dominée par les conifères, peut prendre un caractère mixte, surtout au sud, avec des arbres feuillus, et des peuplements de feuillus intolérants, surtout le peuplier faux-tremble (ou tremble) et le bouleau blanc. C'est la prédominance d'un régime de perturbations naturelles par le feu qui est une caractéristique universelle de la zone boréale. Les arbres de la forêt sont adaptés à divers degrés aux perturbations par le feu. Certains, tel l'épinette noire, le pin gris, le tremble et le bouleau blanc augmentent en abondance dans le paysage si la fréquence naturelle des feux est élevée. Le sapin et le cèdre, par contre, augmentent en abondance là où les feux naturels sont moins fréquents et même rares. Pourquoi parler de feux naturels? Parce que leur fréquence reflète les conditions climatiques et qu'ils régissent la dynamique naturelle des forêts, mais surtout parce que même sous une politique de répression des feux de forêt, ce sont encore les feux naturels (allumés par la foudre et non par négligence humaine) qui sont responsables de la vaste majorité (85%) des superficies forestières incendiées à chaque année au Québec. Un autre facteur important de la dynamique des forêts de la zone boréale sont les perturbations causées par les épidémies d'insectes, dont le plus notoire est la tordeuse des bourgeons de l'épinette¹⁰.

La régénération naturelle des forêts de la zone boréale s'effectue donc normalement à la suite d'une perturbation majeure par un feu de forêt sur une grande superficie, celle-ci pouvant varier de quelques dizaines à plusieurs milliers d'hectares. La perturbation crée des conditions favorables à l'établissement de plusieurs espèces d'arbres. L'élimination du couvert forestier crée des conditions de pleine lumière, et la combustion de la litière et de l'humus libère des éléments nutritifs dans ses cendres, qui agissent comme un fertilisant. La régénération des pins en général est favorisée par les feux. Toutefois, le pin gris, possède la meilleure adaptation aux feux de couronne, des feux à chaleur intense typiques de la forêt boréale, qui se propagent de cime en cime, tuant la majorité des arbres. Le pin gris possède des cônes "sérotineux", qui demeurent fermés sur les branches de l'arbre, accumulant une "banque" de graines aérienne au fil des ans. Lors d'un feu intense, l'arbre sera tué mais ses cônes protégeront les graines. La chaleur fera ouvrir les cônes qui vont libérer les graines tout de suite après le passage du feu. Les graines du pin gris trouveront alors un lit de germination idéal, avec de la lumière en abondance, des éléments nutritifs et de l'eau, et peu de compétiteurs pour ces ressources, du

moins initialement. Les nouveaux semis, qui s'établissent durant une courte période de quelques années suivant le feu, formeront une cohorte d'individus (individus du même âge ou presque) qui produiront un peuplement à structure d'âge équiennne (âges égaux ou presque). Il y a de fortes chances que le peuplement de pin gris ainsi créé sera détruit à nouveau par un feu dans le futur. Si ce feu se produit à l'intérieur d'un intervalle d'environ 100 ans, la longévité du pin gris fera en sorte qu'il y aura suffisamment d'individus encore en vie, remplis de cônes pleins de graines, et le peuplement sera régénéré en pin gris. Ce mécanisme de régénération contraste fortement avec celui généralement observé dans les érablières, un processus continu de régénération lors de la création de petite trouées, menant à une forêt avec une structure d'âge inéquiennne.

L'épinette noire possède des cônes "semi-sérotineux" qui peuvent aussi survivre à un feu avec leur contenu de graines, menant à l'établissement d'un nouveau peuplement d'épinette noire qui remplacera directement celui présent avant le feu. Toutefois, l'épinette noire peut persister longtemps sur un site en l'absence de feu car elle peut se régénérer sous son propre couvert, surtout végétativement par l'enracinement du bout de ses branches basses (marcottage), créant ainsi de nouvelles tiges capables de remplacer les vieilles tiges qui meurent. Ceci contrairement au pin gris qui se régénère par graines seulement, et ce en pleine lumière après un feu.

Le tremble et le bouleau blanc sont deux arbres feuillus communs de la forêt boréale. Suite à un feu, ils peuvent envahir rapidement un brûlis grâce à leurs nombreuses petites graines transportées par le vent. Un peuplement de tremble qui est détruit par le feu peut se régénérer encore plus rapidement de façon végétative, en produisant des rejets à partir des racines (drageons) en grande partie épargnées par le feu. Le jeune peuplement après feu aura une bien plus grande densité de tiges que le peuplement initial.

L'intensité d'un feu naturel varie beaucoup en fonction des conditions météorologiques qui ont prévalu durant le feu, ainsi que sur les particularités du terrain. Certains éléments du paysage agissent comme brise-feu naturel, empêchant ou ralentissant la progression d'un feu. Un feu peut s'éteindre sur la berge d'un lac ou d'une rivière, épargnant la forêt de la rive opposée. Les

îles peuvent aussi échapper au feu. Une falaise, un affleurement rocheux peuvent aussi arrêter un feu par manque de combustible. Plusieurs arbres peuvent échapper au feu dans les dépressions humides. Ces îlots de végétation non perturbés, en périphérie ou à l'intérieur même d'une aire brûlée, serviront de sources de graines pour la re-végétation après feu. Toutefois, plusieurs espèces de plantes, tel le bleuet, vont se régénérer à partir de parties souterraines qui ont survécu au feu, même dans les secteurs où le feu a été assez intense pour tuer tous les arbres.

La productivité forestière, qui dépend du climat et de la richesse du sol, décroît dans la zone bioclimatique boréale par rapport à la zone tempérée. En effet, le climat est beaucoup plus froid, et les sols sont généralement plus pauvres. La richesse du sol peut être élevée en quelques endroits (basses-terres abitibiennes et du lac Saint-Jean), mais le climat limite quand même la productivité. Quelques chiffres aident à visualiser ce gradient de productivité : une sapinière sur site mésique, dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune, peut produire un volume de 200 m³ de bois à l'hectare à maturité (50 ans); plus loin au nord, dans le domaine de la pessière noire à mousses, une pessière noire et à sapin produira de 100 à 120 m³ de bois à l'hectare, à 50 ans sur site mésique. Dans le sud du Québec, une érablière produira environ 300 m³ de bois à l'hectare durant la même période de temps.

La forêt boréale est relativement pauvre en espèces de plantes et renferme très peu d'espèces rares. Les espèces végétales de la zone boréale sont généralement communes et on peut les retrouver à chaque fois qu'on se trouve en présence de l'habitat qui leur est approprié. Les espèces susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables que l'on retrouve en forêt boréale sont pour la plupart des espèces d'habitats particuliers et de superficie restreinte. Par exemple, l'aréthuse est une orchidée des tourbières ouvertes, à distribution sporadique au Québec, de la zone tempérée et de la zone boréale⁴. De même, le droséra à feuilles linéaires, une petite plante carnivore, se retrouve distribué sporadiquement dans la zone boréale⁴. Ce droséra rare se trouve dans les fens, un type de milieu humide à sol calcaire et dominé par des plantes herbacées. C'est un habitat peu commun en forêt boréale, sauf à l'île d'Anticosti, entièrement constituée de roche calcaire. Il semble donc que la plupart des plantes rares de la zone boréale sont associées à un type d'habitat qui est lui-même rare. Toutefois, ces habitats

rares ne sont pas forestiers. Ce sont le plus souvent des milieux ouverts (tourbières, fens, marais, berges rocheuses ou graveleuses, affleurements rocheux, talus d'éboulis, terrains sableux ouverts).

Comme il a été mentionné plus tôt, une des plus importantes menaces à la biodiversité à l'échelle planétaire est la perte ou la modification de l'habitat (milieu de vie). Bien que les régimes de perturbations naturelles, feux ou épidémies d'insectes, qui prévalent dans la forêt boréale modifient considérablement les milieux, il y a toujours des parties du territoire qui échappent à la perturbation. Toutefois, lorsque l'exploitation forestière se superpose aux régimes naturels de perturbations, certains types d'habitats forestiers peuvent devenir rares ou disparaître sur un très vaste territoire. Le type d'habitat le plus susceptible de disparaître d'un territoire exploité pour son bois est sans aucun doute les vieilles forêts. Même dans les régions où les feux sont relativement fréquents, ce ne sont pas toutes les parcelles de forêt qui passent au feu au même moment. Certaines forêts échappent au feu plus longtemps que la moyenne, alors que d'autres sont perturbées plus souvent. Il y a ainsi peut être 10% des forêts qui n'ont pas brûlé depuis 200 ans dans un territoire où le cycle de feu moyen est de 100 ans. Dans un territoire où le cycle de feu est de plus de 200 ans, on pourra trouver des forêts où il n'y a pas eu de feu depuis 500 ans ou plus.

Puisqu'elles ont évolué dans un écosystème fréquemment perturbé de façon naturelle, la grande majorité des espèces de plantes de la forêt boréale s'accommodent des perturbations. Comme on l'a vu pour le pin gris, certaines espèces ont même besoin des perturbations par le feu pour se régénérer, ou pour créer des habitats ouverts qui leurs sont propices. Il y a toutefois des espèces qui se sont adaptées aux conditions de faible luminosité, d'humus épais et d'humidité élevée que l'on retrouve dans les vieilles forêts. Parmi ces espèces on trouve des orchidées, des pyroles, des mousses, des hépatiques et des champignons. Les vieilles forêts de sapin ou d'épinette noire (150 ans et plus) ont très souvent un volume de bois qui est bien inférieur à celui trouvé dans les forêts plus jeunes (100 ans et moins). Ceci s'explique par la mortalité des vieux sapins (longévité moyenne de 80 ans) et des vieilles épinettes (remplacées par des plus petites par marcottage), créant une structure plus ouverte et à strates multiples, et où l'humus forestier s'accumule à une grande épaisseur. Cette accumulation d'humus limite la

régénération des arbres et modifie le régime d'humidité du sol. Dans un territoire aménagé pour la production forestière, de tels habitats représentent des pertes économiques. C'est ce qu'on appelle des forêts "surannées". Si on les avait coupées il y a plusieurs décennies, on aurait récolté plus de bois que si on les récoltait aujourd'hui. Dans un contexte forestier de rendement accru, il est fort peu probable que l'on laisse ainsi vieillir les forêts que l'on coupe aujourd'hui, sachant qu'elles auront atteint leur volume de bois maximal dans 100 ans ou moins. La conservation de superficies contenant des vieilles forêts, pour la biodiversité qu'elles abritent, peut se faire de deux façons : en créant des zones protégées, ou en développant des méthodes de récolte partielle ou sélective permettant de conserver les attributs structuraux et les conditions de microhabitat des vieilles forêts.

Puisque le maintien de la biodiversité des écosystèmes est étroitement lié au maintien des processus écologiques, dont particulièrement le régime de perturbations, les changements climatiques attendus risquent de causer problème. Les changements climatiques risquent de modifier le régime des feux naturel, favorisant ainsi indirectement certains insectes ravageurs, tels la tordeuse des bourgeons de l'épinette qui s'attaque principalement au sapin, qui augmente en abondance lorsque la fréquence des feux diminue. Un réchauffement climatique pourrait aussi favoriser l'expansion de ravageurs ou de pathogènes indigènes ou introduits. Tous ces scénarios ont des répercussions potentielles négatives pour la productivité et la biodiversité de la forêt boréale.

La faune^{5, 11, 12, 13}

La zone bioclimatique boréale comprend cinq domaines bioclimatiques à dominance coniférienne (figure 2; tableau 1). Sa faune comprend certaines espèces que l'on retrouvait dans la zone tempérée, mais plusieurs ne se rendent pas si loin au nord. C'est le cas de plusieurs espèces de mammifères¹² (petit polatouche, chauves-souris méridionales, lynx roux), d'oiseaux¹³ (buse à épaulettes, petit-duc maculé, cardinal rouge, tangara écarlate, paruline couronnée, etc.) et de tous les reptiles, sauf une seule espèce de couleuvre. La couleuvre rayée

est le seul reptile qui atteint la zone bioclimatique boréale au Québec, se retrouvant vers le nord jusque dans la pessière noire à mousses ⁵ (figure 2).

Bien que certaines espèces de mammifères se trouvent également dans les forêts les plus nordiques de la zone tempérée, on les associe beaucoup plus aux forêts de la zone boréale. L'orignal, l'ours noir, le lynx du Canada, le grand polatouche et l'écureuil roux sont de ce groupe. Le loup, un grand carnivore autrefois présent dans le sud du Québec, est maintenant largement confiné à la zone boréale, où il est en déclin dans la sous-zone boréale inférieure. C'est aussi le cas d'autres carnivores de taille moyenne (mésocarnivores), tels le pékan, la martre et la loutre. L'habitat de la martre et du pékan est la forêt coniférienne mature, ou surannée. La structure complexe de ces vieilles forêts (gros arbres et petits arbres, arbres morts, couvert dense mais hétérogène, avec des trouées) permet à ces deux mésocarnivores de chasser avec succès leurs proies, abondantes dans ce milieu. Des études ont montré qu'une coupe avait un impact négatif sur la population locale de martre, pouvant aller de 20 à 40 ans après coupe. La conservation des vieilles forêts n'est donc pas seulement importante pour la conservation de la biodiversité végétale, mais également pour la biodiversité animale (illustré ici avec des mammifères, bien qu'on pourrait faire de même avec les oiseaux).

Les deux domaines bioclimatiques de la sapinière (figure 2), aussi connu sous le nom de forêt mixte, ont connu une exploitation forestière importante durant les dernières décennies et relativement peu de superficies de forêts matures subsistent. Ceci est particulièrement dramatique dans la région du Bas-Saint-Laurent, où il y a eu en plus une pression soutenue par la trappe des animaux à fourrure. En parallèle à ces déclin (loup, pékan, martre, loutre), d'autres mésocarnivores, plus opportunistes, moins spécialisés et exigeants en termes d'habitat, ainsi que moins craintifs de l'humain, ont connu une augmentation de leur abondance. Ce sont le coyote, le renard roux, le raton laveur et la mouffette rayée.

Parmi les espèces animales désignées menacées au Québec, on trouve au premier plan le carcajou ¹⁴, un autre mésocarnivore qui est disparu de la zone tempérée où on pouvait le trouver avant la colonisation. En zone boréale, le carcajou n'est présent que dans la partie la plus nordique de la zone, dans les domaines bioclimatiques de la pessière (figure 2). Le

carcajou est une espèce baromètre qui reflète parfaitement le gradient décroissant, du sud vers le nord, de l'impact humain sur le milieu forestier. Ce carnivore, très sensible à toute activité qui modifie le milieu forestier, semble aussi éviter les territoires habités. La population de caribou forestier de la Gaspésie a été désignée vulnérable à cause de sa petite taille (quelques centaines d'individus) ¹⁴. Cette population est la seule qui persiste encore au sud de fleuve Saint-Laurent en Amérique du Nord. La population est vulnérable bien qu'elle occupe un territoire protégé (parc de la Gaspésie, monts Albert et Jacques-Cartier), car le territoire avoisinant est en exploitation forestière. L'ours noir et le coyote, deux prédateurs opportunistes du caribou, sont plus abondants suite aux coupes (augmentation de petits fruits et de petit gibier) et ils ont fait augmenter la mortalité juvénile du caribou par leur prédation des nouveaux-nés.

Le lynx du Canada et la population de caribou forestier de Val-d'Or sont susceptibles d'être désignés menacés ou vulnérables au Québec : le lynx pour le déclin marqué de sa population entière au Québec et le caribou pour la petite taille de sa population ¹⁴. Le lynx du Canada est en déclin pour des raisons semblables à celles des autres carnivores de la forêt boréale. La population de caribou de Val-d'Or subit les pressions de perte d'habitat et de prédation accrue, sans le bénéfice de la présence d'un territoire protégé.

Un exemple de manipulation d'un écosystème par l'humain et de ses conséquences négatives sur la forêt est celui de l'introduction volontaire du cerf de Virginie sur l'île d'Anticosti à la fin du 19^e siècle ¹¹. Le but était de permettre la chasse du cerf sur cette île, qui était à l'époque la propriété privée d'un seul individu. Aujourd'hui, on compte plus de 100 000 chevreuils sur cette île de 200 km de longueur. Cette densité incroyable de chevreuil, en l'absence de loups, a transformé la dynamique forestière sur l'île. Les sapinières à épinette blanche d'autrefois cèdent maintenant la place à une pessière blanche, puisque le broutage intense du cerf élimine toute la régénération de sapin. La régénération après coupe est très lente. Le reboisement est rendu futile par le broutage. Même des espèces communes de plantes herbacées, aussi broutées par le chevreuil, sont maintenant relativement rares, sauf à l'intérieur d'enclos d'exclusion expérimentaux (exclos) du chevreuil. Il y a un contraste frappant entre la végétation abondante

et la régénération en sapin que l'on retrouve à l'intérieur de ces exclos, où le broutage est absent, versus l'extérieur².

L'utilisation principale du territoire en zone boréale est pour l'exploitation forestière, ceci dans ses trois domaines bioclimatiques les plus méridionaux (domaines des sapinières et de la pessière noire à mousses; figure 2) où la forêt est suffisamment productive. Cette utilisation conserve le caractère forestier du territoire, car il n'y a pas de transformation de l'habitat, en terres agricoles par exemple. Suite à une coupe, c'est un processus de succession naturelle qui va reconstituer le couvert forestier en passant par différentes étapes (stades successionnels). Ce processus peut être accéléré et en partie orienté par le reboisement artificiel. La succession forestière après une coupe va différer de celle après un feu, mais une nouvelle forêt sera recrée après quelques décennies dans les deux cas, bien que sa composition reflètera encore longtemps le type de perturbation qui fut à son origine.

Il existe une préoccupation en forêt boréale exploitée pour la perte de vieilles forêts, à cause des espèces animales et végétales dont c'est le principal ou l'unique habitat. Est-ce qu'il y a lieu de s'inquiéter tout autant des effets de la fragmentation de la forêt par la coupe? Les îlots de forêt, de diverses tailles, qui seront laissés après une coupe réussiront-ils à conserver leur espèces animales et végétales? Des études sur les oiseaux forestiers indiquent que certaines espèces sensibles, comme le roitelet à couronne dorée, déclinent dans les fragments de forêt entourés de parterres de coupe. D'autres espèces, comme le mésangeai du Canada, un prédateur opportuniste, augmentent en abondance. Puisque la forêt repoussera dans les parterres de coupe, combien de temps durera cet effet de la fragmentation? Y-aura-t-il des impacts à long terme sur les animaux dans un territoire exploité de façon continue? Des travaux de recherche sont en cours en vue de répondre à ces questions, afin d'assurer le maintien de la biodiversité en forêt boréale.

Comme pour la forêt tempérée du sud du Québec, on peut aussi dresser un portrait de la faune avienne plus ou moins caractéristique de la forêt boréale. Ainsi, l'autour des palombes, le faucon émerillon, la petite nyctale et la nyctale boréale sont des rapaces typiques de la forêt boréale. Parmi les oiseaux résidents à l'année, on notera le pic maculé, le pic tridactyle, la

sittelle à poitrine rousse et le mésangeai du Canada. Plusieurs oiseaux typiques sont migrants, ne séjournant en forêt boréale que durant la saison chaude pour la nidification. C'est le cas des parulines, tels la paruline à gorge orangée, la paruline à croupion jaune, la paruline à poitrine baie et plusieurs autres espèces. Le pic à dos noir recherche particulièrement les brûlis récents, afin de se nourrir des insectes qui s'attaquent aux arbres tués par le feu. L'obligation qu'ont les compagnies forestières de récupérer rapidement le bois des forêts brûlées pourrait avoir un impact négatif sur l'abondance de ce pic, de même que sur les espèces d'insectes spécialistes du bois calciné (pyrophages). Un grand oiseau de proie susceptible d'être désigné menacé ou vulnérable au Québec, l'aigle royal, niche de façon sporadique en zone bioclimatique boréale au Québec. Des mesures de protection de l'aigle royal sont déjà en place, interdisant toute activité en tout temps dans un rayon de 300 mètres de chaque nid, et d'un autre 400 mètres additionnels où les activités forestières sont possibles hors de la saison de nidification.

La sapinière à bouleau jaune^{2, 10}

La sapinière à bouleau jaune est le premier domaine bioclimatique, le plus au sud, de la zone bioclimatique boréale. Ce domaine forme la transition entre la zone tempérée à dominance d'arbres feuillus, dont surtout l'érable à sucre, et la zone boréale à dominance d'arbres conifériens. Le domaine de la sapinière à bouleau jaune et le domaine de la sapinière à bouleau blanc sont aussi communément connus sous le nom de forêt mixte, reflétant la présence encore fréquente des arbres feuillus dans le paysage. Ces deux domaines sont caractérisés par la dominance du sapin sur les sols mésiques. Une forêt boréale dominée par le sapin est unique à l'Amérique du Nord.

Les régimes de perturbations, comme on l'a vu, sont très différents dans la zone boréale de ceux qui prévalent dans la zone tempérée. Les forêts mélangées de sapin et de bouleau, et les forêts de feuillus intolérants à l'ombre (bouleau blanc et tremble), qui occupent les sites mésiques sont soumises à des perturbations par les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette, par les chablis et par les feux. Suite à ces perturbations, on observera des

successions cycliques (remplacement du peuplement initial par un peuplement semblable) ou pendulaires (passage d'un peuplement de feuillus intolérants à l'ombre à un peuplement dominé par le sapin). Le sapin est un conifère tolérant à l'ombre, dont les semis peuvent survivre très longtemps en sous-bois. Lors de chablis qui renversent les arbres matures, ou d'épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette qui tuent surtout les plus grands et les plus vieux arbres, la "banque" de semis de sapins en sous-bois pourra rapidement reconstituer le couvert forestier.

La tordeuse des bourgeons de l'épinette est un moteur naturel de régénération des forêts dans le domaine de la sapinière. Le sapin est l'espèce cible favorite de l'insecte, mal nommé parce qu'il fut initialement découvert sur l'épinette blanche. La tordeuse des bourgeons de l'épinette s'attaque aux épinettes, leur causant des pertes de croissance mais très rarement la mort. Ce n'est pas le cas du sapin, pour lequel une défoliation pendant quelques années cause une mortalité très forte. Les vieux sapins des forêts matures sont les plus vulnérables aux effets de la tordeuse. Les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette se sont produites au 20^e siècle à intervalles d'environ 30 ans. Elles semblent avoir eu un impact plus fort une fois sur deux, lorsque les sapins établis après une épidémie atteignent la maturité, soit environ 60 ans.

L'analyse des cernes de croissance des troncs de vieilles épinettes blanches, attaquées par la tordeuse des bourgeons de l'épinette mais qui ont survécu, permet de retracer les épidémies passées et de déterminer leur durée et leur sévérité. Selon l'hypothèse de Blais, basée sur des données de cernes de croissance, les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette seraient de plus en plus sévères et apparaîtraient à une fréquence plus élevée depuis le début du 19^e siècle. Blais ¹⁶ attribue ceci à l'influence humaine sur le paysage forestier, qui auraient favorisé le sapin par la coupe (régénération surtout en sapin) et la répression des feux de forêt dans la dernière moitié du 20^e siècle. Une hypothèse alternative, suggérée par Bergeron et Archambault ¹⁷, serait que ces tendances d'épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette seraient plutôt dues à un changement climatique (plus humide) qui a modifié le régime naturel des feux, qui devenus moins fréquents, augmentant ainsi l'abondance du sapin, l'hôte préféré du ravageur. Bien qu'elle ait un rôle majeur dans la dynamique naturelle des forêts, la tordeuse des bourgeons de l'épinette n'en demeure pas moins un compétiteur important pour la

ressource forestière. La dernière épidémie, qui a duré de 1967 à 1992, aurait tué entre 139 et 238 millions de m³ de sapins et d'épinettes (récupérés en partie par des coupes). Un programme de lutte contre ce ravageur important, démarré avec un insecticide chimique (fénithrothion), est poursuivi aujourd'hui avec un insecticide biologique (la bactérie *Bacillus thuringiensis*, ou B.t.).

Le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau jaune couvre près de 94 800 km² ou 6 % du territoire du Québec (tableau 1). Le domaine de la sapinière à bouleau jaune forme une bande d'environ 100 km de largeur qui s'étend du Témiscamingue à l'extrémité de la Gaspésie (figure 2). Au Témiscamingue, ce domaine se trouve entre le 47^e et le 48^e parallèles; dans l'est, à basse altitude dans la cuvette du lac Saint-Jean et à proximité du fleuve en Gaspésie, le domaine se rend presque jusqu'au 49^e parallèle (figure 2). La température moyenne annuelle varie de 1,0 à 2,5°C à l'intérieur du domaine de la sapinière à bouleau jaune, et le nombre de degrés-jours de croissance varie de 1250 à 1500 (tableau 1). Bien que les données climatologiques ne permettent pas d'identifier une différence climatique entre l'ouest et l'est du domaine, il demeure toutefois que la végétation forestière offre des évidences de feux plus fréquents ou importants dans l'ouest (peuplements de pins nombreux, alors que très éparés dans l'est). Le nombre d'espèces d'arbres continue de diminuer en progressant vers le nord. On trouve 18 espèces d'arbres dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune, perdant quatre feuillus par rapport au domaine de l'érablière à bouleau jaune (hêtre, chêne rouge, tilleul, peuplier à grandes dents). L'érable à sucre atteint la limite nord de son aire de distribution dans le domaine de la sapinière à bouleau jaune. Le nombre total de plantes vasculaires est maintenant près de 850. Les forêts inéquiennes, où domine le bouleau jaune, ont probablement une régénération liée à une dynamique de trouées, comme dans les érablières.

Dans les forêts équiennes, la dominance du sapin se perpétue par les épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette. Les sols mésiques occupent de 50 à 70% du territoire du domaine, sauf dans les secteurs de basses-terres. Les sols secs couvrent de 10 à 30% du territoire, selon le secteur; ils se trouvent sur dépôts de sable au lac Saint-Jean, et sur roc seulement et peu importants dans l'est du domaine. Les sols humides sur dépôt de surface minéral occupent 40% du territoire dans les secteurs de basses-terres (Témiscamingue et lac Saint-Jean) et moins

de 20% ailleurs. Enfin, les sols humides organiques (tourbières) forment 20% du paysage dans les secteurs de basses-terres et moins de 10% ailleurs.

En termes de types de peuplements et d'utilisation du territoire, certains secteurs du domaine de la sapinière à bouleau jaune ont été défrichés pour l'agriculture (20% au Témiscamingue, 30% au lac Saint-Jean, 10% au Bas-Saint-Laurent et en Gaspésie). En Gaspésie, le territoire habité coïncide souvent avec les limites du domaine de la sapinière à bouleau jaune. Les feux récents représentent moins de 10% du territoire et seulement dans l'ouest. Des coupes récentes ont été effectuées sur 10 à 30% du territoire selon le secteur. Les forêts de feuillus intolérants à l'ombre, dominées par le tremble et le bouleau jaune, couvrent environ 30 à 40% du domaine. Les forêts dominées par les conifères, très variables en superficie selon le secteur, occupent 10 à 40% du territoire. Enfin, on trouvera des érablières, les plus nordiques au Québec, sur moins de 10% de la superficie de certains secteurs (Témiscamingue, Moyennes-Appalaches, Baie des Chaleurs). Les tourbières ouvertes couvrent 20% de la plaine du lac Saint-Jean.

La bétulaie jaune à sapin serait le type de végétation de fin de succession sur tous les sols mésiques du domaine de la sapinière à bouleau jaune. Les stations matures de ce type de peuplement sont plutôt rares, ayant été fortement affectées par la coupe. Dans l'est du domaine, on trouve plutôt sur sols mésiques la sapinière à bouleau jaune. Ces deux types de peuplements ont un volume marchand de 200 m³ à l'hectare à maturité. En plus des deux espèces dominantes, on trouvera dans ces forêts de l'épinette blanche et de l'épinette rouge, et un peu d'érable à sucre et d'érable rouge.

Dans les sites les plus secs (sols minces sur roc ou sables épais) du domaine de la sapinière à bouleau jaune, on trouvera des pinèdes (pin blanc, pin gris), des sapinières à épinette rouge ou à cèdre, des pessières noires à sapin ou à mousses. Sur les sols humides et riches, on trouvera des bétulaies jaune à frêne noir, des frênaies noires à sapin ou des sapinières à cèdre. Sur les sols humides et pauvres, on trouvera plutôt une sapinière à épinette rouge et à sphaignes ou une pessière noire à sapin. Les tourbières, sur les sols organiques, sont occupées par la pessière noire à sphaignes. Sur les sols organiques des bas-fonds appalachiens, on verra des cédrières à

sapin. Les gros cèdres multiséculaires de ces cédrières ont été coupés il y a environ 100 ans. Sur les berges des rivières on trouvera la frêne noire à orme d'Amérique.

La sapinière à bouleau blanc^{2, 10}

Le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc couvre une superficie de 123 736 km², soit 8% du Québec (tableau 1). Reflétant le gradient climatique sud-nord dominant au Québec, le domaine de la sapinière à bouleau blanc forme une bande qui traverse le Québec d'ouest en est (figure 2). Incluant l'Abitibi à l'ouest, entourant la cuvette formée par le lac Saint-Jean au centre, le domaine atteint le fleuve à l'est sur la Basse-Côte-Nord, et il occupe l'intérieur de la Gaspésie, l'île d'Anticosti et les Îles-de-la-Madeleine. Cette large bande se trouve généralement entre les 48° et 49° parallèles, sauf pour le secteur de la Réserve faunique des Laurentides, située au sud du 48° parallèle mais dont l'altitude moyenne élevée refroidit le climat. La température moyenne à l'intérieur de ce domaine bioclimatique varie de 0 à 1°C, alors que les degrés-jours de croissance vont de 1100 à 1500 (tableau 1; figure 1). Comme c'est généralement le cas au Québec, il existe dans ce domaine un gradient croissant des précipitations totales moyennes annuelles, de l'ouest vers l'est, influençant le régime des feux.

Dans l'ouest, en Abitibi, le cycle naturel des feux était de 100 ans durant le 20^e siècle. Dans l'est, dans les parties maritimes du domaine, le feu est si peu fréquent (cycle de plus de 300 ans), ou peut être même absent, que des humus très épais s'accumulent dans les forêts sur sols mésiques. Ces humus ne possèdent aucun fragment de charbon de bois, qui sont des indicateurs fiables même de feux très anciens, à cause de leur décomposition très lente. Associés à ces régimes de feux divergents, l'ouest du domaine se caractérise par l'abondance dans le paysage de peuplements relativement jeunes d'origine de feux, tels les tremblaies, les bétulaies blanches, les pinèdes grises (roc ou sable) et les pessières noires (roc, sable et tourbières). L'est du domaine, grâce à son climat maritime et la quasi-absence de feu, voit son paysage dominé par la sapinière. Le sous-bois de ces forêts est couvert d'un épais tapis de mousse, et le tronc et les branches des arbres sont couverts de lichens épiphytes (qui s'en

servent seulement comme support, sans parasitisme). Les lichens épiphytes sont une source importante de nourriture hivernale pour le caribou.

Beaucoup d'espèces d'arbres atteignent leur limite nordique de distribution dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc. On verra ainsi les dernières stations avec du pin blanc, du pin rouge, de l'érable rouge, du bouleau jaune, du frêne noir, de l'orme d'Amérique et du cèdre. Parmi les espèces dominantes dans le paysage, il y a bien sûr le sapin, suivi du bouleau blanc, du tremble, de l'épinette noire et du pin gris. Au total, on estime que la flore entière (plantes vasculaires) compte environ 500 espèces.

La forêt du domaine de la sapinière à bouleau blanc est fortement modelée par un régime de perturbations majeures, que ce soit par le feu, la tordeuse des bourgeons de l'épinette ou le chablis. À cause du gradient de précipitations, les feux surviennent régulièrement dans l'ouest du domaine, et par conséquent ils sont petits et moins violents (moins de matière combustible d'accumulée). Il y a parfois des feux d'ampleur catastrophique qui se produisent lors de période de très faibles précipitations. Dans l'est, les feux sont rares, mais quand ils surviennent ils ont tendance à être plus violents parce que les conditions pour déclencher le feu doivent être idéales, et que les vieilles forêts offrent une grande quantité de matière combustible. Par exemple, il y a eu en 1991 des feux qui ont brûlé 2 500 km² sur la Côte-Nord (Forestville et Baie Comeau). Le feu détruit toute régénération de sapin déjà établie, et sur les sols mésiques le peuplement de début de succession sera dominé par les feuillus intolérants à l'ombre (tremble et bouleau blanc), mais à croissance rapide en pleine lumière.

La dynamique forestière qui suivra une épidémie de tordeuse des bourgeons de l'épinette va dépendre de la région. Dans l'est, où les sapinières fortement dominées par le sapin abondent, les épidémies sont sévères et tuent la majorité des sapins matures. Ceux-ci sont remplacés par la croissance rapide (lumière et éléments nutritifs soudainement disponibles) de semis de sapin déjà bien établis en sous-bois avant l'épidémie. Ces deux espèces, la tordeuse et le sapin, semblent former un système auto-régulateur qui perpétue cette succession "cyclique", écologiquement stable. Dans l'ouest, en Abitibi, il semble qu'une plus faible régénération du sapin contribuerait au remplacement des sapinières, après épidémie, par des forêts mélangées

dominées par des feuillus (tremble et bouleau blanc). Ces forêts qui contiennent peu de sapin sont bien sûr beaucoup moins affectées lors d'épidémies de tordeuse. Il pourra prendre 150 ans avant que les trembles et bouleaux soient remplacés par le sapin par le processus de la succession forestière. Une fois le sapin à nouveau dominant, une épidémie pourra repartir la succession au stade feuillu en tuant les sapins matures (succession pendulaire). Les sapinières équiennes qui échappent à la tordeuse finissent par se détériorer, car le sapin n'a pas une très grande longévité (80 à 100 ans). Les vieux sapins sont sensibles à la pourriture (tronc, racines) et leur enracinement est superficiel, ce qui les rend susceptibles au chablis. La régénération se fera en sapin, ce qui produira une structure d'âge inéquienne, mais aussi en épinette blanche et en feuillus intolérants à l'ombre qui profiteront des ouvertures créées par la chute des vieux sapins.

Dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc, les sols mésiques occupent entre 40 à 70% du territoire, sauf dans le secteur des Basses-Terres d'Amos où les sols humides sont plus importants. Les sols secs couvrent de 10 à 50% du territoire du domaine, selon le secteur; ils se trouvent sur dépôts de sable (20%) dans les Basses-Terres d'Amos, et sur roc seulement (50%) dans le secteur de la rivière Betsiamites dans l'est du domaine. Les sols humides sur dépôt de surface minéral occupent 40% du territoire dans les Basses-Terres d'Amos et moins de 20 ou 10% ailleurs. Enfin, les sols humides organiques (tourbières) forment 20% du paysage dans les Basses-Terres d'Amos et à l'île d'Anticosti, et moins de 10% ailleurs.

Dans ce domaine, seules les Basses-Terres d'Amos ont été défrichés pour l'agriculture (20% du secteur). Aujourd'hui, elles sont pour la plupart abandonnées et en friche. Les superficies brûlées récemment représentent de 10 à 20% du territoire du domaine entier. Les coupes et les épidémies récentes couvrent de 20 à 40% du territoire selon le secteur. Les forêts de feuillus intolérants à l'ombre, le tremble et le bouleau blanc, couvrent environ 10 à 40% du domaine (40% dans les Basses-Terres d'Amos et les Monts Notre-Dame en Gaspésie). Les forêts dominées par les conifères, absentes dans les Basses-Terres d'Amos, occupent ailleurs 30 à 50% du territoire (70% à l'île d'Anticosti). Enfin, les tourbières ouvertes couvrent 20% du territoire à l'île d'Anticosti et moins de 10% ailleurs.

La sapinière à fougère est le type de végétation rencontré sur tous les sols mésiques (drainage modérément bon) du domaine de la sapinière à bouleau blanc. Son potentiel de croissance est bon, lorsque la régénération est adéquate, après une coupe ou une épidémie. Cette sapinière peut produire un volume de bois de 200 m³ par hectare à 50 ans. Associés au sapin qui domine, on trouve de l'épinette blanche, du bouleau blanc et de l'épinette noire en quantités variables. L'épinette blanche a une bien plus grande longévité (au moins 200 ans) que le sapin, et elle peut atteindre une bien plus grande taille (30 m de hauteur et 90 cm de diamètre). Même si l'épinette blanche ne représente que 5 à 10% des tiges de conifères, elle représente quand même 15 à 30% du volume total à cause de sa taille. Son bois, utilisé pour le sciage, est de bien plus grande valeur que celui du sapin. Ceci lui a valu d'être sélectivement abattue par le passé. Les sapinières à bouleau blanc ont été parmi les principales sources de bois à pâte durant la première moitié du 20^e siècle. Les ressources ligneuses de ce domaine ont été fortement exploitées, ce qui fait qu'aujourd'hui les grandes coupes forestières se sont déplacées dans la partie sud du domaine de la pessière noire à mousse, situé juste au nord.

Dans les régions où le domaine touche le fleuve, les sites mésiques auront plutôt une forêt d'épinette blanche, ou une sapinière à épinette blanche, formant un peuplement dense avec des signes d'érosion par le vent du large. Sur les sites les plus secs (sur roc ou sables épais) du domaine de la sapinière à bouleau blanc, on trouvera des pinèdes grises, des pessières noires ou des pessières noires à lichens. Sur les sols humides, on trouvera des sapinières à épinette noire, à sphaignes sur les sols pauvres et à aulne sur les sols riches (ex. dépôt de surface lacustre des Basses-Terres d'Amos). Les tourbières, sur les sols organiques, sont occupées par la pessière noire à sphaignes. Sur les berges des rivières on trouvera encore occasionnellement la frênaie noire.

La pessière noire à mousses ²

Le domaine bioclimatique de la pessière noire à mousses est le premier domaine de la sous-zone boréale supérieure (tableau 1). Cette sous-zone est dominée par l'épinette noire, une espèce unique à l'Amérique du Nord, et elle s'étend du 49° au 59° parallèle, couvrant un immense territoire de 966 963 km², soit 63% du Québec. Dans la sous-zone boréale supérieure, la température moyenne annuelle passe de 0 à -7,5°C, du sud vers le nord, et la saison de croissance passe de 150 à 80 jours. Le pergélisol (sol gelé en permanence en profondeur, avec une "zone active" en surface qui dégèle l'été) apparaît de façon discontinue dans les deux domaines les plus au nord (pessière noire à lichens et toundra forestière; tableau 1).

Le domaine bioclimatique de la pessière noire à mousses est le plus grand domaine bioclimatique du Québec, couvrant à lui seul plus de 433 600 km² ou 28% du Québec. C'est le dernier domaine bioclimatique dans lequel la productivité forestière est encore suffisante pour l'exploitation forestière (le dernier domaine de la forêt boréale commerciale). Ce domaine représente la partie est d'une vaste bande de pessière noire qui traverse tout le nord du Canada. Au Québec, cette bande est d'environ 300 km de large, allant de l'Abitibi et la baie de James à l'ouest, à l'extrémité est de la Côte-Nord à l'est, avec un petit secteur en haute altitude en Gaspésie dans les monts Chic-Chocs (figure 2). La température moyenne annuelle varie de 0 à -2,5°C, et le nombre de degrés-jours de croissance de 1250 à 750 (tableau 1). Sur un si grand territoire, on observe des différences dans les régimes de précipitations, qui se reflète sur le régime naturel des feux et la composition de la végétation. Comme plus au sud, on identifie un secteur ouest plus sec (continental) où les feux sont plus fréquents, et un secteur est (maritime) où les feux sont rares.

Le cycle des feux s'allonge d'ouest en est. Le pin gris, espèce liée de près aux feux de forêt, diminue graduellement d'importance dans le paysage en allant vers l'est, et devient absent à l'est de la rivière Moisie. Le sapin suit une tendance contraire, augmentant en abondance en progressant vers l'est. Les forêts de feuillus intolérants à l'ombre, établies après feu, comptent du tremble et du bouleau blanc dans l'ouest du domaine, mais graduellement de moins en

moins de tremble vers l'est. Au centre de la Gaspésie, dans les monts Chic-Chocs, on trouve une gradation altitudinale de plusieurs bandes de végétation, passant de la végétation typique du domaine, la pessière noire à sapin (moins de 750 m d'altitude), à un étage montagnard où les précipitations sont très élevées, ce qui favorise le maintien d'une sapinière à épinette noire (750 à 900 m), à un étage subalpin où se trouvent des forêts ouvertes et discontinues d'épinette blanche, d'épinette noire et de sapin (900 à 975 m), et enfin à un étage alpin (plus de 975 m).

Dans le domaine de la pessière noire à mousses, même s'il est le plus vaste du Québec, on ne trouve plus que 10 espèces d'arbres, comparativement à 49 dans le domaine de l'érablière à caryer cordiforme. Le cèdre ne fait plus partie de ce nombre (sauf exceptionnellement dans la partie sud-ouest du domaine et au lac Mistassini). La flore vasculaire totale est estimée à 850 espèces, ce qui est plus élevé que le domaine précédent à cause de la très grande différence en superficie totale des deux domaines (tableau 1; figure 2).

La proportion du domaine occupée par les sols mésiques varie énormément selon le secteur, allant de 10 à 20% dans l'ouest du domaine, là où les dépôts de surface sont de type lacustre (de lacs post-glaciaires créés par la fonte du glacier continental), à 70% dans l'est où le dépôt de surface le plus abondant est le till mince. Le patron contraire s'observe pour les tourbières (sols humides organiques), qui couvrent 70% du territoire dans l'ouest et moins de 10% dans l'est. Les sites sur dépôt de surface minéral humide varient en importance de 30 à 10% de la superficie. Les sites secs (roc ou sable) peuvent être totalement absents (à l'ouest) ou atteindre 20% de la superficie, selon le secteur. Les superficies brûlées depuis moins de 15 ans varient entre 10 et 30% dans ce domaine. Les forêts à dominance coniférienne couvrent généralement la majorité du territoire (de 50 à 80%), sauf là où il y a eu de fortes coupes forestières ou des épidémies récentes (30% du territoire dans les secteurs de Matagami, Chibougamau et de la rivière du Chef). Les forêts de tremble et de bouleau blanc couvrent généralement moins de 10% du territoire. Les tourbières ouvertes sont peu abondantes, sauf dans certains secteurs de basses-terres de l'ouest (60% du territoire du secteur de la baie de Rupert). Il n'y a pas de superficies à vocation agricole, présente ou passée, dans le domaine de la pessière noire à mousses.

Les feux, les épidémies d'insectes et les chablis sont des perturbations naturelles qui ont modelé le paysage forestier du domaine de la pessière noire à mousses. La coupe est aussi un facteur majeur de perturbation par l'homme dans le sud du domaine, essentiellement au sud du 50° parallèle et à l'ouest de Sept-Îles, où l'on estime que 30% du territoire a fait l'objet de coupes totales durant les 30 dernières années. Dans l'ouest du domaine, le cycle de feu peut se rapprocher de celui observé au sud dans la sapinière à bouleau blanc, soit de 100 à 200 ans. Dans l'est, sous l'influence d'un climat maritime très humide, le cycle de feu pourrait dépasser 500 ans. Lors de feux de forêts, la succession forestière est habituellement cyclique. Les pessières noires, qui dominent le paysage sur les sols mésiques, se régénèrent en épinette noire grâce aux graines emmagasinées dans des cônes semi-sérotineux conservés dans la cime de l'arbre. Il en est de même pour le pin gris qui se maintient sur sols sableux secs, dans l'ouest du domaine, de façon cyclique après feu, grâce à ses cônes sérotineux (conservés sur l'arbre) remplis de graines. Les forêts de tremble et de bouleau blanc (mais surtout le tremble) peuvent aussi se maintenir de façon cyclique après feu, mais par régénération végétative dans leur cas (drageons pour le tremble, rejets de souche pour le bouleau). À la limite sud du domaine, dans le centre et l'est, on trouve aussi des sapinières qui se maintiennent de façon cyclique, mais suite aux épidémies de tordeuse des bourgeons de l'épinette. Toutefois, on retrouve parfois une succession forestière de type pendulaire, où une forêt dominée par les feuillus intolérants à l'ombre s'installera après feu, pour évoluer au fil des ans en peuplement à dominance de conifères (surtout le sapin), pour être ramenée à un stade feuillu après le passage d'un feu.

La pessière noire à mousses est le peuplement typique sur sol mésique dans le domaine. Ces forêts sont relativement fermées et denses (recouvrement arborescent supérieur à 40%), et dominés par l'épinette noire. On trouvera aussi du sapin, dans le sud du domaine, ainsi que sporadiquement des feuillus intolérants, tels le tremble et le bouleau blanc (pas plus de 25% du couvert forestier). Le parterre forestier comporte des petits arbustes de la famille des éricacées (40% de recouvrement), tels le bleuet, le thé du Labrador et le kalmia, ainsi qu'un tapis continu de diverses espèces de mousses, mais surtout de *Pleurozium schreberi*. Ces pessières se régénèrent bien après feu lorsque l'humus est brûlé suffisamment, ici et là, pour révéler le sol minéral sous-jacent. Le sol minéral mis à nu est un excellent lit de germination pour les graines de l'épinette noire. Dans ces pessières, sur les bons sites, l'épinette noire atteint 12

mètres de hauteur à 50 ans. Le peuplement produira un volume de bois allant de 100 à 120 m³ par hectare à 60 ans.

Les pessières noires qui excèdent l'âge de 200 ans sont plus fréquentes qu'on le croyait auparavant, malgré que les épinettes noires de plus de 300 ans soient très rares. Ces vieilles forêts se trouvent dans des secteurs épargnés du feu, toujours présents même là où le cycle de feu est court. Elles ont une biodiversité spéciale, avec des espèces de mousses, d'hépatiques et de lichens qu'on ne trouve pas dans les plus jeunes forêts. Il y a aussi une biodiversité faunique particulièrement associée aux vieilles pessières (ex. roitelet à couronne dorée, martre). Les vieilles pessières sont l'habitat de toutes ces espèces à cause de leur structure particulière, plus ouverte et plus variée que les jeunes peuplements fermés et uniformes issus de feux. Vers 150 ans, une pessière noire qui a échappé au feu commence à s'ouvrir naturellement par la mort et la chute d'arbres individuels ou de groupes d'arbres. Ces ouvertures, et monticules causés par les racines des arbres tombés, favorisent l'établissement de nouveau semis et la croissance de marcottes d'épinette noire. Le peuplement se transforme ainsi en peuplement à structure d'âge inéquienne, alors qu'elle était équienne suite à l'établissement de semis après feu. L'ouverture des vieux peuplements favorise aussi une augmentation du recouvrement des arbustes (éricacées) en sous-bois. Les troncs et branches des vieilles épinettes sont couverts de lichens épiphytes, alors que le bois mort et en décomposition est couvert de mousses, d'hépatiques et de champignons. La martre préfère chasser et s'abriter dans la structure tri-dimensionnelle complexe de ces vieilles pessières.

Là où le domaine de la pessière noire borde la mer (Côte-Nord, baie de James), on trouvera sur les sites mésiques une sapinière à épinette blanche et de la pessière blanche, avec des arbres de forme dressée à fortement rabougrie, selon leur degré d'exposition au vent. Sur les sites secs (sur roc ou sables épais), on trouvera des pinèdes grises, des pessières noires ou des pessières noires à lichens. La productivité est faible dans ces peuplements (9 mètres de hauteur à 50 ans pour l'épinette noire). Sur les sols humides (dépôt minéral ou tourbière sur dépôt organique), on trouvera des pessières noires à sphaignes sur les sols pauvres et à aulne sur les sols plus riches. Sur les berges des rivières on ne trouvera pas d'arbre typique (il n'y a plus de frêne noir), mais quelques arbustes tels l'aulne et le myrique baumier.

La pessière noire à lichens ²

Après le plus grand domaine bioclimatique du Québec, la pessière noire à mousses, c'est le domaine bioclimatique adjacent au nord, la pessière noire à lichens, qui est le deuxième plus grand domaine bioclimatique du Québec, couvrant plus de 308 600 km² ou 20% du territoire du Québec (tableau 1). Ce domaine bioclimatique est le dernier vaste secteur de forêts vierges au Québec, car il y a absence d'exploitation forestière. Le domaine de la pessière noire à lichens forme une large bande, de plus de 300 km de large, du 52° au 56° parallèle, limité à l'ouest par la baie de James et à l'est par le Labrador (figure 2). Le paysage est plutôt monotone à cause de la faible variabilité dans le relief et la dominance ubiquiste de l'épinette noire, que ce soit sur sols secs, mésiques ou humides. Les brûlis et les lacs complètent le paysage. La température moyenne annuelle varie de -2,5 à -5°C, et le nombre de degrés-jours de croissance de 750 à 500 (tableau 1).

Comme dans les autres domaines de la forêt boréale, le cycle des feux s'allonge d'ouest en est. Le pin gris est restreint au secteur ouest. Le sapin est limité au sud du domaine et à la marge de la baie de James. Le bouleau blanc est peu abondant et atteint sa limite nord au 55° parallèle. Dans le domaine de la pessière noire à lichens, on ne trouve plus que huit espèces d'arbres et la plupart sont peu abondantes, sauf l'épinette noire et le pin gris. La flore vasculaire totale est estimée à 600 espèces, quoique de ce chiffre il y en a environ 200 qui sont vraiment forestières, les autres étant des espèces de milieux humides ouverts (marais, berges, fens) ou de la zone côtière (marais salés, rivages rocheux ou de sable).

La proportion du domaine occupée par les sols mésiques varie selon le secteur, de 30 à 70%, les dépôts de surface étant surtout des tills acides. Les sites secs sur roc sont plus abondants à l'ouest (maximum de 50%) qu'à l'est (10 à 20% de la superficie). Les sites sur dépôt de surface minéral humide et les tourbières (sol organique humide) occupent chacun environ 10% de la superficie du territoire. Les superficies brûlées depuis moins de 15 ans représentent 70% de la superficie dans l'ouest du domaine, et baissent à 20% dans l'est. Les forêts conifériennes

couvrent la majorité du territoire (50 à 80%), sauf dans l'ouest là où il y a eu des feux récents (30%). Les tourbières ouvertes couvrent moins de 10% du territoire.

Dans ce domaine, les feux constituent la seule perturbation naturelle. Dans l'ouest du domaine de la pessière noire à lichens, le cycle de feu est d'environ 100 ans, alors que dans l'est, le cycle de feu pourrait dépasser 500 ans. La succession forestière après feu est cyclique, autant pour les pessières noires que pour les pinèdes grises, là où on les retrouve. L'abondance du pin gris dans le paysage est favorisée lorsque les feux sont fréquents (cycle court), ce qui réduit l'abondance de l'épinette noire. Une raison majeure pour cela est le fait que le pin gris arrive à produire suffisamment de cônes (et des graines) pour bien se régénérer après feu dès l'âge de 10 à 25 ans, alors que pour l'épinette il faut attendre l'âge de 40 à 50 ans avant qu'elle soit en mesure d'assurer sa régénération grâce aux graines accumulées dans ses cônes. Ainsi, l'épinette noire peut être presque exterminée localement si des feux importants se produisent à intervalle de moins de 50 ans. Ceci s'est produit dans la région de Radisson en 1989, où un feu a brûlé une superficie de 20 000 km² qui avait déjà été brûlée en grande partie en 1940. Après 1989, il y a eu très peu de régénération d'épinette noire dans ce secteur, les arbres semenciers étant encore trop jeunes, alors que ceux du pin gris, pourtant du même âge, avaient déjà produit une grande quantité de graines.

Dans la pessière noire à mousses, le domaine situé juste au sud, la capacité de régénération des arbres et la productivité (liée au climat) permet aux forêts de se rétablir entièrement entre chaque perturbation par le feu. On peut confirmer ceci par la présence d'un couvert forestier continu dans ce domaine. Ceci n'est pas nécessairement le cas dans le domaine de la pessière noire à lichens, où il est parfois difficile de parler de forêt dans de vastes secteurs, les épinettes noires y étant si clairsemées. Un climat plus froid limite la capacité de l'épinette noire à produire des graines, le seul moyen de se régénérer après feu. L'épinette noire peut se maintenir sur un site de façon végétative, par marcottage des branches basses, en l'absence de feu durant des siècles, sinon des millénaires. Dans des conditions climatiques rigoureuses, un peuplement d'épinette noire établi après feu peut mettre au moins 100 ans, sinon plus, à accumuler suffisamment de graines pour bien se régénérer suite à un autre feu. Ainsi, un climat plus froid et plus sec défavorise l'épinette noire, qui a plus de difficulté à produire des

graines tout en faisant face à des feux plus fréquents. La modification de cet équilibre entre climat, capacité de production de graines et régime de feu marque le passage du domaine de la pessière noire à lichens au domaine de la toundra forestière (figure 2). Le climat actuel de la toundra forestière ne favorise pas le maintien de la pessière, qui ne parvient pas à se rétablir entre chaque feu; le paysage prend ainsi l'allure de la toundra, bien que l'épinette noire puisse quand même encore y pousser.

La diminution de la capacité des arbres à produire des graines viables (capables de germer) lorsqu'ils sont soumis à un climat froid est l'une des causes principales de la zonation de la végétation en bandes alignées selon un gradient sud-nord dans les régions nordiques de l'hémisphère nord. On peut confirmer ce gradient de zonation juste en se rappelant le nombre d'espèces d'arbres présentes dans les domaines bioclimatiques décrits, en partant avec 49 espèces dans l'érablière à caryer pour en arriver à huit dans la pessière noire à lichens. Toutes les espèces d'arbres arrivent à une latitude où le climat est trop froid pour la production de leurs graines. Cette limite est différente pour chaque espèce. Dans le cas de l'érable rouge, on trouve les derniers bouquets en Abitibi, dans la sapinière à bouleau blanc. L'érable rouge s'y maintient végétativement par rejets de souche. Un climat plus chaud par le passé aura permis à cet érable de s'établir par graine. Un réchauffement durant le 20^e siècle a permis à l'épinette blanche de se régénérer par graine à la limite nord de sa distribution en bordure de la baie d'Hudson.

La pessière noire à lichens typique est un peuplement ouvert. Cette pessière peut contenir plus de 5000 tiges à l'hectare ou aussi peu que quelques dizaines. Le parterre forestier comporte des petits arbustes tels le bleuet, le thé du Labrador, le kalmia et le bouleau glanduleux. Toutefois, l'élément caractéristique de la pessière noire à lichens est la couverture complète du sol par plusieurs espèces de lichens à caribou (*Caldina mitis*, *Cladina rangiferina*, *Cladina stellaris*). Vu du haut des airs, la couleur blanchâtre des lichens à caribou donne l'impression que la pessière noire à lichens a un sous-bois couvert de neige même en été. Ces lichens servent de nourriture aux caribous qui vivent en toundra l'été et qui migrent vers ces forêts durant l'hiver. Les caribous creusent dans la neige avec leurs pattes antérieures pour atteindre les lichens. Le couvert par les épinettes noires est généralement faible, les individus étant

isolés ou en petits bosquets. Les tiges de ces bosquets sont souvent issues du marcottage d'un seul individu central.

Dans les sites secs on pourra observer, dans l'ouest du domaine, des pinèdes grises à lichens aux arbres très clairsemés et avec un tapis de lichens à caribou continu. Là où les feux ont été trop fréquents pour permettre une production de graines suffisante, la pinède cèdera la place à une lande à lichen libre d'arbres. Si le feu ne brûle pas la pinède à un intervalle de moins de 150 ans (longévité maximale du pin gris), et que les semenciers d'épinette noire sont trop rares ou éloignés, on observera également une transformation en lande à lichens. Dans les sites plus humides, à sols riches (bas de pente) et moins exposés, on pourra voir des pessières noires à mousses. Sur les sites très humides, de tourbière ou de sol minéral, c'est la pessière noire à sphaignes qui domine.

La toundra forestière ²

Le domaine bioclimatique de la toundra forestière est une zone de transition entre la forêt boréale et la toundra arctique, où il n'y a plus d'arbres. Le couvert forestier est très ouvert dans la toundra forestière, et il est souvent absent. Les forêts sont concentrées dans le fond des vallées et des arbustes bas et des lichens forment la végétation dominante ailleurs. Ce domaine s'étend du 56° au 58° parallèle et possède une superficie d'environ 224 700 km², ce qui représente 15% du Québec (tableau 1; figure 2). La toundra forestière du Québec est la plus large (300 km) et la plus méridionale au monde, à cause de la pénétration plus au sud de masses d'air froid arctique, ainsi que la présence de part et d'autre de deux vastes étendues d'eau marine très froide (baie d'Hudson et baie d'Ungava) ce qui raccourci la saison de croissance. Il y a aussi une étroite bande de toundra forestière située sur la Côte-Nord, de Natashquan en allant vers l'est et la côte du Labrador (figure 2).

La toundra forestière s'étend de la limite nord de la forêt boréale continue (domaine de la pessière noire à lichens) jusqu'à la limite des arbres. Cette limite est atteinte quand une espèce d'arbre n'est plus capable de former une tige unique dressée, pouvant atteindre au moins 3

mètres de hauteur. Une espèce d'arbre peut bien pousser au nord de cette limite, mais elle ressemblera à un buisson ou à un arbuste bas, et non plus à un arbre. La limite de la forêt, quand à elle, est toujours située à quelques kilomètres au sud de la limite des arbres, car elle se définit comme un couvert d'au moins 10% de tiges d'arbres régulières (3 m de haut ou plus). La limite des arbres est surtout formée par l'épinette noire au Québec, mais aussi à quelques endroits par l'épinette blanche (baie d'Hudson) ou le mélèze. Le climat de la toundra forestière est très froid et la température moyenne annuelle passe de -5 à -7,5°C du sud vers le nord (tableau 1).

La flore vasculaire de la toundra forestière est évaluée à 550 espèces, mais près de 350 occupent les milieux côtiers. L'intérieur des terres est beaucoup plus pauvre en espèces (environ 150). Cette flore est faiblement diversifiée, surtout à cause de la déglaciation récente (il y a 6500 ans). Parmi les huit espèces d'arbres présents dans la pessière noire à lichens, seulement quatre sont encore relativement fréquentes dans la toundra forestière (épinette noire, épinette blanche, mélèze, peuplier baumier).

Sauf pour ses sommets rocheux exposés, la toundra forestière avait autrefois un couvert forestier continu tel que dans le domaine de la pessière noire à lichens. C'est un refroidissement du climat depuis 3000 ans qui a causé une déforestation progressive. La productivité forestière du territoire de la toundra forestière a donc baissé. Ce refroidissement n'a pas changé la limite des arbres ou de la forêt, car l'épinette noire se maintient végétativement, par marcottage. Toutefois, c'est la production de graines viables qui est inhibée. Suite à un feu, qui tue les arbres, il n'y a pas assez de graines pour régénérer le peuplement. Les feux qui eu lieu durant des périodes particulièrement froides ont créé la toundra forestière à même la partie nordique de la forêt boréale. Le climat a été suffisamment chaud durant certaines périodes pour permettre la production de graines et la régénération après feu, mais pas assez pour recoloniser les aires déjà dénudées durant les périodes plus froides. Le réchauffement climatique appréhendé pour le futur pourrait rétablir le couvert forestier dans la toundra forestière, en autant que ce réchauffement ne cause pas également des feux plus fréquents.

Le troupeau de caribou forestier de la rivière George (figure 2) a connu une expansion récente qui a eu un impact important sur la végétation du nord-est du Québec-Labrador. Le broutage et le piétinement ont fait disparaître plus de 90% du couvert de lichens dans un secteur de 40 000 km² centré sur la rivière George (aire de mise bas). On ignore si ce phénomène est inusité, ou si au contraire il pourrait être la cause des chutes importantes de la taille du troupeau observées par le passé, ce qui aurait permis aux lichens de se rétablir entre deux pics.

La végétation de la toundra forestière est essentiellement formée de landes à lichens, avec des arbustes bas, de la famille des éricacées, sur les sols bien drainés. Sur les sites humides, les tourbières à sphaignes sont très abondantes et leur sol est souvent gelé en permanence (pergélisol), sauf pour une couche de surface qui dégèle l'été. L'épinette noire peut se retrouver dans les deux types de milieux, à moins que le climat et les feux du passé l'aient éliminée localement. On trouve aussi dans ce domaine une séquence de zones de végétation particulières associées aux combes à neiges, sortes de gros bancs de neiges naturels, formés là où le relief accidenté favorise des accumulations de neige très importantes. La zonation correspond à des zones de rapidité de fonte des combes, dont la partie centrale peut persister jusque tard en été (août).

La zone bioclimatique arctique : au delà de la forêt ^{2, 3, 11, 13, 14}

La zone bioclimatique arctique est la dernière zone de végétation au nord du Québec (figure 2). Elle couvre 229 224 km², soit 15% du Québec (tableau 1). Cette zone de toundra arctique a une distribution mondiale tout autour du pôle nord. Au Québec, elle est située au nord du 58^e parallèle et on lui attribue un seul domaine bioclimatique, le domaine de la toundra arctique. Ce domaine possède un climat très froid (température moyenne annuelle de -5 à -10°C) et sec (moins de 500 mm par an); la saison de croissance dure moins de 100 jours et on y accumule moins de 500 degrés-jours de croissance (tableau 1). Le pergélisol est continu dans la zone arctique.

La végétation du domaine de la toundra arctique se divise en toundra herbacée et en toundra arbustive. La toundra arbustive (avec parfois des saules pouvant atteindre 3 mètres de hauteur) se retrouve au sud du domaine et dans les situations protégées des vents plus au nord. Partout, le sol de la toundra arbustive est recouvert d'un tapis continu de lichens à caribou. La toundra herbacée, en bordure du détroit d'Hudson, ne possède pas de lichens à caribou et peu d'éricacées, ce sont surtout les graminées (ex. *Poa arctica*) et les mousses qui forment la végétation. La flore totale du domaine est très pauvre (320 espèces) et composée à plus de la moitié par des espèces à distribution arctique. Près de 60% des espèces de la flore arctique du Québec ont une distribution arctique mondiale. L'arctique québécois renferme quelques plantes susceptibles d'être désignées menacées ou vulnérables. La plupart de celles-ci, tels le braya glabre et l'épilobe arctique, atteignent la limite sud de leur aire de distribution, centré dans le Haut-Arctique, dans la toundra arctique du Québec ⁴. C'est exactement l'opposé de plusieurs plantes menacées et vulnérables du sud du Québec, qui atteignent leur limite nord au Québec.

La faune de la toundra arctique est très particulière. On y trouve plusieurs espèces qu'on ne voit pas ailleurs au Québec, tels le renard arctique et le lièvre arctique. Ces deux espèces, au pelage blanc en hiver, ont des petites oreilles comparativement à celles des espèces plus méridionales, le renard roux et le lièvre d'Amérique, afin de limiter les pertes de chaleur. Le harfang des neiges, l'oiseau emblème du Québec, niche dans la toundra où il chasse les

rongeurs, dont le lemming variable. On peut voir ce hibou jusque dans le sud du Québec en hiver, si les proies manquent dans le Grand Nord. La grande oie des neiges, que l'on voit en migration tôt au printemps le long du Saint-Laurent, niche au nord au delà du Québec, dans les îles de l'archipel arctique. L'ours blanc, qui s'alimente l'hiver en chassant les phoques sur la banquise, se trouve le long des côtes du détroit d'Hudson, de la baie d'Hudson et de la mer du Labrador. Cette espèce d'ours est susceptible d'être désignée menacée ou vulnérable au Québec. Le réchauffement climatique menace la population d'ours blanc de la baie d'Hudson en retardant de plus en plus à chaque année la date à laquelle la banquise se forme, de même qu'en avançant la date à laquelle elle fond. Puisque les ours blancs de la baie d'Hudson doivent survivre durant l'été seulement qu'avec leurs réserves de graisse, on trouve de plus en plus d'individus fortement émaciés à l'automne et certains meurent avant le gel de la banquise.

Conclusion

La forêt du Québec est un patrimoine écologique, économique, esthétique et culturel pour ses citoyens. Ceux-ci s'attendent à ce que chacune de ces composantes soit préservée pour le bénéfice des générations futures. Assurer un rendement économique stable en utilisant les ressources forestières dans le respect des principes du développement durable représente un défi majeur pour l'avenir. Il faut s'assurer que les forêts se régénèrent adéquatement. Il faut que les processus écologiques liés au maintien de la productivité des sols ne soient pas entravés. Il faut aussi que les activités humaines en milieu forestier permettent la coexistence avec les espèces animales et végétales de la forêt, soit le maintien de la biodiversité. Il faut être vigilant pour détecter les menaces à la productivité et à la biodiversité, qui pourraient être exacerbées par un changement climatique.

Les façons d'augmenter la productivité sont limitées. Il faut gérer la ressource forestière à l'intérieur des limites que nous fixent les sols et le climat actuel, et celui du futur. Au niveau de la productivité forestière, on a le contraste entre une région méridionale où de petites superficies, très productives à cause d'un bon climat et d'excellents sols, peuvent donner un rendement relativement rapide de bois à valeur ajoutée (peupliers hybrides et feuillus nobles), en contraste avec une région nordique où de très vastes superficies, souvent peu productives à cause des limites imposées par le climat rigoureux ou les sols pauvres, ne peuvent fournir que des bois de faible valeur sur de longues rotations.

Tout comme on ne peut ignorer la forêt tropicale pour conserver la biodiversité mondiale, on ne peut pas non plus ignorer la forêt du sud du Québec pour conserver la biodiversité du Québec. Idéalement, une politique de développement durable de la forêt québécoise, incluant bien sûr tous les aspects de conservation, devrait tenir compte de la forêt québécoise en entier, qu'elle soit publique ou privée.

Remerciements

Je remercie Julie Thibault pour la réalisation des figures. Merci à Pierre Drapeau d'avoir partagé ses connaissances.

Bibliographie

- ¹² Banfield, A.W.F. 1974. Les mammifères du Canada. Musée national des sciences naturelles, Musées nationaux du Canada (Ottawa) et les Presses de l'Université Laval (Sainte-Foy), 406 p.
- Bérard, J.A. et M. Côté (sous la direction de). 1996. Manuel de foresterie. Ordre des ingénieurs forestiers du Québec et Les Presses de l'Université Laval, Sainte-Foy, Québec, 1428 p. Particulièrement les chapitres suivants :
- ¹ Chapitre 1 «Géologie, dépôts de surface et sols forestiers» (direction de C. Camiré)
- ² Chapitre 3 «Écologie forestière» (direction de P. Grondin)
- ¹¹ Chapitre 16 «Aménagement de la faune et de ses habitats» (direction de P. LaRue)
- ¹⁰ Chapitre 23 «Entomologie forestière» (direction de L. Dorais)
- ¹⁷ Bergeron, Y et S. Archambault. 1993. Decreasing frequency of forest fires in the southern Boreal zone of Quebec and its relation to global warming since the end of the "Little Ice Age". The Holocene 3: 255-259.
- ¹⁶ Blais, J.R. 1983. Trends in the frequency, extent and severity of spruce budworm outbreaks in eastern Canada. Can.J.For.Res. 13: 539-547.
- ¹⁵ Brisson, J., Y. Bergeron et A. Bouchard. 1988. Les successions secondaires sur sites mésiques dans le Haut-Saint-Laurent. Can.J.Bot. 66: 1192-1203.
- ⁵ Cook, F.R. 1984. Introduction aux amphibiens et aux reptiles du Canada. Musée national des sciences naturelles, Musées nationaux du Canada, Ottawa, 200 p.
- ¹³ Gauthier, J. et Y. Aubry (sous la direction de). 1995. Les oiseaux nicheurs du Québec, Atlas des oiseaux nicheurs du Québec méridional. Association québécoise des groupes d'ornithologues, Société québécoise de protection des oiseaux, Service canadien de la faune, Environnement Canada, région du Québec, Montréal, 1295 p.
- ⁶ Hawkins, B.A. et collaborateurs. 2003. Energy, water, and broad-scale geographic patterns of species richness. Ecology 84: 3105-3117.

- ⁴ Labrecque, J. et G. Lavoie. 2002. Les plantes vasculaires menacées ou vulnérables du Québec. Gouvernement du Québec, ministère de l'Environnement, Direction du patrimoine écologique et du développement durable, Québec, 200 p.
- ³ Payette, S. et A. Bouchard. 2001. Le contexte physique et biogéographique (chapitre 1) : 9-34 et 543-549. *In* Payette, S. et L. Rochefort (sous la direction de). Écologie des tourbières du Québec-Labrador. Les Presses de l'Université Laval, Sainte-Foy, Québec, 621 p.
- ⁸ Simard, H. et A. Bouchard. 1996. The precolonial 19th century forest of the Upper St. Lawrence region of Quebec: a record of its exploitation and transformation through notary deeds of wood sales. *Can.J.For.Res.* 26: 1670-1676.

Sites Web

- ¹⁴ Espèces animales menacées ou vulnérables : www.fapaq.gouv.qc.ca/fr/etu_rec/esp_mena_vuln/
- ⁷ Espèces végétales menacées ou vulnérables : www.menv.gouv.qc.ca/biodiversite/especes/
- ⁹ Longicorne brun de l'épinette : www.cfia-acia.agr.ca

Appendice : Liste des espèces mentionnées dans le texte

Mammifères

1. campagnol des champs	<i>Microtus pennsylvanicus</i>
2. carcajou	<i>Gulo gulo</i>
3. caribou forestier	<i>Rangifer tarandus caribou</i>
4. castor	<i>Castor canadensis</i>
5. cerf de Virginie (chevreuil)	<i>Odocoileus virginianus</i>
6. cougar	<i>Felis concolor</i>
7. coyote	<i>Canis latrans</i>
8. écureuil gris	<i>Sciurus carolinensis</i>
9. écureuil roux	<i>Tamiasciurus hudsonicus</i>
10. lapin à queue blanche	<i>Sylvilagus floridanus</i>
11. lemming variable	<i>Dicrostonyx torquatus</i>
12. lièvre arctique	<i>Lepus arcticus</i>
13. lièvre d'Amérique	<i>Lepus americanus</i>
14. loup	<i>Canis lupus</i>
15. loutre	<i>Lutra canadensis</i>
16. lynx du Canada	<i>Lynx canadensis</i>
17. lynx roux	<i>Lynx rufus</i>
18. martre	<i>Martes americana</i>
19. mouffette (rayée)	<i>Mephitis mephitis</i>
20. orignal	<i>Alces alces</i>
21. ours blanc	<i>Ursus maritimus</i>
22. ours noir	<i>Ursus americanus</i>
23. pékan	<i>Martes pennanti</i>
24. polatouche, grand	<i>Glaucomys sabrinus</i>
25. polatouche, petit	<i>Glaucomys volans</i>
26. porc-épic	<i>Erethizon dorsatum</i>
27. rat musqué	<i>Ondatra zibethicus</i>
28. raton laveur	<i>Procyon lotor</i>
29. renard arctique	<i>Alopex lagopus</i>
30. renard (roux)	<i>Vulpes vulpes</i>
31. souris à pattes blanches	<i>Peromyscus leucopus</i>
32. souris sauteuse des bois	<i>Napaeozapus insignis</i>
33. souris sauteuse des champs	<i>Zapus hudsonius</i>
34. wapiti	<i>Cervus elaphus</i>

Oiseaux

1. aigle royal	<i>Aquila chrysaetos</i>
2. autour des palombes	<i>Accipiter gentilis</i>
3. buse à épaulettes	<i>Buteo lineatus</i>
4. cardinal rouge	<i>Richmondia cardinalis</i>
5. épervier brun	<i>Accipiter striatus</i>
6. épervier de Cooper	<i>Accipiter cooperii</i>
7. faucon émerillon	<i>Falco columbarius</i>
8. grande oie des neiges	<i>Chen caerulescens atlantica</i>
9. grimpereau brun	<i>Certhia americana</i>
10. grive des bois	<i>Hylocichla mustelina</i>
11. harfang des neiges	<i>Bubo scandiacus</i>
12. mésangeai du Canada	<i>Perisoreus canadensis</i>
13. nyctale, petite	<i>Aegolius acadicus</i>
14. nyctale boréale	<i>Aegolius funereus</i>
15. paruline à croupion jaune	<i>Dendroica coronata</i>
16. paruline à gorge orangée	<i>Dendroica fusca</i>
17. paruline à poitrine baie	<i>Dendroica castanea</i>
18. paruline couronnée	<i>Seiurus aurocapilla</i>
19. pic à dos noir	<i>Picoides arcticus</i>
20. pic à tête rouge	<i>Melanerpes erythrocephalus</i>
21. pic maculé	<i>Sphyrapicus varius</i>
22. pic tridactyle	<i>Picoides tridactylus</i>
23. pie-grièche migratrice	<i>Lanius ludovicianus</i>
24. pigeon voyageur	<i>Ectopistes migratorius</i>
25. petit-duc maculé	<i>Megascops asio</i>
26. roitelet à couronne dorée	<i>Regulus satrapa</i>
27. sittelle à poitrine blanche	<i>Sitta carolinensis</i>
28. sittelle à poitrine rousse	<i>Sitta canadensis</i>
29. tangara écarlate	<i>Piranga olivacea</i>

Reptiles et amphibiens

1. couleuvre brune	<i>Storeria dekayi</i>
2. couleuvre rayée	<i>Thamnophis sirtalis</i>
3. couleuvre tachetée	<i>Lampropeltis triangulum</i>
4. salamandre cendrée (rayée)	<i>Plethodon cinereus</i>
5. tortue des bois	<i>Clemmys insculpta</i>
6. tortue-molle à épines	<i>Apalone spinifera</i>

Insectes

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1. longicorne brun de l'épinette | <i>Tetropium fuscum</i> |
| 2. spongieuse | <i>Lymantria dispar</i> |
| 3. tordeuse des bourgeons de l'épinette | <i>Choristoneura fumiferana</i> |

Arbres

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| 1. bouleau blanc | <i>Betula papyrifera</i> |
| 2. bouleau jaune | <i>Betula alleghaniensis</i> |
| 3. caryer cordiforme | <i>Carya cordiformis</i> |
| 4. cèdre (thuya) | <i>Thuja occidentalis</i> |
| 5. châtaignier d'Amérique | <i>Castanea dentata</i> |
| 6. chêne bicolore | <i>Quercus bicolor</i> |
| 7. chêne blanc | <i>Quercus alba</i> |
| 8. chêne rouge | <i>Quercus rubra</i> |
| 9. épinette blanche | <i>Picea glauca</i> |
| 10. épinette noire | <i>Picea mariana</i> |
| 11. épinette rouge | <i>Picea rubens</i> |
| 12. érable à sucre | <i>Acer saccharum</i> |
| 13. érable argenté | <i>Acer saccharinum</i> |
| 14. érable noir | <i>Acer nigrum</i> |
| 15. érable rouge | <i>Acer rubrum</i> |
| 16. frêne blanc | <i>Fraxinus americana</i> |
| 17. frêne noir | <i>Fraxinus nigra</i> |
| 18. frêne rouge | <i>Fraxinus pennsylvanica</i> |
| 19. genévrier de Virginie | <i>Juniperus virginiana</i> |
| 20. hêtre | <i>Fagus grandifolia</i> |
| 21. mélèze | <i>Larix laricina</i> |
| 22. micocoulier | <i>Celtis occidentalis</i> |
| 23. orme d'Amérique | <i>Ulmus americana</i> |
| 24. orme liège | <i>Ulmus thomasii</i> |
| 25. ostryer (de Virginie) | <i>Ostrya virginiana</i> |
| 26. peuplier à grandes dents | <i>Populus grandidentata</i> |
| 27. peuplier baumier | <i>Populus balsamifera</i> |
| 28. pin blanc | <i>Pinus strobus</i> |
| 29. pin gris | <i>Pinus banksiana</i> |
| 30. pin rigide | <i>Pinus rigida</i> |
| 31. pin rouge | <i>Pinus resinosa</i> |
| 32. pruche | <i>Tsuga canadensis</i> |
| 33. sapin | <i>Abies balsamea</i> |
| 34. tilleul | <i>Tilia americana</i> |
| 35. tremble (peuplier faux-tremble) | <i>Populus tremuloides</i> |

Arbustes

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1. aulne | <i>Alnus</i> sp. |
| 2. bleuet | <i>Vaccinium angustifolium</i> , <i>V. myrtilloides</i> |
| 3. bouleau glanduleux | <i>Betula glandulosa</i> |
| 4. if du Canada | <i>Taxus canadensis</i> |
| 5. kalmia | <i>Kalmia angustifolia</i> |
| 6. myrique baumier | <i>Myrica gale</i> |
| 7. noisetier | <i>Corylus cornuta</i> |
| 8. saule | <i>Salix</i> sp. |
| 9. sureau | <i>Sambucus pubens</i> |
| 10. thé du Labrador | <i>Ledum groenlandicum</i> |
| 11. viorne à feuilles d'aulne | <i>Viburnum alnifolium</i> |

Plantes herbacées

- | | |
|---------------------------------|----------------------------|
| 1. ail des bois | <i>Allium tricoccum</i> |
| 2. aréthuse | <i>Arethusa bulbosa</i> |
| 3. arisème dragon | <i>Arisaema dracontium</i> |
| 4. braya glabre | <i>Braya glabra</i> |
| 5. droséra à feuilles linéaires | <i>Drosera linearis</i> |
| 6. épilobe arctique | <i>Epilobium arctica</i> |
| 7. ginseng (à cinq folioles) | <i>Panax quinquefolius</i> |
| 8. ginseng asiatique | <i>Panax ginseng</i> |
| 9. poa arctique | <i>Poa arctica</i> |
| 10. pyrole(s) | <i>Pyrola</i> sp. |

Mousses et lichens

- | | |
|------------------------|--|
| 1. lichen(s) à caribou | <i>Cladina mitis</i> , <i>C. rangiferina</i> , <i>C. stellaris</i> |
| 2. sphaigne(s) | <i>Sphagnum</i> sp. |
| 3. pleurozium | <i>Pleurozium schreberi</i> |

Tableau 1. Superficies et caractéristiques climatiques des zones et des domaines bioclimatiques du Québec avant 1998*

Zone bioclimatique	Superficie	Domaine bioclimatique	Superficie	Température moyenne annuelle (°C)	Degrés-jours de croissance (> 5°C)	Durée de saison de croissance (jours)	Précipitations totales moyennes annuelles (mm) (% en neige)
Tempérée nordique	7,3 % 110 792 km ²	Érablière à caryer cordiforme	0,6 % 9 694 km ²	5 à 7	2000 à 2250	190 à 200	900 à 1000 (25)
		Érablière à tilleul	2,3 % 35 468 km ²	4 à 5	1750 à 2000	180 à 190	800 à 1100 (25-30)
		Érablière à bouleau jaune	4,3 % 65 630 km ²	2,5 à 4	1500 à 1750	170 à 180	800 à 1200 (25-30)
Boréale (sous-zone inférieure)	14,3 % 218 504 km ²	Sapinière à bouleau jaune	6,2 % 94 768 km ²	1 à 2,5	1250 à 1500	160 à 170	900 à 1100 (30-40)
		Sapinière à bouleau blanc	8,1 % 123 736 km ²	0 à 1	1100 à 1500	140 à 160	800 à 1300 (30-40)
		Pessière noire à mousses	28,4 % 433 645 km ²	-2,5 à 0	750 à 1250	100 à 150	600 à 1400 (30-45)
(sous-zone supérieure)	63,4 % 966 963 km ²	Pessière noire à lichens	20,2 % 308 598 km ²	-5 à -2,5	500 à 750	100 à 140	500 à 1100 (30-40)
		Toundra forestière (septentrionale**)	14,7 % 224 720 km ²	-7,5 à -5 (septen.)	500 à 750 (septen.)	80 à 120 (septen.)	400 à 500 (septentrionale)
		Toundra arctique	15,0 % 229 224 km ²	-10 à -5	250 à 500	40 à 100	300 à 500
Arctique	15,0 % 229 224 km ²						
TOTAL	100 % 1 525 483 km ²						

* Les données sont tirées du Manuel de foresterie de l'Ordre des ingénieurs forestiers du Québec (1996). Depuis, les limites des domaines bioclimatiques ont

été révisées par le Comité sur la carte des régions écologiques, qui a défini le nouveau système de classification écologique du territoire, en 1998. La correspondance des valeurs émises est donnée au Tableau 2. De plus, la carte apparaissant à la Figure 2 est remplacée par celle de la Figure 3.

** Seule la partie septentrionale de la toundra forestière est incluse dans ces statistiques.

Tableau 2. Superficies des zones et des domaines bioclimatiques du Québec après 1998*

Zone de végétation	Sous-zone de végétation	Domaine bioclimatique	Superficie
Tempérée nordique	Forêt décidue	Érablière à caryer cordiforme	14 500 km ² (0,9%)
		Érablière à tilleul	31 000 km ² (2,1%)
		Érablière à bouleau jaune	65 600 km ² (4,3%)
	Forêt mélangée	Sapinière à bouleau jaune	98 600 km ² (6,5%)
Boréale	Forêt boréale continue	Sapinière à bouleau blanc	139 000 km ² (9,2%)
		Pessière à mousses	412 400 km ² (27,3%)
		Pessière à lichens	299 000 km ² (19,8%)
	Taïga		
	Toundra forestière	Toundra forestière	217 000 km ² (14,3%)
Arctique	Bas-arctique	Toundra arctique arbustive	197 800 km ² (13,1%)
		Toundra arctique herbacée	38 200 km ² (2,5%)
		Total	1 513 100 km ² (100,0%)

* Données du MRNFP.

<http://www.mrnfp.gouv.qc.ca/forets/connaissances/connaissances-inventaire-zones.jsp>

Figure 1. Carte des isolignes des degrés-jours de croissance au Québec

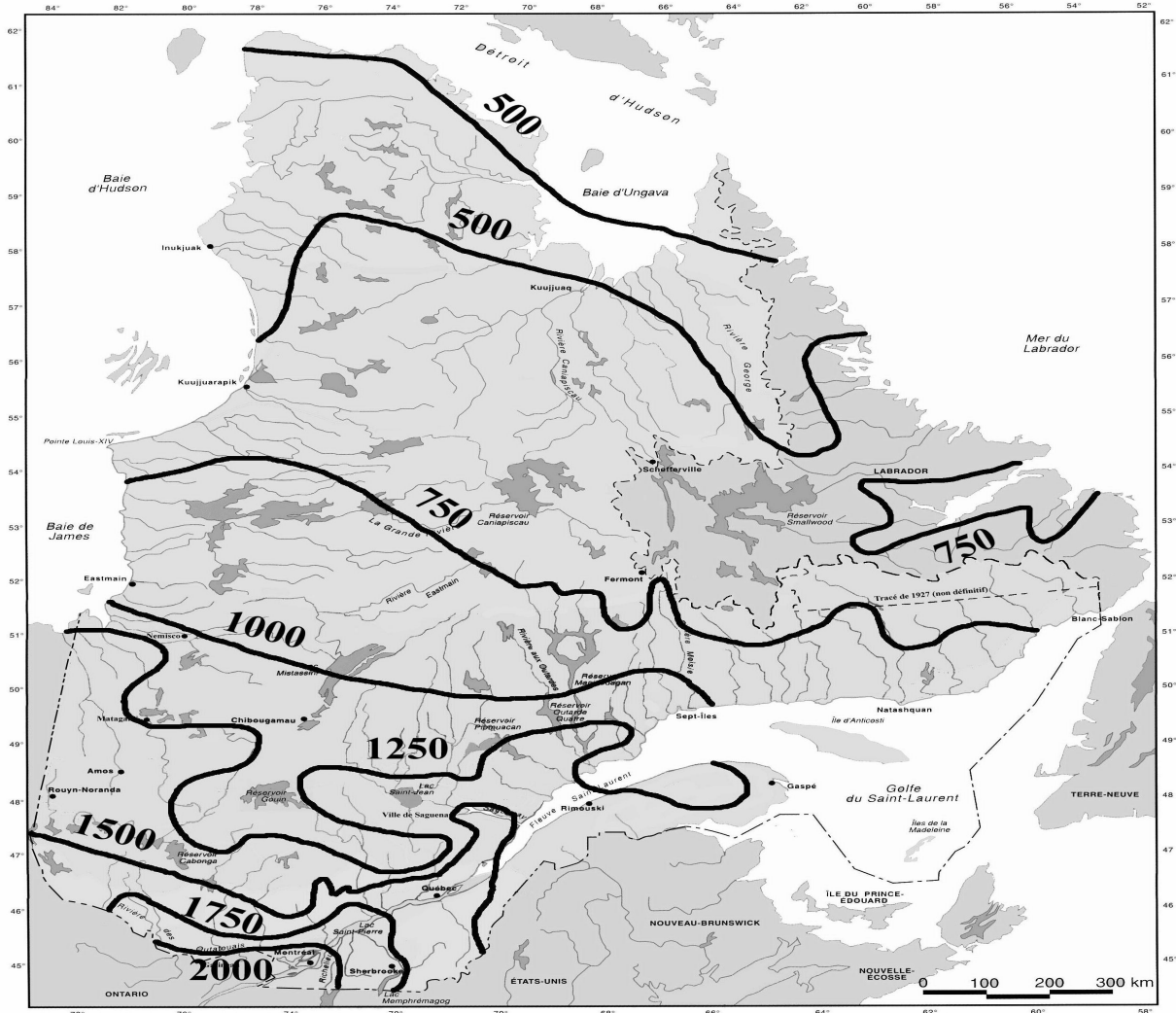


Figure 2. Carte des domaines bioclimatiques du Québec avant 1998

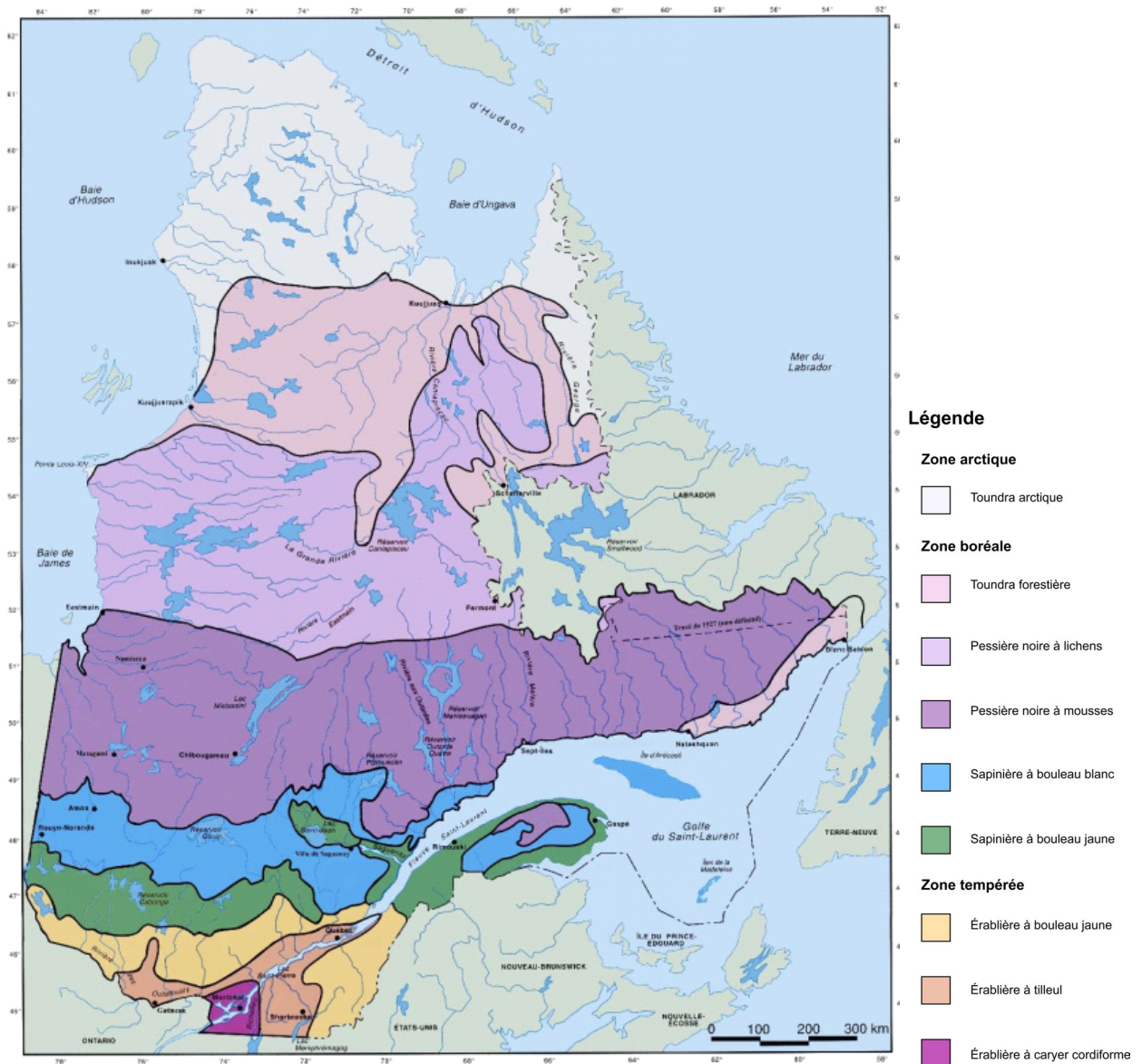
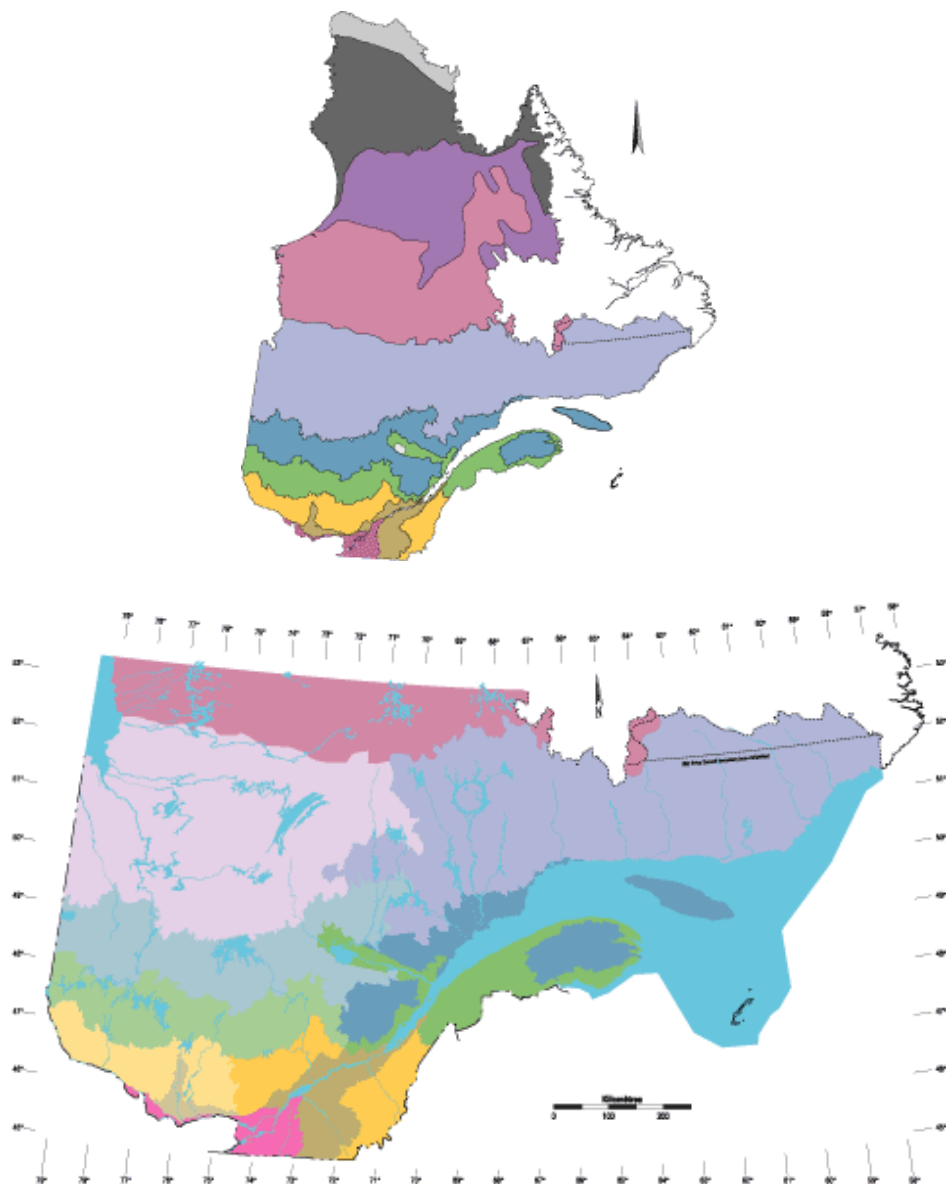


Figure 3. Carte des domaines bioclimatiques du Québec après 1998



I. ZONE TEMPÉRÉE NORDIQUE

A. Sous-zone de la forêt décidue

1. ■ Domaine de l'érablière à caryer cordiforme
2. ■ Domaine de l'érablière à tilleul
3. ■ Domaine de l'érablière à bouleau jaune

B. Sous-zone de la forêt mélangée

4. ■ Domaine de la sapinière à bouleau jaune

II. ZONE BORÉALE

A. Sous-zone de la forêt boréale continue

5. ■ Domaine de la pessière à mousses
6. ■ Domaine de la sapinière à bouleau blanc

B. Sous-zone de la taïga

7. ■ Domaine de la pessière à lichens

C. Sous-zone de la toundra forestière

8. ■ Domaine de la toundra forestière

III. ZONE ARCTIQUE

A. Sous-zone du Bas-Arctique

9. ■ Domaine de la toundra arctique arbustive
10. ■ Domaine de la toundra arctique herbacée