

UNIVERSITE DU QUEBEC A MONTREAL

MEMOIRE

PRESENTE A

L'UNIVERSITE DU QUEBEC A MONTREAL

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE EN BIOLOGIE

par

DANIELLE LALONDE

DISTRIBUTION ET DYNAMIQUE DES COMMUNAUTES D'ERABLES
ROUGES A LEUR LIMITE NORD DE REPARTITION EN ABITIBI (QUEBEC).

Juillet 1991





BIBLIOTHÈQUE

Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue
Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue

Mise en garde

La bibliothèque du Cégep de l'Abitibi-Témiscamingue et de l'Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue a obtenu l'autorisation de l'auteur de ce document afin de diffuser, dans un but non lucratif, une copie de son œuvre dans Depositum, site d'archives numériques, gratuit et accessible à tous.

L'auteur conserve néanmoins ses droits de propriété intellectuelle, dont son droit d'auteur, sur cette œuvre. Il est donc interdit de reproduire ou de publier en totalité ou en partie ce document sans l'autorisation de l'auteur.

Résumé

L'érable rouge occupe une vaste aire dont la limite nord québécoise est en Abitibi. Afin de caractériser l'habitat et d'évaluer le statut dynamique des populations nordiques, 20 populations ont été échantillonnées selon un gradient latitudinal allant du Témiscamingue, où la distribution est continue, au nord de l'Abitibi, où elle est discontinue. Dans chaque site, les caractéristiques abiotiques, la composition floristique, la croissance, le type de régénération (sexuée ou asexuée) et les structures d'âges des populations ont été évaluées.

Une analyse multidimensionnelle de la végétation a permis de dégager quatre groupements végétaux. Le pin gris et le pin blanc dominant respectivement sur sites xériques nord et sud. Le bouleau à papier et le peuplier faux-tremble dominant sur sites mésiques du nord; l'érable rouge les remplacent au sud. Généralement, les populations d'érables nordiques sont plus jeunes, à plus haute altitude, sur une pente plus forte et pierreuse et sont orientées sud-est, là où l'ensoleillement, la protection des vents et des feux sont importants. La production de graines et de semis est presque nulle au nord alors qu'elle est abondante au sud; la formation de rejets est importante, mais plus marquée vers le nord. Dans les sites mésiques du nord, la taille des érables est plus petite qu'au sud, compte tenu de l'âge, mais la croissance radiale est comparable.

Au sud du gradient, les érables des populations mésiques rejettent abondamment de souche après feu. En vieillissant, ils produisent à l'occasion de jeunes tiges, mais la compétition intra-cépée tend à réduire l'érable à une ou deux tiges principales. En l'absence de feu, la suppression des semis et l'allure des structures d'âge des tiges des cépées suggèrent que les rejets déjà présents ou non remplacent les plus vieilles tiges de l'arbre. A la limite nord, il y a production et élimination de rejets accrues durant toute la vie de l'individu. Sur sites à perturbation ancienne, les tiges meurent prématurément, en l'absence de reproduction sexuée, ce rajeunissement protège les érables de la limite nord d'une mort naturelle, mais induit une forme arbustive observable aussi dans les stations xériques de tout le gradient. L'on pose comme hypothèse que si sur sites xériques, le stress hydrique génère la forme arbustive, dans les sites mésiques de la limite nord, le stress semble induit par le climat rigoureux.

Il est probable que des conditions du milieu de plus en plus restreignantes vers le nord et le peu de collines disponibles, associées à une faible reproduction sexuée et une forte régénération asexuée même en l'absence de perturbation, expliquent la position de la limite nordique de répartition de l'érable rouge.

Table des matières

	Page
Résumé	ii
Table des matières	iii
Liste des tableaux	v
Liste des figures	vi
<u>Introduction générale</u>	1
Chapitre 1. Distribution, croissance et modes de reproduction des populations d' <u>Acer rubrum</u> à leur limite nord de distribution (Abitibi-Témiscamingue, Québec).	9
1. <u>Introduction</u>	10
2. <u>Aire d'étude</u>	12
2.1 Localisation	12
2.2 Climat	13
2.3 Géologie, géomorphologie	15
2.4 Végétation et sols de la région	17
2.5 Erablières rouges et sols	18
3. <u>Méthodes</u>	21
3.1 Localisation	21
3.2 Variables abiotiques	21
3.3 Végétation	23
4. <u>Traitement des données</u>	25
4.1 Transformation des données	25
4.2 Ordination des stations et des espèces	26
4.3 Groupement des stations	27
4.4 Reproductions sexuée et asexuée des populations d'érables rouges	28
4.5 Croissance des populations	29
5. <u>Résultats</u>	32
5.1 Variables abiotiques	32
5.2 Influence du feu	40
5.3 Végétation	41
5.4 Reproduction sexuée et asexuée	54
5.5 Croissance des érables rouges	64
6. <u>Discussion</u>	69
6.1 Restriction de l'habitat à la limite nord	69

	Page
6.2 Reproduction des populations et croissance	73
6.3 Impact des feux sur les populations d'érables rouges	79
6.4 Position de la limite nord	82
7. <u>Conclusion</u>	85
7.1 Limite actuelle de distribution de l'érable rouge	85
7.2 Hypothèse sur la mise en place de la limite nord	86
Chapitre 2. Structures d'âges des populations nordiques d'érable rouge issues de reproduction sexuée et asexuée.	89
1. <u>Introduction</u>	90
2. <u>Méthodes</u>	92
2.1 Aire d'étude	92
2.2 Variables historiques	92
2.3 Populations d'érables rouges	93
2.4 Traitement des données	95
3. <u>Résultats</u>	96
3.1 Structures d'âges des populations d'érables rouges	96
3.2 Structures de diamètres des tiges	106
3.3 Structures d'âges intra-cépées	118
4. <u>Discussion</u>	126
4.1 Dynamique des populations d'érables rouges entre les feux de forêt	126
4.2 L'érable rouge, un intolérant en Abitibi-Témiscamingue	134
4.3 Causes du stress à la limite nord et impact sur les érables rouges	135
5. <u>Conclusion</u>	140
<u>Conclusion générale</u>	143
<u>Remerciements</u>	146
<u>Références</u>	147
Annexe 1	155
Annexe 2	156
Annexe 3	157
Annexe 4	158

Liste des tableaux

	Page
Tableau I.I Données climatiques pour l'Abitibi-Témiscamingue (ouest) selon la latitude: moyennes pour la période 1951-1980.	14
Tableau I.II Variables abiotiques et historiques des populations d'érables rouges étudiées: disposition des stations selon la latitude.	33
Tableau I.III Variables abiotiques des sols des 20 populations échantillonnées.	35
Tableau I.IV Descriptions géologiques (rapports géologiques) et pédologiques des stations.	36
Tableau I.V Coefficients de corrélations de Spearman entre la latitude, les 4 premiers axes et les variables abiotiques.	39
Tableau I.VI Moyennes des valeurs d'importance (VI) pour chaque groupe et constances.	45
Tableau I.VII Variables de communautés et de populations d'érables rouges: valeurs dans chaque station.	55
Tableau I.VIII Coefficients de corrélations de Spearman (r), seuil α , et nombre d'observations.	56
Tableau I.IX Synthèse des analyses de variance et covariance appliquées sur les variables de reproduction.	59
Tableau I.X Synthèse des analyses de variance et covariance appliquées sur les variables de croissance.	66
Tableau II.I Modes des structures d'âges des tiges composant les cépées d'érables rouges.	121
Annexe 1. Définitions des variables et abréviations utilisées.	155
Annexe 4. Moyennes des précipitations et températures enregistrées durant les années 1911 à 1930 à Cochrane et Iroquois Falls, Ontario, pendant la période de croissance (mm).	158

Liste des figures

	Page
Figure 1.1 Carte des populations d'érables rouges en Abitibi-Témiscamingue.	2
Figure 1.2 Topographie et environnement à la limite nord de répartition de l'érable rouge: collines dispersées dans une vaste plaine.	16
Figure 1.3 Orientation des stations.	34
Figure 1.4 Ordination des stations du gradient latitudinal (axes 1 et 3).	43
Figure 1.5 Dendrogramme des 20 stations basé sur le groupement hiérarchique à liens intermédiaires avec une connexité de 50 %.	34
Figure 1.6 Ordination des principales espèces en fonction des axes 1 et 3.	46
Figure 1.7 Communautés xériques d'érables rouges.	48
Figure 1.8 Communautés mésiques d'érables rouges. Groupe 3, mésique du nord.	50 -51
Figure 1.9 Communautés mésiques d'érables rouges. Groupe 4, mésique du sud.	52
Figure 1.10 Reproduction sexuée versus reproduction asexuée.	57
Figure 1.11 a. Reproduction sexuée au nord, site xérique, station 4. b. Reproduction sexuée au sud, site xérique à Ville-Marie (près de la station 15).	58
Figure 1.12 Régénération asexuée.	62
Figure 2.1 Structures d'âge des populations d'érables rouges disposées suivant le gradient latitudinal (nord: haut de la page, sud: bas de la page) en Abitibi-Témiscamingue.	97
Figure 2.2 Structures d'âge des populations d'érables rouges disposées suivant le gradient latitudinal en Abitibi-Témiscamingue.	98
Figure 2.3 Stations mésiques et feu.	99
Figure 2.4 Jeune érable rouge issu de rejets et pin gris issu du feu dans une vieille station mésique de la limite nord (station 19).	103

	Page
Figure 2.5 Structures de diamètre de l'ensemble des tiges des érables rouges d'au moins 5 cm de DHP (ou de diamètre de souche) des stations disposées suivant le gradient nord-sud en Abitibi-Témiscamingue (nord: haut de la page, sud: bas de la page).	107
Figure 2.6 Structures de diamètre de l'ensemble des tiges des érables rouges d'au moins 5 cm de DHP (ou de diamètre de souche) des stations disposées suivant le gradient nord-sud en Abitibi-Témiscamingue (nord: haut de la page, sud: bas de la page).	108
Figure 2.7 Vigueur de la régénération asexuée.	109
Figure 2.8 Vigueur de la régénération asexuée.	111
Figure 2.9 Mortalité importante des tiges principales dans les sites xériques et mésiques du nord.	115
Figure 2.10 Structures d'âge des tiges de 5 coupées ou plus d'érable rouge par station disposées suivant le gradient latitudinal en Abitibi-Témiscamingue.	119
Figure 2.11 Structures d'âge des tiges de 5 coupées ou plus d'érable rouge par station, disposées suivant le gradient latitudinal, en Abitibi-Témiscamingue.	120
Annexe 2. Modèles de régressions linéaires avec et sans covariance appliqués sur les variables de populations d'érables rouges en fonction de l'âge moyen des érables pour les deux groupes de latitude: nord et sud.	156
Annexe 3. Modèles de régressions linéaires avec ou sans covariance appliqués sur les variables de croissance des populations d'érables rouges en fonction de l'âge moyen des érables pour les 2 groupes de latitude, nord et sud.	157

Introduction générale

L'érable rouge (Acer rubrum L.) présente une très vaste aire de distribution en Amérique du nord s'étendant depuis Terre-Neuve jusqu'au Manitoba au nord, et depuis la Floride jusqu'au Texas au Sud (Fowells, 1965). Jusqu'à présent, l'on croyait que sa limite nord, au Québec, en Abitibi, se situait au niveau du lac Abitibi (Rousseau, 1974); aujourd'hui on la situe plus au nord, près de Joutel, au sud du territoire de la Baie James, à 49°16' de latitude (fig. 1.1). La limite nord connue, en Amérique du Nord, se situe à Terre-Neuve, au 49°27' de latitude (Rousseau, 1974) et à l'ouest de l'Ontario, à Kenora, au 49°38' de latitude (Wang et Haddon, 1978).

L'érable rouge est un arbre pouvant atteindre 35 mètres de haut et 150 cm de diamètre. Il peut vivre parfois jusqu'à 200 ans, mais sa longévité normale se situe autour de 80 ans (Hutnik et Yawney, 1961). Hough et Forbes (1943) signalent cependant que la moitié des érables rouges d'un écotone chênaie-bois durs du nord de la Pennsylvanie ont plus de 180 ans et que l'âge maximum de cette espèce est de 290 ans. Considérée comme une des espèces les plus tolérantes à l'ombre parmi les espèces intermédiaires, elle est parfois vue comme une espèce pionnière (Hutnik et Yawney, 1961; Lorimer, 1984). La floraison a lieu de mars à mai, alors que la

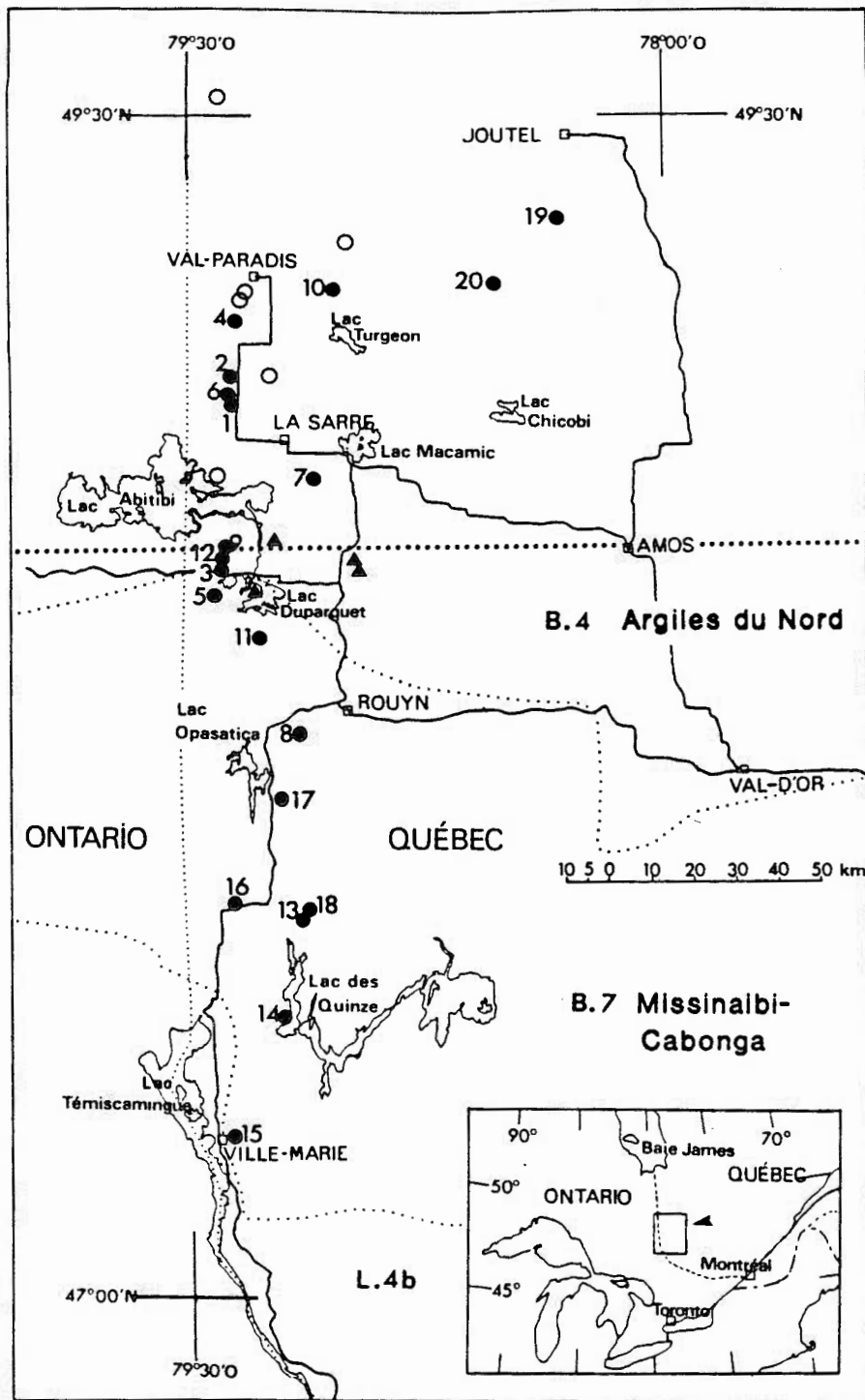


Fig. 1.1 Carte des populations d'érables rouges en Abitibi-Témiscamingue.

- = stations échantillonnées
- = sites potentiels non peuplés d'érables rouges, (partie nord)
- ▲ = sites non échantillonnés avec érables, (coupes, peu d'Acer, etc.)
- = séparation entre nord et sud
- = régions forestières de Rowe
- = villes et villages
- = routes principales

dispersion des graines se fait entre avril et juillet. La production de graines peut commencer chez les individus âgés de 4 ans, et l'intervalle entre les bonnes années de production peut être d'une seule année (Olson et Gabriel, 1974). Les graines sont les plus petites des érables de l'Amérique du Nord et sont facilement dispersées par le vent (Olson et Gabriel, 1974). La germination a lieu peu de temps après la propagation, mais certaines des semences entrent en dormance jusqu'au printemps suivant (Hutnik et Yawney, 1961; Farmer et Cunningham, 1981). Acer rubrum peut aussi former des rejets de souche à partir des bourgeons du collet (Hutnik et Yawney, 1961; Wilson, 1968), après une coupe forestière, un incendie ou un chablis (Harper, 1977; James et Courtin, 1985); la croissance des rejets est alors bien supérieure à celle des semis (Hutnik et Yawney, 1961). Au nord de la forêt de feuillus, des peuplements équiens d'érables rouges se développent par rejets après feu (James et Courtin, 1985): les semis semblent peu contribuer à la formation des nouveaux érables, puisque les populations d'érables encore vivants sont trop dispersées pour permettre l'établissement de nouveaux peuplements à partir de semences.

Acer rubrum atteint son développement optimal sur sites mésiques mais est plus abondant sur des sols humides ou très secs. L'érable rouge est aussi commun sur les escarpements des montagnes et sur les versants élevés exposés au sud ou à l'ouest. On le voit

beaucoup dans les marais, dans les dépressions et plaines et le long de ruisseaux. Au sud de son aire, il se retrouve essentiellement dans les terres basses alors qu'au nord de l'aire, au sud du Québec, il est abondant à la fois sur les collines et dans les zones d'alluvions (Fowells, 1965). A l'extrême nord de son aire, en Abitibi-Témiscamingue, il est cependant absent des basses terres.

Plusieurs facteurs expliquent la répartition d'une espèce: ce peut être des facteurs climatiques tels la température et les précipitations. Les facteurs édaphiques peuvent être importants, mais les facteurs historiques anciens tels les glaciations ou plus récents comme les feux, les défoliations suite à des épidémies d'insectes jouent aussi des rôles prépondérants. Les limites nord de répartition des espèces semblent régies surtout par les facteurs abiotiques. Les limites sud paraissent davantage contrôlées par des facteurs biotiques comme la compétition (Woodward, 1987; Chapin et Chapin, 1980). Les limites est-ouest dépendent vraisemblablement des conditions liées aux précipitations associées souvent aux régimes des feux, à moins qu'une barrière géographique (océan, par exemple) interdise une extension de cette aire de distribution (Woodward et Williams, 1987).

Certaines espèces arborescentes ont été étudiées en regard de leur limite nord, Pigott & Huntley, (1978) ont étudié Tilia cordata,

Bennett (1985): Fagus grandifolia, Koevenig (1976): Betula nigra, Payette (1983): Picea mariana, Larix laricina, Picea glauca, Bergeron & Gagnon (1987) et Roberts (1985): Pinus resinosa, Comtois et al. (1989): Populus balsamifera. Les facteurs expliquant les limites nord des arbres sont divers, ce peut être: 1. le climat en limitant la reproduction, 2. les conditions édaphiques et les délais de recolonisation postglaciaire en restreignant la répartition, ou 3. les feux créant des déséquilibres dans le maintien des populations.

Les conditions climatiques constituent la première contrainte pour les espèces. Un climat rigoureux, plus froid ou plus sec peut causer un déséquilibre dans la reproduction sexuée: si l'aptitude à recoloniser les sites est faible et les possibilités de maintenir un équilibre entre les naissances et les mortalités est précaire, alors les populations sont confinées à de petites aires discontinues à microclimat particulier comme pour Tilia cordata (Pigott et Huntley, 1978). Afin d'assurer leur maintien et en l'absence de reproduction sexuée efficace, plusieurs espèces, à leur limite nord, ne se reproduisent que végétativement. Par exemple, Tilia cordata, en Angleterre, est incapable, à sa limite nord, de produire des graines viables et se maintient sur le site par rejets de souche (Pigott et Huntley, 1978).

D'autre part, l'aire de répartition peut être restreinte pour une espèce, par l'absence d'habitat, malgré des conditions climatiques acceptables au nord de cette aire. Une espèce colonisant les sommets de montagne sera limitée dans sa distribution si de tels habitats ne se retrouvent plus en marge de l'aire. Betula nigra, une espèce riparienne, habite les cours d'eau des Etats-Unis coulant en direction sud puisqu'ils sont bloqués par la moraine terminale de l'ancien glacier du Wisconsin (Koevenig, 1976). Comme ses graines se dispersent par voie d'eau, elles colonisent très rarement les rivières au nord de la moraine, malgré des conditions climatiques propices. Dans ce cas, les conditions édaphiques, (direction des cours d'eau, barrière géographique) sont responsables de la limite nord. L'auteur précise toutefois que le climat peut causer des délais dans la fructification qui la rend non synchrone avec les crues, empêchant les graines de s'établir sur un sol devenu trop sec. L'aire de répartition est parfois discontinuë à cause de barrières topographiques et climatiques. C'est le cas d'Acer saccharum en Gaspésie (Labelle et Richard, 1984) dont la dispersion est freinée par des plateaux, la relative difficulté de cette espèce à disperser ses graines et par la discontinuité des stations propices (vallées), ce qui a causé des délais importants dans la recolonisation post-glaciaire, comme en témoigne l'absence d'Acer saccharum lors de l'optimum climatique (avant 5 000 B.P.).

Finalement, bien que la cause première de la limite nord d'une espèce soit quelquefois une diminution de la reproduction sexuée par stress climatique, l'élément catalyseur responsable de la distribution discontinue à la limite nord est souvent le régime de perturbations. Ainsi, Payette et Gagnon (1985) ont pu montrer qu'à la limite des arbres et en l'absence de feu, les épinettes noires de la pessière, incapables de se reproduire de façon sexuée, peuvent toutefois se maintenir par marcottage. Par contre, suite à un incendie, l'absence de reproduction sexuée empêchera l'épinette de réenvahir le site ce qui mènera progressivement à une toundra. Bergeron et Gagnon (1987) et Bergeron et Brisson (1990) ont suggéré que la limite nord de Pinus resinosa est restreinte à cause du régime de feu en forêt boréale qui ne favorise pas sa régénération. Cette espèce, à sa limite nord, serait restreinte aux îles et berges de lacs car la présence de sites xériques ouverts protégés des feux destructeurs y favoriseraient le maintien et la régénération de cette espèce dont l'écorce est résistante aux feux de plus faibles intensités. D'autre part, toujours à la limite nord, mais sur la terre ferme, les feux plus destructeurs éliminent tous les pins rouges et brûlent des superficies trop grandes pour assurer la recolonisation après feu.

Notre objectif général est donc de connaître les facteurs responsables de la limite nord de l'espèce Acer rubrum, soit les

facteurs climatiques, édaphiques (sols, topographie, etc.) et l'impact des perturbations (feux) sur cette distribution, puis d'évaluer comment les populations se maintiennent entre les feux ou en l'absence de ceux-ci.

Dans le premier chapitre, nous traiterons de la distribution, de la croissance et des modes de reproduction sexuée et asexuée des populations d'érables rouges selon un gradient partant de la zone continue de distribution jusqu'à sa limite nord. Dans le chapitre 2 nous aborderons la dynamique après feu par une étude des structures d'âge des mêmes populations et étudierons les mécanismes permettant leur régénération en l'absence de perturbation.

Chapitre 1. Distribution, croissance et modes de régénération
des populations d'Acer rubrum à leur limite nord
de répartition (Abitibi-Témiscamingue, Québec).

1. Introduction

La distribution de l'érable rouge à sa limite nord, semble régie par 3 aspects: 1) reproduction sexuée déficiente due à une contrainte climatique, 2) problème de disponibilité en habitats et 3) impact des feux de forêts sur la régénération des populations.

Reproduction sexuée déficiente parce qu'à sa limite de distribution, les stations d'érables rouges apparaissent discontinues et l'espèce est absente de plusieurs sites qui semblent adéquats. A première vue, les semis, au sol, paraissent peu abondants et le port de type "cépées" ou "bouquets" (ensemble de tiges issues d'une même souche) semble commun, suggérant un maintien par reproduction végétative.

Problème d'habitat aussi. Alors qu'au sud du Québec on retrouve Acer rubrum autant sur les collines que dans les endroits inondés (Grandtner, 1966; St-Jacques & Gagnon, 1988), en Abitibi, on ne les observe qu'à plus de 300 m d'altitude et seulement sur les pentes morainiques (Bergeron et al., 1983). Ce phénomène pourrait s'expliquer par une inversion des températures en montagnes, où les vallées, de nuit, accumulent l'air froid plus lourd que l'air chaud, et sont ainsi plus fraîches que les sommets (MacHattie et McCormack,

1961; Spurr & Barnes, 1980). La restriction climatique semble donc bien présente, mais la rareté des collines en Abitibi laisse croire à une restriction possible d'habitats compliquant l'interprétation de l'actuelle distribution.

Impact des feux de forêts finalement, puisqu'en Abitibi les feux sont fréquents, ils pourraient jouer un rôle important tant dans l'élimination des populations par la présence de feux successifs, qu'à l'opposé en favorisant leur maintien par la création de conditions favorables à leur réimplantation par reproduction végétative ou sexuée.

De façon plus spécifique, nous essayerons dans ce chapitre:

1. de cerner l'habitat et la composition des peuplements nordiques d'érables rouges sur l'ensemble du gradient choisi afin de documenter les stations et de vérifier si elles sont comparables, puis de dégager les facteurs abiotiques limitant la distribution de l'espèce; nous pourrons ainsi voir s'il y a restriction d'habitat à la limite nord tant du point de vue types d'habitats occupés que disponibilité en sites;

2. de comparer le comportement reproducteur de l'érable rouge sur

un gradient latitudinal partant de la limite nord et voir s'il se maintient de façon sexuée ou végétative afin de vérifier s'il y a restriction climatique;

3. de vérifier si la croissance au nord des érables rouges est plus difficile, ce qui serait un indice supplémentaire de la restriction climatique exercée sur cette espèce;

4. d'évaluer le rôle des feux de forêts dans le maintien des populations d'érables rouges.

2. Aire d'étude

2.1 Localisation

Les érablières échantillonnées sont réparties selon un gradient latitudinal s'étendant de Ville-Marie (latitude: $47^{\circ}24'$ au Témiscamingue, Québec) jusqu'aux collines Hedge (lat.: $49^{\circ}16'$, près de Joutel, territoire de la Baie James, Québec), (fig. 1.1). Toutes les stations sont situées entre les longitudes $79^{\circ}30'0$ et $78^{\circ}18'0$.

2.2 Climat

Les températures moyennes annuelles entre 1951 et 1980 sont de 2,7°C à Ville-Marie et de 0,6°C à La Sarre (tableau I.I). Les moyennes de janvier et de juillet (les mois extrêmes de l'année), sont aussi toutes décroissantes plus on se déplace vers le nord. Le nombre de degrés-jours au-dessus de 5°C est de 1594 à Ville-Marie et diminue jusqu'à 1298 à La Sarre. Une baisse de la probabilité à 50% de gelées précoces au printemps est atteinte le 2 juin à Ville-Marie, comparativement au 16 juin, à La Sarre. En Abitibi, les gelées sont possibles durant n'importe lequel des mois de l'année. Les précipitations varient de 823 mm par an (La Sarre) jusqu'à 937 mm à Rémigny. Elles ont tendance à diminuer d'est en ouest mais subissent peu de variations nord-sud. La direction générale des vents varie considérablement dans un même mois de l'année pour une même station, mais varie peu entre les mois: à Amos, par exemple, les vents dominants de juin (durant la période de croissance) sont, selon l'ordre décroissant de fréquence, du sud-ouest, du nord-ouest et du nord, alors que ceux de janvier sont du nord-ouest, du sud-ouest et de l'ouest. Entre les stations, les principaux vents dominants de l'année sont relativement semblables: à Amos, les vents sont surtout du sud-ouest et du nord-ouest alors qu'à La Sarre, ils sont principalement du sud, du nord-nord-ouest et

Tableau I.I Données climatiques pour l'Abitibi-Témiscamingue (ouest) selon la latitude: moyennes pour la période 1951-1980.

Station météo	Latitude	Long.	Altit. mètres	Tempér.	Tempér.	Tempér.	Précip. annuel. (mm)	Degrés- jours au- dessus de 5°(°C)	Probab. de gelées printan. (50%) (4)	Périodes exemptes de gel (jours.) (5)	Vents dominants les plus fréquents		
				quotid. moy. ann. °C	quotid. moy. de janv.	quotid. moy. de juil.					annuels (5)	juin (5)	janv. (5)
La Sarre	48°48'N	79°12'O	274	0,6° (2)	-18,5° (2)	16,5° (2)	628,1 (2)	1298,0 (3)	16 juin	64 (29)	-	-	-
Amos	48°34'	78°08'	310	0,9° (2)	-17,6° (2)	16,7° (2)	865,4 (2)	1340,5 (2)	9 juin	90 (29)	SO-NO (8)	SO-NO (8)	NO- SO-O (8)
Rouyn	48°13'	78°50'	301	-	-	-	-	-	-	74 (7)	S-NNO- SSO (6)	SSO- S-N (6)	S-NO O (6)
Montbeil- lard	48°03'	79°16'	290	1,4° (3)	-18,0° (3)	17,3° (3)	850,2 (3)	1451,0 (3)	-	57 (7)	-	-	-
Rapide no 2	47°56'	78°34'	290	1,7° (3)	-16,2° (3)	17,2° (3)	849,7 (3)	-	-	70 (6)	-	-	-
Rémigny	47°46'	79°12'	274	1,6° (3)	-17,4° (3)	17,6° (3)	936,6 (3)	1479,8 (3)	-	69 (9)	-	-	-
Barrage des Quinze	47°33'	79°14'	265	2,8° (1)	-15,1 (1)	18,2° (1)	921,4 (1)	1598,6 (2)	23 mai	122 (29)	-	-	-
Ville-Marie	47°24'	79°26'	244	2,7° (2)	-15,4° (2)	18,2° (2)	815,6 (2)	1594,0 (3)	2 juin	95 (28)	-	-	-

- : données non disponibles

(1) moyennes sur 30 ans

(2) moyennes calculées sur 25 à 29 ans

(3) normales ajustées sur la base de 5 à 19 années de 1951 à 1980 et toutes données disponibles de 1931 à 1950

(4) données prises entre 1931 et 1980

(5) données prises entre 1955 et 1980

(6), (7), (8), (9), (28), (29) moyennes sur 6, 7, 8, 9, 28 et 29 ans respectivement.

du sud-sud-ouest (Anonyme, 1982).

2.3 Géologie, géomorphologie

Dans toutes les stations, l'assise rocheuse, située sur le Bouclier Canadien, date du Précambrien (tableau I.IV). Les roches sont généralement ignées de type intrusif ou volcaniques et sont souvent métamorphisées, mais fréquemment on rencontre des roches sédimentaires. La roche en place a été recouverte en partie de dépôts glaciaires et fluvioglaciaires parfois retransformés par l'action des vagues ou des dépôts lacustres des lacs post-glaciaires Barlow et Ojibway (Vincent et Hardy, 1977). Ces derniers sont à l'origine de la ceinture d'argile du Québec et de l'Ontario. En Abitibi, des collines émergent de la plaine argileuse et sont recouvertes de dépôts morainiques où l'on retrouve l'érable rouge (Bergeron et al., 1983), mais leur faible nombre restreint la quantité de sites potentiels pour cette espèce, ce qui ne constitue plus un problème au Témiscamingue, les collines étant plus fréquentes (fig. 1.2).

a.



b.

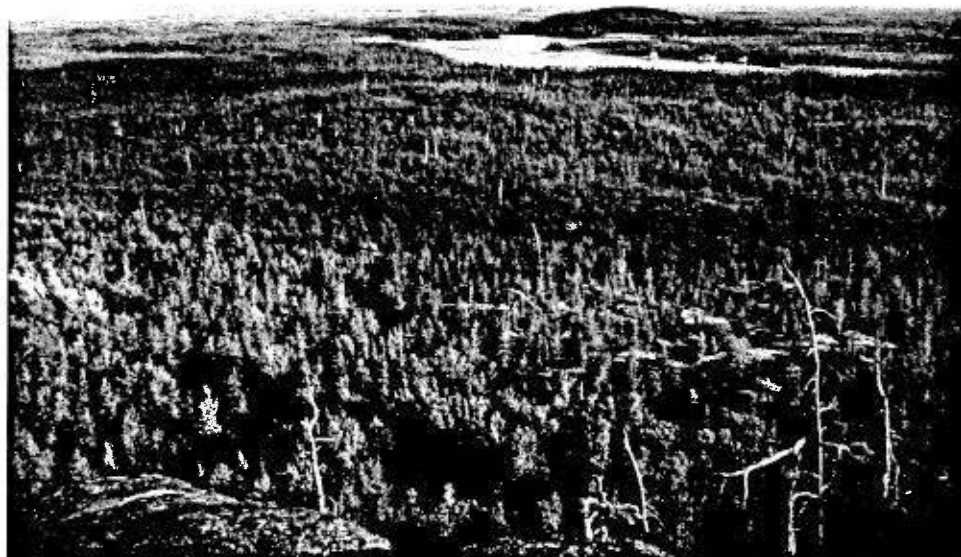


Fig. 1.2 Topographie et environnement à la limite nord de répartition de l'érable rouge: collines dispersées dans une vaste plaine. a. Mont Plamondon (station 20); en rouge: situation approximative de la population d'érables rouges. b. Vue depuis le Mont Fenouillet (station 10) de la plaine argileuse abitibienne.

2.4 Végétation et sols de la région

Alors que le Témiscamingue se situe dans la forêt de feuillus, l'Abitibi et la partie sud du territoire de la Baie James sont situées à la limite sud de la forêt boréale. La région étudiée couvre, du sud au nord, 2 régions forestières (Rowe, 1972, fig. 1.1):

- Missinaibi-Cabonga (B.7, au centre et nord du Témiscamingue) dans la zone de la sapinière, est peuplée principalement, sur site mésique, d'Abies balsamea, de Picea mariana et Betula papyrifera, accompagnés de Populus tremuloides et de Picea glauca. Sur les rives rocheuses et les hauteurs, on retrouve Pinus strobus et Pinus resinosa, alors que sur les terrasses de sable et les bords de rivières, Pinus banksiana domine avec Picea mariana. Les sols de cette région sont surtout des podzols humo-ferriques.

- Argile du Nord (B.4, en Abitibi et au sud du territoire de la Baie James), dans la zone de la pessière à épinettes noires, est caractérisée par l'abondance de Picea mariana dans les plaines. Sur les sols mieux drainés, on retrouve des peuplements de Populus tremuloides, Populus balsamifera, Abies balsamea, Picea glauca et Picea mariana. Pinus banksiana est aussi abondant sur les stations sèches et Betula papyrifera dans les sols sablonneux. Sur les

argiles calcaires et sur les tills modifiés, des luvisols gris se sont formés alors que sur les tills minces siliceux du sud et sur les monticules sablonneux, se retrouvent à nouveau, des podzols humo-ferriques.

2.5 Erablières rouges et sols

Brown (1981), au Témiscamingue, n'a pas retrouvé de peuplements où l'érable rouge est dominant. Mais dans plusieurs associations forestières, l'érable rouge est co-dominant ou assez abondant. C'est le cas des chênaies boréales où Acer rubrum accompagne Quercus rubra, sur sommets et hauts de versants de collines exposées au sud. Parfois, les feux fréquents auraient produit des pinèdes rouges à pin blanc ou des pinèdes grises à épinettes noires accompagnées d'érables rouges. Enfin, les bétulaies blanches à érable rouge et sapinières à érable rouge sont aussi présentes. A ces latitudes (46°15' à 47°), se retrouvent, accompagnant Acer rubrum: Betula lutea, Picea glauca, Populus tremuloides, Populus grandidentata et Thuja occidentalis.

Au sud de l'Abitibi, Massicotte (1982) a observé au Mont Kekeko, que les sapins baumiers (Abies balsamea) sont abondants dans

les sites bien drainés où se retrouvent l'érable rouge. La régénération par semis chez cette espèce serait abondante; ainsi, les tremblaies à bouleaux blancs comportent des semis et gaulis d'érables rouges.

Plus au nord, au centre de l'Abitibi, Bergeron et Bouchard (1984), ont observé l'érable rouge sur les sites xériques, surtout avec Pinus banksiana, Betula papyrifera et Picea mariana. Les érables rouges colonisent aussi les sites mésiques et quand il est présent, Acer rubrum accompagne Betula papyrifera, Abies balsamea, Pinus banksiana et Populus tremuloides, les trois feuillus pouvant être tour à tour dominants. Au nord du 49ème parallèle, sur le territoire de la Baie James, aucun relevé de végétation ne mentionne la présence d'érable rouge (Rousseau, 1974; Gérardin, 1980).

Les sols des érablières rouges semblent assez homogènes. Selon Brown (1981), les sols des forêts peuplées d'érables rouges, au Témiscamingue, sont principalement des podzols humo-ferriques sur tills ou matériaux fluvio-glaciaires dont la texture est de type loam-sableux. En Abitibi, selon Bergeron et al. (1983), les érablières rouges se retrouvent sur des podzols humo-ferriques dans les pinèdes à bouleau blanc et érable rouge sur dépôts morainiques.

L'intense exploitation forestière que subit la forêt

abitibienne ne date que du début du vingtième siècle: exploitation du bois de sciage dès 1917 à Launay, et installation des pionniers en 1912 à Amos (ATR de l'Abitibi-Témiscamingue, 1987) et en 1913 à Dupuy (MTCP, 1972). D'autre part, la situation topographique des peuplements d'érables sur collines les ont mis à l'abri des grandes coupes forestières de ce siècle; c'est pourquoi la majorité des érablières abitibiennes étudiées sont issues de perturbations naturelles. Cependant, la colonisation du Témiscamingue, antérieure à celle de l'Abitibi (1879), laisse à penser que des coupes sélectives ont pu être pratiquées dans les érablières rouges des collines (ATR de l'Abitibi-Témiscamingue, 1987).

3. Méthodes

3.1 Localisation

Les stations potentielles ont été délimitées sur les cartes topographiques au 1:250,000 (Anonyme, 1981) en répertoriant les collines de 300 mètres et plus susceptibles d'abriter des populations d'érables rouges (Bergeron et al., 1983). Les cartes forestières du ministère de l'Energie et des Ressources du Québec ont permis de répertorier avec plus de sûreté les érablières du sud de l'Abitibi et du Témiscamingue.

Parmi les stations trouvées, le choix des stations a été exhaustif au nord et à choix raisonné au sud (Scherrer, 1984) où l'on suivait alors les priorités suivantes: bien représenter le gradient latitudinal et obtenir des stations d'âges variés. Ainsi, 20 stations ont été retenues pour l'échantillonnage (fig. 1.1).

3.2 Variables abiotiques

Pour chaque site, on a noté sur le terrain, l'exposition, la pente, la régularité de la pente, la situation topographique, le

drainage, le pourcentage d'affleurements rocheux et la pierrosité de surface (C.C.P, 1978).

Une coupe du sol a été faite pour chaque site où l'on a évalué la pierrosité et le type de dépôt de surface, mesuré la profondeur des divers horizons et recueilli des échantillons de sol afin de procéder aux analyses nécessaires à la classification du sol. Les sols organiques ont été congelés, puis séchés au four. Les sols minéraux ont été séchés à l'air. Au laboratoire, le pH de tous les horizons a été déterminé par la méthode de l'électrode de verre à l'eau (Woodruff, 1948). La texture des sols a été évaluée par la méthode de l'hydromètre (Bouyoucos, 1936). Les pourcentages de fer et d'aluminium de l'horizon B l'ont été par extraction au pyrophosphate. Le pourcentage de matière organique des horizons organiques a été mesuré par perte au feu. L'azote total des sols a été évaluée par la méthode Kjeldahl. Le carbone organique a été calculé en divisant le % de matière organique par 1,8 (McKeague, 1978). La quantité de potassium, magnésium et calcium des horizons minéraux ont été évaluées par extraction à l'acétate d'ammonium (McKeague, 1978).

La date d'établissement du peuplement après feu a été évaluée par carottage des 5 plus gros arbres les plus susceptibles de s'être établis après un feu (Pinus banksiana, par exemple) à l'aide d'une

sonde de Pressler. Les carottes, montées sur support de bois, ont été sablées puis lues à l'aide d'une loupe binoculaire.

3.3 Végétation

Les arbres ont été répertoriés par la méthode des quadrants centrés sur le point (Cottam et Curtis, 1956) dans 20 place-échantillons déterminées à tous les 10 ou 15 pas selon la taille de l'érablière. Les diamètres à hauteur de poitrine (DHP) des tiges principales des arbres ayant 5 cm et plus de DHP et la distance des arbres depuis le point centré ont été utilisés pour permettre le calcul des fréquences, densités et dominances absolues. De plus, à toutes les places-échantillon, les espèces herbacées, arbustives et arborescentes de moins de 5 cm de DHP ont été inventoriées en notant leur présence dans un quadrat d'un mètre carré; la couverture (en pourcentage) des mousses et lichens y a aussi été évaluée. La hauteur maximale du plus grand arbre du site a été déterminée à l'aide d'un clinomètre.

Dans chaque station, pour un échantillon de 40 arbres (les 2 plus près de chaque point centré) ou de façon exhaustive pour les petites populations, on a mesuré le diamètre de la souche de l'ensemble de la cépée. De plus, le nombre de tiges vivantes et

mortes on été comptées selon les classes suivantes: < 1cm, 1 à 5 cm, 5 à 10 cm, 10 à 15 cm de DHP, etc. L'âge du plus vieil érable a été évalué par comptage des cernes annuels de la plus grosse tige de chacun des érables rouges de l'échantillon. La moyenne d'âge des érables a été calculée à partir de la plus grosse tige de chaque arbre ou de la plus vieille dans le cas où l'âge des autres tiges a été évalué. Les semences d'érables rouges ont été récoltées en 1988 à l'aide de 5 à 20 pièges à graines disposés aléatoirement au sol de toutes les stations. Le nombre de semis d'érables rouges (moins de 1 cm de DHP) et le nombre de gaulis (entre 1 cm et 5 cm de DHP) ont été comptés dans les 20 micro-quadrats d'un mètre carré. La croissance des arbres a été mesurée en évaluant la largeur moyenne des 10 derniers cernes de 2 carottes prises sur 5 individus choisis au hasard dans chacune des stations.

4. Traitement des données

Afin de faire ressortir les différents gradients, les 20 stations ont été ordonnées et les stations apparentées mises en évidence par des méthodes de groupement. Des corrélations entre les données abiotiques, les caractéristiques des communautés et des populations ont été effectuées afin de voir lesquelles expliquent le mieux la structure écologique.

4.1 Transformation des données

Les données ont été exprimées en valeur d'importance (VI sur 100) obtenue selon le type d'espèce (Mueller-Dombois et Ellenberg, 1974):

Mousses et lichens: $VI = \frac{(\text{couverture relative } (\%) + \text{fréquence relative } (\%))}{2}$

Herbacées, arbustes, semis et gaulis: $VI = \text{fréquence relative } (\%);$

Arbres de 5 cm de DHP et +: $VI = \frac{(\text{fréq. rel.} + \text{densité rel.} + \text{dominance rel.})}{3}$

Les calculs de valeurs relatives ont été faits pour les arbres plus grands ou égaux à 5 cm de DHP d'une part, et pour le reste d'autre part, afin de donner plus de poids aux arbres dominants la forêt.

4.2 Ordination des stations et des espèces

L'analyse des correspondances (Hill, 1973) fut préférée comme technique d'ordination des espèces puisqu'elle permet l'utilisation de tableaux d'abondance d'espèces comportant beaucoup de zéros, (Legendre et Legendre, 1984 et 1984a) et l'ordination simultanée des espèces et des stations (Gauch et al., 1977). Ces derniers ajoutent que l'utilisation du khi-carré (X^2) dans cette analyse, donne de meilleures propriétés à l'ordination, particulièrement lorsque la matrice comporte des données d'abondance d'espèces variant brusquement. Le programme DECORANA (Hill, 1979) a été utilisé pour effectuer les calculs. Nous avons opté pour l'analyse factorielle des correspondances de base (RA), comme Wartenberg et al. (1987) nous le suggèrent, par rapport à l'analyse des correspondances détendancée, le "detrended correspondence analysis" ou DCA (Hill et Gauch, 1980; Gauch, 1982).

Les axes de l'ordination ont été mis en relation avec les

variables abiotiques afin d'identifier lesquelles décrivent le mieux la structure des données. Comme les variables abiotiques sont décrites à l'aide des variables semi-quantitatives et parfois quantitatives, le coefficient de corrélation de rang "r" de Spearman a été préféré. Les calculs des corrélations ont été effectuées à l'aide du logiciel SAS (SAS Institute Inc., 1985).

4.3 Groupement des stations

Parallèlement à l'ordination des stations dans un espace réduit, nous avons isolé les communautés d'érables rouges caractéristiques par des méthodes de groupement. Nous avons choisi une méthode associative, à liens intermédiaires avec une connexité de 50%. Ce choix permet ainsi de réduire la contraction ou la dilatation de l'espace de référence tout en faisant des liens ni trop lâches ni trop exigeants. Le programme LIENINT du logiciel R (Legendre et Legendre, 1984a) a permis de faire le groupement à partir d'une matrice de similarité. Cette matrice a été construite à l'aide du coefficient de Steinhaus, adéquat pour les analyses de végétation puisqu'il exclut les doubles zéros. Le logiciel utilisé pour calculer la matrice de similarité est le programme SIMIL du logiciel R. Les groupes obtenus ont été superposés avec le graphique de l'analyse des correspondances. Les stations regroupées

permettront de révéler les stations apparentées du point de vue de leur composition floristique.

4.4 Reproduction sexuée et asexuée des populations d'érables rouges

Les différences entre les capacités reproductrices sexuée et asexuée des populations d'érables rouges ont été analysées à l'aide de corrélations de Spearman entre les variables descriptives des populations et les variables abiotiques. Nous avons ensuite procédé à des analyses de variance et de covariance sur les différentes variables des populations en fonction de la moyenne d'âge des érables de chaque station, en considérant 2 groupes : les stations mésiques du nord et celles du sud. Ces 2 groupes ont été choisis parmi ceux issus de la méthode de groupement. Les variables testées sont: le logarithme du nombre de graines à l'hectare produites en 1988, le logarithme du nombre de semis à l'hectare présents en 1987, le pourcentage d'érables qui sont des cépées, le nombre de tiges vivantes par cépée en moyenne par station, le nombre de tiges mortes par cépée en moyenne par station, le diamètre moyen de la souche des érables. Chaque station présente donc une seule valeur par variable.

Les différences entre les valeurs obtenues pour chaque variable

au nord et au sud ont été comparées en calculant 2 droites de régression et en les comparant. Trois modèles différents ont été évalués: le modèle "a", où on ne tient pas compte de l'âge des érables, le modèle "b", où on tient compte de l'âge des érables: on teste ici si les droites (nord et sud) sont parallèles donc on vérifie si l'âge interagit avec la latitude (ce qui donne le modèle de régression linéaire complet), et le modèle "c" de régression tenant compte de l'âge des érables et prenant pour acquis que les droites de régression sont parallèles, donc que les pentes de ces droites sont les mêmes. La validité de chacun des modèles sera testée, ce qui permettra de vérifier l'influence de l'âge des érables et de la latitude sur leur comportement reproductif sexué et asexué.

A cause du faible nombre de stations xériques (4), les analyses de variance et covariance n'ont été effectuées que sur les stations mésiques (16). Toutes les analyses ont été effectuées à l'aide des procédures CORR et GLM (SAS Institute Inc., 1985 et 1988).

4.5 Croissance des populations.

Afin d'évaluer les différences de croissance entre les érables du nord et du sud de notre gradient, nous avons procédé d'abord à

des analyses de corrélation entre la croissance moyenne de 5 arbres de chaque station et la latitude, l'âge des arbres et le type de site. Puis, pour plus de justesse, nous avons fait des analyses de variance et de covariance sur la croissance en considérant l'âge des arbres prise individuellement. De plus, les types de site (xérique ou mésique) ont été traités séparément, vu les différences de croissance marquées. Les 2 droites (érables du nord et érables du sud) ont été calculées et comparées selon 3 modèles différents: a. un modèle basé sur les moyennes des données (peu importe l'âge des érables), b. un modèle tenant compte de l'âge des érables et de l'interaction entre l'âge et la latitude, c. un modèle tenant compte de l'âge des érables et prenant pour acquis que les droites (nord et sud) ont la même pente, ce qui permet de calculer les moyennes de croissance ajustées à la moyenne d'âge des érables et ainsi de tester si les 2 groupes sont significativement différents. Pour effectuer ces calculs, le programme GLM de SAS (SAS Institute Inc., 1988) a été préféré, car il permet de faire des régressions sur les données non balancées et permet de considérer un critère de classification: la latitude dans ce cas-ci, divisée en érables du nord et du sud. L'on disposait pour cette analyse, au niveau des sites mésiques, de 50 données pour la droite du sud et de 27 données pour la droite du nord et pour les sites xériques, de 10 données au nord et 3 au sud. Les modèles pour les sites mésiques sont donc probablement plus fiables. Dans ces analyses, deux variables de

croissance ont été utilisées: la croissance en diamètre à partir des mesures des 10 derniers cernes de 5 arbres de la station, et la hauteur des érables.

5. Résultats

5.1 Variables abiotiques

Toutes les stations sont situées à 310 m ou plus d'altitude (tableau I.II). L'exposition est généralement sud-est à sud-ouest pour les stations nordiques, alors que les stations méridionales ne sont pas orientées de façon spécifique (fig. 1.3). Les pentes varient entre 0 et 17°. L'abondance de stations à profil concave (9 stations sur 20) suggère un lien possible entre le drainage oblique qui permet une accumulation d'éléments nutritifs au bas des pentes et la présence de l'érable rouge.

La topographie, le drainage, la proportion d'affleurements rocheux et de pierrosité de surface et dans le sol ont permis de dégager 2 groupes de stations (confirmé plus loin par l'ordination des espèces et le groupement): les stations xériques et les stations mésiques.

Les sols des stations (tableaux I.III et I.IV) sont presque tous des podzols humo-ferriques ou ferro-humiques, sauf la station 6 qui est un brunisol dystrique (proportion de fer et d'aluminium insuffisante pour la classer dans les podzols) et les stations 3, 4, 7, 13 et 19 qui sont des régosols bien que la station 13 réponde

Tableau I.II. Variables abiotiques et historiques des populations d'érables rouges étudiées: disposition des stations selon la latitude.

Station Numéro Nom (Selon la latitude)	Lati- tude	Altitude (m)	Expo- sition	Pente (°)	Forme de la pente	Topogra- phie *	Drainage **	Affleure- ments rocheux ***	Pierro- sité de surface ***	Pierro- sité le dans le sol ***	Xérique ou mésique (X ou M)	Date min. du dernier feu	Date de naissance + vieil érable	Moyenne des dates de nais- sance des érables
NORD:														
19 Collines Hedge	49°16'	412	S-E	17,0	concave	3	1,5	2	2	4	M	1856	1921	1958
20 Mont Plamondon	49°08'	400	S-E	3,5	concave	3	2	1	1	2	M	1860	1930	1955
10 Mont Fenouillet	49°07'	390	S	8,0	concave	3	2	0	2	4	M	1963	1963	1965
4 Lac Pajegasque	49°04'	355	S-E	13,0	convexe	1	1,5	3	3	0	X	1922	1924	1960
2 Desmeloizes-CN	48°56'	335	S-E	7,0	concave	3	3	0	1	3	M	1920	1939	1953
6 Calamity River	48°53'	320	S-E	12,0	régulière	3	3	1	1	3	M	1936	1936	1949
1 La Reine-Dupuy	48°53'	310	S-SE	9,0	concave	3	2,5	0	1	4	M	1928	1928	1950
7 Colombourg	48°43'	320	S-O	13,0	régulière	2	2	3	1	3	X	1927	1947	1970
9 Pinède Roquemaure	48°35'	340	N-NE	6,0	convexe	1	1	4	1	4	X	1946	1950	1960
SUD:														
12 Erab. mixte Roque.	48°34'	340	S-E	6,0	régulière	3	2,5	1	1	2	M	1841	1841	1910
3 Erab. de Roque.	48°33'	340	S-SE	9,0	concave	3	3	3	4	4	M	1760	1854	1910
5 Lac Montsabrais	48°28'	350	S-SE	0,0	concave	3	2	1	1	2	M	1923	1923	1933
11 Mont Bourniot	48°23'	412	N-E	7,0	concave	2	2	2	1	1	M	1944	1896	1948
8 Mont Kekeko	48°11'	375	S-SE	8,0	concave	3	2	1	1	3	M	1790	1873	1942
17 Montbeillard	48°03'	310	S-O	1,0	régulière	2	3	1	1	1	M	1949	1949	1953
16 Rollet-sud	47°50'	335	S	7,0	régulière	3	2	1	1	1	M	1932	1932	1942
13 Cap de Rémigny	47°48'	330	S-SO	8,0	convexe	1	1	4	1	0	X	1939	1939	1958
18 Erablière de Rémigny	47°48'	310	N	6,0	régulière	3	2,5	0	1	1	M	1817	1878	1925
14 Angliers	47°36'	310	E	6,0	régulière	2	2,5	0	1	2	M	1774	1873	1909
15 Ville-Marie	47°21'	310	N-O	2,0	convexe	2	2	1	1	1	M	1887	1905	1930

* Topographie: 1 = sommet vif
2 = haut de versant
3 = mi-versant

** Drainage: 1 = excessif
2 = bon
3 = modérément bon

*** 0 = 0 %
1 = 1-25 %
2 = 26-50 %
3 = 51-75 %
4 = 76-100 %

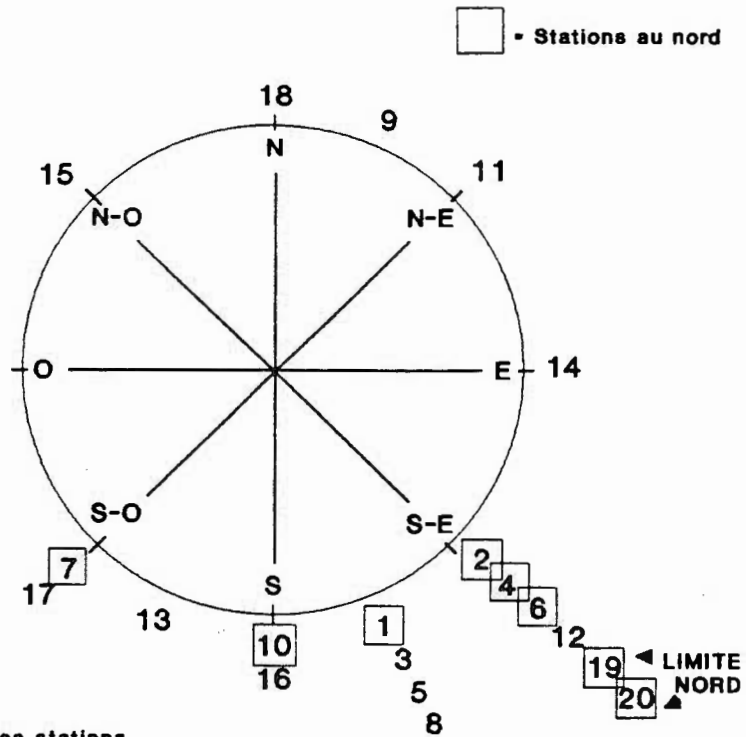


Fig. 1.3 Orientation des stations.

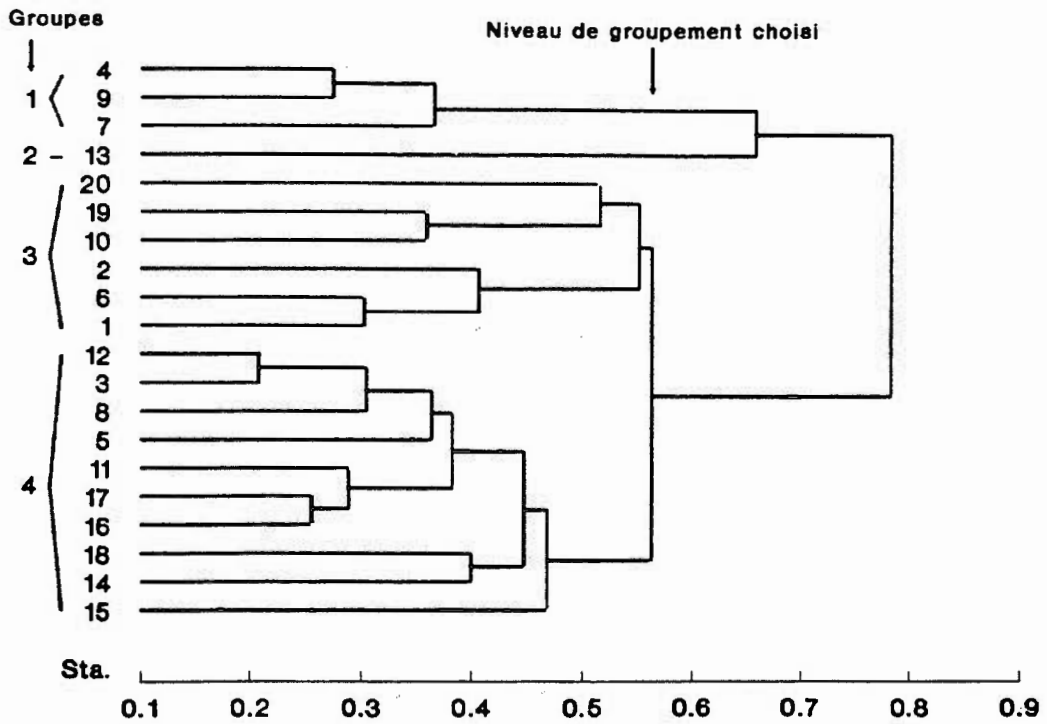


Fig. 1.5 Dendrogramme des 20 stations basé sur le groupement hiérarchique à liens intermédiaires avec une connexité de 50%.

Tableau I.III Variables abiotiques des sols des 20 populations échantillonnées.

Sta.	Epaisseur sol (cm) (org et A)		Sable (%)	Argile (%)	pH org.	pH A	pH B	Fer (ppm)	Alum. (ppm)	Matière org. F(%) H(%)		Azote Tot. F(%) H(%)		C/N F H		Calcium hor. B (ppm)	Magnés. hor. B (ppm)	Potas. hor. B (ppm)
19	7,0	30,0	84,0	9,4	3,63	4,14	4,53	28555	18030	75,50	69,79	1,80	1,93	23,30	20,09	135,36	25,91	87,51
20	5,3	2,0	79,2	7,4	4,20	4,09	4,39	11090	6974	76,57	46,41	2,03	1,53	20,96	16,85	37,73	4,24	5,94
10	7,0	11,0	80,0	0,0	3,91	4,07	4,44	21540	22835	71,79	28,60	1,05	0,65	37,99	24,44	186,56	20,28	51,68
4	1,3	22,0	.	.	3,71	3,95	.	.	.	79,78	.	1,24	.	35,74	.	.	.	.
2	5,5	15,0	71,4	5,4	4,05	4,44	4,87	4904	7277	59,90	.	1,59	.	20,93	.	34,64	5,72	16,47
6	3,3	4,0	83,6	2,7	4,42	4,39	4,50	4233	3298	26,52	.	0,63	.	23,57	.	209,92	35,03	15,64
1	3,5	14,0	86,0	7,4	4,92	4,77	4,78	15180	9289	42,51	.	1,56	.	15,14	.	262,11	26,96	38,50
7	5,5	13,0	.	.	3,83	4,80	.	.	.	72,95	.	1,18	.	34,35	.	.	.	.
9	3,2	30,0	68,6	0,4	4,19	4,29	4,03	4110	6392	28,66	.	0,60	.	26,54	.	190,04	49,69	82,83
12	3,5	1,0	92,0	2,0	4,34	3,90	4,47	9260	19320	86,19	62,14	1,90	1,41	25,20	24,48	81,94	8,39	8,37
3	7,0	12,0	89,6	5,4	4,17	4,43	4,39	22530	19305	79,04	.	1,89	.	23,23	.	105,54	17,80	16,78
5	5,5	3,0	60,6	3,0	3,93	3,97	4,45	12850	5840	66,71	36,79	1,81	1,21	20,48	16,89	45,22	12,79	38,23
11	6,5	3,0	81,6	7,4	4,16	3,95	4,39	70700	19305	81,61	52,35	1,86	.	24,38	19,39	9,68	41,85	66,61
8	3,8	2,0	47,6	5,4	3,68	3,93	4,27	10020	7277	85,62	63,53	2,00	1,51	23,78	23,38	560,34	96,72	04,17
17	9,0	18,0	67,6	7,4	3,84	3,69	.	.	.	63,88	76,30	1,81	1,64	19,61	25,85	97,84	58,07	8,89
16	4,5	2,5	72,0	4,4	3,95	3,85	4,29	9260	6679	79,34	58,67	1,59	1,70	27,72	19,17	63,88	15,25	25,58
13	11,0	3,0	.	.	3,74	4,10	.	.	.	88,02	.	1,44	.	33,96	.	.	.	.
18	2,8	6,0	85,6	3,4	4,18	4,20	4,84	25525	19990	76,56	43,45	2,09	1,57	20,35	15,37	84,08	12,51	15,19
14	3,0	12,0	77,6	4,4	4,73	4,41	4,72	9260	9289	75,90	.	1,89	.	22,31	.	204,95	20,81	17,66
15	3,8	1,0	69,6	6,4	4,44	3,98	4,24	4705	5840	60,58	43,90	1,57	1,70	21,44	18,91	56,51	17,61	23,80

. Valeur manquante.

Tableau I.IV Descriptions géologiques (rapports géologiques) et pédologiques des stations.

Sta- tions	Roche		Dépôt de surface	Texture des sols (horizon B)	Identification des sols *
19	Volcanique	Laves mafiques ¹	MRR	Sable loameux	Régosol humique
20	Intrusif ou métamorphique	Granite à biotite ^{1,2}	MRR	Sable loameux	Podzol ferro-humique
10	Intrusif ou métamorphique	Roches ou gneiss ¹ granitiques	MRR	Sable loameux	Podzol humo-ferrique
4	Intrusif	Granodiorite ^{1,3}	Roc	-	Régosol humique
2	Sédimentaire	Schiste, grauwaacke ^{1,4}	MR	Loam sableux	Régosol humique
6	Intrusif	Diorite ^{1,4}	MRR	Sable loameux	Brunisol dystrique
1	Intrusif	Diorite ou diabase ^{1,4}	MRR	Sable loameux	Podzol humo-ferrique
7	Intrusif ou métamorphique	Roches ou gneiss ¹ granitiques	MRR	-	Régosol orthique
9	Intrusif	Laves mafiques ¹	Roc	Loam sableux argileux	Podzol ferro-humique
12	Intrusif	Laves mafiques ¹	MRR	Sable	Podzol humo-ferrique
3	Intrusif	Laves mafiques ¹	MRR	Sable	Régosol humique
5	Ignée	Laves mafiques ¹	MNR	Loam sableux	Podzol ferro-humique
11	Métamorphique	Andésite ^{1,5}	MNR	Sable loameux	Podzol humo-ferrique
8	Sédimentaire	Grauwaacke, argilite ou conglomérat ^{1,6}	MRR	Loam	Podzol humo-ferrique
17	Intrusif et métamorphique	Gneiss granitique ou métavolcanites ^{1,7,8}	MRR et A	Loam sableux	Podzol humo-ferrique
16	Intrusif	Granite à hornblende ^{1,8}	MRR et A (sur roc)	Loam sableux	Podzol humo-ferrique
13	Intrusif ou métamorphique	Schiste ou gneiss à biotite ^{1,8}	Roc	-	Régosol orthique ou folisol typique
18	Intrusive	Granite à oligoclase ^{1,8}	MR	Sable loameux	Podzol humo-ferrique
14	Intrusif	Granite ^{1,8}	MR	Sable loameux	Podzol humo-ferrique
15	Ignée	Laves mafiques, quartz et biotite ^{1,9}	MRR	Loam sableux	Podzol humo-ferrique

Références cartographiques:

1. Dugas et all, 1965.
2. Ross, 1959.
3. Perron, 1966.
4. Gilman, 1961.
5. Behr et all, 1958.
6. Sharpe, 1967.
7. Van de Walle, 1978.
8. Chagnon, 1968.
9. Osborne, 1934.

Dépôts: Roc: roche en place
MR : moraine remaniée
MRR: moraine remaniée sur roc
MNR: moraine non remaniée
A : argile

* C.C.P. 1978

aussi aux critères des folisols. Les régosols des stations 4, 7 et 13 sont des sols peu développés puisqu'ils prennent assise sur des affleurements rocheux, alors que ceux des stations 3 et 19 semblent être dus à des éboulis récents.

Les dépôts de surface sont constitués en général de till et les sols sont sablonneux; les sites échantillonnés ont donc un bon drainage favorisant la formation de podzols. L'acidité des sols (pH entre 3,63 et 4,87) est possiblement le reflet d'un matériel parental pauvre libérateur de minéraux, associé à un climat rude et à des litières d'aiguilles ralentissant probablement le processus de décomposition. Sur l'ensemble des sites, les rapports C/N varient de 15,14 à 37,99. Ils sont plus élevés que ceux de Brown (1981) au sud du Témiscamingue, mais égaux à ceux de Bergeron et al. (1983) sur les érablières d'Abitibi (31, 30 et 34). Ceci concorde avec l'évaluation de Brady (1984) selon laquelle les rapports C/N sont plus élevés en forêt boréale qu'en forêt décidue, la décomposition étant plus lente au nord. De notre gradient latitudinal, les valeurs moyennes du rapport C/N des stations mésiques du nord (23,64) diffèrent peu de celles du sud (22,85), possiblement parce que le gradient n'est pas assez étendu; les sites xériques (32,65) se démarquent cependant des sites mésiques (23,15). Les quantités de calcium, magnésium et potassium sont plutôt faibles, sauf dans la station 8, plus riche en calcium.

Cherchant à évaluer l'impact de la latitude sur les caractéristiques abiotiques des érablières rouges, nous avons calculé les corrélations entre la latitude et les autres variables abiotiques. Les corrélations fortes sont les suivantes (r de Spearman, tableau I.V):

Plus la latitude est élevée, plus les stations se retrouvent à haute altitude. A latitude élevée, la pente, la pierrosité de surface et dans le sol sont plus fortes, et les stations sont davantage exposées au sud-est, plutôt qu'au sud-ouest, (corrélation de 0,410, $p = 0,07$ avec la variable "exposition au vent"). La combinaison des 2 variables d'exposition (lumière x vent), dont le maximum est l'orientation sud-est et le minimum est à l'opposé, a révélé une corrélation entre la tendance vers le sud-est et la latitude ($p = 0,001$).

Parmi les sites visités à la limite nord (fig. 1.1, au-dessus de la ligne de séparation nord-sud sur la carte), 8 stations sur les 16 sites potentiels étaient dénuées d'érable rouge. Hors, au sud de cette aire, tous les sites visités où était indiqués la présence d'érables rouges sur les cartes forestières, ou tout site potentiel selon les données topographiques, en comportaient. Dans les 8 stations du nord sans érable, l'exposition semblait être un facteur

Tableau I.V Coefficients de corrélations de Spearman entre la latitude, les quatre premiers axes et les variables abiotiques. Dessous: seuil de probab. α n = nb. d'observations. * $p \leq 0,05$ ** $p \leq 0,01$ *** $p \leq 0,001$

	AXE 1	AXE 2	AXE 3	AXE 4	LATITUDE		AXE 1	AXE 2	AXE 3	AXE 4	LATITUDE
AXE 1 n = 20	1,00000	-0,14522	-0,08014	-0,20098	0,58089	DATERA n = 20	0,59691	0,03086	-0,43131	-0,15663	0,32706
	0,0000	0,5413	0,7370	0,3955	0,0072**		0,0055**	0,8972	0,0576	0,5096	0,1593
AXE 2 n = 20	-0,14522	1,00000	-0,50527	-0,30486	-0,19338	EPAIS. O n = 20	0,13817	0,38505	-0,19857	-0,66579	0,07777
	0,5413	0,0000	0,0231*	0,1912	0,4140		0,5613	0,0936	0,4013	0,0014**	0,7445
AXE 3 n = 20	-0,08014	-0,50527	1,00000	0,21528	-0,36268	EPAIS. A n = 20	0,33723	-0,43380	-0,03961	0,07925	0,40815
	0,7370	0,0231*	0,0000	0,3620	0,1160		0,1459	0,0560	0,8683	0,7398	0,0740
LATITUDE n = 20	0,58089	-0,19338	-0,36268	-0,44825	1,00000	% SABLE n = 17	-0,08584	0,21827	0,04414	-0,28344	0,29657
	0,0072**	0,4140	0,1160	0,0475*	0,0000		0,7432	0,4000	0,8664	0,2703	0,2477
ALTITUDE n = 20	0,32182	-0,19948	0,07903	-0,42419	0,55778	% ARGILE n = 17	0,11385	-0,08677	-0,04615	0,06219	-0,00369
	0,1664	0,3991	0,7405	0,0623	0,0106*		0,6635	0,7405	0,8604	0,8126	0,9888
EXPLUM n = 20	0,08076	0,27912	-0,09801	-0,47924	0,18817	pH ORG n = 20	-0,37834	0,18127	-0,26476	0,17833	-0,19331
	0,7350	0,2334	0,6810	0,0325*	0,4269		0,1000	0,4444	0,2593	0,4519	0,4142
EXPVEN n = 20	-0,04818	-0,28131	0,08704	-0,18502	0,41031	pH A n = 20	0,15199	-0,21068	-0,01129	-0,04366	0,24906
	0,8401	0,2296	0,7152	0,4348	0,0724		0,5224	0,3726	0,9623	0,8550	0,2896
LUM & VENT n = 20	0,18576	0,00384	-0,14623	-0,48992	0,67320	pH B 16	-0,07670	-0,18289	-0,06199	-0,31906	0,24484
	0,4330	0,9872	0,5384	0,0283*	0,0011**		0,7777	0,4978	0,8196	0,2284	0,3608
PENTE (*) n = 20	0,34408	-0,00909	0,07655	-0,06141	0,48921	FER 16	-0,20354	-0,10915	0,24059	-0,35894	0,11504
	0,1374	0,9696	0,7484	0,7970	0,0286*		0,4496	0,6874	0,3694	0,1722	0,6714
REGPEN n = 20	-0,24168	-0,03731	-0,27088	-0,56914	0,41970	ALUMINI. 16	-0,23599	-0,23746	0,41771	-0,26292	0,08997
	0,3046	0,8759	0,2480	0,0088**	0,0654		0,3789	0,3758	0,1074	0,3252	0,7404
TOPOGRA. n = 20	-0,34399	0,12497	-0,31779	-0,42058	0,30705	MAT.ORG.F n = 20	-0,17525	0,02482	0,67168	-0,16328	-0,23467
	0,1375	0,5996	0,1721	0,0648	0,1879		0,4599	0,9173	0,0012**	0,4916	0,3193
DRAINAGE n = 20	-0,57863	0,17249	-0,31441	-0,02118	-0,09487	AZOTE F n = 20	-0,70783	-0,09714	0,32718	-0,13371	-0,29970
	0,0075**	0,4671	0,1770	0,9294	0,6907		0,0005***	0,6837	0,1591	0,5741	0,1992
AFROC n = 20	0,49084	0,05812	0,30157	0,04675	0,05851	C/N F n = 20	0,52952	-0,14141	0,35352	0,06772	0,17751
	0,0280*	0,8077	0,1963	0,8448	0,8064		0,0163*	0,5521	0,1263	0,7767	0,4540
PIESUR n = 20	0,24765	-0,23258	0,15182	-0,10933	0,46408	CALCIUM n = 17	-0,12385	-0,06990	0,08706	0,31534	0,05637
	0,2925	0,3238	0,5228	0,6463	0,0393*		0,6358	0,7898	0,7397	0,2176	0,8298
PIESOL n = 20	0,10780	-0,17095	-0,27028	-0,23110	0,54403	MAGNES. n = 17	-0,10055	0,10300	-0,06254	0,40614	-0,11765
	0,6510	0,4712	0,2491	0,3269	0,0132*		0,7010	0,6940	0,8115	0,1057	0,6529
DATFEU n = 20	0,46108	0,25047	-0,44528	-0,09631	0,13238	POTAS. n = 17	0,18761	-0,18026	0,14592	0,11656	0,03431
	0,0407*	0,2868	0,0491*	0,6863	0,5780		0,4709	0,4887	0,5763	0,6559	0,8960
MOYAGARU n = 20	0,80332	-0,13715	-0,20799	0,60776	-0,19902						
	0,0001***	0,5642	0,3789	0,0045**	0,4002						

limitant, on ne retrouve, en effet, aucun érable rouge à des expositions autres que sud-ouest à sud-est. Cependant, certains des sites potentiels, bien qu'orientés dans une direction adéquate pour les érables, étaient dénués de cette espèce.

5.2 Influence du feu

Les stations ont toutes brûlées comme en témoigne la présence de charbon; les derniers feux s'échelonnant entre 1760 et 1963 (tableau I.II). L'âge du plus vieil érable rouge échantillonné coïncide avec le feu dans toutes les jeunes stations (stations 10, 4, 6, 1 et 9 au nord, et 12, 5, 17, 16, 13 au sud), et s'en écarte plus on se dirige vers des stations âgées (19, 20 au nord et 3, 8, 18, 14 et 15 au sud). Les érables de la station 12 sont les plus vieux de la région, fixant la date minimum du feu en 1841. Dans les stations 3 et 14, les érables sont nés en 1854 et 1873 au minimum, pour des dates de feu établies à 1760 et 1774. Dans les stations 19 et 20, alors que les feux sont respectivement de 1856 et 1860, les plus vieux érables sont nés en 1921 et 1930. La longévité des érables à la limite nord serait donc raccourcie. Si les érables des stations nordiques 2 et 7 ne sont pas liés au feu, c'est en partie parce que leur faible effectif diminue les possibilités que certains érables aient leur plus grosse tige du même âge que le feu. Dans un

cas (station 11), on a retrouvé un érable plus vieux que le feu (feu de 1944, érable né en 1896). Il est donc possible qu'exceptionnellement un érable puisse survivre à un feu.

En général, l'écart entre l'âge moyen et l'âge du plus vieil érable est faible, mais augmente dans les vieilles stations: ceci suggère que les populations d'érables du gradient sont relativement équiennes au feu, sauf dans les vieilles stations, mais seule une analyse de la structure d'âge pourra le confirmer (voir chapitre 2).

5.3 Végétation

5.3.1 Ordinations des stations à partir des données de végétation

Les quatre axes de l'ordination par l'analyse des correspondances (RA) ont respectivement les valeurs propres suivantes: 0.539, 0.278, 0.262, 0.214. Le premier axe inclut donc, à lui seul, une bonne partie de la variabilité totale. Les 3 autres axes semblent apporter une information complémentaire en proportions relativement égales. Cependant, l'axe 2 comporte peu d'informations interprétables: il n'est corrélé avec aucune variable abiotique et est fortement corrélé à l'axe 3 (tableau I.V). L'axe 4 ajoute peu d'informations. Ainsi, seules, les ordinations des

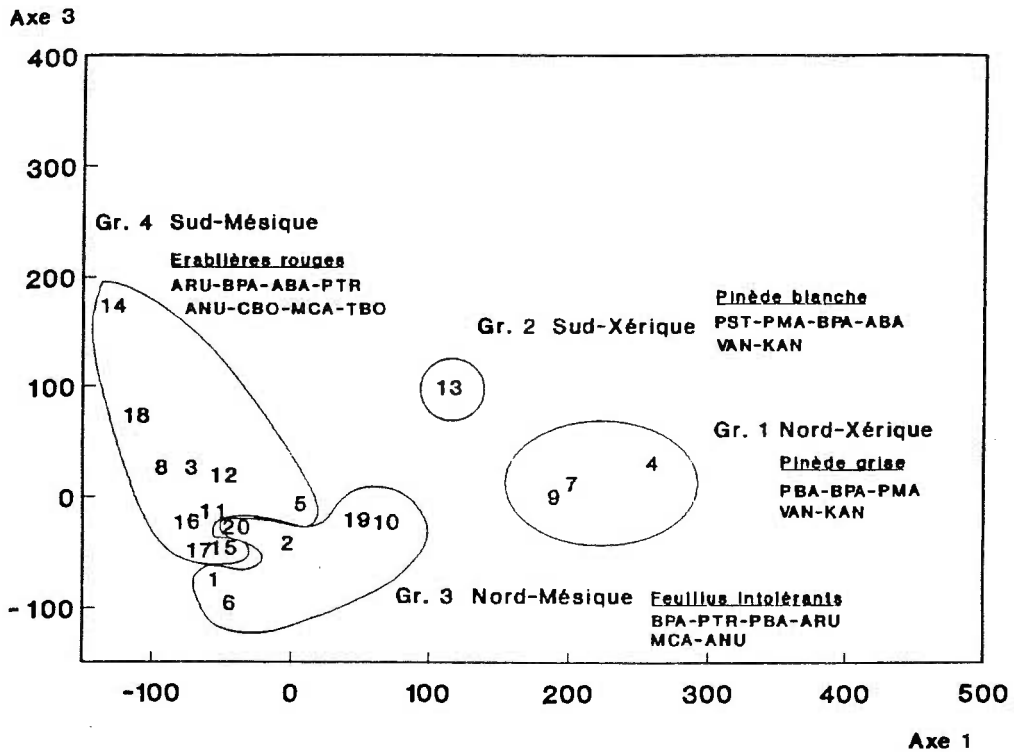
stations avec l'axe 1 et 3 (fig. 1.4) sont présentées.

L'analyse des corrélations des variables abiotiques (voir tableau I.V et figure 1.4) avec les axes démontre que l'axe 1 est: corrélé significativement ($p = 0,001$) avec une moyenne d'âge peu élevée des érables rouges et avec un faible pourcentage d'azote de l'horizon F; corrélé ($p = 0,01$) avec la latitude, le jeune âge du plus vieil érable et le drainage. L'axe 1 est aussi corrélé ($p = 0,05$) avec le % d'affleurements rocheux et la date du feu. Les stations sèches sont en général plus jeunes.

Ainsi, il semble que l'axe 1 explique la dispersion des stations selon un gradient topographique, de latitude et d'âge du site ainsi que l'âge moyen des érables. Cet axe isole à droite du diagramme les stations xériques du sud et du nord qui sont caractérisées par une latitude élevée, des sols fortement drainées et un bon pourcentage d'affleurements rocheux. De plus, elles sont généralement plus jeunes.

L'axe 3 est corrélé ($p = 0,01$) avec le pourcentage de matière organique de l'horizon F et corrélé ($p = 0,05$) avec la date du dernier feu. Cet axe isole les vieilles stations du sud situées vers le haut de l'ordination qui ont une couche organique plus épaisse, des jeunes stations mésiques du sud situées au centre de

a.



b.

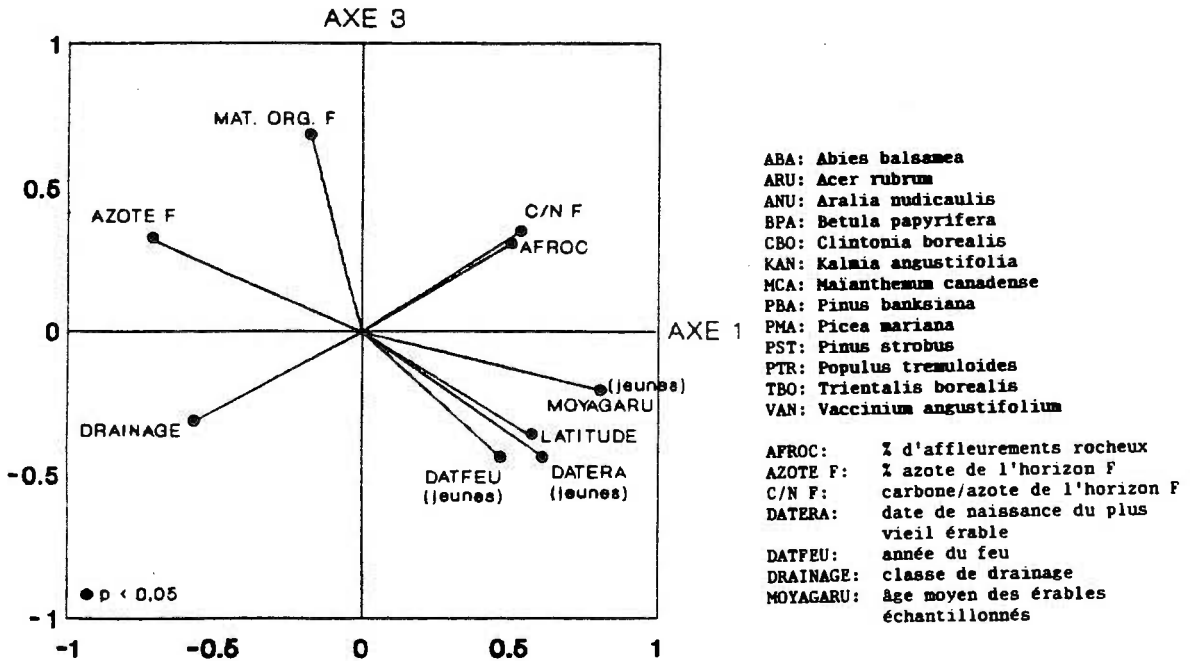


Fig. 1.4 Ordination des stations du gradient latitudinal (axes 1 et 3). a. Ordination (RA) et groupement des stations selon les axes 1 et 3. Voir tableau I.VI pour l'explication des symboles. b. Corrélations de Spearman des variables abiotiques en fonction des axes de l'analyse des correspondances. Seules les variables significatives sont représentées. Voir tableau I.V pour les autres corrélations et annexe 1 pour l'explication des symboles.

l'axe. De plus, cet axe sépare les stations mésiques du nord (bas de l'ordination) qui sont à la fois plus jeunes et à sols plus minces.

5.3.2 Groupement et analyse des espèces

Cherchant à dégager surtout des grands groupes en regard des problèmes liés à la latitude, 4 groupes ont été retenus au niveau de similarité 0,44501 (figure 1.5). Ces groupes intègrent bien les variables corrélées avec les axes. Ainsi, le groupe 1 comporte 3 stations: 4, 7 et 9, les stations xériques du nord situées à droite de l'axe 1. La station 13, aussi xérique et seule représentante du sud, constitue le groupe 2. Pour les sites mésiques, les stations nordiques (groupe 3, stations: 1, 2, 6, 10, 19 et 20) sont isolées des stations mésiques du sud (groupe 4, stations 3, 5, 8, 11, 12, 14 à 18). Les groupes sont superposés à l'ordination des stations et les communautés y sont inscrites avec les espèces caractéristiques basées sur les moyennes des valeurs d'importance et les constances pour chacun des groupes (tableau I.VI). Ces données ainsi que l'ordination des espèces arborescentes de plus de 5 cm de DHP selon les axes 1 et 3 d'ordination (fig. 1.6) permet de caractériser chacun des groupes.

Tableau 1.VI Moyennes des valeurs d'importance (VI) pour chaque groupe et constantes:

Espèces	Abrév. du nom	Groupe 1		Groupe 2		Groupe 3		Groupe 4	
		Xérique-nordique		Xérique-du sud		Mésique-nordique		Mésique-du sud	
		VI const.	VI const.	VI const.	VI const.	VI const.	VI const.	VI const.	VI const.
Arbres ≥ 5 cm DHP									
Abies balsamea	ABA5	1,04	67	8,63	100	2,25	67	15,29	70
Acer rubrum	ARU5	1,15	33	5,73	100	7,55	100	35,02	100
Acer saccharum	ASA5	0	0	0	0	0	0	2,57	30
Amelanchier sp.	AME5	0	0	0	0	0,61	33	0,13	10
Betula lutea	BLU5	0	0	0	0	0	0	0,86	20
Betula papyrifera	BPA5	8,78	100	19,49	100	18,20	100	22,36	100
Picea glauca	PGL5	0	0	2,92	100	3,48	50	2,18	60
Picea mariana	PMA5	7,84	100	26,08	100	5,98	67	2,56	50
Pinus banksiana	PBA5	77,81	100	1,65	100	13,57	67	3,35	30
Pinus resinosa	PRE5	0	0	0	0	0	0	1,37	10
Pinus strobus	PST5	0	0	15,10	100	0	0	0	0
Populus grandidentata	PGR5	0	0	0	0	0	0	1,36	10
Populus tremuloides	PTR5	2,37	67	0	0	21,25	67	7,82	80
Prunus pennsylvanica	PPEN	0	0	0	0	5,47	100	2,83	60
Quercus rubra	QRUB	0	0	0	0	0	0	0,32	10
Salix sp.	SALS	1,40	33	0	0	0,08	17	0,35	20
Sorbus americanus	SAMA	0	0	0	0	0,37	17	0	0
Thuja occidentalis	TOCS	0	0	0	0	0	0	1,65	10
Arbres ≥ 1 cm < 5 cm DHP									
Abies balsamea	ABA3	0	0	0	0	0,11	17	0,17	20
Acer rubrum	ARU3	0,91	33	0,95	100	0	0	0,17	30
Amelanchier sp.	AME3	0	0	0	0	0,39	17	0,06	10
Betula papyrifera	BPA3	0,45	33	0	0	0,11	17	0,06	10
Picea mariana	PMA3	0,91	33	0	0	0	0	0	0
Pinus banksiana	PBA3	0,27	33	0	0	0	0	0	0
Pinus strobus	PST3	0	0	0	0	0	0	0,05	10
Populus tremuloides	PTR3	0	0	0	0	0	0	0,06	10
Prunus pennsylvanica	PPEN	0	0	0	0	0,20	17	0	0
Salix sp.	SALS	0	0	0	0	0,07	17	0	0
Sorbus americana	SAMA	0,45	33	0	0	0,07	17	0	0
Arbres < 1 cm DHP									
Abies balsamea	ABA1	0	0	0	0	1,61	67	3,78	90
Acer rubrum	ARU1	0,45	33	5,71	100	1,36	100	9,95	100
Acer saccharum	ASA1	0	0	0	0	0	0	1,26	20
Amelanchier sp.	AME1	4,07	100	3,81	100	2,43	83	0,80	60
Betula papyrifera	BPA1	0,26	67	2,86	100	0,82	50	1,14	90
Fraxinus sp.	FRA1	0	0	0	0	0,07	17	0	0
Picea glauca	PGL1	0	0	0	0	0	0	0,09	10
Picea mariana	PMA1	0,68	33	1,90	100	0,07	17	0,27	40
Pinus banksiana	PBA1	1,81	67	0	0	0	0	0	0
Pinus strobus	PST1	0	0	0	0	0,07	17	0	0
Populus balsamifera	PBL1	0	0	0	0	1,15	67	0,87	60
Populus tremuloides	PTR1	0	0	0	0	1,57	67	0	0
Prunus pennsylvanica	PPEN	2,63	67	0	0	0	0	0,21	10
Quercus rubra	QRUB	0	0	0	0	0	0	0,21	10
Salix sp.	SALS	0,68	33	0	0	0,47	67	0,15	20
Sorbus americana	SAMA	1,81	67	0	0	0,21	17	0,63	60
Thuja occidentalis	TOCS	0	0	0	0	0	0	0,18	10
Arbustes									
Acer pennsylvanicum	APE	0	0	0	0	0	0	0,21	10
Acer spicatum	ASP	0	0	0	0	5,66	100	5,71	100
Alnus incisa	ACR	2,72	100	0	0	0,46	50	0,21	30
Aronia melanocarpa	AME	0,45	33	0	0	0,14	17	0	0
Cassandra calyculata	CCL	0,45	33	0	0	0	0	0	0
Chicopea hispida	CHI	0	0	0	0	0,28	17	0,05	10
Clematis verticillaris	CVE	0	0	0	0	0,20	17	0	0
Cornus alternifolia	CAL	0	0	0	0	0	0	0,21	30
Corylus cornuta	COR	0	0	0	0	3,39	100	4,52	90
Crataegus sp.	CRA	0,45	33	0	0	0,11	17	0	0
Diervilla lonicera	DLO	2,94	67	0,95	100	5,82	100	1,40	60
Epigaea repens	ERE	0	0	0,95	100	0	0	0,10	10
Gaultheria procumbens	GPR	0	0	5,32	100	0	0	0,62	10
Juniperus communis	JCO	0	0	0	0	0,20	17	0	0
Kalmia angustifolia	KAN	15,86	100	15,24	100	0,44	17	0,36	50
Ledum groenlandicum	LGR	0	0	0	0	0,07	17	0	0
Lonicera canadensis	LCA	0	0	0	0	0	0	0,48	40
Nemophanthus mucronatus	NMU	0	0	0	0	0	0	0,06	10
Rhus radicans	RRA	0	0	0	0	0,11	17	0	0
Ribes glandulosum	RGL	0,45	33	0	0	1,65	67	0,51	40
Ribes lacustre	RLA	0	0	0	0	0,21	33	0	0
Rubus idaeus	RID	0	0	0	0	0	0	0,09	10
Rubus pubescens	RPU	0	0	0	0	0,56	50	0,09	20
Sambucus pubens	SPU	0	0	0	0	0	0	0,19	20
Taxus canadensis	TCA	0	0	0	0	0	0	1,65	30
Vaccinium angustifolium	VAN	27,87	100	16,19	100	4,22	67	2,81	90
Vaccinium myrtilloides	VMY	2,95	100	9,32	100	5,06	100	2,05	80
Viburnum cassinoides	VCA	1,36	67	1,90	100	0,71	50	0,45	10
Viburnum edule	VED	0	0	0	0	0,71	67	0	0
Viburnum lentago	VLE	0	0	0	0	0,44	17	1,29	50
Herbacées									
Achillea millefolium	AMI	0	0	0	0	0,21	17	0	0
Apocynum androsaemifolium	AAN	0	0	0,95	100	0,10	17	0	0
Aralia nudicaulis	ANU	0	0	0,95	100	8,48	100	7,31	100
Aster macrophyllus	AMA	0,45	33	0,95	100	4,92	67	0,46	80
Athyrium filix-femina	AFI	0	0	0	0	0	0	0,14	20
Clasagrostis canadensis	CED	0	0	0	0	0	0	8,86	100
Campanula rotundifolia	CRO	0,45	33	0	0	0	0	0,15	20
Carex pedunculata	CPE	0	0	0,95	100	0,78	67	0,11	30
Carex triperma	CTR	0	0	0	0	0	0	0,11	10
Clintonia borealis	CBO	0	0	0,95	100	5,61	100	7,41	100
Coptis groenlandica	COG	0	0	0	0	1,06	67	2,48	70
Cornus canadensis	CCA	0,45	33	0,95	100	4,93	83	1,89	70
Cypripedium acaule	CAC	0	0	2,86	100	0	0	0	0
Dryopteris disjuncta	DDI	0	0	0	0	0	0	0,15	20
Dryopteris spinulosa	DSP	0	0	0	0	0	0	0,92	48
Epilobium angustifolium	EAN	0	0	0	0	0,56	47	0	0
Eriophorum sp.	ERI	0,45	33	0	0	0	0	0,19	20
Fragaria virginiana	FVI	0	0	0	0	0,11	17	0	0
Galium triflorum	GTR	0	0	0	0	0,26	13	0,05	10
Grabenis sp.	GRA	0,90	33	0	0	0	0	0,16	20
Habenaria bracteata	HBR	0	0	0	0	0	0	0,36	10
Hieracium aurantiacum	HAA	0	0	0	0	0,21	17	0	0
Hinnæa borealis	HBO	0	0	0	0	1,45	67	1,56	50
Lycopodium annotinum	LAA	0	0	0	0	0,93	33	0,64	30
Lycopodium clavatum	LCL	0,45	33	0	0	0,43	33	0,90	40
Lycopodium lucidulum	LLU	0	0	0	0	0,31	33	0,57	40
Lycopodium obscurum	LOB	0	0	0	0	3,20	83	3,76	100
Melanthes canadensis	MCA	6,10	100	4,76	100	9,73	100	8,03	100
Melampyrum lineare	MLI	2,94	67	0,95	100	1,27	50	0,42	10
Monarda uniflora	MUN	0	0	0	0	0,07	17	0	0
Monotropa hypopitys	MHU	0,68	33	0	0	0	0	0	0
Monotropa uniflora	MUI	0	0	0	0	0,12	17	0,06	10
Osmunda claytoniana	OCL	0	0	0	0	0,10	17	0,22	40
Oralis montana	OMO	0	0	0	0	0	0	0,20	20
Phlox pilulosa	PRA	0	0	0	0	0,53	17	0	0
Polygonum convolvulus	PCO	0	0	0	0	0,11	17	0	0
Polygonum sp.	POL	0	0	0	0	0	0	0,06	10
Polygonum virginianum	PVI	0	0	0	0	0,39	17	0	0
Potentilla tridentata	PTI	0,45	33	0	0	0,20	17	0	0
Pteridium aquilinum	PAQ	1,36	33	0,57	100	3,63	83	2,35	70
Pyrola elliptica	PEL	0	0	0	0	0	0	0,13	20
Pyrola secunda	PSR	0	0	0	0	0,14	17	0,09	10
Solidago rugosa	SRU	0	0	0	0	0	0	0,14	20
Streptopus amplexifolius	SAM	0	0	0	0	0	0	0,13	10
Streptopus roseus	SRO	0	0	0	0	1,01	67	2,81	100
Trientalis borealis	TBO	0,68	33	0	0	3,94	83	6,54	100
Viola canadica	VCA	0	0	0	0	0,11	17	0	0
Viola eschscholii	VES	0	0	0	0	0	0	0,06	10
Viola heptantha	VHE	0	0	0	0	1,92	83	1,26	80
Viola sorokina	VSE	0	0	0	0	0,28	17	0,19	40
Liégeois									
Linum	LIN	5,41	100	6,85	100	1,07	67	0,81	30
Monarda	MNA	1,33	100	1,72	100	1,76	100	0,50	100

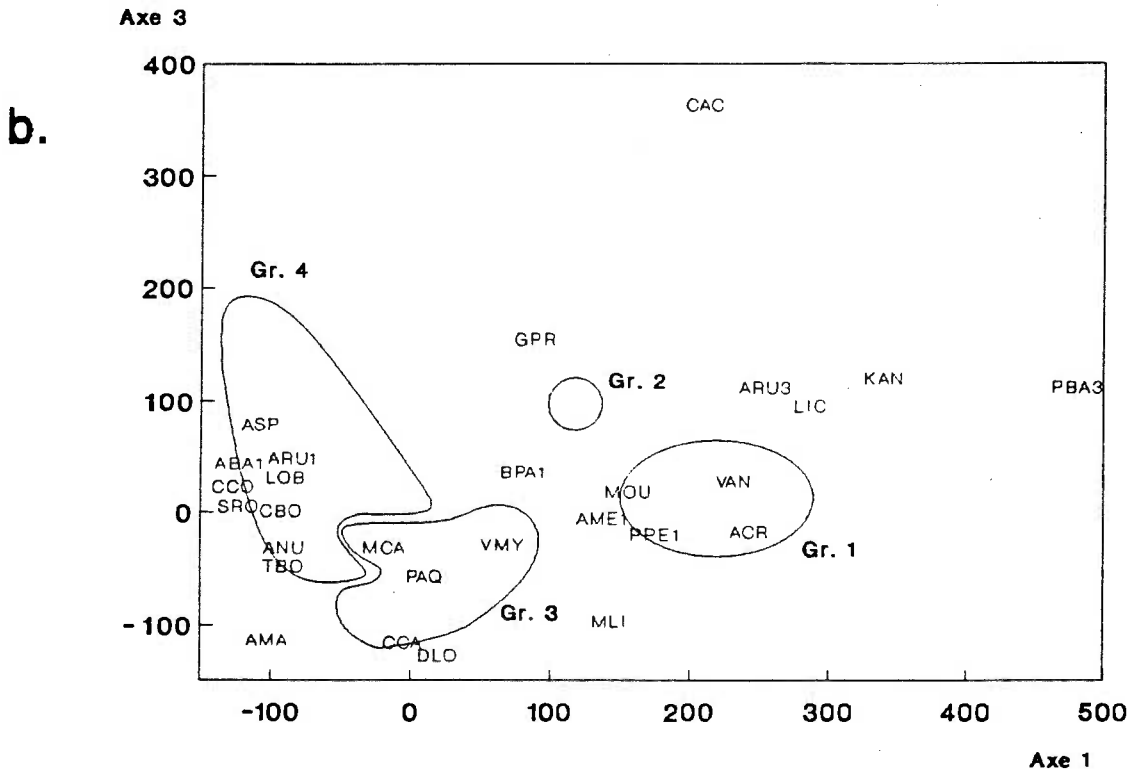
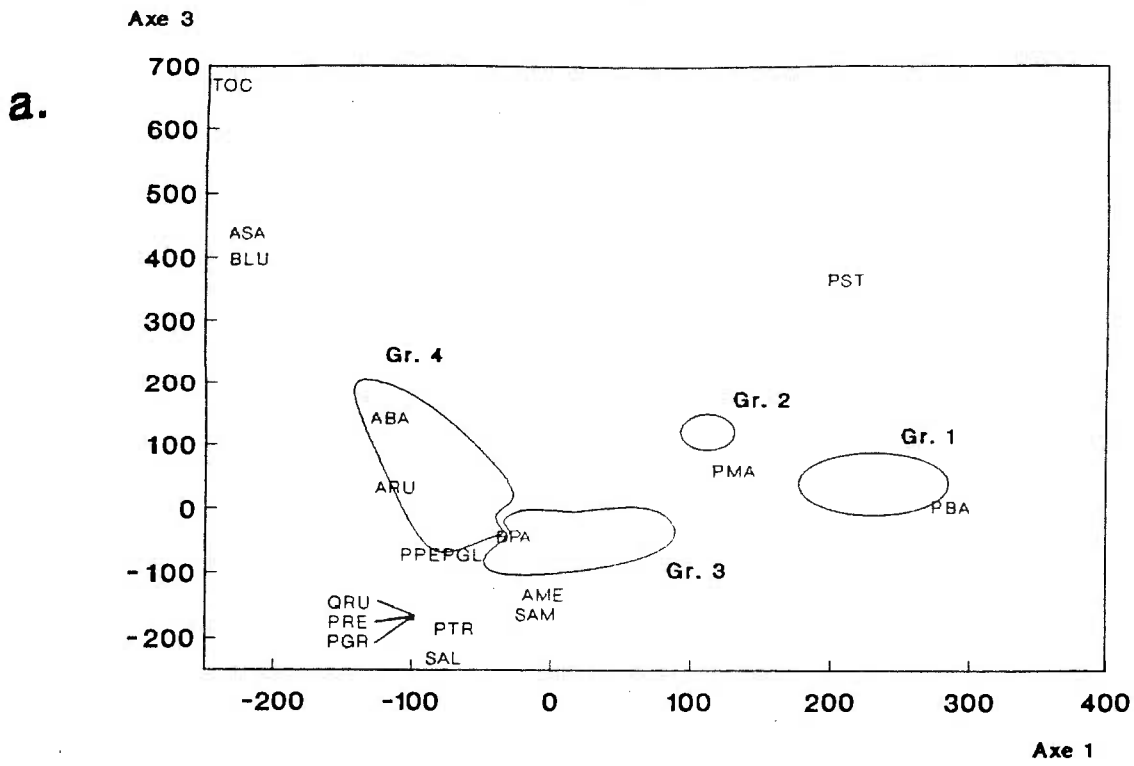


Fig. 1.6 Ordination des principales espèces en fonction des axes 1 et 3. a. Ordination des arbres > 5 cm DHP. b. Ordination des autres arbres, arbustes et herbacées.

Groupe 1: Pinèdes grises

Le groupe 1 comporte des stations nordiques sèches principalement peuplées de Pinus banksiana. Betula papyrifera et Picea mariana sont présents mais sont beaucoup moins importants (fig. 1.7a). Au sol, dominant les gaullis de Pinus banksiana et d'Acer rubrum, ainsi que Kalmia angustifolia, les lichens et mousses, Vaccinium myrtilloides, Alnus crispa, Prunus pensylvanica, Amelanchier sp. et Melampyrum lineare.

Groupe 2: Pinède blanche

La station sèche du sud (groupe 2) est dominée (fig. 1.7b) par Pinus strobus, qui partage la dominance avec Pinus banksiana et Picea mariana. Abies balsamea est aussi présent. Vaccinium angustifolium et Kalmia angustifolia sont les 2 dominants de la strate la plus basse, mais on retrouve aussi beaucoup de Vaccinium myrtilloides, Gaultheria procumbens et Pteridium aquilinum. Les semis d'érables rouges sont passablement abondants. Les espèces qui séparent le mieux ce groupe des autres sur l'ordination sont: Cypripedium acaule, Gaultheria procumbens, et les semis de Betula papyrifera.

a.



b.



Fig. 1.7 Communautés xériques d'érables rouges. a. Groupe 1, xérique du nord, station 4: pinède grise. b. Groupe 2, xérique du sud, station 13: pinède blanche.

Groupe 3: Bétulaies blanches et tremblaies

Le groupe 3 (stations mésiques du nord, fig. 1.8 a et b) est dominé, au niveau de la strate arborescente, par Betula papyrifera et Populus tremuloides. Pinus banksiana et Acer rubrum sont assez importants. Au sol, Maianthemum canadense et Aralia nudicaulis sont abondants. L'ordination des espèces signalent, comme espèces particulièrement liées au groupe 3: Diervilla lonicera, Cornus canadensis, Pteridium aquilinum, Maianthemum canadense et Vaccinium myrtilloides.

Groupe 4: Erablières rouges

Le groupe 4 (mésique du sud, fig. 1.9 a et b) est caractérisée par la dominance de l'érable rouge avec Betula papyrifera, Abies balsamea et Populus tremuloides comme espèce compagne. L'ordination révèle, de plus, les espèces de fin de succession et de milieux plus humides dans le coin supérieur gauche de l'ordination, soit: Thuja occidentalis, Acer saccharum, Betula lutea et Abies balsamea, là où se trouvent nos stations les plus vieilles où la couverture importante des arbres et les conditions du site induisent un milieu plus frais et plus humide. La constance et la valeur d'importance de Betula lutea et de Acer saccharum sont cependant très faibles,

Pin gris

Bouleaux blancs (présumés)



Fig. 1.8 Communautés mésiques d'érables rouges. Groupe 3, mésique du nord. a. Vieille station (19): Vue éloignée de la station: bétulaie blanche à pin gris enclavée au pied d'un escarpement rocheux à la limite nord. Le site mésique est derrière le rocher et à sa droite. b. Jeune station (6): tremblaie à bouleau blanc.



Fig. 1.8 c. Station 19. Vue en plongée de la forêt échantillonnée.
Bétulaie blanche à pin gris avec Acer rubrum de forme
arbustive (drapeau rouge).

a.



b.



Fig. 1.9 Communautés mésiques d'érables rouges. Groupe 4, mésique du sud. a. Jeune population (station 11): érablière à bouleau blanc. b. Vieille population (station 15): érablière rouge de Ville-Marie.

ces espèces étant à leur limite nord. De même, Quercus rubra et Populus grandidentata, se retrouvent dans des stations plus jeunes de façon sporadique pour la même raison. Thuja occidentalis et Pinus resinosa, sont aussi marginaux. Au sol, les semis d'érables rouges sont nombreux, de même qu'Aralia nudicaulis, Clintonia borealis, Maianthemum canadense et Trientalis borealis. Selon l'ordination, en plus des espèces déjà mentionnées, les stations mésiques du sud sont caractérisées par: Acer spicatum, les semis d'Abies balsamea, Lycopodium obscurum, Corylus cornuta, Streptopus roseus, et Aster macrophyllus.

5.4 Reproduction sexuée et asexuée

En comparant la capacité de reproduction sexuée et asexuée de l'érable rouge, l'on constate des différences fondamentales entre les stations du nord et celles du sud (tableaux I.VII et I.VIII) des sites mésiques.

La production de graines à l'hectare en 1988 (fig. 1.10 et 1.11) diminue significativement avec la latitude ($p = 0,0001$; tableau I.VIII). La diminution significative de la production de graines sur les sites de haute altitude, à pentes fortes, exposées plutôt vers le sud-est et à jeunes érables, s'explique peut-être par le fait que les stations du nord ont ces caractéristiques; il est possible aussi que les jeunes érables n'aient pas atteint l'âge de reproduction sexuée. L'analyse de variance simple (tableau I.IX et annexe 2 a, modèle a), indique qu'il y a en moyenne $10^{4.02}$ graines à l'hectare produites au sud comparativement à $10^{0.65}$ au nord. Ces différences sont très hautement significatives ($p = 0,001$). Selon le modèle b, il n'y a pas d'interaction entre l'âge et la latitude. Dans le modèle c, on voit que l'âge moyen des érables n'influence pas la production de graines ($p = 0,948$). Si on considère l'âge moyen, il y a une différence significative entre la production de graines au nord et au sud. Le modèle retenu est donc le modèle a, où les moyennes des productions de graines diffèrent signi-

Tableau I.VII Variables de communautés et de populations d'érables rouges: valeurs dans chaque station.
Les stations sont ordonnées en fonction de la latitude.

Sta.	Nb. de graines / hect.	Nb. de semis /hect.	Nb. de gaulis /hect. (sexués)	% d'ind. = cépées	Nb. tiges/individu:			Diamètre de la souche (cm)	Croissance en largeur 10 derniers cernes (cm)	Hauteur max. des arbres (toutes espèces) (m)
					Vivantes	Mortes	Totales			
19	0	23	2,5	96	10,2	2,7	12,9	40,5	0,65	20,8
20	0	3,64	10,91	100	9,8	1,5	11,3	46,0	0,66	17,5
10	0	875	125	100	8,6	2,2	10,8	41,2	0,83	7,0
4	0	26	10	98	7,2	2,8	10,0	36,2	0,47	6,9
2	8000	36	0	86	4,1	1,3	5,4	36,8	1,13	16,3
6	0	8000	0	95	6,4	3,4	9,8	38,9	0,80	12,0
1	0	70	0	90	5,0	1,5	6,5	29,6	0,97	19,5
7	0	12	0	100	9,8	3,9	13,7	38,9	1,22	7,8
9	1000	630	10	100	6,4	2,4	8,8	43,8	0,53	8,0
12	1000	102000	0	70	4,5	0,5	5,0	30,8	0,34	15,5
3	2000	103500	0	60	3,6	0,3	3,9	29,4	0,64	13,5
5	0	92500	1000	83	3,6	1,3	4,9	42,3	0,42	17,5
11	2000	172000	0	90	4,1	0,9	5,0	42,6	0,59	14,7
8	5000	724000	0	90	4,9	1,1	6,0	38,5	0,84	15,5
17	89000	364000	0	98	5,1	2,1	7,2	41,0	1,52	13,0
16	2000	304000	0	95	5,7	2,7	8,4	45,1	0,73	17,3
13	13000	3750	375	95	6,8	2,8	9,6	34,4	0,48	8,5
18	52500	323000	0	75	5,5	0,5	6,0	44,3	1,17	19,0
14	12000	16000	0	45	1,9	0,5	2,4	30,6	1,04	20,3
15	27000	811000	500	83	5,5	1,3	6,8	36,3	0,58	13,5

Tableau I.VIII Coefficients de corrélations de Spearman (r), seuil α, et nombre d'observations.

	GRAINES	SEMIS	GAULIS	BASMOYCP	PCEPEE	NBTIGVI	NBTIGNO	CROIS	HAUMAXGA
LATITUDE n = 20	-0,83598 0,0001***	-0,78977 0,0001***	0,11169 0,6392	0,10459 0,6608	0,54189 0,0136*	0,49397 0,0269*	0,38709 0,0918	-0,04212 0,8600	-0,11069 0,6422
ALTITUDE n = 20	-0,47771 0,0332*	-0,29550 0,2059	0,29294 0,2101	0,31764 0,1723	0,31573 0,1751	0,22451 0,3413	0,02670 0,9110	-0,45958 0,0415*	-0,06008 0,8013
EXPLUM n = 20	-0,29280 0,2103	-0,05721 0,8106	0,09293 0,6968	-0,16308 0,4921	0,11767 0,6213	0,03534 0,8824	0,20856 0,3776	-0,04859 0,8388	-0,06395 0,7888
EXPEVN n = 20	-0,34825 0,1324	-0,35267 0,1272	-0,18772 0,4280	-0,14610 0,5388	-0,23012 0,3290	-0,23193 0,3252	-0,24181 0,3044	-0,22217 0,3465	0,36862 0,1098
LIM & VENT n = 20	-0,57850 0,0075**	-0,47497 0,0343*	-0,06889 0,7729	-0,24295 0,3020	-0,01508 0,9497	0,03959 0,8684	0,07243 0,7615	-0,20334 0,3899	0,21625 0,3598
PENTE (**) n = 20	-0,45835 0,0421*	-0,45759 0,0425*	-0,23099 0,3272	-0,34218 0,1397	0,26145 0,2655	0,40987 0,0727	0,46710 0,0379*	0,08409 0,7245	-0,23664 0,3151
REGPEN n = 20	-0,32727 0,1590	-0,13133 0,5810	-0,18309 0,4397	0,09489 0,6907	-0,11150 0,6398	-0,24611 0,2956	-0,35575 0,1237	0,22051 0,3502	0,46303 0,0398*
TOPOGRAPHIE n = 20	-0,26908 0,2513	0,04980 0,8348	-0,25208 0,2836	0,11896 0,6174	-0,26948 0,2506	-0,14795 0,5336	-0,31123 0,1816	0,19232 0,4166	0,53506 0,0151*
DRAINAGE n = 20	0,22530 0,3396	0,28999 0,2149	-0,65317 0,0018**	-0,27756 0,2361	-0,49594 0,0262*	-0,55202 0,0116*	-0,45411 0,0443*	0,51258 0,0208*	0,23539 0,3178
AFROC n = 20	-0,10754 0,6518	-0,18135 0,4442	0,24689 0,2940	-0,01767 0,9411	0,35319 0,1266	0,32798 0,1580	0,39810 0,0821	-0,51577 0,0199*	-0,51046 0,0215*
PIESUR n = 20	-0,33063 0,1545	-0,25402 0,2798	0,18718 0,4294	-0,24012 0,3079	0,12635 0,5956	0,23670 0,3150	0,06863 0,7737	-0,21204 0,3695	-0,24515 0,2975
PIESOL n = 20	-0,48447 0,0304*	-0,36024 0,1187	-0,13864 0,5599	-0,12859 0,5890	0,11789 0,6206	0,03895 0,8705	-0,02280 0,9240	0,19705 0,4050	0,10400 0,6601
DATE DU FEU n = 20	-0,15917 0,5027	-0,11128 0,6405	0,22415 0,3421	0,37082 0,1075	0,64017 0,0024**	0,33296 0,1514	0,59797 0,0054**	0,00150 0,9950	-0,53218 0,0157*
MOYAGARU n = 20	-0,47647 0,0337*	-0,67947 0,0010***	0,33175 0,1530	0,26074 0,2669	0,91425 0,0001***	0,77321 0,0001***	0,79652 0,0001***	0,08136 0,7331	-0,53281 0,0156*
DATERA n = 20	-0,23621 0,3160	-0,41836 0,0664	0,26383 0,2610	0,36432 0,1143	0,78925 0,0001***	0,54241 0,0135*	0,74009 0,0002***	0,25658 0,2748	-0,50202 0,0238*
Epais. O n = 20	0,06971 0,7703	-0,01660 0,9446	0,17940 0,4492	0,04983 0,8347	0,21179 0,3700	0,09263 0,6977	0,11861 0,6185	0,03774 0,8745	-0,12656 0,5949
Epais. A n = 20	-0,21013 0,3739	-0,48567 0,0299*	-0,12050 0,6128	-0,09355 0,6948	0,33549 0,1482	0,18965 0,4232	0,32412 0,1633	0,29638 0,2045	-0,12420 0,6019
% SABLE n = 17	-0,28007 0,2763	-0,26225 0,3092	-0,34128 0,1800	-0,29412 0,2518	-0,26881 0,2968	0,05651 0,8294	-0,22442 0,3865	-0,00098 0,7576	0,19398 0,4557
% ARGILE n = 17	0,06268 0,8111	0,00861 0,9738	0,22740 0,3801	0,16728 0,5210	0,32735 0,1996	-0,00247 0,9925	0,16275 0,5326	-0,10332 0,6931	0,05237 0,8418
pH ORG. n = 20	0,06242 0,7938	0,12331 0,6045	-0,24795 0,2919	-0,17405 0,4630	-0,42425 0,0623	-0,37439 0,1039	-0,40317 0,0780	0,01053 0,9649	0,29131 0,2127
pH A n = 20	-0,24900 0,2898	-0,52275 0,0180*	-0,35477 0,1248	-0,16223 0,4944	-0,06631 0,7812	0,03127 0,8959	0,06609 0,7819	0,34449 0,1369	0,10090 0,6721
pH B n = 16	-0,11151 0,6810	-0,38348 0,1426	-0,36947 0,1590	-0,36947 0,1590	-0,32095 0,2255	-0,18935 0,4825	-0,13373 0,6215	0,57522 0,0197*	0,56467 0,0227*
FER n = 16	-0,09318 0,6378	0,01475 0,9223	-0,05423 0,2478	-0,05423 0,2478	-0,05498 0,4262	-0,04290 0,7211	-0,28975 0,0526	0,09735 0,3944	0,34738 0,6908
ALUMINIUM n = 16	0,12755 0,6378	0,02655 0,9223	-0,30676 0,2478	-0,30676 0,2478	-0,21397 0,4262	-0,09689 0,7211	-0,49258 0,0526	0,22861 0,3944	0,10791 0,6908
MAT.ORG. F n = 20	0,22628 0,3374	0,18496 0,4350	-0,06198 0,7952	-0,09628 0,6864	-0,18182 0,4430	-0,04670 0,8450	-0,23481 0,3190	-0,33684 0,1464	0,00903 0,9699
AZOTE F n = 20	0,40151 0,0793	0,38239 0,0961	-0,27668 0,2376	0,07229 0,7620	-0,54002 0,0140*	-0,45508 0,0434*	-0,77016 0,0001***	0,07979 0,7381	0,62049 0,0030*
C/N F n = 20	-0,26763 0,2540	-0,22256 0,3456	0,17151 0,4697	0,02031 0,9323	0,43865 0,0530	0,45424 0,0442*	0,47339 0,0350*	-0,34286 0,1389	-0,65789 0,0016**
CALCIUM n = 17	-0,10345 0,6928	-0,04412 0,8665	-0,21796 0,4007	-0,38725 0,1246	0,09371 0,7205	0,14005 0,5919	0,19482 0,4537	0,28922 0,2602	-0,06875 0,7932
MAGNESIUM n = 17	0,13499 0,6055	0,23529 0,3633	-0,21222 0,4135	-0,12255 0,6394	0,31197 0,2228	0,04423 0,8662	0,26141 0,3108	0,14951 0,5668	-0,34500 0,1750
POTASS. n = 17	-0,17031 0,5134	0,01716 0,9479	0,18641 0,4738	0,03186 0,9034	0,20099 0,4392	0,01351 0,9589	0,17510 0,5015	-0,21324 0,4112	-0,02455 0,9255

Graines: nombre de graines d'érables rouges à l'hectare
 Semis: nombre de semis d'érables rouges à l'hectare (moins de 1m de haut)
 Gaulis: nombre de gaulis d'érables rouges à l'hectare (+ de 1m de haut, - de 5cm de NIP)
 Basmoyp: diamètre de la souche de la cèpe ou de l'arbre (érable rouge)
 Pcépée: % d'érables rouges à tiges multiples (cépées)
 Nbtigvi: moyenne du nombre de tiges vivantes / érable rouge
 Nbtigno: moyenne du nombre de tiges mortes / érable rouge
 Crois: largeur des 10 derniers cerneaux au DHP (moy. sur 2 carottes) de chaque érable
 Haumaxga: hauteur maximale de la strate arborescente

Explum: exposition lumineuse sud-9 nord-1
 Expevn: exposition aux vents est-9 ouest-1
 Regpen: régularité de la pente
 Pcesol: % de pierrosité dans le sol
 Datera: date de naissance du plus
 Afroc: affleurements rocheux
 Piesur: % de pierrosité de surface

* significatif (p ≤ 0,05) ** très significatif (p ≤ 0,01) *** hautement signif. (p ≤ 0,001)

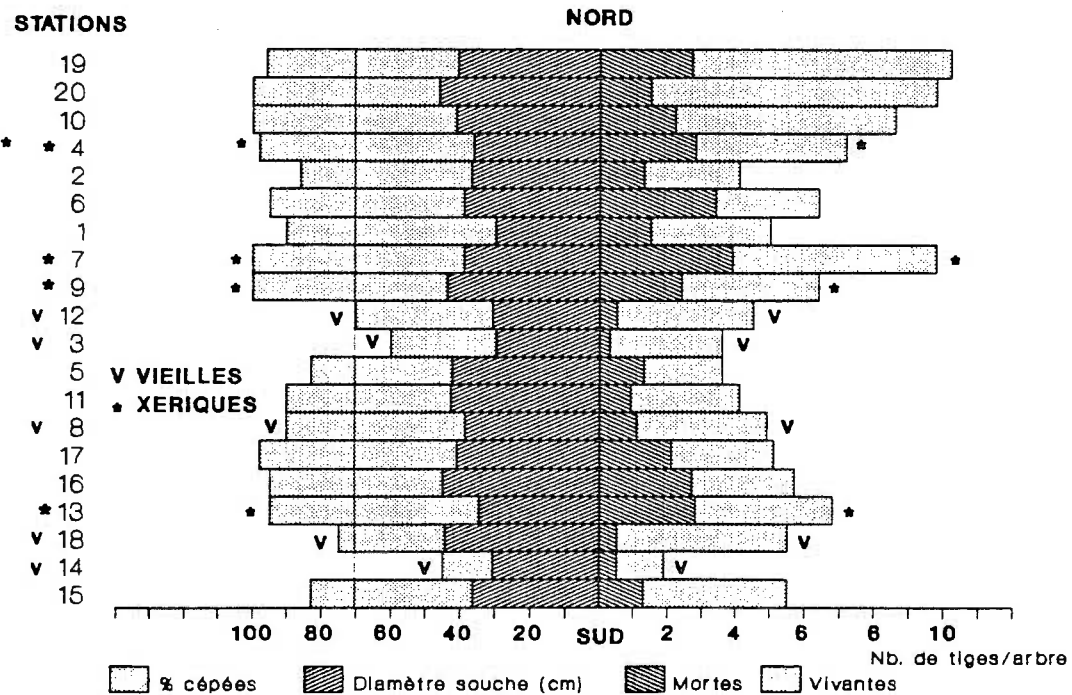
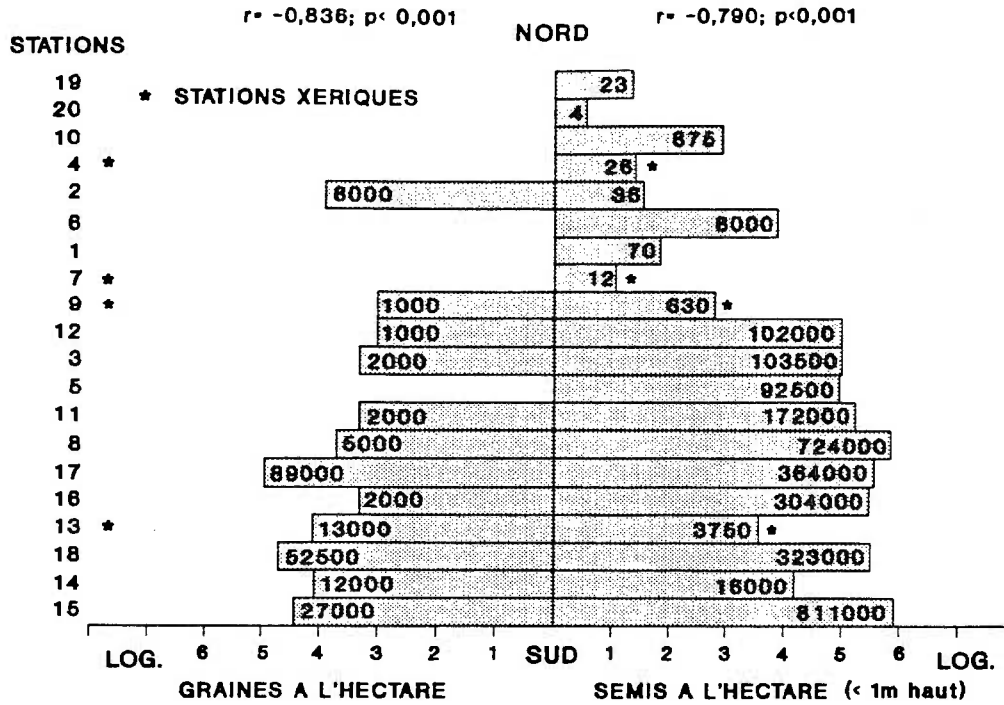


Fig. 1.10 Reproduction sexuée versus reproduction asexuée. a. Régénération asexuée en fonction de la latitude. Le gradient latitudinal est représenté de bas en haut. Le numéro des stations est indiqué à gauche de l'histogramme. b. Régénération asexuée en fonction de la latitude.

a.



b.



Fig. 1.11 a. Reproduction sexuée au nord, site xérique, station 4.
b. Reproduction sexuée au sud, site xérique à
Ville-Marie (près de la station 15).

Tableau I.IX. Synthèse des analyses de variance et covariance appliquées sur les variables de reproduction.

Variable (Station)	MODELE A			MODELE B	MODELE C		Moyennes ajustées à l'âge moyen des érables (année 1939,5)	
	Nord	Sud	p > F	Interaction entre âge et latitude (pentes non parallèles) p > F	Effet d'âge (pente diffé- rente de 0) (p > F)	Différences entre nord et sud (p > F)	Nord	Sud
Nb. de graines (log.)	0,65	4,02	*** 0,001	0,711	0,948	* 0,011	0,617	4,040
Nb. de semis (log.)	2,03	5,28	*** 0,001	0,636	0,312	*** 0,001	1,763	5,433
% d'éra. qui sont des cépées	94,5%	78,9%	* 0,046	0,453	*** 0,001	0,138	80,37 %	87,38 %
moy. du nb. de tiges vivantes /cépée	7,35	4,44	** 0,007	0,101	0,143	0,208	6,537	4,928
moy. nb. tiges mortes/ cépée	2,10	1,12	* 0,031	0,522	* 0,036	0,703	1,607	1,416
diamètre moyen souches	38,83 cm	38,09 cm	0,808	0,648	** 0,004	* 0,048	34,20 cm	40,87 cm

Modèle C: solution III (SAS) utilisée.

*** p < 0,001

** p < 0,01

* p < 0,05

1 Modèle A: $Y_N = b_N$
 $Y_S = b_S$

2 Modèle B: $Y_N = (a_N \times \text{âge moyen des érables}) + b_N$
 $Y_S = (a_S \times \text{âge moyen des érables}) + b_S$

3 Modèle C: $Y_N = (a \times \text{âge moyen des érables}) + b_N$
 $Y_S = (a \times \text{âge moyen des érables}) + b_S$

ficativement entre le nord et le sud. Les analyses de variance et de covariance confirment donc les corrélations de Spearman: seule une latitude élevée permet d'expliquer une déficience en graines.

L'abondance en semis d'érables rouges de moins d'un cm de DHP (tableau I.VIII, fig. 1.10) décroît ($p = 0,001$) avec la latitude et sur sites à jeunes érables. Les semis diminuent de façon significative sur les pentes accentuées et si l'horizon A est épais, ce qui empêche probablement l'accès à l'horizon B où se trouve les minéraux disponibles. Il y a significativement ($p = 0,034$) moins de semis si la station est exposée au sud-est plutôt que vers le nord-ouest, probablement parce que les stations nordiques, peu fécondes, sont exposées majoritairement au sud-est. Le sud produit beaucoup plus de semis en moyenne ($10^{5.29}$) que le nord ($10^{2.03}$), $p = 0,001$ (tableau I.IX, annexe 2 b). Il n'y a pas d'interaction entre l'âge des érables et la latitude ($p = 0,636$) et entre l'âge des érables et le nombre de semis ($p = 0,312$). Pour des peuplements d'âge comparable, il y a plus de semis au sol dans les stations du sud que dans les stations du nord ($p = 0,001$).

Le nombre de gaulis à l'hectare (tableau I.VIII) n'est pas corrélé avec la latitude mais l'est avec le drainage ($p = 0,002$): les sites xériques ayant un plus grand nombre de gaulis issus de graines. Cependant, le petit nombre de gaulis observés ne permet

pas d'étudier plus avant cette variable.

Le pourcentage d'individus à tiges multiples (% de cépées) (tableau I.VIII, fig. 1.10 et 1.12) augmente si le plus vieil érable est jeune ou si la moyenne d'âge des érables est faible ($p = 0,001$). De même, il augmente significativement plus les feux sont récents, la latitude et le drainage élevés et le pourcentage d'azote dans l'horizon F faible.

L'analyse de variance (tableau I.IX et annexe 2 c) indique qu'il y a en moyenne plus de cépées au nord (94,5%) qu'au sud (78,9%, $p = 0,046$). Le pourcentage des cépées diminue si l'âge moyen des érables augmente ($p = 0,001$). A moyennes d'âges égales, il n'y a plus de différence significative entre le nord et le sud, quoiqu'on observe une légère tendance à y avoir plus de cépées au nord. La corrélation observée entre le pourcentage de cépées et la latitude est donc plutôt due à l'âge plus faible des érables au nord.

Autre indice de la vigueur des rejets est la moyenne du nombre de tiges vivantes par cépée (tableau I.VIII, fig. 1.10). Selon les corrélations, on retrouve plus de tiges vivantes par arbre où les érables sont jeunes ($p = 0,001$), et significativement plus de tiges vivantes au nord, dans les sites à drainage élevé, dans les sols

a.



b.



Fig. 1.12 Régénération asexuée a. Au nord, site xérique, station 7. Le ruban à mesurer encercle la souche d'un seul individu. b. Au sud, site mésique, station 17. Cépée d'érable pointée.

pauvres en azote (F) où le rapport C/N est élevé et si le plus vieil érable est jeune.

Il y a une forte différence (tableau I.IX, annexe 2 d, $p = 0,007$) entre le nombre de tiges vivantes par arbre au nord (7,35 tiges) et au sud (4,44 tiges). Contrairement au "% d'individus à tiges multiples", le nombre moyen de tiges vivantes par cépée ne varie pas significativement avec l'âge moyen du peuplement ($p = 0,143$), malgré les résultats contraires des corrélations. Puisque seules les différences entre les moyennes sont significatives, on conclut que le nombre de tiges vivantes augmente tout probablement avec la latitude.

La moyenne du nombre des tiges mortes par arbre (tableau I.VIII, fig. 1.10) est plus élevée ($p = 0,001$) si le plus vieil érable du site est jeune, si la moyenne d'âge des érables et si le % d'azote (F) sont bas. Elle est plus élevée ($p = 0,005$) si le feu est récent et augmente significativement chez les individus poussant sur une pente assez forte et si le drainage et le rapport C/N sont élevés.

Il y a en moyenne 2,10 tiges mortes par érable au nord et 1,12 tiges mortes au sud (tableau I.IX, annexe 2 e, $p = 0,031$). Cependant, le nombre de tiges mortes est en moyenne plus élevé chez les

individus jeunes ($p = 0,036$) et ne varie pas significativement en latitude si cet âge est considéré ($p = 0,703$).

Les souches d'érables rouges, dans le cas de perturbations répétées, pourraient théoriquement s'élargir à chaque fois qu'elles forment des rejets: sur sites secs peut-être plus soumis aux feux et sur sites nordiques, davantage exposés aux stress climatiques. Mais il n'y a aucune corrélation entre le diamètre moyen de la souche des érables et les variables abiotiques (tableau I.VIII). Le diamètre moyen de la souche est de 38,09 cm dans les stations du sud et de 38,83 cm au nord; ces différences sont non significatives (tableau I.IX, annexe 2 f, $p = 0,808$). Cependant, il semble que les plus jeunes érables ont de plus larges souches ($p = 0,004$). A l'inverse des moyennes, la largeur des souches au nord est plus faible ($p = 0,048$) pour une population de même âge. Ceci reflète possiblement un problème de croissance au nord. Comme l'analyse ne traite que des sites mésiques, on ne peut comparer avec les sites xériques.

5.5 Croissance des érables rouges

5.5.1 Accroissement du diamètre.

Il n'existe aucune corrélation entre la latitude et la moyenne

de la croissance en largeur des 10 derniers cernes de 5 érables rouges de la station ($p = 0,860$). Cependant, l'accroissement en largeur diminue significativement avec l'altitude, le % d'affleurements rocheux et le drainage élevés et un pH de l'horizon B faible. Les sites xériques semblent donc restreindre la croissance des arbres. L'accroissement plus faible à plus haute altitude peut être due aux érables les plus nordiques qui ont tendance à s'y retrouver, suggérant un problème de croissance au nord non révélé.

L'analyse de variance et covariance sur les données prises individuellement pour les cinq arbres de chaque station permet de mieux préciser les différences de croissance entre le nord et le sud.

Sur sites xériques (tableau I.X, annexe 3 a) il n'y a aucune différence significative ($p = 0,832$) entre les moyennes des croissances du rayon du tronc des stations du nord (0,455 cm) et du sud (0,477 cm), bien qu'elles tendent à être plus élevées au sud. L'accroissement en largeur ne varie pas en fonction de l'âge des érables ($p = 0,773$) mais à populations d'âges égaux, il n'y a toujours pas de différence entre la croissance des érables du nord et du sud ($p = 0,789$).

Sur sites mésiques (tableau I.X, annexe 3 b), on observe aucune

Tableau I.X. Synthèse des analyses de variance et covariance appliquées sur les variables de croissance.

Variable (Station)	MODELE A		p > F	MODELE B			MODELE C		Moyennes (ajustées à l'âge moyen éra.) xérique: 1955 mésique: 1935,84	
	Moyennes			Interaction âge et latitude (pentes non //)	Effet d'âge (p > F)	Diffé. nord-sud (p > F)	Effet d'âge (pente ≠ 0) (p > F)	Différences entre nord et sud (p > F)	Nord	Sud
	Nord	Sud								
Croissance en diam. xérique	0,455 cm	0,477 cm	0,832	0,121	0,118	0,121	0,773	0,789	0,773 cm	0,789 cm
Crois. en diam. mésique (sur 10 ans)	0,816 cm	0,787 cm	0,811	0,670	0,077	0,670	* 0,030	0,554	0,748 cm	0,823 cm
Hauteur érables sites xériques	3,60m	5,00m	0,367	* 0,049	* 0,012	* 0,049	* 0,026	0,636	3,782 m	4,388 m
Hauteur érables sites mésiques	7,55m	11,21m	0,0001 ***	0,493	0,051	0,512	* 0,031	*** 0,001	7,984 m	10,979 m

Modèle C: solution III (SAS) utilisée.

*** p < 0,001
** p < 0,01
* p < 0,05

1 Modèle A: $Y_N = b_N$
 $Y_M = b_M$

2 Modèle B: $Y_N = (a_N \times \text{âge de l'éérable}) + b_N$
 $Y_M = (a_M \times \text{âge de l'éérable}) + b_M$

3 Modèle C: $Y_N = (a \times \text{âge de l'éérable}) + b_N$
 $Y_M = (a \times \text{âge de l'éérable}) + b_M$

différence significative entre les croissances du nord (0,787 cm) et du sud (0,816 cm, $p = 0,811$). L'âge des érables influence la croissance ($p = 0,030$), et si l'on en tient compte, il n'y a pas de différence significative entre les croissances du nord et du sud ($p = 0,554$). Les croissances ajustées à l'âge moyen des érables (année 1935,8) sont en moyenne de 0,823 cm au sud et de 0,748 cm au nord. Malgré tout, ces différences ne sont pas significatives, tout au plus, observons-nous là une tendance à une croissance plus lente au nord.

5.5.2 Croissance en hauteur des érables rouges

L'accroissement en diamètre n'étant pas liée à la latitude, le ralentissement de croissance a été vérifié sur la variable "hauteur des érables" (tableau I.X, annexe 3 c et d).

Sur sites xériques, il n'y a pas de différence significative entre la hauteur des érables du nord (3,60 m) et les érables du sud (5,00 m), ($p = 0,367$). Il semble que les érables nordiques et méridionaux, si l'on tient compte de l'âge, se comportent différemment au niveau de leur croissance ($p = 0,049$, annexe 3 c), ce qui est difficile à interpréter: l'on peut penser que la droite obtenue à partir de 3 données seulement pour le sud est peu fiable. Si on

assume que l'âge influence également les hauteurs des érables du nord et du sud, on observe des différences de tailles nord et sud non significatives.

Sur sites mésiques, on observe une différence significative ($p = 0,001$) entre les moyennes des tailles qui sont respectivement de 7,55 m pour le nord et 11,21 m pour le sud. Les plus jeunes érables sont significativement plus petits ($p = 0,031$) et si l'on tient compte de l'âge de chaque érable, la hauteur des érables ajustée à l'âge moyen (année 1935,84) reste plus élevée au sud (10,98 m) qu'au nord (7,98 m), ($p = 0,001$). Ainsi, sur sites mésiques, les érables rouges du nord ont une moins bonne croissance en hauteur qu'au sud.

6. Discussion

6.1 Restriction de l'habitat à la limite nord

Les érables rouges sont communs au sud du Québec tant sur les montagnes que dans les basses terres humides bien qu'ils atteignent leur meilleur développement sur sites modérément bien drainés (Hutnik et Yawney, 1961). Au sud du Québec, ils croissent selon n'importe laquelle des expositions jusqu'au Témiscamingue, au sud du gradient étudié, mais sont de plus en plus limités dans leur habitat plus on s'avance vers le nord.

Au nord du gradient latitudinal, les populations d'érables rouges sont limitées aux sites plutôt en pente, à forte pierrosité et souvent concaves, et montrant une orientation sud-est à sud-ouest, sur la roche en place, au sommet de collines ou sur les hauts de versants recouverts de dépôts morainiques. Les pentes plus accentuées et les sites pierreux permettent possiblement d'éliminer la compétition ce qui aiderait l'érable à s'implanter et se maintenir sur les lieux tout en favorisant un meilleur ensoleillement. Les sites concaves assurent éventuellement un meilleur drainage oblique apportant des minéraux aux érables. Pour les populations du nord, il semble que les pentes exposées au

sud-est soient plus favorables, probablement parce qu'un bon ensoleillement est couplé à la protection contre les vents dominants d'ouest ou les feux plus destructeurs qu'ils apportent. Il est aussi possible que l'accumulation de neige soit plus grande au sud-est, sous le vent, favorisant une protection des érables sur une certaine hauteur. De plus, à la limite nord, les parois rocheuses enclavent en partie les érablières assurant une protection supplémentaire contre les vents, les feux et le froid (voir figure 1.8 a).

Acer rubrum n'est pas la seule espèce à nécessiter des conditions d'habitat particulières à la limite nord: Pigott et Huntley (1978 et 1981), soulignent que Tilia cordata, à sa limite nord de distribution en Angleterre, pousse essentiellement sur des versants est à ouest, et presque jamais au nord. Au Québec, Gagnon et Bouchard (1981) relie la distribution des communautés méridionales de Quercus rubra et Q. alba aux conditions microclimatiques liées à l'altitude (mi-pente), aux pentes fortes et à l'exposition (sud-ouest), elle-même paraissant liée à l'orientation de l'escarpement d'Eardley (Outaouais).

La position des érables sur les sommets et les hauts de versants, s'explique possiblement à l'aide du phénomène observé par McHattie et McCormack (1961). Ceux-ci soulignent que les sommets et

les hauts de versants d'une montagne étudiée en Ontario, au sud de notre gradient, sont plus doux que les vallées environnantes ce qui s'explique par l'inversion thermique des températures durant la nuit.

Si on considère maintenant le nombre de sites disponibles au nord correspondant à la description précédente, on réalise qu'ils diminuent au fur et à mesure que les contraintes climatiques augmentent. A la limite nord, Acer rubrum se réfugie sur des collines au pied des escarpements sur des sites à plus forte pente exposée au sud-est. Or, ce type d'habitat devient particulièrement rare au nord du 49ème parallèle, à la limite nord, où commencent les grandes plaines de la Baie James. De plus, un peu plus au sud, près du lac Abitibi, la plaine créée par la ceinture d'argile laissée par le lac Ojibway empêche possiblement la croissance de l'érable, et ce de plus en plus haut en altitude plus on s'éloigne vers le nord, alors que les plaines où est drainé l'air froid la nuit sont situées à plus haute altitude. Ces altitudes limites sont plus élevées au nord suite à un relèvement isostasique plus important à ces latitudes: l'altitude limite de la phase lacustre d'Angliers (lac Ojibway) est de 457 m au niveau de la station 20 du Mont Plamondon (Vincent et Hardy, 1977). S'il est possible que les dépôts argileux soient eux-mêmes peu favorables à l'érable rouge sous la latitude de 300 m au sud et sous 400 m à la limite nord, il semble que

l'inversion thermique soit le phénomène explicatif prépondérant. Et bien qu'il y ait possibilité que ce phénomène soit plus important au nord qu'au sud les obligeant à un maintien à plus haute altitude, on peut penser que c'est la combinaison entre le phénomène d'inversion des températures et les plaines assez élevées en altitude au nord qui empêche les érables de survivre dans les vallées et les confine ainsi à de plus hautes altitudes qu'au sud du gradient.

Parmi les rares collines abitibiennes de la limite nord, peu présentent un site avec escarpement (et/ou enclave protectrice) exposé au sud-est et situé de telle sorte à éviter les gelées des vallées et le froid des très hautes altitudes. Comme plusieurs collines visitées à la limite nord ne présentaient pas d'érablière, même à des endroits optimaux à prime abord, on voit combien les érablières nordiques sont rares. Il est possible que la limite soit encore plus nordique, mais le manque de collines plus haut limite cette éventualité. Quant à la colonisation actuelle, la disponibilité en sites potentiels est si restreinte que l'érable rouge, même lors des rares bonnes années de production de graines, doit pouvoir propager ses graines sur plusieurs kilomètres pour atteindre une autre colline et tomber au bon endroit, ce qui paraît difficile. Ceci expliquerait l'absence d'érables rouges sur plusieurs collines, dont la zone correspondant à l'étroite niche écologique nordique est limitée ou inexistante, et permettrait

d'envisager l'hypothèse que les érables rouges ne s'y sont jamais établis dans le passé, du moins dans certains cas, ce qui concorderait avec l'hypothèse de Labelle et Richard (1984) sur la colonisation d'Acer saccharum en Gaspésie.

6.2 Reproduction des populations et croissance

A la limite nord de leur aire de distribution, les érables rouges n'arrivent plus à se reproduire par graines et l'établissement des semis est de plus en plus restreint. Cette diminution, au nord, de la reproduction sexuée n'écarte pas la possibilité qu'une bonne année de production de graines survienne (comme l'année 1989, en cours d'étude), mais généralement, les conditions sont telles que les graines, même si elles sont abondantes, n'arrivent pas à s'établir suffisamment, comme le démontre le faible nombre de semis observé au nord. Sur sites xériques, Acer rubrum n'a pas non plus la capacité de produire beaucoup de graines. Sakai (1990) suggère une explication partielle à ce phénomène déjà observé au Michigan: il semble que la production d'arbres femelles et bisexués soit trop faible sur sites xériques.

Woodward (1987) et Woodward et Williams (1987) évaluent que les principales phases du cycle vital d'une plante qui sont sensibles au climat sont: la banque de graines et la germination, l'établissement des semis, la phase de pré-maturité, la survie à la maturité et la survie hivernale, la floraison, la fructification et la chute des graines. De plus, les problèmes peuvent être cumulés (Woodward, 1987 et Woodward et Jones, 1984). Chez Tilia cordata, Pigott et Huntley (1978; 1981) ont réussi à démontrer que l'absence de reproduction sexuée à la limite nord est due à un problème de développement des tubes polliniques, les températures étant trop peu clémentes. Le pollen de cette espèce nécessite une température de germination de 16 à 18°C pour réussir à féconder l'ovule, ce qui explique la rareté des populations au nord de l'isotherme de 16°C de moyenne en juillet (Pigott, 1975). Mais chez l'érable rouge, il est pour le moment impossible de savoir à quel niveau exactement le stress climatique agit.

Malgré tout, il semble que même là où la reproduction sexuée est limitée, donc au nord, l'érable rouge arrive à se maintenir à long terme. L'on sait que la production de rejets est courante chez les feuillus. Elle suit généralement des perturbations de toutes sortes (Spurr et Barnes, 1980) telles le broutage, les invasions d'insectes ou bien les coupes forestières. Dans le cas de feux répétés, la majorité des conifères à écorce mince meurent, mais non

les feuillus puisqu'ils sont capables de régénération végétative. Ainsi, Tilia cordata (Pigott et Huntley, 1978 et 1981) produit de nombreux rejets de souche, ce qui assure la survie de cette espèce.

L'érable rouge, au nord de son aire de distribution, rejète de souche abondamment après feu, et ce, tout au long du gradient depuis Ville-Marie au Témiscamingue jusqu'aux Collines Hedge. La production de rejets s'y produit aussi en l'absence de feu puisque les stations de la limite nord abritent des arbres plus jeunes que le feu.

La capacité à produire des rejets chez Acer rubrum est bien décrite dans la littérature, pourtant elle ne semble pas être une caractéristique couvrant toute l'aire de distribution en Amérique du Nord. En effet, Brown (1960), ne classe pas Acer rubrum parmi les espèces typiques produisant des rejets et souligne, de plus, que l'érable rouge (Rhode Island) est plus abondant sur les sites non brûlés depuis plus de 39 ans, indiquant davantage une origine sexuée qu'asexuée. Chez Acer rubrum, la reproduction asexuée est accentuée au nord du gradient en permettant une plus grande production de tiges vivantes par cépée. Kramer et Kozlowski (1979) soulignent que plusieurs angiospermes forment des rejets avec plus de facilité au nord de leur aire; Acer saccharum, Fagus grandifolia semblent faire partie de ce type d'arbres, alors que plusieurs espèces de chênes

rejetent de souche vigoureusement sur une grande partie de leur aire. Il est donc probable qu'Acer rubrum se comporte comme Acer saccharum.

Les conditions xériques semblent aussi favoriser une production accrue de rejets (corrélations significatives, voir aussi fig. 1.10). Les conditions nutritionnelles pouvant influencer cette production de rejets (Kramer et Kozlowski, 1979), il semble donc qu'un stress au niveau de l'habitat incite à la production de nombreux rejets.

Il paraît adéquat de faire la généralisation suivante: en l'absence de feu, tout stress joue pour engendrer la production de rejets de souche, qu'il soit climatique (de température ou hydrique) ou édaphique (pente accentuée ou une exposition vers le nord). Par la suite, on peut supposer que les tiges sur l'arbre subissent vraisemblablement une compétition intracépée où se fera l'élimination des rejets au fur et à mesure du vieillissement de l'arbre (voir chapitre 2).

Au nord du gradient, la production de rejets accrue indique une perte de dominance apicale, phénomène probablement observable aussi en milieu xérique (d'après les corrélations). Or, la forme d'un arbre est contrôlée par inhibition relative des bourgeons latéraux

par les méristèmes terminaux (Kramer et Kozlowski, 1979). Un arbre de forme normale présente une forte dominance apicale à la différence d'un arbre buissonnant. Chez l'érable rouge, il est possible qu'un stress climatique ou hydrique agisse comme traumatisme des bourgeons apicaux, affectant la dominance et induisant la production de rejets. La protection offerte par la neige en hiver au niveau de la base des érables pourrait expliquer que les bourgeons dépassant la couverture nivale subissent un traumatisme.

Il semble que le diamètre de la base de la souche des jeunes érables ait aussi tendance à être plus large vraisemblablement parce qu'ils portent plus de rejets, ou que les souches ont brûlé plus souvent. La réduction de largeur des souches au nord (si on tient compte de l'âge) est expliquable possiblement par des problèmes de croissance en diamètre.

Contrairement à nos attentes, la croissance au DHP des troncs principaux, même si on tient compte de l'âge des érables, n'est pas significativement différente entre le nord et le sud mais paraît plus faible dans les sites xériques que dans les sites mésiques.

La taille des arbres (indice de la croissance en hauteur) à âges des érables équivalents, est cependant plus faible au nord

qu'au sud du gradient latitudinal du moins dans les stations méridionales. A la limite nord, en particulier dans les 2 stations les plus au nord, les conditions de croissance sont encore plus difficiles. Les tiges vivantes ne dépassent pas de faibles diamètre et hauteur (voir chap. 2). Le bon réservoir de glucides contenu dans les racines permettent tout de même la croissance de l'érable rouge selon une forme arbustive sous la strate dominante. Comme les individus sont issus de plus jeunes rejets que le feu, il sont plus petits que les individus des autres espèces nés plus tôt et subissent encore davantage la compétition par un manque d'accès à la lumière (ou autres) engendrée par les arbres d'autres espèces. Il semble aussi probable que des conditions de stress climatique telles l'absence de neige protégeant les bourgeons apicaux limitent la croissance en hauteur chez Acer rubrum au nord.

Les résultats sur le nombre de rejets et la croissance doivent être cependant relativisés: il peuvent être causés par des facteurs qui ne dépendent pas de la situation actuelle mais d'une situation passée non contrôlable. Ainsi Malanson et Trabaud (1988) ont observé qu'un site brûlé à la fin mai stimule davantage la densité en rejets chez Quercus coccifera et la croissance qu'un feu initié au début d'octobre; les réserves des arbres seraient plus abondantes en mai, après la croissance printanière qu'en octobre suite à une saison sèche éprouvante, favorisant une abondante

production de rejets. Cependant, les résultats de Babeux (1990) sur des coupes expérimentales réalisées dans certains des sites abitibiens, bien qu'abondant dans le même sens à la fin de la première saison de coupe, tendent à montrer que la saison de coupe n'a pas d'influence sur le succès de reproduction asexuée de l'érable rouge après deux saisons suivant la coupe. Autre facteur, l'âge des érables au moment de la perturbation peut affecter la vigueur de la reproduction sexuée: Prager et Goldsmith (1977) ont vérifié que les vieilles souches d'érables rouges coupées produisent moins de tiges après coupe que de jeunes souches.

Il semble que les érablières à la limite nord, confinées aux collines, supportent donc des érables se reproduisant difficilement par graines, à croissance plus lente mais pouvant se régénérer par rejets. Les érables rouges peuvent donc théoriquement se régénérer indéfiniment sur place bien que la colonisation par graines soit limitée.

6.3 Impact des feux sur les populations d'érables rouges

Les liens étroits entre l'âge des érables et l'âge du feu sont très clairs. Les érables reviennent après feu, par rejets de collet, tout au long du gradient. Seules les vieilles stations de

la limite nord ont des érables beaucoup plus jeunes que le feu, probablement à cause d'un stress climatique supplémentaire.

Les feux ont donc un impact considérable dans le renouvellement de la forêt en empêchant l'extinction d'une population par mortalité due aux maladies du vieillissement. Les feux, en tuant les tiges, stimulent probablement la régénération végétative et rajeunissent les individus à chaque passage. Il semble que seule une bonne résistance des souches et racines au pourrissement et autres maladies permette le maintien des mêmes individus à long terme. Ce type de racines et collet, n'est pas sans faire penser au "lignotuber" observé chez les eucalyptus (Harper, 1977), une structure massive de tissus souterrains capable de produire de nouvelles tiges suite à un dommage dû à des incendies. Des eucalyptus d'un an peuvent supporter jusqu'à 26 enlèvements de feuilles avant de mourir, suggérant par là l'énorme capacité de certains arbres à se régénérer.

Les érables rouges peuvent sans doute supporter plusieurs feux successifs, sans trop de dommages, ce qui laisse croire que l'élimination des érables rouges est peu probable. Les populations peuvent donc se maintenir en place longtemps, mais difficilement s'étendre. Toutefois, des feux trop fréquents pourraient éventuellement réduire une population si les réserves stockées dans

les racines sont abaissées à un niveau tel que l'arbre ne peut plus rejeter de souche. Aussi, les stations xériques sont possiblement plus jeunes que les mésiques, soit parce qu'elles sont plus souvent exposées aux feux ou soit que le caractère xérique, générateur de stress, contribue à limiter la taille et par conséquent, l'âge des cépées, en réduisant la possibilité d'emmagasiner des réserves. De plus, des feux trop intenses pourraient détruire la souche et les racines des érables, entraînant la disparition de populations. Les populations réduites à quelques arbres (populations 1, 2 et 7) sont peut-être des vestiges de populations plus importantes qui ont souffert de ce stress.

Diotte et Bergeron (1989) suggèrent que Juniperus communis, restreint aux îles du lac Duparquet en Abitibi, a une distribution limitée, non pas par manque d'habitat favorable, mais à cause du débalancement entre le potentiel de régénération et son élimination par les feux destructeurs plus fréquents sur la terre ferme. Bergeron et Gagnon (1987) interprètent de la même façon la distribution de Pinus resinosa dans la même région. Il ne semble pas que l'érable rouge réagisse avec la même sensibilité aux feux destructeurs puisqu'il peut rejeter de souche pour se maintenir sur place et ne dépend donc pas d'un apport extérieur en graines. De même au nord, la situation topographique des érables, collines dans de vastes plaines, ressemble à des îlots dont les parois rocheuses

protègent les populations des feux destructeurs touchant toute la plaine (Dansereau, 1991). Il est fort possible que l'orientation sud-est des stations du nord s'expliquent par le climat, par la protection du couvert de neige et par la protection topographique contre les feux destructeurs.

6.4 Position de la limite nord

Plusieurs facteurs expliquent la position d'une limite nord. En effet, selon Carter et Prince (1981), chez les plantes, en plus des réponses physiologiques de base dues au climat, l'on doit considérer les effets d'une mauvaise reproduction combinés aux problèmes de disponibilité des sites. Ces auteurs suggèrent que la limite de distribution d'une espèce est atteinte quand le taux de pertes de sites souhaitables excède le nombre de sites disponibles pour une période de temps donnée. Ainsi, un changement de limite peut être créé artificiellement en augmentant la densité des sites disponibles (par une route, pour les plantes rudérales, par exemple): comme le taux de sites souhaitables augmente par rapport au taux de sites perdus, la limite se déplace vers le nord. Chez les arbres, selon eux, le taux de pertes de plants ou de population entière sur un site est faible à cause de la longévité des individus. Par contre, le nombre de sites favorables à

l'établissement est restreint. Ainsi, le renouvellement de l'espèce est lent et à cause de cette longévité, la croissance et la distribution d'une espèce arborescente sont davantage liées au climat que chez une plante annuelle.

Quant aux capacités reproductrices, Carter et Prince (1981), après avoir effectué des expériences de modélisation de la dispersion des graines aux limites nord de distribution, arrivent à la conclusion qu'un faible changement du nombre de semences produites par une plante à la limite nord peut induire l'extinction de l'espèce causant une limite abrupte de distribution.

Pour Acer rubrum, alors que la niche écologique est étroite en Abitibi-Témiscamingue, on observe peu de collines où les conditions microclimatiques sont suffisamment bonnes pour favoriser la maintien ou l'arrivée de nouvelles populations. De plus, sur les collines, seule une zone restreinte semble être propice à l'installation des érables rouges. Celle-ci doit être à une altitude assez élevée (ce qui assure possiblement des températures plus clémentes), exposée préférentiellement au sud-est assurant à la fois un ensoleillement optimal, une protection nivale et une protection contre les vents et feux destructeurs, et dont la pente est relativement élevée, ce qui éventuellement élimine la compétition. Or, comme ces sites potentiels sont très dispersés et que la production de graines est

faible, il est peu probable que de nouveaux sites se peuplent en érables rouges. D'autre part, les érables rouges, malgré une courte longévité apparente, arrivent à se maintenir par une abondante production de rejets de souche qui prennent le relais lors de la mort de la partie aérienne. Que la cause de la mort soit un feu, le gel ou la sécheresse, la destruction des tiges de l'arbre entraîne une production de rejets probablement par perte de dominance apicale.

L'impact humain pour l'érable rouge, à la limite nord, est plutôt faible puisque les routes sont tracées en plaine et peu de coupes forestières ont lieu en montagne. Ainsi, les seules possibilités sérieuses de créer ou de détruire de nouveaux sites viennent des feux de forêts. Or, les capacités reproductrices (mode sexué) des érables rouges ne sont pas suffisantes pour permettre une nouvelle colonisation ou assurer le maintien des populations en place, maintien qui est tout de même possible grâce à la reproduction végétative. Ce sont les feux de forêt qui semblent assurer ce maintien en rajeunissant les individus d'Acer rubrum, dont la longévité est courte, puisqu'ils stimulent les érables à produire de nouveaux rejets.

7. Conclusion

7.1 Limite actuelle de distribution de l'érable rouge

Cette recherche a permis de déplacer vers le nord la limite de répartition septentrionale actuelle de l'érable rouge (Acer rubrum) qui est située, au Québec, au nord de l'Abitibi, au 49°16' de latitude.

L'érable rouge est confiné, au nord de l'Abitibi, dans des sites particuliers, soit le versant sud-est des collines, au pied d'une paroi rocheuse offrant un abri ou sur des crêtes rocheuses. Au sud de l'Abitibi et au Témiscamingue, les populations peuvent se situer sur d'autres versants. Alors qu'au sud du gradient étudié, les populations d'érables rouges peuvent dominer dans la communauté, au nord, les érables accompagnent les bétulaies et les tremblaies. Les érables rouges du nord ont une croissance en hauteur plus faible que ceux situés plus au sud, signalant une situation stressante au nord.

La limite nordique de l'érable rouge semble peu fluctuer dans le temps et dans l'espace. La reproduction sexuée étant limitée, la possibilité de coloniser de nouveaux sites est donc très peu probable à ces latitudes considérant le peu de sites disponibles et

leur grande dispersion. Les érables se maintiennent malgré tout dans les sites nordiques grâce à l'abondante régénération végétative engendrée lors de feux de forêt (au niveau de la production d'un nombre élevé de tiges vivantes par individu). A l'extrême limite nord, il semble qu'un stress supplémentaire agisse en causant la mort prématurée des érables rouges.

7.2 Hypothèse sur la mise en place de la limite nord

La présence de peuplements d'érables rouges incapables de régénération sexuée à la limite nord peut s'expliquer par une migration de graines à une époque où le climat était assez doux pour permettre la survie d'une bonne quantité de semences où alors les érables auraient pu s'implanter dans la partie nord de l'Abitibi. Les espèces ayant une facilité à disperser leurs graines (Davis, 1981) peuvent s'être rendues à des latitudes élevées assez rapidement après la déglaciation. Richard (1980) souligne d'ailleurs une période climatique plus douce qu'en ce moment, entre 7200 ans B.P. et 3000 ans où on retrouve des espèces thermophiles juste au sud du lac Abitibi, soit Acer saccharum, Fagus grandifolia, Carpinus sp. ou Ostrya sp. et Tsuga canadensis, quoique ce pollen puisse provenir de sites plus méridionaux. Pinus strobus, espèce rare en Abitibi, a sûrement été plus abondante entre 7200 à 6000 ans

B.P., selon Richard (1980). Terasmae et Anderson (1970) ont établi une limite plus nordique pour le pin blanc, soit il y a 5000 ans, durant un réchauffement postglaciaire. En Europe, l'extension de Tilia cordata jusqu'à son aire actuelle a cependant dû se faire lorsque la pollinisation était suffisamment efficace pour produire des graines. Selon Pigott et Huntley (1980), les analyses polliniques démontrent que le tilleul était présent dès 5000 à 4800 avant J.-C. et qu'il a subi un déclin par la suite, ne laissant que des populations vestigiales suite aux influences humaines et climatiques.

Il est donc plausible que l'érable rouge se soit installé plus au nord à une époque clémente et qu'il se soit établi sur les collines et possiblement dans les plaines. Cependant, on peut penser que les érables rouges n'ont envahi que les collines, l'optimum écologique au nord, tout comme Acer saccharum a seulement occupé les vallées entre les plateaux gaspésiens, ce qui correspondait à sa niche écologique nordique (Labelle et Richard, 1984). Le climat se serait ensuite refroidi, empêchant les érables de se reproduire de façon sexuée, les confinant aux collines plus douces climatiquement et bien drainées, et à leur extrême limite nord, à des secteurs sud-est particuliers de ces collines. A partir de ce moment, les feux récurrents auraient contribué à maintenir l'espèce, empêchant l'envahissement des sites par des espèces plus

tolérantes, tout en permettant la survie des individus en régénérant de nouvelles tiges.

L'effet d'un réchauffement serait possiblement une densification des populations au sud de la limite actuelle, une expansion locale des populations à la limite et une légère fluctuation de la limite nord, cette dernière étant probablement déjà à son maximum d'expansion normale, puisque l'envahissement de nouveaux sites rendus adéquats se limiterait aux dernières collines de la plaine de la Baie James.

**Chapitre 2. Structures d'âges de populations nordiques d'érable
rouge issues de reproduction sexuée et asexuée.**

1. Introduction

A sa limite nord de distribution, l'érable rouge présente une reproduction sexuée déficiente et des problèmes de croissance probablement à cause d'une contrainte climatique liée aux températures nordiques. De plus, l'habitat de l'érable rouge à ces latitudes est restreint aux sommets et hauts de versants de collines exposés du sud-est au sud-ouest. L'érable rouge, à la limite nord, se retrouve dans des habitats beaucoup moins polyvalents qu'au sud de l'aire de répartition. De plus, cet habitat restreint est peu disponible à la limite nord puisque les collines sont rares dans l'immense étendue de la grande plaine de la Baie James. Les érables rouges survivent aux stress climatiques et aux perturbations historiques comme les feux en produisant des rejets de souche.

Le chapitre 1 a permis de révéler la capacité qu'a cette espèce de se reproduire par régénération végétative après feu en produisant des peuplements équiennes. Le chapitre 2 verra à étudier le processus de production des rejets lors des feux de forêt et entre les feux en tenant compte de la structure d'âge de ces populations. Nous allons donc chercher à comprendre les mécanismes de maintien et la dynamique des peuplements d'érable rouge à la limite de leur aire de distribution.

De façon plus spécifique, nous étudierons, en considérant le gradient de distribution latitudinal:

1. la structure d'âge des populations d'érables rouges, afin de voir comment les populations d'érables se régénèrent après feu puis se maintiennent sur le site en l'absence de nouvelles perturbations;

2. la structure de diamètre des tiges vivantes et des tiges mortes encore debout des érables rouges des différentes populations, ceci afin de déterminer le processus de transformation de chaque arbre: bouquets (cépées) de tiges ou tige unique et leur évolution dans le temps;

3. la structure d'âge des cépées d'érables rouges des différentes populations, pour voir la dynamique intracépée à travers le temps. Nous verrons ainsi si la production de rejets se fait de façon synchrone et de quelle façon elle est liée à la présence des feux de forêt.

2. Méthodes

2.1 Aire d'étude

Les stations potentielles ont été délimitées sur les cartes topographiques au 1:250,000 (Anonyme, 1981) en répertoriant les collines de 300 mètres et plus, susceptibles d'abriter des populations d'érables rouges (Bergeron et al., 1983). Les cartes forestières du ministère de l'Energie et des Ressources du Québec ont permis de répertorier avec plus de sûreté les érablières du sud de l'Abitibi et du Témiscamingue.

Parmi les stations trouvées, le choix des stations a été exhaustif au nord et à choix raisonné au sud (Scherrer, 1984) où l'on suivait alors les priorités suivantes: bien représenter le gradient latitudinal et obtenir des stations d'âges variés. Ainsi, 20 stations ont été retenues pour l'échantillonnage (fig. 1.1).

2.2 Variables historiques

La date de l'établissement du peuplement après feu a été évaluée en carottant les 5 plus gros arbres du sites à l'aide d'une

sonde de Pressler. Les carottes, montées sur support de bois, ont été sablées puis lues à l'aide d'une loupe binoculaire.

2.3 Populations d'érables rouges

Dans chacune des stations, on a relevé la densité en érables rouges par la méthode des quadrants centrés sur le point (Cottam et Curtis, 1956) dans 20 place-échantillons déterminées à tous les 10 ou 15 pas selon la taille de l'érablière. La densité absolue a été calculée avec le carré de la distance de la plus grosse tige de chaque quadrant depuis le point centré. Dans le cas où la densité n'était pas mesurable par la méthode des points centrés (stations xériques, par exemple), la densité a été évaluée en comptant de manière exhaustive les érables rouges et en évaluant l'aire occupée par chaque population sur le terrain ou sur carte forestière si la taille l'exigeait.

Pour l'étude des structures d'âge et de diamètre des populations, un échantillon de 40 érables de 5 cm de DHP et plus (les 2 plus près de chaque point centré) a été utilisé dans le cas où le nombre d'érables était supérieur à 40 individus. Dans les sites xériques et les stations 10, 19 et 20, comme il n'y avait pas suffisamment d'érables de 5 cm et plus de DHP, nous avons aussi

inclus des érables de 5 cm et plus de diamètre à la souche. Pour chaque arbre échantillonné, on a mesuré le DHP précis de la plus grosse tige et le DHP par classes de 5 cm de toutes les tiges de chaque cépée; le nombre de tiges vivantes et mortes sur chaque individu ont été comptées par classe de 5 cm de DHP. L'âge de chaque érable a été évalué par comptage des cernes annuels pris à la base de la plus grosse tige de chacun des arbres de l'échantillon, supposant qu'elle donnerait la meilleure estimation. Ceci a été vérifié dans la majorité des cas lors de l'analyse de la structure d'âge des cépées. Le nombre et l'âge des semis d'érables rouges (moins de 1 cm de DHP) ainsi que le nombre de gaulis (entre 1 cm et 5 cm de DHP) ont été déterminés dans 20 micro-quadrats d'un mètre carré. L'âge des semis a été évalué par comptage des cicatrices annuelles sur la tige.

Une analyse de la structure d'âge intra-cépée de 5 individus choisis au hasard dans chaque station a été effectuée. Toutes les tiges ont été datées, par analyse des cernes, suite au carottage ou au sciage des tiges, ou par comptage des cicatrices annuelles sur la tige. On a aussi mesuré le DHP avec précision et la hauteur (au clinomètre) de toutes les tiges.

2.4 Traitement des données

Les carottes ont été montées sur support de bois, sablées et les cernes annuels comptés sous binoculaire. En l'absence du coeur de l'arbre, le nombre de cernes présents représente un âge minimum. Les érables ont été regroupés par classes de cinq ans et les deux types de diagrammes de structure d'âge regroupent la plus grosse tige de l'ensemble des individus d'une part et toutes les tiges des cinq cépées de chacune des stations d'autre part.

Des diagrammes de structure de diamètre de l'ensemble des tiges vivantes et des tiges mortes encore debout ont été réalisés à partir de toutes les tiges de l'échantillon d'érables de chaque population. Les classes de diamètre retenues sont: < 1 cm, 1 à 5, et chaque 5 cm jusqu'à la classe de 30 cm et plus. Les histogrammes de cette analyse ont été disposés de la même façon que les structures d'âges des arbres.

3. Résultats

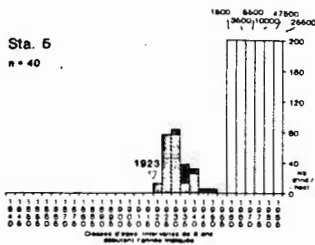
3.1 Structures d'âges des populations d'érables rouges

L'allure des structures d'âges des populations d'érables rouges semble dépendre de 4 facteurs: le régime hydrique (xérique ou mésique), l'âge de la population, la date du dernier feu, et la latitude (figures 2.1 et 2.2). Les structures d'âges sont donc présentées en fonction de ces distinctions.

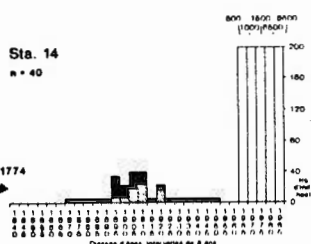
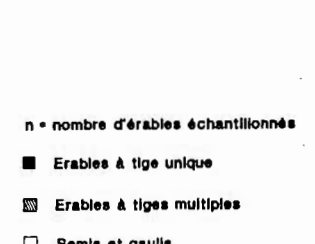
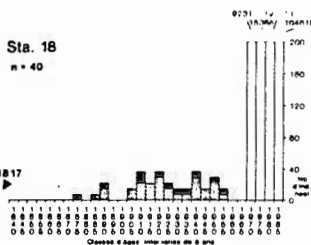
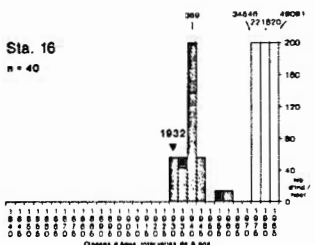
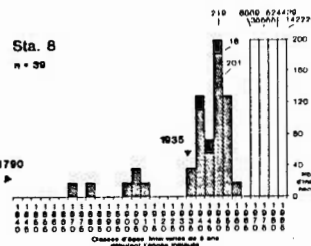
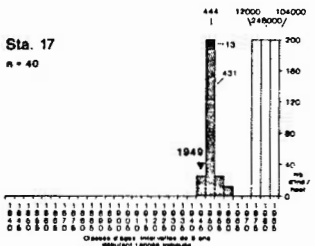
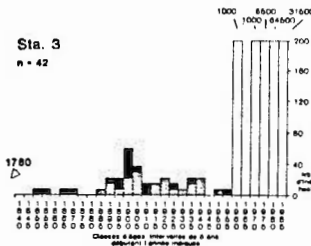
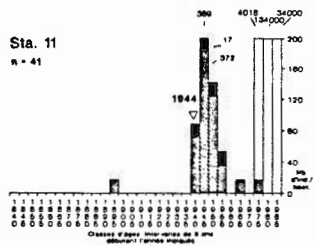
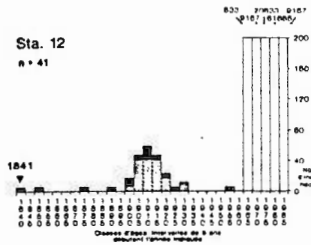
3.1.1 Les jeunes stations mésiques du sud

Les stations 5, 11, 17 et 16 ont subi des feux récents en 1923 (Gagnon, 1990, Dansereau, 1991), 1944 (Dansereau, 1991) et autour de 1949 et 1932 respectivement selon nos données (fig. 2.1 a). Les populations d'érables rouges sont équiennes et on observe plusieurs érables du même âge que le feu (fig. 2.3 a). De plus, la plupart des individus proviennent de régénération végétative (cépées). Dans un seul cas (station 11), nous avons observé un individu ayant survécu au feu; l'absence de cicatrice suggère qu'il devait se trouver dans une zone non brûlée.

a.



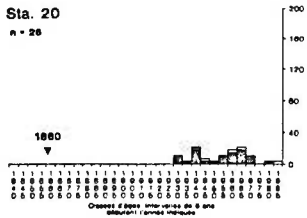
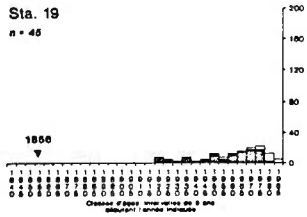
b.



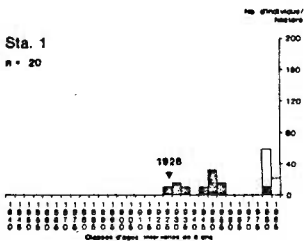
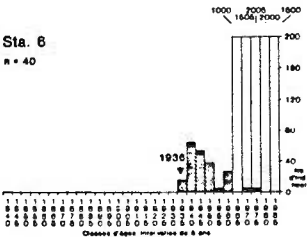
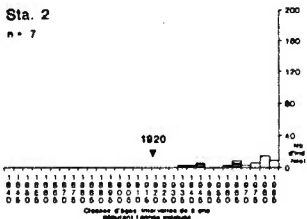
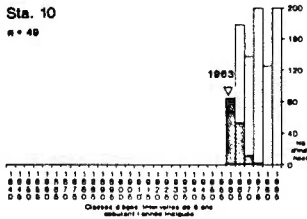
- n = nombre d'érables échantillés
- Erables à tige unique
- ▨ Erables à tiges multiples
- Semis et gaules
- ▼ Date du feu, âge minimum
- ▽ Date du feu, âge connu

Fig. 2.1 Structures d'âge des populations d'érables rouges disposées suivant le gradient latitudinal (nord: haut de la page, sud: bas de la page) en Abitibi-Témiscamingue. a. Jeunes stations mésiques du sud. b. Vieilles stations mésiques du sud.

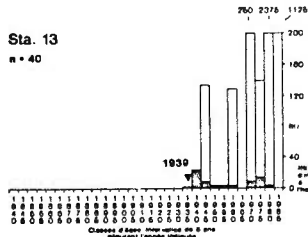
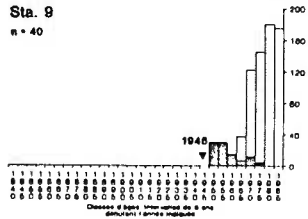
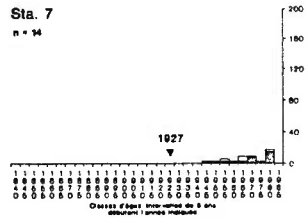
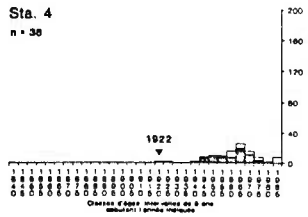
a.



b.



c.



n = nombre d'érables échantillonnés

- Erables à tige unique
- ▨ Erables à tiges multiples
- Semis et gaules
- ▼ Date du feu, Age minimum
- ▽ Date du feu, Age connu

Fig. 2.2 Structures d'âge des populations d'érables rouges disposées suivant le gradient latitudinal en Abitibi-Témiscamingue. a. Vieilles stations mésiques du nord. b. Jeunes stations mésiques du nord. c. Stations xériques du nord. d. Station xérique du sud.

a.



b.



Fig. 2.3 Stations mésiques et feu. a. Jeunes érables rouges équiens au feu, station 5, feu de 1923. b. Vieille population d'érables rouges inéquienne au feu, station 18: présence d'érables à sucre.

Bien que le recrutement en semis (< 1 cm de DHP) soit très élevé, on note un très faible nombre d'individus de taille arborescente dans les classes d'âges intermédiaires, indiquant un renouvellement de la banque de plantules sans qu'ils puissent sortir de l'état de suppression.

3.1.2 Les vieilles stations métriques du sud

Les stations 12, 3, 8, 18, 14 et 15 sont issues, respectivement, des feux de 1841 (minimum), 1760 (Dansereau, 1991), et approximativement de 1790, 1817, 1774 et 1887 (fig. 2.1 b et 2.3 b). Les érables portent généralement des tiges multiples, sauf la station 14 qui comporte autant d'arbres à tige unique. Les stations métriques du sud ont une structure d'âge beaucoup plus étalée que les stations plus jeunes. Les feux antérieurs au XX^{ème} siècle ont eu lieu souvent au-delà de la courte longévité des tiges. Il semble que le plus vieil érable (station 12) de toutes les stations ait au minimum 147 ans (en 1987). Un deuxième feu plus récent a été enregistré dans la station 8 autour de 1935, probablement plus près de 1930, (Bergeron et al., 1985), engendrant une population équienne. Cependant, quelques individus ont échappé à ce feu sans subir de dommage apparent.

Tout comme dans les stations plus jeunes, les semis d'érables rouges abondent et sont tous âgés de 28 ans ou moins. Dans les stations mésiques âgées, on remarque une agglomération d'arbres autour des classes d'âges intermédiaires donnant une allure de cloche aux histogrammes de ces populations.

3.1.3 Les jeunes stations mésiques du nord

Les stations 10, 2, 6 et 1 ont subies des feux en 1963 et autour de 1920, 1936 et 1928 respectivement (fig. 2.2 b). La majorité des érables sont des cépées et ils le sont tous dans la station 10. Dans les stations 10, 6 et 1, les populations d'arbres matures sont nettement équiennes, en particulier la station 10 (feu de 1963), où la majorité des arbres sont nés en 1963 ou 1964. La station 2, non directement issue du feu, ne comporte que 7 arbres matures, ce qui explique la faible chance qu'un des érables soit lié au feu. La densité à l'hectare de ces populations est aussi plus faible qu'au sud.

Dans ces stations, les semis sont beaucoup moins abondants que dans les stations du sud, en particulier dans les stations 2 et 1, à faible densité d'arbres matures.

3.1.4 Les vieilles stations mésiques du nord

Les stations 19 et 20 sont issues des feux datés à environ 1856 et 1860 respectivement (fig. 2.2 a). Ces 2 stations, les plus nordiques de notre gradient, ont une structure d'âges étalée et non liée aux feux, les érables datant au plus de 1921 (fig. 2.4). Les érables rouges de ces stations sont essentiellement des cépées. La densité de ces populations est aussi plus faible que les jeunes populations mésiques du nord et du sud.

Les semis et gaulis sont en quantité négligeable ce qui suggère une incapacité presque totale pour les érables de stations âgées mésiques du nord de se reproduire de façon sexuée.

3.1.5 La station xérique du sud

La station 13, (xérique du sud), est issue d'un feu déclenché vers 1939 (fig. 2.2 d). Elle présente une faible densité d'érables et une structure d'âge un peu étalée, bien que quelques érables aient le même âge que le feu. Les arbres sont essentiellement des



Figure 2.4 Jeune érable rouge issu de rejets et pin gris issu du feu dans une vieille station mésique de la limite nord (station 19). Feu de 1856.

cépées à plusieurs tiges et les jeunes classes d'âges sont davantage représentées. La densité des arbres est comparable à une population mésique du nord et plus faible que les populations mésiques du sud.

Cette station, quoique capable de se régénérer par semis, a plus de difficultés qu'une station mésique à voir ses graines s'implanter, mais on y retrouve parfois des semis plus âgés (classe 1945-49).

3.1.6 Les stations xériques du nord

Les stations 4, 7 et 9 sont issues des feux produits autour de 1922, 1927 et 1946, (fig. 2.2 c). Les érables sont presque tous des cépées et comportent de nombreuses tiges (figure 1.10), tout comme dans la station 13 (xérique du sud). Quelques érables des stations 9 et 4 sont du même âge que la perturbation mais la population dans l'ensemble présente un patron de distribution étalé. Le petit nombre d'érables (14) de la station 7 explique peut-être qu'ils soient moins clairement du même âge que le feu. La station 4 présente un cas de transition entre les stations 9 et 7: il ne reste que deux individus dans les 20 années suivant le feu déclenché autour de 1922. Tout comme la population xérique du sud et les vieilles mésiques du nord, les populations xériques du nord sont

moins denses que les populations mésiques du sud.

Ces populations produisent peu de semis, en particulier les 2 stations xériques les plus nordiques (stations 4 et 7) qui ont une incapacité de reproduction sexuée semblable aux 2 plus vieilles stations mésiques du nord.

Les érablières rouges sont généralement issues du feu (10 stations sur 20) en particulier les jeunes stations, qu'elles soient du sud ou du nord. Les vieilles érablières mésiques du sud sont non équiennes et l'âge des érables est beaucoup plus jeune que le feu. La station xérique du sud est étalée mais certains arbres sont du même âge que le feu. Les stations xériques du nord de même que les vieilles stations mésiques du nord, qui sont aussi les plus nordiques, sont composées d'érables beaucoup plus jeunes que le feu. Les populations xériques et mésiques du nord sont moins densément peuplées.

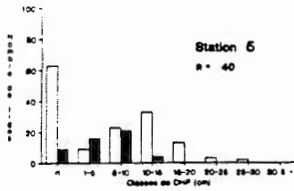
3.2 Structures de diamètre des tiges

Les structures de diamètre à hauteur de poitrine de l'ensemble des tiges de chaque arbre d'une station (figures 2.5 et 2.6) reflètent indirectement à la fois l'âge des tiges et leur croissance. Elles précisent aussi, en présentant les tiges vivantes et les tiges mortes encore debout, l'importance de la compétition dans la population totale et à l'intérieur de chaque cépée.

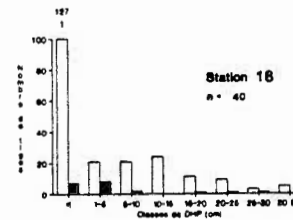
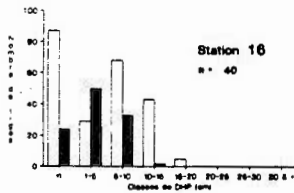
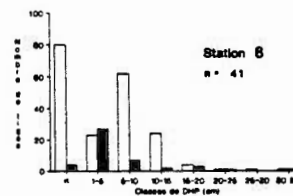
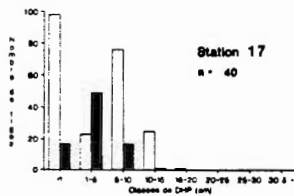
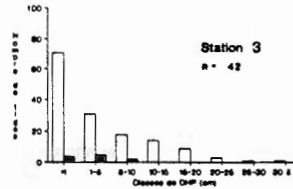
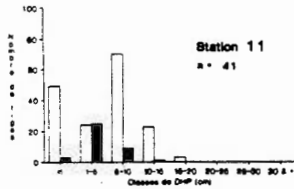
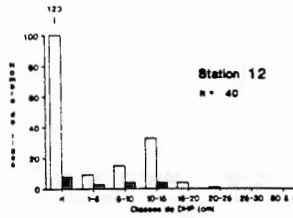
3.2.1 les jeunes stations méridionales du sud

Les stations 5, 11, 17 et 16 (fig. 2.5 a et 2.7 a) présentent une allure bimodale au niveau des tiges vivantes où on retrouve un bon nombre de tiges de moins d'un cm de DHP et un nombre assez substantiel, quoique moins élevé, de tiges dans les classes de DHP supérieur telles 5 à 10 et 10 à 15 cm de DHP. Le nombre assez élevé de petites tiges issus de rejets indique la capacité pour ces arbres de produire durant leur vie de nouveaux rejets. L'abondance de tiges relativement grosses indique une bonne croissance des tiges issues du feu. Il y a présence de 2 cohortes dans chaque cépée. Dans l'ensemble, on observe beaucoup de tiges vivantes; les tiges,

a.



b.



n = nombre d'érables échantillonnés

□ Tiges vivantes

■ Tiges mortes

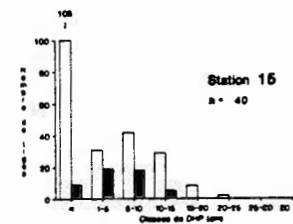
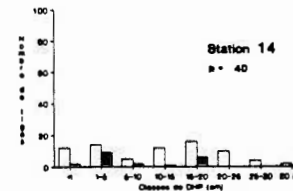
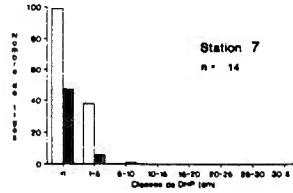
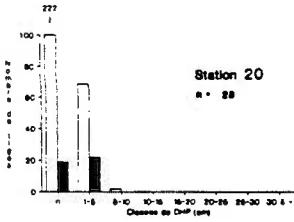
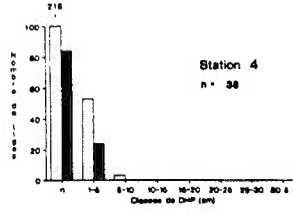
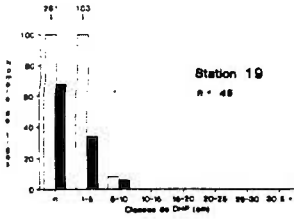


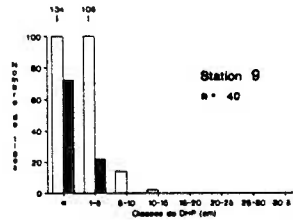
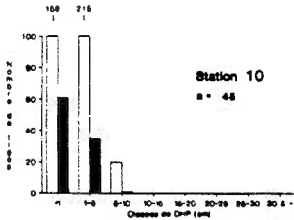
Fig. 2.5 Structures de diamètre de l'ensemble des tiges des érables rouges d'au moins 5 cm de DHP (ou de diamètre de souche) des stations disposées suivant le gradient nord-sud en Abitibi-Témiscamingue (nord: haut de la page, sud: bas de la page). Stations mésiques du sud. a. Jeunes stations. b. Vieilles stations.

C.

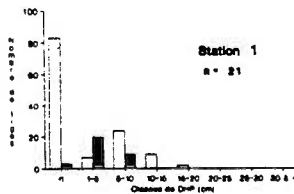
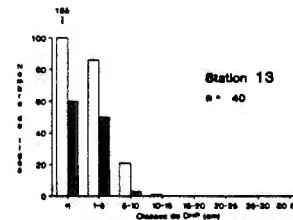
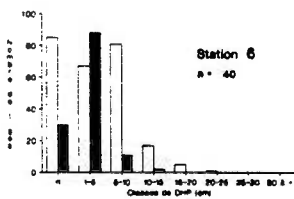
a.



b.



d.



n = nombre d'érables échantillonnés

□ Tiges vivantes
■ Tiges mortes

Fig. 2.6 Structures de diamètre de l'ensemble des tiges des érables rouges d'au moins 5 cm de DHP (ou de diamètre de souche) des stations disposées suivant le gradient nord-sud en Abitibi-Témiscamingue (nord: haut de la page, sud: bas de la page). a. Vieilles stations mésiques du nord. b. Jeunes stations mésiques du nord. c. Stations xériques du nord. d. Station xérique du sud.



Fig. 2.7 Vigueur de la régénération asexuée. a. Nombreuses tiges vivantes équiennes, d'assez gros diamètre (station 16, jeune mésique du sud). b. Nombreuses tiges vivantes de faible diamètre (station 10, jeune mésique du nord).

encore jeunes, n'ayant pas été éliminées par compétition intracépée.

L'analyse des tiges mortes encore debout indique que dans les jeunes stations mésiques du sud, il y a une mortalité intra-cépée dans la plupart des classes de DHP, en particulier dans les classes intermédiaires 1 à 5 et 5 à 10 cm. Ce phénomène indique possible-ment une mortalité au moment où les nombreuses tiges issues du feu, rendues un peu plus vieilles, ont un diamètre trop élevé pour pouvoir toutes survivre, la compétition interne entraînant la mort de plusieurs d'entre elles, en général les plus petites ou les moyennes, moins résistantes.

3.2.2 Les vieilles stations mésiques du sud

Les stations 12, 3, 8, 18, 14 et 15 (fig. 2.5 b et 2.8 a) présentent, au niveau des tiges vivantes, un patron de distribution beaucoup plus étalé, à cause de l'âge très élevé de certaines tiges. Les petits rejets sont encore forts nombreux (sauf dans la station 14), révélant la capacité de produire des rejets plusieurs années après feu. Dans les stations 3 et 18, on remarque une décroissance exponentielle dans le nombre de tiges vivantes en fonction de la taille, indiquant une mortalité régulière. La bimodalité est encore présente dans les stations 12, 8 et 15, où on remarque un pic au



b.



Fig. 2.8 Vigueur de la régénération asexuée. a. Vieille station méridionale du sud (sta. 15): cépées à une, deux ou trois grosses tiges. b. Station xérique du nord (sta. 7): port arbustif.

niveau des plus petits diamètres et un autre au niveau des classes 5 à 10 et 10 à 15 cm de DHP. Ceci s'explique dans les stations 12 et 8 puisqu'elles présentent des cohortes d'arbres issues d'un feu plus récent, alors que certains arbres issus d'un feu plus ancien ont survécu au deuxième feu. La station 15 est un cas d'âge intermédiaire (feu de 1887) entre les jeunes stations mésiques du sud et les plus vieilles. Pour l'ensemble des stations, le nombre de tiges vivantes est en général moins élevé que dans les jeunes stations, les érables ont donc en moyenne moins de tiges.

Le nombre de tiges mortes encore debout est faible dans ces stations où les arbres ont tendance à avoir davantage une tige unique bien établie. Seules les stations 8 et 15, possédant plus de tiges vivantes que les autres stations, ont tendance à avoir aussi plus de tiges mortes. La mort des tiges de diamètre intermédiaire observée dans la station 8 s'explique par la compétition intracépée importante de la cohorte issue du deuxième feu. Dans l'ensemble des six stations, il y a de la mortalité possible dans toutes les classes de DHP (stations 8 et 18), même les plus vieilles, en proportion des effectifs de chaque classe. Ce phénomène existant probablement depuis longtemps a sûrement contribué à donner une allure exponentielle aux histogrammes des tiges vivantes. On voit donc un indice probable de rajeunissement constant des individus par cette mortalité intra-cépée, ce qui sera confirmé par l'analyse de

la structure d'âge intra-cépée. On y voit aussi le processus de création de populations à structures d'âges non synchrones au feu et étalées.

3.2.3 Les jeunes stations métriques du nord

Les stations 10, 2, 6 et 1 (fig. 2.6 b et 2.7 b) ne forment pas un bloc homogène au niveau de la distribution des tiges vivantes. Les stations 6 et 10 comportent beaucoup de rejets par arbre. Ces tiges ont tendance à être petites sauf peut-être dans la station 6. Le patron de distribution des tiges vivantes est faiblement bimodal, (sauf dans la station 10), et on observe des individus à faible diamètre et d'autres à diamètres intermédiaires. Ceci est cependant moins accentué que pour les stations métriques du sud. Cette légère bimodalité est même observable dans la station 2 qui n'est représentée que par 7 individus. La station 10, issue du feu de 1963, est composée essentiellement de petites tiges (< 1 cm et entre 1 à 5 cm) à cause du jeune âge de la station.

Dans les stations 10 et 6 où les tiges vivantes de 1 à 5 cm et 5 à 10 cm sont abondantes, le nombre de tiges mortes est important dans les 2 plus petites classes de diamètre, résultat de la compétition intracépée qui est élevé durant la phase de croissance

des tiges. Le nombre de tiges mortes de 1 à 5 cm de DHP dans la station 6 étant plus élevé que le nombre de tiges vivantes, il semble y avoir une compétition considérable entre les tiges des arbres en pleine croissance.

3.2.4 Les vieilles stations mésiques du nord

Les stations 19 et 20 (fig. 2.6 a) issue de feux âgés, abritent pourtant des érables rouges dont les nombreuses tiges sont toutes de faible diamètre. Il est possible que les rejets soient morts prématurément laissant une souche plutôt âgée sur laquelle a poussé de nouvelles tiges.

Le nombre de tiges mortes (fig. 2.9 b) est passablement important dans les 2 classes de DHP les plus petites, indiquant une mortalité élevée.

3.2.5 La station xérique du sud

La station 13 (fig. 2.6 d) présente un patron de distribution de tiges semblable à la station 10 située à la limite nord: on observe aucune bimodalité évidente indiquant 2 cohortes de diamètre

a.



b.



Fig. 2.9 Mortalité importante des tiges principales dans les sites xériques et mésiques du nord. a. Station 4 (xérique du nord) b. Station 19 (limite nord, mésique).

clairement séparées. Les diamètres étant assez semblables malgré la différence de sites et d'âges, (cette station étant un peu plus âgée que la station 10,) la croissance sur site xérique semble donc plus faible que dans les sites mésiques. La mortalité est cependant plus accentuée que dans la station 10, résultat d'une forte compétition intracépée et caractéristique d'un milieu sec.

3.2.6 Les stations xériques du nord

Les stations 4, 7 et 9 (fig. 2.6 c et 2.8 b) malgré un âge de la dernière perturbation voisin de celui de la station 13, ont un patron de structure de diamètres relativement identique à celui de la station 13, sans bimodalité apparente, mais avec des diamètres légèrement plus petits. Les diamètres des tiges sont aussi plus faibles que dans les stations mésiques de même latitude. Le nombre de tiges mortes (fig. 2.9 a) est élevé comme dans la station 13 et les stations mésiques du nord.

Essentiellement, on observe une régénération asexuée plus élevée dans les stations mésiques du nord de tout âge et dans les stations xériques du sud et du nord, si on les compare aux stations mésiques. La mortalité intracépée est plus faible dans les vieilles stations mésiques où la compétition entre les tiges d'un même arbre

a éliminé dans le passé la plupart d'entre elles.

3.3 Structures d'âges intra-cépées

Puisque les tiges vivantes de cinq arbres seulement sur les quarante de chaque station ont été entièrement datées, nous ne retiendrons que les grandes tendances (fig. 2.10 et 2.11, tableau II.I).

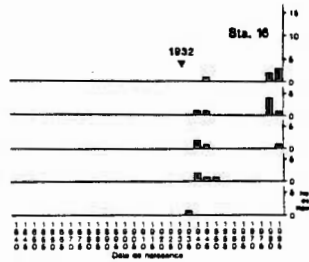
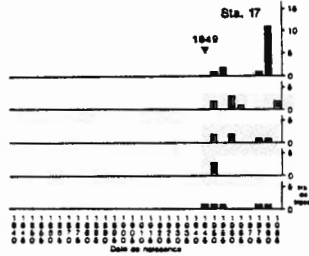
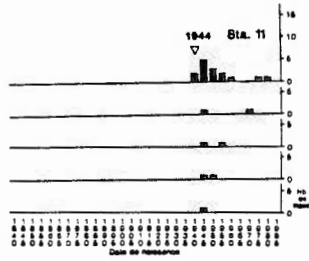
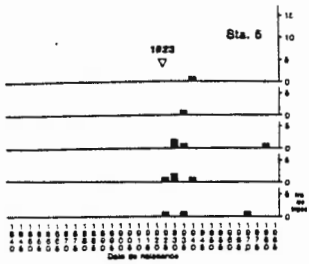
3.3.1 Les jeunes stations métriques du sud

Les érables rouges des stations 5, 11, 16 et 17 (fig. 2.10 a) sont jeunes et plutôt composés de cohortes de tiges à deux modes: en effet, 11 arbres sur 20 ont une ou plusieurs tiges équiennes issues du dernier feu, elles-mêmes entourées de tiges plus jeunes issues du collet de l'arbre. Cependant, huit arbres ont un seul mode: soit une ou quelques tiges issues du feu.

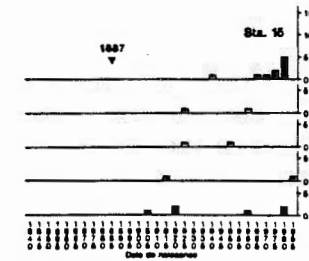
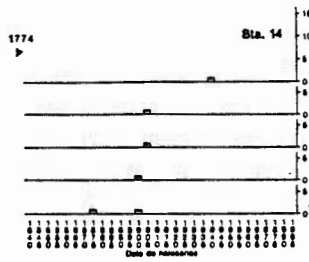
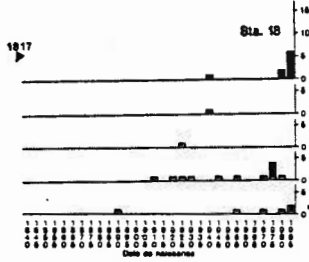
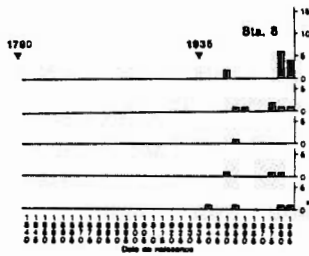
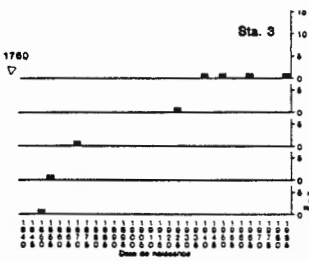
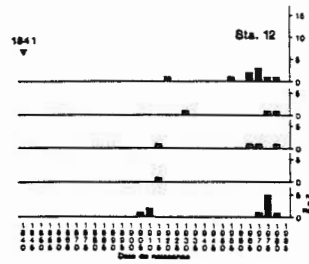
3.3.2 Les vieilles stations métriques du sud

Les érables rouges des stations 12, 3, 8, 18, 14 et 15 (fig. 2.10 b) sont 18 fois sur 30 de type bimodal. Mais cette fois, les tiges principales sont plus jeunes que le feu et sont entourées de

a.



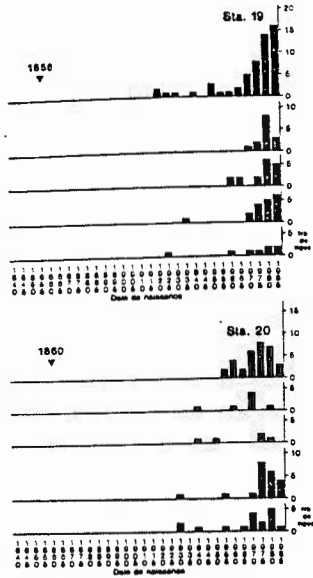
b.



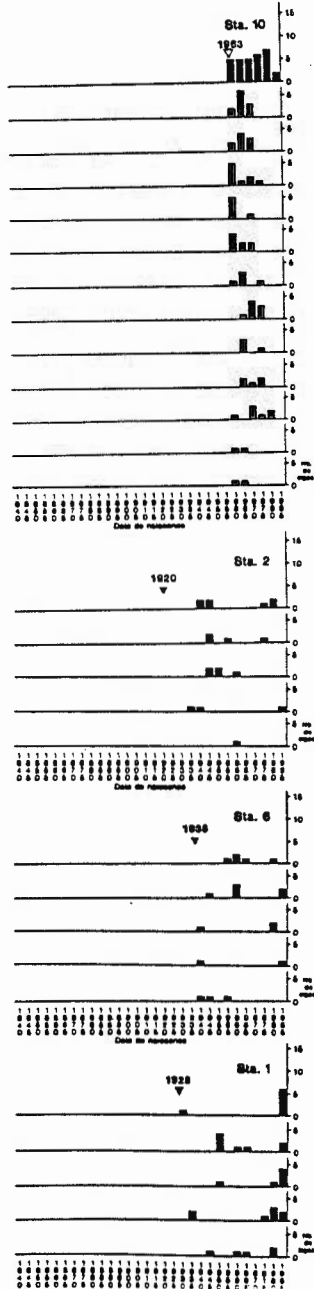
▼ Date du feu, Âge minimum
▽ Date du feu, Âge connu

Fig. 2.10 Structures d'âge des tiges de 5 cépées ou plus d'érable rouge par station disposées suivant le gradient latitudinal en Abitibi-Témiscamingue. a. Jeunes stations mésiques du sud; b. Vieilles stations mésiques du sud.

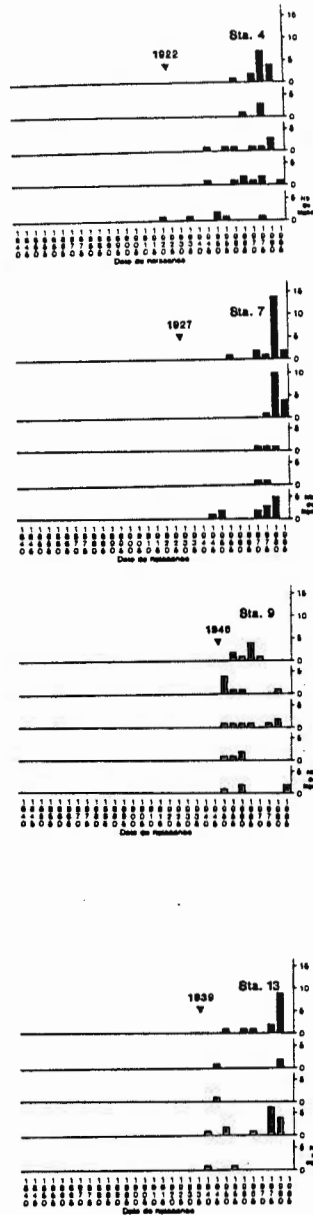
a.



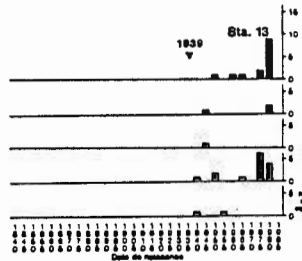
b.



c.



d.



▼ Date du feu, âge minimum
 ▽ Date du feu, âge connu

Fig. 2.11 Structures d'âge des tiges de 5 cépées ou plus d'érable rouge par station, disposées suivant le gradient latitudinal, en Abitibi-Témiscamingue. a. Vieilles stations mésiques du nord. b. Jeunes stations mésiques du nord. c. Stations xériques du sud. d. Station xérique du nord.

Tableau II.I Modes des structures d'âges des tiges composant les cépées d'érables rouges.

Groupe	Station	Nombre d'arbres	Nombre d'arbres ayant 1 mode	Nombre d'arbres ayant 2 modes
4, mésique du sud (jeunes)	5	5	3	2
	11	5	3	2
	17	5	1	4
	16	5	2	3
Total		20	9 (45%)	11 (55%)
4, mésique du sud (vieilles)	12	5	1	4
	3	5	4	1
	8	5	1	4
	18	5	2	3
	14	5	4	1
	15	5	0	5
Total		30	12 (40%)	18 (60%)
3, mésique du nord (jeunes)	10	13	13	0
	2	5	2	3
	6	5	1	4
	1	5	0	5
Total		28	16 (57%)	12 (43%)
3, més. du nord (vieil.)	19	5	3	2
	20	5	1	4
Total		10	4 (40%)	6 (60%)
2, xér. du sud	13	5	2	3
Total		5	2 (40%)	3 (60%)
1, xérique du nord	4	5	3	2
	7	5	3	2
	9	5	3	2
Total		15	9 (60%)	6 (40%)

- 2 classes d'âges sans tige entre 2 classes avec tiges indiquent la présence de 2 modes.

jeunes rejets. Les érables unimodaux sont plus fréquents dans les très vieilles stations 3 et 14 (feux de 1760 et 1774 respectivement).

Les arbres âgés des stations mésiques ont donc tendance à délaisser le port cépée et à adopter le port à tige unique. Cependant, quelques vieux arbres peuvent supporter plus d'une tige principale d'âges relativement différents. De plus, de très vieux érables peuvent avoir quand même de jeunes rejets au collet (stations 18, 15 et 12).

3.3.3 Les jeunes stations mésiques du nord

Les érables rouges des stations 10, 2, 6 et 1 (fig. 2.11 b) sont très jeunes, en particulier ceux de la station 10. Douze arbres sur 28 ont deux modes et les tiges principales sont généralement issues du feu, quoique cela ne soit pas toujours aussi clair que dans les jeunes stations mésiques du sud. Les arbres à un mode sont presque tous issus de la très jeune station 10 où les arbres ont tous des tiges issues du feu le plus récent ou sont un peu plus jeunes. Le feu est si récent (1963) que l'étalement d'âge des tiges est faible. Il est possible qu'avec le temps la bimodalité s'y développe, tout comme dans les stations 2, 6 et 1.

Dans la station 10, le port arbustif (à nombreuses petites tiges) est donc plus courant et les tiges peuvent avoir des âges très variés.

3.3.4 Les vieilles stations métriques du nord

Les érables des stations 19 et 20 (fig. 2.11 a), les plus nordiques des populations connues le long de notre gradient de latitude sont généralement bimodaux (tableau II.I), soit six fois sur dix. Quelques tiges âgées, mais beaucoup moins que le feu, sont entourées de nombreuses tiges très jeunes (moins de 20 ans). Sur le terrain cependant, la bimodalité ressort peu dans la station 19, puisque le port arbustif (voir figure 2.4) est la norme dans ce cas. La production de rejets est donc importante et continue à la limite nord. En l'absence de reproduction sexuée, les nouveaux rejets peuvent donc remplacer les plus vieux lors de leur mort, puisque la production de rejets est continue; ceci a pour effet de rajeunir l'arbre.

3.3.5 La station métrique du sud

Les érables rouges de la station 13 (fig 2.11 d), malgré le

fait qu'ils présentent un port arbustif, sont trois fois sur cinq de type bimodal: une ou deux assez vieilles tiges sont accompagnées de plusieurs très jeunes tiges. Les tiges principales sont généralement issues du feu de 1939. La structure d'âge intra-cépée, malgré le stress hydrique, ressemble à celle des jeunes stations 16 et 17 voisines en latitude et en âge.

3.3.6 Les stations xériques du nord

Les érables des stations 4, 7 et 9 (fig. 2.11 c) sont composées de six arbres à tiges bimodales et neuf à tiges unimodales. Souvent, les arbres unimodaux sont très jeunes, aussi on peut supposer que cette structure bimodale s'exprime difficilement, puisqu'on retrouve des tiges dans presque toutes les classes d'âge plus jeunes que le feu. Généralement, seuls les érables de la station 9 possèdent encore des tiges apparues directement après le feu. Cette station est la plus au sud de son groupe et malgré qu'elle soit équienne, elle présente un certain étalement d'âge des tiges semblable aux stations 19 et 20, mais les tiges sont moins nombreuses. Dans l'ensemble des stations, les arbres semblent avoir plus souvent davantage de tiges que dans les stations mésiques du sud mais moins que dans les deux stations (19 et 20) de la limite nord et la station 10.

Les érables de la station 7, tout comme ceux des stations 19 et 20 de la limite nord, comportent des tiges d'âge intermédiaire (mais de faible diamètre, voir figure 2.6) présentant une abondante quantité de jeunes rejets, mais aussi de moins jeunes. Il y a donc production de rejets à toutes les étapes de la vie de l'individu.

Ainsi, si on considère la majorité des stations du gradient latitudinal étudié, les arbres des stations mésiques du sud d'âge moyen à jeune, présentent une structure plutôt équiennne avec de très jeunes tiges. Les vieilles stations mésiques sont peuplées de vieux arbres à tiges plus jeunes que le feu car les tiges issues du feu sont mortes et ont été remplacées par de plus jeunes; souvent, les arbres arborent une seule tige ou une ou deux tiges principales entourées de quelques très jeunes tiges. La structure d'âge des tiges des cépées des jeunes stations mésiques du nord ressemble à celles du sud et à la station xérique du sud. Dans les deux stations xériques les plus nordiques et les vieilles mésiques de la limite nord, les tiges issues du feu meurent prématurément: chaque arbre supporte beaucoup de tiges d'âges variés indiquant une capacité de régénération asexuée élevée et continue donnant aux érables une allure arbustive.

4. Discussion

4.1 Dynamique des populations d'érables rouges entre les feux de forêt

4.1.1 Les populations mésiques du sud

En général, les jeunes populations mésiques d'érables rouges au sud du gradient sont équiennes et issues de leur feu respectif (fig. 2.1 a). A la suite d'un feu causant la mort de la partie aérienne, mais gardant la souche en vie, l'érable rouge renaît donc par rejets se formant à partir des bourgeons du collet. L'absence d'érable rouge dans certaines des classes d'âge intermédiaires peut indiquer qu'il a fallu un délai aux nouveaux érables pour atteindre l'âge de reproduction sexuée et donc former des graines. Cependant, si le jeune érable rouge bénéficiant d'un bon réseau de racines peut produire des graines très tôt, l'absence d'érable d'âge moyen s'explique davantage par la suppression des semis sous couvert forestier et leur forte mortalité. Comme peu d'arbres adultes à tige unique sont observés, on peut croire que peu d'entre eux sont issus de semis, puisqu'alors la tige principale de ces érables exerce une dominance apicale en inhibant la formation de rejets de

souche. Les érables des jeunes sites présentent un patron de distribution des tiges de type bimodal ou unimodal: lorsqu'il y a de jeunes tiges sur la souche, leur nombre demeure tout de même peu élevé probablement à cause de la dominance apicale des tiges plus âgées sur les bourgeons dormants du collet. Ainsi, la formation de rejets se poursuit en partie en l'absence de perturbation.

Avec le temps, la croissance des tiges du jeune arbre induit une compétition telle qu'il s'ensuit une élimination des tiges sur la souche (fig. 2.5 a). Le phénomène de mortalité des tiges intracépée plus élevée en bas âge a été vérifié par Prager et Goldsmith (1977): dans les stations de Nouvelle-Ecosse où les érables rouges ont été coupés, le processus de compétition et de mortalité des tiges est plus accentué dans les 30 premières années de vie des tiges. Il est possible que les racines des érables du sud du gradient n'arrivent plus à fournir pour des tiges en croissance: le volume en feuillage augmentant trop vite par rapport aux ressources disponibles en eau et minéraux.

Dans les vieilles populations du sud, peu d'arbres issus du feu subsistent, la plupart des érables mourant après une centaine d'années d'âge, compte tenu de leur longévité naturelle (Fowells, 1965), ce qui explique aussi qu'ils soient plus jeunes que les sites âgés de 200 ans. Ceci contribue à former une structure d'âge des

vieilles populations d'érables non synchrones au feu et étalées.

Les vieux érables sont souvent à tige unique et bien qu'ils ne soient pas issus du feu, ils peuvent être d'anciennes cépées rajeunies par mortalité intra-cépée. Il semble que la mortalité des tiges d'érables se produise durant toute la vie de l'arbre, le réduisant d'abord à une ou deux tiges, puis causant la mort de tout l'individu ou du moins son rajeunissement. A l'inverse, Sakai (1990) a observé qu'au Michigan, dans les sites mésiques, les jeunes populations d'érables rouges issues du feu sont formées de cépées remplacées ensuite par des arbres issus de graines puisqu'à tige unique. Mais ces observations, basées sur l'allure de l'arbre (cépée ou tige unique), ne sont probablement pas facilement applicables à la limite nord, en Abitibi où il est difficile de distinguer les vieux arbres à tige unique issus de graines de ceux issus de rejets. En effet, la souche d'une ancienne cépée peut s'être transformée en souche à tronc unique ressemblant ainsi à une souche d'un ancien semis et les érables issus de semis peuvent aussi adopter le port cépée après avoir subi plusieurs types de stress. En Abitibi, le fait que peu de gaulis (à tige unique) soient observés, malgré les problèmes d'identification de leur origine (semis ou rejet), permet de conclure que les vieux érables rouges issus du feu, au sud du gradient, sont souvent remplacés par des rejets de leur propre souche. Ainsi, dans les vieilles populations

mésiques du sud, la présence de groupes importants d'érables dans certaines classes d'âge intermédiaires, s'explique, compte tenu que la majorité sont des cépées, davantage par le produit de la compétition entre les tiges, rajeunissant ainsi l'individu à la mort des plus vieilles tiges. Dans ce cas, lorsqu'un érable atteindrait un âge avancé, phénomène qui doit être relativement synchrone puisque plusieurs érables sont issus du feu, il y aurait finalement élimination de la dernière tige principale, stimulant ainsi le développement des petites tiges et favorisant l'apparition d'une cohorte de cet âge.

Dans certains cas, les cohortes intermédiaires des structures d'âges des populations s'expliquent par la venue d'un second feu ayant décimé une partie de la population en évitant quelques individus plus âgés protégés dans un refuge. Ce phénomène s'est probablement produit dans la station 8 où il semble que quelques vieux érables issus du feu voisinant 1790 aient survécu au feu des environs de 1935, probablement plus à cause de leur position géographique qu'à cause de leur capacité à résister au feu. La population 12 semble présenter la même situation.

Dans les vieilles stations mésiques du sud, les tiges des cépées présentent une ou deux grosses tiges liées au feu entourées de plus jeunes. Ceci s'explique peut-être par l'ouverture de la

canopée qui stimulerait la production de petites tiges. La présence occasionnelle de tiges principales d'âges différents, confirme l'hypothèse du rajeunissement possible de ces cépées à la mort de la plus vieille tige. Il semble que dans ces régions, l'érable rouge, même très vieux, continue de produire des rejets tout au long de sa vie, mais à durée de vie souvent limitée. L'absence fréquente de petite tige autour de l'arbre s'explique par une trop forte dominance apicale ou par une épaisseur de l'écorce restreignant la croissance de rejets. Il semble, en effet, que bien que certains bourgeons dormants soient externes, la majorité des bourgeons dormants soient enfouis sous l'écorce (Wilson, 1968), bourgeons poussant un peu à chaque année pour éviter d'être complètement recouverts de bois. Chez les vieux érables, les bourgeons finissent peut-être par mourir, enfouis dans l'écorce ou le bois et ainsi, ne sont pas remplacés par des rejets à la suite d'une mort naturelle.

4.1.2 Les populations métriques du nord

Les jeunes populations métriques du nord se comportent un peu différemment de celles du sud. Comme au sud, l'âge des érables est généralement synchrone avec le feu. Cependant, plus les populations sont nordiques, plus les érables ont tendance à être plus jeunes que

le dernier feu. Ainsi, il est difficile de dire si la population 2 est issue du feu compte tenu du faible effectif; elle a peut-être été autrefois plus importante. Les érables portent, comme au sud, de petites tiges à la base. La reproduction sexuée est cette fois fort limitée ce qui suggère une incapacité à coloniser de nouveaux sites. Les populations sont donc formées par reproduction végétative.

Les jeunes stations mésiques du nord, comme celles du sud, sont toutes peuplées d'arbres à nombreuses tiges mortes, souvent petites. On peut donc conclure que ces arbres sont issus du feu mais subissent tout au long de leur vie une élimination intracépée les rajeunissant parfois. Aussi, la présence d'arbres ayant des tiges mortes de même taille que les plus grosses tiges vivantes (comme dans la station 10) suggère une mortalité légèrement prématurée (par rapport à la longévité naturelle) des tiges principales des arbres, tiges remplacées ensuite par des tiges secondaires plus jeunes; les grosses tiges, moins protégées, souffrent peut-être davantage de stress climatique. En l'absence de feu, il y a aussi une possibilité de mort complète de quelques érables, ou beaucoup plus rarement, de populations entières (la population 2, à faible effectif, sera peut-être la prochaine) car les tiges principales risquent d'être remplacées, en l'absence de graines, par de jeunes tiges qui doivent supporter alors la compétition des autres arbres,

bien qu'elles soient avantagées par leur réseau de racines. D'autre part, des rejets peuvent probablement être produits à la mort de toutes les tiges, limitant la régression des populations.

Comme les feux sont anciens, les vieilles populations mésiques du nord devraient ressembler aux populations du sud et présenter une structure d'âge inéquienne non synchrone au feu, avec quelques individus assez âgés (fig. 2.2 a). Pourtant, dans les stations 19 et 20, il n'y a pas d'individu vivant né avant 1921, malgré des feux beaucoup plus anciens. Ceci confirme la mortalité prématurée des érables de la limite nord en l'absence de feu (voir chapitre 1). Les semis sont aussi très rares, comme dans les autres populations du nord.

Les nombreuses petites tiges vivantes donnent une allure arbustive aux érables des vieilles populations de la limite nord. Dans les 3 stations mésiques les plus au nord (jeune: 10, et vieilles: 20 et 19), la forte quantité de tiges de petite largeur est explicable à la fois par le jeune âge des individus, la croissance plus lente, une production continue et importante des tiges intracépée et une mortalité prématurée des plus grosses mais aussi des tiges intermédiaires. On voit donc la moins grande dominance apicale dans ces stations. Par rapport au sud, les rejets sont davantage produits en abondance et en tout temps et meurent

plus souvent en bas âge. Les érables rouges de la limite nord, défavorisés par leur reproduction sexuée, ont donc un moyen efficace de prolonger la durée de vie de chacun des membres de leurs populations, en l'absence de perturbation majeure telle un feu. Seul un feu suffisamment intense pour détruire la souche peut éliminer complètement les populations, ce qui reste une éventualité plutôt mince.

4.1.3 Les populations xériques d'érables rouges

En général, les stations xériques du nord et du sud sont peuplées de petits érables rouges à port arbustif: ce sont tous des cépées à nombreuses tiges. Plus au sud, les populations sont synchrones au feu, alors qu'au nord, elles ont tendance à ne pas l'être (stations 4 et 7). Toutes produisent peu de semis, malgré un bon ensoleillement. En outre, le type de site (chapitre 1), sommet avec beaucoup d'affleurements rocheux, présente peu d'endroits accessibles à l'établissement de jeunes érables, d'où la faible densité des érables adultes.

Les stations xériques de tout le gradient se comportent un peu comme une station mésique de la limite nord. Il semble y avoir une forte mortalité des tiges par compétition durant la croissance des

arbres issus du feu, ce qui entraîne, par production de nombreux nouveaux rejets, un rajeunissement et un étalement d'âge des tiges des érables de la population. La présence d'arbres ayant des tiges plus grosses ou égales aux tiges vivantes (station 7) indique, tout comme dans les populations 2, 10 et 19 mésiques du nord, une mortalité des tiges principales âgées profitant aux plus jeunes. La sécheresse d'un site semble donc s'ajouter aux problèmes de stress latitudinal que subit l'érable rouge. En fait, tout stress tels la sécheresse, le froid ou la pollution (James et Courtin, 1985) semble créer une mortalité prématurée des tiges.

L'absence de vieille station xérique, qui est probablement due au régime de feux différent, ne permet pas de vérifier le mécanisme de remplacement des érables atteignant leur maximum de longévité.

4.2 L'érable rouge, un intolérant en Abitibi-Témiscamingue?

Au centre et au sud de son aire de distribution Acer rubrum est considéré comme un tolérant à l'ombre ou un intermédiaire (Glitzenstein et al., 1986). D'après Lorimer (1984), les chênes des forêts de l'état de New York et du Massachusetts se régénèrent bien après feu (par rejets), alors que l'érable rouge, malgré sa courte longévité, voit ses semis et gaulis prendre la relève facilement.

L'auteur n'exclut pas un remplacement futur de cette espèce par l'érable à sucre et la pruche, mais considère l'érable rouge comme un arbre plutôt tolérant, rejetant peu de souche à ces latitudes.

Au nord de son aire de répartition, Acer rubrum a un tout autre comportement. Au Témiscamingue et au sud de l'Abitibi, la présence de nombreux semis parfois âgés et l'absence de gaulis (1 à 5 cm de DHP) indique une incapacité des semis à sortir de l'état supprimé. Cette difficulté dans l'établissement des érables rouges a déjà été observée par James et Courtin (1985), dans les sites nordiques stressés exposés aux opérations minières de Sudbury (Ontario), où il y avait des semis au sol.

Alors que l'absence de gaulis d'érable rouge indique un comportement d'intolérant en Abitibi-Témiscamingue, les rejets de souche d'érables rouges peuvent être produits et se développer sous couvert forestier, suggérant que cette espèce soit, par ce biais, partiellement tolérante à l'ombre et à la compétition.

4.3 Causes du stress à la limite nord et impact sur les érables rouges

Les stations les plus nordiques du gradient latitudinal étudié

au Québec, semblent subir un stress important qui causerait la mortalité prématurée des tiges tout en stimulant une abondante production de rejets durant toute la vie de l'arbre, favorisant l'adoption d'une forme arbustive.

L'humain peut être la cause du stress: ainsi, les érables rouges de Sudbury sur sites xériques et mésiques ont tendance à souffrir de stress dû à des rejets industriels (James et Courtin, 1985). Les érables rouges de cette région située près de la limite nord, ont tendance à former par rejets, des taillis stables sans grande possibilité de reproduction sexuée.

En Abitibi, l'impact de l'humain à la limite nord est minime sur les collines morainiques (voir chap. 1). Aussi, les causes de stress possibles sont liées à la latitude, donc au climat, ou au milieu. Sur sites mésiques, un stress édaphique dû au manque de minéraux est peu probable puisque la topographie, les dépôts et les sols des sites du nord étaient assez semblables à ceux du sud (voir chapitre 1). Les stress climatiques peuvent être liés aux précipitations, aux températures ou aux vents. Ils peuvent, de plus, être de type chronique (température moyenne basse) ou catastrophique.

La pluviosité peut être un facteur limitant. Lorimer (1984)

souligne l'effet possible d'une sécheresse, celle de 1962-66 dans l'état de New York, ayant causé une forte mortalité d'érables rouges dans certaines stations étudiées. McIntyre et Schnur (1936) en Pennsylvanie ont observé, d'autre part, que la sécheresse sévère de 1930 a eu peu d'effets négatifs sur l'érable rouge, mais a affecté le pin blanc et la pruche. En Abitibi, sachant que les plus vieux érables, beaucoup plus jeunes que le feu, datent de 1921 dans la station 19 et de 1930 dans la station 20, une sécheresse estivale peut avoir eu un effet accru sur la mortalité des tiges. Or, les pluies de mai et juin de 1920 et 1921 ont été particulièrement faibles à Iroquois Falls, station météo la plus proche existant à l'époque (Ontario) (Anonyme, 1985: annexe 4). Par exemple, les précipitations de mai 1920 ont été de 22,6 mm, de juin 1920: 27,4 mm, de mai 1921: 54,4 mm et de juin 1921: 14,2 mm. Les niveaux de précipitations n'ont jamais été aussi bas depuis. Des températures plus chaudes sont probablement à l'origine de sécheresses prononcées en 1919, 1920 et 1921.

Les températures peuvent affecter les arbres de multiples façons. Il existe des cas documentés d'arbres (Eucalyptus viminalis) dont la couronne a été complètement détruite à la suite d'un gel (Paton, 1988). Les causes de l'absence d'érable rouge avant 1921 (station 19) peuvent être les températures froides ou un manque de neige protégeant les tiges en hiver, ou même des gels

durant la saison de croissance, d'autant plus que ces deux stations sont sur sites mésiques. On sait aussi par exemple, qu'Acer saccharum peut voir son xylème supporter des températures de -40°C et les bourgeons tolérer le froid jusqu'à -80°C , chez des individus collectés au Minnesota (Sakai et Weiser, 1973). Acer rubrum (état du Mississippi) supporte des températures de -25°C et -30°C respectivement. Des températures de l'ordre de -40°C en hiver sont possibles en Abitibi et peuvent affecter les tiges d'érables rouges, mais les individus de la limite nord ont subi une sélection naturelle et peuvent probablement résister à des températures plus basses que -40°C . De plus, la mort des tiges au-dessus de la couche de neige ne signifie pas complètement la mort de l'individu à cause de sa bonne capacité à se régénérer, ce qui entraîne une mortalité négligeable des individus dans leur entier. En fait, la mort des tiges en l'absence de feu développe plutôt une population non synchrone avec le feu, à forme arbustive. Aussi, des études climatiques plus poussées devraient être faites pour expliquer davantage cette question.

Le développement du port arbustif à la limite nord sur tous les types de site suggère que la mortalité des plus grosses tiges se fait par une plus grande surface d'exposition leur donnant une plus grande sensibilité au gel lors d'événements climatiques ponctuels ou à la suite de contusions répétées causées par des stress chroniques.

D'autre part, il se peut que l'arbre ne puisse plus supporter un volume de tige élevé au nord par manque de ressources et qu'alors la forme arborescente ne soit plus rentable énergétiquement. La présence du port arbustif sur sites xériques, même plus au sud, suggère que les conditions du site sont prépondérantes et signale ainsi que le manque de ressources explique davantage, sur sites xériques nordiques, la forme arbustive développée chez Acer rubrum. Cependant, si sur sites xériques, le manque de ressources a une cause édaphique évidente, sur sites mésiques, la qualité du sol étant comparable au reste du gradient, elle est difficile à établir: le manque de ressources peut être dû à une courte saison de croissance, ou un sol gelé sur une trop courte période. Mais, ultimement, le climat influence les conditions abiotiques liées au substrat comme cause des restrictions de ressources.

La sélection naturelle a pu faire en sorte de sélectionner les individus pouvant mieux résister au gel, de même que ceux adoptant une forme arbustive contrôlée physiologiquement ou par l'environnement. Ceci assurerait une meilleure chance de survie contre les intempéries en augmentant les chances de reproduction sexuée et asexuée par protection des branches et des rejets. La sélection naturelle a pu aussi sélectionner des changements physiologiques induisant une sénescence hâtive afin d'éviter que l'individu ne dépasse une certaine taille qui augmenterait sa

vulnérabilité.

5. Conclusion

Les populations d'érables rouges habitant la forêt boréale québécoise sont soumis à des régimes de perturbations qui contribuent à leur maintien. Les populations mésiques du sud et du nord se renouvellent essentiellement par rejets de souche après feu. En l'absence de nouvelle perturbation, la population vieillissante du sud subit une perte occasionnelle des tiges des cépées durant la vie des individus; d'autre part, si une ouverture du couvert forestier se présente, on suppose que des semis d'érables rouges peuvent parfois sortir de leur état supprimé, quoique des rejets remplaceront plus souvent les plus vieilles tiges. Ces populations apparaissent donc relativement stables et ce n'est qu'à très long terme que l'on peut envisager leur remplacement par des espèces plus compétitives comme l'érable à sucre (au sud) ou le sapin baumier au nord.

Les populations mésiques du nord sont peu aptes à se reproduire de façon sexuée. Elles peuvent cependant produire davantage de rejets. Bien que la mortalité des rejets au nord soit abondante, la repousse végétative permet de compenser ces pertes.

En l'absence de feu, les vieilles populations de la limite nord produiront de nombreux rejets à croissance lente durant toute leur vie. Les rejets issus du feu, mourant prématurément de stress climatique (ch. 1), seront donc remplacés par de plus jeunes rejets, rajeunissant ainsi toute la population. Ce processus de rajeunissement met les individus davantage à l'abri d'une possibilité de mort à la fin de leur vie, retardant d'autant la régression des populations durant les périodes climatiques plus difficiles. Ce rajeunissement permet aussi le maintien de la population en l'absence de reproduction sexuée. Cependant, le rajeunissement et la faible croissance contribuent partiellement à donner une forme arbustive aux érables de la limite nord où ceux-ci sont complètement dominés par la communauté environnante.

Les populations xériques de tout le gradient quant à elles, souffrant de stress hydrique, se comportent plutôt comme les populations nordiques: les tiges meurent jeunes, de nouvelles se développent abondamment et les érables adoptent une forme arbustive à petites et nombreuses tiges même en l'absence d'une couverture arborescente importante. Le stress hydrique induit vraisemblablement ce type de forme chez Acer rubrum qui semble incapable de supporter un volume normal de type arborescent. Dans les deux types de site, la forme arbustive pourrait rendre les

érables rouges moins compétitifs, mais compte tenu des conditions xériques affectant toutes les espèces sur les sites secs, et à cause de la forte capacité de régénération asexuée sur sites mésiques et xériques, il y a peu de chance, sauf à très long terme, qu'ils soient remplacés.

Conclusion générale

Acer rubrum au nord de son aire de distribution, en Abitibi-Témiscamingue, se retrouve sur des emplacements mésiques ou xériques, mais jamais humides comme dans le sud du Québec ou ailleurs en Amérique du Nord. Les communautés abritant les érables rouges sont, sur sites xériques: des pinèdes grises au nord ou des pinèdes blanches au sud, et sur sites mésiques, des bétulaies blanches et des tremblaies au nord, et principalement des érablières rouges au sud, quoiqu'on y retrouve aussi des bétulaies et même des sapinières. A son extrême limite nord, l'érable rouge adopte les caractéristiques des espèces souffrant de stress climatique. Les populations se retrouvent surtout sur les sommets et les hauts de versant des collines exposés préférentiellement au sud-est et peuvent même habiter des microhabitats enclavés par une paroi rocheuse; tout ceci les protège des vents, des feux destructeurs et assure une accumulation de neige protectrice suffisante.

A la limite nord, la croissance en hauteur des érables est plus faible et la régénération sexuée est très limitée. La production de graines est faible et il y a peu de semis au sol. Les populations d'érables rouges se maintiennent avant tout par reproduction végétative. Après feu, la souche produit rapidement de nombreux

rejets, puis, plus tard, occasionnellement. Ces rejets s'éliminent durant la vie de l'érable rouge, faisant en sorte que les plus vieilles populations sont composées d'arbres à une ou 2 tiges. Cependant, à la limite nord du gradient étudié, l'élimination, mais aussi la production de rejets se poursuivent durant toute la vie des érables, ce qui fait que le nombre de rejets reste globalement plus élevé qu'au sud. De plus, à la limite nord, les plus vieilles tiges d'un même arbre peuvent être remplacées par des tiges d'âge moyen alors qu'au sud, il y a peu de tiges d'âge intermédiaire pouvant jouer ce rôle, puisque les tiges subissent vraisemblablement une plus forte dominance apicale. A la limite nord, cela rajeunit les individus, sans entraîner de bris importants dans la structure d'âge comme au sud.

A la limite nord, les érables rouges issus du feu (ou une partie de leurs tiges) peuvent mourir bien avant l'âge habituel suite à un stress climatique trop grand. La mort des arbres peut être due à un événement catastrophique tel un gel important, mais il est aussi fort possible que des individus ou des tiges meurent graduellement, à la suite d'une succession de stress chroniques. Il est aussi possible qu'il y ait une sélection en faveur d'arbres à changements physiologiques induisant une sénescence hâtive. Quoiqu'il en soit, les érables rouges de la limite nord adoptent un port arbustif où la dominance apicale est des plus réduites et la

croissance ralentie.

A la limite nord, les populations d'érables rouges sont isolées et semblent stables. La faible reproduction sexuée réduit à son minimum la colonisation de nouveaux sites. De toute façon, les sites possibles sont peu disponibles vu le petit nombre de collines à la frontière de la Baie James. D'autre part, l'abondante reproduction végétative stimulée par les feux de forêt assez fréquents et le stress climatique, permet le maintien des individus sans probablement occasionner de pertes sensibles dans les effectifs des populations. La présence de stations ne comportant que quelques individus indique cependant la possibilité d'extinction ou de colonisation de populations. Malgré la position topographique protégée, les populations de la limite nord ne sont pas à l'abri d'un éventuel feu destructeur pouvant tuer les souches. Ceci détruirait définitivement les populations touchées, sans espoir de recolonisation immédiate vue la grande dispersion des populations et l'absence de régénération sexuée. Dans un tel cas, seule une période climatique plus chaude pourrait éventuellement mener à une recolonisation des sites perdus, en aidant Acer rubrum à être plus compétitif au niveau de la reproduction sexuée. La balance fragile entre les décès et les naissances, le régime de feux et la topographie expliqueraient en partie que la limite nord québécoise de l'érable rouge soit située légèrement au nord du 49ème parallèle.

Remerciements

Je tiens à remercier particulièrement mon directeur de recherche Yves Bergeron pour son appui constant dans mes travaux, mon assistant Richard Bonin ainsi que Maryse Rochefort pour leur aide sur le terrain durant l'été 1987, Yves Mauffette, Yvan Blouin et François Tétrault pour la pose des trappes et la récolte de graines de 1988, Marc Lalonde pour la plus grande part du sablage des carottes de bois et une partie de l'entrée de données. Merci aussi au laboratoire de Claude Camiré de l'université Laval pour les analyses de sols au pyrophosphate et le laboratoire de Rock Forest du Ministère de l'agriculture du Québec pour l'analyse de l'azote total. Merci aussi à Pierre Legendre pour la critique des analyses multivariées. Merci aussi à Yves Mauffette du GREF et Hubert Morin (Université du Québec à Chicoutimi) pour la correction du mémoire. Enfin, merci à tous les membres du GREF qui m'ont apporté leur soutien tout au long de mes travaux.

Cette recherche a été possible grâce à des subventions du Fonds FCAR et du CRSNG, à deux bourses étudiantes, l'une du FCAR, l'autre du PAFAC de l'UQAM et à une bourse de perfectionnement offerte par le Cegep Montmorency durant l'année 88-89.

Références

- Anonyme, 1981. Direction des levées et de la cartographie. Ministère de l'énergie, des mines et des ressources, Ottawa, Canada.
- Anonyme, 1982. Normales climatiques au Canada. 1951-1980. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada.
- Anonyme, 1985. Données climatiques. Service de l'environnement atmosphérique, Environnement Canada.
- Association Touristique Régionale de l'Abitibi-Témiscamingue. 1987. Abitibi-Témiscamingue. 2ème édition. Ministère du Tourisme et Service de la cartographie du ministère de l'Energie et des Ressources du Québec. Québec.
- Babeux, P. et Y. Mauffette. 1990. Effects of date of cut on the sprouting success of red maple (Acer rubrum L.). In Supplement to Bull. of the Ecol. Soc. of Amer. 71 (2): 81-82.
- Behr, S. H., J. Dugas, W. B. Emo. 1958. Rapport préliminaire sur une partie de l'ouest du canton de Duprat, district électoral de Rouyn-Noranda. Ministère des mines, Services des Gîtes Minéraux. Rapport P-368, carte 1224. 1: 24 000.
- Bennett, K. D. 1985. The spread of Fagus grandifolia across eastern North America during the last 18 000 years. J. Biogeo. 12: 147-164.
- Bergeron, Y. et A. Bouchard. 1984. Use of ecological groups in analysis and classification of plant communities in a section of western Québec (Canada). Vegetatio, 56 (1): 45-63.
- Bergeron, Y., A. Bouchard, P. Gangloff et C. Camiré. 1983. La classification écologique des milieux forestiers de la partie ouest des cantons d'Hébécourt et de Roquemaure, Abitibi, Québec. Laboratoire d'écologie forestière. Université Laval, Qué. 169 p.
- Bergeron, Y., A. Bouchard et G. Massicotte. 1985. Gradient analysis in assessing differences in community pattern of three adjacent sectors within Abitibi, Québec. Vegetatio, 64: 55-65.
- Bergeron, Y. et J. Brisson. 1990. Fire regime in red pine stands at the northern limit of the species' range. Ecology, 71 (4): 1352-1364.

- Bergeron, Y. et D. Gagnon. 1987. Age structure of red pine (Pinus resinosa Aits.) at its northern limit in Quebec. Can. J. For. Res. 17: 129-137.
- Bouyoucos, G. J. 1936. Directions for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method. Soil Sci. 42: 225-229.
- Brady, N. C. 1984. The Nature and Properties of Soils. 9ème édition, MacMillan Publishing Co., New York, 750 p.
- Brown, J. H. Jr. 1960. The role of fire in altering the species composition of forests in Rhode Island. Ecology, 41: 310-316.
- Brown, J. L. 1981. Les forêts du Témiscamingue. Québec. Ecologie et interprétation, Etudes écologiques, no. 5, Laboratoire d'écologie forestière, Université Laval, Québec, 447 p.
- Carter, R. N. et S. D. Prince. 1981. Epidemic models used to explain biogeographical limits. Nature, 293: 644-645.
- Chapin, F. S. et Chapin, M. C. 1980. Revegetation of an arctic disturbed site by native tundra species. J. Applied Ecol. 17: 449-456.
- Chagnon, J.-Y. 1968. Région des Lacs des Quinze et Barrière, Comté de Témiscamingue. Minist. des Rich. Nat. du Québec, Service des Gîtes Minéraux, Québec. Rapport 134. Carte no. 1643. 1: 63 630.
- Commission canadienne de Pédologie. 1978. Le système canadien de classification des sols. Direction de la recherche, Ministère de l'agriculture du Canada, Ottawa. 170 p.
- Comtois, P., S. Payette et J.-P. Simon. 1989. Similitude génétique et mode de dispersion: la nature des populations clonales de peupliers baumiers (Populus balsamifera L.) au Nouveau-Québec. Can. J. Bot. 67: 1208-1215.
- Cottam G. et J. T. Curtis. 1956. The use of distance measures in phytosociological sampling. Ecology, 37: 451-460.
- Dansereau, P.-R. 1991. La reconstitution historique des feux dans un secteur forestier au sud du lac Abitibi, Québec. Mémoire de maîtrise. Université du Québec à Montréal. Montréal, Québec.

- Davis, M. B. 1981. Quaternary History and the Stability of Forest Communities. Dans: Forest Succession. Concepts and Application. Ed. D.C. West, H. H. Shugart et D. B. Botkin, Springer-Verlag, New York, p. 132-153.
- Diotte, M. et Y. Bergeron. 1989. Fire and distribution of Juniperus communis L. in the boreal forest of Quebec, Canada. J. Biogeo. 16: 91-96.
- Dugas, J., G. Duquette, M. Latulippe. 1967. Bibliographie annotée sur la minéralisation métallique dans les régions de Noranda, Matagami, Val d'Or et Chibougamau. Minis. des Richesses Naturelles du Québec, Serv. des Gîtes Minéraux, Québec. 305 p. Cartes ES-2 1600-I à VI. 1: 253 440.
- Farmer, R. E. et M. Cunningham. 1981. Seed dormancy of Red Maple in East Tennessee. Forest Sci. 27 (3): 446-448.
- Fowells, H. A. 1965. Silvics of forest trees of the United States. USDA. Handbook no. 271. U. S. Gov. Printing Office. Washington. D.C. USA.
- Gagnon, D. et A. Bouchard. 1981. La végétation de l'escarpement d'Eardley, parc de la Gatineau, Québec. Can. J. Bot. 59 (12): 2667-2691.
- Gagnon, J. 1990. Structures d'âges et succession dans des peuplements de pins gris (Pinus banksiana Lamb.) soumis à des régimes de feux différents au sud de la forêt boréale, en Abitibi. Mémoire de maîtrise. Université du Québec à Montréal, Montréal, Québec.
- Gauch, H. G. Jr. 1982. Multivariate analysis in community ecology. Cambridge University Press. Cambridge. 298 p.
- Gauch, H. G. Jr, R. H. Whittaker et T. R. Wentworth. 1977. A comparative study of reciprocal averaging and other ordination techniques. J. Ecol. 65: 157-174.
- Gerardin, V. 1980. L'inventaire du capital nature du territoire de la Baie James; les régions écologiques et la végétation des sols minéraux. Tome 1: méthodologie et description. Service des études écologiques régionales. Environnement Canada. 398 p.
- Gilman, W. F. 1961. Rapport préliminaire sur les canton de Desmeloizes, Comté d'Abitibi-Ouest, Québec. Minis. des Rich. Natur., Serv. des Gîtes Minéraux, Carte no. 1401. 1: 24 000.

- Glitzenstein, J. S., Harcombe, D.R. Streng. 1986. Disturbance, succession, and maintenance of species diversity in an East Texas Forest. *Ecol. Monogr.* 56 (3): 243-258.
- Grandtner, M. M. 1966. La végétation forestière du Québec méridional. Presses de l'Université Laval. Québec. 216 p.
- Harper, J. L. 1977. Population biology of plants. Academic Press, New York, USA. 892 p.
- Hill, M. O. 1979. DECORANA — A FORTRAN program for detrended correspondance analysis and reciprocal averaging. Cornell University, Ithaca, NY. 32 p.
- Hill, M. O. 1973. Reciprocal averaging: an eigenvector method of ordination. *J. Ecol.* 61: 237-249.
- Hill, M. O., Gauch, H. G. Jr. 1980. Detrended correspondence analysis, and improved ordination technique. *Vegetatio*, 42: 47-58.
- Hough, A. F. et R. D. Forbes. 1943. The ecology of forests in the high plateaus of Pennsylvania. *Ecol. Monogr.* 13: 299-320.
- Hutnik, R. J. et H. W. Yawney. 1961. Sylvical Characteristics of Red Maple (Acer rubrum). Northeastern forest experiment station. U.S. Dept. of Agric. (Forest Service). Station Paper no. 142. 18 p.
- James, G. I. et G. M. Courtin. 1985. Stand structure and growth form on the birch transition community in an industrially damaged ecosystem, Sudbury, Ontario. *Can. J. For. Res.* Vol. 15: 809-817.
- Koevenig, J. L. 1976. Effect of climate soil physiography and seed germination on the distribution of river birch *betula-nigra*. *Rhodora*, 78 (815): 420-437.
- Kramer, P. J. et T. T. Kozlowski. 1979. Physiology of Woody Plants. Academic Press, New York, 811 p.
- Labelle, C., P. J. H. Richard. 1984. Histoire postglaciaire de la végétation dans la région de Mont-St-Pierre, Gaspésie, Québec. *Géogr. Phys. Quat.* 38 (3): 257-274.
- Legendre, L. et P. Legendre. 1984. *Ecologie numérique*. 1. Le traitement multiple des données écologiques. 2ème éd. Presses de l'Université du Québec, Québec, 260 p.

- Legendre, L. et P. Legendre. 1984a. *Ecologie numérique. 2. La structure des données biologiques.* Presses de l'Université du Québec. Québec. 335 p.
- Lorimer, C. G. 1984. *Development of the red maple (Acer rubrum) understory in northeastern (USA) oak forests.* *Forest Sci.* 30(1): 3-22.
- MacHattie, L.B. et R. J. McCormack. 1961. *Forest macroclimate: A topographic study in Ontario.* *J. Ecol.* 49: 301-323.
- McIntyre, A. C. et G. L. Schnur. 1936. *Effects of drought on oak forest.* *Penn. Agric. Exp. Stn. Bull.* 325, 43 p. State College, Penn.
- McKeague, J. A. (ed.) 1978. *Manuel de méthodes d'échantillonnage et d'analyses des sols.* Soil Research Institute, Can. Soil Survey committee, 2ème édition, 250 p.
- Malanson, G. P. et L. Trabaud. 1988. *Vigour of post-fire resprouting by Quercus coccifera L.* *J. Ecol.* 76: 351-365.
- Massicotte, G. N. 1982. *Etude écologique de la végétation forestière du mont Kekeko, région Rouyn-Noranda, Abitibi-Témiscamingue, Qué.* Mémoire de maîtrise, Univ. de Montréal.
- Ministère du Tourisme, de la Chasse et de la Pêche. 1972. *Nord-ouest du Québec.* (Guide touristique). Gouvernement du Québec.
- Mueller-Dombois, D. et H. Ellenberg. 1974. *Aims and methods of végétation ecology.* New York: Wiley.
- Olson, D. F. et W.J. Gabriel. 1974. *Acer L. Maple.* In: seeds of woody plants in the United States. US Dep. Agric. Hand. 450, 883 p.
- Osborne, F. F. 1934. *Rapport préliminaire du Service des mines du Québec pour l'année 1933. Partie E. Granits industriels de la Province de Québec. Partie III. Nord du fleuve St-Laurent. (2ème section).* Québec.
- Paton, D.M. 1988. *Genesis of an Inverted Treeline Associated with a Frost Hollow in South-eastern Australia.* *Aust. J. Bot.* 36: 655-663.

- Payette, S. 1983. The forest tundra and present tree-lines of the northern Québec-Labrador Peninsula. Dans: Tree-Line Ecology. Proceedings of the Northern Québec Tree-Line Conference. Ed. par: Pierre Morisset et Serge Payette. Nordicana, 47: 3-23.
- Payette, S. et R. Gagnon. 1985. Late holocene deforestation and tree regeneration in the forest-tundra of Quebec. Nature, 313: 570-572.
- Perron, S. E. 1966. Rapport géologique G-143. Carte no. 1640. 1: 1 000.
- Pigott, C. D. 1975. Experimental studies on the influence of climate on the geographical distribution of plants. Weather, 30: 82-90.
- Pigott, C. D. et J. P. Huntley. 1978. Factors controlling the distribution of Tilia cordata at the northern limits of its geographical range. I. Distribution in north-west England. New Phytol. 81: 429-41.
- Pigott, C. D. et J. P. Huntley. 1980. Factors controlling the distribution of Tilia cordata at the northern limits of its geographical range. II. History in north-west England. New Phytol. 84: 145-64.
- Pigott, C. D. et J. P. Huntley. 1981. Factors controlling the distribution of Tilia cordata at the northern limits of its geographical range. III. Nature and causes of seed sterility. New Phytol. 87: 817-839.
- Prager, U. E. et F. B. Goldsmith. 1977. Stump sprout formation by red maple (Acer rubrum L.) in Nova Scotia. Proc. N.S. Inst. Sci. 28: 93-99.
- Richard, P. 1980. Histoire postglaciaire de la végétation au sud du lac Abitibi, Ontario et Québec. Geogr. Phys. Quat. 34: 77-94.
- Roberts, B. A. 1985. Distribution and extent of Pinus resinosa in Newfoundland. Rhodora, 87 (851): 341-356.
- Ross, S. H. 1959. Région de Céloron-Canqueville. Districts électoraux d'Abitibi-est et d'Abitibi-ouest. Minist. des mines, Québec. Rapport no. 89. Carte no. 1243. 1: 63 360.

- Rousseau, C. 1974. **Géographie floristique du Québec-Labrador.** Centre d'études nordiques. Presses de l'Université Laval, Québec, No. 7, 799 p.
- Rowe, J. S. 1972. **Les régions forestières du Canada.** Ministère de l'Environnement, Service Canadien des forêts, Information Canada, publ. 1300F, 172 p.
- Sakai, A. 1990. **Sexual Reproduction of Red Maple (Acer rubrum) in Northern Lower Michigan.** Am. Midl. Nat. 123: 309-318.
- Sakai, A. et C. J. Weiser. 1973. **Freezing resistance of trees in North America with reference of tree regions.** Ecology, 54 (1): 118-126.
- Saint-Jacques, C. et D. Gagnon. 1988. **La végétation du secteur nord-ouest de la vallée du St-Laurent, Québec.** Can. J. Bot. 66 (4): 793- 804.
- SAS Institute Inc. 1985. **SAS User's Guide: Basics, Version 5 Edition.** SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 1290 p.
- SAS Institute Inc. 1988. **SAS/STAT™ User's Guide, Release 6.03 Edition.** SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. 1028 p.
- Scherrer, B. 1984. **Biostatistique.** Gaétan Morin éditeur. Chicoutimi, Québec, Canada. 850 p.
- Sharpe, J.I. 1967. **Carte géologique de la région de Rouyn-Noranda.** Minist. des Rich. Naturelles, Serv. des Gîtes Minéraux, Québec. Carte no. 1653. 1: 253 440.
- Spurr, S. H. et B. V. Barnes. 1980. **Forest Ecology.** 3ème éd. John Wiley & Sons. New York. 687 p.
- Terasmae, J. et T. W. Anderson. 1970. **Hypsithermal range extension of white pine (Pinus strobus L.) in Quebec, Canada.** Can. J. Earth Sci. 7: 406-413.
- Van de Walle, M. 1978. **Canton de Montbeillard.** Minist. des Rich. Nature., Dir. générale des mines, Québec. Rapport géologique 188. Carte no. 1907.
- Vincent, J. S. et L. Hardy. 1977. **L'évolution et l'extinction des lacs glaciaires Barlow et Ojibway en territoire québécois.** Géogr. Phys. Quat. 31: 357-372.

- Wang, B. S. P. et B. D. Haddon. 1978. Germination of red maple seed. Seed Science and Technology, 6: 785-790.
- Wartenberg, D., S. Ferson et J. Rohlf. 1987. Putting things in order: a critique of detrended correspondence analysis. Am. Nat. 129 (3): 434-448.
- Wilson, B. F. 1968. Red maple stump sprouts: development the first year. Harvard Forest Paper No. 18: 1-18.
- Woodruff, C. M. 1948. Testing soils for lime requirement by means of a buffered solution and the glass electrode. Soil Sci. 66: 53-63.
- Woodward, F.I. 1987. Climate and plant distribution. Cambridge University Press. Cambridge.
- Woodward, B. F. et N. Jones. 1984. Growth studies of selected plant species with well-defined European distributions. I. Field observations and computer simulations on plant life-cycles at two altitudes. J. Ecol. 72: 1019-30.
- Woodward, F.I. et B. G. Williams. 1987. Climate and plant distribution at global and local scales. Vegetatio, 69: 189-197.

Annexe 1. Définitions des variables et abréviations utilisées.

Variabes abiotiques:

Latitude: la latitude (convertie en valeurs décimales)
Altitude: altitude (m)
Explum: exposition lumineuse: nord = 1; est, ouest = 5; sud = 9
Expven: exposition aux vents: ouest = 1; nord, sud = 5; est = 9
Lum & vent: expos. lum. combinée aux vents: nord-est ou sud-ouest = 5;
nord-ouest = 1; sud-est = 9;
Pente: pente en degrés (*)
Regpen: régularité de la pente 1 = convexe 2 = plat 3 = concave
Topogra.: topographie 1 = sommet vif 2 = haut de versant 3 = mi-versant
Drainage: 1 = excessif 2 = bon 3 = modérément bon
Afroc: % d'affleurements rocheux *
Piesur: % de pierrosité de surface du sol *
Piesol: % de pierrosité dans le sol *
* 0 = 0% 1 = 1-25% 2 = 26-50% 3 = 51-75% 4 = 76-100%

Variabes historiques:

Datfeu: année du feu
Moyagaru: âge moyen des érables échantillonnés de la station (date de naissance)
Datera: date de naissance du plus vieil érable

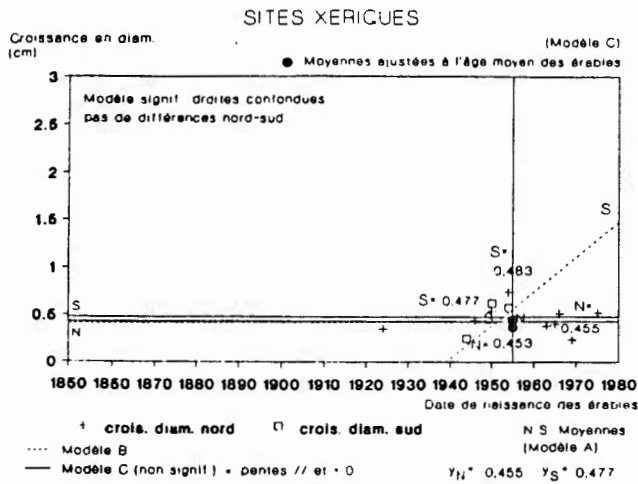
Sol:

Epais. 0: épaisseur de l'horizon organique (cm)
Epais. A: épaisseur de l'horizon A (cm)
% Sable: pourcentage de sable dans l'horizon B
% Argile: pourcentage d'argile dans l'horizon B
pH Org: pH de l'horizon organique
pH A: pH de l'horizon A
pH B: pH de l'horizon B
Fer: quantité de fer dans l'horizon B (ppm)
Alumini.: quantité d'aluminium dans l'horizon B (ppm)
Mat. org. F: pourcentage de matière organique dans l'horizon organique F
Azote F: pourcentage d'azote dans l'horizon F
C/N F: rapport carbone-azote de l'horizon organique F
Calcium: quantité de calcium dans l'horizon B (ppm)
Magnés.: quantité de magnésium dans l'horizon B (ppm)
Potas.: quantité de potassium dans l'horizon B (ppm)

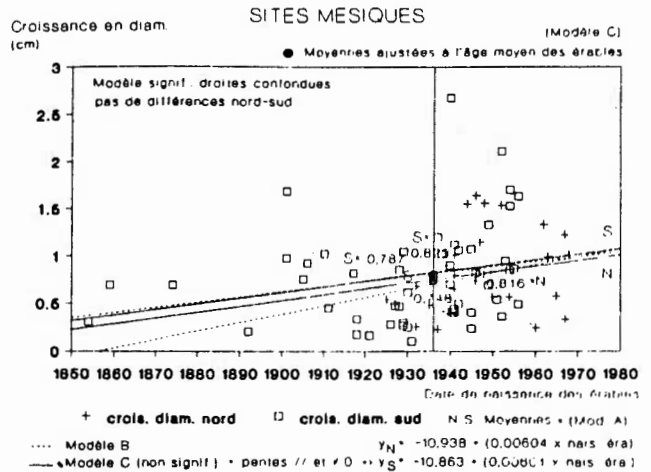
Variabes de communautés:

Graines: nombre de graines d'érables rouges à l'hectare
Semis: nombre de semis d'érables rouges à l'hectare (moins de 1m de haut)
Gaulis: nombre de gaulis d'érables rouges à l'hectare (+ de 1m de haut, - de 5 cm de DHP)
Basmycp: diamètre de la souche de la cépée ou de l'arbre (érable rouge)
Pcépée: % d'érables rouges à tiges multiples (cépées)
Nbtigvi: moyenne du nombre de tiges vivantes / érable rouge
Nbtigmo: moyenne du nombre de tiges mortes / érable rouge
Crois: largeur des 10 derniers cernes au DHP (moy. sur 2 carottes) de chaque érable
Haumaxga: hauteur maximale du plus grand arbre (strate arborescente)

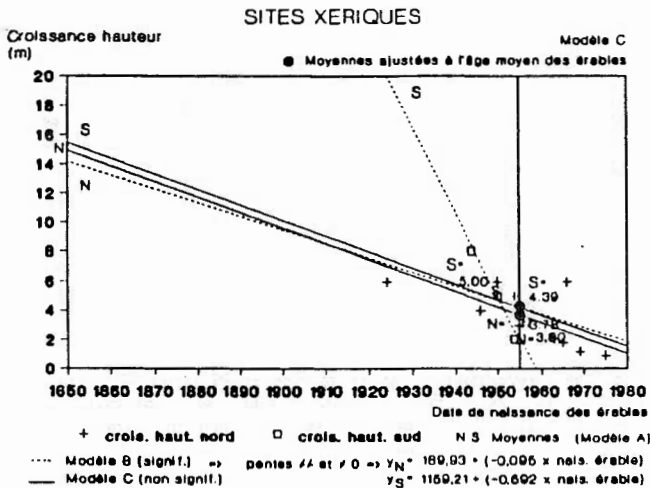
a.



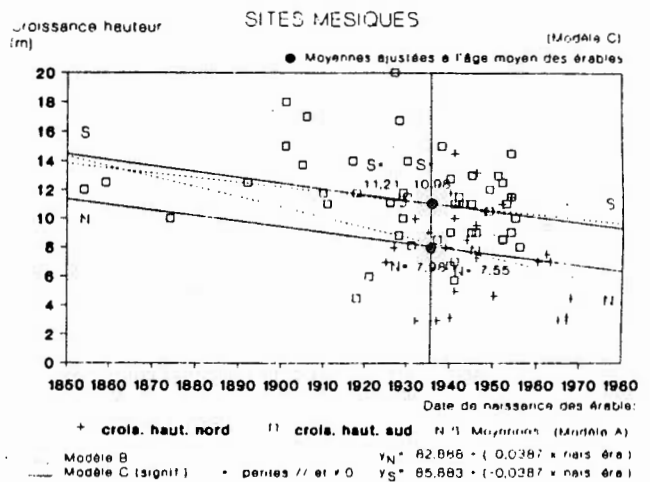
b.



c.



d.



Annexe 3. Modèles de régressions linéaires avec ou sans covariance appliqués sur les variables de croissance des populations d'érables rouges en fonction de l'âge moyen des érables pour les 2 groupes de latitude, nord et sud. a. Stations xériques, accroissement annuel moyen du diamètre de l'arbre. b. Stations mésiques, accroissement annuel moyen du diamètre de l'arbre. c. Stations xériques, hauteur de l'arbre. d. Stations mésiques, hauteur de l'arbre.

Annexe 4. Moyennes des précipitations et températures enregistrées durant les années 1911 à 1930 à Cochrane et Iroquois Falls, Ontario, pendant la période de croissance (mm).

PRÉCIPITATIONS (mm)					
	Cochrane		Iroquois Falls		
Année	Mai	Juin	Mai	Juin	
1916	52,6	93,2	<u>31,5</u>	61,0	
1917	47,8	68,3	<u>52,1</u>	93,0	
1918	93,2	54,1	101,3	108,5	
1919	115,6	<u>12,2</u>	83,3	<u>39,1</u>	
1920	<u>10,2</u>	<u>24,1</u>	<u>22,6</u>	<u>27,4</u>	
1921	50,8	<u>19,3</u>	54,4	<u>14,2</u>	
1922	62,0	<u>57,7</u>	101,9	62,0	
1923	<u>38,9</u>	71,9	<u>35,3</u>	100,3	
1924	<u>45,2</u>	61,5	<u>52,3</u>	<u>24,1</u>	
1925	<u>33,0</u>	174,0	<u>32,0</u>	119,4	
Moyennes sur 18 ans: (1912-1930)	57,9	72,5	Moyennes sur 17 ans: (1913-1930)	60,8	80,7

TEMPÉRATURES (°C)					
	Cochrane		Iroquois Falls		
Année	Mai	Juin	Mai	Juin	
1916	8,4	14,1	8,3	13,8	
1917	4,3	13,3	7,2	12,0	
1918	7,7	11,9	6,5	10,5	
1919	<u>10,3</u>	<u>19,8</u>	<u>10,2</u>	<u>18,8</u>	
1920	<u>9,4</u>	<u>16,3</u>	<u>10,0</u>	15,9	
1921	<u>10,1</u>	<u>17,2</u>	<u>10,3</u>	<u>18,3</u>	
1922	<u>12,4</u>	<u>14,5</u>	<u>14,6</u>	17,3	
1923	7,4	14,8	<u>10,8</u>	17,3	
1924	5,0	12,7	9,2	15,0	
1925	4,0	13,6	4,5	14,5	
Moyennes sur 20 ans: (1911-1930)	8,1	14,4	Moyennes sur 20 ans: (1913-1930)	8,3	14,6