



CRITÈRE 4.0

Contribution des écosystèmes forestiers aux cycles écologiques planétaires

Préambule
Extraits de rapports
Bibliographie

« Les cycles écologiques planétaires sont des processus complexes d'autorégularisation responsables du recyclage des réserves limitées d'eau, de carbone, d'azote et d'autres éléments de la Terre essentiels au maintien de la vie. Il est essentiel de comprendre le rôle des forêts dans ces cycles pour pouvoir élaborer des pratiques d'aménagement durable des forêts. »

- CCMF (2000)



PRÉAMBULE

La forêt modèle de Fundy a mis un frein aux efforts déployés à l'égard du critère 4.0 , soit la contribution des écosystèmes forestiers aux cycles écologiques planétaires, lorsqu'elle a réalisé que les enjeux liés aux questions atmosphériques étaient trop complexes et à beaucoup trop long terme pour qu'un groupe de travail de la FMF puisse les examiner de manière efficace. Les indicateurs faisant partie de ce critère intéressent toujours les partenaires de la FMF parce que l'une des régions les plus affectées par les dépôts atmosphériques est située dans le fond de la baie de Fundy, non loin du parc national du même nom.

La présente section du rapport porte sur les tendances de la qualité de l'air et sur l'état des arbres. Elle présente également des renseignements additionnels sur le changement climatique.



Qualité de l'air et état des arbres dans la forêt modèle de Fundy

Introduction

La qualité de l'air se dégrade dans nombre de régions forestières du monde en raison de l'augmentation des émissions de polluants atmosphériques primaires comme les oxydes d'azote (NO_x), les oxydes de soufre (surtout sous forme de dioxyde de soufre ou SO_2), les particules fines, les métaux lourds et les polluants organiques persistants. La région de la baie de Fundy (RF) est située sous le vent de certaines des sources d'émissions fixes les plus importantes et les plus peuplées de l'Amérique du Nord, tandis que ses forêts remplissent toujours des fonctions essentielles sur le plan écologique, économique, esthétique et récréatif. Les polluants primaires rejetés dans l'air par ces sources éloignées sont transportés et se transforment en route avant de retomber sur les forêts de l'Est du Canada sous forme de dépôts humides (pluie, brouillard, nuage) et secs (gaz, particules, vapeur) (EC, 1997).

McLaughlin et Percy (1999) ont fait état de la pollution atmosphérique et de la santé des forêts en Amérique du Nord. Pour rendre compte de l'état des connaissances scientifiques, ils ont effectué une analyse rétrospective qui se focalisait sur quatre études de cas détaillées, coordonnées et de longue haleine. Ils en sont venus à la conclusion que les polluants à l'échelle régionale affectent les processus physiologiques des espèces d'arbres qui sont présentes dans diverses forêts d'importance régionale et à large répartition. Les processus affectés et les stress qu'ils produisent ont des répercussions importantes sur la croissance et la réaction des forêts à des agents d'agression biotiques (c.-à-d., les insectes et les maladies) et abiotiques (c.-à-d., la sécheresse, le vent) qui sévissent dans la région. De plus, McLaughlin et Percy ont affirmé que les effets de la pollution atmosphérique ambiante sur la répartition des glucides, la croissance des racines, l'assimilation et l'utilisation de l'eau ainsi que sur les teneurs en Ca et en N du sol révèlent que la pollution atmosphérique régionale pourrait énormément accentuer les effets négatifs du réchauffement planétaire dans certaines régions.

La présente section n'a pas pour objectif d'examiner les effets de la pollution atmosphériques sur les forêts, mais plutôt : 1) de résumer les tendances récentes en matière de qualité de l'air dans la RF et 2) de corréler ces tendances à un indicateur de la santé des forêts couramment mesuré dans les parcelles situées dans le parc national de Fundy (PNF) et la forêt modèle de Fundy (FNP). Un certain nombre de polluants atmosphériques sont actuellement ou nouvellement préoccupants pour les forêts mondiales (Percy et coll., 2000), mais deux d'entre eux sont et continueront de l'être dans les forêts de la RF. L'ozone troposphérique ou ozone de la basse atmosphère (O_3) est un polluant atmosphérique secondaire provenant de l'oxydation photochimique des NO_x et des composés organiques volatiles (COV) qui est provoquée par la lumière du soleil et des températures chaudes/un faible taux d'humidité et produit une foule de polluants secondaires. Le plus important de ces produits secondaires est l' O_3 . Le deuxième plus important est formé par les acides sulfureux et nitriques forts, lesquels sont en grande partie (environ 70 %) déposés par la pluie, les nuages et le brouillard. L' O_3 et les dépôts acides sont soumis à un transport atmosphérique à grande distance et environ 70 % des retombées dans la RF proviennent de l'extérieur de la région de l'Atlantique (EC, 1997).



Tendances de la qualité de l'air

Ozone

En 2000, des Normes pancanadiennes (NP) relatives aux particules fines ($PM_{2,5}$) et à l'ozone (O_3) étaient promulguées (<http://www.ccme.ca/initiatives/standards.fr.html>). Pour l' O_3 , le seuil de la NP est de 65 ppb, moyenne sur une période de 8 h, d'ici 2010. L'atteinte de l'objectif sera déterminée en fonction de la moyenne de la 4^e mesure annuelle la plus élevée, calculée sur trois années consécutives. Dann (2001) a appliqué la NP à une échelle spatiale à l'Est de l'Amérique du Nord pour la période 1996-1998 (figure 35). Comme on peut le constater, les concentrations continentales d' O_3 diminuent vers le nord-est. Toutefois, la majeure partie de la RF dépassait la nouvelle NP de jusqu'à 10 ppb. Les concentrations qui étaient plus faibles (zone verte) dans la grande région de Saint-Jean que dans les régions environnantes (zone jaune) mettent en évidence l'effet bien connu de piégeage de l' O_3 par les centres urbains.

Il est donc évident qu'il faut exclure les régions urbaines, où se trouvent la plupart des stations de surveillance de l' O_3 , lorsque les concentrations d' O_3 en milieu forestier sont

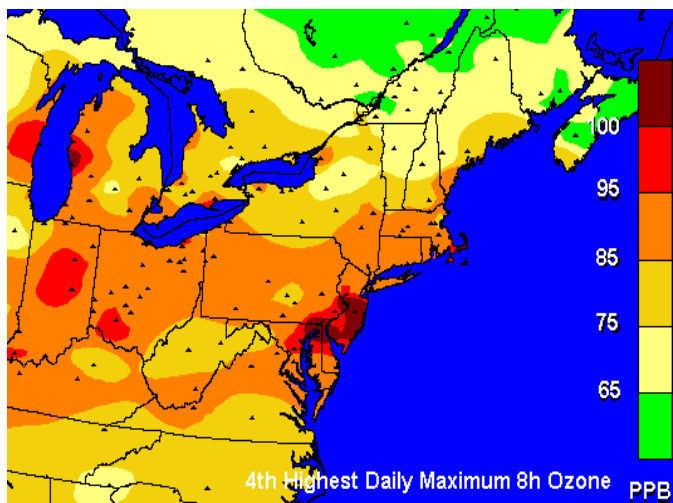


Figure 35. Concentrations régionales d'ozone - 4^e mesure quotidienne la plus élevée, par période de 8 h (1996-1998)

examinées. La figure 36 compare les données sur les tendances 1989-1999 de l' O_3 (période de 11 ans) compilées par la station située dans le PNF (Hastings Tower; lat. 45° 59', long. 65° 00') avec d'autres obtenues sur la côte de la RF (Point Lepreau, entrée principale; lat. 45° 07', long. 66° 45'), à l'intérieur des terres de la RF (Norton, stade de baseball; lat. 45° 64', long. 65° 71'), dans le parc national Kejimikujik (lat. 44° 44', long. 65° 21') et avec la moyenne des stations en milieu rural de la région de l'Atlantique (n = 6 stations) (quatre stations précédentes plus celles de Blissville (N.-B.) (lat. 45° 61', long. 66° 56') et de Cormac (T.-N.) (lat. 49° 32', long. 57° 40')).

LEGEND OF FIG. 36

Fundy.. = Parc national Fundy

Kejimikujik... = Parc national Kejimikujik

Atlantic... = Moyenne de la région de l'Atlantique

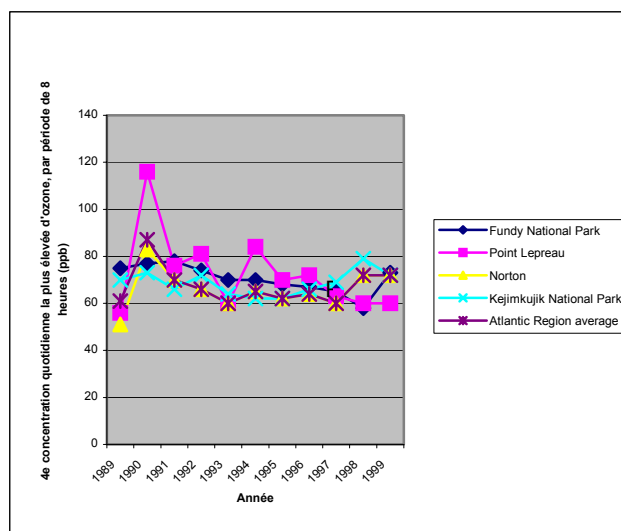


Figure 36. Tendances régionales des concentrations d'ozone - 4^e mesure quotidienne la plus élevée, par période de 8 h - dans certaines stations « rurales » (source des données : EC-RNSPA)

La NP prescrit un seuil d' O_3 de 65 ppb qui est inférieur à l'objectif national précédent de qualité de l'air ambiant (ONQAA) de 82 ppb, sur une période de 1 heure, et proche du seuil de 60 ppb proposé durant



l'évaluation scientifique des NO_x/COV de 1996 pour la protection de la végétation (Pearson and Percy, 1997). Comme on peut le voir, les concentrations d' O_3 mesurées dans le PNF ont dépassé la NP 10 des 11 années de la période 1989-1999, la seule exception étant l'année 1998 (58 ppb). Même si les concentrations d' O_3 (par rapport à la NP) ont diminué de 1992 (74 ppb) à 1998 (58 ppb), l'indice calculé pour 1999 avait de nouveau augmenté pour atteindre 73 ppb. Au cours de 9 de ces 11 années, les concentrations du PNF étaient plus élevées que la moyenne des concentrations des stations rurales de la région de l'Atlantique (figure 36).

Fait intéressant à noter, le PNF avait la concentration moyenne annuelle la plus élevée d' O_3 de toutes les stations du Canada, y compris celles du sud de l'Ontario et du Québec, durant l'année médiane (1994) de cette période (EC-SPE, 1997). Les concentrations d' O_3 par rapport à la NP étaient très variables à Point Lepreau (figure 36), les années où elles étaient les plus élevées (comme 1990) reflétant probablement le transport à grande distance de polluants atmosphériques provenant de régions situées au sud-ouest vers la RF. La tendance de Norton révèle une augmentation de l' O_3 , tout comme celle pour le parc national Kejimikujik.

TEXT FROM FIGURE 37

Tropospheric... =
Concentrations d'ozone
troposphérique dans le sud
du Nouveau-Brunswick
10 au 17 août 1993

Kriging... = Résultats de
Kriging
Modèle de semivariance
 $R^2 = 0,949$
Validation croisée $R^2 =$
0,723 (est. V. act.)

Lambert... = Projection
conique de Lambert en
mètre
Grid... = Maille de grille de
5 km

Wind rose = Rose des
vents

Legend = Légende
August... = 10-17 août
1993 (ppm/h)

Scale = Échelle
Kilometers = kilomètres

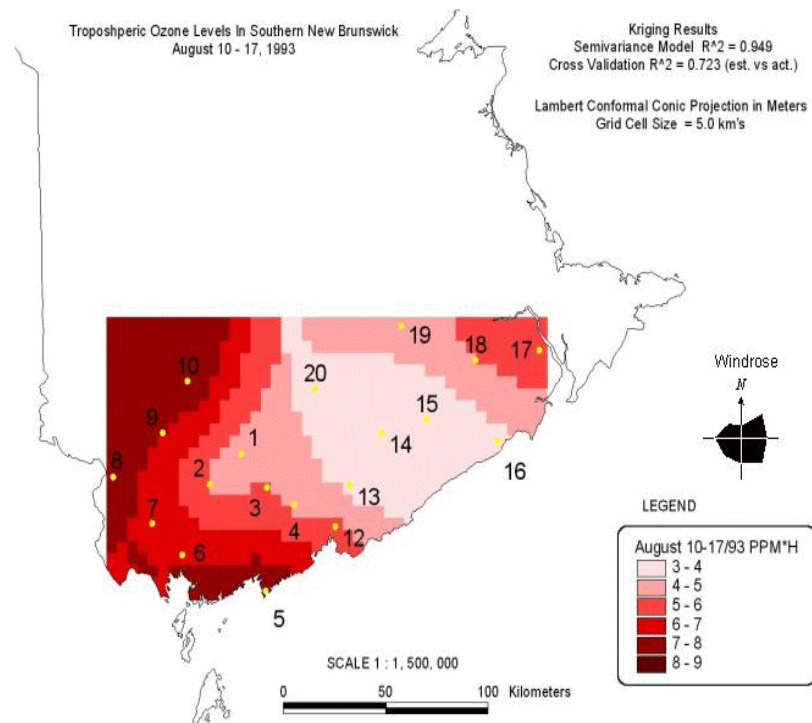


Figure 37. Gradient N.-E. de l'exposition à des concentrations d' O_3 (exprimées en ppm/heures), telles que révélées par les capteurs passifs d'ozone déployés en milieu rural, au cours d'une période d'une semaine (source : Cox et coll., 2001)



Un gradient d'augmentation de l'exposition à l'O₃ est manifeste lorsqu'on se déplace vers le nord-est dans la RF. C'est ce que laisse voir les doses cumulatives d'O₃ mesurées pendant une période d'une semaine par les capteurs passifs d'ozone des stations établies en milieu rural ouvert dans l'ensemble du sud-est du Nouveau-Brunswick (figure 37). L'exposition (16 ppm/heures = 16 000 ppb/heures) mesurée dans le PNF était parmi les plus élevées de la RF durant le mois d'août. Les niveaux d'exposition étaient significativement plus bas dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick.

Dépôts acides

La pollution acide est causée par l'oxydation du SO₂ et du NO₂ dans l'atmosphère et leur transformation en acides sulfuriques et nitriques qui retombent ensuite sur les forêts à la faveur des précipitations, de leur interception par le brouillard et les nuages ou sous forme de dépôts secs (gaz, vapeur). Les émissions anthropiques de SO₂ ont diminué de 25 % en Amérique du Nord et de 48 % en Europe depuis le début des années 1980 (Fowler et coll., 1999). Même si les émissions ont diminué de 40 % (passant de 4 634 à 2 766 milliers de tonnes/année) au Canada, elles n'ont diminué que de 21 % (22 351 à 17 622 milliers de tonnes/année) aux États-Unis (EMEP, 2000). En revanche, les émissions de NO_x n'ont diminué que de 2 % (22 501 à 22 083 milliers de tonnes/année) de 1980 à 1998. Au Canada, les émissions de NO_x ont en fait augmenté de 4 % (1 959 à 2 051 milliers de tonnes/année) pendant cette même période (EMEP, 2000).

Un effort conjoint entre la Société d'énergie et le ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick a permis de rendre compte des données de surveillance des précipitations pour le sud de la province (MDENB, 1999). Ce rapport comportait une innovation de taille puisqu'il avait appel à une approche de bilan massique pour faire état des données sur la composition chimique des précipitation et montrer le potentiel d'acidification. Ce projet a calculé l'apport acide potentiel (AAP) de la manière suivante : AAP = dép. de SO₄ + (dép. de NO₃ + dép. de NH₄) - (dép. de Ca + dép. de Mg + dép. de K).



Malheureusement, la station de surveillance du PNF (barrière Alma) ne fonctionne que depuis 1993 et constitue la seule source de données sur la FMF du réseau. Même s'il n'est pas possible de dégager de tendances avec seulement quatre années de données, l'AAP a augmenté dans le PNF, passant de 0,25 kilomoles de H^+ /ha/an en 1993 à 0,29 kmoles de H^+ /ha/an en 1996 (MDENB, 1999) (figure 38). En revanche, l'AAP à Nictau (lat. $47^\circ 13'$, long. $67^\circ 19'$), à Harcourt (lat. $46^\circ 29'$, long. $65^\circ 15'$) et à Bonny River (lat. $45^\circ 14'$, long. $66^\circ 51'$) était plus importante en 1993 qu'en 1996. En 1995 et 1996, l'AAP du PNF était la plus importantes des quatre stations (0,30 et 0,29 respectivement).

TEXT FROM FIG. 38

Year = Année

PA (kmoles..) = AAP (kmoles de H^+ /ha/an

Fundy.. = Parc national Fundy

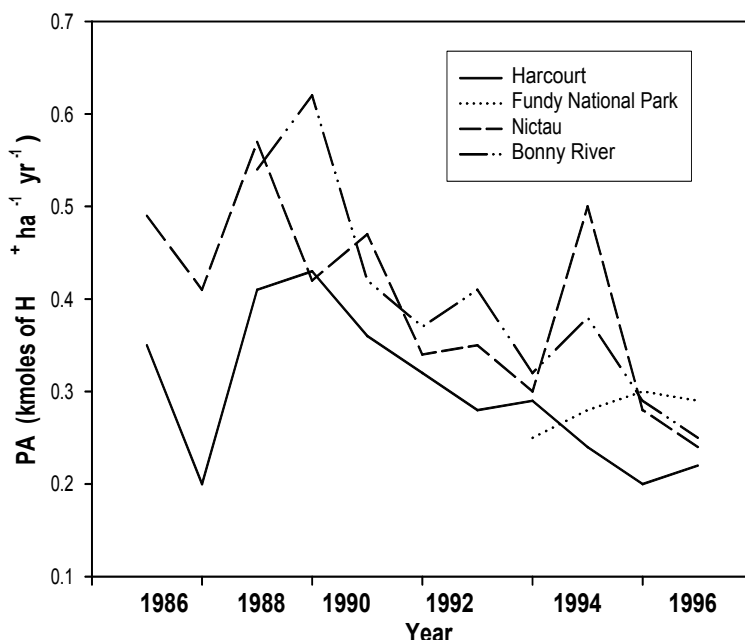


Figure 38. Apport acide potentiel (AAP) dans 11 stations du Nouveau-Brunswick pendant une période de 11 ans (1986-1996 (source : MDENB, 1999)

L'interception par le brouillard est une caractéristique dominante dans les régions côtière de la RF. Ces brouillards se forment dans le même environnement chimique que la couche limite marine amenant des dépôts humides de SO_4 et de SO_2 en provenance des sources polluantes continentales et, par conséquent, ils devraient présenter une composition chimique similaire (EC, 1997) et avoir des concentrations de polluants au moins deux fois plus élevées que la pluie. L'estimation de l'apport acide potentiel à l'aide de données provenant des caractéristiques chimiques de la pluie entraîne probablement une sous-estimation des dépôts acides totaux d'au moins 50 % (Cox et coll., 1996).

Surveillance de l'état des arbres

Le Service canadien des forêts surveille l'état de santé des forêts du Canada atlantique dans le cadre de programmes internationaux, nationaux et régionaux fondés sur des réseaux de parcelles de surveillance. Le Dispositif national d'alerte rapide pour les pluies acides (DNARPA, 1984-2000) a été établi en 1984 en réaction à la destruction à grande échelle des forêts en Europe et des préoccupations à cet égard en Amérique du Nord. Il avait pour mandat de surveiller l'état et l'évolution de la santé des forêts afin de détecter les premiers signes de dégâts causés par les pluies acides. Onze parcelles avaient été établies précédemment, soit en 1982, afin de surveiller le dépérissement visible du bouleau à papier le long de la baie de Fundy qui avait été signalé pour la première fois en 1979. L'état des houppiers est un indicateur couramment utilisé à l'échelle internationale pour rendre compte de la santé des arbres et sera le thème central de cette partie du rapport.

Bouleau à papier



État des arbres dans les parcelles du DNARPA

Le DNARPA a deux parcelles dans la FMF, l'une près de Martin Head (lat. 45° 30', long. 65° 00'), dans le comté de Saint John et l'autre, en bordure du sentier East Branch (lat. 45° 37', long. 65° 08') dans le PNF. La figure 39 résume l'état des houppiers du bouleau à papier (*Betula papyrifera* Marsh.), l'espèce d'arbre la plus répandue dans la parcelle de Martin Head.

Près de 60 % des bouleaux à papier de Martin Head sont morts au cours des 16 dernières années (figure 39). Sous l'effet du stress important provoqué par le brouillard acide et l'O₃, le dépérissement terminal a augmenté pendant plusieurs années successives à un point tel que les arbres ont été tués par la perte de leurs houppiers vivants et par l'incidence accrue consécutive de facteurs secondaires, comme le pourridié-agaric. Le taux de mortalité des arbres a atteint un sommet (56 %) en 1997, mais n'a pas augmenté depuis. Fait important à souligner, le pourcentage d'arbres en santé a diminué de 1984 à 1999, passant de 83 % à seulement 18 %. On a exclu la possibilité que les insectes et les maladies des arbres puissent avoir été les principaux artisans de ce déclin (Magasi, 1985).

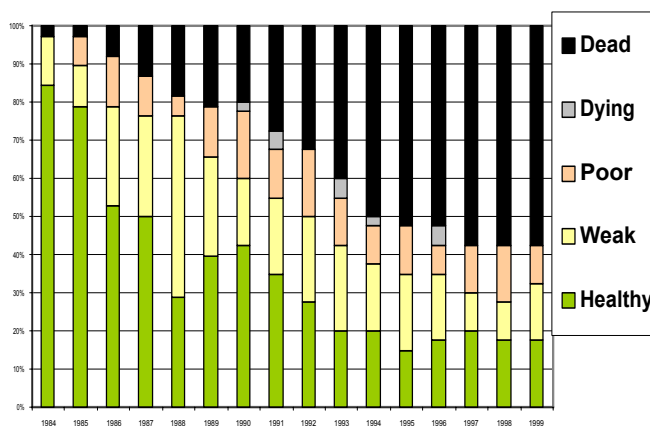


Figure 39. Tendence de l'état des houppiers de bouleau à papier de Martin Head (n = 40 arbres)

TEXT FROM FIG. 39

Dead = Mort

Dying = Moribond

Poor = Piètre état

Weaf = Affaibli

Healthy = En santé



État des arbres dans les 11 parcelles de surveillance

Onze parcelles de surveillance du dépérissement du bouleau à papier ont été établies en 1982 dans les régions côtières du sud du Nouveau-Brunswick, entre l'île Campobello et le PNF. La figure 40 montre la tendance de l'état des houppiers au cours d'une période de 19 ans dans les sept parcelles encore existantes du réseau. Même si les symptômes de brunissement et de chute précoces du feuillage ont été observés beaucoup moins souvent depuis les années 1980, les peuplements de bouleaux à papier n'ont pas retrouvé leur état de 1985. À cette époque, près de la moitié des arbres étaient jugés en santé. Depuis 1985, l'année 1991 a été la seule année pendant laquelle au moins 20 % des arbres ont été jugés en santé. Depuis 1986, soit une période de 13 ans, la proportion d'arbres en santé n'a jamais dépassé 5 %. La mortalité totale a augmenté chaque année depuis 1982 et était de près de 30% en 2000.

TEXT FROM FIG. 40

% Mortality = % de mortalité

% Twig... = % de dépérissement des rameaux et des branches

% Twig = % de dépérissement des rameaux

% Healthy = % d'arbres en santé

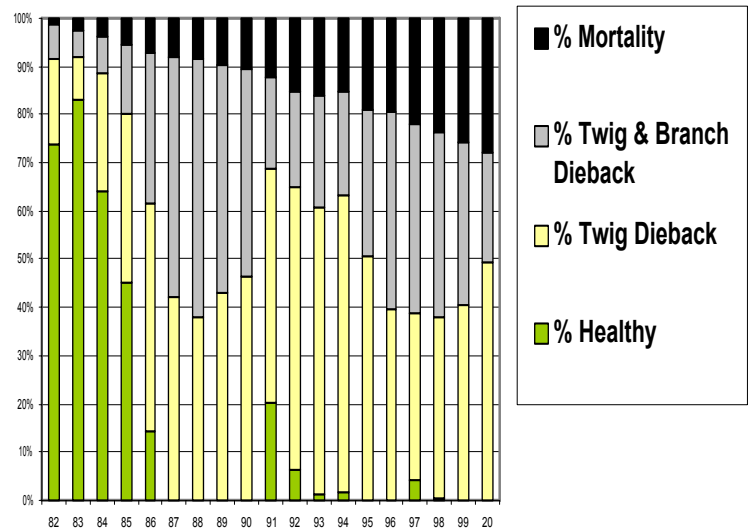


Figure 40. Tendance de l'état des houppiers au cours d'une période de 19 ans (1982-2000) dans les parcelles de surveillance du dépérissement du bouleau à papier



État des arbres dans le sud-ouest de la RF

Le brunissement du feuillage était à son apogée au milieu des années 1980 dans une station située plus au sud, près de Point Lepreau. Le brunissement a été statistiquement corrélé à l'acidité et aux concentrations de NO_3 du brouillard. Il a diminué après 1987, et l'état des arbres s'est amélioré concomitamment à des diminutions historiques de la fréquence du brouillard (Cox et coll., 1996). Il est également manifeste que les caractéristiques chimiques du brouillard se sont simultanément améliorées de 1987 à 1996 (figure 41). Les concentrations des deux principaux anions acides, le SO_4 et le NO_3 , ont énormément diminué de 1988 à 1996, entraînant une réduction de la concentration d'ions hydrogène du brouillard ou, en d'autres termes, de l'acidité du brouillard.

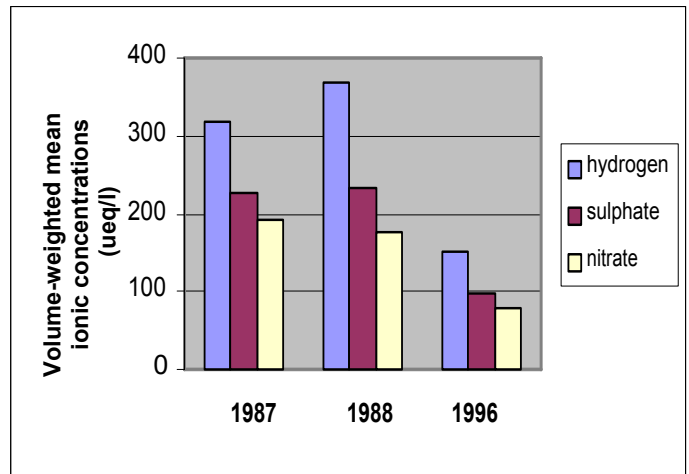


Figure 41. Comparaison de la composition chimique du brouillard de Point Lepreau pendant trois ans.

TEXT FROM FIG. 41

Volume-weighted... = Concentrations ioniques moyennes pondérées en fonction du volume

Hydrogen = hydrogène

Sulphate = sulfate

Nitrate = nitrate

Épinette rouge

L'épinette rouge est une espèce d'arbre commune dans la FMF et l'était tout autant dans les parcelles du DNARPA de Martin Head (est. de 1984) et du PNF (est. de 1993). La figure 42 présente l'histogramme (n = 27 arbres) de l'état des houppiers d'épinette rouge pour ces parcelles combinées. Les houppiers des quelques arbres présentaient une légère détérioration de leur état en 1997, mais la situation s'est améliorée depuis (figure 42). Aucune épinette rouge n'est morte depuis

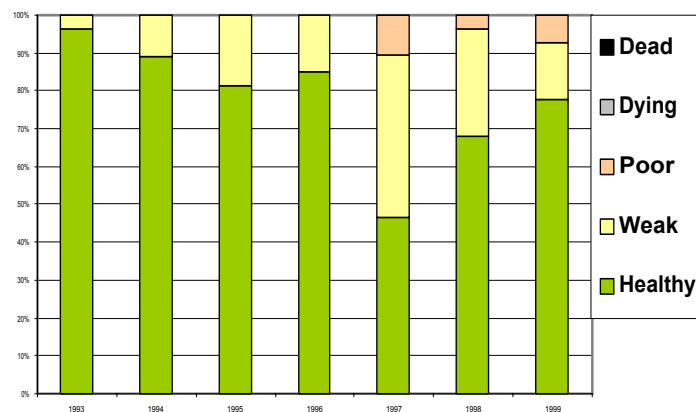


Figure 42. Tendence de l'état des houppiers dans les parcelles du DNARPA de Martin Head et du parc national Fundy.

l'établissement de l'une ou l'autre parcelle. Il existe cependant une abondante documentation sur la sensibilité de l'épinette rouge (voir McLaughlin and Percy, 1999) aux dépôts acides, et un déclin provoqué par le brouillard acide a été observé chez cette espèce dans la partie médiane du golfe du Maine (Jagels et coll., 1989), située juste au sud de la RF. Le dépérissement de l'épinette rouge dans les forêts de



plus haute altitude des Appalaches a aussi été attribué aux dépôts acides (voir McLaughlin and Percy, 1999).

TEXT FROM FIG. 42

Dead = Mort

Dying = Moribond

Poor = Piètre état

Weaf = Affaibli

Healthy = En santé

Sommaire

La FMF est située dans un région qui reçoit régulièrement une charge régionale importante d'acidité transportée sur de longues distance (EC, 1997). Les concentrations d'ozone calculées à l'aide de la NP demeurent excessives. L'ozone devrait constituer une menace encore plus importante pour la santé des forêts mondiales, nationales et régionales, compte tenu des réductions relativement faibles (É.-U.) ou des augmentations (Canada) des émissions des NO_x, des précurseurs de l'ozone. L'effet combiné de la dégradation de la qualité de l'air et du réchauffement climatique prévu en aggravera probablement l'impact (Percy et coll., 2000).

Selon McLaughlin et Percy (1999), une forêt en santé est une forêt qui conserve sa capacité de fournir et de répartir l'eau, les éléments nutritifs et l'énergie de manière à accroître ou à maintenir la productivité tout en demeurant résistante au stress causés par les agents biotiques et abiotiques. De toute évidence, aucune étude sur mesure n'a entrepris d'examiner les cycles essentiels dans la FMF dans le contexte de l'environnement atmosphérique ambiant des forêts. C'est pourquoi cette très brève évaluation a fait appel à deux espèces d'arbres dominantes sensibles aux dépôts acides (épinette rouge, bouleau à papier) et à l'ozone (bouleau à papier) et à un indicateur de changement, l'état des houppiers.

Il existe des éléments empiriques attestant d'une relation directe de cause à effet entre la dégradation de la qualité de l'air (concentrations plus élevées d'O₃, charge acide plus élevée) et l'augmentation de la mortalité du bouleau à papier. En outre, des données de surveillance laissent supposer que le brouillard acide a un effet prédisposant secondaire sur la performance du bouleau à papier face à la maladie. Pour l'heure, les risques que posent les polluants atmosphériques, comme l'O₃ et les dépôts acides, pour la santé et la durabilité des forêts de la FMF n'ont pas encore été quantifiés.

Changement climatique—Considérations à long terme sur la forêt modèle de Fundy

Dans le compte rendu d'un atelier sur le changement climatique qui s'est déroulé à Halifax (1997), Cox se dit d'avis que le réchauffement potentiel du climat dû aux émissions de gaz à effet de serre pourrait provoquer des changements saisonniers, un climat variable et un plus grand nombre de phénomènes météorologiques extrêmes qui auraient des effets plus importants sur les forêts du Canada atlantique qu'une faible hausse des températures. Cette instabilité pourrait rendre le cycle hydrologique plus actif et provoquer des chablis plus nombreux et à plus grande échelle dans les forêts de la région. Voici certains des changements qui pourraient survenir dans les forêts du Canada atlantique :

- Les taux de croissance pourraient augmenter sous l'effet de saisons de croissance plus longues et de températures du sol plus chaudes. Certaines espèces feuillues pourraient toutefois être menacées par un gel survenant après le dégel initial des bourgeons et des racines.
- Les modifications des taux de croissance qui pourraient se traduire par des changements de la période de développement des différents organes végétaux pourraient avoir des effets sur la concurrence entre les végétaux et ainsi modifier les relations entre les végétaux et le milieu.



- Modifications des relations entre les puits et les sources de carbone

Dans les forêts mûres, l'accélération des taux de décomposition et l'augmentation des perturbations pourraient provoquer une perte de carbone. Les jeunes forêts pourraient ne pas être des puits efficaces de carbone en raison de la pollution atmosphérique et des précipitations acides.

Les niveaux de récolte plus élevés qu'entraînerait l'augmentation de la productivité des forêts pourraient compromettre le stockage du carbone. Un moyen de remédier à cette situation serait d'adopter des stratégies permettant d'assurer le stockage du carbone et passant par le maintien de réserves de matériel sur pied ainsi que par les produits forestiers. Ces stratégies devraient tenir compte des possibilités d'augmentation des perturbations des forêts (causées par des phénomènes météorologiques extrêmes) et des coupes de récupération qui s'ensuivraient. Il faudrait accorder une attention particulière à la production de carbone par les jeunes forêts en croissance.

- Composition des espèces

Sous l'effet du réchauffement, il faut s'attendre à un changement de la composition des forêts qui, de boréales, deviendraient davantage mixtes. Cette évolution dépendra de l'adaptabilité des espèces aux nouvelles conditions climatiques. Cox et coll. viennent d'entreprendre des recherches pour étudier les conditions de tolérance à la sécheresse chez l'épinette noire, la réaction des racines d'érables à sucre à la pénétration du gel ainsi que la réaction des bouleaux à un dégel hivernal. L'établissement de modèles pour le maintien et la conservation des habitats et des espèces rares pour assurer le maintien de la biodiversité fait également l'objet de recherches.

Régimes de perturbation

Feu – Une certaine incertitude est liée au processus de modélisation de l'activité du feu dans les Maritimes. Les changements qui pourraient survenir dans la forêt en raison d'autres perturbations, comme les chablis causés par des conditions météorologiques extrêmes et l'augmentation des infestations, pourraient rendre l'indice forêt-météo (IFM) plus incertain. Ces paramètres affecteront la quantité de combustible présente dans les forêts.

Infestations d'insectes – Une élévation des températures due au réchauffement climatique signifierait un meilleur taux de survie des insectes qui sont à la limite septentrionale de leur aire. Un taux de survie plus élevé se traduirait par des dégâts plus importants dans les forêts.

Déclin lié au climat – Sous un climat plus chaud, il faut s'attendre à des périodes de dégel hivernal plus longues. La période de décroissance de la résistance au gel des racines deviendrait également plus longue, et le regel causerait donc plus de dommages à ces racines. Il en résulterait un déclin et un dépérissement des forêts, notamment des espèces feuillues.

Tempêtes et chablis à grande échelle – Les coupes de récupération, qui sont récemment devenues pratique courante, peuvent permettre d'éviter la perte de carbone dans les forêts due à une augmentation des dégâts causés par les tempêtes et les chablis. Un aménagement adéquat des jeunes forêts garantira un puits de carbone. Un plus grand nombre de phénomènes météorologiques graves et une augmentation des espèces à enracinement superficiel dans les plantations de résineux sont au nombre des facteurs influant sur une éventuelle augmentation des perturbations des forêts.



Populations de brouteurs – Un plus grand nombre de cerfs survivra parce que les conditions hivernales seront moins rigoureuses. Il en résultera des impacts plus importants sur les forêts en régénération où le cerf broute et une diminution de la diversité des espèces.

Beaucoup d'incertitude entoure l'établissement de prévisions sur le changement climatique et ses effets connexes. Les recherches doivent porter sur des questions comme la tolérance des arbres à la sécheresse, les carences nutritives, le chablis et les effets de la durée du dégel hivernal sur les feuillus. La mobilité et la migration des espèces ainsi que le mouvement des personnes à l'échelle du paysage auront également des effets sur les forêts de demain.



BIBLIOGRAPHIE

Conseil canadien des ministres des forêts. 1997. Critères et indicateurs de l'aménagement durable des forêts au Canada : Progrès à ce jour. Ressources naturelles Canada, Ottawa (Ontario).

Conseil canadien des ministres des forêts. 2000. Critères et indicateurs de l'aménagement durable des forêts au Canada : Bilan 2000. Ressources naturelles Canada, Ottawa (Ontario).

Cox, R.M. 1997. Climate change, potential impacts and forestry research in the Atlantic Region of Canada: a synthesis. Compte rendu d'un atelier sur la variabilité et le changement climatiques au Canada atlantique. Halifax (Nouvelle-Écosse), 3 au 6 décembre 1996 Environnement Canada, Bedford (Nouvelle-Écosse).

Cox, R.M., Lemieux, G. and M. Lodin. 1996. The assessment and condition of Fundy white birches in relation to ambient exposure to acid marine fogs. Canadian Journal of Forest Research 26: 682-688.

Cox, R. M., Malcolm, J. W., Hughes, R. N. and Williams, T. P. W. 2001. Sampling Ozone Exposure of Canadian Forests at different scales: Some Case Studies. Proc. of the International Symposium "Passive Sampling of Gaseous Air pollutants in Ecological Effects Research. Riverside California April 9 2001. The-Scientific-World (sous presse).

Dann, T. 2001. Trends in ambient levels of CWS pollutants. Paper presented at the Air and Waste Management Association (AWMA) Speciality Conference on Canada-Wide Standards, Toronto, March 7, 2001.

EC, 1997. 1997 Canadian Acid Rain Assessment Volume Two: Atmospheric Science Assessment Report. Environment Canada, Toronto, Ont.

EC-SPE. 1997. Réseau national de surveillance de la pollution atmosphérique (NSPA) : sommaire annuel pour 1994. Environnement Canada, Service de la protection de l'environnement, rapport EPS 7/AP/27, Ottawa (Ontario).

EMEP, 2000 <http://www.unece.org/env/emep/>

Fowler, D., Cape, J.N., Coyle, C., Flechard, C., Kuylenstierna, J., Hicks, D., Derwent, D., Johnson, C. and Stevenson, D. 1999. The global exposure of forests to air pollutants. Water, Air and Soil Pollution 116: 5-32.

Jagels, R., Carslisle, J., Cunningham, R., Serreze, S. and Tsai, P. 1989. Impact of acid fog and ozone on coastal red spruce. Water, Air and Soil Pollution 48: 193-208.

Magasi, L.P. 1985. Les ravageurs forestiers dans les Maritimes en 1985. Service canadien des forêts, rapport d'information M-X-159F, Fredericton.

McLaughlin, S.B. and Percy, K.E. 1999. Forest health in North America: Some perspectives on actual and potential roles of climate and air pollution. Water, Air, Soil Pollution 116: 151-197.

MDENB, 1999. Réseau de surveillance des précipitations du Nouveau-Brunswick, Rapport de données 1994-1996. Ministère de l'Environnement du Nouveau-Brunswick, rapport technique T99-03, Fredericton (Nouveau-Brunswick).



Pearson, R.G. and Percy, K.E. 1997 Canadian 1996 NO_x/VOC Science Assessment: Report of the Vegetation Objective Working Group. Canadian Council of Ministers of Environment (CCME) Multistakeholder NO_x/VOC Science Plan, Environment Canada, Toronto (ISBN 1-896997-12-0).

Percy, K.E., Karnosky, D.F. and Innes, J.L. 2000 Potential roles of global change in forest health during the 21st Century. pp. 147-163 IN Krishnapillay, B., Soepadmo, E., Arshad, N.L., Wong H.H., A, Appanah, S., Chik, S.W., Manokaran, N., Tong, H.L., and Choon, K.K. (Eds.) Forests and Society: The Role of Research, Sub-Plenary Sessions Volume 1, XXI IUFRO World Congress 2000, 71-12, 2000, Kuala Lumpur, Malaysia.