

Importance et évolution des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans l'est du Canada : l'apport de la dendrochronologie

Importance and evolution of spruce budworm outbreaks in Eastern Canada: The contribution of dendrochronology.

Wichtigkeit und Evolution der Epidemien dess Tannentriebwicklers in Ost Kanada: ein dendrochronologischer Beitrag.

Hubert Morin

Volume 52, Number 2, 1998

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/004856ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/004856ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Les Presses de l'Université de Montréal

ISSN

0705-7199 (print)

1492-143X (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Morin, H. (1998). Importance et évolution des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans l'est du Canada : l'apport de la dendrochronologie. *Géographie physique et Quaternaire*, 52(2), 237–244. <https://doi.org/10.7202/004856ar>

Article abstract

The compilation of published spruce bud- worm outbreaks chronology established using host trees' ring width was used to study the spatial and temporal evolution of outbreaks that occurred during the 20th century in Eastern North America and particularly in nordic regions. The study includes 19 chronologies and 1257 sampled trees. Data are numerous for particular regions of Québec but are scarce in other regions like eastern and central Ontario. A remarkable synchronism of the minimum radial growth associated to defoliation was observed between the different regions for the three outbreaks registered during the 20th century. The minimum radial growth was observed in the majority of the regions around 1914 for the first 20th century outbreak, between 1948 and 1952 for the second and between 1977 and 1979 for the third. The analysis of existing chronologies did not suggest an expansion of outbreaks from meridional region to nordic regions with less fir content. Chronologies from southern Québec were synchronous with those of the Laurentide reserve and of the north of Saguenay - Lac Saint-Jean for the three 20th century outbreaks, up to the 50th parallel where fir populations are marginal. There was a small delay to the east for the first outbreak, in Bas-Saint-Lau- rent and Gaspésie. These results from dendrochronological analysis support the hypothesis following which the spruce bud- worm population dynamics in the nordic bo- real forest of the black spruce domain would not be based on an overflow of meridional populations during severe outbreaks but would rather results from a relatively synchronous increase of endemic populations.

IMPORTANCE ET ÉVOLUTION DES ÉPIDÉMIES DE LA TORDEUSE DES BOURGEONS DE L'ÉPINETTE DANS L'EST DU CANADA : L'APPORT DE LA DENDROCHRONOLOGIE

Hubert MORIN, Département des Sciences fondamentales, Université du Québec à Chicoutimi, Chicoutimi, Québec, G7H 2B1, hmorin@uqac.quebec.ca.

Manuscrit reçu le 26 mars 1998 ; manuscrit révisé et accepté le 30 avril 1998

RÉSUMÉ La compilation de toutes les chronologies publiées sur les épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette établies à partir de la largeur des cernes de croissance des arbres hôtes a été utilisée pour étudier l'évolution spatiale et temporelle des épidémies survenues au cours du XX^e siècle dans l'est de l'Amérique du Nord et particulièrement dans les régions nordiques. L'étude inclue 19 chronologies comprenant 1257 arbres échantillonnés. Les données sont nombreuses pour certaines régions du Québec mais fragmentaires dans d'autres régions comme l'est et le centre de l'Ontario. On observe un remarquable synchronisme des plus faibles croissances radiales associées à la défoliation entre les différentes régions représentées pour les trois épidémies enregistrées au XX^e siècle. La plus faible croissance radiale a été atteinte dans la majorité des régions vers 1914 pour la première épidémie du XX^e siècle, entre 1948 et 1952 pour la deuxième et entre 1977 et 1979 pour la troisième. L'analyse des chronologies existantes ne montre pas une expansion des épidémies des régions méridionales vers les régions plus nordiques à moins forte proportion de sapin. Les chronologies du sud du Québec sont synchrones avec celles de la réserve des Laurentides et du nord du Saguenay - Lac Saint-Jean pour les trois épidémies, jusqu'au 50^e parallèle où les populations de sapin sont marginales. Il y a un léger décalage vers l'est pour la première épidémie, dans le Bas-Saint-Laurent et en Gaspésie. Les résultats des analyses dendrochronologiques présentées appuient l'hypothèse selon laquelle la dynamique des populations de tbe dans les forêts boréales nordiques du domaine de la pessière noire ne serait pas fondée sur un débordement des populations plus méridionales en période d'épidémies graves mais résulterait d'une augmentation relativement synchrone de populations présentes à l'état endémique.

ABSTRACT *Importance and evolution of spruce budworm outbreaks in Eastern Canada: The contribution of dendrochronology.* The compilation of published spruce budworm outbreaks chronology established using host trees' ring width was used to study the spatial and temporal evolution of outbreaks that occurred during the 20th century in Eastern North America and particularly in nordic regions. The study includes 19 chronologies and 1257 sampled trees. Data are numerous for particular regions of Québec but are scarce in other regions like eastern and central Ontario. A remarkable synchronism of the minimum radial growth associated to defoliation was observed between the different regions for the three outbreaks registered during the 20th century. The minimum radial growth was observed in the majority of the regions around 1914 for the first 20th century outbreak, between 1948 and 1952 for the second and between 1977 and 1979 for the third. The analysis of existing chronologies did not suggest an expansion of outbreaks from meridional region to nordic regions with less fir content. Chronologies from southern Québec were synchronous with those of the Laurentide reserve and of the north of Saguenay - Lac Saint-Jean for the three 20th century outbreaks, up to the 50th parallel where fir populations are marginal. There was a small delay to the east for the first outbreak, in Bas-Saint-Laurent and Gaspésie. These results from dendrochronological analysis support the hypothesis following which the spruce budworm population dynamics in the nordic boreal forest of the black spruce domain would not be based on an overflow of meridional populations during severe outbreaks but would rather results from a relatively synchronous increase of endemic populations.

ZUSAMMENFASSUNG *Wichtigkeit und Evolution der Epidemien des Tannentriebwicklers in Ost Kanada: ein dendrochronologischer Beitrag.* Alle veröffentlichten Jahrringchronologie, die sich mit den Epidemien des Tannentriebwicklers befassen, wurden zusammengetragen; diese wurden auf die räumliche und zeitliche Evolution der Epidemien während des 20zigsten Jahrhunderts im Norden Amerikas (besonders im nördlichen Breiten) untersucht. Die Untersuchung umfasst 19 Jahrringchronologien mit einer Gesamtzahl von 1257 Probestämmen. Für einige Gebiete in Quebec liegen zahlreiche Daten vor, sie sind hingegen unzureichend in anderen Gebieten, wie in Ost und Mittel Ontario. Eine gute Übereinstimmung in der Reduzierung der Jahrringbreiten für die letzten drei Epidemien des 20zigsten Jahrhunderts ist sichtbar zwischen den verschiedenen Gebieten. Der geringste Jahrringzuwachs wurde für die erste Epidemie des 20zigsten Jahrhunderts um 1914 für die meisten Gebiete registriert, für die zweite zwischen 1948 und 1952 und für die dritte zwischen 1977 und 1979. Die Auswertung der Chronologien zeigt keine Verbreitung der Epidemien von den südlichen zu den nördlichen Regionen, wo ein geringerer Tannenanteil herrscht. Die Chronologien verlaufen synchron für den Süden von Quebec, im Naturschutzgebiet Laurentides und im Norden von der Saguenay-Lac Saint-Jean Region (50 Breitengrad, geringer Tannenanteil) für die letzten drei Epidemien. Eine kurze Verzögerung während der ersten Epidemie wurde für den Bas-Saint-Laurent und Gaspésie registriert. Die Ergebnisse der dendrochronologischen Untersuchungen unterstützen die Hypothese wonach die Insektenpopulationen des Tannentriebwicklers während einer grossen Epidemien nicht von den südlichen Populationen auf die nördlichen borealen Wäldern überschwapen; sondern die Ergebnisse zeigen ein relativ zeitgleiches an-schwellen der Insektenpopulation.

INTRODUCTION

La tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* [Clem.]) ou tbe est l'insecte qui cause le plus de dommages aux forêts conifériennes dans l'est de l'Amérique du Nord. La dernière épidémie, qui a sévi entre 1974 et 1988, a dévasté plus de 55 000 000 ha de forêt, détruisant entre 139 et 238 millions m³ d'épinettes et de sapins (*Abies balsamea* (L.) Mill.), soit l'équivalent de dix années de coupe forestière intensive. Les analyses dendrochronologiques portant sur la réduction de la largeur des cernes engendrée par la défoliation montrent que les populations de l'insecte atteignent des niveaux épidémiques régulièrement depuis au moins 300 ans (Blais, 1983 ; Krause, 1997 ; Morin et Laprise, 1990). Blais (1983) croit que l'intensité et la durée des épidémies ont augmenté au cours du XX^e siècle, principalement à cause des interventions anthropiques comme la coupe forestière et le contrôle des feux de forêt qui auraient favorisé la prolifération du sapin baumier, l'hôte privilégié de la tbe. On pense également que la dernière épidémie a eu un impact important dans la zone boréale dominée par l'épinette noire (*Picea mariana* Mill. BSP) parce qu'elle a été particulièrement grave, contrairement aux autres épidémies. Au courant du XX^e siècle, les épidémies auraient eu de plus en plus de conséquences et auraient touché des territoires de plus en plus vastes, de sorte qu'elles se seraient véritablement synchronisées à travers le territoire (Blais, 1983, 1984). Cette hypothèse n'est pas nouvelle puisque Swaine et Craighead (1924) supposaient déjà que les épidémies survenues avant le XX^e siècle étaient locales alors que celle du début du XX^e siècle (1909-1923) avait couvert de vastes territoires. Une hypothèse semblable a été postulée pour expliquer les variations spatio-temporelles des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette de l'ouest (*Choristoneura occidentalis* Freeman). Des études dendrochronologiques s'étendant sur plus de 300 ans indiquent que les épidémies de l'insecte étaient locales ou régionales et asynchrones avant le XX^e siècle et seraient devenues synchrones et plus étendues au cours du XX^e siècle à cause des interventions humaines (Swetnam et Lynch, 1993).

Malheureusement, dans l'est de l'Amérique du Nord, nous n'avons pas encore un nombre assez important de chronologies locales anciennes pour nous permettre de reconstituer la dynamique spatio-temporelle des infestations. Les relevés de défoliation effectués lors de la dernière épidémie laissent voir qu'elle s'est d'abord produite dans des zones méridionales de forêt mixte pour ensuite s'étendre aux forêts conifériennes plus nordiques (Gray *et al.*, 1997 ; Hardy *et al.*, 1983, 1985). Plusieurs auteurs ont supposé que les épidémies avaient débordé des régions méridionales à fortes proportions de sapin vers les régions où ces proportions étaient moins importantes (Blais, 1985 ; Morin et Laprise, 1990 ; Morin *et al.*, 1993). Cependant, de nouvelles données fondées sur l'étude dendroécologique des populations marginales nordiques de sapin baumier, c'est-à-dire des populations situées aux environ du 50^e parallèle, dans la zone de la pessière noire, laissent croire que les épidémies survenues au milieu et au début du XX^e siècle, ainsi que vers la fin du XIX^e siècle ont eu un impact

tel qu'elles sont responsables de la dynamique de ces populations (Morin, 1994 ; Morin et Laprise, 1997). De plus, l'analyse des chronologies régionales provenant de ces régions indique un synchronisme des chutes de croissance avec celle des régions plus méridionales. Ces résultats appuient l'hypothèse selon laquelle la dynamique des populations de tbe dans les forêts boréales nordiques du domaine de la pessière noire ne serait pas fondée sur un débordement des populations plus méridionales en période d'épidémies graves, mais résulterait d'une augmentation synchrone de populations présentes à l'état endémique.

L'objectif de cet article est de faire la synthèse des chronologies des épidémies de la tbe déterminées d'après des analyses dendrochronologiques dans l'est de l'Amérique du Nord et d'en dégager les principales tendances spatio-temporelles pour le XX^e siècle en s'attardant plus particulièrement aux régions nordiques. Contrairement à la tordeuse de l'ouest, la tordeuse de l'est a un impact beaucoup plus important sur ses hôtes, ce qui limite la réalisation de longues chronologies, les données précédant le XX^e siècle étant trop fragmentaires. Parmi tous les travaux connus, ceux de Robert Blais ont une importance capitale. Il a travaillé pendant plus de 40 ans sur le sujet et a réalisé un grand nombre de chronologies en Ontario et au Québec en particulier (Blais, 1983), dont la plus longue réalisée avec des arbres vivants (1680-1960) (Blais, 1965). D'autres chronologies ont été réalisées depuis et proviennent surtout de la zone boréale (Krause, 1997 ; Krause et Morin, 1995 ; Morin et Laprise, 1990 ; Morin *et al.*, 1993).

La défoliation a un impact sur la croissance radiale d'arbres qui sont les témoins locaux des infestations. En ce sens, l'analyse de la croissance est exempte de certaines erreurs liées à l'observation terrestre ou aérienne de la défoliation comme, par exemple, le moment d'observation en rapport avec la phénologie des différentes espèces hôtes (Boulet, 1994). De plus, l'analyse dendroécologique demeure le seul moyen de situer dans l'espace et le temps les épidémies survenues dans des régions marginales et particulièrement nordiques, ainsi que celles survenues avant la période historique couverte par les relevés entomologiques. L'étude spatio-temporelle des chronologies apporte donc des explications complémentaires aux données de défoliation existantes, surtout dans le contexte où ces données ne sont fiables que pour la dernière épidémie.

MÉTHODES

MATÉRIEL DE BASE DES CHRONOLOGIES

Toutes les chronologies locales ou régionales d'épidémies de la tbe publiées ont d'abord été répertoriées dans l'est de l'Amérique du Nord (fig. 1, tabl. I). Les publications qui présentaient des courbes de croissance ou des indications claires des dates de ralentissement de croissance associées à la défoliation par la tbe ont été retenues. Notre interprétation s'est fondée sur les publications dans lesquelles se trouvaient des courbes de croissance, afin d'assurer une uniformité. En effet, il faut faire la distinction entre « périodes épidémiques déduites de ralentissements de

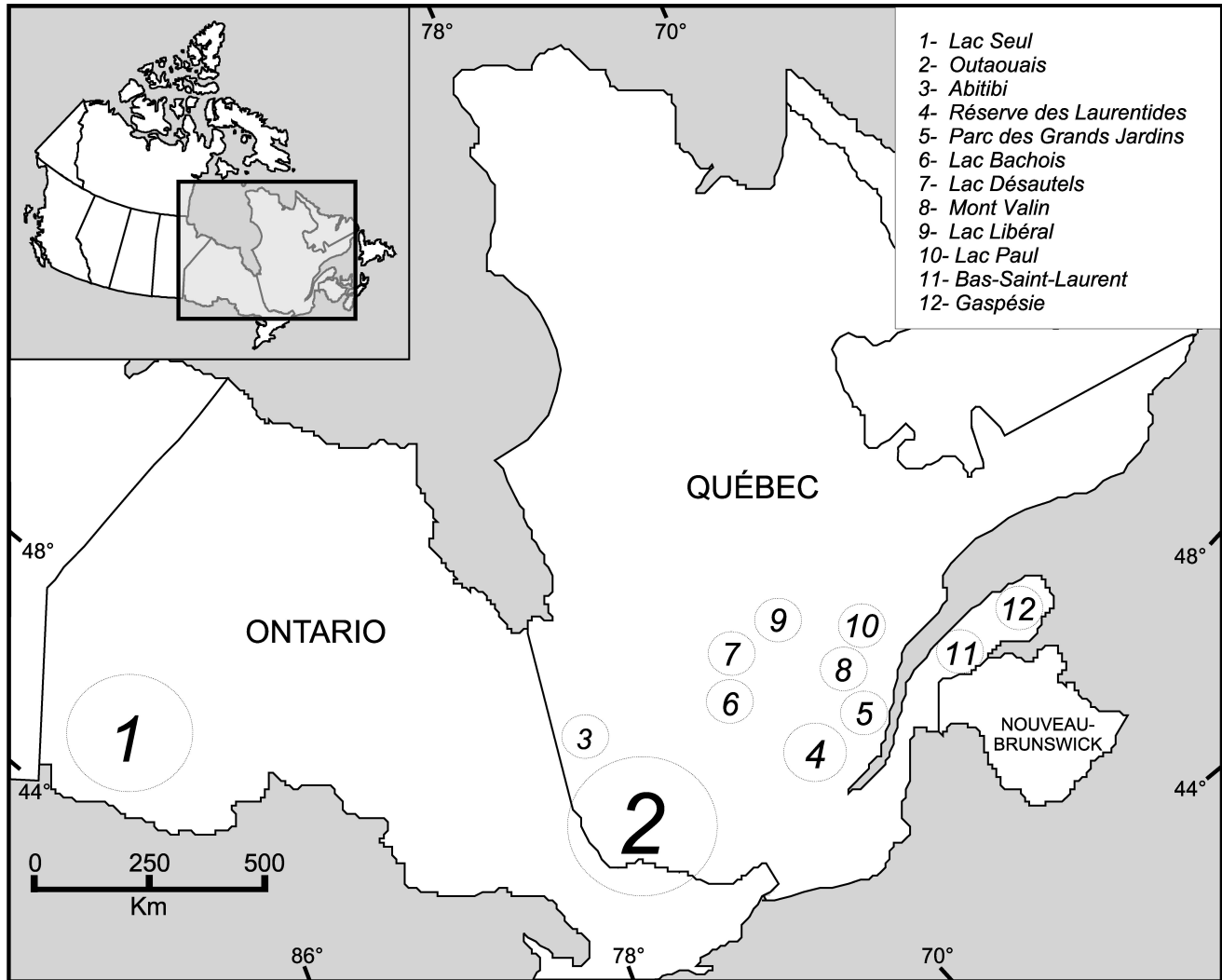


FIGURE 1. Localisation des régions représentées dans les chronologies répertoriées dans l'est de l'Amérique du Nord. La grosseur des cercles est proportionnelle à la superficie de la région étudiée.

Location of the represented regions in the listed chronologies in Eastern North America. The size of the circles is proportional to the studied area.

croissance » et « périodes de ralentissement de croissance observées sur une courbe ». En général, la période épidémique déduite ou période de défoliation par l'insecte a été localisée de 2 à 4 ans avant le début du ralentissement appréciable de croissance enregistré sur la courbe (Blais, 1958, 1962, 1965 ; Morin et Laprise, 1990). Comme cette opération est subjective et qu'elle n'est pas constante d'une étude à l'autre, nous ne pouvons utiliser ces indications pour déterminer des dates précises. Les dates déduites de courbes de croissance retrouvées dans des publications où on ne retrouvait pas les courbes ont été considérées dans la discussion.

MÉTHODES D'ÉCHANTILLONNAGE

Les méthodes d'échantillonnage utilisées ici sont décrites en détail dans les travaux de Blais (1962, 1965), de Morin et Laprise (1990) et de Morin *et al.* (1993). De façon générale,

Blais (1962) se servait beaucoup de sections de tiges âgées d'épinettes blanches (*Picea glauca* [Moench] Voss.) choisies dans les empilements de réserve des scieries d'une région donnée. Une grande quantité de spécimens pouvait ainsi être observée rapidement et les plus vieux individus choisis. La provenance des échantillons était par la suite localisée avec le propriétaire de la scierie. Blais a aussi effectué des prélèvements à la sonde de presser (trois carottes) ou avec la scie à chaîne, généralement à hauteur de poitrine (dhp). Il s'assurait ainsi d'avoir couvert le territoire à l'étude.

Les courbes de croissance provenant de la zone boréale au nord du Saguenay - Lac Saint-Jean (les lacs Libéral, Paul, Bachois, Désautels et le mont Valin) couvrent un territoire d'environ 20 000 km². Elles ont été établies à partir de courbes régionales déjà publiées (Morin et Laprise, 1990; Morin, 1994 ; Krause et Morin, 1995) auxquelles ont été

TABLEAU I
Chronologies répertoriées

Auteurs	Régions	Provinces		Sapin baumier n		Épinette Blanche n
Blais, 1958	Lac Seul	Ontario	1930-1954	200	1930-1954	200
					1850-1880	60
					1852-1882	10
Blais, 1981	Outaouais	Québec			1766-1978	18
Morin, Laprise et Bergeron, 1993	Abitibi	Québec	1920-1990	20	1769-1990	86
Blais, 1965	Réserve des Laurentides	Québec	1940-1960	5	1680-1960	436
Perron, 1994	Parc des Grands Jardins	Québec	1874-1976	10	1776-1990	22
Morin, 1994	Lac Bacheois	Québec	1771-1986	17		
Morin et Laprise, 1990	Lac Désautels	Québec	1871-1985	4	1746-1987	11
Morin, 1994						
Morin et Laprise, 1990	Lac Libéral	Québec	1771-1988	77		
Morin, 1994						
Krause et Morin, 1995	Lac Libéral	Québec	1798-1991	20		
Morin et Laprise, 1990	Lac Paul	Québec	1866-1987	16		
Morin, 1994						
Morin et Laprise, 1990	Mont Valin	Québec	1840-1988	55		
Morin, 1994	Mont Valin	Québec	1840-1988	55		
Krause et Morin, 1995	Mont Valin	Québec	1789-1992	10		
Blais, 1961	Bas-Saint-Laurent	Québec	1905-1925	15	1870-1890	5
					1905-1925	10
Blais, 1961	Gaspésie	Québec	1905-1925	15	1905-1925	10

ajoutées de nouvelles données pour produire des courbes plus locales. Les sapinières vierges ont d'abord été identifiées à partir des cartes d'inventaire forestier du ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Par la suite, une visite sur le terrain a permis de localiser les sites accessibles par le réseau de chemins forestiers. Plus d'une centaine de peuplements ont ainsi été visités. Dans chacun d'entre eux, une section de tronc était prélevée à la base des plus gros individus, susceptibles d'être les plus vieux, chez les sapins baumiers et les épinettes blanches. Des échantillons de sapin mort, mais dans un bon état de conservation, ont également été retenus. Par la suite, un examen en laboratoire a permis de choisir les spécimens les plus âgés. La plupart des sapins et certaines épinettes blanches présentent une croissance juvénile ralentie (Blais, 1962). Nous avons retenu les arbres présentant les meilleures croissances juvéniles.

CONSTRUCTION DES CHRONOLOGIES

Une étape importante de la réalisation des chronologies est l'interdatation des échantillons. Cette technique consiste en une comparaison des patrons de croissance et des cernes diagnostiques afin de s'assurer d'une datation précise des cernes (Schweingruber, 1996). Nous savons que cette technique était déjà employée dans les années 60 (Blais, 1962).

Aujourd'hui, nous disposons d'une panoplie de méthodes pour standardiser les courbes provenant de chaque arbre. Cette opération permet, entre autres, de minimiser les

inexactitudes liées par exemple à la comparaison d'arbres de grosseur inégale ou au vieillissement des arbres afin qu'elles n'interfèrent pas avec le signal dendrochronologique recherché (Swetnam *et al.*, 1985 ; Morin et Laprise, 1990 ; Morin *et al.*, 1993). La standardisation permet d'effectuer des chronologies indicées qui reflètent plus fidèlement les tendances à court et moyen terme enregistrées par chaque arbre. Toutes les données publiées avant 1980 présentaient des courbes moyennes brutes, non indicées. La courbe de référence servant à identifier les épidémies était constituée de la moyenne des courbes individuelles de chaque arbre. L'idéal pour effectuer cette synthèse aurait été de reprendre les données brutes de largeurs de cerne utilisées par les différents auteurs et de leur faire subir la même standardisation que les données plus récentes. Malheureusement, ces données ne sont plus disponibles (R. Blais, comm. pers.) ni même les données moyennes. Il ne nous reste plus que les courbes publiées et même, dans plusieurs cas, que des sections de courbes. Nous avons donc retracé ces courbes ou sections de courbes sur papier millimétriques à partir des publications pour les analyses subséquentes. Afin de comparer toutes les courbes de croissance, les moyennes brutes ont été utilisées dans tous les cas. Cependant, la comparaison de courbes de croissance indicées et non indicées donne une information comparable en ce qui concerne les ralentissements de la croissance associés aux épidémies (Morin et Laprise, 1990 ; Morin *et al.*, 1993).

LOCALISATION DES ÉPIDÉMIES

Pour identifier les réductions de croissance causées par la tbe, on compare la croissance radiale d'arbres hôtes de l'insecte à celle d'arbres non hôtes. Ainsi, les réductions de croissance enregistrées uniquement par les arbres hôtes sont attribuables à l'insecte (Blais, 1962 ; Swetnam *et al.*, 1985 ; Morin et Laprise, 1990). De plus, les réductions de croissance causées par la défoliation entraînent une dépression caractéristique en forme de vallée dans les courbes. On y observe généralement très peu de variations inter-annuelles.

Plusieurs indices peuvent permettre de délimiter une épidémie sur une courbe de croissance. Le début du ralentissement, la croissance la plus faible et la durée du ralentissement en sont des exemples. Compte tenu des problèmes reliés à l'établissement des courbes moyennes brutes, le début du ralentissement de croissance et la durée du ralentissement sont susceptibles d'être moins précis. Nous avons donc choisi d'utiliser, comme l'ont fait Swetnam et Lynch (1993), l'année où la croissance était la plus faible lors d'une période épidémique reconnue par les auteurs comme indicatrice du moment où l'épidémie s'est produite. Notre choix a aussi l'avantage de ne pas considérer l'importance de la réduction de croissance, difficilement attribuable à l'importance de l'épidémie quand on considère des courbes moyennes brutes établies à l'aide d'arbres survivants.

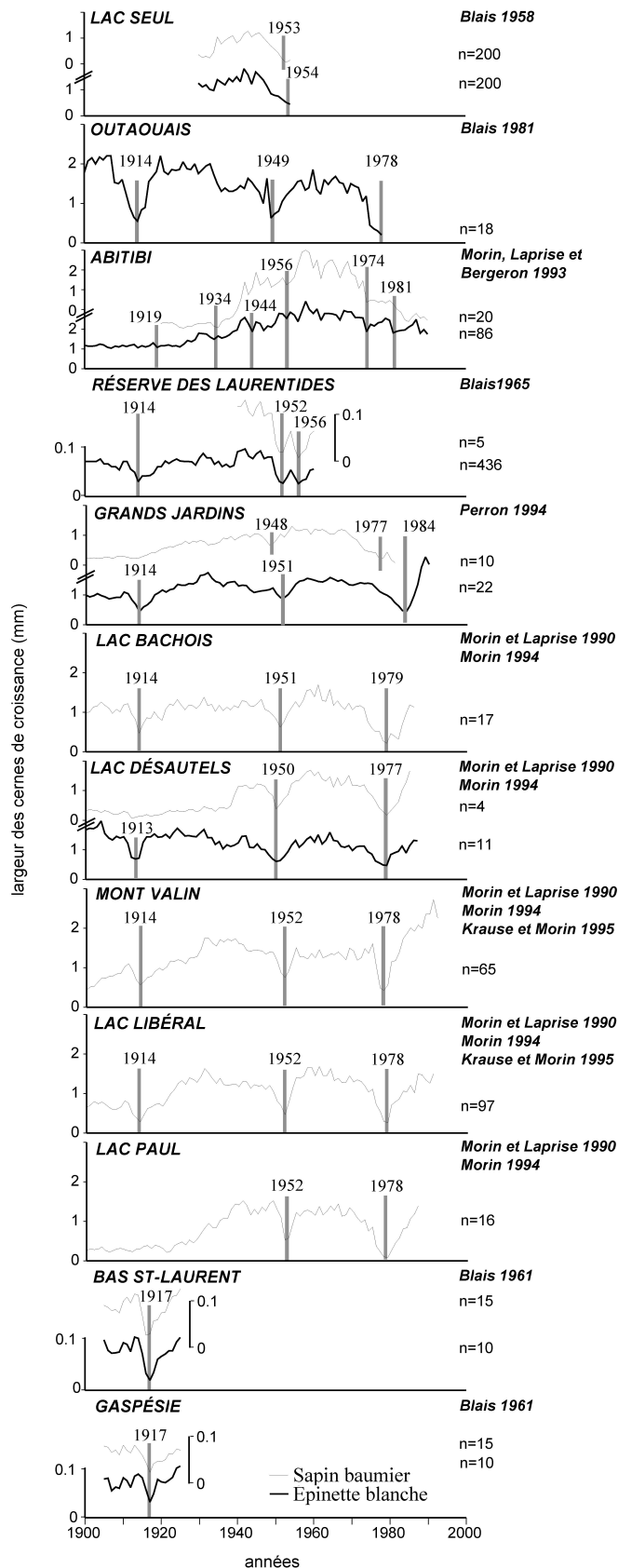
RÉSULTATS

La synthèse regroupe 19 chronologies comprenant 1257 arbres, dont 464 sapins et 793 épinettes blanches (fig. 2). Les données proviennent de régions très différentes. Elles sont nombreuses pour certaines régions bien étudiées par Blais (1983) comme dans la réserve des Laurentides, en Gaspésie, et au lac Seul, ou par Morin et Laprise (1990), Morin *et al.* (1993) et Krause et Morin (1995), comme dans le nord du Saguenay - Lac Saint-Jean et en Abitibi. Malheureusement, il y a des secteurs très peu représentés comme le sud-est du Québec, l'est et le centre de l'Ontario et les provinces maritimes. Les seules données connues pour la forêt boréale du domaine de l'épinette noire sont celles de Morin et Laprise (1990), Krause et Morin 1995 et Krause (1997).

Les travaux effectués à partir des relevés de défoliation du ministère des Ressources naturelles du Québec sur la dynamique spatio-temporelle de la dernière épidémie montrent que l'insecte aurait d'abord atteint les régions situées au sud-ouest du Québec pour ensuite s'étendre vers le nord-est (Hardy *et al.*, 1983, 1985; Gray *et al.*, 1997). Les chronologies ont été représentées à la figure 2 en respectant cette distribution spatio-temporelle du haut de la figure

FIGURE 2. Années de plus faible croissance enregistrées chez les arbres hôtes de la tbe pour les épidémies du XX^e siècle dans les chronologies répertoriées dans l'est de l'Amérique du Nord.

Years of minimum radial growth registered by spruce budworm host trees for the 20th century outbreaks in the listed chronologies in Eastern North America.



(sud-ouest) vers le bas (nord-est). En Ontario, cependant, les études sur la dynamique spatio-temporelle des épidémies indiquent qu'elles auraient plutôt évolué du centre de la province vers le nord-ouest (Candau *et al.*, 1997). Malheureusement, les données dendrochronologiques sont insuffisantes pour les inclure dans l'interprétation.

Si on fait exception de la région abitibienne, on observe au premier coup d'œil le remarquable synchronisme entre les différentes régions représentées pour les trois épidémies du XX^e siècle. La plus faible croissance radiale lors de la première épidémie (1909-23) a été atteinte vers 1914 dans la majorité des régions, sauf en Abitibi où elle arrive environ cinq ans plus tard et dans le Bas-Saint-Laurent et en Gaspésie, où elle arrive trois ans plus tard.

Lors de la deuxième épidémie (1944-53), la croissance la plus faible se situe entre 1948 et 1952 dans la majorité des régions. Encore une fois, la région abitibienne fait exception. Dans l'ensemble, la première vague de l'épidémie semble avoir d'abord été enregistrée en Abitibi, puis dans l'Outaouais et par après, dans le nord-est du Québec. Dans la réserve des Laurentides, deux vagues de défoliation sont associées à cette épidémie (Blais, 1965). La deuxième vague correspond à la réduction minimale en Abitibi.

Enfin, la réduction la plus importante lors de la troisième épidémie (1974-88) a été enregistrée entre 1977 et 1979 à peu près partout, sauf en Abitibi où la première vague fut enregistrée en 1974, particulièrement chez l'épinette blanche, et où la deuxième vague (1981) correspond assez bien à la réduction observée ailleurs (1978-79). Les épinettes blanches des Grands Jardins présentent également une réduction minimale tardive. On observe un ralentissement en 1978-79 mais il s'est poursuivi plus longtemps.

DISCUSSION

Si on fait exception de la chronologie de l'Abitibi, l'analyse des chronologies existantes ne montre pas une expansion des épidémies des régions méridionales vers les régions plus nordiques à moins forte proportion de sapin. Les chronologies du sud du Québec sont synchrones avec celles de la réserve des Laurentides et du nord du Saguenay - Lac Saint-Jean pour les trois épidémies du XX^e siècle, jusqu'au 50^e parallèle où les populations de sapin sont marginales. Il y a un léger décalage vers l'est pour la première épidémie, dans le Bas-Saint-Laurent et en Gaspésie, où les populations de sapin sont pourtant abondantes. Dès le début du siècle, Swaine et Craighead (1924) avaient observé la même dynamique pour la première épidémie.

L'idée selon laquelle les épidémies prennent de l'expansion vers des régions périphériques tient de l'hypothèse selon laquelle l'augmentation des populations de l'insecte se faisait à partir d'un ou de plusieurs foyers d'infestation, selon une épidémiologie analogue à celle des virus dans les populations animales. L'étude de l'épidémiologie pour la dernière épidémie du XX^e siècle (Hardy *et al.*, 1983) appuie cette hypothèse. Par ailleurs, les études sur la dynamique des populations de l'insecte (Régnière et Sharov, 1997) et le

relevé des pièges à phéromone (Boulet 1994) indiquent une épidémiologie différente. L'insecte serait présent à l'état endémique sur de vastes territoires et la poussée épidémique serait relativement synchrones. On observe, par exemple, à peu près le même nombre de papillons dans les pièges à phéromone situés au lac Libéral, près du 50^e parallèle dans la forêt d'épinette noire, que dans la forêt mixte de la ville de La Baie, au Saguenay (MRN, comm. pers.). Les résultats des analyses dendrochronologiques présentées ici appuient cette hypothèse. Les mécanismes qui permettent une synchronisation des augmentations locales des populations d'insecte sont encore mal connus. On a proposé que le climat pourrait, en tant que facteur agissant sur de vastes territoires, être le déclencheur des augmentations de populations. Une série d'étés secs a souvent été considéré comme un prérequis à une épidémie de tbe (Blais, 1954, 1965 ; Wellington *et al.*, 1950). Cependant, les preuves associant les épidémies d'insectes et les sécheresses sont davantage circonstancielles consistant largement en des observations de par le monde selon lesquelles les épidémies d'insectes comme les défoliateurs sont typiquement précédées d'un climat anormalement chaud et sec (Mattson et Haack, 1987). Le contraire, c'est-à-dire un climat humide, a aussi été associé aux épidémies chez *Choristoneura occidentalis*, la tordeuse de l'ouest (Swetnam et Lynch, 1993). Royama (1984) a discrédité cette hypothèse de déclenchement climatique chez la tbe. Cependant, l'influence du climat sur les fluctuations annuelles de la fécondité apparente, reliée surtout à la migration des papillons, pourrait servir de mécanisme de synchronisation (Royama, 1984 ; Régnière et Lysyk, 1995).

Par ailleurs, l'analyse des relevés de défoliation (Hardy *et al.*, 1985 ; Kettela, 1983) et l'information sur la progression de la dernière épidémie du XX^e siècle qui est en développement actuellement au Québec (Boulet, 1994) montrent que la défoliation en Outaouais devance de plusieurs années le reste de la province. Les vallées du Saguenay et du Saint Maurice suivraient rapidement par la suite. Le synchronisme serait donc imparfait et il est bien établi que les régions de part et d'autre d'un axe sud-ouest nord-est formé par la vallée du Saint-Laurent manifestent la défoliation par la tbe plus tard. Pour réconcilier les courbes de croissance et l'information sur la distribution spatiale de la défoliation, il faut considérer ce qui détermine le minimum du taux de croissance des arbres touchés. On ne connaît pas encore suffisamment la relation entre le niveau de défoliation et ses conséquences sur la largeur du cerne de croissance (Gionest, Krause, Morin et MacLean, en prép.). On sait cependant que la croissance minimale est atteinte après quelques années de défoliation importante. Si les fluctuations du niveau des populations d'insectes sont régies par le rapport œuf-papillons (Royama, 1984) dont les fluctuations sont synchrones sur de vastes étendues et répondent au climat pendant la période de vol des papillons, les fluctuations annuelles de la défoliation, une fois une épidémie déclenchée, seraient hautement corrélées dans l'espace. Donc, le minimum de croissance peut être plus synchronisé que le déclenchement ou le déclin puisqu'il pourrait survenir n'importe quand par

rapport à la période épidémique locale. Le niveau de défoliation observable dans une région donnée pourrait fluctuer autour d'une valeur assez faible bien avant qu'une défoliation plus importante synchronisée sur de vastes territoires n'entraîne un minimum de croissance dans les cernes des arbres hôtes.

D'autres études dendroécologiques viennent appuyer l'abondance de la tbe dans l'espace et dans le temps dans le domaine nordique de la pessière noire. On a proposé que les sapinières méridionales présentaient une dynamique où la tbe permettrait à la banque de semis, en tuant les arbres matures, de constituer un nouveau peuplement selon un modèle cyclique relativement stable à long terme (Baskerville, 1975 ; MacLean, 1988). Cette dynamique a récemment été mise en évidence dans des sapinières marginales situées aux environs du 50^e parallèle, dans le domaine de la pessière noire (Morin, 1994 ; Morin et Laprise, 1997). Toutes les structures d'âge provenant de sapinières dans un vaste territoire étaient associées à l'une ou l'autre des quatre dernières épidémies de la tbe qui ont contribué massivement à la mortalité des arbres. Les structures d'âge montraient que les arbres s'étaient régénérés à partir d'une banque de semis après que les arbres matures aient été décimés par la défoliation. Ces résultats montrent également que l'épinette noire pourrait jouer un rôle plus important qu'on le pense dans la dynamique des épidémies de tbe (Lussier, 1997).

PROBLÉMATIQUE DE L'ABITIBI

Nous avons peu de données dans l'ouest du Québec et en Ontario. La chronologie établie en Abitibi indique une réponse tardive pour la première épidémie du XX^e siècle et hâtive pour les deux subséquentes. Elle n'est pas synchrone avec les autres. Deux hypothèses ont été proposées pour expliquer cette dynamique différente (Morin *et al.*, 1993). La première serait liée au fait que la région étudiée est proche des limites de distribution de l'insecte. Les résultats obtenus dans le nord du Saguenay - Lac-Saint-Jean, dans des situations semblables, n'appuient pas cette hypothèse. L'autre hypothèse concerne la composition de la forêt. La région étudiée était constituée de forêts mixtes dominées par des feuillus et non de forêts de résineux. On sait que la proportion de feuillus dans un territoire peut avoir un effet sur les conséquences des épidémies de la tbe (Bergeron *et al.*, 1995 ; Cappucino *et al.*, 1998). Les mécanismes sont cependant encore peu connus. On peut ajouter une troisième hypothèse : la dynamique des épidémies serait vraiment différente de celle des régions plus à l'est. En effet, il semble, d'après l'analyse des relevés de défoliation en Ontario, que la dynamique des épidémies soit différente de celle des régions situées plus à l'est. Les deux dernières épidémies auraient débuté dans le centre de la province pour ensuite se déplacer progressivement vers l'ouest, contrairement à celles des régions de l'est (Candau *et al.*, 1997). La région étudiée en Abitibi, presque sur la frontière ontarienne, fait peut-être partie de ce régime, s'il existe vraiment.

Il manque encore beaucoup de données pour bien comprendre la dynamique spatio-temporelle des épidémies de la tbe dans l'est de l'Amérique du Nord. Les données récoltées

pendant les épidémies comme les relevés de défoliation, les inventaires des œufs et des larves de deuxième stade (L2), et pendant les périodes endémiques comme les relevés de papillons dans les pièges à phéromones, sont d'un grand secours. Mais la dendrochronologie demeure un outil puissant pour retracer cette dynamique et pour pouvoir comparer plusieurs épidémies sur plusieurs décennies. Il faut donc multiplier les chronologies locales dans les régions inexplorées. Nous pourrions éventuellement mieux comprendre la dynamique des épidémies dans un contexte d'intervention humaine et de changements environnementaux. C'est une opération cruciale pour une intervention éclairée.

REMERCIEMENTS

J'aimerais remercier les organisateurs et le Centre de coopération interuniversitaire franco-québécoise pour m'avoir permis de participer au Colloque d'Aussois. Je remercie également Jacques Régnière et Louis Bélanger pour leurs commentaires constructifs qui ont permis d'améliorer la version préliminaire du manuscrit. Merci également à Pierre-Yves Plourde pour son inlassable travail de recherche des chronologies et pour la confection des figures.

RÉFÉRENCES

- Baskerville, G.L., 1975. Spruce budworm - super sylviculturist. *Forestry Chronicle*, 51 : 4-6.
- Bergeron, Y., Leduc, A. Morin, H. et Joyal, C., 1995. Balsam fir mortality following the last spruce budworm outbreak in northwestern Québec. *Canadian Journal of Forest Research*, 25 : 1375-1384.
- Blais, J.R., 1954. The recurrence of spruce budworm infestations in the past century in the Lac Seul Area of Northwestern Ontario. *Ecology*, 35 : 62-71.
- _____. 1958. Effects of defoliation by spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* Clem.) on radial growth at breast height of balsam fir (*Abies balsamea* (L.) Mill.) and white spruce (*Picea glauca* (Moench) Voss.). *Forestry Chronicle*, 34 : 39-47.
- _____. 1962. Collection and analysis of radial growth data from trees for evidence of past spruce budworm outbreaks. *Forestry Chronicle*, 38 : 474-483.
- _____. 1965. Spruce budworm outbreaks in the past three centuries in the Laurentide Park, Québec. *Forest Science*, 11 : 130-138.
- _____. 1983. Trends in the frequency, extent, and severity of spruce budworm outbreaks in eastern Canada. *Canadian Journal of Forest Research*, 13 : 539-547.
- _____. 1984. Réflexions sur l'épidémiologie de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)) suite à 40 années d'études. *Revue d'Entomologie du Québec*, 29 : 27-33.
- _____. 1985. Epidemiology of the spruce budworm in Western Ontario: A discussion. *Forestry Chronicle*, 61 : 494-498.
- Boulet, B., 1994. Use of pheromone trap catches for monitoring changes in spruce budworm populations densities in Québec. In A. Raske, éd., Eastern Spruce Budworm Research Work Conference, St. John's, Newfoundland, April 14-16, 1994. Canadian Forest Service-Newfoundland and Labrador Region, St-John's, Newfoundland.
- Candau, J.N., Fleming, R.A., Hopkin, T. et Perrera, A., 1997. Ontario historical data. Proceedings of the 17th Eastern Spruce Budworm Research Work Conference, Québec, April 2-3, 1997. Inf. Rep. LAU-X-113B.
- Cappucino, N., Lavertu, D. et Régnière, J., 1998. Spruce budworm impact, abundance and parasitism in patchy landscapes. *Oecologia* (sous presses).

- Gray, R.D., Régnière, J. et Boulet, B., 1997. A spatial analysis of the ESBW historical data of Quebec. Proceedings of the 17th Eastern Spruce Budworm Research Work Conference, Québec, April 2-3, 1997. Inf. Rep. LAU-X-113B.
- Hardy, Y.J., Lafond, A. et Hamel, L., 1983. The epidemiology of the current spruce budworm outbreak in Québec. *Forest Science*, 29 : 715-725.
- Hardy, Y., Mainville, M. et Schmitt, D.M., 1985. An Atlas of Spruce Budworm Defoliation in Eastern North America, 1938-80. USDA Forest Service Miscellaneous publication 1449, 51 p.
- Kettela, E.G., 1983. Historique en cartes de la défoliation causée par la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans l'est de l'Amérique du Nord de 1967 à 1981. Canadian Forest Service, Maritime Forest Research Center, Fredericton, N.B., Inf. Rep. DPC-X-14, 8 p.
- Krause, C., 1997. The use of dendrochronological material from buildings to get information about past spruce budworm outbreaks. *Canadian Journal of Forest Research*, 27 : 69-75.
- Krause, C. et Morin, H., 1995. Changes in radial increment in stems and roots of balsam fir (*Abies balsamea* Mill.) after the defoliation by spruce budworm outbreaks. *Forestry Chronicle*, 71 : 747-754.
- Lussier, J.M., 1997. Reconstitution de la dynamique récente de pessières noires vierges et de seconde venue. Thèse de Ph. D., Université du Québec à Montréal.
- MacLean, D.A., 1988. Effects of spruce budworm outbreaks on vegetation, structure, and succession of balsam fir forests on Cape Breton Island, Canada, p. 253-261. In M.J.A. Werger, P.J.M. Van der Aart, H.J. During et J.T.A. Verhoeven, édit., Plant form and vegetation structure. SPB Academic, La Haye.
- Mattson, W.J. et Haack, R.A., 1987. The role of drought in outbreaks of plant-eating insects. *BioScience*, 37 : 110-118.
- Morin, H., 1994. Dynamics of balsam fir forests in relation to spruce budworm outbreaks in the boreal zone, Québec. *Canadian Journal of Forest Research*, 24 : 730-741.
- Morin, H. et Laprise, D., 1990. Histoire récente des épidémies de la Tordeuse des bourgeons de l'épinette au nord du Lac Saint-Jean, Québec : une analyse dendrochronologique. *Canadian Journal of Forest Research*, 20 : 1-8.
- _____. 1997. Seedling bank dynamics in balsam fir boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 27 : 1442-1451.
- Morin, H., Laprise, D. et Bergeron, Y., 1993. Chronology of spruce budworm outbreaks in the Lake Duparquet region, Abitibi, Québec. *Canadian Journal of Forest Research*, 23 : 1497-1506.
- Royama, T., 1984. Population dynamics of the spruce budworm *Choristoneura fumiferana*. *Ecological Monographs*, 54 : 429-462.
- Régnière, J. et Lysyk, T.J., 1995. Population dynamics of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana*. p. 95-105. In J.A. Armstrong et W.G.H. Ives, édit., Forest insect pests in Canada. Natural Resource Canada, Canadian Forest Service, Ottawa.
- Régnière, J. et Sharov, A., 1997. Towards a moderate-complexity model of spruce budworm population dynamics. Proceedings of the 17th Eastern Spruce Budworm Research Work Conference, Québec, April 2-3, 1997. Inf. Rep. LAU-X-113B.
- Schweingruber, F.H., 1996. Tree rings and environment. Dendroecology. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt, 609 p.
- Swaine, J.M. et Craighead, F., 1924. Studies on the spruce budworm (*Cacoecia fumiferana* Clem.) Part I. A general account of the outbreaks, injury and associated insects. Department of Agriculture, Bulletin 37-New series, Ottawa.
- Swetnam, T.W., Thompson, M.A. et Sutherland, E.K., 1985. Spruce Budworms Handbook. Using dendrochronology to measure radial growth of defoliated trees. United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook 639, 39 p.
- Swetnam, T.W. et Lynch, A.M., 1993. Multicentury, regional-scale patterns of Western spruce budworm outbreaks. *Ecological Monographs*, 63 : 399-424.
- Wellington, W.G., Fettes, J.J., Turner, K.B. et Belyea, L.M., 1950. Physical and biological indicators of the development of outbreaks of the spruce budworm (*Choristoneura fumiferana* (Clem.)) and the forest tent caterpillar, *Malacosoma disstria* Hbn. (*Lepidoptera: Tortricidae; Lasiocampidae*). *Canadian Journal of Zoology*, 30 : 114-127.