



**DIMINUTION DE LA CROISSANCE DE L'ERABLE A
SUCRE : ANALYSE COMPARATIVE AVEC LE HETRE A
GRANDES FEUILLES.**

Par

Philippe Nolet, B.Sc., M.Sc.

Remis à

Gilles Couturier

FraserPapers

(FPS Canada Inc.)

et au

Ministère des Ressources naturelles de la Faune

Unité de gestion 64

Avril 2009



Institut québécois d'aménagement
de la Forêt feuillue

Équipe de réalisation de l'IQAFF*

Responsables scientifiques

Philippe Nolet, B.Sc., M.Sc.

Équipe technique :

Daniel Bouffard, M.Sc.

Régis Pouliot

Julie Poirier

Natalie Rojas

*IQAFF : Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue
58 Principale, Ripon, Québec, J0V 1V0
Tél : 819-983-6589 ; Fax : 819-983-6588
Courriel : iqaff@iqaff.qc.ca
Site internet : www.iqaff.qc.ca

Pour citation :

Nolet, P. 2009. Diminution de la croissance de l'érable à sucre : analyse comparative avec le hêtre à grandes feuilles. Institut Québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue, Ripon, Québec. Rapport Scientifique, 34 p.

Remerciements

Nous tenons à remercier Daniel Bouffard, Régis Pouliot et Julie Poirier pour tous les efforts investis lors des inventaires terrains ainsi qu'à Natalie Rojas pour son dévouement lors de l'étude dendrochronologique des échantillons.

Ce projet est financé par le Programme de Mise en Valeur des Ressources du Milieu Forestier, Volet I (Acquisition de connaissances/recherche) du Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune du Québec.

Résumé

L'objectif de cette étude est de mieux documenter la présence et l'amplitude de la baisse de croissance de l'érable à sucre afin d'évaluer si le problème de la mortalité après coupe de jardinage est dû surtout à la coupe de jardinage en tant que telle (ou ses modalités) ou à une diminution de l'état de santé des érablières avant même que l'on fasse le traitement. Pour ce faire, nous avons comparé sur une période de près de 60 ans la croissance de l'érable à sucre à celle du hêtre à grandes feuilles, une essence qui côtoie fréquemment l'érable à sucre. Cette comparaison pairée a été effectuée sur des arbres de diverses classes de diamètre afin de vérifier si les patrons de croissance observés sont variables en fonction de la taille des individus. Alors qu'au début de la période la croissance diamétrale de l'ERS est d'environ 2 mm/an en moyenne, elle atteint environ 3,8 mm/an en 1973 avant de redescendre lentement, mais de façon soutenue jusqu'à environ 1,2 mm/an en 2007. Durant la même période (i.e. 1950-2007), aucune tendance nette d'augmentation ou de diminution n'est perceptible pour le HEG. On remarque ainsi que l'ERS a eu en moyenne une meilleure croissance que le HEG de 1955 à 1983, mais que depuis ce moment, la croissance du HEG est meilleure que celle de l'ERS. Quand on décortique les résultats par classe de DHP, on obtient des résultats semblables, sauf pour la plus grande classe de DHP (36-44 cm) pour laquelle on observe une baisse marquée de la croissance du HEG également. Étant donné que le pic de croissance observé en 1973 semble attribuable à les coupes partielles subies par les peuplements autour de cette période, il ne nous apparaît pas justifié d'utiliser cette année-là comme base de comparaison. En utilisant la période 1950-1964 comme

période de référence, on obtient une diminution de croissance de l'ordre de 23% entre 1950 et 2007 pour la classe des 36-44 cm. Pendant ce temps, le HEG subit une baisse de croissance de 16% pour la même classe de DHP. Comme l'ERS et le HEG sont les deux essences les plus importantes des peuplements échantillonnés, il nous apparaît plus juste de parler d'une détérioration de la santé de l'écosystème plutôt que d'un dépérissement de l'ERS seulement. Nous concluons qu'il n'y a pas lieu de penser, contrairement à la croyance généralisée, que les mauvais rendements associés aux coupes de jardinage sont attribuables seulement à une mauvaise sélection des tiges lors du traitement de jardinage. Devant l'urgence d'agir, diverses solutions sont proposées.

Table des matières

Équipe de réalisation de l'IQAFF*	ii
Remerciements	ii
Résumé	iii
Table des matières	v
Liste des Figures	vi
1. Introduction.....	1
2. Secteur d'étude	4
3. Protocole d'échantillonnage	5
3.1 Approche.....	5
3.2 Échantillonnage.....	5
3.3 Mesures en laboratoire.....	6
4. Résultats et discussions	7
5. Implications pour l'aménagement et conclusion	21
Références	25

Liste des Figures

Figure 1. Évolution de la croissance diamétrale de l'ERS et du HEG de 1950 à 2007 et de la différence de croissance entre les deux essences.	8
Figure 2. Évolution, par grandes classes de diamètre, de la croissance diamétrale de l'ERS et du HEG de 1950 à 2007 et de la différence de croissance entre les deux essences.	10
Figure 3. Évolution, par peuplement, de la croissance diamétrale de l'ERS de 1950 à 2007 pour la classe de DHP 36-44cm.	13
Figure 4. Tendances d'évolution de croissance diamétrale pour l'ERS et le HEG par classe de DHP en utilisant seulement les périodes 1950-50 et 2003-2007.	15
Figure 5. Tendances d'évolution de croissance diamétrale pour l'ERS, par peuplement et classe de DHP en utilisant seulement les périodes 1950-50 et 2003-2007. Les lignes bleues indiquent les données réelles alors que les lignes noires indiquent les tendances.	16
Figure 6. Tendances d'évolution de croissance diamétrale pour le HEG, par peuplement et classe de DHP en utilisant seulement les périodes 1950-50 et 2003-2007. Les lignes bleues indiquent les données réelles alors que les lignes noires indiquent les tendances.	17
Figure 7. Moyenne des croissances diamétrales annuelles par période de 15 ans pour l'ERS et le HEG par classe de DHP.	19
Figure 8. Évolution de la croissance diamétrale de l'ERS et du HEG de 1950 à 2007 et de la différence de croissance entre les deux essences pour deux différentes catégories de pH. Analyse effectuée sur 40 paires d'arbres choisies aléatoirement dans les deux plus grandes classes de DHP.	20

1. Introduction

La coupe de jardinage est le traitement sylvicole le plus utilisé en forêt feuillue publique depuis le début des années 1990. Les rendements attendus associés à ce traitement sont basés en partie sur les dispositifs expérimentaux de la Direction de la Recherche Forestière (Majcen 1995, Bédard et Majcen 2001). Après plus de 10 ans d'utilisation à grande échelle de ce traitement, Bédard et Brassard (2002) déposaient un rapport, basé sur des données provenant du réseau des effets réels, indiquant que la mortalité 5 ans après jardinage en forêt publique est approximativement 2 fois plus élevée que dans les dispositifs expérimentaux de la DRF. Nolet et Bouffard (2005) montrent aussi que la mortalité annule l'accroissement brut 10 ans après jardinage dans la région des Laurentides. Bédard et Brassard (2002) émettent l'hypothèse que cette forte mortalité est due à une mauvaise sélection des tiges lors de l'application du traitement, considérant que trop d'arbres non vigoureux sont laissés sur pied après traitement. Suite à ce constat, le MRNF propose une nouvelle classification des tiges afin de resserrer l'application de la coupe de jardinage en forêt publique. Depuis ce temps, un article de Nolet *et al.* (2007) a démontré que cette nouvelle classification ne permettait pas de prédire avec succès la mortalité observée. Aussi, une autre étude (Nolet 2007) démontre que les effets des chablis, qui sont responsables d'une grande proportion de la mortalité en forêt feuillue, pourraient être grandement diminués par un martelage des tiges en fonction de l'essence et du diamètre. Ainsi, il apparaît que l'hypothèse d'une mauvaise sélection des tiges pour expliquer la mortalité après jardinage ne peut tout

justifier à elle seule.

Dans les mêmes années, Duchesne *et al.* (2002) montraient que les baisses de croissance et le dépérissement de l'érable à sucre au Québec sont associés à des sites plus pauvres et plus acides. Labrecque *et al.* (2006) et Nolet *et al.* (2007) montrent aussi une baisse de croissance marquée de l'érable à sucre au cours des 15 dernières années. Il est ainsi permis de croire que la forte mortalité après coupe de jardinage pourrait aussi être expliquée par une diminution de l'état de santé des érablières avant même l'application du traitement de jardinage.

Ce dépérissement ou cette baisse de vigueur de l'érable à sucre ont été étudiés amplement dans le nord-est américain et en Ontario. Un très grand nombre d'études font état d'un lien possible entre les précipitations acides et le déclin de l'érable à sucre (Duchesne *et al.* 2005, Juice *et al.* 2006, Lovett *et al.* 2004). Les sites les plus pauvres seraient les plus enclins à être affectés par les pluies acides (Sharpe 2002). Par exemple, Horsley *et al.* (2000) ont observé dans le nord de la Pennsylvanie que tous les peuplements où le dépérissement était modéré à sévère étaient situés sur les sommets et hauts de pente qui n'avaient pas subi l'effet des glaciers. Les peuplements situés sur des sites exposés à la glaciation ou les bas de pente qui n'avaient pas subi de glaciation n'étaient pas touchés par le dépérissement. Whitney (1999), quant à lui, montre que, dans plusieurs états américains, l'érable à sucre a augmenté en abondance sur une grande variété de sites, et ce, parfois sur des sites qui lui sont peu appropriés. Il conclut que cette colonisation sur des sites marginaux peut expliquer en partie le déclin observé de l'érable à sucre, puisque sur ces sites sa croissance est plus lente, il se détériore à

un âge plus précoce et succombe à des maladies. D'autres facteurs peuvent aussi avoir contribué au dépérissement de l'érable à sucre. Les événements climatiques extrêmes, les attaques par les insectes (Sharpe 2002) et même l'envahissement des sols par des vers de terre exotiques Lawrence *et al.* (2003) ont été avancées pour expliquer le déclin de l'érable à sucre, ou une partie de celui-ci.

Horsley *et al.* (2000) sont d'avis que l'érable à sucre est en santé sur la majeure partie de son aire de distribution, mais que les épisodes de déclin n'ont été observés que sporadiquement. Il semble toutefois que les scientifiques s'accordent pour confirmer qu'il y a bel et bien un dépérissement généralisé de l'érable à sucre. D'après nous au Québec, l'amplitude d'un tel déclin reste à documenter. En effet, la seule étude qui quantifie la baisse de croissance de l'érable est celle de Duchesne *et al.* (2002). Or, même dans cette étude, cette baisse est observable seulement dans quelques peuplements échantillonnés et suit généralement une forte augmentation de la croissance de l'érable à sucre. L'identification d'une baisse de croissance est ainsi fortement associée à la période de référence.

L'objectif de cette étude est donc de mieux documenter la présence et l'amplitude de la baisse de croissance de l'érable à sucre. Avec une meilleure compréhension de cette baisse, nous serons en mesure d'évaluer si le problème de la mortalité après coupe de jardinage est dû surtout à la coupe de jardinage en tant que telle (ou ses modalités) ou à une diminution de l'état de santé des érablières avant même que l'on fasse le traitement. De plus, l'étude devrait nous permettre de mieux évaluer quels peuplements et quels sites sont les plus susceptibles à des baisses de croissance et des fortes

mortalités.

Plus précisément, afin de bien vérifier si l'érable à sucre a subi ou est en train de subir une baisse de croissance, nous allons comparer celle-ci à celle du hêtre à grandes feuilles, une essence qui côtoie fréquemment l'érable à sucre. Cette comparaison sera effectuée sur des arbres de diverses classes de diamètre afin de vérifier si les patrons de croissance observés sont variables en fonction de la taille des individus.

2. Secteur d'étude

La présente étude a été menée dans 11 secteurs situés dans la région de Mont-Laurier, dans l'unité de paysage du même nom définie par Robitaille et Saucier (1998), entre les latitudes 46° 05' et 46° 37' et les longitudes 75° 16' et 75° 44'. La végétation est représentative du domaine bioclimatique de l'érablière à bouleau jaune (Saucier *et al.* 1998) et le climat est du type subpolaire subhumide, continental. Le relief, peu accidenté, est formé de coteaux et de collines présentant des sommets arrondis et des versants généralement peu inclinés (Robitaille et Saucier 1998). Les roches métamorphiques constituent la composante principale du substrat rocheux, alors que les dépôts de surface sont surtout dominés par des tills minces et épais, et dans une moindre mesure, par des dépôts juxta-glaciaires et des affleurements rocheux (Robitaille et Saucier 1998). La température et les précipitations moyennes annuelles observées dans cette région se situent respectivement entre 2.5 à 5.0 °C et 900 et 1000 mm (25-30 % sous forme de neige), alors que la longueur de la saison de croissance oscille entre 170 et 180 jours. La végétation potentielle des sites mésiques de milieu de

pente est l'érablière à bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton), ou encore l'érablière à tilleul d'Amérique (*Tilia americana* L.) sur sol calcaire. L'érablière à ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana* (Mill.) K. Koch), et dans une moindre mesure l'érablière à tilleul d'Amérique et hêtre à grandes feuilles (*Fagus grandifolia* Ehrh.), apprécient les hauts de pente bien drainés. La bétulaie jaune à sapin baumier (*Abies balsamea* (L.) Mill.) et la sapinière à érable rouge (*Acer rubrum* L.) préfèrent les bas de pente.

3. Protocole d'échantillonnage

3.1 Approche

Afin de pouvoir comparer efficacement la croissance à long terme de l'érable à sucre et du hêtre à grandes feuilles, nous avons choisi une approche par laquelle des paires d'individus (un érable et un hêtre) seraient échantillonnées. Afin de rendre cette comparaison la plus logique possible, il était important que pour une même paire d'arbre, les arbres soit de la même classe de diamètre, qu'ils soient dans le même étage (opprimé, intermédiaire, co-dominant ou dominant) et qu'ils expérimentent un niveau de compétition semblable.

3.2 Échantillonnage

Afin de bien représenter le territoire, nous avons sélectionnés 10 peuplements dominés par l'érable à sucre (selon l'appellation cartographique) qui n'avaient pas été traités depuis au moins 20 ans afin d'éviter un effet d'une coupe récente sur la croissance. Dans chaque peuplement, 16 paires d'arbres ont été échantillonnées, soit 4 paires par

grandes classes de DHP (10-18 cm; 18-26 cm; 26-34 cm; 34-42 cm). Les arbres d'une même paire :

- n'avaient pas plus de 2 cm de diamètre de différence;
- étaient de la même classe de dominance;
- présentaient un niveau de compétition semblable, tel qu'exprimé par un point de prisme autour des arbres;
- étaient suffisamment distancés pour ne pas influencer directement la croissance l'un de l'autre;

et étaient suffisamment près l'un de l'autre (pas plus de 25 m) pour pouvoir considérer qu'ils ont crû sur des conditions édaphiques semblables.

Dans un même peuplement, les paires étaient sélectionnées en tentant de couvrir un éventail de conditions édaphiques, et ce, en parcourant diverses conditions topographiques. De plus, une distance d'au moins 100 m devait être respectée entre chacune des paires d'arbres. Cette façon d'échantillonner les paires d'arbres visait à les rendre indépendantes les unes des autres statistiquement.

Sur chacun des arbres, une carotte était prise jusqu'au centre de l'arbre (lorsque la carie ne l'empêchait pas) avec l'aide d'une sonde de Pressler. On notait également pour chaque couple la profondeur du dépôt de surface évaluée à l'aide d'une sonde pédologique.

3.3 Mesures en laboratoire

Les carottes prélevées sur les tiges d'érable et de hêtre ont d'abord été séchées à l'air

libre, puis collées à des languettes de bois avant d'être sablées, en trois étapes, avec du papier abrasif aux dimensions suivantes: 150 grains/po², 400 grains/po² et 600 grains/po². L'évaluation de la largeur des cernes de chacune 50 dernières années de croissance a été effectuée à l'aide d'un stéréomicroscope Leica MZ125 (40 x) couplé à une table de numérisation électronique Velmex d'une précision de 10 microns.

Une analyse de sol a été faite pour 40 paires d'arbres choisies aléatoirement dans les deux plus grandes classes de DHP en prélevant et regroupant 3 échantillons (autour de l'érable à sucre étudié) dans l'horizon B. Avant analyse, les échantillons ont été séchés à l'air ambiant et broyés finement. Le pH a été mesuré dans une boue de sol (2 volume de sol, 1 volume d'eau déminéralisée), à l'aide d'un couple d'électrode étalonné avec des tampons de pH 4, 7 et 10.

4. Résultats et discussions

La croissance diamétrale des érables à sucre (ERS) échantillonnés présente une grande évolution depuis 1950 (figure 1). En effet, alors qu'au début de la période la croissance diamétrale est d'environ 2 mm/an en moyenne, elle atteint environ 3,8 mm/an en 1973 avant de redescendre lentement, mais de façon soutenue jusqu'à environ 1,2 mm/an en 2007. Le pic de croissance de 1973 couplé à la diminution subséquente constitue un patron très semblable à celui observé par Duchesne *et al.* (2005) et Lawrence *et al.* (2003). Durant la même période (i.e. 1950-2007), les hêtres à grande feuille (HEG) échantillonnés présentent des variations de croissance diamétrale relativement importantes, mais aucune tendance nette d'augmentation ou de diminution

n'est perceptible. Au final, quand on observe les différences de croissance entre les paires d'arbres (ERS et HEG), on remarque que l'ERS a eu en moyenne une meilleure croissance que le HEG de 1955 à 1983, mais que depuis ce moment, la croissance du HEG est meilleure que celle de l'ERS. Cela est particulièrement vrai en 2007 qui fut une mauvaise année pour l'ERS, mais une bonne pour le HEG. Nous ne pouvons expliquer pour l'instant ce record de différence de croissance entre les deux essences pour cette année en particulier.

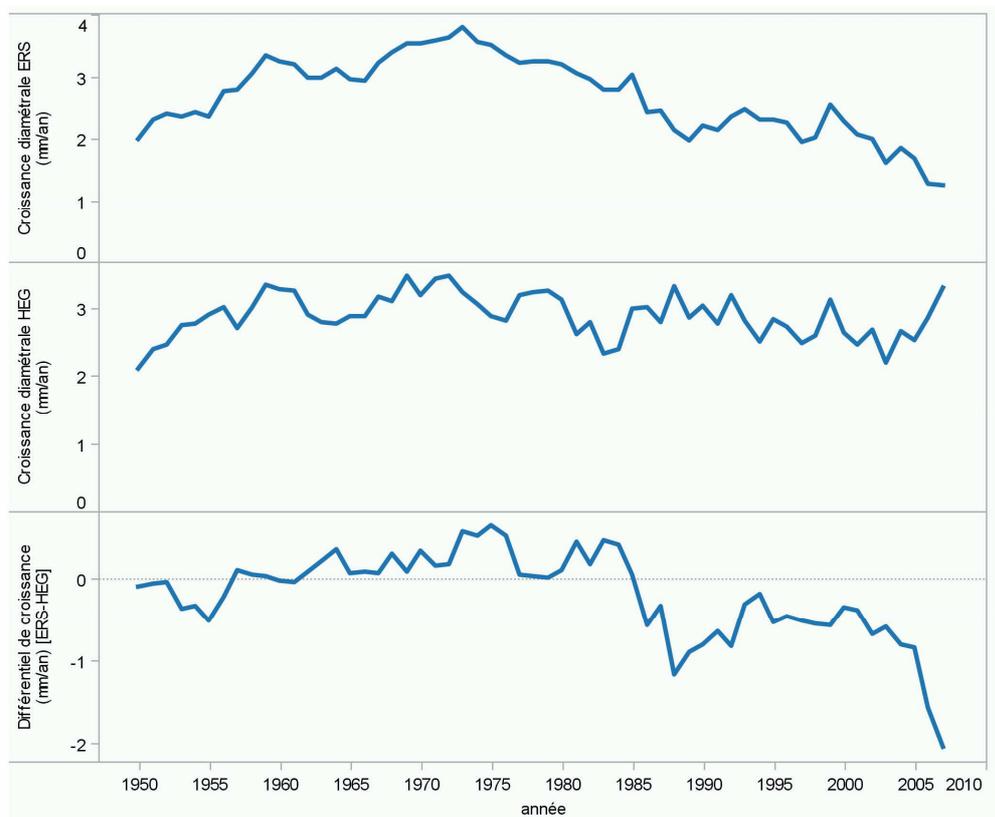


Figure 1. Évolution de la croissance diamétrale de l'ERS et du HEG de 1950 à 2007 et de la différence de croissance entre les deux essences.

Nous avons par la suite décortiqué ces résultats par grande classe de diamètre (figure 2) afin de vérifier si les patrons de croissance observés variaient avec la taille des individus. Divers constats peuvent être tirés de cette analyse. D'abord pour l'ERS, on observe pour toutes les grandes classes de DHP un patron semblable à celui observé pour toutes classes de DHP confondues, c'est-à-dire un pic suivi d'une diminution constante. Toutefois, la croissance des tiges les plus grosses (36-44 cm) a atteint un maximum de croissance 2 fois plus élevé que celle des plus petits diamètres, atteignant jusqu'à environ 5 mm de croissance diamétrale/an en 1973. Le résultat le plus intrigant est probablement qu'aujourd'hui, la croissance des grosses tiges est aussi faible que celle des plus petites tiges. Nous reviendrons plus loin sur les explications possibles de cette grande augmentation de croissance suivie d'une telle diminution.

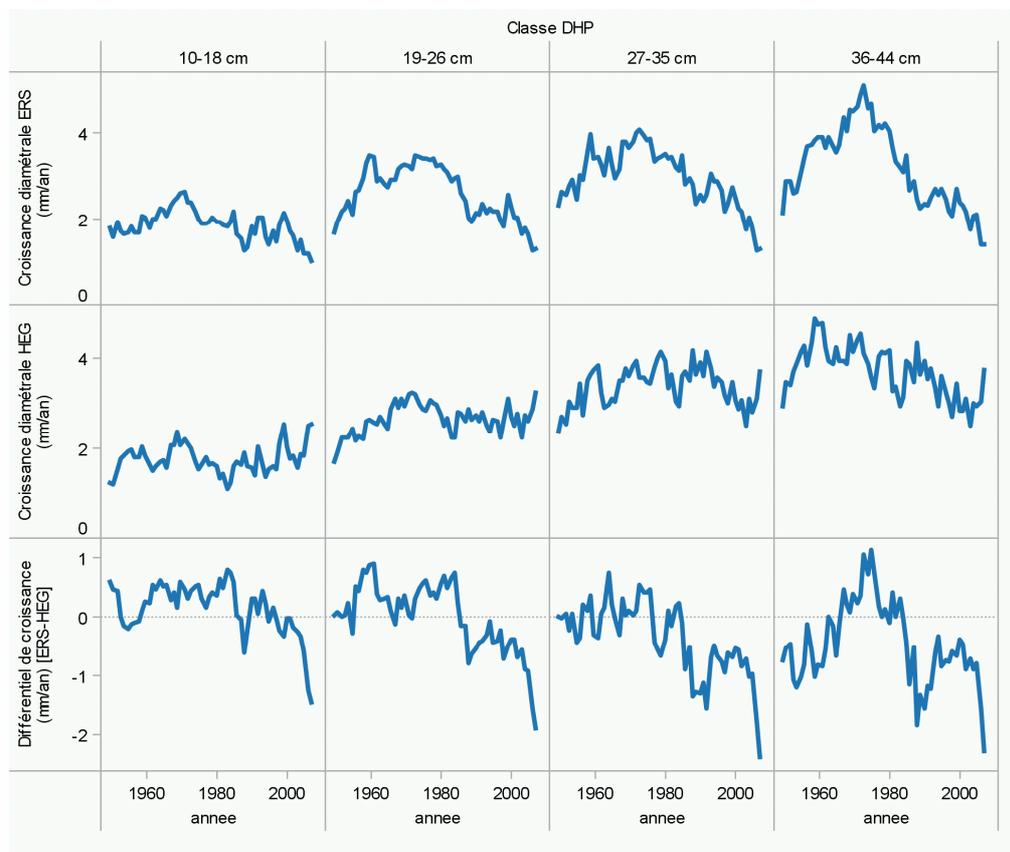


Figure 2. Évolution, par grandes classes de diamètre, de la croissance diamétrale de l'ERS et du HEG de 1950 à 2007 et de la différence de croissance entre les deux essences.

Pour le HEG, les patrons de croissance par classe de DHP sont différents du patron global. Pour la classe 10-18 cm, aucune tendance évidente n'est à signaler, sauf peut-être une augmentation graduelle depuis environ 1980. Pour la classe 19-26 cm, on note une augmentation de la croissance de 1950 à 1970, puis une période de croissance relativement stable depuis ce moment. Pour la classe 27-35 cm, on note des croissances légèrement inférieures en début et en fin de période lorsque l'on compare celles-ci à la période médiane. Pour la classe 36-44, on note une diminution constante

de la croissance depuis environ 1960. Ce résultat va dans le même sens que celui de Nolet et Bouffard (2005), qui avaient remarqué une forte probabilité de mortalité chez les grosses tiges de hêtre, et ce, pour le même territoire d'étude. Pour les deux essences, on observe généralement que la croissance des grosses tiges est plus élevée que celle des plus petites tiges. Cela s'explique de toute évidence par le fait que les arbres des plus grosses classes de diamètre subissent moins de compétition que ceux des plus petites classes.

Au final, quand on regarde le différentiel de croissance entre les deux essences, on observe que la croissance de l'éérable à sucre est plus faible que celle du HEG dans les deux plus grandes classes de DHP. Si ce n'était que la croissance du HEG ait aussi diminué constamment depuis 1960 dans la classe 36-44 cm, la différence entre les deux essences pour cette classe de DHP aurait été encore plus importante. Dans les plus petites classe de DHP, la croissance de l'ERS était plus élevée que celle du HEG en début de période et elle est maintenant plus faible depuis 1985, en particulier pour la classe 19-26. À prime abord, la comparaison de la croissance entre les deux essences milite donc en faveur de l'hypothèse du dépérissement de l'éérable à sucre. Toutefois, étant donné que le HEG est reconnu comme étant plus tolérante à l'ombre que l'ERS (Doyon *et al.* 1997; Nolet *et al.* 2008b; Nolet *et al.* 2008a), on pourrait argumenter que cette diminution de compétitivité du ERS en faveur du HEG puisse s'expliquer par la plus grande tolérance du HEG à un couvert forestier qui se referme tranquillement plutôt qu'à un dépérissement de l'ERS.

Le pic de croissance observé en 1973 (et autour) soulève des questions. D'abord, on peut se demander comment une telle augmentation peut survenir. Afin de tenter de répondre à cette question, nous avons vérifié si cette augmentation de croissance était visible et synchrone dans tous les peuplements échantillonnés. L'analyse faite par peuplement (figure 3) montre que les patrons de croissance varient beaucoup d'un peuplement à l'autre. D'une part, ce ne sont pas tous les peuplements qui montrent un patron avec un pic suivi d'une diminution. D'autre part, lorsqu'il y a un pic de croissance, ce pic n'est pas toujours en même temps. Ces pics de croissance seraient d'après nous reliés tout simplement à des coupes partielles. Ainsi, le pic observé en 1973 s'expliquerait par le fait que plusieurs de nos peuplements auraient été traités autour de cette période. En d'autres mots, nous ne croyons pas que ce pic s'explique par des conditions climatiques favorables, par exemple, mais qu'il serait plutôt un artéfact de notre échantillonnage. Il est donc aussi permis de croire que le pic moyen de croissance observé par Duchesne *et al.* (2005) s'explique par le même genre d'artéfact.

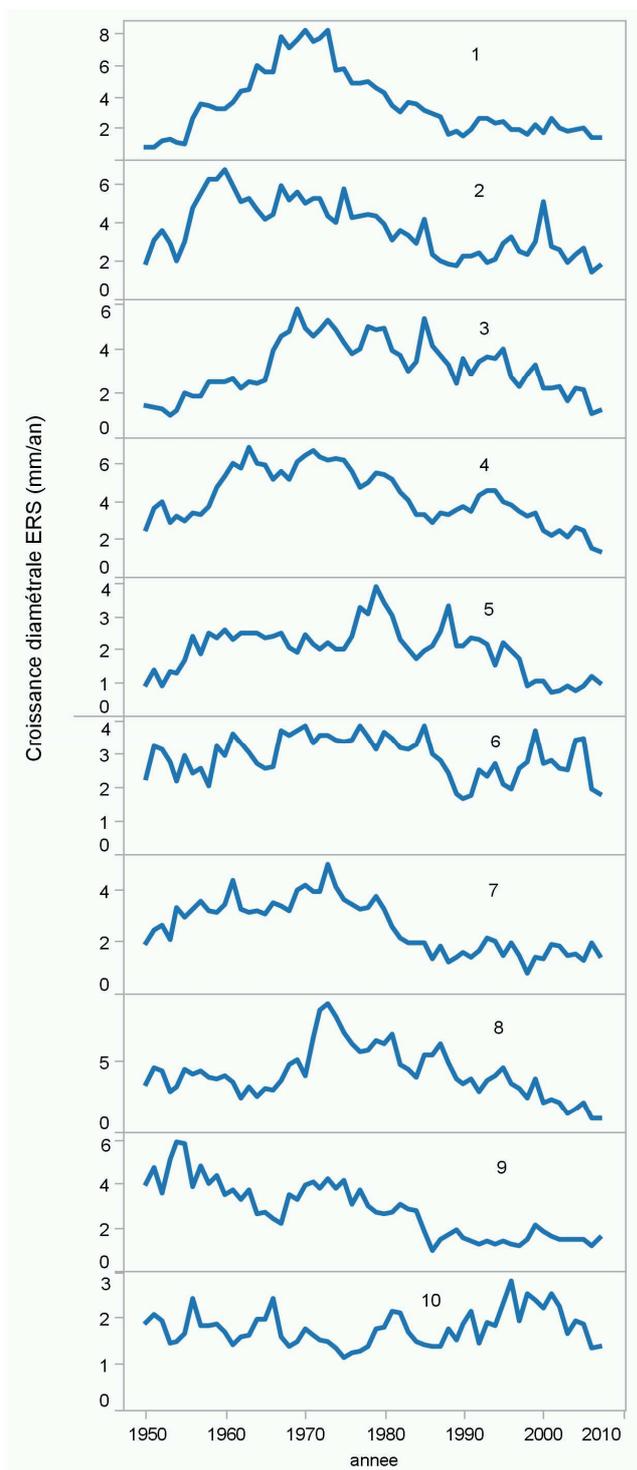


Figure 3. Évolution, par peuplement, de la croissance diamétrale de l'ERS de 1950 à 2007 pour la classe de DHP 36-44cm.

Afin d'éliminer cet effet « coupe partielle », nous avons repris la figure 2 en ne gardant que deux périodes, soit 1950-1954 et 2003-2007. En éliminant la période médiane (figure 4), nous observons tout de même une baisse de croissance pour l'érable à sucre dans toutes les classes de DHP. Cette baisse, bien qu'importante, est beaucoup moins sévère que lorsque la période ~1973 est utilisé comme période de référence. En utilisant les mêmes périodes, on voit que la croissance du hêtre a plutôt tendance à augmenter sauf dans la plus grosse classe de DHP. De plus, une analyse plus poussée nous montre que ces tendances générales observées pour l'ERS et le HEG sont dans la plupart des cas conservées à l'échelle des peuplements (figure 5 et 6). Ainsi, cette analyse tend à nous montrer un dépérissement de l'érable à sucre. Toutefois, on pourrait encore une fois contre-argumenter qu'il est possible que les peuplements en 1950-55 étaient peut-être moins bien stockés qu'en 2003-2007, ce qui aurait pour effet aujourd'hui de favoriser le HEG par rapport à l'ERS. Nous ne pouvons toutefois infirmer ou confirmer cette hypothèse puisque nous n'avons pas la densité des peuplements en 1950-1955.

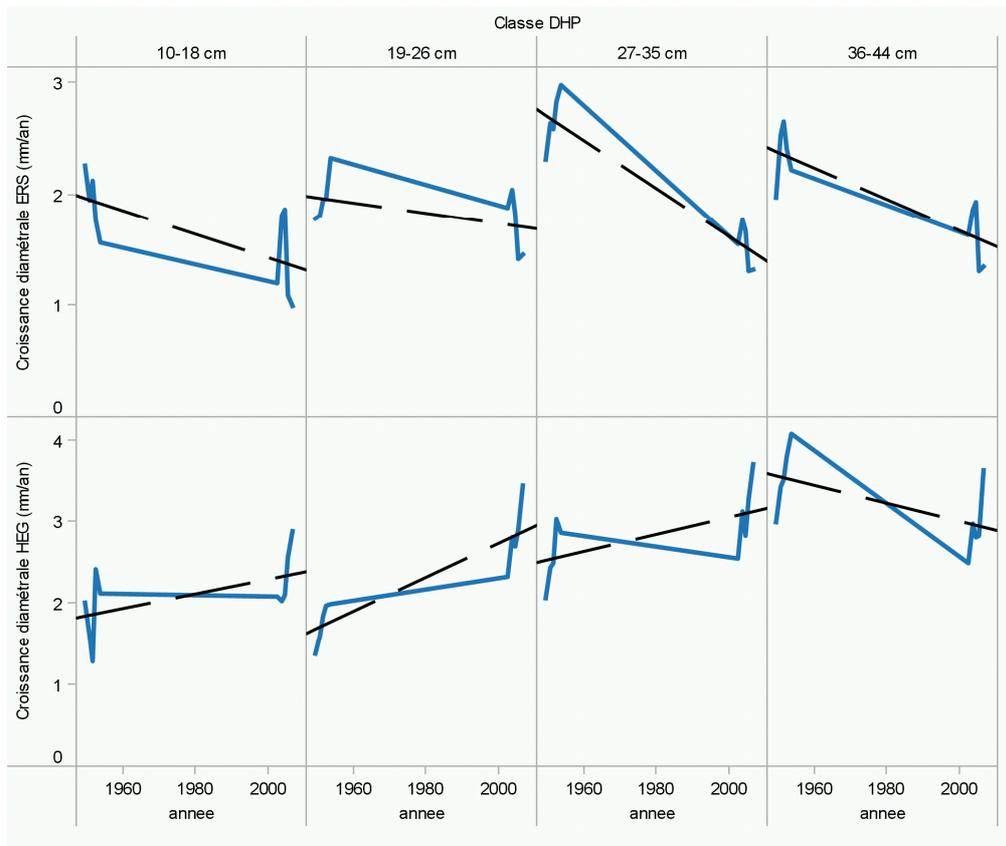


Figure 4. Tendances d'évolution de croissance diamétrale pour l'ERS et le HEG par classe de DHP en utilisant seulement les périodes 1950-50 et 2003-2007.

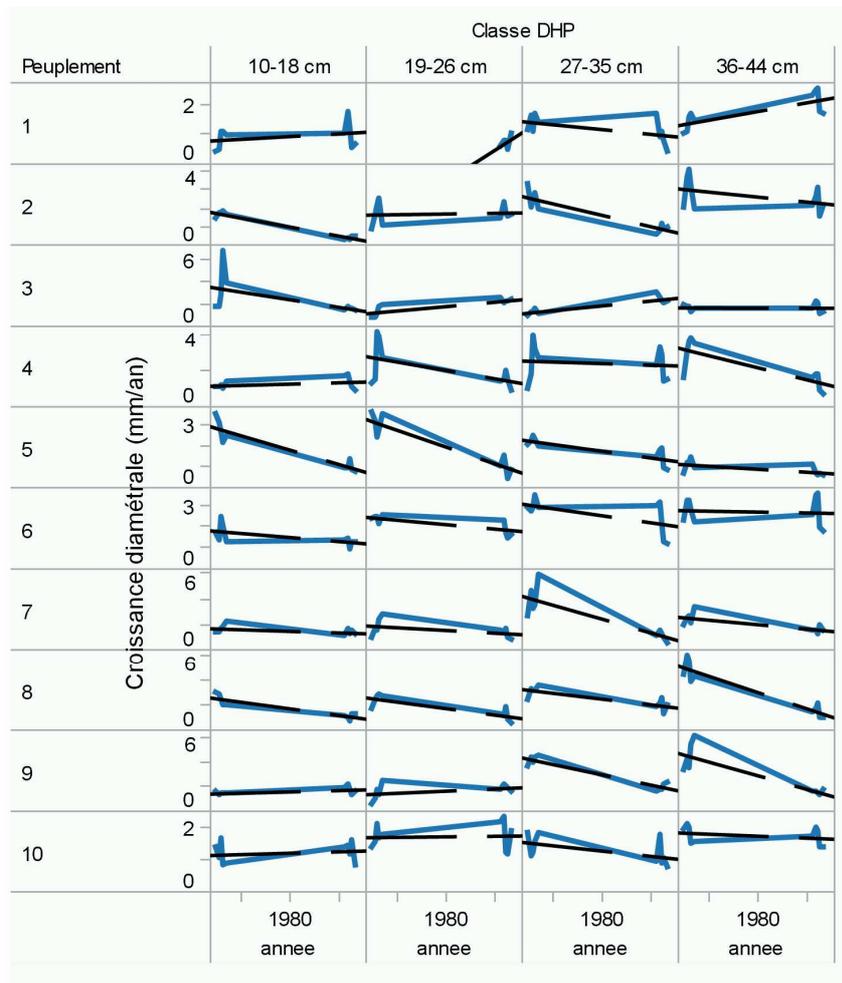


Figure 5. Tendances d'évolution de croissance diamétrale pour l'ERS, par peuplement et classe de DHP en utilisant seulement les périodes 1950-50 et 2003-2007. Les lignes bleues indiquent les données réelles alors que les lignes noires indiquent les tendances.

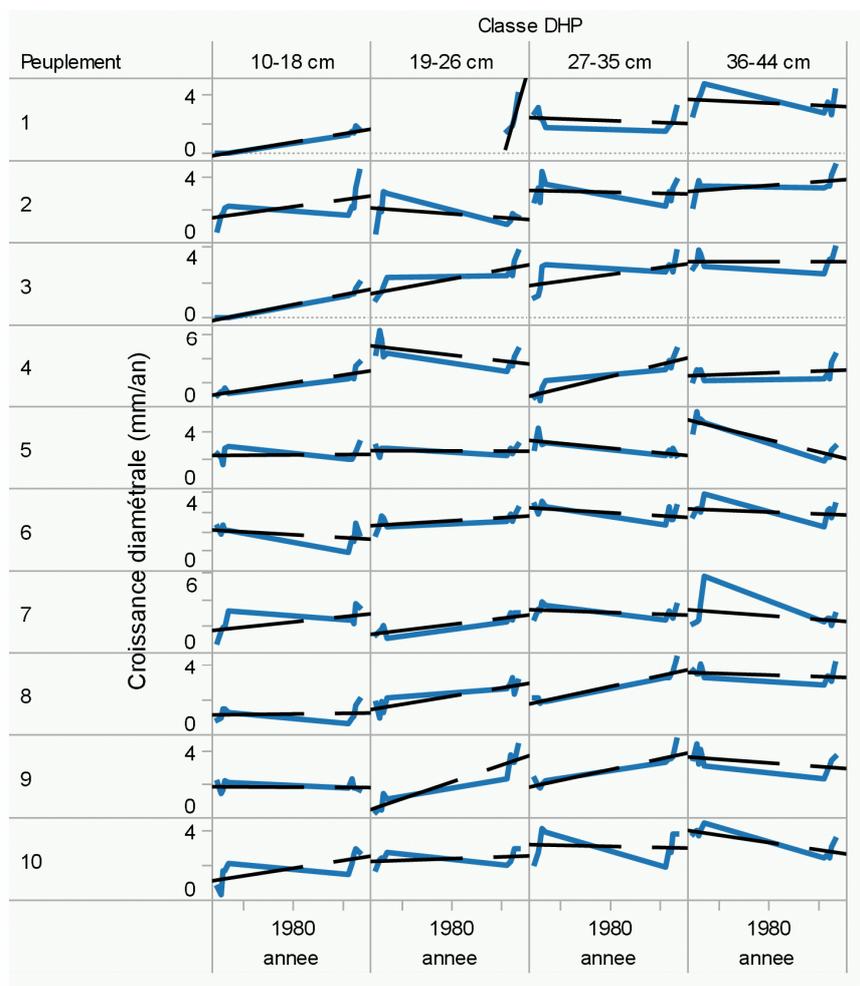


Figure 6. Tendances d'évolution de croissance diamétrale pour le HEG, par peuplement et classe de DHP en utilisant seulement les périodes 1950-50 et 2003-2007. Les lignes bleues indiquent les données réelles alors que les lignes noires indiquent les tendances.

Le calcul de la croissance annuelle moyenne par classe de DHP et par période de 10 ans nous permet de jeter un éclairage nouveau sur la baisse de croissance de l'ERS (figure 7). D'abord, si on compare la première période (1950-1964) à la dernière période (1995-2007), on voit une grande diminution de la croissance de l'éraable à sucre, et ce, dans toutes les classes de DHP sauf la plus petite. Pendant les mêmes périodes, la croissance du hêtre a plutôt eu tendance à augmenter (sauf les plus grosses tiges).

Ainsi, la baisse de croissance de l'éérable à sucre ne peut donc être attribuée à une augmentation de la densité des peuplements, car si tel était le cas, la croissance du hêtre n'aurait pu augmenter. Donc, nous pouvons affirmer avec une presque certitude qu'il y a bel et bien un dépérissement de l'éérable à sucre. Si afin de quantifier cette baisse de croissance, on utilisait la période 1965-1979 comme période de référence, on pourrait parler d'une baisse de croissance de 56%. Étant donné les coupes partielles subies par les peuplements autour de cette période, il ne nous apparaît pas justifié d'utiliser celle-ci comme période de comparaison. Il nous apparaît plus justifié d'utiliser la période de 1950-1964 puisque les croissances des classes de DHP 10-18 et 19-26 sont à peu près les mêmes entre les deux périodes (1950-1964 vs 1995-2007). Ainsi, en utilisant la période 1950-1959 comme période de référence, on obtient une diminution de croissance de l'ordre de 23% entre 1950 et 2007 pour la classe des 36-44 cm. Pendant ce temps, le HEG subit une baisse de croissance de 16% pour la même classe de DHP. Il reste à déterminer, ce que nous ne pouvons faire ici, si ces baisses de croissance sont dues à des phénomènes extérieurs ou si elles sont dues au vieillissement normal des tiges. Pour ces deux essences longévives, des diamètres de 36-44 cm nous apparaissent petits pour expliquer une telle baisse de croissance. Nous sommes donc plus d'avis que ce sont des phénomènes extérieurs qui ont affecté la croissance de ces espèces. Et comme l'ERS et le HEG sont les deux essences les plus importantes des peuplements échantillonnés, il nous apparaît plus juste de parler d'une détérioration de la santé de l'écosystème plutôt que d'un dépérissement de l'ERS seulement.

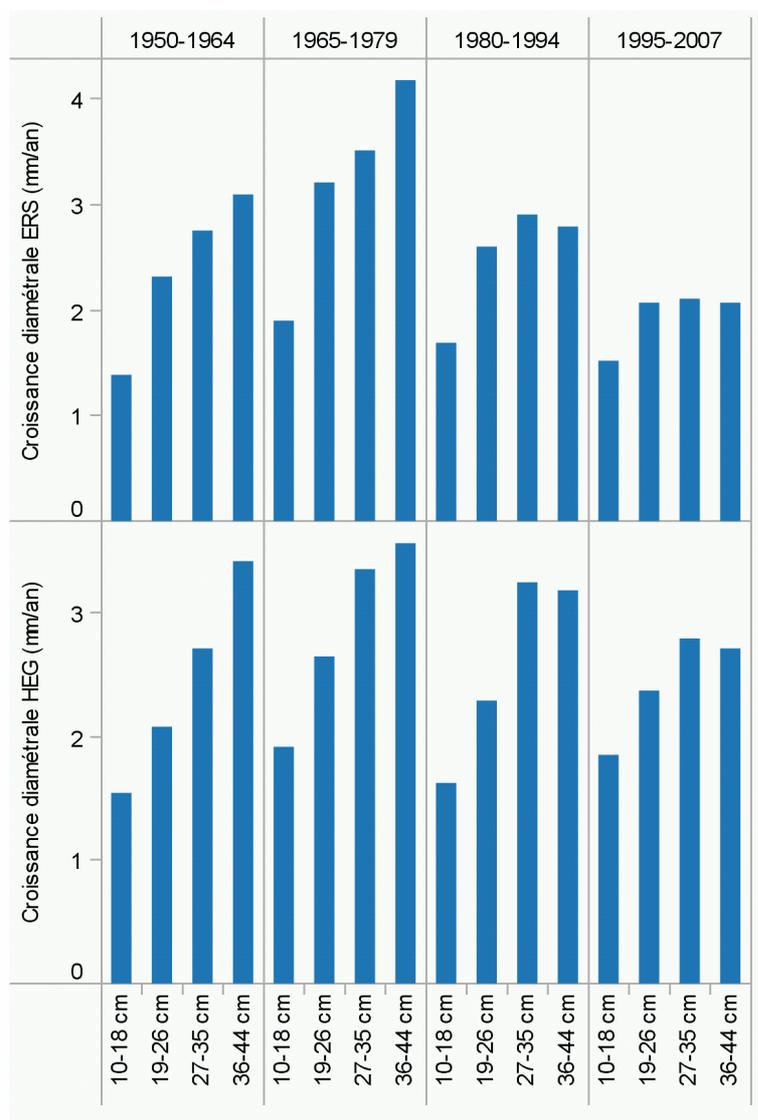


Figure 7. Moyenne des croissances diamétrales annuelles par période de 15 ans pour l'ERS et le HEG par classe de DHP.

Nos analyses (figure 8) montrent que les baisses de croissance de l'érable à sucre sont indépendantes du pH des sols en 2007. Puisque nous n'avons pas le pH en début de période, nous ne pouvons dire si diminution de croissance observée est pas attribuable à une baisse généralisée du pH ou de la disponibilité en cations au cours de la période

indiquée. Il est par ailleurs intéressant de constater que l'éérable à sucre performe généralement mieux par rapport au hêtre sur les sols moins acides.

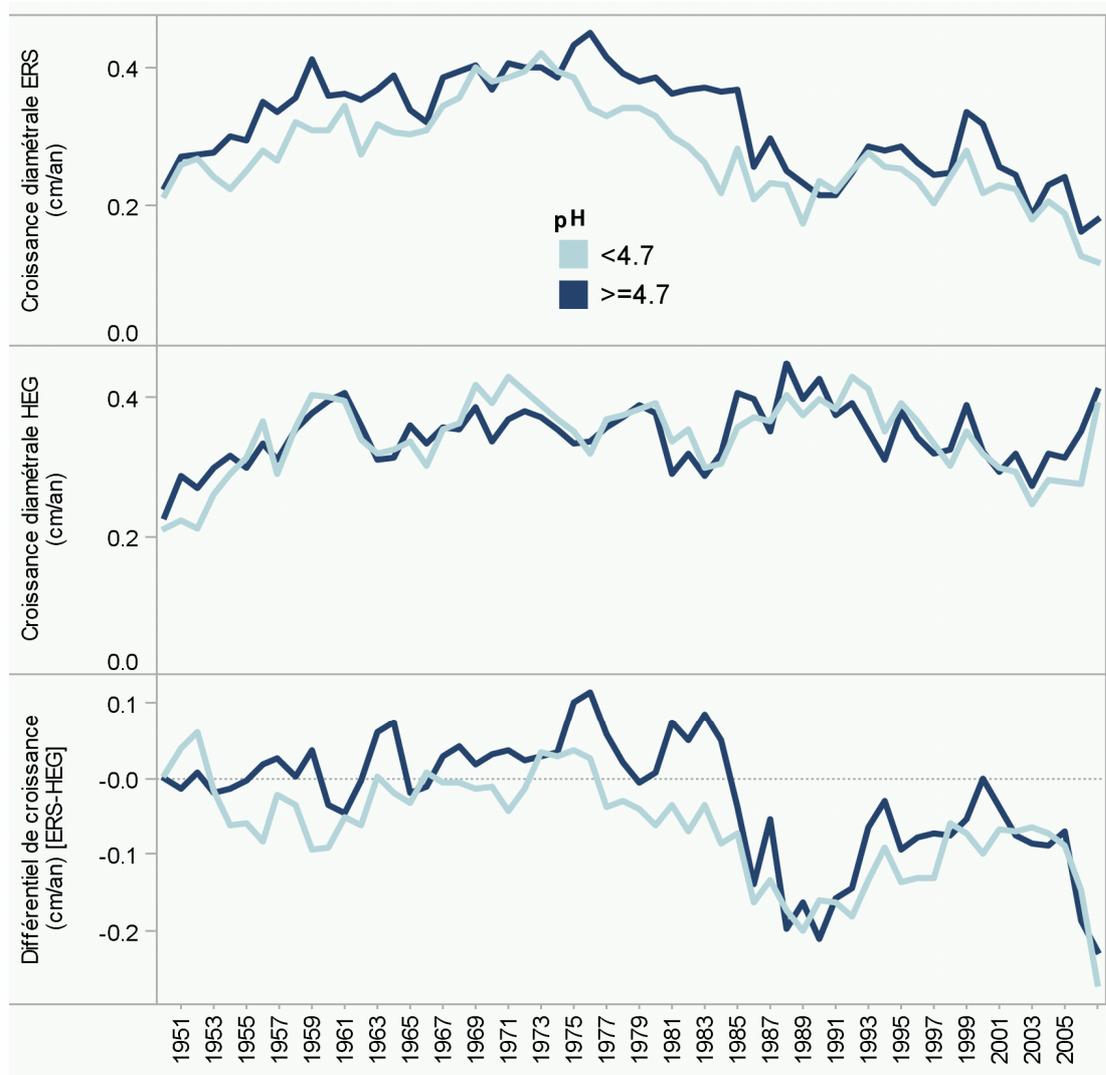


Figure 8. Évolution de la croissance diamétrale de l'ERS et du HEG de 1950 à 2007 et de la différence de croissance entre les deux essences pour deux différentes catégories de pH. Analyse effectuée sur 40 paires d'arbres choisies aléatoirement dans les deux plus grandes classes de DHP.

5. Implications pour l'aménagement et conclusion

Dans le cadre d'autres recherches sur le même territoire d'étude, nous avons démontré que les tiges les plus grosses ont une plus grande probabilité de mourir après jardinage, que ce soit de mortalité arbre par arbre (Nolet et Bouffard 2005) ou par chablis (Nolet 2007). Les résultats de la présente étude vont dans le même sens puisque pour les deux essences étudiées, ce sont les tiges de plus gros diamètres qui présentent les plus grandes diminutions de croissance. La présente étude présentait 2 caractéristiques fort intéressantes : 1) les peuplements échantillonnés n'avaient pas été jardinés récemment et 2) les analyses étaient effectuées à l'échelle de la tige, et non du peuplement. Si les peuplements avaient été jardinés récemment et si on avait vu des baisses de production à l'échelle du peuplement, on pourrait argumenter que les résultats obtenus s'expliquent par une mauvaise sélection de tiges lors du jardinage. Avec la présente étude, on peut conclure que les peuplements dominés par l'ERS et le HEG sont en proie à un déclin avant même qu'on les jardine. Il s'en suit qu'il n'y a pas lieu de penser, contrairement à la croyance généralisée, que les mauvais rendements associés aux coupes de jardinage sont attribuables seulement à une mauvaise sélection des tiges lors du traitement de jardinage.

Devant un problème aussi complexe et probablement très généralisé, il est peu probable qu'une solution unique et miracle existe. Nous présentons ici quelques stratégies afin d'essayer d'atténuer le problème. C'est probablement un juste mélange de diverses stratégies qui permettra d'obtenir les meilleurs résultats.

Présentement, les coupes de jardinage sont effectuées avec un accent marqué vers l'assainissement. Nous croyons que cet assainissement devrait inclure les « grosses » tiges d'érable à sucre et de hêtre. En effet, notre étude démontre que même si ces tiges sont dominantes dans les peuplements, leur croissance est très faible. Nous entendons ici par grosses tiges, des tiges de 38 cm et plus pour l'ERS et probablement un peu plus bas pour le HEG si on se fie au taux de mortalité arbre par arbre observé. Nous comprenons que cette proposition peut être impopulaire auprès de la société qui préfère les gros arbres et auprès des forestiers habitués à vouloir produire des grosses tiges de haute valeur. Nous comprenons également que cette directive a des implications écologiques sur l'écosystème étant donné l'apport des plus grosses tiges en termes de biodiversité. Il importe donc de bien cibler les peuplements où l'application de cette stratégie sera mise en œuvre.

Puisqu'une des causes les plus probables du déclin de l'écosystème érablière semble être les précipitations acides et la détérioration des sols qui s'en suivent, la fertilisation mériterait d'être envisagée sur une base opérationnelle. Diverses études démontrent l'intérêt d'une telle stratégie (Juice *et al.* 2006, Moore et Ouimet 2007, Moore *et al.* 2000). Outre la faisabilité opérationnelle, les coûts, la longueur de l'effet du traitement et les effets sur l'écosystème aquatiques doivent être pris en compte. Encore une fois, il importe de bien cibler les peuplements à traiter par cette approche.

Une autre stratégie doit aussi être évaluée, celle de recommencer à neuf. L'écosystème érablière a subi au cours des 50 dernières années des stress non négligeables tels l'acidification et appauvrissement des sols, les attaques par les insectes, les

événements de gel-dégel et le verglas qui semblent avoir diminué la vitalité de l'écosystème. Ces nombreux stress vont dans le même sens que nos observations personnelles, qui nous indiquent par divers signes (la forme des arbres, l'aspect de l'écorce, la petitesse des feuilles) que dans certains peuplements, les tiges actuelles, même les petites, ne semblent pas avoir le potentiel pour un jour former un peuplement vigoureux. Pour ces peuplements qui représentent probablement une proportion significative du territoire, recommencer avec un nouveau peuplement nous apparaît la meilleure solution. Pour certains peuplements, cela revient à proposer une coupe de régénération. Cette coupe devrait permettre de régénérer l'ERS assez facilement (Nolet *et al.* 2008b). Sur les sites plus pauvres, une conversion en peuplements dominés par le chêne rouge et le pin blanc serait sans doute préférable. Une telle stratégie permettrait en outre de recouvrer une composition forestière plus proche de la composition précoloniale.

Il existe dans la littérature scientifique un certain débat sur l'étendue et l'importance du déclin de l'érable à sucre ainsi que sur ses causes. Certains auteurs croient que les pluies acides ne peuvent faire mourir les arbres comme tel. Ce serait plutôt que les pluies acides auraient pour effet de diminuer l'accessibilité aux éléments nutritifs dans les sols, ce qui rendrait les arbres moins résistants aux autres stress environnementaux tels les maladies, les insectes et les épisodes climatiques extrêmes (Horsley *et al.* 2008). Par contre, il a aussi été démontré que les érables en déclin sur sols acides présentent des teneurs en aluminium (Al) plus élevées dans leurs tissus (Mohamed *et al.* 1997). Ainsi, on assisterait à une sorte d'intoxication des érables avec l'aluminium. On pourrait même croire que d'autres essences sont touchées, comme le hêtre par

exemple qui montre des signes de sénescence précoce.

Ainsi, les phénomènes de diminution de croissance, de déclin et de mortalité d'érable à sucre sont extrêmement complexes. Dans un phénomène d'une telle complexité, attendre que les scientifiques aient tout compris avant d'agir serait une grave erreur. Des actions énergiques doivent être prises rapidement et nous en proposons quelques unes dans ce rapport. Ces actions devraient dans la mesure du possible être encadrées scientifiquement et les résultats de ces actions devraient faire l'objet de suivis rigoureux. Il est important que les actions ciblent les bons peuplements. À cet égard, ce rapport, quelques unes de nos études et la littérature scientifique peuvent être d'une grande utilité. Ainsi, les peuplements avec des arbres de gros DHP sont très susceptibles de même que les peuplements sur sols mince et en altitude élevée. Le degré d'envahissement par le hêtre et l'évaluation du degré de dépérissement des érables sont d'autres indicateurs qui peuvent être utilisés sur le terrain. Pour des diagnostics plus poussés, une analyse des carences en éléments nutritifs peut venir confirmer ce vers quoi les autres indicateurs pointent, en plus d'être très utile pour apporter une prescription de fertilisation appropriée.

Références

- Bédard, S. et Brassard, F. 2002. Les effets réels des coupes de jardinage dans les forêts publiques du Québec en 1995 et 1996. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la recherche forestière et direction des programmes forestiers. 15 p.
- Bédard S. and Z.Majcen 2001. Ten-year response of sugar maple-yellow birch-beech stands to selection cutting in Quebec. Northern Journal of Applied Forestry 18: 119-126.
- Doyon F., Bouchard A., and Gagnon D. 1997. Tree productivity and successional status in Québec northern hardwoods. *Ecoscience* 5: 222-231.
- Duchesne, L., Ouimet, R., and Houle, D. 2002. Basal area growth of sugar maple in relation to acid deposition, stand health, and soil nutrients. *J. ENVIRON. QUAL.* 31: 1676-1683.
- Duchesne, L., Ouimet, R., Moore, J.D., and Paquin, R. 2005. Changes in structure and composition of maple-beech stands following sugar maple decline in Québec, Canada. *For. Ecol. Manage.* 208: 223-236.
- Horsley, S.B., Bailey, S.W., Ristau, T.E., Long, R.P., and Hallett, R.A. 2008. Linking environmental gradients, species composition, and vegetation indicators of sugar maple health in the northeastern United States. *Can. J. For. Res.* 38: 1761-1774.
- Horsley, S.B., Long, R.P., Bailey, S.W., Hallett, R.A., and Hall, T.J. 2000. Factors associated with the decline disease of sugar maple on the allegheny plateau. *Can. J. For. Res.* 30: 1365-1378.
- Juice S.M., Fahey T.J., Siccama T.G., Driscoll C.T., Denny E.G., Eagar C., Cleavitt N.L., Minocha R., and Richardson A.D. 2006. Response of sugar maple to calcium addition to northern hardwood forest. *Ecology* 87: 1267-1280.
- Labrecque, P., Nolet, P., and Lesage, G. 2006. *Projet Sylviculture par objectifs 2005-2006 - Rapport technique*. MC Forêt inc., Labelle, 114 p.
- Lawrence, B., Fisk, M.C., Fahey, T.J., and Suñrez, E.R. 2003. Influence of nonnative earthworms on mycorrhizal colonization of sugar maple (*Acer saccharum*). *New Phytol.* 157: 145-153.
- Lovett, G.M., Weathers, K.C., Arthur, M.A., and Schultz, J.C. 2004. Nitrogen cycling in a northern hardwood forest: Do species matter? *Biogeochemistry* 67: 289-308.
- Majcen, Z. 1995. Résultats après 10 ans d'un essai de coupe jardinatoire dans une érablière. Gouvernement du Québec, Ministère des Ressources naturelles, direction

de la recherche forestière.

- Mohamed,H., Pathak,S., Roy,D., Hutchinson,T., McLaughlin,D., and Kinch,J. 1997. Relationship between sugar maple decline and corresponding chemical changes in the stem tissue. *Water, Air, & Soil Pollution* 96: 321-327.
- Moore,J.D., Camiré,C., and Ouimet,R. 2000. Effects of liming on the nutrition, vigor, and growth of sugar maple at the Lake Clair Watershed, Quebec, Canada. *Can. J. For. Res.* 30: 725-732.
- Moore,J.-D. and Ouimet,R. 2007. Le chaulage: un traitement pour revigorer l'érable à sucre. *Avis de recherche forestière* 5.
- Nolet,P. 2007. Prédiction de la mortalité par chablis dans les peuplements de feuillus tolérants traités par coupe de jardinage. *Sommaire exécutif*. Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue, Qc. Canada. 10 p.
- Nolet,P. and Bouffard,D. 2005. Étude préliminaire des causes de mortalité 10 ans après jardinage. *Rapport technique*. Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue, Qc. Canada. 26 p.
- Nolet,P., Bouffard,D., Doyon,F., and Delagrangé,S. 2008a. Relationship between canopy disturbance history and current sapling density of *Fagus grandifolia* and *Acer saccharum* in a northern hardwood landscape. *Can. J. For. Res.* 38: 216-225.
- Nolet,P., Delagrangé,S., Bouffard,D., Doyon,F., and Forget,E. 2008b. The successional status of sugar maple (*Acer saccharum*), revisited. *Ann. Forest Sci.* 65: 208-.
- Nolet,P., Hartmann,H., Bouffard,D., and Doyon,F. 2007. Predicted and observed sugar maple mortality in relation to site quality indicators. *North. J. Appl. Forest.* 24: 258-264.
- Robitaille,A. and Saucier,J.-P. 1998. *Paysages régionaux du Québec méridional*. Les Publications du Québec. 213 p., Québec, QC, Canada.
- Sharpe,W.E. 2002. Acid deposition explains sugar maple decline in the east. *BioScience* 52: 5.