

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC A MONTRÉAL

MÉMOIRE PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
A LA MAITRISE EN BIOLOGIE

par

PATRICE BABEUX

LES EFFETS DE COUPES PRINTANIÈRES
SUR LA PRODUCTION DE REJETS DE SOUCHE
CHEZ L'ÉRABLE ROUGE (*Acer rubrum* L.)
DANS LE NORD-OUEST QUÉBÉCOIS

MAI 1991





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.

à Germaine,
grand bien t'en fasse...

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce projet de recherche a été permise grâce au concours de plusieurs personnes. Je voudrais ici leur faire part de ma gratitude. Avant tout, je tiens à remercier M. Yves Mauffette, mon directeur de recherche, pour sa grande générosité et la confiance qu'il m'a témoignée. Je lui dois une partie importante de ma formation d'écologiste. Dans la même veine, je remercie sincèrement les membres de mon comité de mémoire, Mme Sylvie Laliberté et M. Yves Bergeron, ainsi que Sylvie Beaudry pour son expertise du français écrit. Je tiens spécialement à remercier Mme Danielle Lalonde pour les informations fournies sur les différentes populations d'érable rouge échantillonnées au cours de mes travaux de recherche.

Au cours d'un peu plus de deux ans, plusieurs professeurs et étudiants du département ont aidé à corriger les lacunes dans le traitement statistique de mes données. Un merci particulier à MM. William Vickery, Yves Prairie, Jocelyn Martel et Alain Leduc. A tous ceux et celles qui ont gravité autour du GREF au cours des dernières années (Jacques Tardif, Danielle Charron, Guylaine Forest, Louis De Granpré, Marie-Claude Brisson, Marc-André Martin, Frédérik Doyon, Naomi Capuccino, Pierre Cartier, Christine Savard, Stéphane Dery, Michel Constantin et François Lorenzetti) merci pour leurs suggestions ou simplement leur amitié. Merci également à Barbara Sérandour pour sa présence et son support au cours des premiers mois de cette démarche.

Je garde de très bons souvenirs de mes séjours répétés dans la région de l'Abitibi. Pour leur aide sur le terrain au cours de l'été 1988, je tiens à remercier Yvan Beloin, Guylaine Forest, François Tétreault et Marie-Claude Brisson. Au tour de Denis Lavertu maintenant. Pour ton sang versé aux mouches noires de la forêt abitibienne, pour ton savant dosage de sérieux et de débilité autour de nos souches (j'ai gardé un ou deux enregistrements) et pour ton amitié, Denis, je te dis un gros merci.

RESUME

A la limite nord de l'aire de répartition de l'espèce, la reproduction sexuée de l'érable rouge est limitée par des conditions climatiques sévères. Dans le nord-ouest québécois, les populations d'érables rouges se maintiennent par la production de rejets de souche déclenchée par une perturbation telle qu'un feu ou une coupe. Deux coupes printanières, une en mai avant le débourrement des bourgeons et l'autre en juin après l'expansion maximal des feuilles, ont été effectuées au printemps 1988 sur dix populations établies le long d'un gradient latitudinal de 300 km dans la région de l'Abitibi dans le but de déterminer les effets des conditions de sites et de la période de coupe sur le potentiel de régénération végétative de l'espèce au cours des deux années suivant la perturbation.

La productivité des cépées coupées dans les stations situées dans la partie nord du gradient était plus élevée que celle des cépées coupées dans les stations localisées plus au sud. Les populations au nord du gradient étudié présentaient également des concentrations de réserves plus élevées et un développement plus rapide des rejets lors de la feuillaison. Au sud du gradient, l'établissement d'un nombre plus réduit de rejets était favorisé par de meilleures conditions de croissance. Au cours du premier été (1988), la productivité des cépées coupées avant le débourrement des bourgeons (mai) était plus élevée que celle des cépées coupées après la feuillaison (juin). Cependant, les souches du traitement de juin ont produit au cours du deuxième été (1989) un nombre et une biomasse de nouveaux rejets plus élevés que les souches du traitement de mai et la productivité totale des cépées au bout de deux années ne montrait pas de différences significatives entre les traitements.

Les deux stratégies observées le long du gradient latitudinal nous permettent de croire qu'à long terme le potentiel de régénération végétative des populations d'érables rouges à la limite nord de l'aire de répartition de l'espèce serait adapté aux différentes conditions de sites rencontrées. De plus, nos résultats suggèrent que peu importe la période au cours de laquelle survient la perturbation, les cépées d'érables rouges ajustent leur production de rejets de souche dans le temps.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	iii
Résumé	v
Table des matières	vi
Liste des figures	vii
Liste des tableaux	ix
Introduction générale	1
Problématique et concepts théoriques	2
Etat des connaissances	7
But et objectifs de la recherche	8
1.0 Chapitre 1: L'influence des conditions de site le long d'un gradient latitudinal sur le potentiel de régénération végétative de l'érable rouge (<i>Acer rubrum</i> L.) à la limite nord de son aire de répartition	10
1.1 Introduction	11
1.2 Méthodologie	15
1.3 Résultats	26
1.4 Discussion	61
1.5 Conclusion	73
2.0 Chapitre 2: L'effet de la période de coupe sur la production de rejets de souche de l'érable rouge (<i>Acer rubrum</i> L.) dans le nord-ouest québécois	76
2.1 Introduction	77
2.2 Méthodologie	80
2.3 Résultats	87
2.4 Discussion	104
2.5 Conclusion	109
Conclusion générale	111
Références	114
Annexes	125

LISTE DES FIGURES

Chapitre 1

- Figure 1.1 Région à l'étude
- Figure 1.2 Nombre total de rejets produits par les cépées des deux traitements à la fin de la première (1988) et de la deuxième saison (1989) de croissance des rejets
- Figure 1.3 Nombre de rejets de chaque cohorte présents sur les cépées des deux traitements après deux saisons de croissance des rejets
- Figure 1.4 Diamètre des rejets produits par les cépées des deux traitements après une (1988) et deux saisons (1989) de croissance des rejets
- Figure 1.5 Diamètre des rejets de chaque cohorte produits par les cépées des deux traitements après deux saisons de croissance des rejets
- Figure 1.6 Hauteur des rejets produits par les cépées des deux traitements après une (1988) et deux saisons (1989) de croissance des rejets
- Figure 1.7 Hauteur des rejets de chaque cohorte produits par les cépées des deux traitements après deux saisons de croissance des rejets
- Figure 1.8 Biomasse de rejets produite par les cépées des deux traitements après une (1988) et deux saisons (1989) de croissance des rejets
- Figure 1.9 Biomasse de rejets de chaque cohorte produite par les cépées des deux traitements après deux saisons de croissance des rejets

- Figure 1.10 Taux de mortalité des rejets produits par les cépées des deux traitements après un (1989) et deux hivers (1990)
- Figure 1.11 Taux de mortalité des rejets de chaque cohorte produits par les cépées des deux traitements après le deuxième hiver
- Chapitre 2
- Figure 2.1 Région à l'étude
- Figure 2.2 Nombre de rejets présents sur les cépées des deux traitements à la fin de la première saison (août 1988), au début (mai 1989) et à la fin (août 1989) de la deuxième saison de croissance des rejets
- Figure 2.3 Taux de mortalité des rejets émis par les cépées des deux traitements après le premier (mai 1989) et le deuxième hiver (mai 1990)
- Figure 2.4 Diamètre des rejets présents sur les cépées des deux traitements à la fin de la première saison (août 1988), au début (mai 1989) et à la fin (août 1989) de la deuxième saison de croissance des rejets
- Figure 2.5 Hauteur des rejets présents sur les cépées des deux traitements à la fin de la première saison (août 1988), au début (mai 1989) et à la fin (août 1989) de la deuxième saison de croissance des rejets
- Figure 2.6 Biomasse des rejets présente sur les cépées des deux traitements à la fin de la première saison (août 1988), au début (mai 1989) et à la fin (août 1989) de la deuxième saison de croissance des rejets

LISTE DES TABLEAUX

Chapitre 1

Tableau 1.1	Nom et localisation des 10 sites échantillonnés
Tableau 1.2	Dates d'échantillonnage de la feuillaison des rejets des 10 stations au printemps 1989
Tableau 1.3	Valeur d'importance relative des espèces dominantes de la strate arborescente des 10 sites échantillonnés par la méthode des quadrants centrés sur le point
Tableau 1.4	Caractéristiques phytosociologiques (densité, surface terrière, recouvrement des strates arbustive et herbacée) des 10 sites échantillonnés
Tableau 1.5	Age, taille et nombre de tiges des cépées coupées des 10 stations échantillonnées
Tableau 1.6	Résultats des analyses de variance à un critère de classification effectuées pour chacun des paramètres de productivité mesurés
Tableau 1.7	Proportion des rejets broutés par le lièvre au cours de la première année
Tableau 1.8	Indices de corrélation de Spearman entre l'âge, la taille des cépées et les différents paramètres mesurés à la fin de la première (a) et de la deuxième saison de croissance (b) des rejets
Tableau 1.9	Développement de la première (a), deuxième (b) et troisième (c) paire de feuilles des rejets
Tableau 1.10	Dosage des réserves en hydrates de carbone stockées en mai et en juin 1988 dans le système racinaire des cépées des stations Rollet et Collines Hedge

Chapitre 2

Tableau 2.1	Densité, surface terrière totale des arbres et valeur d'importance relative de l'érable rouge (V.I.R. Aru) de chacun des 7 sites échantillonnés
Tableau 2.2	Age et taille des cépées coupées des 10 sites échantillonnés
Tableau 2.3	Résultats des analyses de variance à deux critères de classification effectuées pour chacun des paramètres mesurés
Tableau 2.4	Indices de corrélations de Spearman entre la productivité des cépées au cours de la deuxième saison (production des rejets de la cohorte 1989 et croissance de ceux de la cohorte 1988) vs le nombre et la biomasse de rejets présents au début de la saison de croissance (mai 1989)
Tableau 2.5	Equations de régressions établies pour prédire la productivité des cépées au cours de la deuxième saison à partir du nombre et de la biomasse de rejets présents sur les souches au début de la saison

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Problématique et concepts théoriques

Définition et importance écologique

La production de rejets de souche est un mode de régénération végétative commun chez les feuillus des régions tempérées (Smith 1986) ainsi que chez plusieurs essences tropicales (Uhl et Kauffmann 1990). Dans l'est de l'Amérique du Nord, la capacité de produire des rejets après une perturbation, tel qu'un feu ou une coupe, permet la survie et la régénération de peuplements de chênes (*Quercus* spp.), bouleaux (*Betula* spp.), érables (*Acer* spp.) et autres décidus (Kozlowski et al 1991). Certaines de ces essences ont une importance économique considérable. D'autres sont à la base de projets d'aménagement destinés à l'alimentation du gros gibier (Perala 1974) et à la production de biomasse vouée à la consommation énergétique (Mroz et al. 1985).

Dans le nord-ouest québécois, la faible régénération des essences résineuses sur les parterres de coupe constitue un problème majeur pour l'industrie forestière (Harvey et Bergeron 1989). La compétition exercée par les rejets produits par les essences feuillues est un des

nombreux facteurs impliqués dans le faible succès de la régénération préétablie (Baskerville 1961, McMinn 1985, Hendrickson 1988).

Mécanismes physiologiques

Les rejets sont émis à partir de bourgeons dormants situés au niveau du collet de l'arbre. Ces bourgeons, protégés par l'écorce et le sol (Gill 1977 et 1981, Rundel 1982), sont reliés à la moelle et au xylème primaire par un tissu vasculaire spécialisé (Church et Godman 1966, Wilson 1968). L'élongation et la ramification des stèles des bourgeons surviennent dans les deux semaines précédant le débourrement des bourgeons foliaires au printemps (Church et Godman 1966) et permettent leur survie et leur multiplication dans le temps (Godman et Mattson 1970, DeBell et Alford 1972).

En l'absence de perturbation, le développement des bourgeons est inhibé par un mécanisme de dominance apicale (Kormanick et Brown 1964, Berg et Plumb 1971). Les bourgeons axillaires de l'arbre seraient alors sous un contrôle hormonal - dans lequel l'auxine jouerait un rôle

d'intermédiaire - attribué à l'activité physiologique du méristème apical des tiges terminales (Hillman 1984, Powell 1987, Tamas 1987).

La destruction de la biomasse aérienne de l'arbre suite à une perturbation entraîne le développement des bourgeons dormants. Le débourrement des bourgeons et la croissance initiale des rejets sont alors alimentés par les réserves en hydrates de carbone (HC) stockées dans le xylème du système racinaire de la souche (Kozlowski et al. 1991).

Allocation du carbone vers le stockage

Afin d'optimiser l'allocation de ses ressources, la plante doit choisir entre 1) une plus grande capacité d'acquisition des ressources (croissance), 2) le stockage ou 3) la synthèse d'auxiliaires tels que les substances de défense ou de régulation (Mooney 1972, Bernstein 1981, Chiariello et Roughgarden 1984, Mooney et Chiariello 1984, Watson et Casper 1984, Bloom et al. 1985). Les carbonnes accumulés fournissent l'énergie et les matériaux nécessaires au métabolisme de la plante (Bloom et al. 1985). Le contenu en sucres des tissus de réserve est dans

bien des cas un indicateur de la vigueur de la plante (Wargo 1975, Waring et Schlesinger 1985, Fitter et Hay 1987).

C'est dans les racines que l'on retrouve les plus fortes concentrations de réserves en HC, bien que tous les organes persistants de l'arbre emmagasinent des réserves (Loescher et al. 1990). L'amidon compose la plus importante fraction des réserves en HC de la plante (Kozlowski et Keller 1966, Priestley 1970). Des sucres solubles, le saccharose en tête, ainsi que le fructose, le glucose et le maltose sont aussi accumulés par la plante comme source d'énergie, alors que le stockage du stachyose et du raffinose jouerait un rôle dans l'endurcissement des tissus contre le froid (Parker 1962, Weiser 1970, Kozlowski et al. 1991).

L'allocation du carbone vers le stockage de substances de réserve suit un patron annuel bien déterminé. Les concentrations en amidon et en hydrates de carbone totaux sont à leur maximum à la fin de la saison de croissance et à leur minimum au printemps, lorsque la feuillaison est complétée (Wargo 1979, Sauter et al. 1972, Fege et Brown 1984, Sauter et Ambrosius 1986, Sauter 1988).

Croissance et survie des rejets

La croissance des rejets est beaucoup plus rapide que celle des semis. L'important système racinaire en place permet aux rejets de disposer des réserves préalablement accumulées et d'acquérir plus facilement l'eau et les éléments nutritifs (Smith 1986). De plus, contrairement au développement des nouvelles pousses des individus matures du genre *Acer* dont la croissance est généralement déterminée (Critchfield 1971, Gregory 1980, Powell et al. 1982, Steingraeber, 1982), la croissance des rejets est indéterminée et se termine généralement à l'automne (Wilson 1968, Johnson 1979, Kauppi et al. 1988, Tworkoski et al. 1990).

Les conditions de site sont directement responsables de la croissance des rejets. La température et les conditions d'ensoleillement influencent l'activité photosynthétique des feuilles nouvellement construites et leur capacité d'importer les carbones assimilés par les autres feuilles (Donnelly 1974, Gifford et Evans 1981, Nelson et Dickson 1981, Dickson 1987).

Etat des connaissances

La production de rejets de souche est influencée par la période de l'année au cours de laquelle survient la perturbation. Wilson (1968) a démontré que les souches d'érables rouges produisaient plus de rejets lorsque coupées au cours de la saison de dormance. Les travaux de MacDonald et Powell (1985) sur la production de rejets chez l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) ont également montré que le nombre de rejets émis par les souches diminuait graduellement au fur et à mesure que les coupes se rapprochaient de la fin de la saison de croissance. De plus, plusieurs auteurs ont observé que la hauteur des rejets produits était supérieure lorsque les souches étaient coupées au cours de l'hiver ou avant la reprise de la croissance au printemps (Roth et Hepting 1943, Wilson 1968, Wendel 1975, MacDonald et Powell 1985). La plus grande productivité des cépées coupées au cours de ces périodes serait attribuable à une plus grande disponibilité des réserves avant la feuillaison et à une plus longue saison de croissance allouée aux rejets.

L'influence de l'âge et de la taille du parent sur la productivité des cépées a aussi fait l'objet de plusieurs

études (Wenger 1953, Perala 1974, Johnson 1975 et 1977, Prager et Goldsmith 1977, MacDonald et Powell 1983, Mann 1984, Mroz et al. 1985). Prager et Goldsmith (1977) ont montré que le nombre de rejets produits par les cépées d'érables rouges atteignait un maximum dans le cas des souches âgées de 80 ans et dont le diamètre est de 30 cm. La production de rejets augmenterait avec le développement du système racinaire jusqu'à ce maximum, pour ensuite diminuer avec la perte de vigueur des cépées (Mann 1984).

But et objectifs de la recherche

Le but de cette étude était de déterminer l'impact de variables biotiques et abiotiques sur le potentiel de régénération végétative de l'érable rouge à la limite nord de son aire de répartition où il se reproduit presque exclusivement de façon végétative. La production de rejets de souches par des cépées d'âge et de taille variables, coupées à deux périodes différentes au sein de dix populations échantillonnées dans la région de l'Abitibi-Témiscamingue a été étudiée au cours des deux années suivant une coupe printanière.

Le premier objectif de cette recherche était de comparer la productivité de cépées et l'établissement des rejets le long d'un gradient latitudinal. Le chapitre 1 traite par conséquent de l'influence des conditions de site, de l'âge et de la taille des cépées sur la production, le développement, la croissance et la survie des rejets.

Le deuxième objectif visait à comparer la productivité des cépées en fonction de la période de coupe. Plus précisément, le chapitre 2 traite de l'impact de la période de coupe sur le succès de régénération de cépées coupées avant et après la feuillaison au printemps.

1.0 L'INFLUENCE DES CONDITIONS
DE SITE LE LONG D'UN GRADIENT LATITUDINAL
SUR LE POTENTIEL DE RÉGÉNÉRATION VÉGÉTATIVE
DE L'ÉRABLE ROUGE (*Acer rubrum* L.)
A LA LIMITE NORD DE SON AIRE DE RÉPARTITION

1.1 Introduction

Au nord de leur aire de répartition, les plantes ligneuses sont confrontées à un ensemble de conditions suboptimales qui limitent leur croissance et leur reproduction (Payette et Gagnon 1985, Woodward 1987, Sirois et Payette 1991). Des hivers longs et rigoureux, caractérisés par des températures froides et une faible disponibilité en eau, réduisent la productivité de nombreuses essences feuillues de la forêt boréale (Jarvis et Leverenz 1982) et limitent leur distribution (Parker 1963, Sakai et Weiser 1973, Larcher et Bauer 1982, Osmond et al. 1987).

La répartition géographique et les adaptations d'une plante face à son environnement sont reliées à sa stratégie d'allocation des ressources (Bazzaz et al. 1987). Une allocation accrue des ressources vers le stockage de substances de réserve permet à la plante de résister à des facteurs de stress climatiques et hydriques (Mooney 1972, Bloom et al. 1985, Chapin et al. 1987, Dickson 1989, Chapin et al. 1990). Les feuillus des régions tempérées accumulent dans leur système racinaire des hydrates de

carbone sous la forme de sucres réducteurs et d'amidon (Kozlowski et al. 1991). Une partie importante de ces réserves est utilisée pour la respiration hivernale et la reprise de la croissance au printemps (Dickson, 1989). Un deuxième rôle important du stockage est de permettre la reconstruction de l'appareil photosynthétique et la survie de l'arbre suite à une perturbation (Ziegler 1964, Kozlowski et Keller 1966, Priestley 1970, Zimmermann et Brown 1971, Loescher et al. 1990). La régénération végétative est souvent favorisée dans les environnements où des facteurs de stress, comme les températures froides, accentuent la mortalité des graines et des semis (Abrahamson 1980, Abrahamson et Caswell 1982, Bazzaz et al. 1987).

L'érable rouge possède l'aire de répartition la plus étendue de tous les feuillus de l'est de l'Amérique du Nord (Fowells 1991). Il est présent dans une grande variété d'habitats depuis le sud de la Floride jusqu'au nord des provinces du Québec et de l'Ontario. Dans la forêt boréale, les populations d'érables rouges sont soumises à des perturbations majeurs, notamment à des cycles de feux de couronne variant de 50 à 100 ans (Wein et MacClean 1983). Ces populations produisent une faible quantité de graines

et de semis (Farmer et Cunningham 1981, Farmer et Goelz 1984, Lalonde 1991). Leur maintien est assuré principalement par la production de rejets de souche (Solomon et Blum 1967, Wilson 1968). Plusieurs auteurs ont considéré l'influence de la saison au cours de laquelle survient la perturbation (Wilson 1968), l'âge, la taille des individus perturbés (Perala 1974, Prager et Goldsmith 1977, Mann 1984) et les conditions de site (Mann 1984, Mroz et al. 1985) sur le succès de régénération végétative de l'érable rouge.

L'objectif de cette étude était de déterminer l'influence des variations des conditions de site le long d'un gradient latitudinal sur le potentiel de régénération végétative de l'érable rouge à la limite nord de son aire de répartition. Le long du gradient étudié, les pressions environnementales devraient favoriser la sélection d'individus présentant les adaptations nécessaires à la production massive de rejets de souche. Nous avons vérifié l'hypothèse selon laquelle pour des tailles de souches comparables, le succès de régénération de l'espèce sera plus élevé dans le cas des populations soumises aux conditions les plus sévères. Des coupes printanières ont simulé les effets d'une perturbation sur les peuplements

étudiés. La productivité des cépées coupées a été déterminée au cours des deux premières années de croissance. Le rôle de l'âge et de la taille des cépées, ainsi que l'impact des conditions de site le long du gradient sur le stockage des réserves, le développement et la mortalité des rejets ont aussi été précisés.

1.2 Méthodologie

1.2.1 Région à l'étude

Dix populations d'érables rouges ont été échantillonnées dans le nord-ouest québécois, sur un vaste territoire de la région de l'Abitibi-Témiscamingue, s'étendant du sud au nord entre les latitudes 47° 50' et 49° 16' Nord, et d'est en ouest entre les longitudes 78° 17' et 79° 25' Ouest (figure 1.1). La région étudiée fait partie des domaines de la sapinière à bouleau blanc et de la pessière noire dans la partie sud de la forêt boréale (Grandtner 1966). Dans cette région, qui constitue la limite nord de son aire de répartition, l'érable rouge est associé principalement à deux essences feuillues, le bouleau blanc (*Betula papyrifera* Marsh.) et le peuplier faux-tremble (*Populus tremuloides* Michx.) et trois essences résineuses, le sapin baumier (*Abies balsamea* L.), l'épinette noire (*Picea mariana* Mill.) et le pin gris (*Pinus banksiana* Lamb.) (Bergeron et Bouchard 1984).

La région de l'Abitibi-Témiscamingue fait partie de la grande ceinture d'argile s'étendant au nord-ouest du Québec

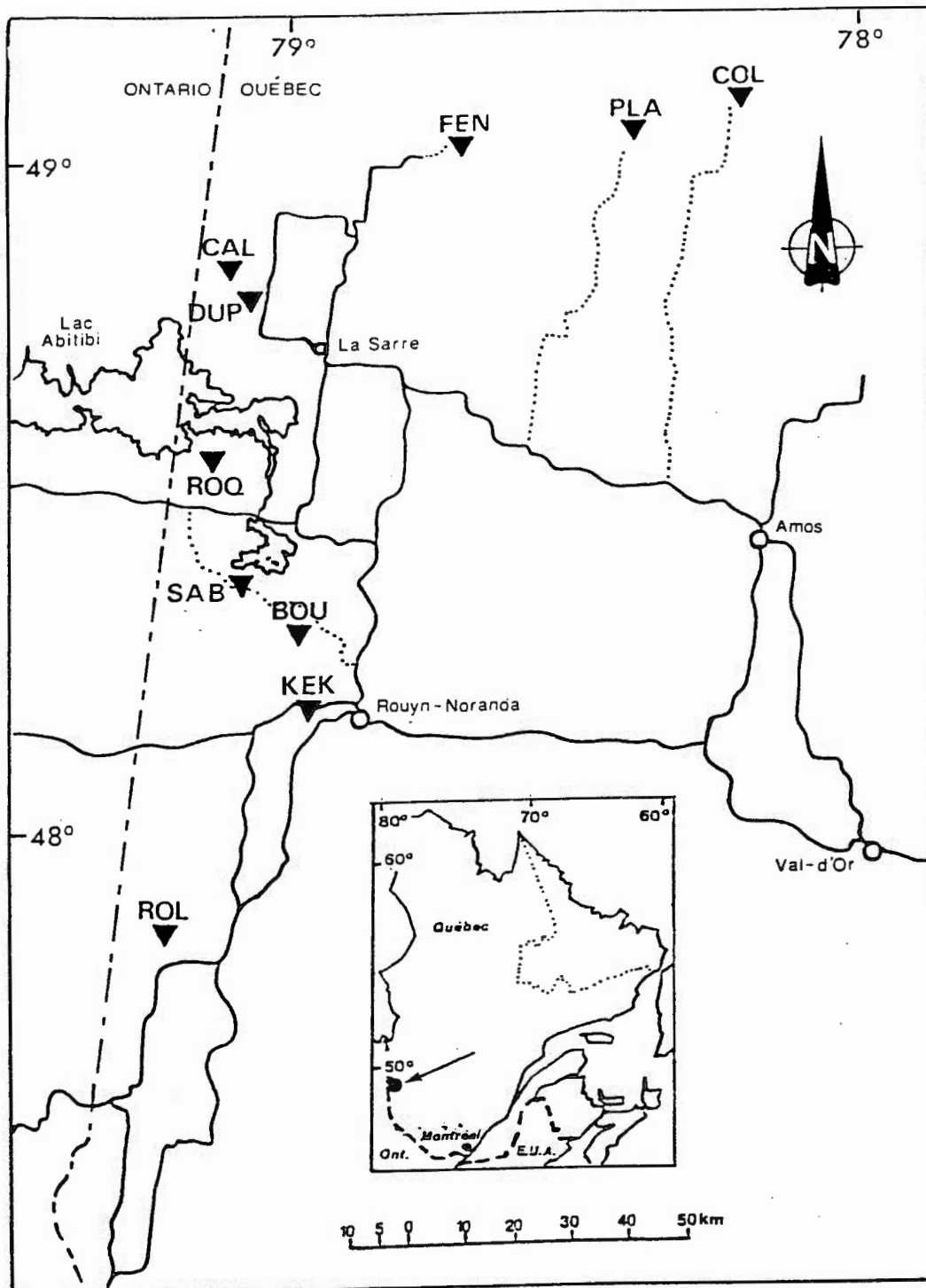


Figure 1.1: Région à l'étude et sites échantillonnés

et au nord-est de l'Ontario. Sa topographie est caractérisée par des basses terres argileuses formées de dépôts lacustres originant de l'extension préglaciaire des lacs Ojibway et Barlow et entrecoupées de collines formées de dépôts morainiques partiellement érodés (Bergeron et al. 1982).

Le climat de la région est du type continental aux hivers froids et secs, et aux étés humides. La température annuelle moyenne enregistrée le long du gradient étudié varie entre 0,6 et 1,4°C, et les précipitations oscillent entre 800 et 900 mm annuellement (Bergeron et al. 1985).

La forêt boréale est caractérisée par un régime de perturbations sévère. Les feux d'une grande intensité surviennent à des fréquences élevées, environ tous les 50 à 100 ans (Bergeron 1991, Dansereau 1991). L'exploitation des forêts par des coupes rases dans la partie nordique du territoire couvert par le projet prend également beaucoup d'ampleur depuis le début des années 1970 (Harvey et Bergeron 1989, Dansereau 1991).

1.2.2 Caractérisation de sites échantillonnés

Les sites échantillonnés ont été choisis selon un gradient latitudinal d'environ 300 kilomètres (1,5'). Chaque station reposait sur un site du type mésique et caractérisé par un sol podzolique (Lalonde 1991). La liste des dix sites retenues et de leurs coordonnées est présentée au tableau 1.1.

La méthode des quadrants centrés sur le point (Cottam et Curtis 1956) a été utilisée pour calculer la densité, la surface terrière totale et la valeur d'importance relative de l'érable rouge dans la composition de la strate arborescente (5 mètres et plus) des sites. Sur chacun des sites, 15 points ont été disposés aléatoirement. Les tiges de plus de 8 centimètres de diamètre à hauteur de poitrine ont été considérées comme des arbres. Le pourcentage de recouvrement des strates arbustive (1 à 5 m) et herbacée (inférieure à 1 m) a été estimé visuellement dans un rayon de 5 m autour de chacune des cépées coupées.

Tableau 1.1: Nom et localisation des 10 sites échantillonnés

Site	Latitude	Longitude	Altitude
Rollet (ROL)	47° 50'	79° 18'	335 m
Collines Kékéko (KEK)	48° 11'	79° 09'	375 m
Mont Bourriot (BOU)	48° 23'	79° 17'	415 m
Mont Monsabrais (SAB)	48° 28'	79° 25'	350 m
Roquemaure (ROQ)	48° 35'	79° 24'	335 m
Dupuy-La Reine (DUP)	48° 53'	79° 22'	310 m
Calamite River (CAL)	48° 53'	79° 23'	320 m
Mont Fenouillet (FEN)	49° 07'	79° 03'	390 m
Mont Plamondon (PLA)	49° 08'	78° 32'	400 m
Collines Hedge (COL)	49° 16'	78° 17'	415 m

1.2.3 Traitements

Deux traitements ont été appliqués au printemps 1988 sur chacun des 10 sites choisis; cinq cépées ont été coupées avant le débourrement des bourgeons en mai, et cinq autres ont été coupées après la feuillaison en juin. Toutes les cépées ont été choisies de façon aléatoire et coupées à moins de 30 cm de hauteur. Les coupes ont été effectuées en allant du sud vers le nord entre le 21 et le 30 mai pour le premier traitement et entre le 22 et le 27 juin pour le deuxième traitement.

Au moment de la coupe, des sections transversales des tiges de plus de 2 centimètres de diamètre ont été prélevées et identifiées sur l'ensemble des cépées. Elles ont été sablées pour permettre le décompte des anneaux de croissance. L'âge attribué à la cépée était celui de la plus vieille tige. Le diamètre de chacune des tiges a aussi été mesuré. La taille attribuée à la cépée correspondait à la sommation des circonférences de chacune de ses tiges.

1.2.4 Mesures de productivité des cépées

Au mois d'août 1988, tous les rejets produits ont été dénombrés sur l'ensemble des cépées. Le diamètre à la base des rejets a été mesuré à l'aide d'un vernier gradué en millimètre (0,05 mm). La hauteur a été déterminée par la mesure de la longueur des tiges entre le point d'attache du rejet sur la souche et son apex.

Au mois d'août 1989, les rejets émis au cours de la première année (cohorte 1988) et ceux émis au cours de la deuxième année (cohorte 1989) ont été dénombrés et étiquetés selon la cohorte à laquelle ils appartenaient. Le diamètre et la hauteur de la tige principale, ainsi que le diamètre et la longueur de chacune des tiges secondaires des rejets ramifiés, ont été mesurés.

La biomasse structurale de rejets produite par les cépées au cours des deux années a été estimée à l'aide d'une équation de régression multiple (procédure GLM, SAS 1985) inspirée des travaux de Williams et McClenahan (1984). Le diamètre, la longueur et le poids sec après séchage dans un four à 50°C d'un sous-échantillon de 1454 tiges principales et secondaires récoltées aux stations

Rollet (ROL; deux souches), Roquemaure (ROQ; deux souches), Mont Fenouillet (FEN; deux souches) et Collines Hedge (COL; trois souches) à la fin de la deuxième année ont été mesurés. Une transformation logarithmique des variables dépendantes et explicative a été effectuée pour calculer l'équation de régression suivante:

$$\text{poids sec} = 0,41 * \text{diamètre}^{1,1} * \text{longueur}^{1,1}$$

($r^2=0,94$ et $\alpha=0,001$).

La productivité (nombre et biomasse des rejets) des cépées a été relativisée selon leur taille et exprimée en terme de nombre ou de biomasse de rejets par unité de circonférence. Les différences observées entre les stations dans le nombre, la hauteur, le diamètre, la biomasse et les taux de mortalité et de broutage des rejets ont été testées à l'aide d'une analyse de variance à un critère de classification et des tests de comparaison de moyennes de *Tukey* (procédure GLM, SAS 1985). De plus, des analyses de corrélation de Spearman ont été effectuées entre la productivité (nombre et biomasse de rejets) et l'âge et la taille des cépées coupées (procédure CORR, SAS 1985).

La mortalité des rejets a été évaluée à la fin du premier et du deuxième hiver (mai 1989 et 1990) par le dénombrement des rejets présentant des bourgeons terminaux ou axillaires sans blessure apparente causée par le gel. Au cours de la première saison de croissance, les rejets produits par les cépées des deux traitements ont été soumis à un broutage intense de la part du lièvre. La proportion de rejets broutés a été évaluée en août 1988 soit à la fin de la première saison de croissance.

1.2.5 Phénologie des rejets

La feuillaison des rejets dont au moins un bourgeon (terminal ou latéral) ne montrait pas de signes de blessures causées par le gel a été observée au printemps de 1989 sur l'ensemble des cépées. La longueur de la nervure centrale du limbe des trois premières paires de feuilles d'un bourgeon par rejet a été mesurée à des intervalles de 5 jours entre le 15 mai et le 12 juin pour toutes les stations. Les dates d'échantillonnage sont compilées au tableau 1.2. Les différences observées entre les stations dans la longueur moyenne des trois premières paires de feuilles lors de la cinquième observation ont été

Tableau 1.2: Dates d'échantillonnage de la feuillaison des rejets des 10 sites au printemps 1989.

Site	Observations				
	1	2	3	4	5
ROL	20-05	25-05	30-05	4-06	9-06
KEK	20-05	25-05	30-05	4-06	9-06
BOU	21-05	26-05	31-05	5-06	10-06
SAB	21-05	26-05	31-05	5-06	10-06
ROQ	21-05	26-05	31-05	5-06	10-06
DUP	22-05	27-05	1-06	6-06	11-06
CAL	22-05	27-05	1-06	6-06	11-06
FEN	22-05	27-05	1-06	6-06	11-06
PLA	23-05	28-05	2-06	7-06	12-06
COL	23-05	28-05	2-06	7-06	12-06

testées à l'aide d'une analyse de variance à un critère de classification (procédure GLM, SAS 1985).

1.2.6 Dosage des réserves en hydrates de carbone

Vingt-deux échantillons de racines ont été prélevés sur les cépées coupées et des arbres témoins à l'aide d'une sonde de Presler sur les stations de Rollet, au sud, et de Collines Hedge, au nord. Ces échantillons ont été conservés à -40°C jusqu'à l'analyse de leur composition en sucres simples (saccharose, glucose et fructose) et en amidon. Les échantillons ont alors été lyophilisés pendant 48 heures et broyés en utilisant une grille de 40 *mesh*. Une méthode de chromatographie liquide à haute performance (HPLC) décrite par Renaud et Mauffette (1991) a été utilisée pour le dosage des concentrations en sucres simples des échantillons. L'amidon contenu dans les tissus racinaires a été hydrolysé en glucose par une alpha-amylase (Haissig et Dickson 1979 et 1982). Les concentrations de glucose obtenues ont ensuite été dosées à l'aide de la même méthode de chromatographie. Les concentrations dosées pour les deux stations ont été comparées à l'aide de tests *t* de Student (procédure TTEST, SAS 1985).

1.3 Résultats

1.3.1 Caractérisation des stations

L'importance relative de l'érable rouge au sein de la strate arborescente diminue le long du gradient de latitude étudié; il est dominant dans les stations au sud et remplacé par le peuplier faux-tremble et le bouleau blanc au nord (tableau 1.3). Dans la partie nord du gradient, deux stations se démarquent au niveau de leurs caractéristiques phytosociologiques. La station Mont Plamondon (PLA) présente la surface terrière totale la plus élevée ainsi que le recouvrement de la strate arbustive le plus important. A l'inverse, la station Mont Fenouillet (FEN) présente la surface terrière totale la moins élevée et un indice de recouvrement de la strate arbustive parmi les moins importants. Par contre, cette même station présente le recouvrement de la strate herbacée le plus élevé (tableau 1.4).

L'âge des cépées coupées variait entre 25 et 60 ans (tableau 1.5). Les stations Mont Monsabrais (SAB) et Collines Kékéko (KEK) au sud présentaient les cépées les

Tableau 1.3: Valeurs d'importance relative (%) des espèces dominantes de la strate arborescente des 10 sites échantillonnés selon la méthode des quadrants centrés sur le point.

Site	Espèce 1	Espèce 2	Espèce 3
ROL	Aru 53,1	Bpa 41,6	Ptr 3,6
KEK	Aru 37,8	Aba 20,4	Bpa 18,7
BOU	Aba 36,4	Bpa 25,0	Aru 23,0
SAB	Aru 38,8	Pba 33,1	Bpa 24,7
ROQ	Aru 40,9	Bpa 39,5	Pba 19,6
DUP	Ptr 45,6	Bpa 36,3	Aru 15,1
CAL	Ptr 61,4	Bpa 27,8	Aru 6,1
FEN	Bpa 40,3	Pba 39,4	Aru 15,2
PLA	Bpa 72,7	Pma 13,8	Aru 7,1
COL	Bpa 49,8	Aru 26,3	Pba 20,4

Aba	<i>Abies balsamea</i>	Sapin baumier
Aru	<i>Acer rubrum</i>	Erable rouge
Bpa	<i>Betula papyrifera</i>	Bouleau blanc
Pba	<i>Pinus banksiana</i>	Pin gris
Pma	<i>Picea mariana</i>	Epinette noire
Ptr	<i>Populus tremuloides</i>	Peuplier faux-tremble

Tableau 1.4: Caractéristiques phytosociologiques (densité, surface terrière, et recouvrement (moyenne \pm écart-type) des strates arbustive et herbacée) des 10 sites échantillonnés.

Site	Densité (ha ⁻¹)	Surface terrière (m ² ha ⁻¹)	Recouvrement	
			Arbustive (%)	Herbacée (%)
ROL	554	7,1	28,4 \pm 7,4	67,4 \pm 13,2
KEK	997	9,3	31,4 \pm 8,1	43,6 \pm 10,1
BOU	1434	12,0	20,7 \pm 5,8	49,4 \pm 9,9
SAB	945	18,4	25,5 \pm 8,3	74,2 \pm 15,6
ROQ	933	14,5	36,5 \pm 7,0	76,2 \pm 11,7
DUP	1457	25,4	14,1 \pm 2,9	63,3 \pm 12,1
CAL	1493	23,5	17,7 \pm 6,5	65,2 \pm 14,0
FEN	535	2,6	9,3 \pm 4,2	94,6 \pm 8,2
PLA	665	40,0	90,3 \pm 8,8	80,2 \pm 16,2
COL	587	16,3	27,3 \pm 6,5	81,1 \pm 13,6

Tableau 1.5: Age, taille et nombre de tiges des cépées coupées des 10 sites échantillonnés (moyenne \pm écart-type).

	Age (ans)		Taille (circonférence en cm)		Nombre de tiges	
	Mai	Juin	Mai	Juin	Mai	Juin
ROL	48,4 \pm 5,3	51,0 \pm 2,8	122,8 \pm 59,7	99,7 \pm 44,8	4,4 \pm 2,4	3,4 \pm 1,5
KEK	53,4 \pm 11,0	54,2 \pm 20,0	77,1 \pm 43,9	83,4 \pm 63,6	2,0 \pm 1,7	2,0 \pm 1,7
BOU	48,6 \pm 6,4	43,0 \pm 2,9	87,2 \pm 39,4	71,1 \pm 32,7	3,8 \pm 1,1	3,4 \pm 1,1
SAB	61,4 \pm 5,1	58,8 \pm 2,0	76,4 \pm 30,3	76,0 \pm 10,8	1,8 \pm 0,8	4,2 \pm 1,9
ROO	35,2 \pm 1,9	35,0 \pm 2,2	70,1 \pm 88,2	81,8 \pm 60,5	4,0 \pm 4,1	4,0 \pm 3,1
DUP	42,0 \pm 5,7	42,6 \pm 6,1	87,2 \pm 72,0	56,7 \pm 21,5	3,6 \pm 3,8	4,0 \pm 1,8
CAL	46,2 \pm 2,4	46,8 \pm 1,9	54,7 \pm 29,6	55,4 \pm 27,6	2,0 \pm 0,7	2,0 \pm 0,7
FEN	23,0 \pm 0,6	24,8 \pm 0,4	62,3 \pm 40,7	86,0 \pm 45,0	4,0 \pm 3,5	6,8 \pm 3,6
PLA	36,4 \pm 6,2	32,5 \pm 2,8	18,3 \pm 8,2	19,7 \pm 9,9	2,0 \pm 0,7	1,8 \pm 1,1
COL	40,4 \pm 9,0	35,6 \pm 4,8	21,1 \pm 11,1	26,9 \pm 17,1	1,6 \pm 1,3	2,4 \pm 2,0

plus âgées alors que les plus jeunes se retrouvaient à Mont Fenouillet (FEN), puis Mont Plamondon (PLA) et Roquemaure (ROQ). La taille des cépées, atteignant plus de 100 cm de circonférence à Rollet (ROL), diminuait de l'extrémité sud vers l'extrémité nord du gradient. Les stations Collines Hedge (COL) et Mont Plamondon (PLA) présentaient les plus petites cépées avec des circonférences variant entre 18 et 27 cm. Les cépées coupées dans ces deux dernières stations étaient composées en moyenne de deux tiges et moins pour les deux traitements, alors que les cépées coupées en mai à Mont Fenouillet (FEN) étaient composées en moyenne de quatre tiges et celles coupées en juin avaient près de sept tiges.

1.3.2 Productivité des souches et croissance des rejets

1.3.2.1 Nombre de rejets par unité de circonférence

A la fin de l'été 1988, le nombre de rejets par unité de circonférence produits par les cépées coupées en mai présentait des différences significatives entre les stations et augmentait le long du gradient latitudinal en

allant du sud vers le nord (figure 1.2 et tableau 1.6). Les cépées de la station Collines Hedge (COL), au nord, avaient produit 3,15 rejets par unité de circonférence comparativement à 0,65 rejets pour les cépées des stations Dupuy-La Reine (DUP), au centre, Mont Bourniot (BOU) et Rollet (ROL) au sud du gradient. Les cépées coupées en juin présentaient la même tendance que celles coupées en mai. Cependant, les variations observées entre les stations n'étaient pas significatives.

A la fin de la deuxième saison de croissance (août 1989), le nombre total de rejets par unité de circonférence émis par les cépées coupées en mai était toujours plus élevé pour la station Collines Hedge (COL). Les souches du traitement de mai présentaient généralement un nombre total de rejets moins élevé qu'à la fin de la première saison de croissance. A l'inverse, le nombre de rejets sur les souches du traitement de juin était plus élevé à la fin de la deuxième saison pour la plupart des stations (figure 1.2).

La station Collines Hedge (COL) est aussi celle qui présentait en août 1989 le plus grand nombre de rejets de la cohorte 1988 (émis au cours de la première saison de

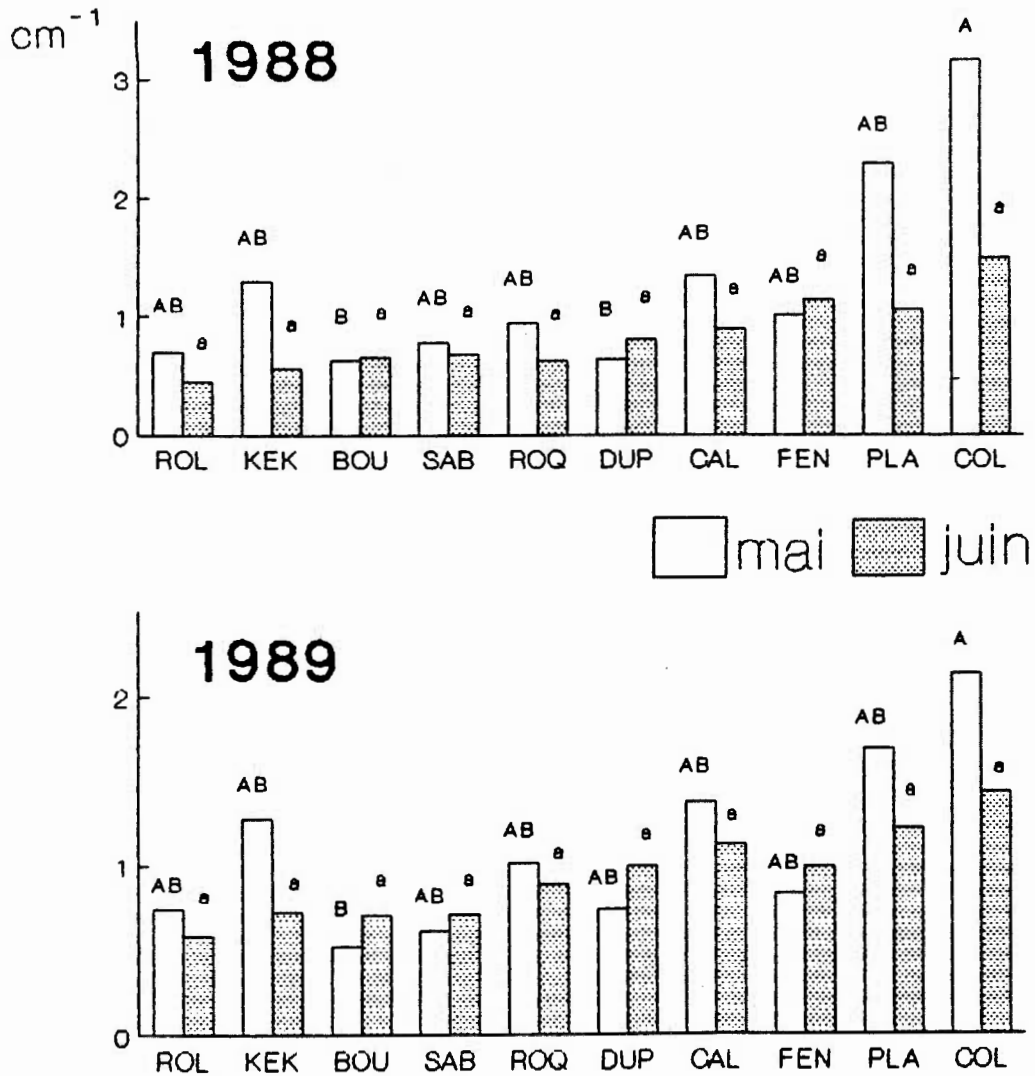


Figure 1.2: Nombre total de rejets produits par les cépées des deux traitements après une (1988) et deux saisons (1989). Des différences significatives entre les stations ($p=0,05$) sont indiquées par des lettres différentes à l'intérieur d'un même traitement.

Tableau 1.6: Résultats des analyses de variance à un critère de classification effectuées pour chacun des paramètres de productivité mesurés. Le nombre de degrés de liberté sont de 9 et 40.

	mai		juin	
Août 1988	F	p	F	p
Nombre	2,43	0,026	0,77	n. s.
Diamètre	4,63	0,001	3,28	0,004
Hauteur	5,39	0,001	0,65	n. s.
Biomasse	2,22	0,040	0,63	n. s.
Août 1989			Total	
Nombre	2,38	0,029	0,64	n. s.
Diamètre	3,64	0,002	2,32	0,034
Hauteur	2,24	0,039	4,98	0,001
Biomasse	2,10	0,050	1,34	n. s.
Cohorte 1988				
Nombre	2,56	0,020	0,42	n. s.
Diamètre	2,10	0,050	1,39	n. s.
Hauteur	2,59	0,019	1,88	n. s.
Biomasse	1,13	n. s.	0,86	n. s.
Cohorte 1989				
Nombre	2,40	0,028	0,94	n. s.
Diamètre	3,69	0,002	3,18	0,006
Hauteur	3,92	0,001	5,20	0,001
Biomasse	12,15	0,001	2,22	0,037

croissance) sur les cépées du traitement de mai, soit 1,22 rejets par unité de circonférence par cépée, alors que les moyennes obtenues pour les stations Calamite River (CAL), Dupuy-La Reine (DUP), Collines Kékéko (KEK) et Rollet (ROL) ne dépassaient pas 0,22 rejet (figure 1.3). Le nombre de rejets de la cohorte 1989 (émis au cours de la deuxième saison de croissance) présentait des différences significatives entre les stations pour le traitement de mai alors que les cépées des stations Mont Plamondon (PLA), Collines Kékéko (KEK) et Calamite River avaient produit un plus grand nombre de rejets par unité de circonférence que celles des stations Mont Fenouillet (FEN), Mont Bourniot (BOU et M)ont Monsabrais (SAB). De leur côté, les cépées du traitement de juin ne présentaient pas de différences significatives entre les stations dans le nombre de rejets de la cohorte 1989. En général, les stations situées dans la partie nord du gradient semblent avoir produit en 1989 le plus grand nombre de nouveaux rejets (figure 1.3).

1.3.2.2 Diamètre des rejets

A la fin de la première saison de croissance (août 1988), les rejets émis par les cépées du traitement de mai

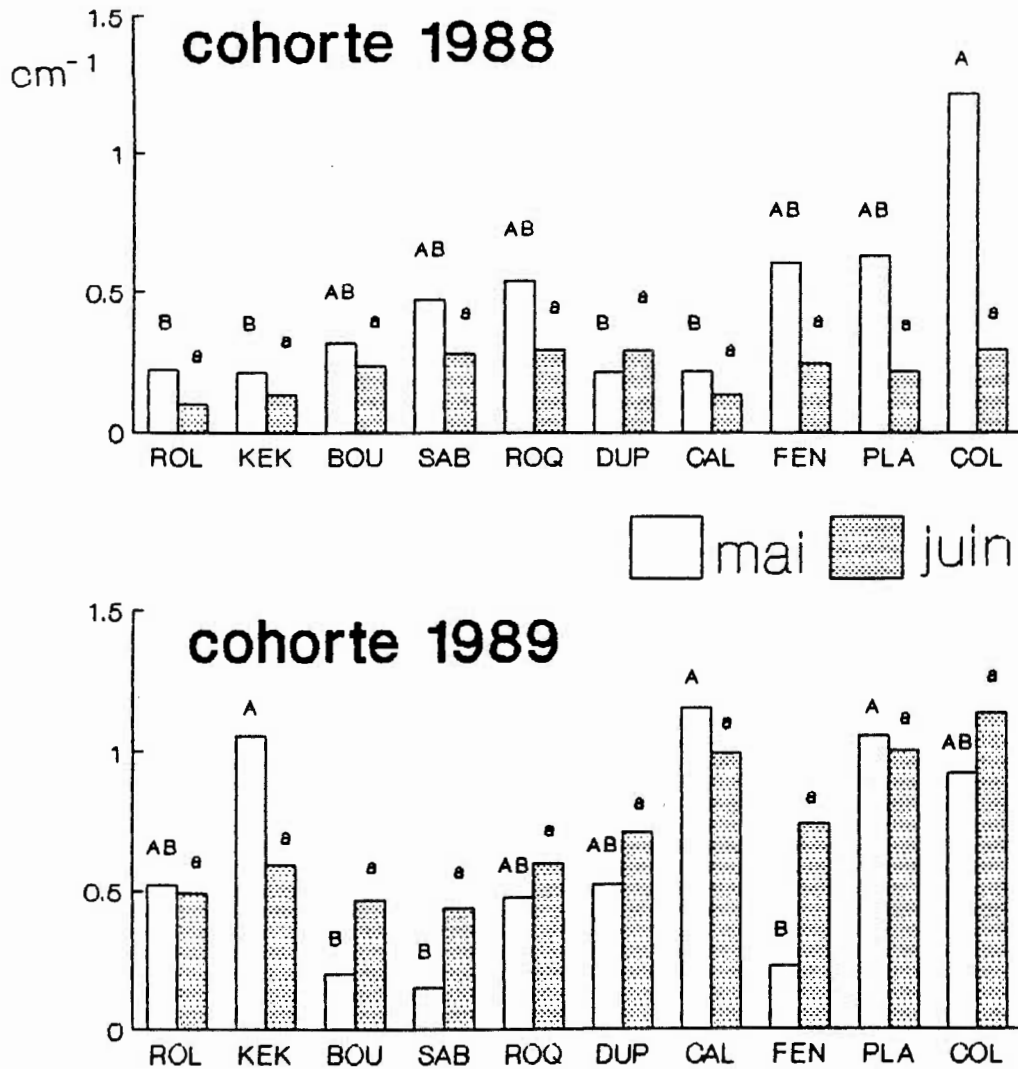


Figure 1.3: Nombre de rejets de chaque cohorte présents sur les cépées des deux traitements après deux saisons (août 1989). Des différences significatives entre les stations ($p=0,05$) sont indiquées par des lettres différentes à l'intérieur d'un même traitement.

des stations Mont Bourriot (BOU) et Mont Fenouillet (FEN) présentaient des diamètres de 4,4 et 3,9 mm, comparativement à 2,1 mm pour la station Mont Plamondon (PLA) (figure 1.4). Les rejets émis par les cépées du traitement de juin avaient dans l'ensemble un diamètre moins élevé que celui des rejets émis par les cépées du traitement de mai. Dans le cas du traitement de juin, le diamètre des rejets de la station Rollet (ROL), au sud, était significativement plus élevé que celui des rejets des stations Mont Plamondon (PLA) et Collines Hedge (COL) situées à l'extrémité nord du gradient.

En août 1989, le diamètre des rejets des stations Mont Plamondon (PLA) et Collines Hedge (COL) était toujours inférieur à celui des autres stations (figure 1.4). Les stations Mont Bourriot (BOU) et Mont Fenouillet (FEN) présentaient les rejets au diamètre le plus élevé pour le traitement de mai, tandis que pour le traitement de juin, les rejets des stations Mont Fenouillet (FEN), Dupuy-La Reine (DUP) et Mont Monsabrais (SAB) présentaient les diamètres les plus élevés. Le diamètre des rejets de la cohorte 1988 variait entre 3,3 et 6,7 mm pour le traitement de mai, et entre 3,2 et 5,7 mm pour le traitement de juin (figure 1.5). Les cépées coupées en mai dans les stations

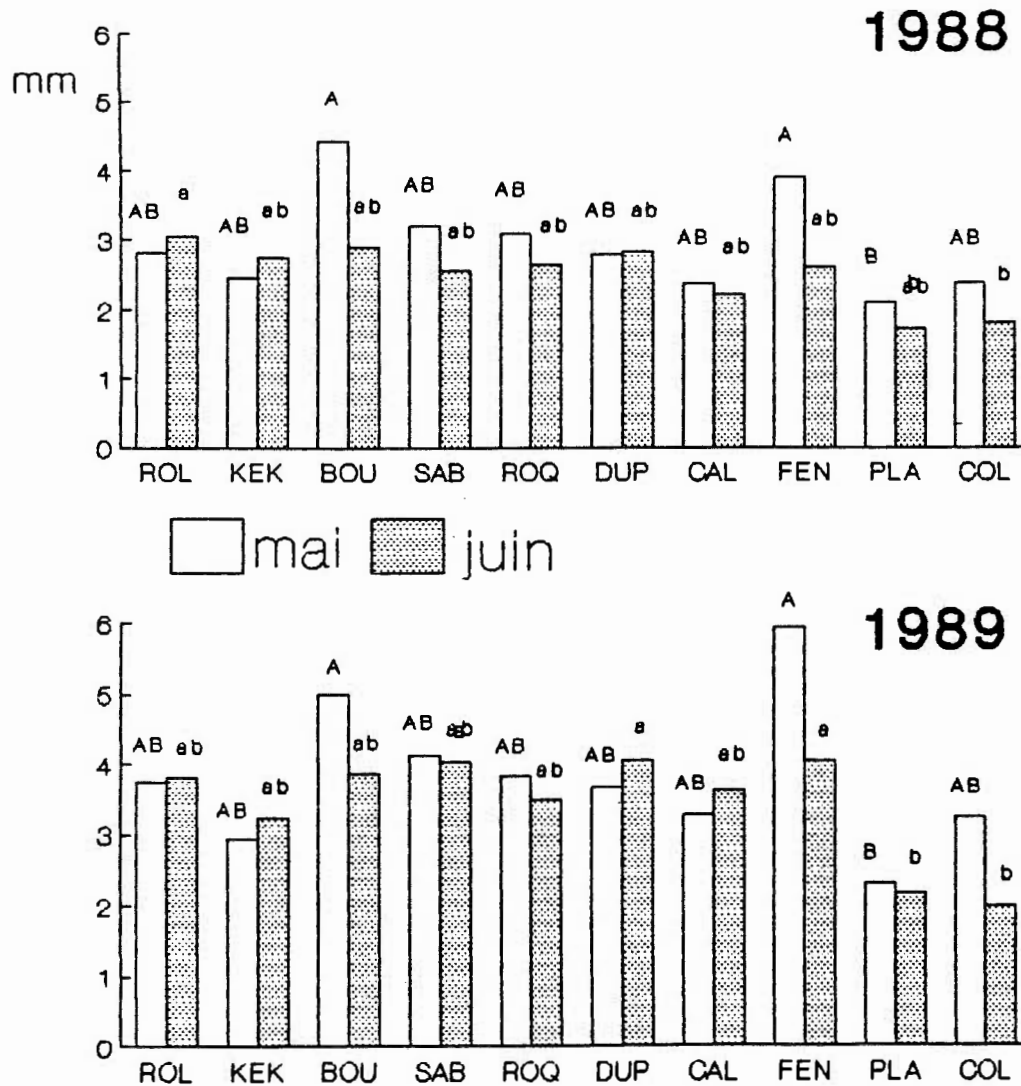


Figure 1.4: Diamètre des rejets produits par les cépées des deux traitements après une (1988) et deux saisons (1989). Des différences significatives entre les stations ($p=0.05$) sont indiquées par des lettres différentes à l'intérieur d'un même traitement.

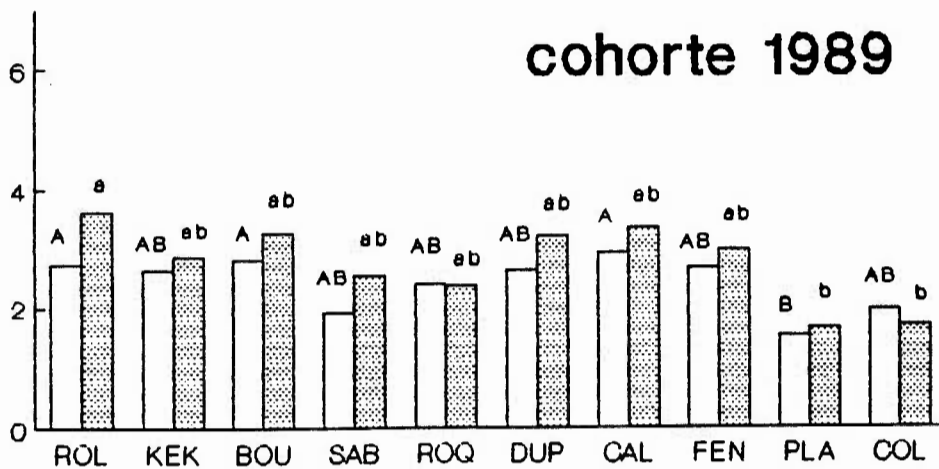
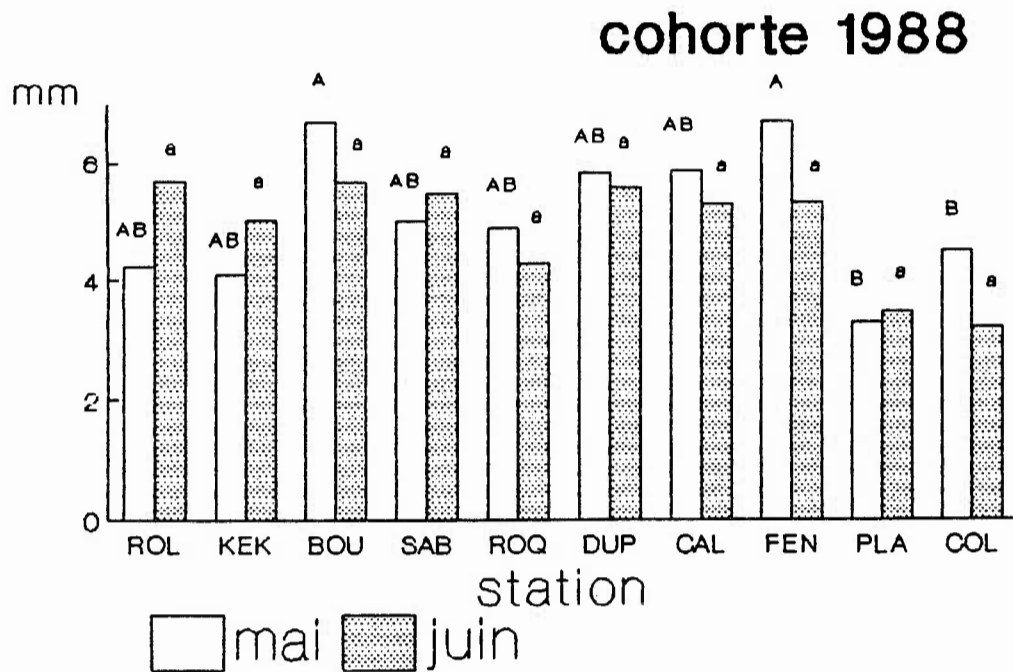


Figure 1.5: Diamètre des rejets de chaque cohorte produits par les cépées des deux traitements après deux saisons (1989). Des différences significatives entre les stations ($p < 0,05$) sont indiquées par des lettres différentes à l'intérieur d'un même traitement.

Calamite River (CAL), Mont Bourniot (BOU) et Mont Fenouillet (FEN) ont produit des rejets plus gros tandis que les différences observées chez les cépées coupées en juin n'étaient pas significatives. L'accroissement du diamètre des rejets de la cohorte 1988 était plus élevé pour les stations Calamite River (CAL) et Mont Fenouillet (FEN) dans le cas des deux traitements. Les cépées des stations Mont Plamondon (PLA) et Collines Hedge (COL) avaient produit les rejets de la cohorte 1989 aux diamètres les moins élevés (figure 1.5).

1.3.2.3 Hauteur des rejets

En août 1988, la hauteur des rejets variait de 8,4 à 40,8 cm. Dans le cas des cépées coupées en mai, les rejets avaient une hauteur plus élevée pour les stations Mont Fenouillet (FEN) et Mont Bourniot (BOU), et moins élevée pour la station Collines Kékéko (KEK). Dans le cas des cépées coupées en juin, les plus hauts rejets ont été mesurés dans les stations Dupuy-La Reine (DUP) et Collines Hedge (COL), alors que les moins hauts étaient mesurés dans les stations Mont Plamondon (PLA) et Rollet (ROL) (figure 1.6).

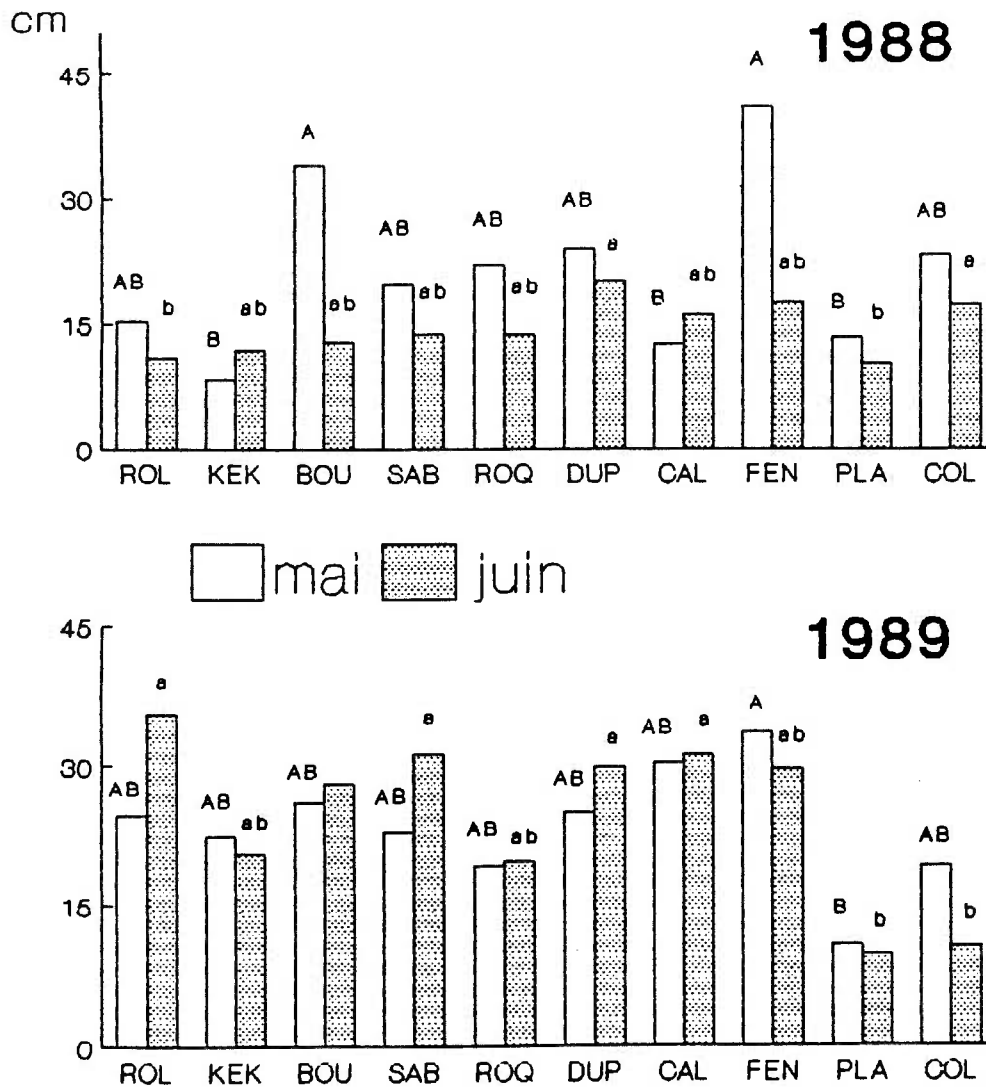
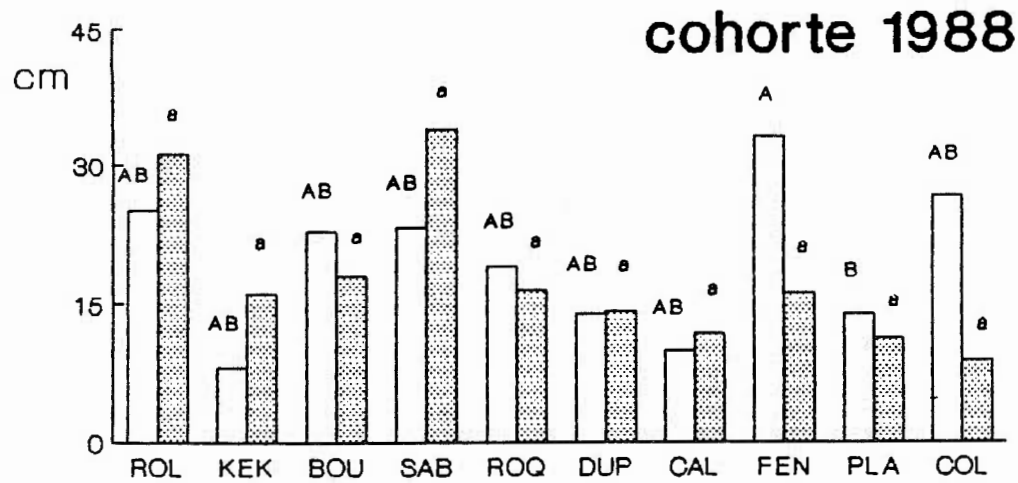


Figure 1.6: Hauteur des rejets produits par les cépées des deux traitements après une (1988) et deux saisons (1989). Des différences significatives entre les stations ($p=0,05$) sont indiquées par des lettres différentes à l'intérieur d'un même traitement.

En août 1989, les deux stations les plus au nord sur le gradient, Mont Plamondon (PLA) et Collines Hedge (COL), présentaient dans l'ensemble des hauteurs de rejets beaucoup moins élevées que les autres stations pour les deux traitements (figure 1.6). La hauteur des rejets de la cohorte 1988 émis par les souches du traitement de mai de la station Mont Fenouillet (FEN) était significativement plus élevée que celle des rejets de la station Collines Kékéko (COL). Dans le cas des cépées du traitement de juin, la hauteur des rejets de la cohorte 1988 ne variait pas de façon significative entre les stations (figure 1.7). La hauteur des rejets de la cohorte 1989 variait entre 7,23 et 37,39 cm (figure 1.7). Dans le cas du traitement de mai, la hauteur des rejets des stations Calamite River (CAL), Dupuy-La Reine (DUP) et Mont Bourniot (BOU) était plus élevée que celle des rejets des stations Mont Plamondon (PLA) et Collines Hedge (COL) .

1.3.2.4 Biomasse de rejets par unité de circonférence

Les cépées du traitement de mai des stations situées dans la partie nord du gradient ont produit une plus grande biomasse de rejets par unité de circonférence au cours de



□ mai ▨ juin

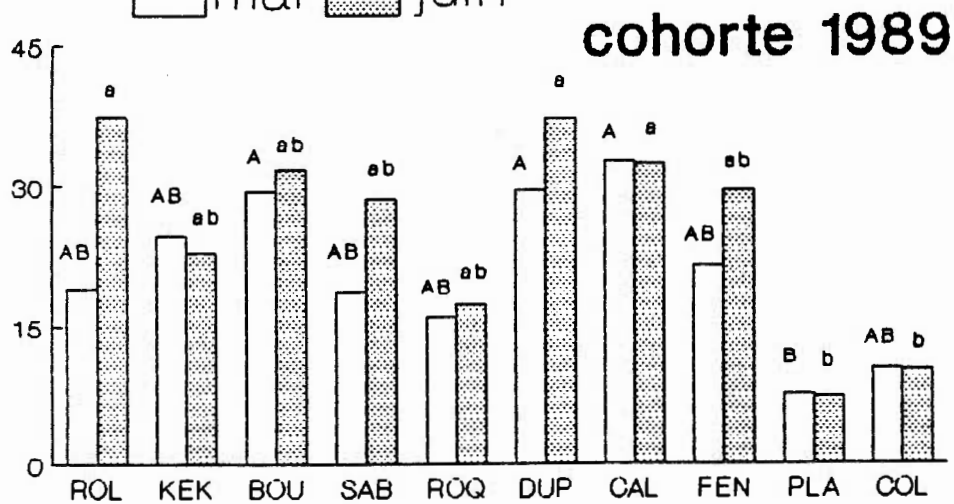


Figure 1.7: Hauteur des rejets de chaque cohorte produits par les cépées des deux traitements après deux saisons (1989). Des différences significatives entre les stations ($p < 0,05$) sont indiquées par des lettres différentes à l'intérieur d'un même traitement.

la première saison de croissance. La station de Mont Fenouillet (FEN) présentait en août 1988 une biomasse de rejets de $2,12 \text{ g cm}^{-1}$ très supérieure aux stations Dupuy-La Reine (DUP), au centre, et de Rollet (ROL) et Collines Kékéko (KEK) au sud du gradient. Aucune différence significative n'a été observée entre les stations au niveau de la biomasse de rejets produite par les cépées du traitement de juin. Toutefois, les stations au nord du gradient montraient une tendance vers une productivité plus élevée (figure 1.8).

A la fin de la deuxième saison (août 1989), deux stations situées au nord présentaient une productivité significativement différente pour le traitement de mai; la production de $6,28 \text{ g}$ par unité de circonférence des souches de la station Mont Fenouillet (FEN) était largement plus élevée que celle de $0,55 \text{ g}$ des cépées de la station Mont Plamondon (PLA) (figure 1.8). La biomasse totale de rejets présente sur les souches du traitement de juin ne variait pas de façon significative entre les stations.

Les souches du traitement de mai de la station Mont Fenouillet (FEN) présentaient une biomasse de rejets de la cohorte 1988 de $6,11 \text{ g cm}^{-1}$. Cette productivité est

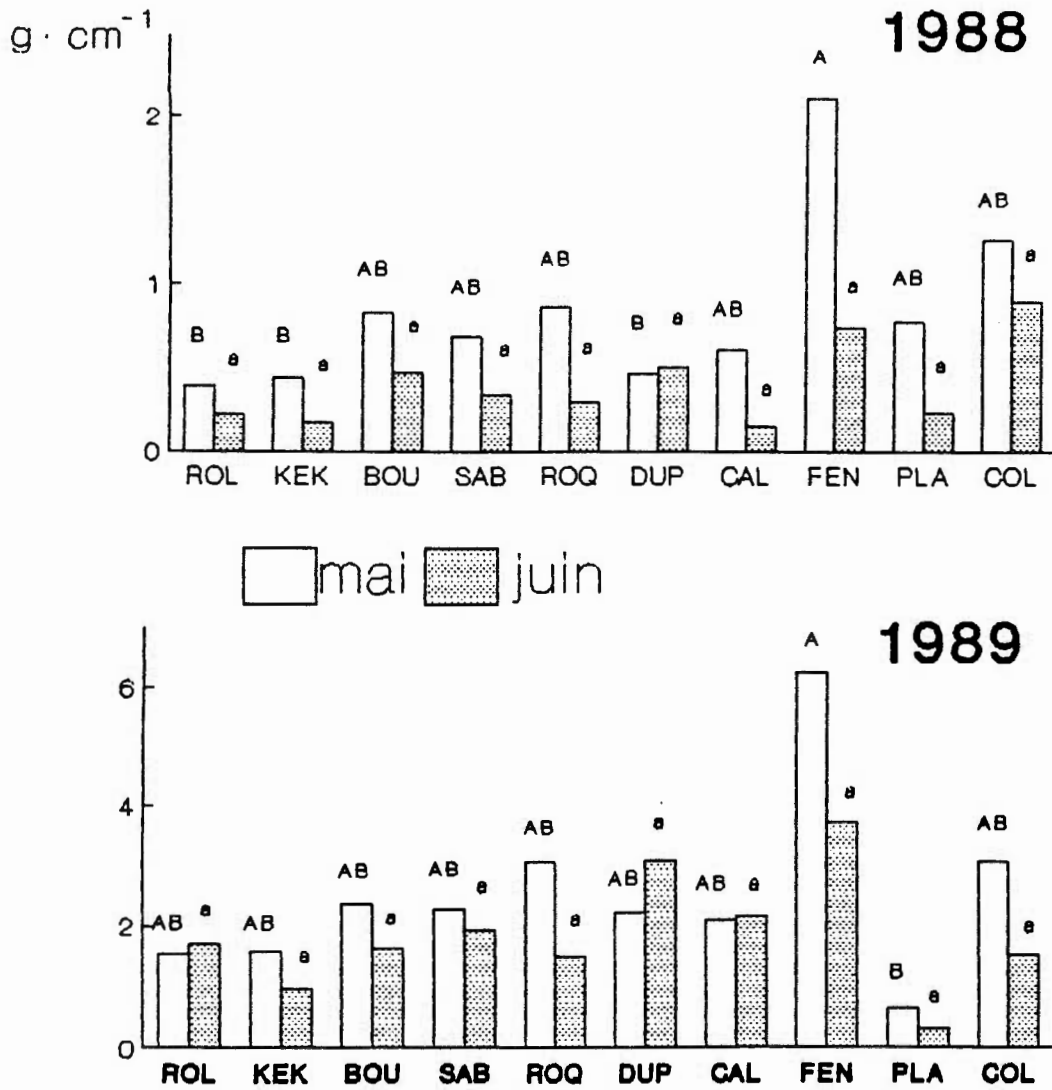


Figure 1.8: Biomasse de rejets produite par les cépées des deux traitements après une (1988) et deux saisons (1989). Des différences significatives entre les stations ($p=0,05$) sont indiquées par des lettres différentes à l'intérieur d'un même traitement.

significativement plus élevée que celle d'au plus $0,79 \text{ g cm}^{-1}$ des stations Collines Kékéko (KEK), Mont Plamondon (PLA) et Calamite River (CAL) (figure 1.9). Il n'y avait pas de différences significatives dans la biomasse de rejets de la cohorte 1988 produite par les souches du traitement de juin. Inversement, la biomasse de rejets de la cohorte 1989 produite par les souches du traitement de mai était plus élevée pour les stations Calamite River (CAL) et Collines Kékéko (KEK), comparativement à celle de plusieurs stations, Mont Fenouillet (FEN) et Mont Plamondon (PLA) notamment (figure 1.9). La biomasse de nouveaux rejets des souches du traitement de juin variait de façon significative entre les stations; la production de $2,01 \text{ g cm}^{-1}$ des cépées de la station Mont Fenouillet (FEN) était beaucoup plus élevée que celle de $0,10 \text{ g cm}^{-1}$ des cépées de Mont Plamondon (PLA).

1.3.2.5 Mortalité des rejets

Dans l'ensemble, les taux de mortalité des rejets au terme du premier hiver (mai 1989) variaient entre 30 et 60 % et présentaient des différences significatives entre les stations. Les taux élevés de la station Calamite River

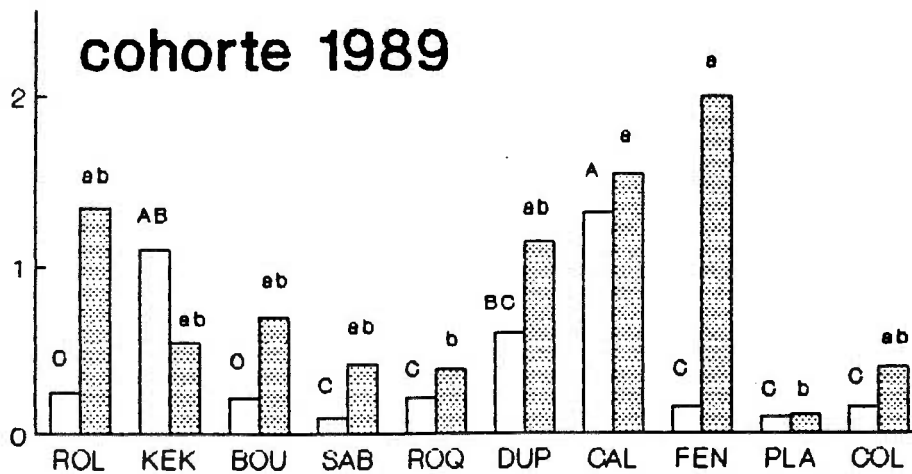
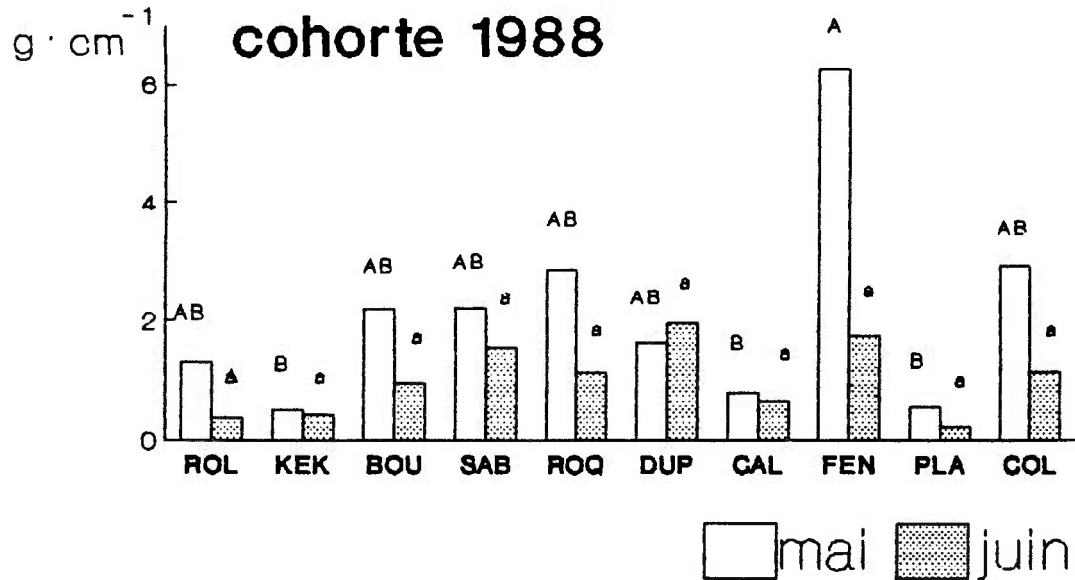


Figure 1.9: Biomasse de rejets de chaque cohorte présente sur les cépées des deux traitements après deux saisons (1989). Des différences significatives entre les stations ($p=0,05$) sont indiquées par des lettres différentes à l'intérieur du même traitement.

(CAL) se démarquaient ($d1=9,40$, $F=2,93$ et $p=0,009$) de ceux de la station Roquemaure (ROQ) pour les cépées coupées en mai (figure 1.10). Calamite River (CAL) est aussi la station qui présentait le plus fort pourcentage de broutage des rejets par le lièvre (tableau 1.7).

En mai 1990, les taux de mortalité des rejets montraient des différences significatives ($d1=9,40$, $F=3,75$ et $p=0,010$) entre les stations pour les cépées du traitement de mai seulement (figure 1.10). Les stations Dupuy-La Reine (DUP) et Mont Plamondon (PLA) montraient des taux de mortalité plus élevés que les stations Roquemaure (ROQ) et Collines Hedge (COL). Les rejets des cépées du traitement de juin montraient une tendance vers des taux de mortalité plus élevés dans la partie nord du gradient. Bien que les taux variaient entre 8 et 57 % pour les rejets de la cohorte 1988, et entre 17 et 63 % pour les rejets de la cohorte 1989, la mortalité des rejets des deux traitements selon la cohorte à laquelle ils appartenaient ne variait pas de façon significative entre les stations (figures 1.11).

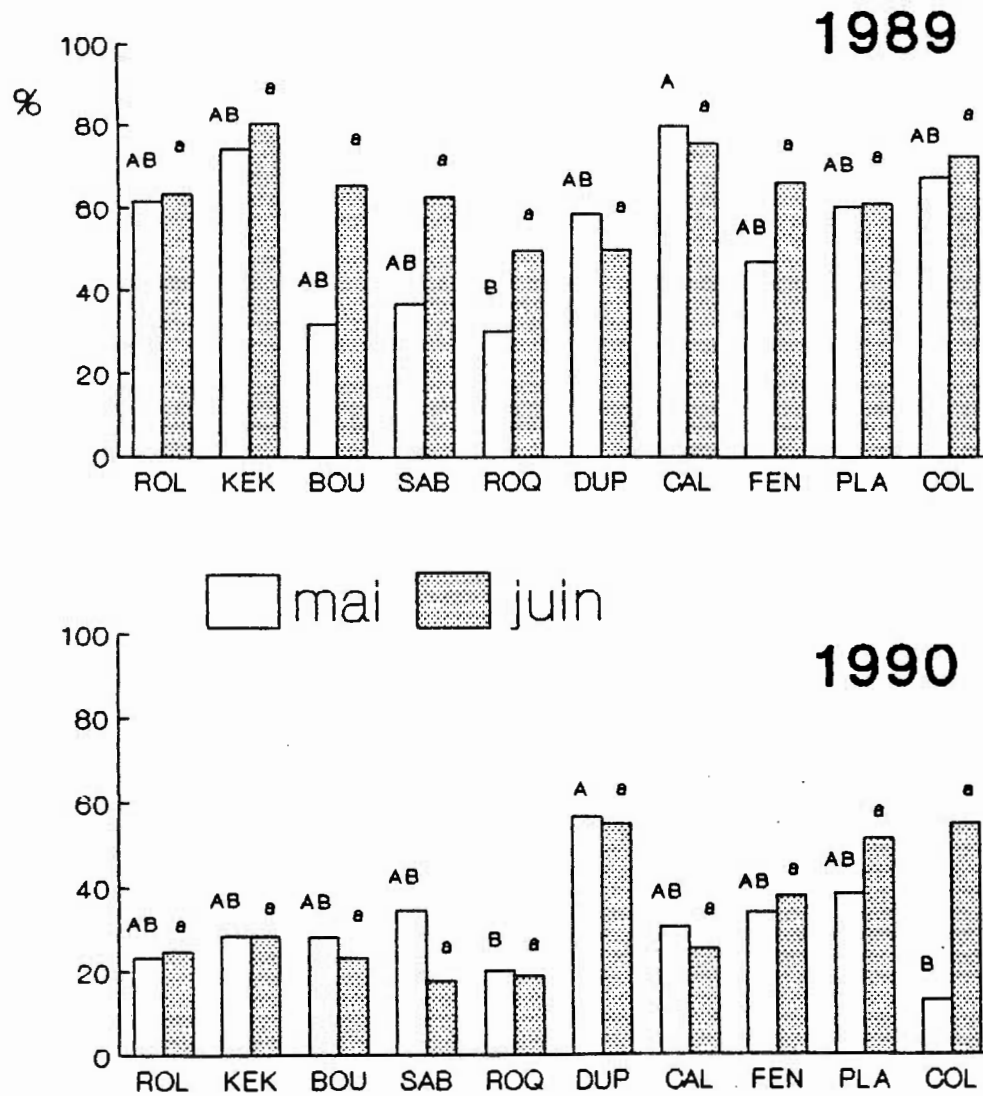


Figure 1.10: Taux de mortalité des rejets produits par les cépées des deux traitements après l'hiver 1989 et l'hiver 1990. Des différences significatives entre les stations ($p < 0,05$) sont indiquées par des lettres différentes à l'intérieur d'un même traitement.

Tableau 1.7: Pourcentage de rejets broutés par cépée (moyenne \pm écart-type) par le lièvre au cours de la première année. Les variations observées entre les stations pour les traitements de mai (dl=9, F=1,52) et juin (dl=9 et 40, F=1,50) ne sont pas significatives.

	mai	juin
ROL	65,8 \pm 12,0	35,2 \pm 25,1
KEK	57,6 \pm 23,4	22,2 \pm 9,6
BOU	50,8 \pm 20,2	59,6 \pm 29,3
SAB	32,2 \pm 17,7	19,8 \pm 11,4
ROQ	15,6 \pm 14,3	9,8 \pm 3,1
DUP	36,9 \pm 10,6	31,2 \pm 11,1
CAL	43,9 \pm 15,9	35,3 \pm 20,2
FEN	43,8 \pm 18,3	33,0 \pm 16,9
PLA	31,3 \pm 21,0	30,4 \pm 17,3
COL	6,6 \pm 1,9	25,4 \pm 15,5

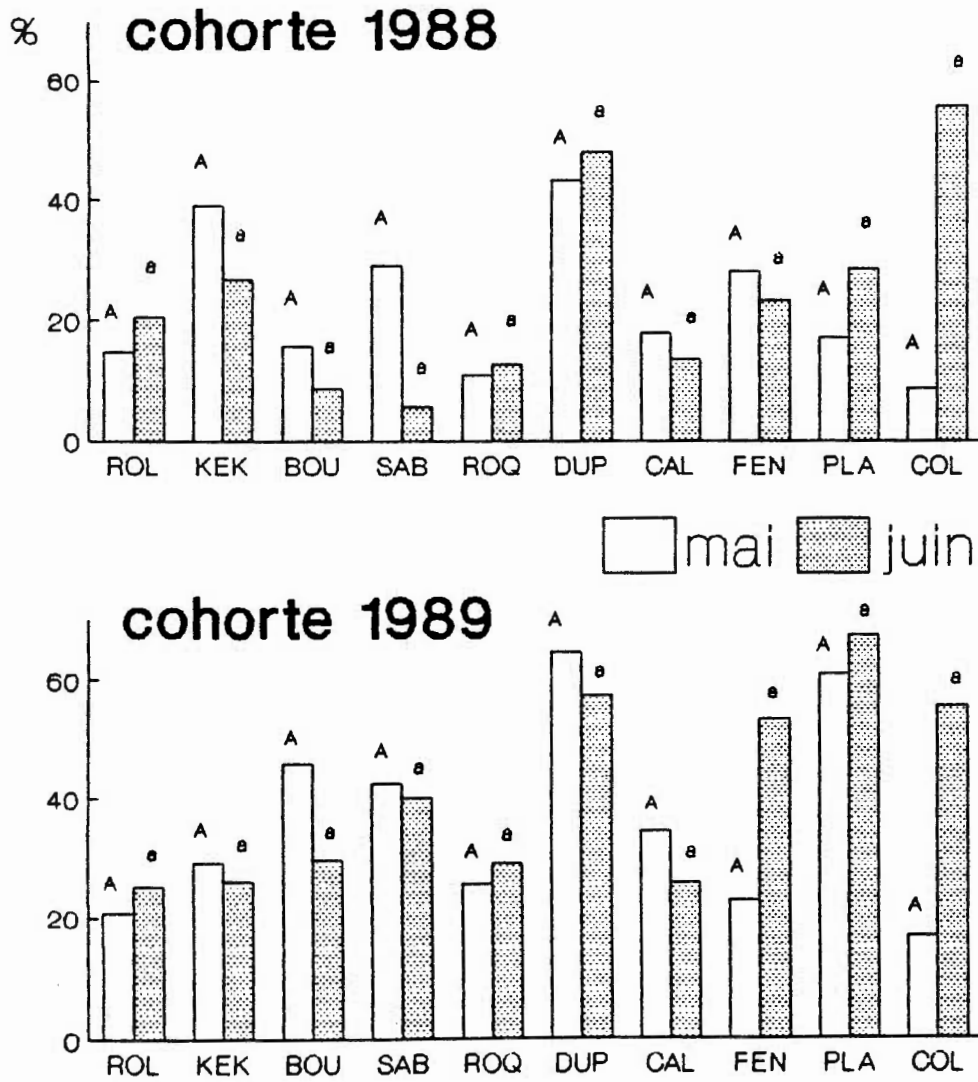


Figure 1.11: Taux de mortalité des rejets de chaque cohorte produits par les cépées des deux traitements après l'hiver 1990. Des différences significatives entre les stations ($p=0,05$) sont indiquées par des lettres différentes à l'intérieur d'un même traitement.

1.3.3 Influence de l'âge et de la taille des cépées

Après une saison de croissance, seul le diamètre des rejets du traitement de mai était corrélé positivement et de façon significative avec l'âge des cépées coupées (tableau 1.8a). La taille des cépées quant à elle était corrélée positivement avec le nombre de rejets émis par les souches du traitement de juin, ainsi qu'avec la hauteur et la biomasse des rejets des deux traitements.

Après deux saisons, seul le nombre total de rejets du traitement de mai était corrélé à l'âge des cépées coupées (tableau 1.8b). Par contre, le nombre total de rejets ainsi que le nombre de rejets de la cohorte 1989 des deux traitements sont fortement et positivement corrélés à la taille des cépées. Le diamètre et la hauteur des rejets dans leur ensemble et des rejets de la cohorte 1989 sont également corrélés avec la taille des souches alors qu'il n'existe aucune corrélation entre le diamètre ou la hauteur des rejets et l'âge des souches. Les corrélations les plus fortes sont obtenues entre la taille des souches et la biomasse totale des rejets, ainsi qu'entre la taille et la biomasse des rejets de la cohorte 1989. La biomasse des rejets de la cohorte 1988 est également corrélée avec la

Tableau 1.8a: Indices de corrélation de Spearman entre l'âge, la taille des cépées et les différents paramètres mesurés à la fin de la première saison de croissance des rejets (août 1988).

	AGE		TAILLE	
	mai	juin	mai	juin
Nombre	-	-	-	0,333 *
Diamètre	0,248 *	-	-	-
Hauteur	-	-	0,387 **	0,321 *
Biomasse	-	-	0,348 **	0,353 **

* 0,05 ** 0,01

Tableau 1.8b: Indices de corrélation de Spearman entre l'âge, la taille des cépées et les différents mesurés à la fin de la deuxième saison de croissance des rejets (août 1989).

	AGE		TAILLE	
	mai	juin	mai	juin
Nombre				
Total	0,335 *	-	0,532 ***	0,408 **
Cohorte 1988	-	-	-	-
Cohorte 1989	-	-	0,338 *	0,375 **
Diamètre				
Total	-	-	0,328 *	0,439 ***
Cohorte 1988	-	-	-	-
Cohorte 1989	-	-	0,612 ***	0,440 ***
Hauteur				
Total	-	-	0,461 ***	0,495 ***
Cohorte 1988	-	-	-	-
Cohorte 1989	-	-	0,575 ***	0,484 **
Biomasse				
Total	-	-	0,594 ***	0,530 ***
Cohorte 1988	-	-	0,329 *	-
Cohorte 1989	0,310 *	-	0,616 ***	0,518 ***

* 0,05 ** 0,01 *** 0,001

taille des cépées, alors que celle des rejets de la cohorte 1989 est corrélée avec leur âge.

1.3.4 Phénologie des rejets

La station de Rollet (ROL) au sud du gradient présentait le taux de débourrement des bourgeons le plus élevé (92,5 %) lors de la première observation de la feuillaison des rejets en mai 1989. Les taux de débourrement des bourgeons diminuait ensuite le long du gradient jusqu'à la station Mont Monsabrais (SAB), au centre, et augmentaient par la suite jusqu'à la station Collines Hedge (COL) à l'extrémité nord du gradient (tableau 1.9a). La même tendance a été observée au niveau du développement des feuilles; l'expansion de la première paire de feuilles était la plus rapide (plus de 80 mm lors de la cinquième observation dans le cas de la station de Collines Hedge (COL) au nord et dans l'ensemble, les feuilles des rejets des stations localisées dans la partie nord du gradient présentaient des nervures centrales plus longues au cours des cinq observations.

Tableau 1.9a: Développement de la première paire de feuilles. N est le nombre de bourgeons échantillonnés et D le pourcentage de bourgeons débourrés lors de la première de 5 observations (1-5) de la feuillaison. Les longueurs moyennes du limbe des feuilles sont accompagnées des écart-types. Des lettres différentes dans la dernière colonne indiquent des différences significatives au niveau de la longueur du limbe lors de la cinquième observation.

	N	D(%)	Longueur de la 1re paire de feuilles (mm)					
			1	2	3	4	5	
ROL	174	92,5	14,1 ± 5,6	31,1 ± 11,7	47,3 ± 16,7	61,3 ± 20,7	72,4 ± 22,4	ab
KEK	68	54,4	8,4 ± 4,3	19,4 ± 9,2	32,3 ± 13,3	51,0 ± 16,9	62,9 ± 21,6	cd
BOU	123	28,5	7,3 ± 1,8	13,7 ± 5,8	23,7 ± 10,4	38,1 ± 15,0	53,2 ± 18,0	de
SAB	153	18,3	8,0 ± 2,5	13,9 ± 5,6	21,7 ± 9,2	33,3 ± 12,4	49,3 ± 22,3	e
ROO	159	45,3	9,3 ± 3,9	18,9 ± 10,0	31,7 ± 15,3	50,0 ± 19,6	65,0 ± 22,2	bc
DUP	143	59,4	10,1 ± 4,6	19,5 ± 10,7	35,4 ± 18,0	53,9 ± 22,4	66,9 ± 23,8	bc
CAL	75	46,7	8,9 ± 3,8	17,3 ± 8,6	32,4 ± 13,3	50,8 ± 17,6	69,4 ± 49,0	c
FEN	137	49,6	9,4 ± 3,4	18,0 ± 8,6	30,0 ± 13,5	47,3 ± 18,4	60,8 ± 20,7	cd
PLA	104	66,3	10,3 ± 4,7	18,0 ± 9,0	37,0 ± 16,4	52,9 ± 19,7	64,6 ± 21,2	cd
COL	139	84,2	14,4 ± 5,3	29,6 ± 11,2	50,6 ± 18,0	68,5 ± 22,2	80,9 ± 22,6	a

Plus de 60 % des bourgeons des stations Rollet (ROL) et Collines Hedge (COL) avaient produit deux paires de feuilles avant la première observation de la feuillaison (tableau 1.9b). A l'opposé, seulement 9,8 % des bourgeons de la station Mont Monsabrais (SAB) et 13 % de ceux de la station Mont Bourniot (BOU) avaient plus d'une paire de feuilles à la même période. Ces écarts dans l'émission de la deuxième paire de feuilles se répercutent également dans leur vitesse d'expansion. Ainsi, les feuilles des stations Rollet (ROL) et Collines Hedge (COL) se sont développées beaucoup plus rapidement (plus de 50 mm au moment de la cinquième observation) que celles des stations Mont Monsabrais (SAB) et Mont Bourniot (BOU).

Les mêmes tendances sont observées dans le développement de la troisième paire de feuilles (tableau 1.9c). A peine 10 % des bourgeons des stations Mont Monsabrais (SAB), Mont Bourniot (BOU) et Collines Kékéko (KEK) avaient produit une troisième paire de feuilles au moment de la deuxième observation, comparativement à 52,5 % pour la station Collines Hedge (COL) et 43,7 % pour la station Rollet (ROL). L'expansion des feuilles au moment de la cinquième observation atteignait un maximum à Rollet (ROL) et un minimum à Mont Monsabrais (SAB).

Tableau 1.9b: Développement de la deuxième paire de feuilles. N est le nombre de bourgeons échantillonnés et B le pourcentage de bourgeons ayant produit deux paires de feuilles lors de la première de 5 observations (1-5) de la feuillaison. Les longueurs moyennes du limbe des feuilles sont accompagnées des écart-types. Des lettres différentes dans la dernière colonne indiquent des différences significatives au niveau de la longueur du limbe lors de la cinquième observation.

	N	B(%)	Longueur de la 2e paire de feuilles (mm)					
			1	2	3	4	5	
ROL	174	62,1	9,1 ± 4,2	18,2 ± 10,0	29,0 ± 15,7	42,2 ± 20,4	54,4 ± 23,4	a
KEK	68	38,2	5,0 ± 2,0	9,0 ± 5,4	16,1 ± 9,0	27,2 ± 14,0	40,0 ± 18,8	de
BOU	123	13,0	4,5 ± 1,3	7,8 ± 4,2	11,9 ± 7,2	22,2 ± 11,2	34,0 ± 14,8	ef
SAB	153	9,8	4,1 ± 1,1	7,8 ± 4,1	11,3 ± 6,7	19,5 ± 9,5	29,2 ± 13,4	f
ROO	139	38,8	5,0 ± 2,5	11,3 ± 7,0	18,7 ± 11,6	33,5 ± 16,7	48,0 ± 20,0	abc
DUP	143	35,7	5,4 ± 2,6	9,6 ± 6,5	18,3 ± 11,0	31,7 ± 16,9	43,8 ± 19,1	bcd
CAL	75	22,7	6,7 ± 3,6	9,0 ± 7,0	18,0 ± 11,6	31,5 ± 17,1	45,3 ± 20,7	bcd
FEN	137	24,1	4,5 ± 1,6	8,9 ± 4,6	15,7 ± 8,2	28,2 ± 14,7	42,0 ± 18,6	de
PLA	104	52,9	5,4 ± 2,5	9,9 ± 5,0	21,8 ± 12,5	32,5 ± 17,2	43,9 ± 20,4	cde
COL	139	65,5	7,9 ± 3,4	16,2 ± 8,4	29,3 ± 15,5	42,7 ± 21,1	57,4 ± 24,7	ab

Tableau 1.9c: Développement de la troisième paire de feuilles. N est le nombre de bourgeons échantillonnés et B le pourcentage de bourgeons ayant produit trois paires de feuilles lors de la deuxième de 5 observations (1-5) de la feuillaison. Les longueurs moyennes du limbe des feuilles sont accompagnées des écart-types. Des lettres différentes dans la dernière colonne indiquent des différences significatives au niveau de la longueur du limbe lors de la cinquième observation.

	N	B(%)	Longueur de la 3e paire de feuilles (mm)					
			1	2	3	4	5	
ROL	174	43,7	4,3 ± 1,0	6,0 ± 3,0	8,3 ± 5,6	13,8 ± 10,5	19,9 ± 15,4	a
KEK	68	11,8	-	4,8 ± 1,2	5,3 ± 2,5	8,5 ± 4,8	12,0 ± 8,0	cde
BOU	123	10,6	-	3,5 ± 0,8	4,6 ± 1,7	7,7 ± 3,3	11,4 ± 6,6	de
SAB	153	11,1	-	4,5 ± 1,7	4,9 ± 2,2	6,5 ± 3,7	9,0 ± 6,1	e
ROQ	159	31,7	-	4,4 ± 1,1	6,8 ± 3,1	10,6 ± 5,8	15,5 ± 9,7	abc
DUP	143	25,2	-	5,1 ± 2,1	7,5 ± 4,2	10,9 ± 6,9	15,2 ± 10,1	abc
CAL	75	22,7	-	3,6 ± 1,4	6,7 ± 3,0	10,9 ± 5,7	15,6 ± 9,3	abc
FEN	137	24,1	-	3,6 ± 0,9	6,3 ± 2,4	9,4 ± 4,8	13,9 ± 7,7	bcd
PLA	104	30,8	-	4,3 ± 1,0	7,7 ± 4,2	11,5 ± 6,8	14,6 ± 10,0	bcd
COL	139	52,5	3,1 ± 0,6	4,3 ± 1,8	8,9 ± 4,3	13,9 ± 7,3	16,7 ± 10,4	ab

1.3.5 Dosage des réserves en hydrates de carbone

Les concentrations en amidon et en sucres réducteurs des échantillons récoltés en mai ne présentaient pas de différences significatives entre les stations Collines Hedge (COL), au nord, et Rollet, au sud (tableau 1.10). Par contre, les échantillons de racines prélevés à Collines Hedge (COL) étaient composés de plus de glucose et de fructose que ceux prélevés à Rollet (ROL). Le total des réserves en hydrates de carbone était également plus élevé dans le cas des échantillons provenant de la station Collines Hedge (COL).

Les échantillons prélevés en juin ne présentaient pas de différences significatives en fonction de leur provenance au niveau de leurs concentrations en sucres réducteurs et en hydrates de carbone totaux. Cependant, ceux prélevés à Collines Hedge (COL) avaient les plus grandes concentrations de saccharose et d'amidon, alors que les échantillons provenant de Rollet (ROL) étaient plus riches en glucose.

Tableau 1.10: Dosage des réserves en hydrates de carbone stockées en mai et en juin 1988 dans le système racinaire des cépées coupées dans les stations Rollet (ROL) et Collines Hedge (COL). Les concentrations de glucose (GLU), fructose (FRU), saccharose (SAC), totales des sucres simples (SS), amidon (A) et hydrates de carbone totaux (HCT) sont exprimées en % de poids sec d'échantillon (moyenne \pm écart-type).

	N	GLU	FRU	SAC	SS	A	HCT
Mai							
ROL	5	0,2 \pm 0,3	0,9 \pm 0,6	5,4 \pm 3,5	6,5 \pm 3,1	5,6 \pm 1,7	12,1 \pm 2,7
COL	4	1,6 \pm 1,1 *	2,5 \pm 1,2 *	4,8 \pm 4,6	9,2 \pm 6,7	6,5 \pm 2,4	15,6 \pm 4,1 *
Juin							
ROL	5	1,6 \pm 1,0	2,1 \pm 1,2	1,3 \pm 0,6	5,0 \pm 1,5	4,7 \pm 1,8	9,6 \pm 2,9
COL	8	0,8 \pm 0,7 *	1,4 \pm 0,8	1,8 \pm 0,8	4,0 \pm 2,2 *	6,1 \pm 1,5 *	10,1 \pm 2,5

* 0,05

1.4 Discussion

1.4.1 Nombre de rejets émis

Les cépées coupées avant la feuillaison dans la partie nord du gradient ont produit un plus grand nombre de rejets par unité de circonférence que celles coupées dans la partie sud du gradient au cours des deux saisons durant lesquelles l'étude s'est déroulée. Nous avons retenu trois hypothèses pour expliquer la production d'un nombre élevé de rejets par les populations d'érables rouges établies à l'extrême limite nord de leur aire de répartition.

La première hypothèse est reliée à une plus forte concentration des bourgeons dormants à la périphérie des cépées coupées dans la partie nord du gradient. La stèle de la trace vasculaire des bourgeons se ramifie lors de la croissance radiale et le nombre de bourgeons se multiplie en fonction de l'âge de l'arbre, entraînant ainsi la formation d'amas de bourgeons sous son écorce au niveau du collet (Church 1960, Kormanick et Brown 1964, Stone et Cornwell 1968, Wilson 1968, Godman et Mattson 1970, Berg et Plumb 1971). La densité des bourgeons sur le pourtour des

souches est par conséquent plus élevée pour les cépées de taille moins élevée coupées au nord du gradient mais d'âge comparable aux cépées de taille plus élevée coupées au sud du gradient.

La deuxième hypothèse est reliée à un mécanisme de dominance apicale. La production d'auxines par les méristèmes apicaux inhibe le développement des bourgeons dormants situés au niveau du collet de l'arbre (Church et Godman 1966, Berg et Plumb 1971, Bachelard et Wightman 1973, Powell 1987). Au cours de la feuillaison, il est permis de supposer que les petites canopées des individus des populations plus nordiques produisent des concentrations relativement peu élevées d'auxines qui permettraient la libération d'un plus grand nombre de bourgeons de leur état de dormance. Plusieurs auteurs ont suggéré que la production de rejets chez le peuplier faux-tremble, l'érable à sucre et différentes essences de chêne (*Quercus spp.*) est avant tout contrôlée par des substances de régulation produites par le métabolisme de la plante (Vogt et Cox 1970, Schier et Zasada 1973, MacDonald et Powell 1983 et 1985).

Troisièmement, les concentrations de sucres dosées à partir d'échantillons de racine des cépées des stations de Rollet (ROL) et Collines Hedge (COL) suggèrent que les facteurs de stress climatiques auxquels sont soumis les peuplements situés plus au nord pourraient stimuler les cépées d'érables rouges à allouer une proportion plus élevée de leur carbone au stockage de réserves dans leur système racinaire. Dans l'ensemble, les concentrations obtenues en hydrates de carbone totaux sont similaires aux résultats présentés par Smalley et al. (1987) et Smalley et Dirr (1988) pour l'érable rouge ainsi qu' à ceux de Parker (1970) et Wargo (1971) pour l'érable à sucre. Les fortes concentrations de réserves au nord alimenteraient le développement et la croissance initiale d'un plus grand nombre de rejets. Les coûts directs et indirects associés à l'allocation d'une proportion relativement plus importante de ressources vers le stockage seraient compensés par un succès de régénération des individus plus élevé suite à une perturbation du milieu (Bloom et al. 1985, Chapin et al. 1990, Kozlowski et al. 1991). Cependant, plusieurs auteurs mettent en doute le rôle limitant des réserves sur la production de rejets de souche (Wenger 1953, Vogt et Cox 1970, Schier et Zasada 1973, MacDonald et Powell 1983).

1.4.2 Phénologie et croissance des rejets

Le développement des rejets des stations situées dans la partie nord du gradient est généralement plus rapide que dans les stations localisées plus au sud. A l'exception de la station Rollet à l'extrémité sud du gradient étudié, les rejets des stations du nord produisent leurs feuilles plus tôt dans la saison et les taux d'expansion de celles-ci sont également plus rapides que ceux des rejets des stations plus au sud. La croissance initiale des rejets est alimentée par les réserves jusqu'au moment où l'activité photosynthétique des feuilles nouvellement produites est suffisante pour subvenir aux besoins énergétiques des pousses (Kozlowski et Ward 1961, Kozlowski 1964, Kozlowski et Clausen 1966). Au nord, les concentrations plus élevées de réserves accumulées dans le système racinaire des souches permettent aux rejets de construire plus rapidement leur appareil photosynthétique et ainsi pallier à une saison de croissance plus courte.

La croissance en diamètre et en hauteur des rejets émis par les cépées des populations situées dans la partie nord du gradient étudié est généralement inférieure à celle des rejets des stations localisées plus au sud. La

croissance des rejets est indéterminée et prend fin à l'automne (Wilson 1968, Johnson 1979). Des relevés météorologiques provenant des stations Val St-Gilles (49° 00' N) et Rémigny (47° 30' N) indiquent que la longueur de la saison de croissance des populations établies au nord du gradient, évaluée en terme de degrés-jours au-dessus de 5°C, représente tout juste 70 % de celle des populations situées au sud (Anonyme 1988 et 1989). Il est permis de penser qu'au nord, les rejets allouent une proportion plus faible de leurs ressources à leur structure (diamètre et hauteur) pour favoriser le stockage de substances de réserves. Cependant, les rejets des cépées coupées à la station Mont Fenouillet (FEN) au nord ont présenté les taux de croissance les plus élevés. Ce site, brûlé en 1965 (Lalonde 1991), est caractérisé par de faibles taux de recouvrement des strates arborescente et arbustive. De moins bonnes conditions d'ensoleillement pourraient expliquer la faible croissance des rejets des stations Mont Plamondon (PLA) et Collines Hedge (COL), deux stations localisées à l'extrémité nord du gradient. Au sud du gradient, malgré des conditions climatiques favorables, le broutage intensif du lièvre a pu réduire la croissance des rejets des stations Rollet (ROL) et Collines Kékéko (KEK).

1.4.3 Productivité des cépées

La biomasse structurale de rejets produite par les cépées coupées représente l'intégration du nombre de rejets produits et la croissance de ces rejets. Dans ce sens, ce paramètre est un bon indicateur de la productivité des cépées et du succès de régénération végétative des populations perturbées. Dans l'ensemble, la productivité des cépées coupées était plus élevée pour les stations situées dans la partie nord du gradient. Les conditions exceptionnelles d'ensoleillement de la station Mont Fenouillet (FEN) et le grand nombre de rejets produits à Collines Hedge (COL) ont permis aux cépées de ces stations localisées dans la partie nord du gradient étudié de produire une biomasse de rejets par unité de circonférence plus élevée que les cépées des autres stations. A la fin de la deuxième saison, la biomasse totale de rejets produite par les cépées semblait étroitement liée aux conditions de croissance des rejets. Le fort recouvrement des strates arbustive et arborescente de la station Mont Plamondon (PLA) diminue la croissance des rejets et la productivité des cépées. Au sud, la productivité des cépées de l'ensemble des stations est généralement favorisée par la production élevée de nouveaux rejets au

cours de la deuxième année.

1.4.4 Mortalité des rejets

Les taux de mortalité des rejets au cours du premier hiver étaient dans l'ensemble très élevés. Les principaux facteurs de mortalité des rejets sont le gel des tiges et des bourgeons, ainsi que les bris mécaniques causés par le poids de la glace et de la neige (Wilson 1968). La résistance au froid est principalement déterminée par l'activité physiologique des tiges et par leur teneur en sucres simples au moment des premiers gels automnaux (Parker 1963, Sakai et Weiser 1973, Burke et al. 1976, Li et Sakai 1978, Levitt 1980, Larcher et Bauer 1982, Steponkus 1981). Au cours de notre étude, nous avons observé de fortes intensités de broutage dans toutes les stations échantillonnées au cours de la première saison de croissance des rejets. Le broutage intense des rejets par le lièvre pourrait avoir uniformisé les taux de mortalité mesurés le long du gradient étudié. La mortalité des rejets au cours du deuxième hiver touchait un plus grand nombre de rejets dans la partie nord du gradient. La sévérité des facteurs de stress climatique et

l'accumulation importante de neige dans ces stations où la couverture de la strate arborescente est généralement moins élevée alors que les feuilles des rejets ne sont pas encore tombées, sont des facteurs pouvant expliquer les hauts taux de mortalité observés dans ces stations.

1.4.5 Influence de la période de coupe

A l'opposé des cépées coupées en mai 1988, la productivité des cépées coupées après la feuillaison (juin) ne semble pas varier significativement le long du gradient latitudinal. Des tendances vers une production d'un plus grand nombre et d'une plus grande biomasse de rejets ont néanmoins été observées. De plus, les rejets des cépées coupées en juin ont montré des différences significatives dans la croissance en diamètre au cours de la première saison. Ces résultats sont probablement dus aux différences dans la durée de la saison de croissance des rejets. Les rejets émis par les souches du traitement de juin ne disposaient que de 6 à 7 semaines, comparativement à plus de 10 semaines pour ceux émis par les souches du traitement de juin.

La productivité totale des cépées, échelonnée sur les deux premières années suivant la perturbation, ne diffère pas entre les coupes de mai et de juin. Au cours de la deuxième saison de croissance des rejets, les cépées coupées après la feuillaison ont présenté une production de nouveaux rejets supérieure à celle des cépées coupées avant le débourrement des bourgeons. Des différences significatives étaient alors observées entre les stations. Le long du gradient étudié, la productivité des populations situées plus au nord s'est avérée supérieure à celle des populations plus au sud.

La croissance des rejets produits la deuxième année montrait également des différences significatives entre les stations. Comme pour les souches du traitement de mai, la croissance des nouveaux rejets des souches du traitement de juin était plus élevée dans la partie sud du gradient étudié. Ces résultats suggèrent que l'impact de la période au cours de laquelle survient la perturbation sur le succès de régénération végétative des populations d'érables rouges étudiées s'estompe à partir de la deuxième saison de croissance des rejets.

1.4.6 Influence de l'âge et de la taille des cépées

Contrairement à la taille, l'âge des cépées d'érable rouge ne semble pas avoir d'impact important sur leur potentiel de régénération végétative. En général, le développement et la productivité des espèces végétales dépendent plus étroitement de la taille des individus (Fitter et Hay 1987, Kozlowski et al. 1991). En valeurs absolues, les cépées du sud dont la taille est généralement plus élevée, ont produit un plus grand nombre et une plus grande biomasse de rejets que celles du nord. Par unité de circonférence, les cépées du nord, de taille plus réduite mais généralement d'âge comparable, ont démontré une plus grande productivité.

A long terme cependant, les auteurs s'entendent pour dire que le succès de régénération végétative des essences feuillues ne dépend pas de la taille des arbres coupés (Whitford 1976, Lorimer 1984, Roberts et Richardson 1985, Lamson 1988).

1.4.7 Potentiel de régénération des cépées

En réponse aux variations dans les conditions de site rencontrées à la limite nord de l'aire de répartition de l'espèce, les cépées d'érables rouges semblent avoir développé au moins deux stratégies différentes dans l'allocation de leurs ressources. Les coûts de maintenance (respiration et défense) relativement moins élevés associés à la petite taille des individus situés plus au nord leur permettent d'allouer une proportion plus importante de leurs hydrates de carbone au stockage de réserves (Mooney 1972, Bloom et al. 1985, Chapin et al. 1990). Les fortes concentrations de réserves dosées permettent aux populations perturbées au nord de produire un grand nombre de rejets année après année et ainsi faire face aux taux de mortalité élevés des rejets dus notamment à la sévérité du climat. De plus, le développement rapide des rejets au printemps contrebalance pour la faible disponibilité des ressources due essentiellement aux températures froides du milieu et à la courte saison de croissance. Inversement, le succès de régénération des cépées des populations situées plus au sud est assuré par les meilleures conditions de croissance des rejets. L'établissement des rejets au sud est favorisé par des taux de mortalité moins

élevés et une croissance rapide. A long terme, nous croyons que le potentiel de régénération des individus coupés à la limite nord de l'aire de répartition de l'érable rouge n'est pas directement influencé par la latitude, mais bien par un ensemble de facteurs écologiques comprenant la structure des peuplements et les conditions climatiques et dont certains peuvent varier selon un gradient latitudinal.

1.5 Conclusion

La productivité des cépées d'érable rouge coupées au printemps varie en fonction des conditions de site. En raison de leur impact direct sur la croissance des rejets, les conditions climatiques (température et lumière) sont les facteurs les plus susceptibles d'influencer le succès de régénération végétative des individus touchés par la perturbation. La productivité des souches, en termes de nombre de rejets émis, est plus élevée au cours des deux premières années suivant la perturbation dans le cas des populations perturbées à l'extrême limite nord de l'aire de répartition de l'espèce, là où culmine la sévérité des conditions climatiques. En termes de biomasse de rejets cependant, la plus grande productivité observée au nord après une saison de croissance des rejets s'estompe au cours de la deuxième année. A partir de ce moment, les populations du sud, bénéficiant de meilleures conditions de croissance, affichent une productivité plus élevée.

La période de l'année durant laquelle survient la perturbation influence la productivité des cépées au cours de la première saison de croissance des rejets. Cependant,

la capacité des cépées d'érable rouge d'ajuster leur production de rejets dans le temps suggère qu'à moyen et à long termes la période de coupe n'aurait pas d'impact sur leur succès de régénération.

A long terme, nous ne pouvons affirmer que le potentiel de régénération végétative de l'érable rouge varie le long du gradient latitudinal étudié. A la limite nord de l'aire de répartition de l'espèce, les populations étudiées présentent deux stratégies d'allocation des ressources différentes adaptées aux pressions de leur environnement. Une première stratégie, retrouvée chez les populations établies dans des habitats marginaux à l'extrême limite nord de leur aire, consiste à allouer une proportion plus grande de ressources au stockage de substances de réserve au détriment de la croissance des individus. Il est probable que la concentration des bourgeons dormants à la périphérie de cépées de petite taille et une disponibilité plus élevée des hydrates de carbone dans le système racinaire des souches permettent aux populations présentant ce type de patron d'allocation l'émission et le développement d'un plus grand nombre de rejets dans un environnement où la mortalité de ceux-ci est très élevée. A l'opposé, les populations localisées plus

au sud allouent moins de ressources au stockage de réserves dans le but de maximiser la croissance des individus. Suite à une perturbation, ces cépées produisent de moins nombreux rejets, dont la croissance et l'établissement sont favorisés par des conditions climatiques plus favorables.

2.0 LES EFFETS DE LA PÉRIODE DE COUPE
SUR LA PRODUCTION DE REJETS DE SOUCHE
CHEZ L'ÉRABLE ROUGE (*Acer rubrum* L.)
DANS LE NORD-OUEST QUÉBÉCOIS

2.1 Introduction

Dans le nord-ouest québécois, une perturbation telle qu'un feu ou une coupe peut provoquer des changements majeurs dans la composition des peuplements forestiers (Bergeron et Dubuc 1989, Harvey et Bergeron 1989). Plusieurs auteurs ont observé, sur des parterres de coupes dominés par des résineux avant perturbation, une transition de la composition végétale vers une dominance des feuillus (Hendrickson 1988, McMinn 1985). Le succès de colonisation de ces sites par les feuillus est dû notamment à une production élevée de rejets de souche. En plus des impacts négatifs de la mécanisation excessive sur les parterres de coupe (Webber et al. 1968, Weetman 1983), la compétition engendrée par la production massive de rejets chez des essences comme le peuplier faux-tremble, le bouleau à papier et l'érable rouge peut nuire à la régénération des essences résineuses commerciales (Baskerville 1961, McMinn 1985).

L'érable rouge possède l'aire de répartition la plus étendue des feuillus de l'est de l'Amérique du Nord

(Fowells 1991). On le retrouve du sud de la Floride jusque dans la forêt boréale au nord des provinces de l'Ontario et du Québec. En plus de la reproduction sexuée, les populations d'érables rouges se régénèrent de manière végétative par la production de rejets de souche (Wilson 1968, Solomon et Blum 1967). Les rejets sont émis à partir de bourgeons dormants dont le développement est alimenté par les réserves en hydrates de carbone accumulées dans le système racinaire de l'arbre (Kozlowski et al. 1991). La quantité de réserves emmagasinées varie avec la saison; les concentrations observées sont à leur maximum avant le débourrement des bourgeons et à leur minimum au moment de la feuillaison (Wargo 1971, Essiamah et Eschrich 1985, Loescher et al. 1990). La production de rejets chez l'érable rouge est influencée par la taille des arbres parents (Perala 1974, Prager et Goldsmith 1977, Mann 1984), les conditions de site (Mann 1984, Mroz et al. 1985) et la période de coupe (Wilson 1968). Les travaux de Wilson (1968) ont montré qu'une plus grande proportion de cépées produisaient des rejets lorsque coupées au cours de l'hiver et que cette proportion diminuait avec les dates successives de coupe au cours de la saison de croissance. Cependant, l'impact de la période de coupe sur la production de rejets de souche chez l'érable rouge au-delà

de la première saison de croissance est peu documenté.

L'objectif de cette étude était de déterminer l'impact de coupes printanières sur la production de rejets de souche de l'érable rouge dans le nord-ouest québécois. La productivité des cépées coupées a été évaluée au cours des deux premières saisons de croissance des rejets. Nous avons vérifié l'hypothèse selon laquelle les cépées coupées avant le débourrement des bourgeons avaient une productivité plus élevée que celles coupées après la feuillaison.

2.2 Méthodologie

2.2.1 Région à l'étude

Sept stations ont été établies dans la région de l'Abitibi entre les latitudes 47° 50' et 49° 16' Nord et les longitudes 78° 17' et 79° 25' Ouest (figure 2.1). La végétation de la région est caractéristique de la sapinière à bouleau blanc au sud de la forêt boréale telle que décrite par Grandtner (1966); les principales essences résineuses rencontrées sont le sapin baumier, l'épinette noire, et le pin gris alors que les essences feuillues sont représentées par le bouleau blanc, le peuplier faux-tremble et l'érable rouge.

Les sept stations échantillonnées reposaient sur des sites du type mésique caractérisés par des sols podzoliques (Lalonde, D., communication personnelle). La densité de la strate arborescente, la surface terrière totale et la valeur d'importance relative de l'érable rouge des sites ont été calculées par la méthode des quadrants centrés sur le point (Cottam et Curtis 1956) (tableau 2.1). Pour chacune des stations, 15 points ont été échantillonnés et

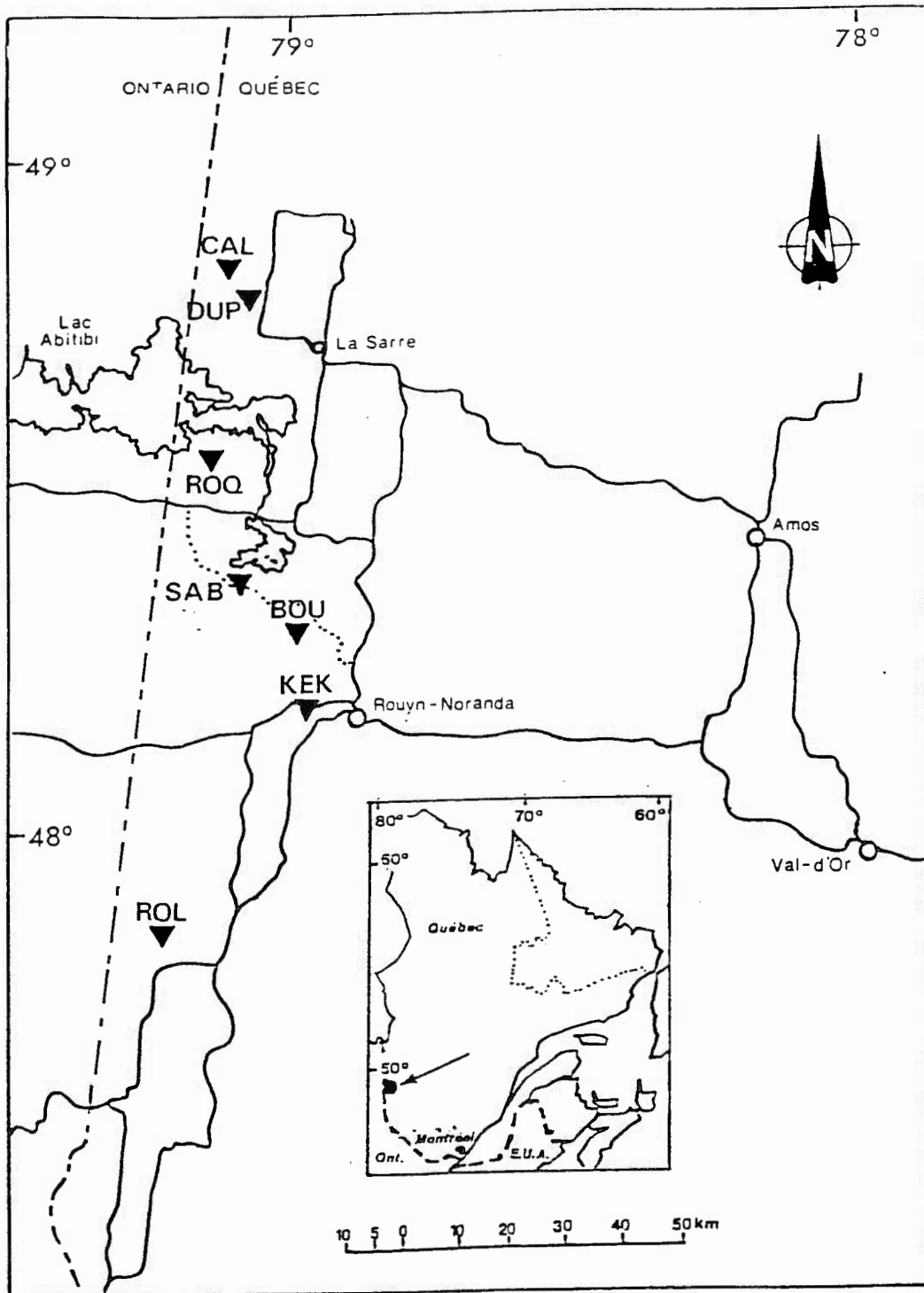


Figure 2.1: Région à l'étude et sites échantillonnés

Tableau 2.1: Densité, surface terrière totale des arbres et valeur d'importance relative de l'érable rouge (V.I.R. *Aru*) de chacun des 7 sites échantillonnés.

Site	Densité (ha ⁻¹)	Surface terrière (m ² ha ⁻¹)	V.I.R. <i>Aru</i> (%)
Rollet	554	7,1	53,5
Collines Kékéko	997	9,3	37,8
Mont Bourniot	1434	12,0	23,0
Monsabrais	945	18,4	38,8
Roquemaure	933	14,5	40,9
Dupuy-La Reine	1457	25,4	15,1
Calamite River	1493	23,5	6,1

les tiges de plus de 8 centimètres de diamètre à hauteur de poitrine ont été considérées comme des arbres.

2.2.2 Méthodes d'échantillonnage

Deux traitements ont été appliqués au printemps 1988 sur chacune des 7 stations choisies; cinq cépées ont été coupées en mai avant le débourrement des bourgeons, et cinq autres ont été coupées en juin après la feuillaison. Toutes les cépées ont été choisies de façon aléatoire et coupées à moins de 30 cm de hauteur. Les coupes ont été effectuées en allant du sud vers le nord entre le 21 et le 30 mai (1988) pour le premier traitement et entre le 22 et le 27 juin (1988) pour le deuxième traitement. L'âge et la taille des cépées ont été déterminés à l'aide de sections transversales de chaque tige prélevées au moment de la coupe (tableau 2.2). L'âge attribué à une cépée correspondait à celui de la tige la plus vieille. La sommation des diamètres des sections d'une cépée représentait la taille attribuée à cette cépée.

Tableau 2.2: Age et taille des cépées coupées des sept sites échantillonnés (moyenne \pm écart-type).

Site	Age des cépées (ans)		Taille des cépées (cm)	
	Mai	Juin	Mai	Juin
ROL	48,4 \pm 5,3	51,0 \pm 2,8	39,1 \pm 19,0	31,7 \pm 14,3
KEK	53,4 \pm 11,0	54,2 \pm 20,0	24,5 \pm 14,0	26,5 \pm 20,2
BOU	48,6 \pm 6,4	43,0 \pm 2,9	27,8 \pm 12,5	22,6 \pm 10,4
SAB	61,4 \pm 5,1	58,8 \pm 2,0	24,3 \pm 9,6	24,2 \pm 3,4
ROQ	35,2 \pm 1,9	35,0 \pm 2,2	22,3 \pm 28,1	26,0 \pm 19,3
DUP	42,0 \pm 5,7	42,6 \pm 6,1	27,8 \pm 22,9	18,0 \pm 6,8
CAL	46,2 \pm 2,4	46,8 \pm 1,9	17,4 \pm 9,4	17,6 \pm 8,8

Au mois d'août 1988, tous les rejets produits ont été dénombrés sur l'ensemble des cépées. Le diamètre à la base des rejets a été mesuré à l'aide d'un vernier (0,05 mm). La hauteur des rejets a été déterminée par la mesure de la longueur des tiges entre la base et l'apex.

Au mois d'août 1989, les rejets émis au cours de la première année (cohorte 1988) et ceux émis au cours de la deuxième année (cohorte 1989) ont été dénombrés et étiquetés selon la cohorte à laquelle ils appartenaient. Le diamètre et la hauteur de la tige principale, ainsi que le diamètre et la longueur de chacune des tiges secondaires des rejets ramifiés, ont été mesurés.

La biomasse structurale de rejets produite par les cépées a été estimée à l'aide d'une équation de régression multiple (procédure GLM, SAS 1985) inspirée par Williams et McClenahan (1985). Le diamètre, la longueur et le poids sec après séchage dans un four à 50°C d'un sous-échantillon de 1454 tiges principales et secondaires récoltées à la fin de la deuxième année ont été mesurés. Une transformation logarithmique des variables dépendantes et explicative a été effectuée pour calculer l'équation de régression suivante:

$$\text{poids sec} = 0,41 * \text{diamètre}^{1,69} * \text{longueur}^{0,99}$$

$$r^2 = 0,94 \text{ et } p = 0,001$$

La mortalité des rejets a été évaluée à la fin du premier et du deuxième hiver (mai 1989 et 1990) par le dénombrement des rejets présentant des bourgeons terminaux ou axillaires capables de se développer.

2.2.3 Analyses statistiques

Les résultats obtenus (nombre, hauteur, diamètre, biomasse et taux de mortalité) pour les deux traitements en août 1988, mai et août 1989, et mai 1990 ont été comparés à l'aide d'une analyse de variance (procédure GLM, SAS, 1985) à deux critères de classification (traitement et station). De plus, des analyses de corrélation de Spearman (procédure CORR, SAS 1985) et des analyses de régression linéaire (procédure REG, SAS 1985) ont été effectuées entre la productivité (nombre et biomasse de rejets produits) des cépées au cours de la première saison et leur production de nouveaux rejets au cours de la deuxième saison.

2.3 Résultats

2.3.1 Nombre de rejets

Le nombre de rejets produits après une saison de croissance montrait une très grande variabilité pour l'ensemble des stations échantillonnées. Les cépées coupées en mai ont produit entre 9 et 156 rejets, alors que la production de celles coupées en juin variait entre 8 et 128. En moyenne, le nombre de rejets émis par les cépées du traitement de mai tendait à être plus élevé que celui des cépées du traitement de juin, bien que les différences observées entre les deux traitements ne soient pas significatives (figure 2.2 et tableau 2.3a).

Les souches des deux traitements ne présentaient pas un nombre de rejets significativement différent à la fin du premier hiver (figure 2.2). Les taux de mortalité des rejets au cours de cet hiver atteignaient 60%. Les cépées du traitement de juin montraient une tendance vers des taux de mortalité des rejets plus élevés. Cependant, les différences observées entre les traitements n'étaient pas significatives (figure 2.3).

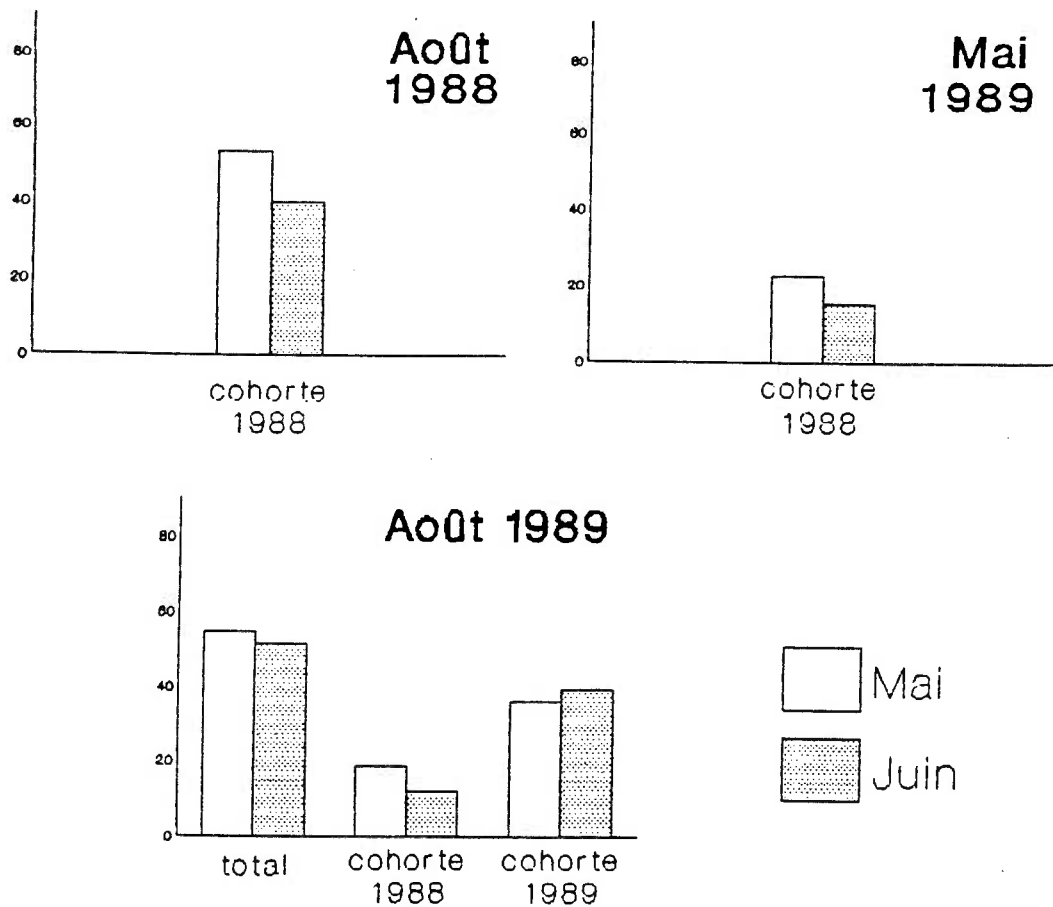


Figure 2.2: Nombre de rejets (moyennes et écart-types) présents sur les cépées des deux traitements à la fin de la première saison (août 1988), au début (mai 1989) et à la fin (août 1989) de la deuxième saison de croissance des rejets. Les différences sont significatives au seuil de 0.05 (*), 0.01 (**) ou 0.001 (***).

Tableau 2.3a: Résultats des analyses de variance à deux critères de classification effectuées pour chacun des paramètres de productivité mesurés à la fin de la première saison (août 1988) et au début de la deuxième saison (mai 1989) de croissance. dl = degrés de liberté, CM = carré moyen

	août 1988				mai 1989			
	dl	CM	F	p	dl	CM	F	p
Nombre								
MODELE	13	1315	1,68	n.s.	13	0,01	1,14	n.s.
T	1	3089	3,94	n.s.	1	0,00	0,63	n.s.
SITE	6	1045	1,34	n.s.	6	0,00	1,10	n.s.
T*SITE	6	1289	1,65	n.s.	6	0,00	1,26	n.s.
ERREUR	56	783			56	0,00		
Diamètre								
MODELE	13	1,38	3,24	0,001	13	1,85	4,04	0,001
T	1	1,70	3,97	0,050	1	2,97	5,38	0,041
SITE	6	1,72	4,02	0,002	6	2,09	4,82	0,001
T*SITE	6	1,00	2,33	0,045	6	0,46	1,12	n.s.
ERREUR	56	0,43			56	0,46		
Hauteur								
MODELE	13	218,70	2,93	0,003	13	288,12	3,00	0,001
T	1	477,73	6,41	0,014	1	226,98	2,14	n.s.
SITE	6	223,82	3,00	0,013	6	212,23	2,89	0,030
T*SITE	6	140,31	2,02	n.s.	6	125,66	1,54	n.s.
ERREUR	56	74,53			56	96,04		
Biomasse								
MODELE	13	1209	2,01	0,047	13	0,01	1,47	n.s.
T	1	5854	8,44	0,005	1	0,01	1,12	n.s.
SITE	6	1425	2,06	n.s.	6	0,02	1,84	n.s.
T*SITE	6	219	0,32	n.s.	6	0,01	1,17	n.s.
ERREUR	56	602			56	0,01		

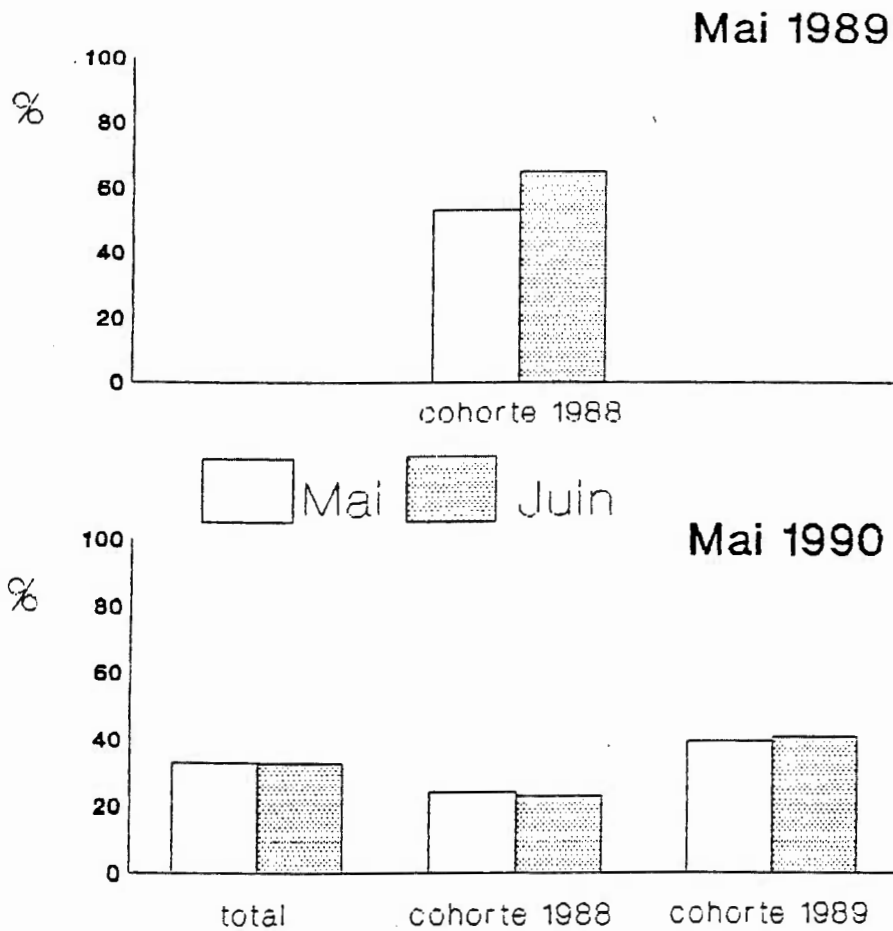


Figure 2.3: Taux de mortalité (moyenne et écart-type) des rejets émis par les cépées des deux traitements après le premier (mai 1989) et le deuxième (mai 1990) hiver. Les différences sont significatives au seuil 0.05 (*) 0.01 (**) ou 0.001 (***).

Le nombre total de rejets présents sur les souches après deux saisons était semblable à celui observé en août 1988 et ne présentait pas de différences significatives entre les traitements. Les cépées coupées en mai présentaient en août 1989 des effectifs variant entre 17 et 135 rejets, alors que ceux des cépées coupées en juin variaient entre 0 et 131. Toutes les cépées, sauf une, ont produit une nouvelle cohorte de rejets au cours de la deuxième saison de croissance, soit en 1989. Par conséquent, après deux saisons de croissance, les cépées coupées au printemps 1988 présentaient des rejets de deux cohortes différentes. Les cépées coupées en mai présentaient une moyenne de 19 rejets de la cohorte 1988 comparativement à 12 pour celles coupées en juin. Ces dernières différences se sont avérées significatives (figure 2.2 et tableau 2.3b). Le nombre de rejets de cette cohorte 1988 variait aussi entre les stations échantillonnées. La station Mont Monsabrais (SAB) portait un plus grand nombre de rejets de deux ans que la station Dupuy-La Reine (DUP). A l'opposé, les cépées coupées en juin montraient un nombre légèrement plus élevé de rejets de la cohorte 1989 mais les différences observées entre les traitements n'étaient pas significatives.

Tableau 2.3b: Résultats des analyses de variance à deux critères de classification effectuées pour chacun des paramètres de productivité mesurés à la fin de la deuxième saison de croissance (août 1989). dl = degrés de liberté, CM = carré moyen

	Total				Cohorte 1988				Cohorte 1989			
	dl	CM	F	p	dl	CM	F	p	dl	CM	F	p
Nombre												
MODELE	13	1037	1,46	n.s.	13	258	1,89	0,050	13	1540	2,32	0,015
T	1	176	0,25	n.s.	1	788	5,78	0,020	1	219	0,33	n.s.
SITE	6	793	1,12	n.s.	6	363	2,66	0,024	6	1756	2,21	n.s.
T*SITE	6	1425	2,01	n.s.	6	65	0,48	n.s.	6	1544	2,33	0,045
ERREUR	56	710			51	137			56	664		
Diamètre												
MODELE	13	1,22	1,01	n.s.	13	2,55	0,78	n.s.	13	0,99	2,12	0,046
T	1	0,08	0,07	n.s.	1	0,14	0,04	n.s.	1	3,47	6,22	0,016
SITE	6	1,89	1,57	n.s.	6	3,54	1,08	n.s.	6	1,35	2,00	n.s.
T*SITE	6	0,74	0,62	n.s.	6	1,97	0,60	n.s.	6	0,21	0,37	n.s.
ERREUR	56	1,21			51	3,28			56	0,56		
Hauteur												
MODELE	13	126,9	1,33	n.s.	13	267,2	1,77	n.s.	13	259,1	2,37	0,013
T	1	239,0	2,50	n.s.	1	163,9	1,02	n.s.	1	498,7	4,56	0,037
SITE	6	181,2	1,90	n.s.	6	476,0	2,98	n.s.	6	354,5	3,24	0,008
T*SITE	6	54,0	0,57	n.s.	6	75,7	0,42	n.s.	6	123,8	1,13	n.s.
ERREUR	56	95,5			51	159,7			56	109,2		
Biomasse												
MODELE	13	14434	0,78	n.s.	13	20976	1,36	n.s.	13	6592	2,36	0,013
T	1	15792	0,86	n.s.	1	56488	3,67	n.s.	1	12545	4,50	0,038
SITE	6	23434	0,66	n.s.	6	26871	1,75	n.s.	6	6584	2,20	n.s.
T*SITE	6	5208	0,28	n.s.	6	9163	0,60	n.s.	6	5606	2,01	n.s.
ERREUR	56	18505			51	15424			56	2793		

Les taux de mortalité des rejets après le deuxième hiver atteignaient en moyenne 35% et étaient semblables pour les deux traitements, autant au niveau de l'ensemble des rejets, que pour chacune des cohortes produites (figure 2.3).

2.3.2 Diamètre des rejets

La croissance en diamètre des rejets au cours de la première saison de croissance présentait des différences significatives entre les traitements (figure 2.4). Le diamètre moyen des rejets émis par les souches du traitement de mai était de 3,0 mm comparativement à 2,7 mm pour les rejets émis par les cépées coupées en juin. Au début de la deuxième saison, le diamètre des rejets du traitement de mai était toujours plus élevé que celui des rejets du traitement de juin. De plus, le diamètre moyen des rejets des deux traitements en mai 1989 était plus élevé qu'à la fin de la première saison. L'analyse de variance à deux critères de classification indique également que des différences significatives dans le diamètre des rejets étaient observées entre les stations

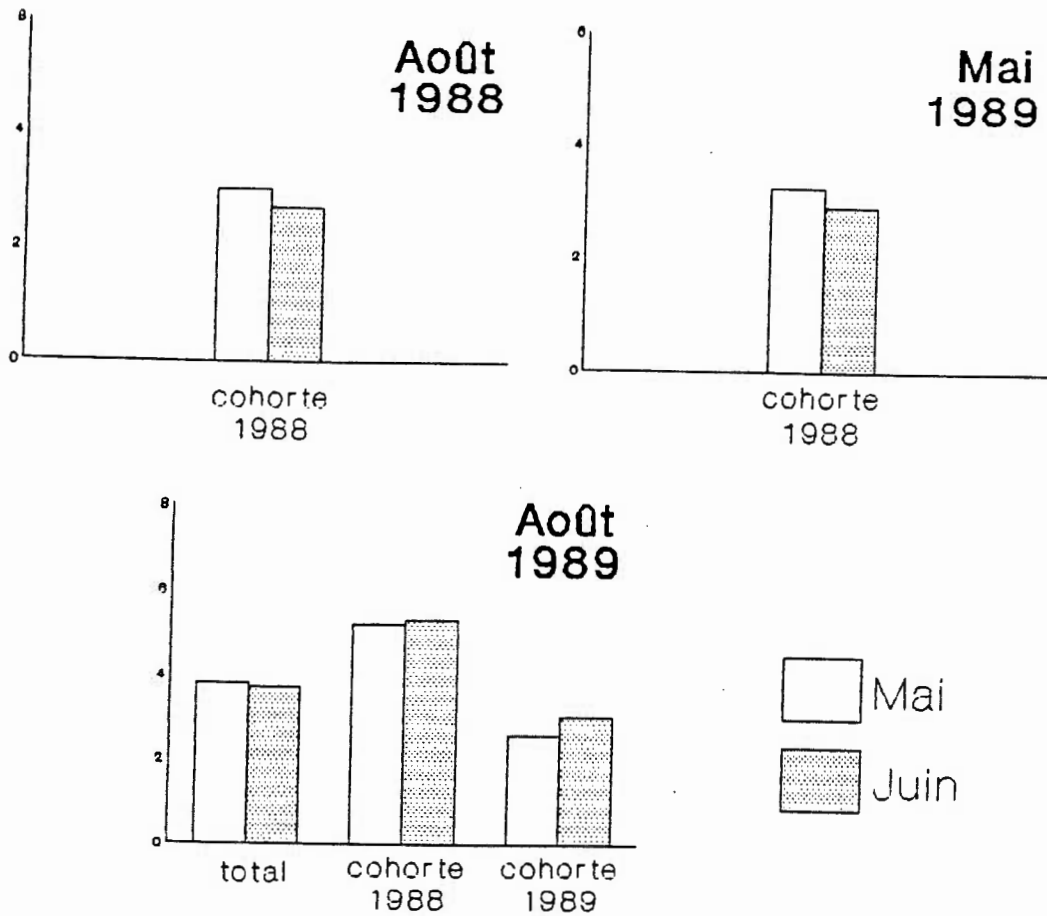


Figure 2.4: Diamètre des rejets (moyennes et écart-types) présents sur les cépées des deux traitements à la fin de la première saison (août 1988), au début (mai 1989) et à la fin (août 1989) de la deuxième saison de croissance des rejets. Les différences sont significatives au seuil de 0,05 (*), 0,01 (**) ou 0,001 (***)

en août 1988 et en mai 1989. Dans les deux cas, la station Mont Bourniot (BOU) présentait des rejets au diamètre plus élevé que les stations Collines Kékéko (KEK) et Calamite River (CAL).

A la fin de la deuxième saison de croissance, le diamètre des rejets (total des deux cohortes) des traitements de mai et de juin n'était pas significativement différent. Les rejets de la cohorte 1988 des deux traitements avaient en moyenne un diamètre de plus de 5,2 mm. Seuls les rejets de la cohorte 1989 montraient des différences significatives entre les traitements; ceux émis par les cépées coupées en juin présentaient un diamètre moyen de 3,1 mm alors que le diamètre de ceux émis par les cépées coupées en mai n'était que de 2,6 mm.

2.3.3 Hauteur des rejets

La hauteur des rejets produits par les cépées du traitement de mai à la fin de la première saison atteignait 19,0 cm et était plus élevée de 5 cm en moyenne que celle des rejets produits par les cépées du traitement de juin (figure 2.5). Après le premier hiver, en mai 1989, la

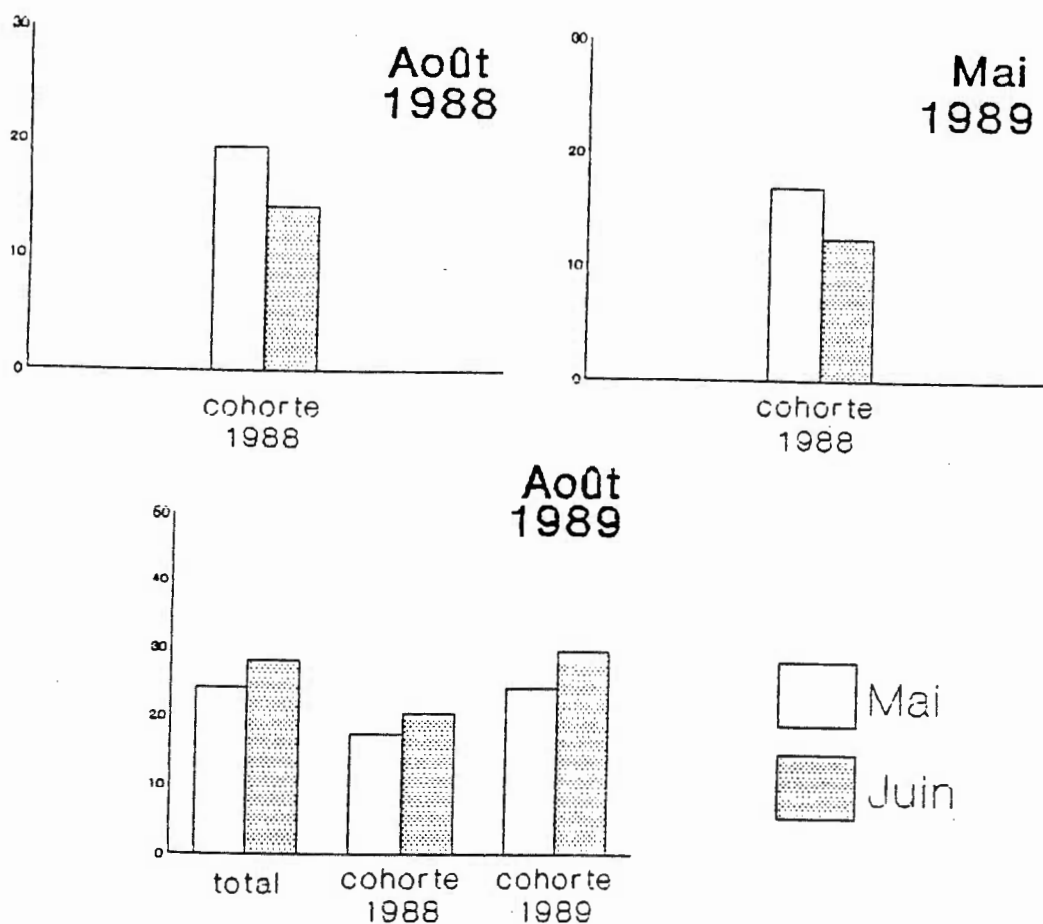


Figure 2.5: Hauteur de rejets (moyennes et écart-types) présents sur les cépées des deux traitements à la fin de la première saison (août 1989), au début (mai 1989) et à la fin (août 1989) de la deuxième saison de croissance des rejets. Les différences sont significatives au seuil de 0.05 (*), 0.01 (**) ou 0.001 (***).

hauteur des rejets des traitements de mai et juin était généralement inférieure aux valeurs mesurées en août 1988 et ne présentait pas de différences significatives. Des différences significatives entre les stations étaient observées dans la hauteur des rejets en août 1988 et en mai 1989 alors que, dans les deux cas, celle des rejets des stations Mont Bourniot (BOU) et Dupuy-La Reine (DUP) était plus élevée que celle des rejets de la station Collines Kékéko (KEK).

Après deux saisons, la hauteur des rejets (total des deux cohortes) des cépées coupées en mai et celles coupées en juin n'était pas différente. La hauteur des rejets de la cohorte 1988 des souches des deux traitements ne présentait pas de différences significatives alors que celle des rejets de la cohorte 1989 était plus élevée pour les souches du traitement de juin, atteignant 29,7 cm comparativement à 24,3 cm pour les souches du traitement de mai. De plus, des différences significatives ont été observées entre les stations dans la hauteur des rejets de la cohorte 1989; les rejets des stations Dupuy-La Reine (DUP) et Calamite River (CAL) étaient plus grands que ceux de la station Roquemaure (ROQ).

2.3.4 Biomasse des rejets

Les cépées coupées en mai, avec 38,9 g, ont produit au cours de la première saison de croissance une biomasse de rejets près de deux fois plus élevée que celles coupées en juin (figure 2.6). Au début de la deuxième saison de croissance, la biomasse moyenne de rejets présente sur les souches des deux traitements était moins élevée qu'à la fin de la première saison et toujours significativement plus grande sur les souches du traitement de mai comparativement à celles du traitement de juin.

Après deux saisons de croissance, les cépées des traitements de mai et juin présentaient des biomasses totales semblables, soit entre 130 et 160g. Les différences observées dans la biomasse des rejets de la cohorte 1988 des deux traitements (121,2 et 64,4g pour les coupes de mai et juin respectivement) n'étaient pas significativement différentes alors que la production de nouveaux rejets au cours de la deuxième saison (cohorte 1989) a été plus élevée pour les cépées coupées en juin, atteignant 65,8 g, comparativement à 39,0 g pour les cépées coupées en mai.

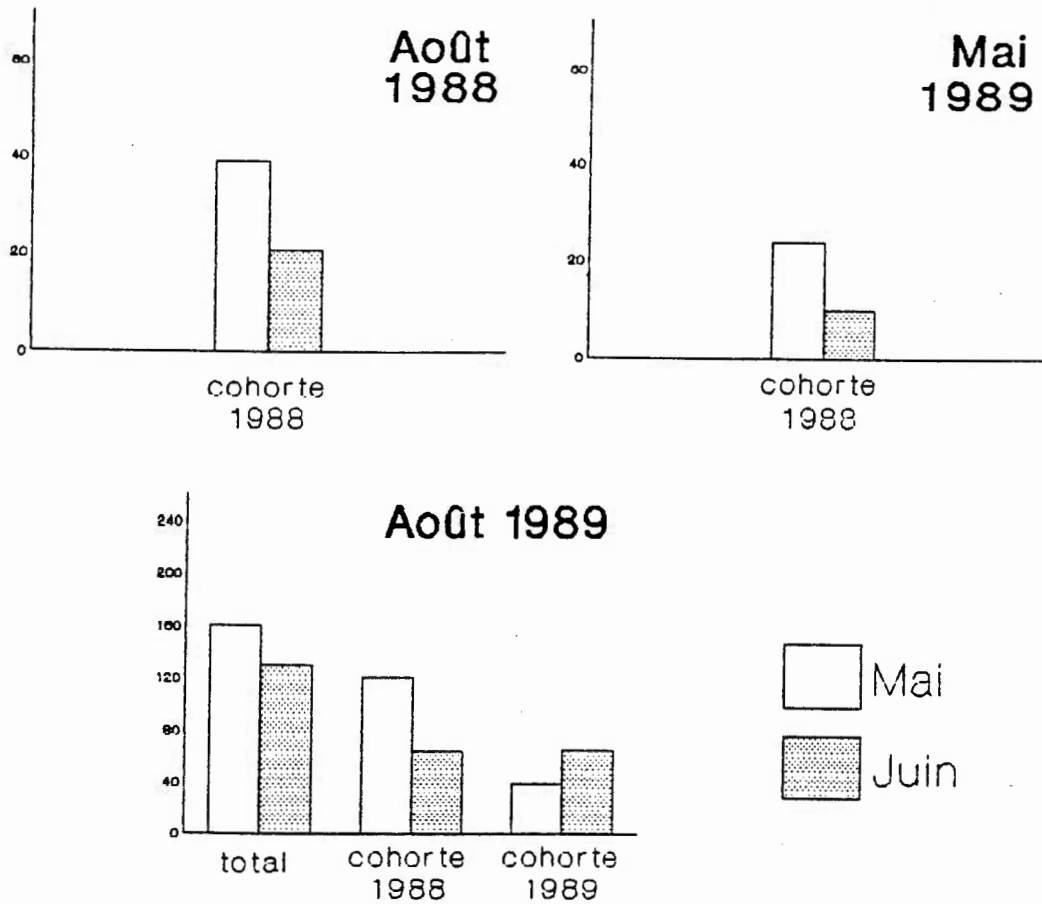


Figure 2.6: Biomasse de rejets (moyennes et écart-types) présente sur les cépées des deux traitements à la fin de la première saison (août 1989), au début (mai 1989) et à la fin (août 1989) de la deuxième saison de croissance des rejets. Les différences sont significatives au seuil de 0.05 (*), 0.01 (**) ou 0.001 (***).

2.3.5 Relations entre la productivité de la première et de la deuxième année

Le nombre de rejets de la cohorte 1989 est corrélé négativement et de façon significative à la biomasse de rejets de la cohorte 1988 présente sur les souches au début de la deuxième saison de croissance (mai 1989). De même, la biomasse de rejets de la cohorte 1989 est corrélée négativement et de façon significative à la fois au nombre et à la biomasse de rejets présents sur les cépées au printemps 1989.

Par ailleurs, l'accroissement de la biomasse totale et l'accroissement de la biomasse des rejets de la cohorte 1988 au cours de l'été 1989 sont positivement corrélés au nombre et à la biomasse de rejets présents au début de la deuxième saison (tableau 2.4). De plus, l'accroissement de la biomasse des rejets de la cohorte 1988 est négativement corrélé et de façon significative à la biomasse de rejets de la cohorte 1989 ($r' = -0,533$ et $p = 0,001$).

Les équations de régression obtenues sont dans la plupart des cas significatives et leur r' varie entre 0,031 et 0,467 (tableau 2.5). Les valeurs de r' les plus élevées

Tableau 2.4: Indices de corrélations de Spearman entre la productivité des cépées au cours de la deuxième saison (production des rejets de la cohorte 1989 et croissance de ceux de la cohorte 1988) versus le nombre et la biomasse de rejets présents au début de la saison de croissance (mai 1989).

Productivité des cépées au cours de la deuxième saison				
Cohorte 1989		Cohorte 1988		Total
Nombre	Biomasse	Biomasse	Biomasse	Biomasse
Cohorte 1988 (mai 1989)				
Nombre	n.s.	-0,245 **	0,568 ***	0,389 ***
Biomasse	-0,265 **	-0,342 ***	0,734 ***	0,560 ***
* 0,05 ** 0,01 *** 0,001				

Tableau 2.5: Equations de régressions établies pour prédire la productivité (nombre et nouvelle biomasse produite) des cépées (total des cépées confondues et cépées des traitements de mai et juin) au cours de la deuxième saison à partir du nombre et de la biomasse de rejets présents sur les souches au début de la saison. N = nombre, B = biomasse et dB = accroissement en biomasse.

	Equation (Y=b + mX)	r ²	p
Total n=70	$N_{\text{cohorte '89}} = 0,512 + 0,415 (N_{\text{mai 1989}})$	0,044	0,021
	$B_{\text{cohorte '89}} = 0,726 - 0,362 (B_{\text{mai 1989}})$	0,031	0,04
	$dB_{\text{cohorte '88}} = 0,401 + 2,737 (B_{\text{mai 1989}})$	0,467	0,001
	$dB_{\text{totale}} = 1,127 + 2,374 (B_{\text{mai 1989}})$	0,296	0,001
Mai n=35	$N_{\text{cohorte '89}} = 0,494 + 0,280 (N_{\text{mai 1989}})$	0,006	-
	$B_{\text{cohorte '89}} = 0,524 - 0,297 (B_{\text{mai 1989}})$	0,100	0,04
	$dB_{\text{cohorte '88}} = 0,477 + 2,634 (B_{\text{mai 1989}})$	0,434	0,001
	$dB_{\text{totale}} = 1,002 + 2,337 (B_{\text{mai 1989}})$	0,362	0,001
Juin n=35	$N_{\text{cohorte '89}} = 0,454 + 0,899 (N_{\text{mai 1989}})$	0,162	0,002
	$B_{\text{cohorte '89}} = 0,830 + 0,024 (B_{\text{mai 1989}})$	0,021	-
	$dB_{\text{cohorte '88}} = 0,312 + 3,077 (B_{\text{mai 1989}})$	0,439	0,001
	$dB_{\text{totale}} = 1,141 + 3,101 (B_{\text{mai 1989}})$	0,194	0,001

ont été obtenues pour les équations reliant l'accroissement de la biomasse des rejets de la cohorte 1988 au cours de l'été 1989 à la biomasse de rejets présente au début de la saison. A l'opposé, les valeurs de r' obtenues dans le cas des équations reliant la production de nouveaux rejets en 1989 au nombre et à la biomasse de rejets présents au début de la saison sont très faibles.

2.4 Discussion

2.4.1 Première année

En moyenne, les cépées des deux traitements combinés ont produit plus de 45 rejets au cours de leur première saison de croissance. Cette production est comparable à celle observée par Mann (1984) et supérieure aux résultats obtenus par Perala (1974), Prager et Goldsmith (1977) et Mroz *et al.* (1985). La productivité des cépées coupées avant le débourrement des bourgeons était plus élevée que celle des cépées coupées après la feuillaison. Plusieurs auteurs ont observé une influence de la période au cours de laquelle survient la perturbation sur la régénération végétative des arbres et arbustes des systèmes tempérés (Hook et DeBell 1970), méditerranéen (Malanson et Trabaud 1988) et semi-désertique (Buttery *et al.* 1959). Des travaux sur l'érable à sucre ont montré que le nombre de bourgeons libérés de leur état de dormance diminuait au fur et à mesure que la coupe survenait tard dans la saison (MacDonald et Powell 1985). Les auteurs de cette étude expliquent la meilleure productivité de ces cépées coupées tôt au printemps par une plus grande disponibilité des

réserves en hydrates de carbone dans le système racinaire au moment de la coupe, ainsi que par une saison de croissance plus longue pour les rejets émis. La plus faible production de rejets des souches du traitement de juin pourrait aussi être régulée par un ou des mécanismes hormonaux associés à la photopériode (Wenger 1953, Vogt et Cox 1970, Schier et Zasada 1973, MacDonald et Powell 1985).

Les rejets émis par les cépées coupées à la reprise de l'activité physiologique au printemps présentent une meilleure croissance que ceux émis plus tard dans la saison au cours de la première année suivant la coupe. La plus longue saison de croissance allouée aux rejets issus du traitement de mai a résulté en un diamètre et une hauteur plus élevés. La croissance initiale des rejets est alimentée par les réserves en hydrates de carbone (Vogt et Cox 1970, Schier et Zasada 1973). Par la suite, l'activité photosynthétique des rejets produit une proportion croissante de l'énergie nécessaire à leur développement (Donnely 1974).

Le délai entre le moment de la coupe et l'émission des rejets varie entre deux et cinq semaines chez l'érable rouge (Wilson 1968). Par conséquent, la durée de la saison

de croissance était d'environ 7 semaines pour les rejets des cépées coupées en juin, comparativement à environ 11 semaines pour les rejets des cépées coupées en mai. Cette courte saison de croissance des rejets produits par les cépées coupées après la feuillaison n'est peut-être pas suffisante à la formation des écailles des bourgeons terminaux avant l'hiver et peut expliquer la tendance vers des taux de mortalité plus élevés présentés par ces rejets au cours du premier hiver (Wilson 1967). Les taux de mortalité étaient également plus élevés chez les rejets dont le diamètre était plus faible, ceux-ci étant ainsi moins résistants au gel. Le broutage des rejets par le lièvre explique la diminution dans la hauteur moyenne des rejets entre les mesures d'août 1988 et mai 1989.

2.4.2 Deuxième année

La productivité des cépées coupées en juin, en terme de biomasse de rejets produite, était plus élevée que celle des cépées coupées en mai au cours de la deuxième saison de croissance. Les rejets de la nouvelle cohorte présentaient également une croissance en diamètre et en hauteur supérieure dans le cas des cépées coupées après la

feuillaison. Une combinaison de trois facteurs pourrait expliquer la productivité accrue des cépées du traitement de juin au cours de la deuxième saison de croissance.

En premier lieu, les souches du traitement de juin ont pu disposer au début de 1989 d'une plus grande quantité de réserves en hydrates de carbone que celles du traitement de mai. Ces teneurs en sucres plus élevées seraient à leur tour reliées à la plus faible productivité de ces cépées au cours de la première saison.

Deuxièmement, la productivité plus élevée des cépées coupées après la feuillaison serait reliée à l'activité hormonale des rejets. La reprise de la croissance des rejets au début de la deuxième saison entraîne la production d'auxines qui induisent un phénomène de dominance apicale et inhibent le développement de nouveaux bourgeons (Church et Godman 1966, Wilson 1968, Godman et Mattson 1970, Berg et Plumb 1971). Nous pouvons supposer que lors du débourrement des bourgeons foliaires et de l'expansion des nouvelles feuilles, les rejets sur les souches du traitement de juin ont produit des teneurs en auxines moins élevées que les rejets sur les souches de mai. En retour, ces teneurs moins élevées leur auraient

permis de produire un plus grand nombre de rejets au cours de la deuxième saison.

Troisièmement, une compétition moins intense entre les rejets sur les souches de juin représente de meilleures conditions de croissance et pourrait expliquer la production d'un plus grand nombre et d'une plus grande biomasse de rejets par ces cépées (Schier et Zasada 1973, Beck 1977, Prager et Goldsmith 1977). Nos résultats suggèrent que la productivité des cépées au cours des premières années suivant la coupe est influencée par le nombre et la biomasse de rejets présents au moment de la reprise de l'activité au printemps et indirectement par leur productivité au cours des années précédentes et les taux de mortalité affichés au cours du dernier hiver.

Les analyses de corrélation indiquent que la productivité des cépées au cours de la deuxième année est corrélée négativement avec le nombre et la biomasse de rejets présents sur les souches au début de la saison de croissance. Par contre, les faibles coefficients de régression obtenus montrent que nous ne pouvons pas prédire correctement la production de nouveaux rejets au cours de la deuxième année suivant la coupe des cépées.

2.5 Conclusion

La production de rejets de souche chez l'érable rouge est influencée par la période de coupe au cours de la première saison. Nos résultats ont montré que la productivité des cépées coupées (nombre et biomasse de rejets produits) avant le débourrement des bourgeons était plus élevée que celle des cépées coupées après la feuillaison. Ces différences seraient avant tout reliées à la longueur de la saison de croissance. Les rejets émis par les cépées coupées après la feuillaison ont également une croissance plus faible et leurs taux de mortalité au cours de l'hiver semblent plus élevés.

La productivité des cépées n'est plus influencée par la période de coupe au terme de la deuxième saison. Le retard affiché par les cépées du traitement de juin à la fin de la première saison est comblé par une production de rejets plus élevée au cours de la deuxième saison. Cette productivité accrue serait influencée par le nombre et la biomasse de rejets présents au début de la deuxième saison et donc, indirectement, par la productivité des cépées au

cours de la saison précédente et la mortalité des rejets au cours de l'hiver. Les mécanismes impliqués dans cette régulation de la productivité des cépées pourraient être reliés aux teneurs en auxines produites par la ou les cohortes de rejets de l'année précédente et à l'intensité de la compétition entre les rejets.

La production de nouveaux rejets au cours de la deuxième saison ramène leurs effectifs aux niveaux de la première saison et compense pour la mortalité des rejets au cours de l'hiver. L'érable rouge semble ajuster sa production de rejets de souche dans le temps. Par conséquent, nos résultats suggèrent que, indépendamment de la période de coupe, la régénération végétative de l'érable rouge après une coupe printanière dans le nord-ouest québécois permet à ses populations de se maintenir au sein des peuplements exploités.

3.0 CONCLUSION GÉNÉRALE

A la limite nord de son aire de répartition, le grand potentiel de régénération végétative de l'érable rouge permet à ses populations de recoloniser le milieu après une perturbation. Bien que la productivité des individus perturbés soit influencée par plusieurs facteurs au cours de la première saison, notamment l'âge des cépées, leur taille et la période de l'année au cours de laquelle survient la coupe ou le feu, il semble qu'à plus long terme le succès de régénération de l'érable rouge dans le nord-ouest québécois soit avant tout relié aux conditions de croissance et à l'établissement des rejets.

Le grand potentiel de régénération de l'érable rouge représente un problème important au niveau de l'exploitation des essences commerciales sur les parterres de coupe. A la lumière de nos résultats, nous pouvons proposer que des coupes effectuées tout juste après la feuillaison peuvent réduire l'intensité de la compétition des rejets sur la régénération préétablie des résineux pendant la première année de croissance des rejets.

Il est possible d'utiliser cette production massive de rejets chez l'érable rouge dans différents projets d'aménagement. La biomasse produite par les cépées peut

être récoltée comme source de bois de chauffage ou servir à l'alimentation du lièvre et de gros mammifères comme le chevreuil et l'orignal dans leur habitat naturel.

D'autres travaux de recherche sont indispensables pour mieux comprendre les mécanismes qui régissent la production de rejets de souche de l'érable rouge et des essences feuillues en général. La dynamique de la compétition intra-souche des rejets d'une même cohorte de rejets ou de cohortes différentes et les mécanismes hormonaux impliqués dans la régulation de la réponse des cépées devront être étudiés plus à fond. Le rôle précis des réserves en hydrates de carbone dans la production de rejets de souche reste à préciser. Enfin, il serait très intéressant de déterminer l'effet à plus long terme de la période de coupe sur la production de rejets.

REFERENCES

- Anonyme, 1988, Statistiques mensuelles (avril à septembre) des données météorologiques des stations de Rémigny et Val-St-Gilles, Environnement Québec, Québec, Canada
- Anonyme, 1989, Statistiques mensuelles (avril à septembre) des données météorologiques des stations de Rémigny et Val-St-Gilles, Environnement Québec, Québec, Canada
- Bachelard, E.P. et F. Wightman, 1973, Biochemical and physiological studies on dormancy release in tree buds
1) Changes in degree of dormancy, respiratory capacity, and major cell constituents in overwintering vegetative buds of *Populus balsamifera*, Can. J. Bot 51:2315-2326
- Baskerville, G.L., 1961, Response of young fir and spruce to release from shrub competition, Can. Dep. For. For. Res. Branch Tech. Note No 98
- Bazzaz, F.A., N.R. Chiariello, P.D. Colley et L.F. Pitelka, 1987, Allocating ressources to reproduction and defense, BioScience 37:58-66
- Beck, D.E., 1977, Growth and development of thinned versus unthinned yellow-poplar sprout clumps, U.S.D.A.For. Serv. Res. Pap. SE 173
- Berg, A.R. et T.R. Plumb, 1971, Bud activation for regrowth, in wildland shrubs - their biology and utilization, C.M. McKeil et J.P. Blaisdell eds, U.S.D.A. FOR. SERV. GEN. TECH. REP. INT-1, p. 279-286
- Bergeron, Y., 1991, Fire regime in a boreal lake landscape, Ecology (sous presse)
- Bergeron, Y. et M. Dubuc, 1989, Succession in the southern part of the Canadian boreal forest, Vegetatio 79:51-63
- Bergeron, Y. et A. Bouchard, 1984, Use of ecological groups in analysis and classification of plants communities in a section of western Québec, Vegetatio 56:45-63

- Bergeron, Y., C. Camiré, A. Bouchard et P. Gangloff, 1982, Analyse et classification des sols pour une étude écologique intégrée d'un secteur de l'Abitibi, Québec, Géographie Physique et Quaternaire 36:291-305
- 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
- Bernstein, B.B., 1981, Ecology and economics: complex systems in changing environments, Ann. Rev. Ecol. Syst. 12:309-330
- Bloom, A.J., F.S. Chapin et H.A. Mooney, 1985, Ressource limitation in plants - an economic analogy, Ann. Rev. Ecol. Syst. 16:363-392.
- Burke, M.J., L.V. Gusta, H.A. Quamme, C.J. Weiser et P.H. Li, 1976, Freezing and injury in plants, Ann. Rev. Plant Physiol. 27:507-528
- Buttery, R.F., J.R. Bentley et T.R. Plumb, 1959, Season of burning affects follow-up chemical control of sprouting chamise, U.S.D.A. For. Serv. Res. Note No. 154
- Chapin, F.S., A.J. Bloom, C.B. Field et R.H. Waring, 1987, Plant response to multiple environmental factors, Bioscience 37(1):49-57
- Chapin, F.S., E-D Schulze et H.A. Mooney, 1990, The ecology and economics of storage in plants, Ann. Rev. Ecol. Syst. 21:423-447
- Chiariello, N. et J. Roughgarden, 1984, Storage allocation in seasonal races of an annual plant: optimal versus actual allocation, Ecology 65(4):1290-1301
- Church, T.W., 1960, Factors affecting the development and survival of sugar maple sprouts, Proc. Soc. Am. Forest., Washington
- Church, T.W. et R.M. Godman, 1966, The formation and development of dormant buds in sugar maple, For. Sci. 12:301-306
- Cottam, G. et J.T. Curtis, 1956, Use of distance measures in photosociological sampling, Ecology 37:451-460

- Critchfield, W.B., 1971, Shoot growth and heterophylly in *Acer*, J. Arnold Arb. 52:240-266
- 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, Québec, Canada 150 p.
- DeBell, D.S. et L.T. Alford, 1972, Sprouting characteristics and cutting practices evaluated for cottonwood, Tree planters' note 3:1-3
- Dickson, R.E., 1987, Diurnal changes in leaf chemical constituents and ¹⁴C partitioning in cottonwood, Tree Physiology 3:157-170
- Dickson, R.E., 1989, Carbon and nitrogen allocation in trees, Ann. Sci. For. 46 suppl.:631s-647s
- Donnelly, J.R., 1974, Seasonal changes in photosynthate transport within elongating shoots of *Populus grandidentata*, Can. J. Bot. 52:2547-2559
- Essiamah, S. et W. Eschrich, 1985, Changes of starch content in the storage tissues of deciduous trees during winter and spring, IAWA Bulletin 6(2):97-106
- Farmer, R.E. et M. Cunningham, 1981, Seed dormancy of red maple in east Tennessee, For. Sci. 27(3):446-448
- Farmer, R.E. et J.C. Goelz, 1984, Germination characteristics of red maple in northwestern Ontario, For. Sci. 30(3):670-672
- Fege, A.S. et G.N. Brown, 1984, Carbohydrate distribution in dormant *Populus* shoots and hardwood cuttings, For. Sci. 4:990-1010
- Fitter, A.H. et R.K.M. Hay, 1987, Environmental physiology of plants, Academic Press, London, 423 p.
- Fowells, H.A., 1991, Silvies of forest trees of the United States, USDA Handbook no 271, 2nd edition, U.S. Gov. Printing Office, Washington, D.C.
- Gifford, R.M. et L.T. Evans, 1981, Photosynthesis, carbon partitioning, and yield, Ann. Rev. Plant Physiol. 32:485-509.

- Gill, A.M., 1977, **Plants traits adaptive to fire in mediterranean land ecosystems**, Proceedings of the symposium on the environmental consequences of fire and fuel management in mediterranean ecosystems, Palo Alto, CA
- Gill, A.M., 1981, **Fire adaptive traits of vascular plants**, Proc. Conf. Fire regimes and ecosystem properties, Honolulu, Hawaii, U.S.D.A. Gen. Tech. Rep. WO-26
- Godman, R.M. et G.A. Mattson, 1970, **The sprouting potential of dormant buds on the bole of pole-size sugar maple**, U.S.D.A. FOR. SERV. RES. NOTE NC-88
- Grandtner, M.M., 1966, **La végétation forestière du Québec méridional**, Les presses de l'Université Laval, Québec, Québec
- Gregory, R.A., 1980, **Annual cycle of shoot development in sugar maple**, Can. J. For. Res. 10:316-326
- Haissig, B.E. et R.E. Dickson, 1979, **Starch measurement in plant tissue using enzymatic hydrolysis**, *Physiol. Plant* 47:151-157
- Haissig, B.E. et R.E. Dickson, 1982, **Glucose measurement errors in enzymatic starch hydrolysates at high enzyme-glucose weight ratios**, *Physiol. Plant* 54:244-248
- Harvey, B.D. et Y. Bergeron, 1989, **Site patterns of natural regeneration following clear-cutting in northwestern Quebec**, Can. J. For. Res. 19(11):1458-1469
- Hendrickson, O.Q., 1988, **Biomass and nutrients in regenerating woody vegetation following whole-tree and conventional harvest in a northern mixed forest**, Can. J. For. Res. 18:1427-1436
- Hillman, J.R., 1984, **Apical dominance**, in *Advances in plant physiology*, M.B. Wilkins ed, Pittman publishers Ltd, London, 514p.
- Hook, D.D. et D.S. DeBell, 1970, **Factors influencing stump sprouting of swamp and water tupelo seedlings**, U.S.D.A. FOR. SERV. RES. PAP. SE-57

- Jarvis, P.G. et J.W. Leverenz, 1982, Productivity of temperate, deciduous and evergreen forests, in Encyclopedia of plant physiology vol. 12, O.L Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond et H. Ziegler eds, Springer-Verlag, Berlin, p. 234-279
- Johnson, P.S., 1975, Red oak sprout clumps, For. Sci. 21:413-418
- Johnson, P.S., 1977, Predicting oak stump sprouting and sprout development in the Missouri Ozarks, U.S.D.A. FOR. SERV. RES. PAP. NC-149
- Johnson, P.S., 1979, Shoot elongation of black oak and white oak sprouts, Can. J. For. Res. 9:489-494
- Kauppi, A., M. Kiviniitty et A. Ferm, 1988, Growth habits and crown architecture of *Betula pubescens* Ehrh of seed and sprout origin, Can. J. For. Res. 18:1603-1613
- Kormanik, P.P. et C.L. Brown, 1964, Origin of secondary dormant buds in sweetgum, U.S.D.A. FOR. SERV. RES. NOTE SE-36
- Kozlowski, T.T., 1964, Shoot growth in woody plants, Bot. Rev. 30(3):335-392
- Kozlowski, T.T. et J.J. Clausen, 1966, Shoot growth characteristics of heterophyllous woody plants, Can. J. Bot. 44:827-843
- Kozlowski, T.T. et T. Keller, 1966, Food relations of woody plants, Bot. Rev. 32(4):293-383
- Kozlowski, T.T. et R.C. Ward, 1961, Shoot elongation characteristics of forest trees, For. Sci. 7(4):357-368
- Kozlowski, T.T., P.J. Kramer et S.G. Pallardy, 1991, Physiological ecology of woody plants, Academic Press, CA, 856 p.
- Lalonde, D., 1991, Distribution et dynamique des communautés d'érables rouges à leur limite nord de répartition en Abitibi (Québec), mémoire de maîtrise, Université du Québec à Montréal, Québec, Canada 150 p.

- Larcher, W. et H. Bauer, 1982, Ecological significance of resistance to low temperature, in Encyclopedia of plant physiology, vol. 12, O.L Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond et H. Ziegler éds, Springer-Verlag, Berlin, p. 403-437
- Lamson, N.I., 1988, Precommercial thinning and pruning of appalachian stump sprouts - ten-year results, South J. Appl. For. 12(1):23-27
- Levitt, J., 1980, Responses of plants to environmental stresses, Vol 1, Chilling, freezing and high temperatures stresses, 2nd ed., Academic Press, New York
- Li, P.H. et A.K. Sakai, 1978, Plant cold hardiness and freezing stress - mechanisms and implications, Academic Press, New York
- Loescher, W.H., T.McCammant et J.D. Keller, 1990, Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots, HortScience 25(3):274-281
- Lorimer, C.G., 1984, Development of the red maple understory in northeastern oak forest, For. Sci. 30(1):3-22
- MacDonald, J.E. et G.R. Powell, 1983, Relationship between stump sprouting and parent tree diameter in sugar maple the first year following clear-cutting, Can. J. For. Res. 13:390-394
- MacDonald, J.E. et G.R. Powell, 1985, First growing period development of *Acer saccharum* stump sprouts arising after different dates of cut, Can. J. Bot. 63:819-828
- Malanson, G.P. et L. Trabaud, 1988, Vigour of post-fire resprouting by *Quercus coccifera* L., J. Ecol. 76:351-365
- Mann, L.K., 1984, First-year regeneration in upland hardwoods after two levels of residue removal, Can. J. For. Res. 14:336-342
- McMinn, J.W., 1985, Whole-tree harvesting affects pine regeneration and hardwood competition, South. J. Appl. For. 9:81-84

- Mooney, H.A., 1972, The carbon balance of plants, *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 3:315-346
- Mooney, H.A. et N.R. Chiariello, 1984, The study of plant function - the plant as a balanced system, dans *Perspectives on plant population ecology*, éd. par R. Dirzo et J. Sarukhin, Sinauer, MA, p. 305-323
- Mroz, G.D., D.J. Frederick et M.F. Jurgensen, 1985, Site and fertilizer effects on northern hardwood stump sprouting, *Can. J. For. Res.* 15:535-543
- Nelson, E.A. et R.E. Dickson, 1981, Accumulation of food reserves in cottonwood stems during dormancy induction, *Can. J. For. Res.* 11:145-154
- Osmond, C.B., M.P. Austin, J.A. Berry, W.D. Billings, J.S. Boyer, J.W.H. Dacey, P.S. Nobel, S.D. Smith et W.E. Winner, 1987, Stress physiology and the distribution of plants, *BioScience* 37:38-48
- Parker, J., 1962, Seasonal changes in cold resistance and free sugars of some hardwood tree barks, *For. Sci.* 8:255-262
- Parker, J., 1963, Cold resistance in woody plants, *Bot. Rev.* 29:123-201
- Parker, J., 1970, Effects of defoliation and drought on root food reserves in sugar maple seedlings, U.S.D.A. For. Serv. Res. Pap. NE-169
- Payette, S. et R. Gagnon, 1985, Late holocene deforestation and tree regeneration in the forest-tundra of Québec, *Nature* 313:570-572
- Perala, D.A., 1974, Growth and survival of northern hardwood sprouts after burning, U.S.D.A. FOR. SERV. RES. NOTE NC-176
- Powell, G.R., K.J. Tosh et J.E. MacDonald, 1982, Indeterminate shoot extension and heterophylly in *Acer saccharum*, *Can. J. For. Res.* 12:166-170
- Powell, L.E., 1987, The hormonal control of bud and seed dormancy in woody plants, in *Plant hormones and their role in plant growth and development*, P.J. Davies ed., Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 681 p.

- Prager, U.E. et F.B. Goldsmith, 1977, Stump sprout formation by red maple (*Acer rubrum*) in Nova Scotia, Proc. N.S. Inst. Sci. 28:93-99
- Priestley, C.A., 1970, Carbohydrate storage and utilization, in Physiology of tree crops, L.C. Luckwill et C.V. Cutting, eds, Proc. Symposium (Long Ashton)
- Renaud, J.-P. et Y. Mauffette, 1991, The effects of dieback on carbohydrate content and growth of sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.), Can. J. For. Res. (sous presse)
- Roberts, M.R. et C.J. Richardson, 1985, Forty-one years of population change and community succession in aspen forests on four soil types, northern lower Michigan, U.S.A., Can. J. Bot. 63:1641-1651
- Roth, E.R. et G.H. Hepting, 1943, Origin and development of oak stump sprouts as affecting their likelihood to decay, J. For. 41:27-36
- Rundel, P.W., 1982, Fire as an ecological factor, in Encyclopedia of plant physiology vol. 12, éd. par O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond et H. Ziegler eds, Springer-Verlag, Berlin, p. 501-538
- SAS Institute, 1985, SAS Procedures guide, North-Carolina
- Sakai, A.K. et C.J. Weiser, 1973, Freezing resistance of trees in North America with reference to tree regions, Ecology 54:118-126
- Sauter, J.J., 1988, Temperature induced changes in starch and sugars in the stem of *Populus x canadensis (robusta)*, J. Plant Physiol. 132:608-612
- Sauter, J.J. et T. Ambrosius, 1986, Changes in the partitioning of carbohydrates in the wood during bud break in *Betula pendula*, J. Plant Physiol. 124:31-43
- Sauter, J.J., W. Iten et M.H. Zimmermann, 1972, Studies on the release of sugar into the vessels of sugar maple (*Acer saccharum*), Can. J. Bot. 51:1-8
- Schier, G.A. et J.C. Zasada, 1973, Role of carbohydrate reserves in the development of root suckers in *Populus tremuloides*, Can. J. For. Res. 3:243-250

- Sirois, L. et S. Payette, 1991, Reduced postfire tree regeneration along a boreal forest-forest-tundra transect in northern Quebec, *Ecology* 72(2):619-627
- Smalley, T.J., M.A. Dirr et G.G. Dull, 1987, Effects of extended photoperiod on budbreak, overwinter survival, and carbohydrate levels of *Acer rubrum* "October Glory" rooted cuttings, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 112(3):459-463
- Smalley, T.J. et M.A. Dirr, 1988, Effect of night interruption photoperiod treatment on subsequent growth of *Acer rubrum* cuttings, *HortScience* 23(1):172-174
- Smith, D.M., 1986, *The practice of silviculture*, 8th edition, John Wiley and sons, New-York, 527p.
- Solomon, D.S. et B.M. Blum, 1967, Stump sprouting of four northern hardwoods, U.S.D.A. For. Serv. Res. Pap. NE-59
- Steingraeber, D.A., 1982, Heterophylly and neoformation of leaves in sugar maple (*Acer saccharum*), *Amer. J. Bot.* 69(8):1277-1282
- Steponkus, P.L., 1981, Response to extreme temperatures, in *Encyclopedia of plant physiology*, vol. 12A, O.L Lange, P.S. Nobel, C.B. Osmond et H. Ziegler eds, Springer-Verlag, Berlin, p. 371-402
- Stone, E.L. et S.M. Cornwell, 1968, Basal bud burls in *Betula populifolia*, *For. Sci.* 14:64-65
- Tamas, I.A., 1987, Hormonal regulation of apical dominance, in *Plant hormones and their role in plant growth and development*, P.J. Davies ed., Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, 681 p.
- Tworowski, T.J., M.S. Ross et G.M. Hopper, 1990, Analysis of chesnut and scarlet oak stump sprout growth, *Can. J. For. Res.* 20:112-116
- Uhl, C. et J.B. Kauffmann, 1990, Deforestation, fire susceptibility, and potential tree response to fire in the eastern Amazon, *Ecology* 71(2):437-449

- Vogt, A.R. et G.S. Cox, 1970, Evidence for the hormonal control of stump sprouting by oak, For. Sci. 16:165-171
- Wargo, P.M., 1971, Seasonal changes in carbohydrate levels in the roots of sugar maple, U.S.D.A. For. Serv. Res. Pap. NE-213
- Wargo, P.M., 1975, Estimating starch content in roots of deciduous trees - a visual technique, U.S.D.A. For. Serv. Res. Pap. NE-313
- Wargo, P.M., 1979, Starch storage and radial growth in woody roots of sugar maple, Can. J. For. Res. 9:49-56
- Waring, R.H. et W.H. Schlesinger, 1985, Forest ecosystems - concepts and management, Academic Press, CA, 340p.
- Watson, M.A. et B.C. Casper, 1984, Morphogenetic constraints on patterns of carbon distribution in plants, Ann. Rev. Ecol. Syst. 15:233-258
- Weatman, G.F., 1983, Forestry practices and stress on Canadian forest land, in Stress on land, W. Simpson-Lewis, R. McKechnie et V. Neimanis eds, Environnement Canada, Lands Directorate, Policy Research and Development Branch, Ottawa, pp. 259-301
- Webber, B., J.T. Arnott, G.F. Weatman et G.C.R. Croome, 1968, Advance growth destruction, slash coverage and ground conditions in logging operations in eastern Canada, Pulp and Paper Research Institute of Canada, Pointe-claire, Québec
- Wein, R.W. et D.A. MacLean, 1983, Fire in northern circumpolar ecosystems, Scope 18, Wiley, New York
- Weiser, C.J., 1970, Cold resistance and injury in woody plants, Science 169:1269-1278
- Wendel, G.W., 1975, Stump sprout growth and quality of several hardwood species after clear-cutting, U.S.D.A. FOR. SERV. RES. PAP. NE-329
- Wenger, K.F., 1953, The sprouting of sweetgum in relation to season of cutting and carbohydrate content, Plant Physiol. 28:35-49

- Whitford, P.C., 1976, Resprouting capacity of oak roots: a ten year experiment, *The Mich. Bot.* 15:89-92
- Williams, R.A. et J.R. McClenahan, 1984, Biomass prediction equations for seedlings, sprouts and saplings of ten central hardwood species, *For. Sci.* 30:523-527
- Wilson, B.F., 1967, Development of the shoot system of *Acer rubrum*, Harvard Forest Pap. no 14
- Wilson, B.F., 1968, Red maple stump sprouts: development the first year, Harvard Forest Pap. no 18
- Woodward, F.I., 1987, Climate and plant distribution, Cambridge University Press, London, 174p.
- Ziegler, H., 1964, Storage, mobilization and distribution of reserve material in trees, in *The formation of wood in forest trees*, M.H. Zimmermann, ed., Academic Press, NY, 468p.
- Zimmermann, M.H. et C.L. Brown, 1971, *Trees structure and fonction*, Springer-Verlag, New York, 335p.

ANNEXES

Annexe 1: Nombre de rejets produits par les souches des deux traitements. Les rejets ont été dénombrés à la fin de la première saison (août 1988), au début (mai 1989) et à la fin (août 1989) de la deuxième saison et au début de la troisième saison de croissance (mai 1990).

	août 1988		mai 1989		total		août 1989		cohorte 1989		total		mai 1989		cohorte 1989	
	total		total		total		cohorte 1988		cohorte 1989		total		cohorte 1988		cohorte 1989	
	mai	juin	mai	juin	mai	juin	mai	juin	mai	juin	mai	juin	mai	juin	mai	juin
ROL	55,2 ±34,7	44,0 ±18,7	29,4 ±20,7	18,8 ±12,8	85,8 ±23,9	65,4 ±29,7	24,0 ±15,4	9,0 ±7,3	61,8 ±23,1	56,4 ±23,5	37,7 ±7,4	40,4 ±16,8	18,0 ±15,0	6,4 ±6,2	19,7 ±8,3	34,0 ±13,2
KEK	94,0 ±51,0	32,4 ±13,7	21,0 ±4,6	7,6 + 8,2	89,9 ±35,8	43,0 ±18,3	13,6 ±7,2	8,4 ±9,0	76,3 ±32,7	34,6 ±13,5	63,8 ±27,2	31,6 ±17,7	10,4 ±7,1	5,6 ±8,1	53,4 ±24,3	26,0 ±14,4
BOU	41,2 ±21,1	41,6 ±48,6	24,8 ±6,1	16,8 ±20,8	37,0 ±7,9	40,4 ±23,6	22,8 ±7,7	14,0 ±18,1	14,2 ±6,5	26,4 ±7,0	28,6 ±8,4	29,4 ±16,4	18,4 ±5,2	12,2 ±17,4	10,2 ±5,8	17,2 ±1,9
SAB	54,0 ±13,0	50,0 ±39,9	34,2 ±9,4	21,8 ±17,5	43,2 ±8,1	52,8 ±35,2	31,0 ±6,3	20,0 ±15,2	12,2 ±7,1	32,8 ±30,1	28,6 ±7,5	37,0 ±16,1	22,0 ±5,8	18,4 ±15,3	6,6 ±3,7	18,6 ±11,7
ROQ	28,8 ±19,1	34,2 ±7,6	18,8 ±9,2	15,4 ±7,4	34,0 ±13,6	66,0 ±41,3	16,0 ±10,1	11,8 ±7,6	18,0 ±8,2	54,2 ±48,9	27,6 ±10,5	43,0 ±18,3	14,2 ±8,7	11,7 ±6,8	13,4 ±7,8	31,3 ±24,8
DUP	40,8 ±13,5	37,6 ±14,1	19,0 ±14,3	18,2 ±8,3	37,6 ±14,0	31,6 ±29,5	18,8 ±12,1	6,2 ±10,0	18,8 ±4,7	25,4 ±20,2	26,0 ±21,1	23,4 ±14,1	11,2 ±13,1	8,4 ±6,8	14,8 ±11,1	15,0 ±12,4
CAL	58,0 ±27,7	39,2 ±22,0	17,4 ±5,5	15,8 ±5,7	53,8 ±25,5	50,6 ±13,9	16,2 ±12,5	15,8 ±10,0	37,6 ±18,4	34,8 ±16,0	43,6 ±17,5	38,4 ±12,0	6,0 ±5,7	4,4 ±4,0	37,6 ±21,4	34,0 ±12,1
FEN	49,6 ±27,8	40,6 ±35,0	21,4 ±6,4	22,0 ±9,2	43,6 ±24,8	58,0 ±29,0	23,2 ±12,8	16,2 ±9,4	20,4 ±32,8	41,8 ±23,6	24,3 ±10,0	30,3 ±20,0	12,0 ±6,4	12,0 ±8,2	12,3 ±15,8	18,3 ±14,4
PLA	35,4 ±21,3	21,0 ±13,5	12,2 ±4,0	7,4 ±8,9	26,2 ±13,0	24,8 ±12,6	8,6 ±3,4	3,8 ±2,0	17,6 ±14,4	21,0 ±12,5	15,0 ±6,7	12,2 ±9,1	7,6 ±5,0	2,6 ±1,8	7,4 ±7,0	9,6 ±8,9
COL	54,4 ±30,2	30,6 ±35,2	17,8 ±13,9	7,2 ±7,2	36,6 ±27,3	49,2 ±24,9	16,8 ±7,8	13,0 ±5,3	19,8 ±33,1	36,2 ±22,9	27,3 ±12,1	8,0 ±6,3	14,0 ±7,9	0,5 ±0,6	13,3 ±4,7	7,5 ±6,1

Annexe 2: Diamètre des rejets produits par les souches des deux traitements. Le diamètre (mm) a été mesuré à la fin de la première saison (août 1988), au début (mai 1989) et à la fin (août 1989) de la deuxième saison de croissance des rejets.

	août 1988 total		mai 1989 total		total		août 1989 cohorte 1988		cohorte 1989	
	mai	juin	mai	juin	mai	juin	mai	juin	mai	juin
RCL	2,82 ±0,52	3,06 ±1,13	3,35 ±0,48	2,92 ±0,67	3,75 ±1,12	3,81 ±0,63	4,22 ±1,53	5,68 ±2,07	2,76 ±0,70	3,62 ±0,75
KEK	2,46 ±0,33	2,75 ±0,25	2,68 ±0,25	2,90 ±0,24	2,94 ±0,33	3,24 ±0,90	4,10 ±0,77	5,02 ±2,01	2,67 ±0,21	2,87 ±0,51
BOU	4,41 ±1,35	2,89 ±0,61	4,66 ±1,10	3,12 ±0,40	5,01 ±1,19	3,87 ±1,28	6,69 ±2,54	5,67 ±1,57	2,83 ±0,58	3,29 ±1,36
SAB	3,18 ±0,64	2,55 ±0,29	3,31 ±0,65	2,84 ±0,61	4,14 ±1,08	4,04 ±1,43	5,00 ±1,59	5,48 ±1,65	1,94 ±0,76	2,58 ±0,89
ROQ	3,08 ±0,77	2,64 ±0,42	3,41 ±0,63	3,16 ±0,47	3,84 ±1,41	3,48 ±1,58	4,88 ±1,29	4,29 ±1,71	2,42 ±0,64	2,40 ±0,64
DUP	2,78 ±0,43	2,82 ±0,30	3,51 ±0,30	3,19 ±0,21	3,66 ±0,84	4,06 ±1,11	5,81 ±0,62	5,57 ±1,39	2,67 ±0,62	3,23 ±0,60
CAL	2,36 ±0,47	2,20 ±0,57	2,84 ±0,21	2,86 ±0,55	3,28 ±0,71	3,62 ±1,06	5,86 ±2,92	5,28 ±2,56	2,95 ±0,80	3,37 ±0,86
FEN	3,87 ±1,25	2,61 ±0,54	4,13 ±1,03	3,23 ±0,32	5,96 ±2,69	4,04 ±0,96	6,74 ±2,20	5,33 ±1,55	2,70 ±0,59	3,00 ±1,25
PLA	2,10 ±0,44	1,77 ±0,38	2,25 ±0,33	2,55 ±0,28	2,30 ±0,61	2,16 ±0,54	3,28 ±0,67	3,46 ±0,58	1,53 ±0,32	1,68 ±0,14
COL	2,37 ±0,57	1,79 ±0,43	2,75 ±0,45	2,22 ±0,30	3,24 ±0,51	1,99 ±0,67	4,50 ±1,21	3,23 ±1,23	1,75 ±0,19	1,71 ±0,38

Annexe 3: Hauteur des rejets produits par les souches des deux traitements. La hauteur (cm) a été mesurée à la fin de la première saison (août 1988), au début (mai 1989) et à la fin (août 1989) de la deuxième saison de croissance des rejets.

	août 1988		mai 1989		total		août 1989		total	
	total		total		total		cohorte 1988	cohorte 1989	total	
	mai	juin	mai	juin	mai	juin	mai	juin	mai	juin
ROL	15,4 ±10,6	11,0 ± 7,4	16,8 ±12,0	8,7 ± 3,2	24,7 ±14,8	35,6 ±12,8	25,1 ±19,0	31,2 ±21,9	19,2 ±11,1	37,4 ±14,9
KEK	8,4 ± 3,2	11,9 ± 7,5	3,1 ± 1,5	9,6 ±11,0	22,3 ± 3,3	20,4 ± 4,0	8,1 ± 4,3	16,2 ±12,7	24,7 ± 4,7	22,9 ± 8,9
BOU	33,8 ±17,0	13,0 ± 8,5	20,3 ±15,3	11,2 ± 4,7	26,0 ±13,4	28,1 ±15,1	26,0 ±13,4	18,0 ± 5,8	29,4 ±11,4	31,8 ±16,4
SAB	19,7 ± 5,9	13,8 ± 6,5	21,5 ± 5,3	14,2 ±11,3	22,8 ± 5,4	31,3 ± 8,6	23,3 ± 6,3	34,0 ±23,2	18,8 ±10,2	28,5 ± 8,8
ROQ	22,0 ± 8,9	13,7 ± 8,3	19,1 ± 9,9	11,7 ± 8,8	19,1 ± 7,0	19,6 ± 8,2	19,0 ± 7,7	16,5 ±10,2	16,0 ±10,3	17,4 ± 5,9
DUP	24,0 ± 7,7	20,0 ± 3,2	11,7 ± 8,0	9,3 ± 7,3	24,9 ± 8,2	30,0 ± 8,7	13,8 ± 6,6	14,1 ± 4,3	29,5 ±12,2	37,1 ± 8,5
CAL	12,7 ± 7,3	16,1 ±10,0	5,8 ± 3,8	9,7 ± 7,3	30,3 ±11,3	31,1 ± 5,5	9,9 ± 4,8	11,8 ± 9,5	32,7 ±10,4	32,5 ± 5,9
FEN	40,8 ±11,7	17,5 ±10,8	26,8 ±16,0	13,5 ±11,7	33,6 ±12,6	29,7 ± 5,6	33,2 ±16,4	19,5 ± 6,1	21,6 ±11,2	29,5 ±14,1
PLA	13,3 ± 8,6	10,3 ± 7,4	15,0 ±13,4	12,7 ± 9,3	10,7 ± 6,5	9,7 ± 5,8	13,9 ± 8,2	11,2 ± 8,5	7,6 ± 3,4	7,2 ± 1,5
COL	23,3 ± 8,3	17,3 ±13,4	22,7 ± 6,1	8,0 ± 7,8	19,1 ± 3,3	10,5 ± 6,9	26,7 ± 7,3	8,8 ± 8,9	10,3 ± 1,9	10,2 ± 6,7

Annexe 4: Biomasse de rejets produite par les souches des deux traitements. La biomasse en g de poids sec a été évaluée à la fin de la première saison (août 1988), au début (mai 1989) et à la fin (août 1989) de la deuxième saison de croissance.

	août 1988 total		mai 1989 total		total		août 1989 cohorte 1988		cohorte 1989	
	mai	juin	mai	juin	mai	juin	mai	juin	mai	juin
RCL	40,7 ±41,7	24,4 ±24,4	41,4 ±57,3	6,3 ±4,7	194,1 ±199,6	181,7 ±133,1	166,0 ±200,8	34,7 ±21,2	28,2 ±19,6	147,0 ±131,1
KEK	27,1 ±14,1	15,3 ±13,6	2,6 ±2,1	2,9 ±3,6	102,4 ±40,8	71,0 ±76,6	28,1 ±16,5	34,5 ±49,4	74,4 ±33,4	36,5 ±29,1
BOU	67,5 ±22,7	32,4 ±56,4	37,2 ±28,3	8,1 ±9,5	217,9 ±147,5	104,9 ±93,8	200,0 ±141,7	61,6 ±86,5	18,0 ±14,4	43,3 ±38,6
SAB	50,8 ±22,4	23,7 ±56,4	31,3 ±11,1	21,6 ±18,0	185,7 ±145,1	145,8 ±97,2	176,2 ±137,3	113,2 ±121,2	9,5 ±9,8	32,7 ±31,5
ROQ	27,6 ±28,1	15,7 ±8,9	22,3 ±22,9	13,1 ±18,7	79,9 ±78,3	106,9 ±106,1	67,6 ±72,3	55,2 ±106,9	12,3 ±12,8	51,6 ±81,6
DUP	36,0 ±29,4	26,4 ±7,2	26,9 ±43,3	10,1 ±9,8	235,5 ±303,0	185,5 ±125,3	181,9 ±274,4	118,7 ±123,0	53,6 ±42,1	66,8 ±54,9
CAL	22,3 ±17,1	6,0 ±4,6	3,5 ±3,9	5,0 ±4,6	106,0 ±40,0	115,6 ±71,2	28,6 ±23,8	32,8 ±55,0	77,5 ±53,4	82,8 ±47,4
FEN	103,6 ±54,2	73,7 ±43,3	47,4 ±43,0	17,4 ±16,4	250,3 ±168,1	195,5 ±62,1	236,7 ±157,2	97,1 ±54,8	13,6 ±20,6	98,4 ±88,8
PLA	31,5 ±24,9	19,6 ±15,3	4,3 ±3,4	5,5 ±8,9	10,3 ±11,9	4,1 ±3,9	7,3 ±6,0	3,4 ±2,7	1,8 ±1,4	2,3 ±1,6
COL	54,4 ±30,2	29,4 ±36,3	18,9 ±13,1	6,0 ±11,6	81,8 ±42,3	10,5 ±14,4	58,5 ±21,8	23,4 ±51,4	2,6 ±0,7	7,9 ±11,2

Annexe 5: Composition des strates arbustive et herbacée des
10 sites échantillonnés

Site	Strate 1 à 5 m		Strate 0 à 1 m	
	Espèce 1	Espèce 2	Espèce 1	Espèce 2
ROL	Cco	Aru	Paq	Ama
KEK	Asp	Cco	Ama	Tca
BOU	Aba	Pma	Mca	Cbo
SAB	Aru	Asp	Cbo	Paq
ROQ	Asp	Aru	Van	Mca
DUP	Asp	Cco	Ama	Cbo
CAL	Arg	Aru	Paq	Ama
FEN	Kan	Asp	Vmy	Cca
PLA	Asp	Cco	Mca	Paq
COL	Asp	Aru	Cbo	Van

Aba	<i>Abies balsamea</i>	Sapin baumier
Ama	<i>Aster macrophyllus</i>	Aster à grandes feuilles
Aru	<i>Acer rubrum</i>	Erable rouge
Arg	<i>Alnus rugosa</i>	Aulne rugueux
Asp	<i>Acer spicatum</i>	Erable à épis
Cbo	<i>Clintonia borealis</i>	Clintonie boréale
Cca	<i>Cornus canadensis</i>	Cornouiller du Canada
Cco	<i>Corylus cornuta</i>	Noisetier à long bec
Kan	<i>Kalmia angustifolia</i>	Kalmia à feuilles étroites
Mca	<i>Maianthemum canadensis</i>	Maienthème du Canada
Paq	<i>Pteridium aquilinum</i>	Fougère à l'aigle
Pma	<i>Picea mariana</i>	Epinette noire
Tca	<i>Taxus canadensis</i>	If du Canada
Van	<i>Vaccinium angustifolium</i>	Airelle à feuilles étroites
Vmy	<i>Vaccinium myrtilloides</i>	Airelle fausse-Myrtille