

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN BIOLOGIE

par

CHRISTINE SAVARD

STRATÉGIES D'ÉTABLISSEMENT DE L'ÉRABLE ROUGE
(ACER RUBRUM) DANS LA PARTIE NORD DE SON AIRE DE
DISTRIBUTION

OCTOBRE 1994





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.

REMERCIEMENTS

Je veux tout d'abord exprimer ma reconnaissance à Yves Mauffette et Francine Tremblay qui m'ont dirigée au cours de ce travail. J'ai apprécié leur compétence et leur disponibilité tout spécialement dans les dernières étapes.

Je voudrais remercier toutes les personnes qui ont contribué à cette recherche, pour leur aide et pour leur présence. Marie-Josée Houle, Janet Wyman, Normand Godfroy Bourget, Félix Bouvier, Marie-Hélène Vézina, Jacques Tardif, et Marie-Rose Savard Morand ont participé au travail de terrain et de laboratoire. Je tiens à souligner le soutien que m'a apportée Danièle Charron en plusieurs occasions, à Montréal au laboratoire et en Abitibi. Et je réserve une pensée chaleureuse aux compagnons du laboratoire d'Yves Mauffette: Patrice Babeux, Michel Constantin, Michel Fortin, Denis Lavertu et François Lorenzetti. Merci à vous cinq pour les nombreux conseils et l'amitié.

Je ne peux conclure cette étape sans remercier Bruno Lajeunesse pour l'intérêt qu'il a manifesté envers mon travail et Daniel Morand, père de Marie-Rose, dont la souplesse et la disponibilité ont été un important support tout au long de mes études universitaires.

RÉSUMÉ

Les objectifs de cette recherche étaient d'étudier les facteurs qui affectent la germination et la dormance des graines d'érable rouge chez des populations d'Abitibi-Thémiscamingue et du Haut Saint-Laurent afin de déterminer l'impact de la dormance sur l'établissement des semis. Des expériences en chambres de croissance ont démontré que les samares provenant des sites d'Abitibi-Thémiscamingue sont dormantes et que leur potentiel de germination augmente avec l'allongement de la période de stratification. Les samares provenant du Haut Saint-Laurent atteignent leur plein potentiel de germination sans stratification. Sur le terrain, la majorité des samares qui proviennent du Haut Saint-Laurent germent au moment de leur dispersion alors que celles provenant d'Abitibi germent le printemps suivant. Lorsqu'ils émergent, les semis issus de graines dormantes ont une biomasse et une hauteur moindres que ceux qui proviennent de graines non dormantes mais ces différences s'atténuent rapidement. L'exposition à la lumière lors de l'émergence ainsi que le poids des samares sont des facteurs qui influencent également la croissance des semis. Toutefois ces facteurs, dont la dormance des graines, affectent peu la survie des semis. En Abitibi-Thémiscamingue la dormance semble s'intégrer dans une stratégie qui optimise les chances d'établissement des semis face aux conditions adverses susceptibles de survenir à différentes périodes de l'année.

TABLE DES MATIÈRES

	page
REMERCIEMENTS	ii
RÉSUMÉ	iii
TABLE DES MATIÈRES	iv
LISTE DES TABLEAUX	vii
LISTE DES FIGURES	x
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
CHAPITRE I. DORMANCE DES GRAINES CHEZ L'ÉRABLE ROUGE	14
A. Introduction	15
B. Méthodes	18
1. Aire d'étude	18
2. Récolte des samares	20
3. Tests de germination en chambres de croissance	21
4. Tests d'émergence sur le terrain	22
5. Analyses statistiques	28
C. Résultats	30
1. Expériences en chambres de croissance	30
1.1 Effet de la stratification sur le taux de germination	30
1.2 Effet de la stratification sur la vitesse de germination	32
1.3 Examen des samares	32
1.4 Poids des samares	35
2. Tests d'émergence sur le terrain	38
2.1 Dormance des samares	38
2.2 Mortalité des semis après l'émergence	40
2.3 Lumière	43
2.4 Poids des samares	46
D. Discussion	48
1. Dormance des graines chez l'érable rouge	48
2. Lumière	52
3. Poids des samares	55
4. Deux stratégies d'établissement	58
E. Conclusion	61

	page
CHAPITRE II CROISSANCE DES SEMIS D'ÉRABLE ROUGE EN FONCTION DE LA DORMANCE DES GRAINES	63
A. Introduction	64
B. Méthodes	68
1. Plantations	68
2. Analyses statistiques	72
C. Résultats	76
1. Sites et provenances	76
2. Dormance	82
3. Lumière	86
4. Poids des samares	92
D. Discussion	96
1. Dormance	96
2. Lumière	98
3. Poids des samares	101
4. Dormance et succès des semis	103
E. Conclusion	105
CONCLUSION GÉNÉRALE	107
BIBLIOGRAPHIE	110
ANNEXES	
I. Sous échantillonnage des samares dans les tests sur le terrain	125
II. Analyse de variance de la biomasse des semis en fonction de la latitude (site) à laquelle ils croissent	127
III. Analyse de variance de la biomasse des semis en fonction de la provenance des samares	128
IV. Analyse de variance de la biomasse sèche totale en fonction de la dormance des graines, de la quantité le lumière et du poids des samares, chez des semis ayant émergé en 1989 (graines non dormantes) et en 1990 (graines dormantes) récoltés en juillet 1990 (0 et 1 an) et en septembre 1992 (2 et 3 ans)	130

V. Analyse de variance de la proportion de biomasse allouée aux racines en fonction de la dormance des graines, de la quantité de lumière et du poids des samares, chez des semis ayant émergé en 1989 (graines non dormantes) et en 1990 (graines dormantes) récoltés en juillet 1990 (0 et 1 an) et en septembre 1992 (2 et 3 ans)	131
VI. Analyse de variance de la biomasse en fonction de la dormance dans les plantations de 1991 et 1992	132

LISTE DES TABLEAUX

	page
Tableau I.I Résumé des tests d'émergence sur le terrain réalisés au site d'Abitibi.	24
Tableau I.II Résumé des tests d'émergence sur le terrain réalisés au site du Haut St-Laurent.	25
Tableau I.III Examen des graines n'ayant pas germé lors des expériences de 1992 en chambres de croissance.	34
Tableau I.IV Poids des samares (mg) de chacune des populations lors des expériences en chambres de croissance.	36
Tableau I.V Pourcentages de germination par classe de poids des samares pour chaque population lors des expériences en chambres de croissance de 1991.	37
Tableau I.VI Pourcentages d'émergence moyens des semis issus de germination différée et non différée lors des tests sur le terrain.	39
Tableau I.VII Mortalité des semis issus de graines non dormantes sur le terrain au cours de leur première année d'émergence.	41
Tableau I.VIII Mortalité des semis issus de graines non dormantes et dormantes sur le terrain au cours de leur première année d'existence lors des expériences de 1991-92 et 1992-93.	42
Tableau I.IX Pourcentages (%) d'émergence à la lumière et à l'ombre lors des tests sur le terrain.	44
Tableau I.X Pourcentages (%) d'émergence des petites et des grosses samares lors des tests sur le terrain.	47

Tableau II.I Dates de germination, de plantation, de prise de mesures et de récolte des semis.	69
Tableau II.II Effet de la dormance sur la croissance en hauteur des semis dans les plantations.	83
Tableau II.III Effet de la dormance sur la répartition de la biomasse entre les parties aériennes et le système racinaire.	85
Tableau II.IV Effet de la dormance sur la survie des semis (%) dans les plantations entre le moment de la transplantation et celui de la récolte.	87
Tableau II.V Effet de la quantité de lumière sur la biomasse totale et la répartition de la biomasse entre les parties aériennes et racinaires chez des semis ayant germé en 1989 (graines non dormantes) et 1990 (graines dormantes) récoltés en juillet 1990 (âge: 0 et 1 an) et en septembre 1992 (âge: 2 et 3 ans).	88
Tableau II.VI Effet interactif de la dormance des graines et de la quantité de lumière sur la biomasse des semis âgés de 2 et 3 ans provenant de samares du sud.	90
Tableau II.VII Effet de la quantité de lumière sur la survie des semis (%) dans la plantation de 1990 entre le moment de la transplantation et celui de la récolte.	91
Tableau II.VIII Effet du poids des samares sur la biomasse totale et la répartition de la biomasse entre les parties aériennes et racinaires chez des semis ayant germé en 1989 (graines non dormantes) et 1990 (graines dormantes) récoltés en juillet 1990 (âge: 0 et 1 an) et en septembre 1992 (âge: 2 et 3 ans).	93

Tableau II.IX Effet du poids des graines sur la survie des semis (%) dans la plantation de 1990 entre le moment de la transplantation et celui de la récolte. 95

LISTE DES FIGURES

	page
Figure 1.1 Carte des populations d'érable rouge étudiées.	19
Figure 1.2 Données météorologiques pour les mois de mai, juin (jn) et juillet (jl) de 1989 à 1993.	27
Figure 1.3 Pourcentages de germination en chambres de croissance suite aux différents traitements de stratification pour les samares de chacun des sites	31
Figure 1.4 Courbes de germination en fonction du temps pour les sites d'Hemmingford (Haut St-Laurent) et de Roquemaure (Abitibi) lors de l'expérience de 1991 en chambres de croissance.	33
Figure 2.1 Biomasse sèche totale (et écarts-types) des semis ayant germé en 1992 (graines non dormantes) et récoltés en juillet 1992 pour chacune des provenances.	77
Figure 2.2 Biomasse sèche totale (et écarts-types) des semis ayant germé en 1989 (graines non dormantes) et en 1990 (graines dormantes) récoltés en juillet 1990 pour chacune des provenances.	78
Figure 2.3 Biomasse sèche totale (et écart-type) des semis ayant germé en 1991 (graines non dormantes) et en 1992 (graines dormantes) récoltés en septembre 1992 pour chacune des provenances.	79
Figure 2.4 Biomasse sèche totale (et écart-type) des semis ayant germé en 1990 (graines non dormantes) et en 1992 (graines dormantes) récoltés en septembre 1992 pour chacune des provenances.	80
Figure 2.5 Biomasse sèche totale (et écarts-types) des semis ayant germé en 1989 (graines non dormantes) et en 1990 (graines dormantes) récoltés en septembre 1992 pour chacune des provenances.	81

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le maintien des populations végétales se fait de deux façons: par propagation végétative et par reproduction sexuée (Fenner 1978). La propagation végétative est simplement l'expansion d'un génotype par différentes méthodes: rejets de souches ou de racines, rhizomes, bouturage etc. Harper (1977) considère aussi la croissance en hauteur ou latérale d'une plante comme relevant du même phénomène en ce sens qu'elle n'implique pas la création de nouveaux génotypes. La reproduction sexuée produit un nouvel individu à partir d'un zygote formé par l'union de deux gamètes (Fenner 1978). Elle exige un investissement en énergie et en éléments nutritifs dans la production de structures (organes sexuels, graines et fruits) qui sont exposées à des pertes importantes (Cavers 1983; Mooney 1972). L'avantage le plus évident de la reproduction sexuée est la production d'une variabilité génétique permettant l'évolution des espèces (Cavers 1983; Fenner 1985; Harper 1977).

Chez les arbres, qui sont des plantes pérennes, la production de graines peut s'étaler sur plusieurs années. La reproduction sexuée n'est donc pas vitale à court terme pour la survie de l'espèce d'une année à l'autre comme elle peut l'être chez les annuelles (Harper 1977). Elle contribue à l'établissement d'une banque d'individus d'âges et de génotypes différents permettant à une population de faire face aux variations de l'environnement

(Brubaker 1986). Elle permet aussi la colonisation de nouveaux habitats grâce aux capacités de dispersion des graines (Harper 1977). Le succès de la reproduction sexuée dépend entre autre de la germination et de l'établissement des semis. Ce sont deux étapes particulièrement critiques dans le cycle de vie des arbres car les graines qui germent et les jeunes plantes sont plus vulnérables et ont des exigences environnementales plus contraignantes que les individus plus âgés (Harper 1977; Kozlowski 1972; Mayer et Poljakoff-Mayber 1963; Naylor 1985). Une faible proportion des graines produites par un arbre se retrouvera dans un microsite favorable à l'établissement de semis (Cavers 1983; Harper 1977). Il existe différentes stratégies pour maximiser les probabilités que les graines produites trouvent des sites favorables (Harper 1977). La dormance permet de différer la germination dans le temps et la dispersion de l'étaler spatialement (Barbour et al. 1987). Les caractéristiques morphologiques telles que le poids des graines s'intègrent dans une stratégie d'établissement car elles affectent les exigences environnementales des plantules ainsi que les phénomènes de dispersion et de dormance (Harper et al. 1970; Venable et Brown 1986)

Dormance

La dormance des graines est un phénomène largement répandu, autant géographiquement qu'à travers les différents taxons du règne végétal (Koslowski 1971; Cavers 1983). On considère qu'une graine est dormante lorsqu'elle ne germe pas dans les conditions de température et d'humidité considérées comme favorables à la germination (Barbour et al. 1987). Les mécanismes causant la dormance peuvent varier quant à leur nature et aux parties de la graine impliquées (Amen 1968). On parle de dormance innée lorsque la graine est incapable de germer lors de sa dispersion et de dormance acquise lorsqu'elle devient dormante après sa dispersion, suite à un stimulus environnemental (Harper 1977). La dormance s'inscrit généralement dans une stratégie d'établissement ayant pour but de promouvoir une régénération efficace (Kozlowski 1972; Levins 1969).

Plusieurs avantages sont associés à la production de graines dormantes. Les graines dormantes sont déshydratées ce qui les rend plus légères et favorise leur dispersion (Harper et al. 1970). Elles peuvent supporter des conditions environnementales extrêmes (sécheresse, froid) auxquelles les plantes ne survivraient pas (Rathcke et Lacey 1985). La plante mère, par la

production de graines dormantes, peut étaler dans le temps l'émergence des semis afin de minimiser les risques de pertes associés à une saison défavorable (Cavers 1983; Harper et al. 1977). La dormance peut aussi avantager le semis, individuellement, en lui permettant de germer dans des conditions qui seront le plus favorables possible à sa croissance et à sa survie (Cavers 1983; Rathcke et Lacey 1985). Souvent, la dormance permet de synchroniser la germination avec les cycles naturels que sont les régimes de perturbations ou les variations saisonnières (Fenner 1985; Harper 1977). Des coûts sont cependant associés à la dormance des graines. La production de graines dormantes demande à la plante mère un investissement dans les mécanismes causant la dormance (Mooney 1972). La dormance par sa durée implique une perte de temps pour la croissance de la nouvelle plante (Harper 1977). L'énergie consommée par les graines durant la dormance, bien que minime, représente une certaine perte (Mazliak 1982). Il existe aussi des risques de mortalité pouvant affecter les graines pendant la période de dormance (Cavers 1983).

Stratification

Plusieurs espèces d'arbres des régions tempérées produisent des graines qui sont dormantes lors de leur dispersion et germent après avoir subi un traitement de stratification qui consiste à les faire séjourner dans un milieu humide et froid pendant plusieurs semaines (Farmer et Cunningham 1981; Farmer et Goelz 1984; Pinfield et al. 1990; Spaeth 1932; Steinbauer 1937; Stearn et Olson 1958; Stone 1957; Toth et Garrett 1989; Villiers et Wareing 1965; Webb et Dumbroff 1969; Williams et Winstead 1972). La stratification simule les conditions rencontrées dans le sol durant l'hiver (Kozlowski 1971). En milieu naturel, un tel type de dormance a pour conséquence de différer la germination des graines jusqu'au printemps de l'année suivante (Kozlowski 1972).

Effet de la lumière

La lumière peut affecter la germination et la croissance des semis. Chez certaines espèces d'arbres, la présence de lumière est requise pour lever la dormance des graines (Black et Wareing 1956; Black 1969). L'effet de la lumière sur la germination peut interagir avec les phénomènes de stratification.

La stratification peut diminuer la sensibilité des graines aux conditions lumineuses chez Tsuga canadensis, c'est à dire leur permettre de germer sans lumière (Stearn et Olson 1958). Par contre, chez Betula spp, la présence de lumière infra-rouge annule l'effet de la stratification sur la germination, et contribue donc à maintenir les graines dormantes (Black 1969). Ce type de stratégie empêche la germination sous couvert et peut la reporter au printemps, alors que les conditions lumineuses sont plus favorables à l'établissement des semis. Une lumière abondante stimule la production de biomasse (Seiwa et Kikuzawa 1990; Horn 1985; Jones et Sharitz 1989) mais il n'est pas assuré que les caractéristiques développées en pleine lumière avantagent les semis lorsqu'ils se retrouvent dans l'ombre de la canopée suite à l'émergence des feuilles (Jones et Sharitz 1989).

Morphologie des graines

La morphologie des graines peut affecter le succès de l'établissement lors de la dispersion, de la germination et de la croissance des semis. Les graines constituent généralement la phase la plus mobile du cycle vital des plantes. Leur dispersion permet aux végétaux de se déplacer dans l'espace pour coloniser de nouveaux habitats, atteindre les sites offrant des conditions

favorables à l'établissement, ou diminuer la compétition entre les semis d'une même plante mère (Howe et Smallwood 1982; Venable et Brown 1988). Les mécanismes favorisant la dispersion sont reliés à la production de fruits charnus chez les espèces dispersées par les animaux ou aux caractéristiques morphologiques des semences chez les espèces dispersées par l'eau et le vent (Howe et Smallwood 1982).

Plusieurs espèces possèdent des structures ailées associées aux graines et qui favorisent leur transport par le vent. Le potentiel de dispersion dépend à la fois du poids des graines et de la surface de l'aile (Greene et Johnson 1992). Chez les arbres possédant des structures ailées, le poids des graines n'a pas d'effet important sur la distance de dispersion (Greene et Johnson 1992). Le coût de la dispersion chez ces espèces est minime car les structures ailées n'accaparent qu'une faible proportion des ressources allouées aux fruits (Harper et al. 1970); d'autant plus que dans certains cas, l'aile possède une capacité photosynthétique qui lui permet de contribuer au développement de la graine (Peck et Lersten 1991).

Le poids des graines peut affecter leur succès de germination. Certaines études ont démontré qu'à l'intérieur d'une population les graines de poids élevé

germent plus rapidement et en proportion plus grande (Counts et Lee 1991; Stanton 1984a; Tripathi et Khan 1990; Zammit et Zedler 1990). Par contre, chez le riz sauvage (Zizania palustris) les graines plus lourdes sont les plus dormantes (Count et Lee 1991). Chez Galium spurium, Masuda et Washitani (1992) ont observé des différences de poids entre les graines de deux écotypes dont les stratégies de reproduction impliquent des types de dormance différents: certaines graines germent au printemps et ont besoin d'une stratification, elles sont plus petites que celles germant à l'automne et qui nécessitent un entreposage à la chaleur pour germer.

On sait que les graines de poids élevé produisent des semis plus gros que les graines légères, qu'elles proviennent de la même espèce (Choe et al. 1988; Counts et Lee 1991; Tripathi et Khan 1990) ou d'espèces différentes (Seiwa et Kikuzawa 1991). On attribue l'avantage conféré par des graines de grande dimension à la plus grande quantité de réserves (Baker 1972; Tripathi et Khan 1990), à une plus grande surface des cotylédons (Harper et al. 1970) et à l'enracinement plus profond causé par une plus grande élongation de l'hypocotyle (Harper et al. 1970). Par ailleurs, il est établi que le taux de croissance relatif est corrélé négativement avec le poids de la graine (Fenner 1978; Fenner 1983; Gross 1984; Shipley et Peters 1990) lorsqu'on compare

plusieurs espèces entre elles. C'est à dire que les graines lourdes produisent des semis plus gros mais que cet avantage disparaît après un certain temps. Lorsqu'on considère les variations intraspécifiques, l'avantage associé à la dimension des graines peut persister assez longtemps pour avoir un effet significatif sur le succès des individus (Choe et al. 1988; Fenner 1985; Stanton 1984; Willson 1983). Chez les arbres, l'étude de Tripathi et Khan (1990) démontre que la différence de taille entre des semis de Quercus issus de grosses et de petites graines se maintient jusqu'à leur deuxième saison de croissance.

La production de graines plus grosses représente un coût supplémentaire pour la plante et se fait souvent au détriment de la quantité de graines produites (Mayer et Poljakoff-Mayber 1963; Mooney 1972). Une telle stratégie serait avantageuse lorsque les conditions environnementales (lumière et humidité) sont défavorables à l'établissement des semis mais désavantageuse dans des conditions favorables où la production d'un grand nombre de petites graines serait le moyen le plus efficace d'optimiser la régénération (Venable et Brown 1988).

5. État des connaissances sur l'érable rouge.

L'érable rouge (Acer rubrum) est un des arbres feuillus les plus répandus dans l'est de l'Amérique du Nord. On le retrouve de la Floride (Fowell 1965) jusqu'au niveau du 49^{ième} parallèle au Canada (Lalonde 1991; Wang et Haddon 1978). C'est une espèce capable de croître dans une grande variété d'habitats. La grande plasticité de son système racinaire lui permet de vivre sur des sols très secs ou très humides (Fowell 1965) et d'être un producteur de rejets performant à sa limite nord (Babeux et Mauffette 1994; Lalonde 1991). À l'extrême limite nord de son aire de distribution, l'érable rouge croît dans la forêt coniférienne où il est confiné aux sites élevés (Lalonde 1991; Wang et Haddon 1978). Plus au sud, il peut occuper des sites en basse altitude (Houle 1992; Lalonde 1991). Au niveau du 45^e parrallèle, l'érable rouge croît dans la forêt feuillue (Bergeron et al. 1988). Dans les parties les plus au sud de son aire de répartition, on le retrouve entre autres dans des plaines de débordement (Jones et Sharitz 1989; Streng et al. 1989).

Cette grande variété d'habitats colonisés par l'érable rouge en fait un sujet idéal pour l'étude des variations intraspécifiques. Plusieurs auteurs s'y sont intéressé dans cette optique: des tests de provenance ont mis en

évidence des différences inter-populations concernant la coloration du feuillage, la forme de la tige et la hauteur (Townsend et al. 1979), la résistance à la sécheresse (Townsend et Roberts 1973), la réponse physiologique à la sécheresse (Abrams et Kubisque 1990), l'hibernation des semis (Perry et Wu 1960). Townsend (1972) a relevé des différences quant à la morphologie des fruits, certains caractères étant corrélés aux conditions abiotiques des habitats d'origine. Des études ont révélé que la dormance des graines est également un caractère qui varie entre les populations (Farmer et Cunningham 1981; Wang et Haddon 1978).

A cause de la dispersion hâtive de ses fruits (au début de l'été), on a souvent considéré l'érable rouge comme une espèce typiquement productrice de graines non dormantes (Fowell 1965). Cependant, Marquis (1975) a observé sur le terrain que les graines de l'érable rouge produites dans la région de New York ne germaient que l'année suivant leur dispersion. Des études ont démontré que certaines populations produisent des graines dormantes qui germent après un traitement de stratification et que les niveaux de dormance varient d'une population à l'autre (Farmer et Cunningham 1981; Farmer et Goelz 1984; Wang et Haddon 1978). Les études de Farmer et Goelz (1984) et Tremblay et al. (1994) démontrent que chez des populations

localisées près de la limite nord de cette espèce, les graines sont dormantes dès leur dispersion donc qu'il s'agit d'une dormance innée. Aucune de ces études ne permet cependant de conclure à des différenciations écotypiques puisque les différences observées peuvent être attribuées aux conditions environnementales rencontrées par la plante mère durant la maturation des graines (Baskin et Baskin 1973).

Les processus reliés à la dormance ont été étudiés chez plusieurs espèces d'érables (Dumbroff et Webb 1970; Pinfield et al. 1990; Szczotka et al. 1988; Van Staden et al. 1972; Webb et Dumbroff 1969). Dumbroff et Webb (1970) ont suggéré que les facteurs impliqués dans la dormance des graines sont les mêmes pour toutes les espèces d'érables. Ces facteurs appartiennent à deux catégories soient les processus embryonnaires, qui sont affectés par le froid lors de la stratification, et la dormance causée par les téguments, qui ne l'est pas (Pinfield et al. 1990).

6. Objectifs de l'étude

Cette étude porte sur des populations d'érable rouge situées à différentes latitudes dans la partie nord de l'aire de distribution de cette espèce.

Son objectif principal est d'élucider le rôle joué par la dormance des graines dans l'établissement par reproduction sexuée, en relation avec la quantité de lumière et la dimension des samares. L'étude aborde deux aspects importants de l'établissement: la germination et la croissance des semis. L'effet de la période de stratification sur la germination des graines est analysé dans le premier chapitre; le deuxième chapitre porte sur la croissance des semis jusqu'à l'âge de deux et trois ans. Notre hypothèse de travail est que la dormance des graines favorise la croissance et la survie des semis en leur procurant une saison de croissance plus longue lors de leur émergence.

Les questions qui se posent sont les suivantes: quel est l'effet de la stratification sur la germination des différentes populations? Est-ce que la quantité de lumière et le poids des semences sont des facteurs impliqués dans la dormance des graines? Quel est l'effet de la germination différée sur la croissance des semis? Est-ce que le poids des samares affecte la croissance des semis et si oui, pendant combien de temps? Est-ce que la quantité de lumière lors de la germination affecte la croissance des semis?

CHAPITRE I

DORMANCE DES GRAINES CHEZ L'ÉRABLE ROUGE

A.Introduction

De nombreuses espèces végétales produisent des graines dormantes c'est à dire incapable de germer lors de leur dispersion (Cavers 1983; Kozlowski 1971; Harper 1977). Chez plusieurs d'entre elles, cette dormance peut être levée par une stratification humide (Farmer et Cunningham 1981; Farmer et Goelz 1984; Pinfield et al. 1990; Spaeth 1932; Steinbauer 1937; Stearn et Olson 1958; Stone 1957; Toth et Garrett 1989; Villiers et Wareing 1965; Webb et Dumbroff 1969; Williams et Winstead 1972).

En plus de l'action de la stratification, il peut exister un effet de la quantité de lumière sur la dormance des graines. Un manque de lumière peut inhiber la germination (Mazliak 1982), ce qui empêche la germination sous le couvert végétal et la reporte au printemps suivant (Black 1969). On observe ce caractère chez les essences dont les semis sont intolérants à l'ombre comme le bouleau (Bevington 1986; Black 1969; Vaartaja 1956).

Le poids des semences peut aussi influencer le succès de germination et la dormance (Count et Lee 1990; Stanton 1984; Tripathi et Khan 1990; Zammit et Zedler 1990). Généralement, les graines de poids élevé ont plus de chances

de germer et sont moins dormantes que les graines plus légères (Stanton 1984; Tripathi et Khan 1990; Zammit et Zedler 1990).

L'érable rouge est l'un des arbres feuillus occupant l'aire de distribution la plus étendue dans l'est de l'Amérique du Nord (Fowells 1965). Il croît dans une grande diversité d'habitats allant des sols les plus secs aux basses terres humides (Fowells 1965). Il peut se propager par voie végétative en émettant des rejets de souche ainsi que par la production de graines (Babeux et Mauffette 1994; Lalonde 1992).

On connaît chez cette espèce l'existence de variations entre populations en ce qui concerne la germination des graines. Certaines populations d'érable rouge produisent des graines dormantes qui ne germent qu'après un traitement de stratification (Farmer et Cunningham 1981; Farmer et Goelz 1984; Wang et Haddon 1978). Farmer et Cunningham (1981), dans une étude des populations du Tennessee, démontrent que des érables rouges situés aux altitudes élevées produisent des graines dormantes en proportion plus élevée que ceux situés aux basses altitudes. Plusieurs études (Farmer et Goelz 1984; Tremblay et al. 1994; Wang et Haddon 1978) révèlent que des graines dormantes sont produites aux latitudes nordiques (en Ontario et au Québec). Les résultats

obtenus par Tremblay et al. (1994) font ressortir des variations entre populations situées au Québec: les populations du sud du Québec produisent des graines présentant de très faibles niveaux de dormance contrairement à celles du nord dont une majorité des graines ne germent qu'après stratification.

L'objectif premier de cette étude était de caractériser la germination des graines d'érable rouge produites à différentes latitudes. Nous avons évalué les effets de la durée de la stratification, de la morphologie des samares et de la lumière sur la dormance. Nos hypothèses étaient les suivantes:

1. Les samares produites par l'érable rouge à la limite septentrionale de son aire de distribution ont besoin pour germer d'un temps de stratification plus long que celles produites plus au sud.
2. Les samares situées sous couvert ont un taux de germination différée plus élevé que celles exposées à la lumière.
3. Les samares de poids élevé ont des taux de germination plus élevés.
4. Le potentiel de germination des samares légères augmente davantage après stratification que dans le cas des samares de poids élevé.

B.Méthodes

1. Aire d'étude

Nous avons étudié six populations d'érable rouge situées au nord de l'aire de distribution de cette espèce, entre le 45° et le 49° parallèle (fig 1.1). Quatre d'entre elles, Roquemaure (Q), Mont-Sabrais (M), Rollet (R) et Rémigny (Y) sont situées en Abitibi-Thémiscamingue, dans la partie la plus au nord de l'aire d'étude, entre 47°45' et 48°35' de latitude nord. À ces latitudes, l'érable rouge croît dans la forêt boréale sur des sols relativement acides (pH de l'horizon B entre 4.03 et 4.84). Sur les sites les plus au nord (M et Q), l'érable rouge domine la strate arborescente avec le bouleau à papier (Betula papyrifera); par contre, au site Q, on retrouve en plus une importante population de pin gris (Pinus banksiana). Aux sites du Thémiscamingue (Y et R), l'érable rouge constitue l'espèce arborescente dominante en compagnie du sapin baumier (Abies balsamea) et de l'érable à sucre (Acer saccharum) au site Y et du bouleau à papier au site R. Les sites de St-Anicet (A) et Hemmingford (H) se trouvent dans la partie la plus au sud de l'aire d'étude à environ 45° de latitude nord. Dans cette région l'érable rouge croît en forêt feuillue, aussi bien dans les basses terres qu'en altitude et sur des sols moins acides (pH de l'horizon B entre 5.61 et 5.87). Le site d'Hemmingford est dominé par le frêne rouge

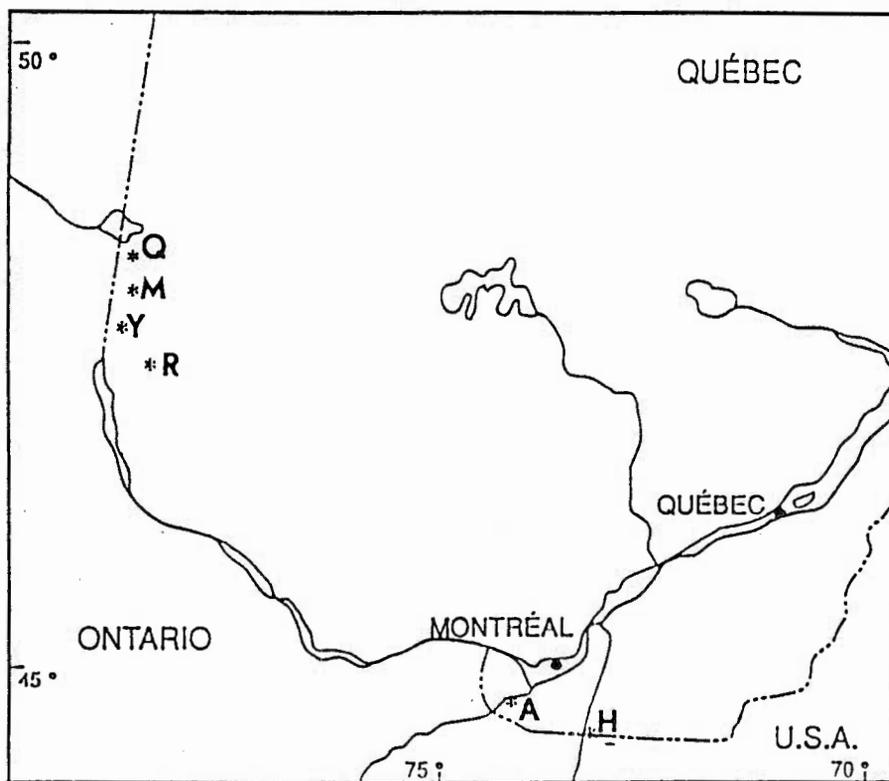


Figure 1.1 Carte des populations d'érable rouge étudiées.

(Fraxinus pensylvanica); l'érable rouge y occupe une place importante en compagnie d'une variété d'essences feuillues parmi lesquelles on retrouve le peuplier faux-tremble (Populus tremuloides) et l'orme d'Amérique (Ulmus americana). À St-Anicet l'érable rouge est l'espèce dominante et les espèces compagnes sont le bouleau à papier et le peuplier faux-tremble. Les sites les plus jeunes (âge du plus vieil arbre) sont St-Anicet (37 ans) et Roquemaure (44 ans) suivis de Rollet (58 ans) et Mont-Sabrais (67 ans), les deux plus vieux sites sont Hemmingford (136 ans) et Rémigny (173 ans).

2. Récolte des samares

Des samares ont été récoltées sur chacun des sites en 1990. Les samares ont été ramassées au sol pendant la période de dispersion soit entre le 22 et le 28 mai aux sites du Haut St-Laurent (H et A) et entre le 24 et le 30 juin en Abitibi-Thémiscamingue (Y, R, M et Q). Elles ont été conservées à la température de la pièce dans des sacs de papiers pendant 14 semaines puis à basse température (3°C) dans des sacs de plastique fermés hermétiquement afin de maintenir leur viabilité élevée jusqu'au moment des tests de germination (U.S.D.A. 1948).

3. Tests de germination en chambres de croissance

Pour chacun des six sites, quatre échantillons de 120 samares ont été constitués aléatoirement. Les samares ont été pesées individuellement. Elles ont été réparties dans des cassettes à germination contenant un mélange d'une partie de terre pour une partie de sable et recouvertes d'un demi centimètre de mousse de tourbe. Les cassettes étaient compartimentées de telle sorte que chaque samare soit isolée des autres. Chaque cassette contenait 72 samares soit 6 blocs de 12 samares (un bloc par site) disposés aléatoirement. Certains échantillons n'ont subi aucune stratification; d'autres ont été soumis à une stratification humide pour des durées de 30, 60 et 90 jours (10 cassettes par traitement). Pour la stratification, les cassettes scellées hermétiquement ont séjourné dans une chambre froide à une température de 6°C. Les cassettes ont ensuite été réparties aléatoirement dans deux chambres de croissance avec une photopériode de 16 heures de lumière et 8 heures d'obscurité correspondant à des températures du 15°C le jour et 5°C la nuit ce qui constitue le régime le plus favorable à la germination pour l'érable rouge (Tremblay et al 1994; Wang et Haddon 1978). La germination (l'émergence des plantules) était notée dès le début de la mise en incubation à tous les deux ou trois jours durant une période de 45 jours. Les expériences se sont déroulées

de mars à juin 1991 (expérience 1991) et de novembre 1991 à avril 1992 (expérience 1992).

Lors de l'expérience 1992, pour les traitements de 0, 30 et 90 jours, les samares qui n'avaient pas germé ont été examinées individuellement pour déterminer leur état. La viabilité des samares intactes a été évaluée à l'aide du test au tetrazolium (MacKay 1972) pour le traitement de stratification de 90 jours uniquement.

4. Tests d'émergence sur le terrain

Des samares provenant de quatre populations (H, A, Y et R) ont été utilisées pour des tests d'émergence réalisés sur le terrain à proximité des sites A (Haut St-Laurent) et Q (Abitibi). Les samares ont été disposées dans des cassettes à germination identiques à celles utilisées pour les expériences en chambres de croissance. Les cassettes ont été remplies d'un mélange d'une partie de terre pour une partie de mousse de tourbe et protégées par des cages grillagées.

A chacun des deux sites, deux cages ont été installées: l'une d'entre elles était recouverte d'une toile géotextile perméable qui réduisait d'environ 94% la quantité de lumière. Les samares de chaque population ont été séparées en deux classes de grosseur sur la base d'une estimation visuelle. Chaque cage contenait huit échantillons de 108 samares, soient deux par population dont l'un était constitué de petites samares et l'autre de grosses samares. Lors des expériences de 1990-91, 1991-92 et 1992-93, dix samares de chaque échantillon ont été sélectionnées aléatoirement et pesées individuellement. Dans tous les cas le poids moyen des grosses samares est supérieur à celui des petites samares et la plupart de ces différences sont significatives (annexe I). Dans certains cas (tableaux I.I et I.II), les samares des deux échantillons n'ont pas été distribuées selon leur grosseur mais pesées une par une. En 1991 la quantité restreinte de samares disponibles au site R n'a permis de constituer qu'un seul échantillon par cage (tableau I.II). Chacun des échantillons (sauf exceptions) était constitué de 108 samares réparties en 6 blocs de 18 (tableaux I.I et I.II).

Les samares ont été mises dans les cages au début de l'été, immédiatement après leur période de dispersion. L'émergence des semis était notée au cours du premier et du deuxième été. La prise de données a eu lieu

Tableau I.I Résumé des tests d'émergence sur le terrain réalisés au site d'Abitibi.

Lum:	Hemmingford		Saint-Anicet		Rémigny		Rollet		Dates:	<u>prise des données d'émergence</u>	
	lumière	ombre	lumière	ombre	lumière	ombre	lumière	ombre		début	premier été
date de récolte											
1989	Pe(108)	Pe(108)	Fe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	1989	08-07-89	25-06-90
	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)			
1989	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	1990	28-08-90	01-07-91
	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)			
1992	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	a(108)	a(108)	1992	**	(3-06-93)
	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	a(108)	a(108)		27-08-92	19-06-93

Pe= petites samares

Gr= grosses samares

a: les samares n'ont pas été réparties selon leur taille mais pesées individuellement.

Les dates entre parenthèse indiquent les prises de données sur la survie des semis.

** données prises à tous les jours entre le 17 juillet et le 27 août 1992.

Tableau I.II Résumé des tests d'émergence sur le terrain réalisés au site du Haut St-Laurent.

pop:	Hemmingford		St-Anicet		Rémigny		Rollet		Dates:	<u>prise des données</u>	
Lum:	lumière	ombre	lumière	ombre	lumière	ombre	lumière	ombre	début	<u>d'émergence</u>	
										premier	deuxième
										été	été
date de récolte											
1989	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	1989	08-07-89	07-07-90
	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)			
1989	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	1990	31-07-90	30-05-91
	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)			
1991	a(108)	a(108)	Fe(108)	Pe(108)	Pe(216)	Pe(216)			1991	20-07-91	(04-05-92)
							b(54)	b(54)		(19-08-91)	(14-05-92)
	a(108)	a(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(162)	Gr(162)				(20-09-91)	2-06-92
											(02-07-92)
1992	a(108)	a(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	Pe(108)	a(108)	a(108)	1992	28-07-92	14-06-93
										(28-08-92)	
	a(108)	a(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	Gr(108)	a(108)	a(108)		(22-09-92)	

Pe= petites samares

Gr= grosses samares

a: les samares n'ont pas été réparties selon leur taille mais pesées individuellement.

b: un seul échantillon a été constitué dans chaque cage.

Les dates entre parenthèse indiquent les prises de données sur la survie des semis.

aux mois de juillet (Haut St-Laurent) ou d'août (Abitibi) pour la première année de l'expérience et au début (Haut St-Laurent) ou à la fin de juin (Abitibi) pour la deuxième année (tableaux I.I et I.II). Lors des expériences de 1991-92 et 1992-93 la germination et la survie des semis ont été notées à plusieurs reprises chaque été mais une seule prise de données par été a servi pour comparer les niveaux d'émergence. La germination des graines non dormantes a débuté entre le 17 et le 20 juillet pour les années 1991 et 1992, celle des graines dormantes a commencé le 4 mai en 1992 au site du Haut St-Laurent, et, en Abitibi, le 2 juin 1992 et le 31 mai 1993.

À l'exception de l'expérience de 1990-91, tous ces tests ont été réalisés avec des samares récoltées l'été même du début de l'expérience. Les samares utilisées pour l'expérience de 1990-91 ont été récoltées en 1989 et conservées jusqu'à l'été 1990 dans des sacs de papier à la température de la pièce.

Les données météorologiques (température moyenne et précipitations totales par jour) ont été fournies par Environnement Canada pour les mois de mai à octobre de 1989 à 1992 (fig 1.2).

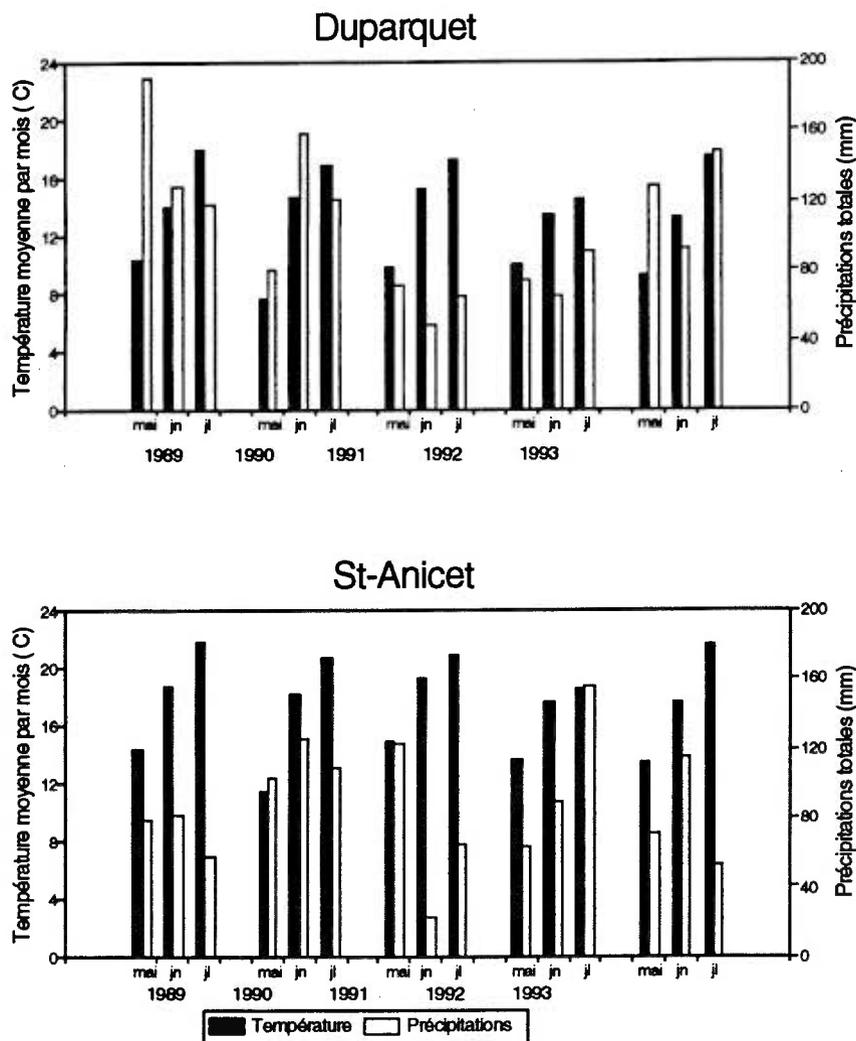


Figure 1.2 Données météorologiques pour les mois de mai, juin (jn) et juillet (jl) de 1989 à 1993 à Duparquet (Abitibi) et St-Anicet (Haut St-Laurent).
Source: Environnement Canada

5. Analyses statistiques

Tests en chambres de croissance

Les pourcentages de germination ont été calculés en faisant la moyenne des deux chambres de croissance. Pour chacune des populations, les pourcentages de germination des différents traitements (durée de stratification) ont été comparés par des tests non paramétriques de Kruskal et Wallis (pour comparer plusieurs échantillons) et de Wilcoxon (pour comparer deux échantillons).

Pour mesurer l'effet du poids des samares sur la germination, les pourcentages de germination de différentes classes de poids ont été comparés par des tests non paramétriques de Kruskal et Wallis. Les classes ont été déterminées de la façon suivante: on a calculé les quartiles de la distribution des poids pour l'ensemble des samares (tous les traitements réunis) de chacune des populations, ces paramètres ont servi de limites pour séparer chacun des 4 échantillons, correspondant aux 4 traitements de stratification, en 4 classes de poids. Dans un deuxième temps, pour isoler l'effet du poids des graines, on a comparé par un test de T apparié les deux classes extrêmes

de chaque échantillon pour l'ensemble des populations et des traitements. On a comparé les poids des samares entre les populations et, pour chaque population, entre les différents traitements, par des analyses de variance réalisées avec la procédure GLM du logiciel SAS (1987).

Tests sur le terrain

Les pourcentages d'émergence de première et de deuxième année ont été comparés par des tests de chi carré (Sherrer 1984). Les échantillons ont été regroupés selon la région (Haut St-Laurent ou Thémiscamingue) d'où provenaient les samares pour chacune des expériences. La répartition de l'émergence selon les deux années que durait l'expérience a été comparée à une distribution théorique de 50% la première année et 50% la deuxième année pour chacune des provenances (Haut St-Laurent et Thémiscamingue).

Pour analyser l'effet de la grosseur et de la lumière, nous avons comparé l'émergence de chacune des deux classes (de lumière ou de grosseur) pour chacune des deux années à une distribution théorique de 50% pour chaque classe à l'aide d'un test de Chi carré (Sherrer 1984).

C. Résultats

1. Expériences en chambres de croissance

1.1 Effet de la stratification sur le taux de germination

Sans stratification, les samares provenant des populations du Haut St-Laurent (A et H), ont atteint les pourcentages de germination les plus élevés, entre 63.3 et 76.7% (fig 1.3), celles provenant des populations d'Abitibi-Thémiscamingue (R,Y,Q et M) ont germé dans des proportions se situant entre 6.7 et 20.8%.

Pour les samares d'Abitibi-Thémiscamingue les pourcentages de germination augmentent avec l'allongement de la période de stratification, se situant entre 24.2 et 48.3% après 30 jours, entre 29.2 et 67.5% après 60 jours et entre 41.7 et 84.2% après 90 jours (fig 1.3). L'analyse statistique démontre que les différences entre traitements sont significatives à des seuils inférieurs à $p < 0.1$ pour les samares provenant des populations R, Q et M (fig 1.3). La stratification n'affecte pas les pourcentages d'émergence de façon significative chez les samares du Haut-St-Laurent.

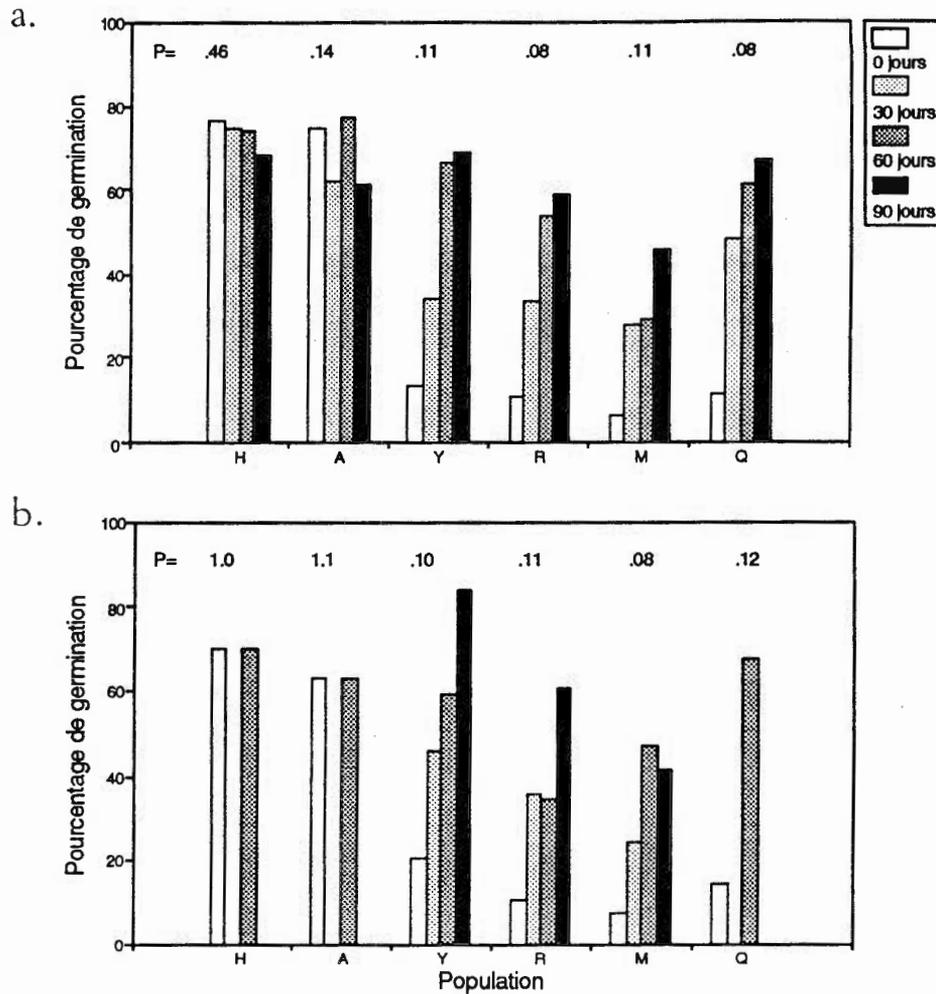


Figure 1.3 Pourcentages de germination en chambres de croissance suite aux différents traitements de stratification pour les samares de chacune des populations.

a. expérience de 1991, b. expérience de 1992, traitements 0 jours et 60 jours seulement pour les populations H, A et Q. Les P indiqués résultent de la comparaison entre traitements pour chaque population par un test de Kruskal-Wallis.

1.2 Effet de la stratification sur la vitesse de germination

Les courbes de la germination cumulée en fonction du temps (fig 1.4) montrent que les niveaux de germination maximum sont atteints plus rapidement avec les traitements de stratification de 60 et 90 jours qu'avec ceux de 0 et 30 jours. Sans stratification, les premières graines ont germé le 13^e jour chez les samares du Haut St-Laurent (site H) et le 27^e jour chez celles d'Abitibi (site Q). Durant les périodes de stratification de 60 et 90 jours, une partie des graines avait déjà germé au moment du transfert en incubation en chambre de croissance (jour 1). La vitesse de germination s'accroît donc avec la durée de la stratification pour les samares provenant des deux régions.

1.3 Examen des samares

La quantité de graines ayant pourri augmente avec la durée de la stratification pour les samares des deux régions (tableau I.III). Les samares des sites H et A n'ayant pas germé après une stratification de 30 et 90 jours étaient en très forte majorité pourries. Les samares de l'Abitibi-Thémiscamingue qui étaient intactes après 90 jours de stratification présentaient des taux de viabilité élevés (entre 86% et 94%) (tableau I.III).

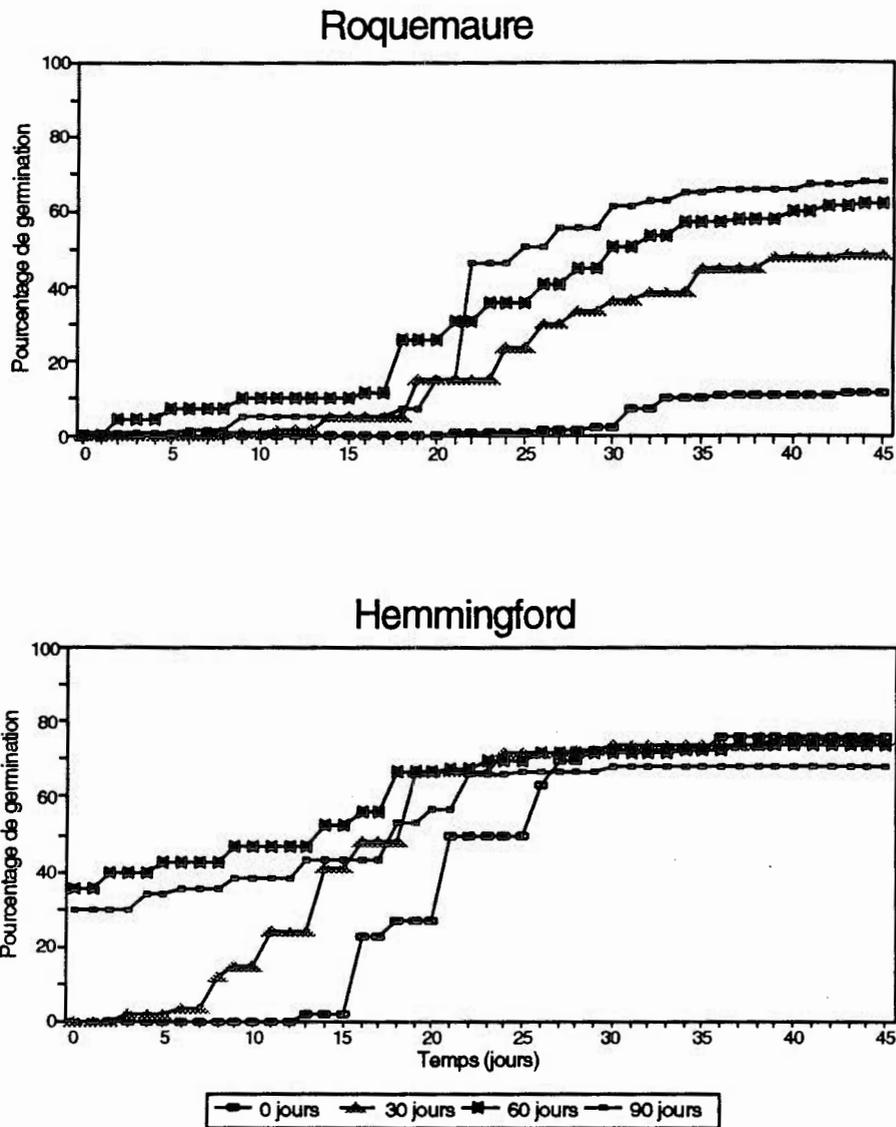


Figure 1.4 Courbes de germination en fonction du temps pour les sites d'Hemmingford (Haut St-Laurent) et de Roquemaure (Abitibi) lors de l'expérience de 1991 en chambres de croissance.

Tableau I.III Examen des graines n'ayant pas germé lors des expériences de 1992 en chambres de croissance.

Stratification:	0 jours				30 jours				90 jours				
	g	p	a	i	g	p	a	i	g	p	a	i	v
Population													
Hemmingford	3.3	3.3	3.3	20.0	0.8	7.5	0.8	15.8	8.3	13.3	0.8	0.80	
St-Anicet	2.5	8.3	11.7	20.8	2.5	11.7	1.7	18.3	1.7	23.3	0.8	0	
Rémigny	0.8	4.2	17.5	53.3	0	1.7	5.8	40.0	0.8	5.0	0	9.2	9.2
Rollet	0	5.5	11.7	72.5	0	2.5	7.5	54.2	0.8	10.8	5.8	20.8	19.2
Mont-Sabrais	0	4.1	35.0	53.3	1.7	7.5	23.3	43.3	5.0	21.7	16.7	14.2	13.3
Roquemaure	0	12.5	17.5	54.2					2.5	19.2	7.5	18.3	15.8

Pourcentage (%) des graines g= germées, p= pourries, a= absentes, i= intactes et v= intactes et viables

1.4 Poids des samares

Le poids moyen des samares varie en fonction de leur provenance (tableau I.IV). Les samares provenant des populations H et A avaient un poids plus élevé (variant entre 13.08 et 15.91 mg) que celles provenant des populations d'Abitibi-Thémiscamingue (Y,R,M et Q) (variant entre 9.03 et 12.33 mg).

Pour chacune des populations le succès de germination varie en fonction du poids des samares (tableau I.V). Les pourcentages de germination sont plus élevés dans les classes de poids supérieures. Cette tendance à l'augmentation des pourcentages de germination avec le poids des samares se manifeste aussi pour chacun des traitements de stratification (tableau I.V). Un test de T apparié a révélé que le poids des graines a un effet très hautement significatif sur le pourcentages de germination lorsqu'on compare les classes de poids extrêmes ($df=47$, $T=7.96$, $\alpha= 0.001$).

Tableau I.IV Poids des samares (mg) de chacune des populations lors des expériences en chambres de croissance.

pop.	expérience 1991		expérience 1992	
		moyenne (écart-type)		moyenne (écart-type)
H	a	15.91 (2.83)	a	13.08 (3.07)
A	b	13.68 (2.37)	a	13.52 (2.76)
Y	cd	11.70 (2.28)	b	11.42 (2.22)
R	c	12.14 (2.69)	c	12.33 (2.47)
M	d	9.76 (2.13)	d	9.03 (1.93)
Q	e	11.45 (2.64)	e	10.5 (2.59)

Les lettres (a à e) représentent des différences ($\alpha=0.05$) révélées par un test de comparaison multiples (Tukey) lors de l'analyse de variance.

Tableau I.V Pourcentages de germination par classe de poids des samares pour chaque population lors des expériences en chambres de croissance de 1991.

Poids des samares:

	classe 1	classe 2	classe 3	classe 4	P(K-W)
Population					
H	66.35	71.27	79.77	76.75	0.11
A	60.17	68.12	69.61	77.78	0.12
Y	30.40	49.08	55.67	51.10	0.66
R	31.49	41.66	42.96	40.02	0.34
M	11.64	28.57	33.65	37.40	0.05
Q	30.65	50.73	54.36	54.30	0.19
Stratification					
0 jours	25.36	36.76	32.56	34.16	0.32
30 jours	34.21	44.97	56.40	55.22	0.08
60 jours	49.02	57.84	69.34	70.18	0.04
90 jours	45.19	66.77	65.72	65.37	0.01

classe 1: de 3.9 à 11.1 mg
 classe 2: de 11.1 à 12.4 mg
 classe 3: de 12.5 à 13.8 mg

2. Tests d'émergence sur le terrain

2.1 Dormance des samares

Pour les quatre années où les tests sur le terrain ont été réalisés, la majorité des semis des populations A et H ont émergé durant l'été alors que pour les populations R et Y l'émergence a été retardée jusqu'au printemps suivant (tableau I.VI).

Les pourcentages d'émergence varient considérablement d'une année à l'autre et d'un site à l'autre (tableau I.VI). Pour toutes les populations, les pourcentages d'émergence les plus élevés ont été atteints en 1989-90 au site d'Abitibi (moyenne par provenance: H 84.0%, A 79.3%, Y 75.8%, R 66.4%). Des pourcentages très faibles (ne dépassant pas 30.1%) ont été obtenus en 1990-91 et 1991-92. En 1992-93 des niveaux d'émergence relativement élevés ont été observés au site du Haut St-Laurent (jusqu'à 69.7%) alors qu'au site d'Abitibi l'émergence, qui variait de 12.5% à 34.0%, était comparable à celle des expériences de 1990-91 et 1991-92 (tableau I.VI).

Tableau I.VI Pourcentages d'émergence moyens des semis issus de germination différée et non différée lors des tests sur le terrain.

Expérience:		1989		1990		1991		1992	
Date d'émergence:		1989	1990	1990	1991	1991	1992	1992	1993
Site	pop.								
Abit	H	79.17	4.86 *	16.20	13.89 *			14.58	0.46 *
	A	72.69	3.62	3.24	16.44			10.86	1.62
	Y	23.84	52.08 *	0	16.90			5.56	28.47 *
	R	16.44	50.0	0	16.67			4.86	24.07
Haut St-L	H	11.11	14.12	13.19	6.94	12.5	6.90 *	66.43	3.24 *
	A	9.42	9.72	3.24	5.09	4.63	7.70	46.28	14.12
	Y	0	27.55	0.46	2.55	0	4.90	2.55	27.55 *
	R	0.23	21.06	1.62	3.01	0	9.30	1.39	27.55

Les astérisques (*) indiquent une différence significative ($\alpha=0.05$) selon un test de chi carré.

2.2 Mortalité des semis après l'émergence

Les données prises lors des expériences de 1991-92 et 1992-93 (tableau I.VII) révèlent qu'une proportion des semis ayant émergé durant le premier été n'ont pas survécu jusqu'à l'automne. En 1991, au site du Haut St-Laurent, il y a eu 46.3% de mortalité chez les semis provenant des populations H et A. En 1992, les taux de mortalité ont été de 11.5% et 18.2% au site du Haut St-Laurent pour les semis issus respectivement des populations H et A et des populations R et Y, et de 59.6% et 76.2% au site d'Abitibi.

Une proportion des semis provenant de graines non dormantes n'a pas survécu jusqu'à l'été suivant (tableau I.VIII). Les taux de mortalité les plus élevés (de 62.4 à 90.2%) sont observés chez les semis issus des populations H et A (au site d'Abitibi en 1989-90 et 1991-92, et au site du Haut St-Laurent en 1990-91). On note que ces mêmes années aux mêmes sites, il n'y a pas de semis des populations R et Y (un seul en 1989) qui ont émergé la première année.

Une proportion de semis ayant germé au printemps (graines dormantes) de l'expérience 1990-91 (au site du Haut St-Laurent) étaient morts à l'automne

Tableau I.VII Mortalité des semis issus de graines non dormantes et dormantes sur le terrain au cours de leur premier été d'émergence lors des expériences de 1991-92 et 1992-93.

			Lumière			Ombre			Total			
<u>Graines non dormantes</u>			début	fin	mort.	début	fin	mort.	début	fin	mort.	
Exp.	site	prov.	été	été	(%)	été	été	(%)	été	été	(%)	
91-92	Haut St-L	H,A	9	3	*	66.7	73	41	43.8	82	44	46.3
92-93	Abit	R,Y	96	44		54.2	13	0	100	109	44	59.6
		H,A	348	104		70.1	89	0	100	437	104	76.2
	Haut St-L	R,Y	19	14	ns	26.3	14	13	7.1	33	27	18.2
		H,A	298	264	*	11.4	249	220	11.6	547	484	11.5
<u>Graines dormantes</u>												
exp.	site	prov.										
91-92	Haut St-L	R,Y	16	4	*	75.0	38	34	10.5	54	38	29.6
		H,A	11	6	*	45.5	44	41	6.8	55	47	14.5

Les astérisques (*) indiquent une différence significative entre la mortalité à l'ombre et à la lumière selon un test de chi carré (alpha= 0.05).

Tableau I.VIII Mortalité des semis issus de graines non dormantes sur le terrain au cours de leur première année d'émergence.

Exp.	site	prov.	Lumière			Ombre			Total		
			début été	fin été	mort. (%)	début été	fin été	mort. (%)	début été	fin été	mort. (%)
89-90	Abit	R,Y	96	78	9.4	78	52	33.3 *	174	139	20.1
		H,A	361	322	10.8	247	212	14.2	608	532	12.5
	Haut St-L	R,Y				1	1	0	1	1	0
		H,A	39	11	71.8	46	21	57.1 *	85	32	62.4
90-91	Abit	H,A	61	15	75.4	22	1	95.5	83	16	80.7
	Haut St-L	R,Y	3	2	33.3	6	4	33.3 ns	9	6	33.3
		H,A	37	35	5.4	35	14	60.0 *	72	49	31.9
91-92	Haut St-L	H,A	9	2	77.8	73	6	91.8	82	8	90.2

Les astérisques (*) indiquent une différence significative entre la mortalité à l'ombre et à la lumière selon un test de chi carré (alpha= 0.05).

(tableau I.VII). La mortalité a été deux fois plus importante pour les semis issus des populations R et Y (29.6%) que chez ceux issus des populations H et A (14.5%). La majeure partie de cette mortalité est survenue à la lumière.

2.3 Lumière

Effet de la lumière sur l'émergence

Des différences significatives ont été observées quant aux pourcentages d'émergence non différée (premier été) qui sont de façon générale plus élevés à la lumière qu'à l'ombre (tableau I.IX). Cet effet apparaît surtout chez les samares provenant des populations H et A, l'émergence ayant été dans la plupart des cas très faible ou nulle le premier été pour les populations R et Y (tableau I.IX). En 1991 et 1992, cependant, le pourcentage d'émergence a été plus élevé à l'ombre qu'à la lumière durant le premier été pour les populations H et A au site du Haut St-Laurent (tableau I.IX).

Les pourcentages d'émergence différée ont été de façon générale plus importants à l'ombre qu'à la lumière, bien que les différences ne soient pas toutes significatives (tableau I.IX). En 1993, au site d'Abitibi, l'émergence du

Tableau I.IX Pourcentages (%) d'émergence à la lumière et à l'ombre lors des tests sur le terrain.

Expérience:			1989		1990		1991		1992	
Site	prov.		1989	1990	1990	1991	1991	1992	1992	1993
Abit	R,Y	lu	22.22	47.92	0	11.54			10.42	45.60
		om	18.43	54.17	0	20.29			0	6.94
	H,A	lu	79.40	2.31	13.53	6.71			24.99	1.39
		om	71.26	6.28	5.31	23.61			0.46	0.69
Haut St-L	R,Y	lu	0	18.06	0.72	3.01	0	3.70	3.01	29.86
		om	0.24	30.56	1.45	2.55	0	7.30	2.78	30.09
	H,A	lu	9.09	6.94	8.56	5.56	1.86	1.91	6.56	9.03
		om	11.11	16.90	8.21	6.48	15.30	12.76	51.14	8.33

lu= lumière
om= ombre

Les astérisques (*) indiquent une différence significative (alpha=0.05) entre l'émergence à la lumière et à l'ombre selon un test de chi carré.

printemps a été plus élevée à la lumière qu'à l'ombre pour les samares provenant des populations R et Y (tableau I.IX).

Effet de la lumière sur la mortalité

De façon générale, la mortalité des semis tend à être plus élevée à l'ombre qu'à la lumière (tableaux I.VII et I.VIII). En effet, dans le cas des semis issus de germination non différée, la mortalité jusqu'au printemps suivant fut généralement plus élevée à l'ombre pour les expériences de 1989, 1990 et 1991 (tableau I.VIII), bien que, en 1989-90 on observe l'effet inverse au site du Haut St-Laurent pour les semis provenant des populations H et A. Les semis issus de germination différée (expérience 1991) ont connu eux aussi une mortalité plus importante à l'ombre durant l'été 1992 (tableau I.VII).

Cependant, en ce qui concerne la mortalité des semis issus de germination non différée durant le premier été, les résultats des expériences de 1991 et 1992 (tableau I.VII), indiquent que la mortalité tend à être plus élevée à la lumière bien que l'analyse statistique ne décele pas de différence significative. En 1992 (expérience 1992) au site d'Abitibi la mortalité de tous les

semis situés à l'ombre est vraisemblablement due à la prédation dans cette cage (observation personnelle).

2.4 Poids des samares

Dans la plupart des cas, il n'y a pas de différences significatives entre les niveaux d'émergence selon la classe de poids des samares (tableau I.X). Les exceptions se retrouvent essentiellement lors du deuxième été soit chez les graines dormantes où l'émergence est plus importante pour les samares de poids élevé. L'effet du poids des graines a été observé aux deux sites et ne semble pas agir plus sur une ou l'autre des provenances.

Tableau I.X Pourcentages (%) d'émergence des petites et des grosses samares lors des tests sur le terrain.

Expérience:			1989		1990		1991		1992	
Site	prov.		1989	1990	1990	1991	1991	1992	1992	1993
Abit	R,Y	pr	21.15	47.69	0	7.41			6.02	29.63
		gr	18.43	54.40	0	24.64			5.09	27.31
	H,A	pe	76.0	2.55	9.42	14.35			12.96	0.92
		gr	74.75	6.04	9.42	15.97			12.50	1.16
Haut St-L	R,Y	pe	0	20.37	1.45	1.85	0	4.56	3.01	28.47
		gr	0.24	28.24	0.72	3.70	0	5.51	2.78	31.48
	H,A	pe	8.59	12.96	6.28	6.48	5.09	6.38	43.97	16.20
		gr	11.57	10.88	10.41	5.56	4.17	9.08	48.59	12.04

pe= petites samares
gr= grosses samares

Les astérisques (*) indiquent une différence significative (alpha=0.05) entre l'émergence des petites et des grosses samares selon un test de chi carré.

D. Discussion

1. Dormance des graines chez l'érable rouge

Les expériences de stratification-germination en chambres de croissance ont démontré que les populations d'Abitibi-Thémiscamingue produisent une faible proportion de graines capables de germer sans stratification. La majorité des graines produites par ces populations sont dormantes c'est à dire incapables de germer sans stratification. Les graines produites par les populations du Haut St-Laurent n'ont pas manifesté ce type de dormance en chambres de croissance.

Chez les populations d'Abitibi-Thémiscamingue la stratification a eu pour effet d'augmenter le potentiel de germination. Nos résultats sont similaires à ceux obtenus chez d'autres populations d'érable rouge (Farmer et Goelz 1984, Farmer et Cunningham 1981, Wang et Haddon 1978). On remarque qu'avec des durées de stratification allant jusqu'à 90 jours, les niveaux de germination des samares d'Abitibi-Thémiscamingue n'ont pas atteint de plateau. Une partie des samares qui n'avaient pas germé étaient encore viables ce qui dénote un phénomène de dormance profonde semblable à celui observé par Farmer et

Goelz (1984) chez des populations situées en Ontario, aux mêmes latitudes que nos populations d'Abitibi-Thémiscamingue. Il est possible qu'une stratification plus longue soit nécessaire pour lever la dormance de ces graines. Chez Acer platanoides par exemple, le succès de germination continue d'augmenter même après 110 jours de stratification (Pinfield et al. 1990).

Les tests sur le terrain confirment nos observations en milieu contrôlé. La dormance des graines issues des populations R et Y s'est manifestée par des niveaux d'émergence ne dépassant pas 25% durant le premier été et ce même dans des conditions favorables où les graines des populations H et A ont germé en proportions élevées (expériences de 1989 et 1992). Le fait de passer l'hiver à l'extérieur, dans des conditions semblables à celles qui prévalent au niveau du sol, a levé la dormance des graines et permis l'émergence des semis aux mois de mai et juin suivants. Chez ces populations, la majorité des semis qui émergent le font donc au printemps qui suit leur dispersion. Nous sommes en présence d'un phénomène de germination différée semblable à celui observé par Marquis (1975) en Pennsylvanie et qui affectait de 18 à 80% de la germination des graines d'érable rouge sur le terrain. Les graines récoltées chez les populations H et A se comportent

différemment. Les niveaux d'émergence rencontrés sur le terrain démontrent que la majorité des graines produites par ces populations ne sont pas dormantes lors de leur dispersion et peuvent germer l'été même. Cependant, lorsque les conditions environnementales sont défavorables, on observe chez ces graines une certaine proportion de germination différée. Le fait que la germination s'amorce plus lentement sans stratification rend les graines moins vulnérables car le processus de germination demeure réversible tant que l'imbibition n'est pas complétée (Mazliak 1982). Il n'est pas exclu qu'une partie de ces graines aient été dormantes lors de leur dispersion et que l'hiver ait levé cette dormance.

Les variations des niveaux d'émergence observées sur le terrain s'expliquent en partie par les conditions environnementales qui prévalaient lors des différentes expériences. L'émergence plus importante lors des expériences de 1989-90 et 1992-93 peut être considérée comme le résultat de précipitations abondantes en 1989 et 1992 qui ont empêché un dessèchement trop important dans les plateaux à germination. Les faibles niveaux d'émergence observés lors de l'expérience de 1990-91, malgré des précipitations relativement abondantes durant les mois de juin et juillet 1990, pourraient être dues à des conditions non optimales lors de la conservation des

samares. Les précipitations peu abondantes des mois de juin et juillet 1991 seraient responsables de la faible émergence rencontrée aux deux sites dans l'expérience de 1991-92.

La survie des semis peut également expliquer les variations des niveaux d'émergence. En 1989, dans le Haut St-Laurent les températures élevées et les faibles précipitations ont probablement causé une importante mortalité des graines et des semis durant l'été. Collins (1990) a observé des taux élevés de mortalité dû au dessèchement durant les premiers jours qui suivaient l'émergence de semis d'érable rouge en forêt dans la région de New York. La mortalité observée durant l'été 1991 et 1992 chez les semis issus de graines non dormantes et en 1992 chez les semis issus de graines dormantes suggère que l'émergence réelle a été sous-estimée.

2. Lumière

Effet sur l'émergence non différée

Populations du Thémiscamingue:

Chez les samares provenant des populations R et Y, les faibles niveaux d'émergence non différée observés aussi bien à la lumière qu'à l'ombre ne permettent pas de conclure que la quantité de lumière joue un rôle dans la dormance des graines. Dans le seul cas où l'émergence est plus élevée à la lumière, en 1992 en Abitibi, la même tendance se manifeste chez les samares des populations H et A et, pour l'émergence de deuxième année, chez celles des populations R et Y. Ce qui nous porte à suggérer qu'ici la lumière a affecté l'émergence dans son ensemble, probablement par l'entremise de températures plus élevées. En effet, les températures moyennes (juillet 1992) étaient moins élevées dans la cage ombragée (19.3°C) que dans celle exposée à la lumière (23.9°C). Le fait que la quantité de lumière n'affecte pas la germination des graines non dormantes a été observé également par Marquis (1975) sur le terrain.

Populations du Haut St-Laurent:

Chez les samares provenant des populations H et A, les niveaux élevés d'émergence observés à l'ombre démontrent que la lumière n'est pas indispensable à la germination de ces graines. Cependant, l'émergence de première année est significativement plus élevée à la lumière qu'à l'ombre pour ces samares dans toutes les expériences au site d'Abitibi. Lors d'expériences en conditions contrôlées, les graines d'érable rouge non stratifiées ont eu besoin de plus de lumière pour germer que celles qui ont été stratifiées (Wang et Haddon 1978), ce qui suggère un effet direct de la lumière sur la germination des samares non stratifiées. Cependant, dans notre cas, il apparaît plus probable que la quantité de lumière affecte la germination par l'intermédiaire de la température. En effet, nous observons ce phénomène seulement au site d'Abitibi et surtout chez les samares produites par les populations H et A. Il semble que la germination de ces samares, plus que celle des samares produites par les populations R et Y, soit sensible aux températures froides qui sévissent au site d'Abitibi et se trouve avantagée par une lumière abondante.

Survie des semis à la lumière et à l'ombre

Bien que la survie semble moins bonne à la lumière durant l'été, la survie des semis issus de graines non dormantes jusqu'à l'été suivant leur émergence (survie été+hiver) a été meilleure à la lumière qu'à l'ombre dans la plupart des cas. Le résultat est qu'à la fin de l'expérience les semis sont plus abondants à la lumière. Il semble donc que si la lumière peut causer la mortalité des semis durant l'été, elle favorise leur survie au cours des mois suivants. L'effet favorable de la lumière sur la croissance des semis n'apparaît pas avant que les réserves des graines soient épuisées c'est à dire au moins 10 jours suivant la germination (Grime et Jeffrey 1965). Durant les premiers jours la lumière n'affecterait donc les semis qu'indirectement par les conditions de température ou de sécheresse qu'elle entraîne. D'après l'étude de Jones et Sharitz (1989) réalisée en Georgie c'est à partir de l'âge de 7 semaines que la lumière procure une meilleure croissance aux semis d'érable rouge.

Effet de la lumière sur l'émergence différée

Les cas où l'émergence est plus importante à l'ombre la deuxième année s'expliqueraient par le fait qu'une portion des graines à la lumière soient mortes

avant d'émerger au cours du premier été à cause de l'assèchement du sol. En effet, on a vu que les semis issus de germination non différée ont connu une mortalité plus élevée à la lumière durant leur premier été alors que ce fut l'inverse pour les semis ayant émergé au printemps. Il semble donc que les graines qui germent en été s'exposent à des risques de mortalité causée par la sécheresse.

3. Poids des samares

Il a été démontré, lors des expériences en chambres de croissance, que les samares légères germent dans des proportions moins élevées que les plus lourdes. Il a été suggéré que la dormance des graines plus légères s'expliquerait par une plus grande résistance des téguments relativement à la taille de l'embryon (Marshall 1986; Stanton 1984). L'effet du poids des graines sur la germination serait alors relié aux mécanismes de dormance impliquant les téguments. De tels mécanismes (résistance mécanique et la perméabilité des téguments) ont été observés chez plusieurs espèces d'érables (Dumbroff et Webb 1970; Pinfield et al. 1990; Webb et Dumbroff 1969). Cependant dans le cas des populations étudiées, les taux de germination demeurent plus élevés pour les graines de poids élevé après stratification, aussi bien en chambres de

croissance que sur le terrain. La dormance des samares produites par l'érable rouge en Abitibi-Thémiscamingue ne semble donc pas déterminée de façon importante par les téguments dans la mesure où l'importance relative de ces derniers diminue avec le poids des graines. Les processus embryonnaires seraient alors les plus déterminants dans le contrôle de la dormance chez cette espèce. Chez les érables, la dormance embryonnaire est levée par le froid qui n'est pas nécessaire pour briser la résistance des téguments (Pinfield et al. 1990). La température serait alors le facteur principal qui contrôle la dormance des graines d'érable rouge.

Les taux de germination plus faibles rencontrés chez les petites samares en chambres de croissance pourraient être attribuables à une dormance profonde qui n'est pas levée par stratification ou à une viabilité moindre des petites samares.

Les résultats des tests sur le terrain révèlent que l'effet du poids des samares sur l'émergence des semis ne s'est pas manifesté de façon aussi prononcée qu'en chambres de croissance. Il est possible que l'effet du poids des samares ne soit pas apparu de façon significative sur le terrain à cause de différences de poids moindre entre les petites et les grosses samares que dans

le cas des comparaisons effectuées en chambres de croissance. De plus, l'action des facteurs environnementaux sur la germination et la survie des graines puis des semis peut atténuer, selon les conditions, l'effet du poids des semences (Gross 1984). Par exemple, la disponibilité de l'eau peut être plus limitante pour l'imbibition des grosses graines dont la surface est moins importante relativement au volume de l'embryon (Harper 1977). On peut suggérer que dans des conditions naturelles, l'avantage des grosses samares soit encore moins marqué car les petites semences ont plus de facilité à trouver des microsites favorables (De Steven 1991; Harper 1977; Marshall 1986).

Bien que le poids des graines ne semble pas affecter de façon déterminante le succès d'émergence sur le terrain pour les samares issues d'une même population, il est possible qu'il soit responsable des différences entre les niveaux d'émergence des samares du Thémiscamingue et du Haut St-Laurent rencontrés lors des années favorables. Le fait que les samares produites par les populations R et Y soient plus légères pourrait expliquer que leur émergence totale soit moins élevée que chez celles produites par les populations H et A.

4. Deux stratégies d'établissement

Le type de dormance levée par stratification que nous retrouvons chez les samares d'Abitibi-Thémiscamingue a été observé chez des populations d'érable rouge situées aux mêmes latitudes (Farmer et Goelz 1984; Tremblay et al. 1994; Wang et Haddon 1978). L'absence de dormance obligatoire telle que retrouvée chez les populations du Haut St-Laurent à été observée aussi au sud de l'Ontario (Wang et Haddon 1978), au Tennessee (Farmer et Cunningham 1981) et au Massachussetts (Abbott 1974).

Chez les populations d'Abitibi-Thémiscamingue, nous sommes en présence d'une dormance obligatoire qui empêche la majorité des graines de germer avant d'avoir séjourné pendant plusieurs semaines dans des conditions humides et froides, ce qui a pour effet de différer l'émergence des semis jusqu'au printemps suivant l'année de leur dispersion. Les semis qui émergent à cette période de l'année ont une saison de croissance plus longue d'environ quatre semaines que s'ils avaient germé dès leur dispersion. Ces semaines étant celles où la lumière est la plus abondante, avant que la canopée soit déployée. À ces latitudes où la saison de croissance est courte, la germination différée serait favorable à l'établissement des semis. Cependant, une telle

stratégie comporte des coûts (investissement dans des mécanismes de dormance) et des risques. Les graines stratifiées sont plus vulnérables au gel que les graines non stratifiées (Toth et Garrett 1989). Pour qu'une stratégie de dormance levée par stratification soit avantageuse il faut que l'effet bénéfique d'une saison de croissance allongée soit plus important que les pertes impliquées. Le fait qu'une portion des graines produites à ces latitudes soient non dormantes permettrait un étalement de la germination d'une même cohorte sur plus d'une année, minimisant ainsi les risques associés à une saison défavorable.

La plupart des graines produites par les populations du Haut St-Laurent ne sont pas dormantes lors de leur dispersion mais peuvent le devenir si elles rencontrent des conditions défavorables à la germination. Une portion de l'émergence est alors différée au printemps suivant. Nous avons observé ce phénomène dans des conditions de sécheresse rendues artificiellement extrêmes par notre dispositif expérimental sur le terrain. Une sécheresse intense peut induire la dormance car le hile agit alors comme une valve hygroscopique (Harper 1977). De plus, le fait que la germination soit plus lente sans stratification rend le processus réversible sur une plus longue période. En effet, le processus de germination est réversible tant que l'imbibition n'est pas

complétée (Mazliak 1982). Une telle dormance permettrait de préserver une proportion relativement faible de la production de graines lors d'une année particulièrement défavorable.

E. Conclusion

Cette partie du mémoire a permis d'identifier deux stratégies de germination chez les populations d'érable rouge concernées. Les populations d'Abitibi-Thémiscamingue produisent surtout des graines dormantes qui ne germent qu'après une stratification où un hiver passé dans le sol; le potentiel de germination augmente avec la durée de la stratification. Les populations du Haut St-Laurent produisent des graines non dormantes lors de leur dispersion mais qui peuvent le devenir par la suite.

La quantité de lumière ne semble pas exercer un contrôle important sur la dormance des samares bien qu'elle puisse affecter l'émergence des semis par le biais de la température. Elle exerce aussi une influence sur la survie des semis. La sécheresse associée à la lumière peut causer la mortalité dans les premières semaines de l'établissement. Dans les mois suivants, cependant, la survie des semis est favorisée par la présence de lumière.

Le poids des samares ne semble pas être un facteur lié aux phénomènes de dormance et stratification. Cependant, pour chacune des

provenances, les samares les plus lourdes germent mieux que les plus légères en chambre de croissance.

Le facteur qui semble affecter le plus la dormance des graines d'érable rouge est la température. Or on sait que la température varie selon la latitude et qu'elle est étroitement reliée à la longueur de la saison de croissance.

**CHAPITRE II CROISSANCE DES SEMIS D'ÉRABLE ROUGE EN
FONCTION DE LA DORMANCE DES GRAINES**

A. Introduction

Au cours de leur existence relativement longue, les arbres doivent pouvoir affronter une grande variété de conditions environnementales (Brubaker 1986). Cependant, les semis qui originent de la reproduction sexuée sont plus vulnérables et plus sensibles aux variations environnementales que les individus adultes (Harper 1977; Kozlowski 1972 vol.II). Une partie seulement des semis qui émergent parviendront à l'âge de la reproduction (Cavers 1983; Naylor 1985).

Les facteurs environnementaux auxquels doivent faire face les jeunes plants varient selon l'endroit où ils croissent. La latitude, par exemple, affecte des paramètres climatiques comme la température, la quantité de lumière et la longueur de la saison de croissance (Barbour et al. 1987). En conséquence, les caractères des individus varient selon le type de milieu ambiant. Les populations d'une même espèce peuvent différer d'une localisation à l'autre quant à leurs caractéristiques morphologiques et physiologiques en fonction des conditions prévalant dans leur habitat (Perry et Hellmers 1973; Townsend et Roberts 1973). Les caractéristiques des graines peuvent déterminer le succès des semis dans un environnement donné (Harper 1977) et varier selon

les provenances (Baker 1972; Baskin et Baskin 1973; Fowells 1965; Lindauer et Quinn 1972). Parmi ces caractéristiques on retrouve la dormance des graines et leur morphologie.

Plusieurs espèces d'arbres produisent des graines dormantes (Farmer et Cunningham 1981; Farmer et Goelz 1984; Pinfield et al. 1990; Spaeth 1932; Steinbauer 1937, Stone 1957; Stearn et Olson 1958; Toth et Garrett 1989; Villier et Wareing 1965; Webb et Dumbroff 1969; Williams et Winstead 1972). Chez l'érable rouge, qui est une espèce largement distribuée (Fowells 1965), certaines populations seulement produisent des graines dormantes. Ainsi il a été démontré que les populations d'érable rouge situées en Abitibi-Thémiscamingue produisent une majorité de graines dormantes qui sont dispersées à la fin-juin début-juillet et dont la majorité ne germe qu'au printemps de l'année suivante alors que plus au sud, dans la région du Haut St-Laurent, la majorité des graines germe immédiatement lors de la dispersion (Chapitre I; Tremblay et al. 1994). La germination différée procure aux semis issus de graines dormantes une première saison de croissance plus longue comparativement à ceux issus de graines non dormantes.

D'autres facteurs que la longueur de la saison de croissance peuvent affecter le succès des jeunes plants. En émergeant tôt, les semis bénéficient d'une quantité de lumière supplémentaire qui n'est plus disponible en forêt durant l'été, quand le feuillage des arbres est déployé. La lumière étant une ressource essentielle à la synthèse de biomasse, sa disponibilité est susceptible d'affecter la croissance. Les semis qui croissent en présence d'une lumière abondante ont l'occasion de fabriquer une plus grande quantité de biomasse que ceux qui croissent à l'ombre (Jones et Sharitz 1989). Une plus grande proportion de cette biomasse sera dirigée vers le système racinaire en réponse à une demande accrue d'eau et d'éléments minéraux (Mooney et Winner 1991).

La croissance des semis peut être affectée aussi par la morphologie des graines. La corrélation positive qui existe dans les tous premiers temps entre le poids des semences et la biomasse des plantules peut influencer les chances de survie des semis (Tripathi et Khan 1990; Harper et al. 1970) et cet effet peut se prolonger plus ou moins longtemps selon les espèces et le type de milieu. Bien que d'une façon générale le poids de la graine est inversement proportionnel à la croissance relative (Shipley et Peters 1990) l'avantage des semis issus de grosses semences sur ceux issus de petites semences se

maintiendrait plus longtemps dans un environnement compétitif (Marshall 1986).

L'objectif de cette étude est de déterminer quel est l'effet de la dormance des graines sur le succès des semis chez l'érable rouge en fonction de la latitude à laquelle ils croissent et de leur provenance. Notre hypothèse principale est que la dormance confère un avantage aux semis quant à leur croissance et à leur survie.

Nous étudierons ce facteur en relation avec: 1. la quantité lumière, parce que les graines dormantes ne germeront pas dans les mêmes conditions de lumière que les graines non dormantes et 2. le poids des graines, qui varie selon les provenances. Les semis qui germent à la lumière devraient avoir une biomasse plus importante et une meilleure survie que ceux qui germent à l'ombre. Quant au poids des samares, nous prévoyons qu'il affectera positivement la croissance et la survie des semis.

B. Méthodes

1. Plantations

Les semis utilisés pour les plantations provenaient des expériences d'émergence décrites au chapitre I qui se sont déroulées simultanément en Abitibi et dans la région du Haut St-Laurent. Les semis ont été récoltés dans des cages à germination ombragées par de la toile géotextile (filtrant environ 95% de la lumière) ou exposées à la lumière. Dans chacune des cages se trouvaient des semis provenant de samares récoltées chez des populations du Thémiscamingue, Rollet (R) et Rémigny (Y), et des populations du Haut St-Laurent, Hemmingford (H) et Saint-Anicet (A) (fig 1.1). Les samares de chaque population avaient été séparées en deux échantillons selon leur poids. Chaque cage mesurait environ 2 mètres carrés.

Cinq plantations ont été établies soient deux en Abitibi (en 1990) et trois dans la région du Haut St-Laurent (en 1990, 1991 et 1992). En 1990 on a transplanté des semis ayant émergé en 1989 et 1990; en 1991, les semis de 1990 et 1991, et en 1992, ceux de 1991 et 1992 (tableau II.I). La transplantation a eu lieu entre le 2 et le 10 juillet sauf pour la plantation de

Tableau II.I Dates de germination, de plantation, de prise de mesures et de récolte des semis.

Site	Germination		transplantation	Mesures de la hauteur (âge des semis issus de graines non dormantes et dormantes)		
	graines non dormante	graines dormantes				
Abit	1989	1990	6-07-1990 (a)	6-07-1990 (0 et 1 an)	28-08-1991 (1 et 2 ans)	5-09-1992 (b) (2 et 3 ans)
	1990	1991	4-07-1991	4-07-1991 (0 et 1 an)	5-09-1992 (b) (1 et 2 ans)	
	1992		5-09-1992 (b)			
Haut St-L	1989	1990	10-07-1990 (a)	10-07-1990 (0 et 1 an)	21-09-1991 (1 et 2 ans)	19-09-1992 (b) (2 et 3 ans)
	1990	1991	1-06-1991	1-06-1991 (0 et 1 an)	19-09-1992 (b) (1 et 2 ans)	
	1991	1992	3-07-1992	3-07-1992 (0 et 1 an)	19-09-1992 (b) (0 et 1 an)	
	1992		22-09-1992 (a)			

(a) récolte des semis avant la plantation
(b) récolte des semis dans les plantations

1991 dans le Haut St-Laurent qui a été établie le 1^{er} juin. Les semis provenant de graines non dormantes étaient alors âgés d'un an et ceux issus de graines dormantes avaient entre 4 et 8 semaines.

Les effectifs ont été prélevés le plus également possible entre les cages ombragées et non ombragées et entre les classes de poids des samares. Les effectifs finaux sur lesquels furent prises les mesures de hauteur et de biomasse figurent dans les tableaux de résultats.

Les plantations étaient situées dans des forêts d'érable rouge à proximité des tests d'émergence réalisés à la même latitude (fig 1.1). Les plantations d'Abitibi étaient situées à 48° 35' de latitude nord, sur un sol acide, pierreux relativement mal drainé (Lalonde 1991). Celles du Haut Saint-Laurent, à 45° 03' de latitude nord sur un sol moins acide constitué de loam sableux. Sur les sites d'Abitibi-Thémiscamingue, l'érable rouge croît dans la forêt boréale dominée par des essences résineuses comme l'épinette noire (Picea mariana), l'épinette blanche (Picea glauca), le pin gris (Pinus banksiana) et le sapin baumier (Abies balsamea). Il occupe des sites élevés où il cotoie quelques espèces feuillues comme le peuplier faux-tremble (Populus tremuloides), le bouleau à papier (Betula papyrifera) et parfois l'érable à sucre

(Acer saccharum). Sur les sites du Haut Saint-Laurent, l'érable rouge croît dans la forêt feuillue, en compagnie d'une large variété d'essences feuillue (Acer saccharum, Betula sp., Fraxinus sp., Juglans cinerea, Populus tremuloides, Tilia occidentalis, Ulmus americana). A ces latitudes, on le retrouve aussi bien dans les basses terres que sur les sites plus élevés (Fowells 1965).

Les semis ont été transplantés dans des pots biodégradables contenant environ 450 cm³ d'un mélange composé d'une partie de terre noire pour une partie mousse de tourbe. Ils ont été disposés aléatoirement à 50 cm de distance les uns des autres.

La croissance en hauteur des semis dans les plantations a été mesurée avec une précision de l'ordre du millimètre, de l'été 1990 à l'automne 1992 (tableau II.I). Au mois de septembre 1992, une partie des semis (tableau II.I) a été récoltée pour en obtenir la biomasse sèche (précision: dixième de milligramme) par séchage (70°C) jusqu'à poids constant. On a également mesuré la biomasse sèche de semis ayant germé en 1989 (graines non dormantes) et 1990 (graines dormantes) prélevés directement des cages d'émergence en 1990 ainsi que de semis ayant germé en 1992 (graines non

dormantes) prélevés en 1992 (tableaux II.I). Quatre-vingt-douze semis âgés de 10 à 12 ayant émergé en chambres de croissance et provenant de samares récoltées chez 6 populations (H,A,R,Y,M et Q) (fig 1.1) furent également récoltés pour en déterminer la biomasse sèche.

2. Analyses statistiques

Pour les analyses sur la croissance en hauteur, seuls les semis ayant survécu jusqu'à la dernière prise de mesure ont été considérés. La hauteur des semis issus de graines dormantes et non dormantes a été comparée en regroupant les individus provenant des populations du Haut St-Laurent (H et A) et celles du Thémiscamingue (R et Y) dans chacune des plantations au moyen d'analyses de variance exécutées avec la procédure GLM du logiciel SAS (1987). Une transformation des données (racine carrée de la hauteur) fut nécessaire afin de les rendre conformes aux postulats d'application.

L'accroissement en hauteur des semis a été calculé pour chaque semis selon la formule suivante:

$$A = \frac{\text{hauteur finale} - \text{hauteur initiale}}{\text{hauteur initiale}} \times \text{nombre de mois}$$

Les taux d'accroissement ont été comparés entre les semis issus de graines dormantes et non dormantes par provenance au moyen de tests non paramétriques de Wilcoxon exécutés avec la procédure NPARIWAY.

Des analyses de variance ont été exécutées sur le logarithme de la biomasse sèche totale avec la procédure GLM. On a mesuré l'effet de la latitude à laquelle croissent les semis en comparant les plantations du Haut St-Laurent et d'Abitibi établies la même année soit en 1990 et en 1991 ainsi que les semis prélevés dans les cages à chacun des deux sites en 1990 et 1992 (annexe II). L'effet de la provenance fut analysé séparément pour les semis issus de graines non dormantes et dormantes en comparant les semis issus des populations H et A à ceux des populations R et Y pour chaque plantation, et dans les cages, à chaque site (annexe III). On a ensuite procédé à des analyses à plusieurs critères de classification pour évaluer l'effet de la dormance, de la lumière et du poids des samares chez des semis ayant émergé en 1989 (graines non dormantes) et en 1990 (graines dormantes) qui furent récoltés en juillet 1990 directement dans les cages des tests d'émergence et en septembre 1992 dans les plantations de 1990. Les individus furent regroupés selon la région d'où ils provenaient, soient le Haut St-Laurent (populations H et A) et le Thémiscamingue (R et Y). Les interactions non

significatives ont été combinées à l'erreur (annexe IV). Pour les plantations de 1991 et 1992, seul l'effet de la dormance par provenance (Haut St-Laurent et Thémiscamingue) a été analysé dans chaque plantation par des analyses à un critère de classification car les effectifs étaient trop restreints pour permettre l'analyse des autres facteurs (annexe VI).

En ce qui concerne la proportion de biomasse allouée aux racines on a analysé l'effet de la dormance, de la lumière et poids des samares en procédant de la même façon que pour la biomasse totale sans transformation préalable des données (annexes V et VI).

La corrélation entre la biomasse des semis récoltés en chambre de croissance et le poids des graines a été exécutée avec la procédure CORR après une transformation logarithmique des deux variables. La même procédure fut utilisée avec 17 semis issus de graines non dormantes provenant des populations H et A récoltés dans les cages au site du Haut St-Laurent en 1992.

La survie dans les plantations a été comparée entre les semis issus de graines dormantes et non dormantes par des tests de Chi carré (Sherrer 1984).

Plusieurs semis ont produit des rejets après la mort de la tige principale. Ces individus ont été considérés comme vivants. On a procédé de la même façon pour déterminer l'effet de la quantité de lumière et du poids des samares sur la survie dans les plantations de 1990.

C. Résultats

1. Sites et provenances

Les semis croissant au site du Haut St-Laurent ont une biomasse plus importante que ceux situés en Abitibi (fig 2.1, 2.4 et 2.5). La biomasse moyenne varie entre 43 et 299 mg dans les plantations du Haut St-Laurent et entre 24 et 109 mg dans celles d'Abitibi (annexe II).

Chez les semis les plus jeunes (0 à 2 ans), la biomasse des individus provenant des populations H et A a tendance à être plus élevée que celle des semis provenant des populations R et Y (fig 2.1 à 2.4). Chez les semis plus âgés (2 et 3 ans) les différences entre les provenances s'atténuent, particulièrement au site du Haut St-Laurent (fig 2.5). Au site d'Abitibi les individus provenant des populations R et Y surpassent en biomasse ceux qui proviennent des populations H et A (annexe III). Globalement, le taux de survie le plus faible dans les plantations fut de 51% et le plus élevé de 82%.

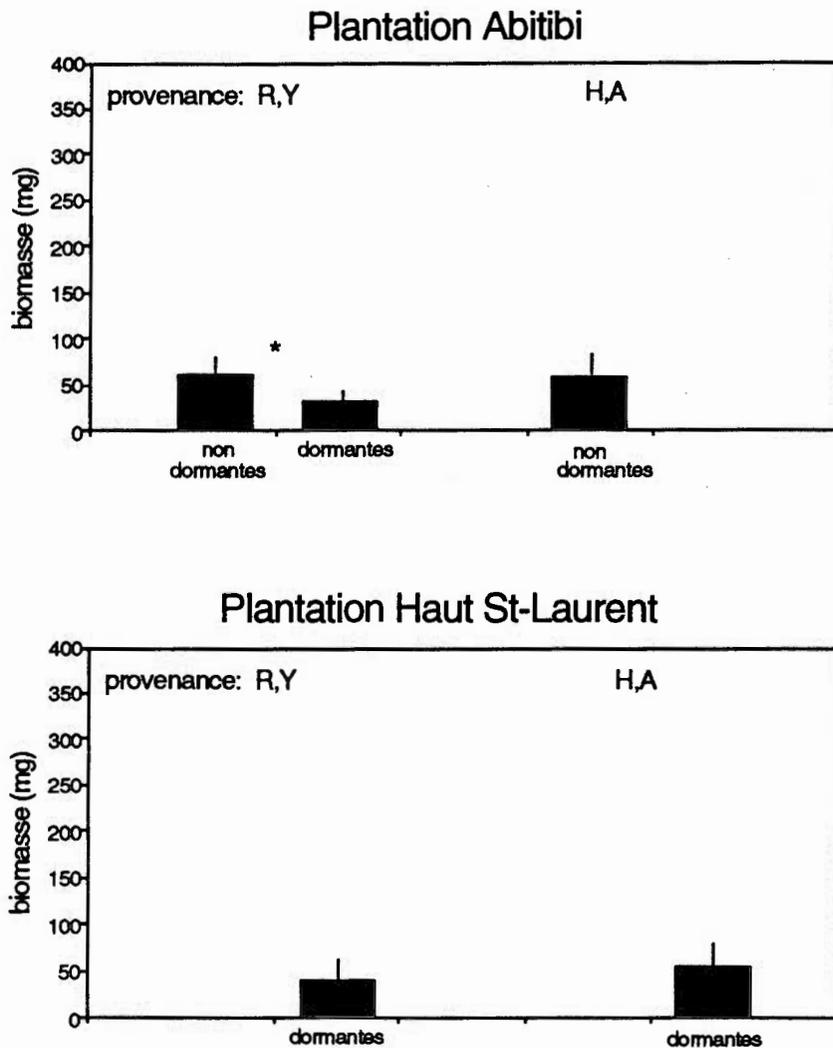


Figure 2.2 Biomasse sèche totale (et écarts-types) des semis ayant germé en 1989 (graines non dormantes) et en 1990 (graines dormantes) récoltés en juillet 1990 pour chacune des provenances.

Les astérisques (*) indiquent une différence significative d'après l'analyse de variance (annexe IV).

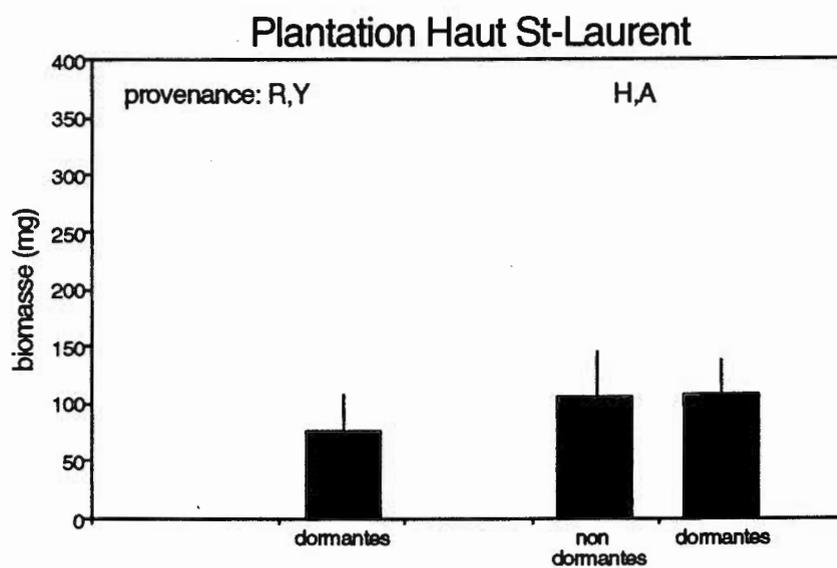


Figure 2.3 Biomasse sèche totale (et écart-type) des semis ayant germé en 1991 (graines non dormantes) et en 1992 (graines dormantes) récoltés en septembre 1992 pour chacune des provenances.

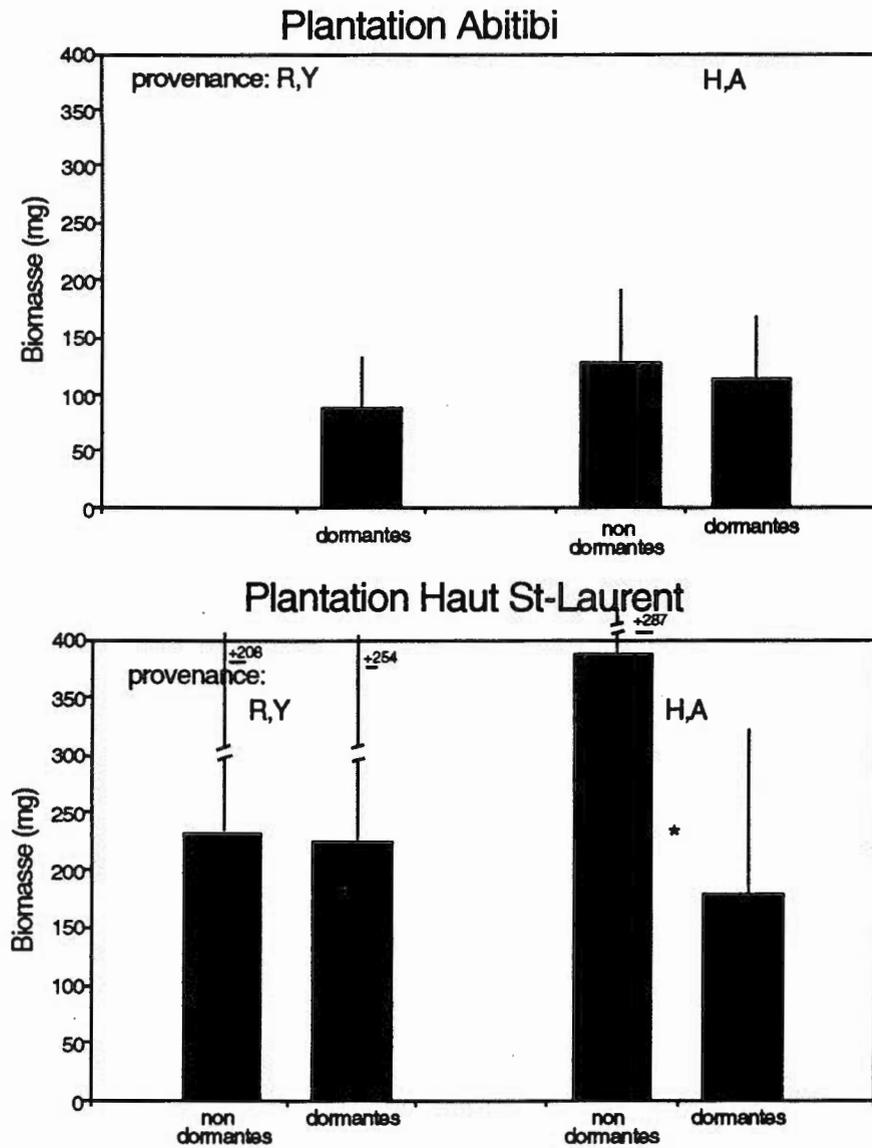


Figure 2.4 Biomasse sèche totale (et écart-type) des semis ayant germé en 1990 (graines non dormantes) et en 1991 (graines dormantes) récoltés en septembre 1992 pour chacune des provenances.

Les astérisques (*) indiquent une différence significative d'après l'analyse de variance (annexe VI).

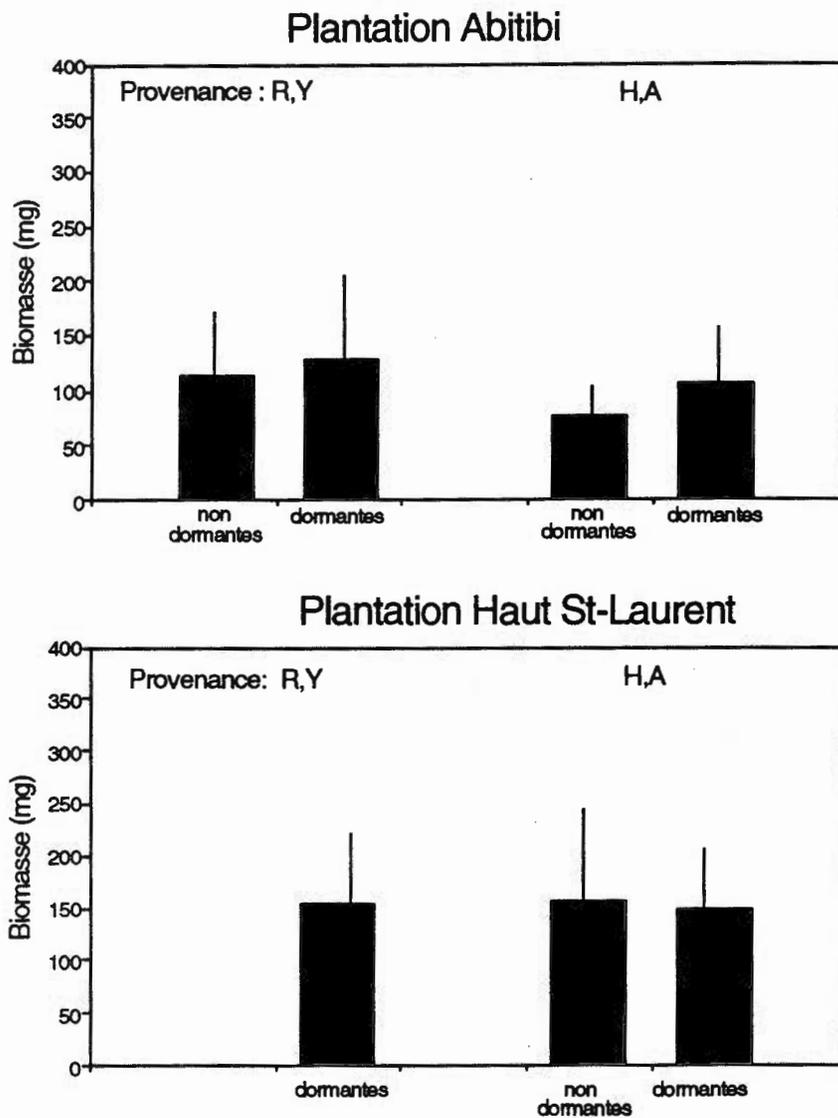


Figure 2.5 Biomasse sèche totale (et écarts-types) des semis ayant germé en 1989 (graines non dormantes) et en 1990 (graines dormantes) récoltés en septembre 1992 pour chacune des provenances.

2. Dormance

Les semis issus de graines dormantes ont tendance à être moins hauts que les semis issus de graines non dormantes au moment de la transplantation (tableau II.II). Nous avons trouvé une différence statistiquement significative en Abitibi en 1990, où la hauteur des semis issus de graines dormantes était respectivement de 39.9 mm (R et Y) et 44.6 mm (H et A) alors que ceux issus de graines non dormantes mesuraient 51.7 mm (R et Y) et 53.6 mm (H et A). Cependant, cette différence s'atténue rapidement et n'est plus significative en 1991. Le taux d'accroissement en hauteur des semis issus de graines dormantes est significativement plus élevé soit 1.026 (R et Y) et 0.845 (H et A) que celui des semis issus de graines non dormantes 0.463 (R et Y) et 0.386 (H et A) (tableau II.II).

On observe également un accroissement plus rapide en hauteur pour les semis issus de graines dormantes dans la plantation de 1991 au site du Haut St-Laurent (tableau II.II). Cependant, dans cette plantation, la croissance diffère entre les deux provenances: chez les semis provenant des populations R et Y la différence de hauteur observée en 1991 en faveur des semis issus de graines non dormantes n'est plus significative en 1992 (tableau II.II); chez

Tableau II.II Effet de la dormance sur la croissance en hauteur des semis dans les plantation.

Plantation	Site	Prov.	Dormance	n	Hauteur moyenne et écart-type (mm)			accr. (a)	P (b)
					1990	1991	1992		
1990	Abit	R,Y	oui	36	39.8 (7.8) *	64.8 (14.1)	79.0 (18.1)	1.026	0.0001
			non	41	51.7 (11.4)	65.3 (14.8)	75.0 (18.9)	0.463	
		H,A	oui	19	44.6 (10.0) *	64.2 (12.6)	76.9 (17.2)	0.845	0.0018
			non	48	53.6 (9.1)	62.0 (14.3)	73.1 (15.5)	0.386	
	Haut	R,Y	oui	51	38.8(6.8)	64.2(15.6)	69.8(19.7)	0.882	0.8133
		H,A	oui	46	42.3 (7.0)	67.7 (12.2)	74.9 (15.2)	0.885	
		non	26	42.1 (9.1)	69.9 (14.7)	75.0 (15.6)	0.801		
1991	Abit	R,Y	oui	41		38.6(5.9)	65.2(21.1)	0.695	0.6857
			non						
		H,A	oui	37		41.7 (7.6) *	68.8 (14.4) *	0.667	0.0085
			non	11		48.5 (11.4)	85.9 (19.2)	0.881	
	Haut St-L	R,Y	oui	10		36.9 (10.5) *	80.9 (25.3)	1.368	0.0010
			non	5		87.6 (10.7)	88.8 (27.3)	0.010	
	H,A	oui	15		32.9 (6.4) *	70.7 (15.8) *	1.219	0.558	
		non	33		61.5 (14.8)	95.7 (32.6)	0.558		
1992	Haut St-L	R,Y	oui	27		40.4 (9.8)	45.9 (10.1)	0.152	0.2103
			non						
		H,A	oui	38		50.8 (7.0)	61.6 (12.1)	0.144	0.231
			non	7		55.6 (11.3)	62.9 (10.1)	0.231	

(a) accr.=accroissement en hauteur

(b) test de Wilcoxon testant la différence entre l'accroissement en hauteur des semis issus de graines dormantes et non dormantes.

Les astérisques (*) indiquent une différence significative entre la hauteur des semis issus de graines dormantes et non dormantes selon l'analyse de variance (alpha=0.05).

les semis provenant des populations H et A la différence de hauteur présente en 1991 en faveur des semis issus de graines non dormantes demeure significative en 1992 (tableau II.II).

Les semis âgés de 0 et 1 an (récolte 1990) issus de graines dormantes ont une biomasse moins élevée que ceux issus de graines non dormantes (fig 2.2). Cette différence n'apparaît cependant pas chez des individus plus âgés (fig 2.3, 2.4 et 2.5). La seule exception est chez les individus âgés de 1 et 2 ans (fig 2.4) provenant des populations H et A qui croissent au site du Haut St-Laurent: les semis issus de graines non dormantes y ont une biomasse plus élevée.

De façon générale, la dormance des graines n'affecte pas l'allocation aux racines à l'exception des semis les plus jeunes (0 et 1 an) provenant des populations R et Y qui croissent en Abitibi: les semis provenant de graines dormantes allouent une proportion moindre (19%) de leur biomasse aux racines que ceux qui proviennent de graines non dormantes (24%) (tableau II.III).

Tableau II.III Effet de la dormance sur la répartition de la biomasse entre les parties aériennes et le système racinaire.

Site	âge des semis (ans)	prov.	n	Biomasse aérienne (mg) moyenne (écart-type)		Biomasse racinaire (mg) moyenne (écart-type)				
				non dormantes	dormantes	non dormantes	prop. (a)	dormantes	prop. (a)	
Abit	0/1 récolte 1990	R,Y	29	49.99 (15.59)	46	24.42 (9.54)	14.02 (5.81)	0.24	6.42 (4.98)	0.19 *
	1/2 récolte 1992	H,A	9	83.38 (34.10)	14	73.62 (34.16)	83.48 (34.10)	0.32	39.96 (20.69)	0.35
	2/3 récolte 1992	R,Y	35	71.39 (43.80)	33	79.72 (60.51)	42.86 (30.46)	0.36	48.51 (39.56)	0.38
		H,A	24	46.86 (22.57)	18	62.34 (38.10)	31.31 (11.04)	0.41	43.58 (30.96)	0.40
Haut St-L	0/1 récolte 1992	H,A	3	63.80 (20.56)	14	68.14 (21.58)	45.53 (19.58)	0.40	41.29 (13.73)	0.38
	1/2 récolte 1992	R,Y	6	141.15 (122.50)	7	129.73 (135.57)	92.50 (86.00)	0.37	96.06 (121.73)	0.38
		H,A	27	218.59 (131.74)	12	110.40 (73.55)	168.51 (166.61)	0.41	68.38 (70.46)	0.34 *
	2/3 récolte 1992	H,A	20	81.48 (52.06)	20	80.33 (34.49)	74.58 (47.52)	0.52	68.94 (35.08)	0.45

(a) proportion de la biomasse racinaire sur la biomasse totale.

Les astérisques (*) indiquent une différence significative quant à la proportion de biomasse allouée aux racines entre semis issus de graines dormantes et non dormantes d'après l'analyse de variance (voir annexes V et VI).

Les taux de survie des semis issus de graines dormantes et non dormantes ne diffèrent pas sauf dans le cas de la plantation de 1991 au site du Haut St-Laurent où la survie des graines non dormantes a été plus élevée (67%) que celle des semis issus de graines dormantes (32%) pour les semis provenant des populations H et A (tableau II.IV). Dans cette plantation, la plus grande partie de la mortalité (83%) est survenue durant le premier été de la plantation.

3. Lumière

L'effet de la quantité de lumière lors de l'émergence sur la biomasse des semis (tableau II.V) se manifeste chez les individus de 0 et 1 an: ceux qui ont été exposés à une lumière abondante ont une biomasse plus élevée (moyennes entre 49.9 et 67.5 mg) que ceux qui se trouvaient à l'ombre (moyennes entre 27 et 53.1 mg). Chez les individus plus âgés (2 et 3 ans) cette différence tend à disparaître et se maintient seulement chez les semis provenant des populations H et A croissant au site du Haut St-Laurent (lumière: 107.8 mg; ombre: 74.1 mg).

Tableau II.IV Effet de la dormance sur la survie des semis (%) dans les plantations entre le moment de la transplantation et celui de la récolte.

Plantation	site	provenance	survie non dormantes	survie dormantes	
1990	Abit	R, Y	77	79	
		H, A	76	71	
	Haut St-L	R, Y		58	
		H, A	74	72	
1991	Abit	R, Y		70	
		H, A	85	74	
	Haut St-L	R, Y	83	50	*
		H, A	67	32	*
1992	Haut St-L	R, Y		77	
		H, A	88	86	

Les astérisques (*) indiquent une différence significative ($\alpha=0.05$) entre la survie des semis issus de graines dormantes et non dormantes pour une même provenance selon un test de Chi carré.

Tableau II.V Effet de la quantité de lumière sur la biomasse totale et la répartition de la biomasse entre les parties aériennes et racinaires chez des semis ayant germé en 1989 (graines non dormantes) et 1990 (graines dormantes) récoltés en juillet 1990 (âge: 0 et 1 an) et en septembre 1992 (âge: 2 et 3 ans).

		Biomasse totale (mg) moyenne (écart-type)				Biomasse aérienne (mg) moyenne (écart-type)		Biomasse racinaire (mg) moyenne (écart-type)			
<u>Site d'Abitibi</u>		lumière		ombre		lumière	ombre	lumière	prop (a)	ombre	prop (a)
âge (ans)	prov.	n		n							
0/1	R,Y	41	53.9 (20.5)	34	27.0 (9.0) *	41.3 (15.6)	21.6 (6.8)	12.6 (6.6)	0.23	5.4 (3.2)	0.19
	H,A	21	67.5 (21.0)	31	52.0 (22.9) *	48.4 (16.2)	38.2 (16.7)	19.0 (6.3)	0.28	13.7 (6.9)	0.26
2/3	R,Y	35	140.1 (104.9)	33	102.1 (51.1)	85.2 (64.1)	65.1 (34.0)	54.9 (42.6)	0.39	35.8 (21.0)	0.35 *
	H,A	20	107.8 (62.3)	22	74.1 (30.1) *	61.3 (39.1)	46.4 (20.3)	46.5 (27.1)	0.45	27.6 (11.8)	0.37 *
<u>Site du Haut St-Laurent</u>											
âge (ans)	prov.	n		n							
0/1	R,Y	7	64.7 (27.0)	43	36.9 (18.9) *	43.6 (16.0)	25.8 (12.6)	21.1 (12.9)	0.31	11.1 (7.4)	0.28
2/3	R,Y	13	144.8 (52.8)	11	165.9 (83.4)	69.9 (26.0)	91.2 (41.8)	74.8 (31.5)	0.52	74.4 (43.4)	0.44 *
	H,A	18	125.6 (62.8)	22	170.5 (95.4)	65.9 (34.6)	93.2 (47.0)	59.8 (31.0)	0.78	81.6 (46.6)	0.49

(a) proportion de la biomasse racinaire sur la biomasse totale.
Les astérisques (*) indiquent une différence significative entre la lumière et l'ombre quant à la biomasse totale (annexe III) ou la proportion allouée aux racines (annexe IV) d'après l'analyse de variance.

On observe une interaction entre la dormance des graines et la quantité de lumière chez les semis les plus âgés qui proviennent des populations H et A (tableau II.VI, annexe IV): au site du Haut St-Laurent les semis issus de graines non dormantes ont une biomasse plus élevée à la lumière alors que l'effet inverse se produit à l'ombre; en Abitibi, ce sont les semis issus de graines dormantes ayant germé à la lumière qui ont la biomasse la plus élevée.

En ce qui concerne la biomasse allouée aux racines (tableau II.V), la quantité de lumière affecte les individus âgés de 2 et 3 ans seulement. Les semis exposés à la lumière durant la période précédant la plantation allouent une proportion plus importante de leur biomasse aux racines à l'âge de 2 et 3 ans (moyennes variant entre 39% et 78%) que ceux qui sont demeurés à l'ombre (moyennes variant entre 35% et 45%).

Au site du Haut St-Laurent, les semis ayant émergé à la lumière ont eu une moins bonne survie en plantation que ceux qui ont séjourné à l'ombre (tableau II.VII). La différence est statistiquement significative chez les semis provenant des populations R et Y (38% à la lumière et 66% à l'ombre) mais ne

Tableau II.VII Effet de la quantité de lumière sur la survie des semis (%) dans la plantations de 1990 entre le moment de la transplantation et celui de la récolte.

Site	provenance	survie lumière	survie ombre
Abit	R,Y	74	82
	H,A	76	72
Haut St-L	R,Y	38	66 *
	H,A	66	80

L'astérisque (*) indique une différence significative ($\alpha=0.05$) entre la survie des semis ayant émergé à l'ombre et à la lumière pour une même provenance selon un test de Chi carré.

l'est pas pour ceux provenant des populations H et A (66% à la lumière et 80% à l'ombre).

4. Poids des samares

En chambre de croissance la biomasse sèche des 140 semis âgés de 10 à 12 jours varie entre 0.8 mg et 019.2 mg (moyenne: 6.7 mg) et est corrélée positivement au poids des samares ($r=.43$ $p=0.0001$). Sur le terrain, l'effet au poids des samares sur la biomasse des semis âgés de 3 à 8 semaines est encore présent ($n=17$ $r=.48$ $P=0.0501$).

La biomasse des semis varie en fonction des classes de poids des samares au site d'Abitibi seulement chez les semis de 0 et 1 an. La biomasse moyenne des semis issus de grosses samares est de 42.8 mg (R et Y) et 70.1 mg (H et A) alors que celle des semis issus de petites samares est de 40.5 mg (R et Y) et 45.4 mg (H et A) (tableau II.VIII). La différence se maintient chez les semis âgés de 2 et 3 ans provenant de populations R et Y (petites 97.9 mg, grosses 114.8 mg) (tableau II.VIII).

Tableau II.VIII Effet du poids des samares sur la biomasse totale et la répartition de la biomasse entre les parties aériennes et racinaires chez des semis ayant germé en 1989 (graines non dormantes) et 1990 (graines dormantes) récoltés en juillet 1990 (âge: 0 et 1 an) et en septembre 1992 (âge: 2 et 3 ans).

âge (ans)	prov.	n	Biomasse totale (mg) moyenne (écart-type)		Biomasse aérienne (mg) moyenne (écart-type)		Biomasse racinaire (mg) moyenne (écart-type)					
			grosses	petites	grosses	petites	grosses	prop (a)	petites	prop (a)		
<u>Site d'Abitibi</u>												
0/1	R,Y	40	42.8 (21.9)	35	40.5 (20.6)	*	33.3 (16.0)	31.3 (15.7)	9.5 (6.8)	0.20	9.2 (6.1)	0.22
	H,A	27	70.1 (23.6)	25	45.4 (14.7)	*	50.5 (17.5)	33.6 (11.6)	19.6 (7.2)	0.28	11.8 (4.2)	0.26
2/3	R,Y	32	114.8 (103.1)	36	97.9 (56.0)	*	92.4 (62.4)	60.4 (36.0)	56.0 (41.7)	0.38	36.4 (24.9)	0.37
	H,A	23	101.8 (62.0)	19	76.1 (27.0)		60.4 (37.6)	45.1 (19.1)	41.2 (28.2)	0.41	30.9 (10.5)	0.41
<u>Site du Haut St-Laurent</u>												
0/1	R,Y	22	47.5 (22.5)	28	35.5 (20.7)		32.0 (14.1)	25.4 (14.1)	15.6 (9.6)	0.31	10.0 (7.7)	0.26
	H,A	6	36.6 (14.1)	25	56.9 (28.0)		25.3 (8.2)	38.3 (18.2)	11.2 (6.2)	0.29	18.6 (11.1)	0.31
2/3	R,Y	12	161.7 (71.9)	12	147.3 (65.7)		80.0 (34.1)	79.3 (37.5)	81.4 (41.7)	0.50	67.8 (30.9)	0.46
	H,A	22	155.4 (77.7)	18	144.0 (93.9)		86.8 (38.9)	73.6 (46.1)	73.1 (38.1)	0.49	70.1 (46.1)	0.49

(a) proportion de la biomasse racinaire sur la biomasse totale.

Les astérisques (*) indiquent une différence significative entre les grosses et les petites samares quant à la biomasse totale d'après l'analyse de variance (annexe III).

Le poids des samares n'effecte pas la survie des semis dans les plantations (tableau II.IX).

Tableau II.IX Effet du poids des graines sur la survie des semis (%) dans la plantation de 1990 entre le moment de la transplantation et celui de la récolte.

Site	provenance	survie grosses	survie petites
Abit	R,Y	92	88
	H,A	88	88
Haut St-L	R,Y	81	79
	H,A	79	77

Les astérisques (*) indiquent une différence significative ($\alpha=0.05$) entre la survie des semis provenant de grosses et de petites samares pour une même provenance selon un test de Chi carré.

E. Discussion

Les facteurs que nous avons étudiés, soient la dormance des graines, leur poids et la quantité de lumière lors de l'émergence ont des effets sur la croissance des semis. Ces effets varient selon la provenance des semis et la latitude à laquelle ils croissent. Par contre, nous n'avons observé que peu de conséquences de ces trois facteurs sur la survie des semis.

1. Dormance

L'effet de la dormance sur la croissance des semis dépend des conditions climatiques qui suivent leur émergence. La croissance en biomasse et en hauteur des semis issus de graines dormantes est plus rapide que celle des semis issus de graines non dormantes. Dans deux des cinq plantations les semis issus de graines dormantes ont eu une croissance en hauteur significativement plus rapide que ceux issus de graines non dormantes durant la première année ce qui leur a permis d'atteindre la même hauteur que les semis issus de graines non dormantes après une année en plantation. Les circonstances qui ont permis aux semis issus de graines dormantes d'avoir une croissance en hauteur plus rapide dans ces plantations sont vraisemblablement

liées aux conditions climatiques (température et précipitations) qui prévalaient durant leur première année de croissance.

Au site du Haut St-Laurent, une croissance en hauteur plus rapide a été observée dans la plantation de 1991 qui, contrairement aux autres plantations, était située dans une trouée. Les semis y étaient dans l'ensemble beaucoup plus hauts que dans les autres plantations. L'abondance de lumière ainsi qu'une saison de croissance plus longue ont permis aux semis issus de graines dormantes d'acquérir un taux de croissance en hauteur plus élevé. La capacité de répondre à une lumière abondante par une croissance en hauteur rapide est caractéristique des semis d'érable rouge (Horn 1985; Grime et Jeffrey 1985; Jones et Sharitz 1989; Streng *at al.* 1989).

En Abitibi, la croissance en hauteur plus rapide des semis issus de graines dormantes est associée à des conditions climatiques plus favorables lors de la plantation en 1990 que pour celle de 1991 (figure 1.2). En 1991, le faible niveau de précipitations peut avoir agi défavorablement sur la croissance des semis issus de graines dormantes. Il semble donc qu'à cette latitude, dans des conditions favorables, une émergence printanière permette de compenser le retard d'un an qu'ont les semis issus de graines dormantes. L'effet de la

germination différée est d'allonger la première saison de croissance et de procurer une lumière plus abondante aux semis lors de leur émergence. D'après nos résultats, l'acquisition d'un taux de croissance élevé serait la conséquence d'une saison plus longue. Les semaines de croissance supplémentaires résultant d'une émergence au printemps permettent aux semis d'accumuler une quantité plus importante de biomasse et de se constituer des réserves qui leur permettront de redémarrer leur croissance rapidement au printemps suivant. Les semis issus de graines non dormantes qui émergent durant l'été doivent consacrer une partie de leurs ressources à fabriquer des feuilles qui ne seront productives que sur une période relativement courte.

2. Lumière

Chez les plus jeunes semis, les individus ayant émergé à la lumière ont une biomasse plus élevée. Le fait que les jeunes plants réagissent à la quantité de lumière a été observé à plusieurs reprises chez l'érable rouge (Grime et Jeffrey 1965; Horn 1985; Jones et Sharitz 1989; Streng et al. 1989) et s'explique par une grande efficacité dans l'utilisation de l'eau qui rend les ressources du sol peu limitantes chez cette espèce (Horn 1935).

Cependant chez les semis plus âgés provenant des populations R et Y ces différences ont disparues, ce qui dénote un taux de croissance inférieur chez les individus ayant émergé à la lumière comme l'ont également observé Jones et Sharitz (1989). Cette croissance plus lente des semis exposés à la lumière est due à une allocation de biomasse plus importante aux racines qui apparaît chez les individus plus âgés. Jones et Sharitz (1989) ont mis en évidence que l'allocation de biomasse aux racines chez les semis d'érable rouge exposés à une plus grande quantité de lumière s'accroît avec le temps, après l'établissement d'un sous couvert. Leur étude révèle que la surface foliaire relative de même que le taux de photosynthèse sont inférieurs chez les individus ayant été exposés à la lumière et ce même après qu'on ait diminué l'éclairage.

Chez les semis issus de populations H et A la quantité de lumière affecte différemment les semis issus de graines dormantes et non dormantes. Les semis issus de graines non dormantes ont été soumis aux conditions d'éclairages faible et élevé durant un an alors que ceux issus de graines dormantes les ont subies durant quelques semaines seulement avant d'être transplantés en forêt. Au site du Haut St-Laurent, la sécheresse extrême qui régnait dans les cages exposées à la lumière semble avoir ralenti la

croissance des semis issus de graines non dormantes qui y ont séjourné pendant tout leur premier été, leur faisant même prendre du retard sur ceux issus de graines dormantes pourtant moins âgés. Au site d'Abitibi les semis provenant des populations H et A croissent moins bien que ceux qui proviennent des populations R et Y. Ceux qui ont réussi à atteindre une biomasse plus élevée provenaient de graines dormantes ayant germé à la lumière. Le fait d'émerger à la lumière a favorisé chez ces semis l'acquisition de biomasse; l'exposition à la lumière ne fut probablement pas assez prolongée pour induire les caractéristiques morphologiques et physiologiques qui auraient affecté négativement leur taux de croissance.

Chez les semis croissant au site du Haut St-Laurent l'exposition à la lumière a résulté en une moins bonne survie que pour ceux qui avaient émergé à l'ombre. La sécheresse qui régnait dans les cages exposées à la lumière peut avoir été défavorable à la survie des semis. Il est possible aussi que, comme l'ont observé Jones et Sharitz (1989), les semis croissant à la lumière aient développé des caractéristiques morphologiques et physiologiques qui les ont défavorisés dans un environnement ombragé.

La présence de lumière abondante lors de l'émergence favorise l'acquisition de biomasse dans un premier temps mais provoque une allocation de biomasse aux racines qui ralentit par la suite la croissance des semis lorsqu'ils se retrouvent à l'ombre. Il semble donc que l'allongement de la saison de croissance résultant d'une germination différée, plus que l'abondance supplémentaire de lumière, soit responsable de la croissance plus rapide des semis issus de graines dormantes.

3. Poids des samares

Globalement, les semis provenant des populations H et A sont plus gros que ceux provenant des populations R et Y, aux deux sites. L'effet du poids des samares est probablement un facteur important expliquant la biomasse plus élevée des semis provenant des populations H et A.

Une corrélation positive entre le poids des samares et celui des semis a été observée en chambres de croissance et sur le terrain chez de jeunes semis, ce qui est normal car les réserves provenant des graines constituent une part importante de leur biomasse. D'une façon générale, on devrait

s'attendre à ce que cet effet diminue au fur et à mesure que l'acquisition de ressources dans l'environnement devient prépondérante.

L'effet du poids des samares persiste plus longtemps au site d'Abitibi. À cette latitude, les conditions environnementales plus rigoureuses prolongent la dépendance des semis envers les réserves contenues dans la graine. Cet effet prolongé du poids des samares en Abitibi ne se traduit cependant pas par une biomasse plus élevée pour les semis provenant des populations H et A qui sont pourtant issus de samares plus grosses que ceux provenant des populations R et Y. En effet, chez les semis de 2 et 3 ans croissant en Abitibi, les individus provenant des populations R et Y ont une biomasse plus élevée que ceux des populations H et A. Il semble donc que le poids des samares ne soit pas le seul facteur associé à la provenance des semis qui puisse déterminer la croissance en biomasse.

L'effet de la saison de croissance sur les semis apparaît quand on compare la biomasse des individus croissant dans les plantations d'Abitibi et du Haut St-Laurent. Les semis qui croissent au site du Haut St-Laurent ont une biomasse plus élevée que ceux qui croissent en Abitibi. Townsend et al. (1979) ont observé le même phénomène chez des semis d'érable rouge de différentes

provenances. La saison de croissance plus courte aux latitudes nordiques expliquerait en partie ces différences bien que d'autres paramètres, comme la température, et l'éclairage (Barbour et al. 1987), soient aussi affecté par la latitude.

4. Dormance et succès des semis

La croissance plus rapide des semis issus de graines dormantes n'est pas associée à un meilleur succès en ce qui concerne leur survie. La dormance a affecté la survie seulement au site du Haut St-Laurent dans la plantation de 1991. Elle a constitué un désavantage pour les semis qui provenaient des populations H et A: les semis de cette plantation ont connu des conditions très sèches lors de la transplantation (annexe VII). C'est à ce moment, durant l'été 1991, que la majeure partie de la mortalité est survenue. Le stress de la transplantation s'ajoutant au manque d'eau a probablement amplifié la mortalité chez les semis issus de graines dormantes. Ces semis étaient alors âgés de quelques semaines seulement ce qui les rendait vulnérables comparé à ceux issus de graines non dormantes plus vieux d'un an. Le fait que les graines du Haut St-Laurent puissent différer leur germination à l'année suivante en cas de sécheresse permet d'éviter en partie

ce genre de situation. Cependant la proportion de germination différée étant très faible chez ces populations, il semble que le risque de sécheresse grave ne constitue pas un facteur déterminant pour la régénération sexuée à cette latitude.

E. Conclusion

En fonction des paramètres évalués dans cette étude il apparaît que, contrairement à notre hypothèse, la dormance des graines n'affecte pas le succès des semis d'érable rouge. En effet les semis issus de graines dormantes et non dormantes ne diffèrent pas quant à leur biomasse finale et leur taux de survie. Il est cependant possible que les conditions climatiques susceptibles d'affecter différemment les semis issus de graines dormantes ou non dormantes ne se soient pas présentées au cours de cette étude.

Nos résultats démontrent clairement que les semis issus de graines dormantes ont une croissance plus rapide. La dormance leur éviterait donc d'avoir à affronter l'hiver après une trop courte période de croissance et d'atteindre des dimensions (hauteur et biomasse) équivalentes à celles des semis issus de graines non dormantes. Il est possible que certaines années les conditions climatiques au nord puissent avantager les semis qui sont issus de graines dormantes. La germination différée au printemps peut aussi représenter un risque pour les semis lors de leur émergence si des conditions climatiques trop rigoureuses surviennent à cette époque de l'année. Les semis issus de graines non dormantes évitent ce type de danger en émergeant à l'été

mais s'exposent aux risques de dommages causés par la sécheresse ou par des gels précoces. Les populations du nord qui produisent des graines dormantes et non dormantes étalent l'émergence des semis sur deux périodes différentes de l'année maximisant ainsi les chances qu'une partie d'entre eux échappent à un épisode climatique défavorable.

Enfin, la dormance affecte beaucoup moins la survie des semis que les proportions dans lesquelles ils émergent (chapitre I). Comme la dormance peut résulter des conditions environnementales qu'a connu la plante mère (Baskin et Baskin 1973), nous ignorons si ce caractère est déterminé génétiquement. Si c'était le cas, il serait hérité d'une époque ancienne où des conditions plus clémentes auraient permis à l'érable rouge de coloniser ces régions (Lalonde 1991). On sait qu'à cette latitude les populations d'érable rouge se reproduisent surtout de façon végétative (Lalonde 1991). Il est possible qu'elles aient subi peu de changement au niveau génétique et que la dormance des graines ait été un caractère avantageux par le passé sans que ce soit le cas dans les conditions actuelles. Il se peut aussi que la dormance ne résulte pas de pressions sélectives en sa faveur mais soit simplement la conséquence physiologique d'une évolution affectant d'autres caractères de la plante.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Cette étude a permis de démontrer quels rôles jouent la dormance, la quantité de lumière et le poids des samares dans l'établissement des semis issus de reproduction sexuée chez l'érable rouge. Nous avons étudié la germination et la croissance des semis en reliant ces deux étapes de façon à démontrer quelles conséquences ont les caractéristiques de la germination sur le succès des semis.

Dans le chapitre I nous avons démontré que les érables rouges d'Abitibi-Thémiscamingue et du Haut St-Laurent produisent des graines qui diffèrent quant à leur dormance. La plupart des graines produites en Abitibi-Thémiscamingue exigent une stratification pour germer. En chambres de croissance, le potentiel de germination augmente avec l'allongement de la période de stratification de 0 à 90 jours. Les samares du Haut St-Laurent ne sont pas dormantes et la stratification n'affecte pas leur potentiel de germination. Sur le terrain, l'émergence des semis provenant des populations du Thémiscamingue est en fortes proportions reportée au printemps suivant la dispersion des graines alors que la plupart des semis provenant des populations du Haut St-Laurent émergent l'été, lors de la dispersion des samares. La dormance n'est pas provoquée par un manque de lumière. Les

graines de poids élevées germent dans des proportions plus élevées que les petites graines, aussi bien après stratification que sans stratification.

Dans la deuxième partie de l'étude, nos résultats ne supportent pas l'hypothèse initiale selon laquelle la dormance augmente le succès des semis car nous n'avons pas observé de différences entre la survie des semis issus de graines dormantes et non dormantes. Les semis qui proviennent de graines dormantes sont d'abord plus petits que ceux d'une même cohorte qui sont issus de graines non dormantes. Cette différence est attribuable au fait que les semis issus de graines dormantes ont émergé un an plus tard que les autres. Cependant, l'écart entre les deux types de semis tend à s'atténuer à la fin de la deuxième saison de croissance.

Le chapitre II a aussi permis de reconnaître d'autres facteurs qui influencent la croissance des semis. Une exposition temporaire à la lumière permet d'abord une accumulation de biomasse plus importante mais tend à réduire le taux de croissance par la suite. Le poids des samares affecte la biomasse des semis pendant plus longtemps en Abitibi que dans le Haut St-Laurent où les conditions environnementales sont moins limitantes.

La dormance des graines ne constitue donc pas un désavantage pour les semis si on considère leur croissance. Ce qui pourrait potentiellement leur conférer un avantage sur les semis issus de graines non dormantes si des conditions sévères survenaient dans les mois qui suivent leur dispersion. Des expériences en conditions contrôlées simulant l'effet d'un gel précoce sur des individus issus de germination différée et non différée permettraient de déterminer si la dormance affecte la résistances de semis. D'autre part, les semis issus de graines non dormantes évitent les risques associés aux conditions adverses qui pourraient survenir tôt au printemps. La dormance permet donc aux populations d'Abitibi-Thémiscamingue de répartir l'implantation des semis sur deux périodes différentes de façon à maximiser leurs chances de survie.

BIBLIOGRAPHIE

ABBOTT, H.G. 1974. Some characteristics of fruitfulness and seed germination in red maple. *Tree planters note*. 25(2): 25-27.

ABRAMS, M.D. et KUBISKE, M.E. 1990. Photosynthesis and water relation during drought in Acer rubrum L. genotypes from contrasting sites in central Pennsylvania. *Functional Ecology*. 4: 727-733.

AMEN, R.D. 1968. A model of seed dormancy. *The botanical review*. 34(1): 1-31.

BABEUX, P. et MAUFFETTE, Y. 1994. The effects of early and late spring cuts on the sprouting success of red maple (Acer rubrum) in northwestern Quebec. *Canadian Journal of Forestry Research*. 24(4): 785-791.

BAKER, H.G. 1972. Seed weight in relation to environmental conditions in California. *Ecology*. 53(2): 997-1010.

BAKER, H.G. 1989. Some aspects of natural history of seed banks. dans M.A. Leck et al. (Ed.). Ecology of seed banks. Academic Press. New York. pp.9-21.

BARBOUR, M.G., BURK, J.H. et PITTS, W.D. 1987. Terrestrial plant ecology, deuxième édition. The Benjamin/Cummings Publishing Company. Menlo Park, Californie.

BASKIN, J.M. et BASKIN C.C. 1973. Plant population differences in dormancy and germination characteristics of seeds: heredity or environment? The American Midland Naturalist. 90(2): 493-498.

BERGERON, Y., BOUCHARD, A. et LEDUC, A. 1988. Les successions secondaires dans les forêts du Haut-Saint-Laurent, Québec. Le Naturaliste Canadien. 115: 19-38.

BEVINGTON, J. 1986. Geographic differences in the seed germination of paper birch (Betula papyfera). American Journal of Botany. 73(4): 564-573.

BLACK, M. 1969. Light-controlled germination of seeds. Symposia of the society for experimental biology. 23: 193-217.

BLACK, M. et WAREING, P.F. 1959. The role of germination inhibitors and oxygen in the dormancy of the light-sensitive seed of Betula spp. Journal of Experimental Botany. 10: 134-145.

BRUBAKER, L.B. 1986. Responses of tree population to climatic change. Vegetatio; 67: 119-130.

CAVERS, P.B. 1983. Seed demography. Canadian Journal of Botany. 61: 3578-3590.

CHOE, H.S., CHU, C., KOCH, G., GORHAM, J. et MOONEY, H.A. 1988. Seed weight and seed resources in relation to plant growth rate. Oecologia. 76: 158-159.

COLLINS, S.L. 1990. Habitat relationship and survivorship of tree seedlings in hemlock-hardwood forest. Canadian Journal of Botany. 68: 790-797.

COUNTS, R. L. et LEE, P.F. 1991. Germination and early seedling growth in some northern wild rice (Zizania palustris) populations in differing seed size. Canadian Journal of Botany. 69: 689-696.

CRESSWELL, E.G. et J.P. GRIME. 1981. Induction of a light requirement during seed development and its ecological consequences. *Nature*. 291: 583-585.

DE STEVEN, D. 1991. Experiments on mechanisms of tree establishment in old-fields succession: seedling survival and growth. *Ecology*. 72(3): 1076-1088.

DE STEVEN, D. 1991. Experiments on mechanism of tree establishment in old-field succession: seedling emergence. *Ecology*. 72(3): 1066-1075.

DUMBROFF, E.B. et WEBB, D.P. 1970. Factors influencing the stratification process in seeds of *Acer ginnala*. *Canadian Journal of Botany*. 48: 2009-2015.

FARMER, R.E. et CUNNINGHAM, M. 1981. Seed dormancy of red maple in east Tennessee. *Forest Science*. 27(3): 446-448.

FARMER, R.E. et GOELZ, J.C. 1984. Germination Characteristics of red maple in northwestern Ontario. *Forest Science*. 30(3): 670-672.

FENNER, MICHAEL. 1985. *Seed Ecology*. Chapman and Hall. London.

FENNER, M. 1978. A comparison of the abilities of colonisers and closed-turf species to establish from seed in artificial swards. *Journal of ecology*. 66: 953-963.

FENNER, M. 1983. Relationship between seed weight, ash content and seedling growth in twenty-four species of compositae. *New Phytologist*. 95: 697-706.

FOWELL, H.A. 1965. *The sylvic of forest trees on the United States*. U.S.Forest Service, Agriculture Handbook No.271;

GILL DAVID S. et MARKS, P.L. 1991. Tree and shrub seedling colonisation of old field in central New York. *Ecological Monographs*. 6(2): 183-205.

GREENE D.F. et JOHNSON, E.A. 1992. Can the variation in samara mass and terminal velocity on an individual plant affect the distribution of dispersal distances? *The American Naturalist*. 139(4): 825-838.

GRIME, J.P. et JEFFREY, D.W. 1965. Seedling establishment in vertical gradients of sunlight. *Journal of ecology*. 53: 621-642.

GROSS, K.L. 1984. Effect of seed size and growth form on seedling establishment of six monocarpic perennial plants. *Journal of ecology*. 72: 396-387.

HARPER, J.L. 1977. *Population biology of plants*. Academic Press. New York.

HARPER, J.L., P.H. LOVELL et K.G. MOORE. 1970. The shape and size of seeds. *Annual Review of Ecology and Systematic*. 1: 327-356.

HORN, J.C. 1985. Response of understory tree seedling to trenching. *American Midland Naturalist*. 114(2): 252-258.

HOULE, G. 1992. Spatial relationship between seed and seedling abundance and mortality in a deciduous forest of north-eastern North America. *Journal of ecology*. 80: 99-108.

HOWE H.F. et SMALLWOOD, J. 1982. Ecology of seed dispersal. Annual Review of Ecology and Systematic. 13: 201-228.

JONES, R.H. et SHARITZ, R.R. 1989. Potential advantages and disadvantages of germinating early for trees in floodplain forests. Oecologia. 81: 443-449.

KOZLOWSKI, T.T. 1971. Growth and development of trees. Academic press. New York.

KOZLOWSKI, T.T. ed. 1972. Seed biology. Vol. I, II et III. Academic press. New York.

LALONDE, D. 1992. 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.

LEVINS, R. 1969. Dormancy as an adaptative strategy. Symposium of the society of experimental biology. 23: 1-10.

LINDAUER, L.L. et QUINN, J.A. 1972. Germination ecology of Danthonia sericea populations. American Journal of Botany. 95(9): 942-951.

MACKAY, D.B., 1972. The Measurement of Viability. Dans: Roberts E.D. (Ed.). Viability of Seeds. Syracuse University Press. pp. 196-208.

MAZLIAK, P. 1982. Physiologie végétale II. Croissance et développement. Herman. Paris.

MARQUIS, DAVID A. 1975. Seed storage and germination under northern hardwood forest. Canadian Journal of Forestry Research. 5: 478-484.

MARSHALL, P.E. et KOZLOWSKI, T.T. 1974. Photosynthetic activity of cotyledons and foliage leaves in young angiosperm seedlings. Canadian Journal of Botany. 52: 2023-2032.

MARSHALL, D.L. 1986. Effect of seed size on seedling success in three species of *Sesbania* (Fabaceae). American Journal of Botany. 73(4): 457-464.

MASUDA, M. et WASHITANI, I. 1992. Differentiation of spring emerging and autumn emerging ecotypes in Gallium spurium L. var. echinospermon. *Oecologia*. 89: 42-46.

MAYER, A.M. et POLJAKOFF-MAYBER, A. 1989. The germination of seeds. 4e ed. Pergamon Press.

MOONEY, H.A. et WINNER, W.E. 1991. Partitioning response of plants to stress. Dans: Mooney, H.A., Winner, W.E. et Pell, E.J. (Ed.). Response of plant to multiple stresses. Academic Press. New York. pp. 129-141.

MOONEY, H.A. 1972. The carbon balance of plants. *Annual Review of Ecology and Systematic*. 3: 315-346.

NAYLOR, R.E.L. 1985. Establishment and peri-establishment mortality. Dans: Whitw, J. (Ed). *Studies on Plant Demography. A Festschrift for John Harper*. Academic Press. New York. pp. 95-109.

PECK, C.J. et LERSTEN, N.R. 1991. Samara development of black maple (Acer saccharum ssp. nigrum) with emphasis on the wing, Canadian Journal of Botany. 69: 1349-1360.

PERRY, T.O. et HELLMERS, H. 1973. Effects of abscisic acid on growth and dormancy of two races of red maple. Botanical Gazette. 134(4): 283-289.

PERRY, T.O. et WU, W.C. 1960. Genetic variation in the winter chilling requirement for date of dormancy break for Acer rubrum. Ecology. 41(4): 790-794.

PINFIELD, N.J., STUTCHBURY, P.A., BAZAID, S.A. et GWARAZIMBA, V.E.E. 1990. Abscisic acid and the regulation of embryo dormancy in the genus Acer. Tree Physiology. 6: 79-85.

RATHCKE, BEVERLY et LACEY, E.P. 1985. Phenological patterns of terrestrial plants. Annual Review of Ecology and Systematic. 16: 179-214.

SAS Institute Inc. 1987. SAS/STAT User's Guide, release 6.03 Edition. Sas institute Inc. Cary, NC, USA.

SEIWA, K. et KIKUZAWA, K. 1991. Phenology of tree seedling in relation to seed size. *Canadian Journal of Botany*. 69: 532-538.

SHERRER, B. 1984. *Biostatistique*. Gaetan Morin Ed. Chicoutimi.

SHIPLEY, B. et PETERS, R.H. 1990. The allometry of seed weight and seedling relative growth rate. *Functional Ecology*. 4: 523-529.

SPAETH, J.N. 1932. Dormancy in seeds of basswood, Tilia americana. *American Journal of Botany*. 19: 835.

STANTON, M.L. 1984. Developmental and genetic sources of seed weight variation in Raphanus raphanistrum L. (Brassicaceae). *American Journal of Botany*. 71(8): 1090-1098.

STANTON, M.L. 1984. Seed variation in wild radish: effects of seed size on component of seedling and adult fitness. *Ecology*. 65(4): 1105-1112.

STEARNS, F. et OLSON, J. 1958. Interactions of photoperiod and temperature affecting seed germination in Tsuga canadensis. American Journal of Botany. 45: 53-45.

STEINBAUER, G.P. 1937. Dormancy and germination of Fraxinus seeds. Pant Physiology. 12: 813.

STONE, E.C. 1957. Embryo dormancy and embryo vigor of sugar pine as affected by length of storage and storage temperatures. Forest Science. 3: 357-371.

STRENG, D.R., GLITZENSTEIN, J.S. et HARCOTBE, P.A. 1989. Woody seedling dynamic in an east Texas floodplain forest. Ecological Monographs. 59 (2): 177-204.

SZCZOTKA, Z., LEWANDOWSKA, U. et JAKUBOWSKI, H. 1988. Endogenous and exogenous polyamines in dormancy breaking of Acer platanoides seeds under conditions of cold stratification. Acta Physiologiae Plantarum. 10(3):181-189.

TOTH, J. et GARRETT, P.W. 1989. Optimum temperatures for stratification of several maple species. *Tree Planters Notes*. 40(2): 9-12.

TOWNSEND, A.M. et ROBERTS, B.R. 1973. Effect of moisture stress on red maple seedling from different seed source. *Canadian Journal of Botany*. 51: 1989-1995.

TOWNSEND, A.M., WRIGHT, J.W., KVOLEK, W.F. et autres. 1979. Geographical variation in young red maple grown in north central United States. *Silvae Genetica*. 28(1): 33-36.

TOWNSEND, A.M. 1972. Geographical variation in fruit characteristics of Acer rubrum. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 99(3): 122-126.

TREMBLAY, M.F., Mauffette, Y. et Bergeron, Y. 1994. Variation in the germination responses in northern populations of Acer rubrum. *Soumis à Forest Science*.

TRIPATHI, R.S. et KHAN, M.L. 1990. Effects of seed weight and microsite characteristics on germination and seedling fitness in two species of Quercus in a subtropical wet hill forest. *Oikos*. 57: 289-296.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1948. Acer L. Maple. Miscellaneous Publications. 654: 62-69;

VAARTAJA, O. 1956. Photoperiodic response in germination of seed of certain trees. *Canadian Journal of Botany*. 34: 377-388.

VAN STADEN, J., WEBB, D.P. et WAREING, P.F. 1972. The effect of stratification on endogenous cytokinin levels in seeds of Acer saccharum. *Planta (Berlin)*. 104: 110-114.

VENABLE, D.L. et BROWN, J.S. 1988. The selective interactions of dispersal, dormancy, and seed size as adaptations for reducing risk in variable environments. *The American Naturalist*. 131(3): 360-384.

VILLIERS, T.A. et WAREING, P.F. 1965. The possible role of low temperature in breaking the dormancy of seeds of Fraxinus excelsior. Journal of Experimental Botany. 16: 519-531.

WANG, B.S.P. et HADDON, B.D. 1978. Germination of red maple seed. Seed Science and Technology. 6: 785-790.

WEBB, D.P. et DUMBROFF, E.B. 1969. Factors influencing the stratification process in seeds of Acer saccharum. Canadian Journal of Botany. 47: 1555-1563.

WILLIAMS, R.D. et WINSTEAD, J.E. 1972. Population variation in seed germination and stratification of Acer negundo L. Transactions of Kentucky Academy of Science. 33: 43-48.

WILLSON, M.F. 1983 Plant reproductive ecology. A Wiley-Interscience publication.

ZAMMIT C. et ZEDLER. P.H. 1990. Seed yield, seed size and germination behaviour in the annual Pogogyne abramsii. Oecologia. 84: 24-28.

Annexe I (suite)

		Poids moyen (écart-type)		analyse de variance		
Expérience 1992						
Site d'Abitibi						
pop.	cage	petites samares	grosses samares	F	dl	Pr>F
H	lu	12.37 (2.88)	17.04 (1.94)	18.11	1	0.0005
	om	12.74 (2.29)	16.39 (1.96)	14.66	1	0.0012
A	lu	11.61 (1.34)	15.19 (2.19)	19.46	1	0.0003
	om	11.73 (1.32)	15.79 (2.97)	15.58	1	0.0009
Y	lu	9.83 (1.39)	13.63 (1.01)	48.90	1	0.0001
	om	12.14 (2.19)	13.83 (1.71)	3.70		0.0703
R	lu		15.97 (3.05)			
	om		15.40 (3.31)			
Site du Haut St-laurent						
pop.	cage					
H	lu		15.15 (3.07)			
	om		14.86 (3.01)			
A	lu	12.29 (1.24)	16.48 (2.72)	19.66	1	0.0003
	om	12.65 (3.02)	17.73 (1.78)	21.01	1	0.0002
Y	lu	11.94 (1.86)	14.85 (1.64)	13.79	1	0.0016
	om	12.98 (2.49)	16.27 (2.73)	7.95	1	0.0113
R	lu	14.15 (3.88)	16.21 (3.35)	1.62	1	0.2200
	om	14.71 (3.11)	18.35 (1.96)	9.77	1	0.0058

lu= cage exposée à la lumière
om= cage ombragée

Le poids des samares est exprimé en milligrammes (mg).

Annexe I Sous échantillonnage des samares dans les tests sur le terrain.

		poids moyen (écart-type)		analyse de variance		
Expérience 1990						
Site d'Abitibi						
Pop.	cage	petites samares	grosses samares	F	dl	Pr>F
H	lu	12.21 (1.57)	14.72 (2.12)	9.28	1	0.0070
	om	10.75 (2.84)	13.11 (2.56)	3.93	1	0.0629
A	lu	11.75 (2.07)	14.65 (1.44)	12.97	1	0.0020
	om	11.30 (3.41)	12.80 (2.74)	1.17	1	0.0610
Y	lu	11.59 (2.06)	14.62 (2.07)	10.74	1	0.0042
	om	12.22 (1.64)	12.97 (1.54)	1.11	1	0.3060
R	lu	12.47 (2.20)	14.80 (2.42)	5.08	1	0.0369
	om	12.41 (2.27)	15.54 (2.02)	10.62	1	0.0044
Site du Haut St-Laurent						
pop.	cage					
H	lu	11.36 (1.89)	13.72 (2.86)	4.95	1	0.0391
	om	11.07 (1.75)	13.36 (2.06)	7.18	1	0.0153
A	lu	12.13 (3.30)	15.14 (2.27)	5.66	1	0.0287
	om	12.14 (2.65)	14.26 (1.53)	4.80	1	0.0418
Y	lu	11.26 (3.21)	13.64 (1.34)	4.68	1	0.0442
	om	11.92 (1.15)	13.08 (2.19)	2.19	1	0.1560
R	lu	13.69 (3.05)	16.32 (1.21)	6.41	1	0.0209
	om	12.15 (1.51)	15.56 (1.74)	21.99	1	0.0002
Expérience 1991						
Site du Haut St-Laurent						
Pop.	cage					
H	lu		13.77 (2.37)			
	om		13.42 (2.34)			
A	lu	14.09 (3.70)	16.67 (2.56)	3.29	1	0.0866
	om	12.51 (3.31)	16.95 (3.02)	9.84	1	0.0057
Y	lu	14.64 (3.21)	16.48 (3.23)	1.63	1	0.2170
	om	11.15 (4.87)	14.45 (4.32)	2.57	1	0.1265
R	lu		13.25 (3.22)			
	om		14.09 (3.24)			

Annexe II Analyses de variance de la biomasse des semis en fonction de la latitude (site) à laquelle ils croissent.

	facteur	dl	somme des carrés	F	Pr>F
Récolte juillet 1992					
semis de 1992 (nd)	total	93	33.54		
	latitude	1	6.58	22.47	0.0001
	erreur	92	26.96		
Récolte juillet 1990					
Semis de 1989 (nd) et 1990 (d)	total	207	65.28		
	latitude	1	0.59	1.87	0.1731
	erreur	206	64.69		
Récolte septembre 1992					
semis de 1990 (nd) et 1991 (d)	total	92	59.87		
	latitude	1	16.72	35.28	0.0001
	erreur	91	43.15		
Récolte septembre 1992					
semis de 1989 (nd) et 1990 (d)	total	173	63.05		
	latitude	1	5.01	15.12	0.0001
	erreur	172	57.04		

(nd)= graines non dormantes
(d)= graines dormantes

Annexe III (suite)

Site du Haut St-Laurent

	facteur	dl	somme des carrés	F	Pr>F
Récolte juillet 1992					
semis de 1992	total	59	18.78		
(nd)	prov.	1	1.86	6.37	0.0144
	erreur	58	16.92		
Récolte juillet 1990					
semis de 1989	total	80	30.86		
(d)	prov.	1	1.44	3.86	0.0530
	erreur	79	29.42		
Récolte septembre 1992					
semis de 1992	total	20	4.00		
(d)	prov.	1	0.91	5.56	0.0292
	erreur	19	3.09		
Récolte septembre 1992					
semis de 1991	total	18	9.84		
(d)	prov.	1	0.03	0.05	0.8276
	erreur	17	9.81		
Récolte septembre 1992					
semis de 1990	total	32	18.37		
(nd)	prov.	1	2.32	4.49	0.0422
	erreur	31	16.05		
Récolte septembre 1992					
semis de 1990	total	43	12.14		
(d)	prov.	1	0.03	0.11	0.7452
	erreur	42	12.11		

(nd) = graines non dormantes

(d) = graines dormantes

Annexe III Analyses de variance de la biomasse des semis en fonction de la provenance des samares.

Site d'Abitibi

	facteur	dl	somme des carrés	F	Pr>F
Récolte juillet 1992					
semis de 1992 (nd)	total	32	8.06		
	prov.	1	0.12	0.48	0.4947
	erreur	31	7.94		
Récolte juillet 1990					
semis de 1989 (nd)	total	80	13.83		
	prov.	1	0.03	0.17	0.6804
	erreur	79	13.80		
Récolte septembre 1992					
semis de 1991 (d)	total	31	6.87		
	prov.	1	0.51	2.38	0.1331
	erreur	30	6.37		
Récolte septembre 1992					
semis de 1990 (d)	total	50	21.50		
	prov.	1	0.50	1.17	0.2849
	erreur	49	21.00		
Récolte septembre 1992					
semis de 1989 (nd)	total	58	14.29		
	prov.	1	1.27	5.57	0.0218
	erreur	57	13.02		

Annexe IV Analyse de variance de la biomasse sèche totale en fonction de la dormance des graines, de la quantité de lumière et du poids des samares, chez des semis ayant émergé en 1989 (graines non dormantes) et en 1990 (graines dormantes) récoltés en juillet 1990 (0 et 1 an) et en septembre 1992 (2 et 3 ans).

Site d'Abitibi

Semis de 0 et 1 an

prov.	facteur	dl	somme des carrés	F	Pr>F
nord	total	74	19.53		
	dormance	1	8.01	85.14	0.0001
	lumière	1	4.16	44.17	0.0001
	poids	1	0.68	7.20	0.0091
	erreur	71	6.68		
sud	total	51	10.06		
	lumière	1	1.04	6.61	0.0132
	poids	1	1.35	8.62	0.0051
	erreur	49	7.68		

Semis de 2 et 3 ans

prov.	facteur	dl	somme des carrés	F	Pr>F
nord	total	67	22.20		
	dormance	1	0.06	0.20	0.6564
	lumière	1	0.93	3.07	0.0846
	poids	1	1.85	6.11	0.0161
	erreur	64	19.37		
sud	total	41	12.12		
	dormance	1	0.23	1.02	0.3188
	lumière	1	1.78	7.72	0.0085
	poids	1	0.16	0.71	0.4055
	dormance*lumière	1	1.44	6.24	0.0170
	erreur	37	8.51		

Site du Haut St-Laurent

Semis de 0 et 1 an

prov.	facteur	dl	somme des carrés	F	Pr>F
nord	total	49	18.5		
	lumière	1	2.20	6.60	0.0135
	poids	1	0.64	1.91	0.1734
	erreur	47	15.67		
sud	total	30	10.92		
	poids	1	0.58	1.63	0.2119
	erreur	29	10.34		

Semis de 2 et 3 ans

prov.	facteur	dl	somme des carrés	F	Pr>F
nord	total	23	5.81		
	lumière	1	0.04	0.14	0.7167
	poids	1	0.06	0.24	0.6309
	erreur	21	5.71		
sud	total	39	14.99		
	dormance	1	0.05	0.15	0.7035
	lumière	1	0.59	1.70	0.2003
	poids	1	0.03	0.09	0.7635
	dormance*lumière	1	2.30	6.68	0.0141
	erreur	35	12.03		

Annexe V Analyse de variance de la proportion de biomasse allouée aux racines en fonction de la dormance des graines, de la quantité de lumière et du poids des samares, chez des semis ayant émergé en 1989 (graines non dormantes) et en 1990 (graines dormantes) récoltés en juillet 1990 (0 et 1 an) et en septembre 1992 (2 et 3 ans).

Site d'Abitibi

Semis de 0 et 1 an

prov.	facteur	dl	somme des carrés	F	Pr>F
nord	total	74	0.463		
	dormance	1	0.031	5.29	0.0244
	lumière	1	0.011	1.86	0.1764
	poids	1	0.001	0.11	0.7362
	erreur	71	0.420		
sud	total	51	0.135		
	lumière	1	0.005	1.83	0.1828
	poids	1	0.000	0.16	0.6922
	erreur	49	1.130		

Semis de 2 et 3 ans

prov.	facteur	dl	somme des carrés	F	Pr>F
nord	total	67	0.411		
	dormance	1	0.003	0.53	0.4710
	lumière	1	0.034	5.86	0.0183
	poids	1	0.000	0.00	0.9836
	erreur	64	0.374		
sud	total	41	0.350		
	dormance	1	0.001	0.19	0.6695
	lumière	1	0.055	7.09	0.0113
	poids	1	0.000	0.04	0.8484
	erreur	38	0.294		

Site du Haut St-Laurent

Semis de 0 et 1 an

prov.	facteur	dl	somme des carrés	F	Pr>F
nord	total	49	0.375		
	lumière	1	0.004	0.56	0.4568
	poids	1	0.025	3.40	0.0714
	erreur	47	0.346		
sud	total	51	0.135		
	poids	1	0.003	0.99	0.3240
	erreur	50	0.133		

Semis de 2 et 3 ans

prov.	facteur	dl	somme des carrés	F	Pr>F
nord	total	23	0.136		
	lumière	1	0.037	8.68	0.0077
	poids	1	0.008	1.86	0.1873
	erreur	21	0.091		
sud	total	39	0.804		
	dormance	1	0.059	2.88	0.0986
	lumière	1	0.010	0.49	0.4874
	poids	1	0.000	0.00	0.9897
	erreur	36	0.736		

Annexe VI: Analyse de variance de la biomasse en fonction de la dormance dans les plantations de 1991-1992.

Site	âge (ans)	prov.	facteur	dl	<u>Biomasse sèche</u>			<u>Allocation aux racines</u>		
					somme des carrés	F	Pr>F	somme des carrés	F	Pr>F
Abit	0/1	H,A	total	22	5.79			0.144		
			dorm.	1	0.05	0.19	0.6667	0.004	0.67	0.4237
			erreur	21	5.74			0.073		
Haut St-L	0/1	R,Y	total	16	1.43			0.074		
			dorm.	1	0.00	0.04	0.8408	0.001	0.18	0.6777
			erreur	15	1.43			0.073		
	1/2	R,Y	total	12	9.95			0.041		
			dorm.	1	0.00	0.00	0.9453	0.000	0.12	1.7312
			erreur	11	0.95			0.040		
		H,A	total	38	21.31			0.310		
			dorm.	1	5.38	12.51	0.0011	0.035	4.75	0.0357
			erreur	37	15.92			0.275		