

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 effectués 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.