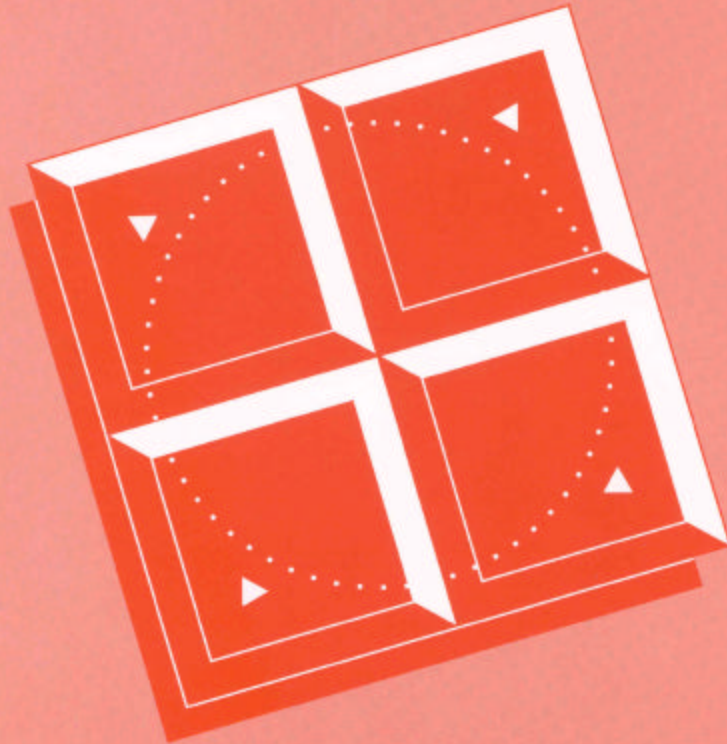


Mémoire de recherche forestière n° 123

Effet de la morphologie, du génotype et de
la germination précoce des glands de
chêne rouge sur la croissance des plants
en récipient

par S. MERCIER et A. RAINVILLE



Québec 

Stéphan MERCIER est ingénieur forestier, diplômé de l'Université Laval depuis 1986. En 1991, ce même établissement lui décernait le titre de maître ès sciences. Il est à l'emploi du Service de l'amélioration des arbres depuis avril 1988 à titre de chargé de recherches sur les semences et pollens d'arbres forestiers.



André RAINVILLE est ingénieur forestier, diplômé de l'Université Laval depuis 1983. Après avoir travaillé dans l'industrie (Uniboard Canada) et en forêt privée (Syndicat des producteurs de bois), il entre au Service de l'amélioration des arbres en 1986, comme chargé de recherches, d'abord sur la production de variétés multiclonales et ensuite sur l'aménagement des vergers à graines. En 1992, l'Université Laval lui décerne le titre de maître ès sciences; il devient alors responsable de l'amélioration génétique des feuillus à bois noble pour le même Service. Depuis 1996, il est aussi co-responsable de l'amélioration génétique de l'Épinette blanche.



Depuis de nombreuses années, chacun des Mémoires et des autres rapports publiés par la Recherche forestière est révisé par un comité *ad hoc* d'au moins trois membres recrutés aussi bien à l'intérieur du Ministère que dans le milieu universitaire, la fonction publique du Canada ou les autres milieux de la recherche. Les responsables de la Recherche forestière remercient les scientifiques qui ont accepté bénévolement de revoir le texte présenté ici et de participer ainsi à la diffusion des résultats des recherches menées au ministère des Ressources naturelles.

Les publications de la Recherche forestière sont produites et diffusées à même les budgets de recherche, comme autant d'étapes essentielles à la réalisation de chaque projet ou expérience. Ces documents sont, par définition, à *tirage limité* et à *diffusion restreinte*. Adresser toute demande comme suit :

Publications
Direction de la recherche forestière
Ministère des Ressources naturelles du Québec
2700, rue Einstein
SAINTE-FOY (Québec)
Canada G1P 3W8

**Effet de la morphologie, du génotype et de la germination précoce
des glands de chêne rouge
sur la croissance des plants en récipient**

Le berger qui ne fumait pas, alla chercher un petit sac et déversa sur la table un tas de glands. Il se mit à les examiner l'un après les autres avec beaucoup d'attention, séparant les bons des mauvais. Je fumais ma pipe. Je me proposai de l'aider. Il me dit que c'était son affaire. En effet, voyant le soin qu'il mettait à ce travail, je n'insistai pas. Ce fut toute notre conversation. Quand il eut du côté des bons un tas de glands assez gros, il les compta par paquets de dix. Ce faisant, il éliminait encore les petits fruits ou ceux qui étaient légèrement fendillés, car il les examinait de fort près. Quand il eut ainsi devant lui cent glands parfaits, il s'arrêta et nous allâmes nous coucher.

Tiré de *L'homme qui plantait des arbres*
de Jean Giono (1957)

**Effet de la morphologie, du génotype et de la germination précoce
des glands de chêne rouge
sur la croissance des plants en récipient**

par

Stéphan MERCIER, ing.f., M.Sc.

et

André RAINVILLE, ing.f., M.Sc.
du Service de l'amélioration des arbres

avec la participation de

John MACKAY, ing.f., M.Sc.

Mémoire de recherche forestière n° 123

Gouvernement du Québec
Ministère des Ressources naturelles
Direction de la recherche forestière
1996

Ce texte est un rapport partiel du projet de recherche n° 0895-2180 : « Biologie des semences d'arbres feuillus ».

ISBN 2-550-30117-X

ISSN 1183-3912

Dépôt légal 1996

Bibliothèque nationale du Québec

Bibliothèque nationale du Canada

© 1996 Gouvernement du Québec

Avant-propos

M. John Mackay a été responsable du projet d'amélioration génétique des feuillus à bois noble au Service de l'amélioration des arbres jusqu'en 1991. À ce titre, il a participé à la planification de la présente étude en collaboration avec M. Stéphan Mercier. Par la suite, M. André Rainville a pris la relève de M. Mackay pour participer au suivi de l'étude, à l'analyse des résultats et à la rédaction du mémoire. Les auteurs tiennent à remercier particulièrement M. Mackay pour son implication dans cette étude.

Remerciements

Cette recherche n'aurait pu être réalisée sans la précieuse collaboration de messieurs Carol Parent et Pierre Lortie, du Service de l'amélioration des arbres du ministère des Ressources naturelles (MRN), qui ont assuré la partie technique de cette étude. De plus, nous aimerions souligner la collaboration du personnel de la pépinière forestière de Duchesnay (sous la responsabilité de monsieur Fernand Gosselin et de madame Lise Gagné) pour la mise en place du dispositif et l'entretien des plants au cours du suivi. La récolte des glands a été réalisée par le personnel des régions administratives du sud du Québec, grâce à l'appui financier du Service de la production de plants (MRN). Nous aimerions également remercier mesdames Lise Charette et Carmelle Beaulieu, du Service des laboratoires de la Direction de la recherche forestière, pour leurs précieux conseils lors de l'élaboration du dispositif, ainsi que monsieur Silviu Nedelca, du Bureau de la statistique du Québec, qui a réalisé les analyses statistiques.

Résumé

Des glands de chêne rouge (*Quercus rubra* L.) provenant de 50 familles représentant dix provenances du Québec, de l'Ontario et du Vermont ont été récoltés afin d'établir des tests de provenances-descendances au Québec et, par la même occasion, évaluer l'effet de la morphologie des glands (masse, volume et densité), de leur germination précoce en chambre froide – c'est-à-dire de ceux qui ont produit une radicule au cours de la germination en chambre froide – et du génotype de l'arbre-mère sur la croissance des plants en récipient au cours de deux années de culture sous tunnel. Il existe une forte corrélation entre la masse et le volume des glands, mais on n'a trouvé aucune relation entre les paramètres évalués et la localisation géographique ou écologique des provenances. Le taux de germination précoce varie beaucoup entre les provenances ainsi qu'entre les familles d'une même provenance, bien qu'il ne soit pas possible actuellement d'identifier si ce phénomène est influencé par le génotype de l'arbre-mère ou par les conditions de récolte. En outre, il n'existe aucune relation entre la morphologie des glands et le taux de germination précoce. La germination finale des glands dans les pots, six semaines après l'ensemencement, est aussi très étalée entre les provenances et entre les arbres d'une même provenance, mais homogène à l'intérieur d'une même famille de sorte que l'hétérogénéité observée dans les pépinières est due à la diversité génétique du matériel. À la fin de la première saison de culture, la croissance en hauteur des plants est influencée de façon significative par le génotype, et cette tendance se maintient au cours de la deuxième année. Le génotype influence également le diamètre au collet mais cette observation n'est significative qu'à la fin de la deuxième année de croissance. Par ailleurs, les provenances dont la majorité des glands avaient une germination précoce ont un meilleur taux final de germination, les lots germent plus rapidement, la germination est mieux synchronisée et les plants produits sont de meilleure qualité. En fait, l'ensemencement de glands qui ont une germination précoce produit à 99,7 % des plants qui se développent bien. Il n'existe pas de relation significative entre le volume (et la densité) du gland et le développement du plant de chêne rouge après deux années de croissance en récipient. Toutefois, on remarque un lien entre la masse des glands, la croissance en hauteur et le diamètre des plants après deux ans de culture en pépinière.

Mots-clés : chêne rouge, *Quercus rubra*, gland, germination, germination précoce, génétique, morphologie, plants en récipient.

Abstract

Effect of morphology, genotype, and pre-germination of red oak acorns on the growth of containerized seedlings. Northern red oak (*Quercus rubra* L.) acorns from 50 families representing 10 provenances of Québec, Ontario and Vermont were collected with the aim of establishing provenance-progeny tests in Québec and, by the way, evaluate the effect of acorn morphology (mass, volume and density), of the pre-germination of acorns in cold storage (during stratification) and of the genotype of mother-plant on growth of the seedlings in containers during two years under cold frame. As expected, there is a strong correlation between acorn mass and volume, but we found no relation between the parameters evaluated and geographical or ecological location of the provenances. Pre-germination rate varied greatly among provenances as well as among families within provenances, but it was not possible to impute, without any reasonable doubt, this variation to the genotype of the mother-plant or to the varying collection conditions between trees and provenances. Besides, there is no relation between acorn morphology and pre-germination rate. The final germination rate of the acorns after six weeks in the containers is also widely variable among and within provenances, but is homogenous for a specific acorn lot (or family); this supports the theory that the observed heterogeneity in the nurseries is due to the genetic diversity of the material. At the end of the first growing season, height growth of the seedlings was significantly influenced by the genotype; this tendency persisted till the end of the second growing season. The genotype also significantly influenced the diameter, but this was only true at the end of the second year. Furthermore, provenances showing a high proportion of pre-germinated acorns in cold storage also had a high rate of germination after six weeks in containers, they germinated faster, the germination of the acorns in a lot was more synchronized and the seedlings thus produced were of better quality. There was no significant relation between acorn volume (and density) and seedling development after two years in containers. However, we noted that seedling height and diameter after two years in the nursery was related to the acorn mass.

Key-words : northern red oak, *Quercus rubra*, acorn, germination, pre-germination, genetics, morphology, seedling production.

Table des matières

Avant-propos	v
Remerciements	v
Résumé	vii
<i>Abstract</i>	vii
Liste des tableaux	xi
Liste des figures	xiii
Introduction	1
Chapitre premier	
Matériel et méthodes	3
1.1 Récolte et conservation des glands	3
1.2 Mesure de la morphologie des glands	3
1.3 Évaluation du taux de germination précoce des glands	3
1.4 Ensemencement	3
1.5 Mesure du taux final de germination	4
1.6 Culture des plants	4
1.6.1 Éclaircie	4
1.6.2 Fertilisation	4
1.6.3 Irrigation	4
1.6.4 Cernage racinaire	6
1.6.5 Protection	8
1.7 Mesures morphologiques des plants	8
1.7.1 À la fin de la première saison de croissance	8
1.7.2 À la fin de la seconde saison de croissance	8

1.8	Traitement des données	8	Chapitre trois	
			Discussion	33
1.8.1	Lors de la récolte des glands	8	3.1 Morphologie des glands	33
1.8.1.1	Relation entre la morphologie et la génétique des glands	8	3.2 Germination précoce	33
1.8.1.2	Relation entre la germination précoce et la génétique des glands	8	3.3 Germination finale	34
1.8.1.3	Relation entre la germination précoce et la morphologie des glands	8	3.4 Survie des plants après l'éclaircie	34
1.8.2	Relation entre la germination finale et la génétique des glands	11	3.5 Morphologie des plants	34
1.8.3	Morphologie des plants à la fin de la première saison de croissance	11	Conclusion	37
1.8.4	Morphologie des plants à la fin de la deuxième saison de croissance	11	Références	39
Chapitre deux				
	Résultats	13		
2.1	Lors de la récolte des glands	13		
2.1.1	Relation entre la morphologie et la génétique des glands	13		
2.1.2	Relation entre la germination précoce et la génétique des glands	13		
2.1.3	Relation entre la germination précoce et la morphologie des glands	17		
2.2	Relation entre la germination finale et la génétique des glands	17		
2.3	Morphologie des plants au cours de la première saison de croissance	21		
2.3.1	Relation entre le stade de développement des plants et le taux de germination précoce des glands	21		
2.3.2	Relation entre le nombre final de plants obtenus et le taux de germination précoce des glands	21		
2.3.3	Relation entre la vigueur des plants et le taux de germination précoce des glands	25		
2.4	Morphologie des plants à la fin de la deuxième année	25		

Liste des tableaux

Tableau 1	Description des provenances de chêne rouge utilisées dans l'étude	4
Tableau 2	Description des classes morphologiques de germination des glands de chêne rouge	4
Tableau 3	Description de l'amendement apporté aux semis de chêne rouge	6
Tableau 4	Espérance de la moyenne des carrés entre la germination précoce et le génotype de l'arbre-mère	9
Tableau 5	Table d'analyse de la variance entre la germination précoce et le génotype de l'arbre-mère	9
Tableau 6	Table d'analyse de la variance entre la germination finale et le génotype de l'arbre-mère	10
Tableau 7	Caractéristiques morphologiques des glands de chêne rouge	15
Tableau 8	Tests de comparaisons multiples (LSD et Duncan) sur les variables volume (ml), masse (g) et densité (g/ml) pour 10 provenances de chêne rouge	15
Tableau 9	Test de comparaison multiple (LSD) sur le taux moyen de germination précoce des glands pour 10 provenances de chêne rouge (n = 15 par provenance)	17

Tableau 10	Coefficients de corrélation entre le taux de germination précoce, la masse et le volume des glands de chêne rouge	17
Tableau 11	Tests de comparaisons multiples (LSD et Duncan) sur le taux moyen final de germination pour 10 provenances de chêne rouge (n = 15 par provenance) et classement des provenances selon les taux précoce et final de germination	21
Tableau 12	Hauteur moyenne, diamètre moyen et nombre moyen de pousses chez des semis de chêne rouge âgés d'un an, issus de glands ayant eu une germination précoce ou non	26
Tableau 13	Hauteur moyenne, diamètre moyen et nombre moyen de pousses chez des semis de chêne rouge âgés de 2 ans, issus de glands ayant eu une germination précoce ou non	29

Liste des figures

Figure 1	Représentation schématique du dispositif expérimental des glands de chêne rouge à la pépinière forestière de Duchesnay	5
Figure 2	Disposition des glands à la surface des contenants lors de l'ensemencement	6
Figure 3	Classes morphologiques de germination : a) gland non germé; b) formation de la radicule; c) formation de l'hypocotyle; d) allongement de l'hypocotyle; e) début de la croissance des feuilles	7
Figure 4	Masse et volume des 100 glands pour chacune des 50 familles représentant 10 provenances de chêne rouge	14
Figure 5	Taux moyen de germination précoce des glands pour chacune des 50 familles représentant 10 provenances de chêne rouge. Moyenne de trois observations par famille	16
Figure 6	Relation entre la germination précoce et la masse des glands pour chacune des 50 familles représentant 10 provenances de chêne rouge	18
Figure 7	Relation entre la germination précoce et le volume des glands pour chacune des 50 familles représentant 10 provenances de chêne rouge	19
Figure 8	Relation entre la germination précoce et la densité des glands pour chacune des 50 familles représentant 10 provenances de chêne rouge	20

Figure 9	Distribution après six semaines du nombre de plants de chêne rouge par classe de développement et par provenance selon la présence ou l'absence de germination précoce	22	Figure 19	Longueur moyenne de la pousse de la deuxième année de croissance de plants 2+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce	31
Figure 10	Répartition du nombre de plants 2+0 pour chacune des 50 familles représentant les 10 provenances de chêne rouge selon la mortalité et la présence ou l'absence de germination précoce	24			
Figure 11	Répartition du nombre de plants 2+0 pour chacune des 50 familles représentant les 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce	24			
Figure 12	Nombre de plants 1+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce	27			
Figure 13	Hauteur moyenne des plants 1+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce	27			
Figure 14	Diamètre moyen des plants 1+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce	28			
Figure 15	Nombre moyen de poussée de croissance des plants 1+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce	28			
Figure 16	Nombre de plants 2+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce	30			
Figure 17	Hauteur moyenne des plants 2+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce	30			
Figure 18	Diamètre moyen des plants 2+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce	31			

Introduction

Les reboisements en espèces feuillues au Québec se chiffrent à quelque 0,81 million de plants annuellement (Masse 1994), comparativement à 139 millions pour les conifères; les essences plantées sont le bouleau jaune (*Betula alleghaniensis* Britton) à 25 %, le chêne rouge (*Quercus rubra* L.) à 22 %, le frêne d'Amérique (*Fraxinus americana* L.) à 21 % et l'érable à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) à 16 %. Ces plantations sont effectuées principalement sur des terrains privés et visent à récupérer les terres en friche ou impropres à la culture.

Les plantations feuillues réalisées jusqu'à maintenant ont eu très peu de succès en terme de taux de survie, autant au Québec (Masse 1994) qu'aux États-Unis (9 % : Hill 1986). Le succès des plantations feuillues repose en premier lieu sur la qualité des plants, mais également sur l'entretien subséquent comme la protection contre les rongeurs, la maîtrise de la végétation concurrente et les tailles. Chez le chêne rouge en particulier, il est généralement reconnu que le succès des plantations pourrait être meilleur si les semis avaient une croissance plus rapide (Steiner 1993), ce qui, de surcroît, irait dans le sens de la Stratégie de protection des forêts puisque les plants sortiraient plus rapidement de la compétition, réduisant ainsi le recours aux pesticides. Par contre, améliorer le taux de survie des plantations feuillues ne signifie pas pour autant que ces plantations seront plus productives. Près de 95 % des chênes rouges utilisés par l'industrie québécoise du meuble et du bois ouvré sont importés des États-Unis compte tenu de la faible qualité de la matière première du Québec qui ne répond pas aux exigences de l'industrie.

Pour satisfaire les besoins de l'industrie, réduire leurs coûts d'approvisionnement en matière première de qualité et restaurer les forêts feuillues actuellement dégradées par des années de coupe (Davidson 1989), le ministère des Ressources naturelles du Québec a mis en place en 1989 un programme d'amélioration génétique des espèces feuillues à bois noble, parmi lesquelles le chêne rouge est considéré comme l'espèce prioritaire.

Pour améliorer une espèce, on peut adopter diverses stratégies d'amélioration. Chez le chêne rouge, l'établissement de tests de provenances-descendances est l'un des choix que l'on privilégie à long terme pour tirer profit de la variabilité de l'espèce (Coggeshall 1993, Kremer 1994) qui possède une aire de distribution très vaste (Shopmeyer 1974). À l'automne 1990, le Service de l'amélioration des arbres (SAA), de concert avec le Service de la production de plants (SPP) et les régions administratives du Québec, a procédé à la récolte de glands sur les arbres de diverses provenances pour constituer le matériel de base des tests de provenances-descendances. La récolte s'est faite sur les arbres porteurs de fruits puisque les arbres sélectionnés antérieurement (arbres-plus) dans les différentes régions du Québec ne produisaient pas suffisamment de glands pour diverses raisons déjà abondamment exposées dans la littérature (Janzen 1969, 1971, Koslowski 1971, Silvertown 1980, Muller 1994, Sork et Bramble 1993).

Des études ont démontré que la masse et le volume des glands sont très variables (Kremer 1990, Thill 1994). Cependant, aucune étude n'a encore établi si ces différences sont dues à la provenance ou à un effet maternel de l'arbre. De plus, plusieurs pépiniéristes se demandent s'il existe une relation entre les dimensions des glands et la qualité des plants produits (Mercier 1993); devrait-on effectuer un tri des glands en pépinière selon leur grosseur, avant l'ensemencement, pour que la germination soit mieux synchronisée et la hauteur des plants plus uniforme, ce qui réduirait les coûts de classification des plants selon leur hauteur et leur diamètre? De plus, au cours de la conservation des glands en chambre froide, certains glands germent en développant une radicule alors que d'autres ne montrent aucun signe d'activité; les études sur ce phénomène sont peu nombreuses et les facteurs responsables de la germination précoce sont inconnus, mais ses conséquences sur le taux de germination, sur l'ensemencement et le repiquage en pépinière peuvent être très importants.

Certaines études ont déjà mis en lumière une corrélation positive significative entre la masse des glands et la croissance des semis (Kriebel 1964, Gall et Taft 1973, Kolb 1988). D'ailleurs, la masse des glands a été utilisée comme covariable dans une étude de familles réalisée par Kolb et Steiner (1989) sur des semis âgés de un et deux ans. Cette covariable leur a en effet permis de corriger la variance familiale de 54 et 40 % respectivement pour révéler les vraies différences dues aux familles. De plus, l'influence de la masse des graines sur la grosseur des semis persisterait durant au moins deux années (Kolb et Steiner 1989, Tripathi et Khan 1990).

La présente étude s'est déroulée à la pépinière de Duchesnay, située à Sainte-Catherine-de-la-Jacques-Cartier en banlieue de Québec. Ses objectifs, qui peuvent être considérés comme complémentaires à la production de plants pour l'établissement de tests de provenances-descendances, étaient :

- 1) de vérifier les constatations rapportés dans la littérature quant à la relation existant entre la masse des graines et la hauteur des semis;
- 2) de vérifier le lien existant entre le volume et la masse des glands;
- 3) de vérifier si les lots de glands qui germent précocement ont un meilleur taux final de germination;
- 4) d'évaluer la variation de ces paramètres entre les familles d'une même provenance et entre les provenances, et;
- 5) de formuler des recommandations pour uniformiser la production de plants dans les pépinières et de réaliser des plantations avec des plants plus vigoureux.

Chapitre premier

Matériel et méthodes

1.1 Récolte et conservation des glands

Les glands utilisés dans cette étude représentent un sous-échantillon de dix provenances à raison de cinq familles par provenance. Ce matériel a été tiré au hasard parmi les 16 provenances et les 180 familles destinées à des tests de provenances-descendances de chêne rouge établis au Québec en 1993-1994. Parmi les dix provenances, huit proviennent du Québec, une de l'Ontario et une autre du Vermont (États-Unis), comme le décrit le tableau 1.

La récolte au sol de 300 à 400 glands par arbre a été réalisée à l'automne 1990 pour toutes les familles. Les glands sains ont été triés immédiatement après leur récolte par flottaison dans l'eau. Les glands furent par la suite acheminés au Centre des semences forestières de Berthier et la pépinière forestière de Duchesnay où ils furent conservés dans une chambre froide à + 4 °C à l'intérieur de sacs de polyéthylène de 4 mm d'épaisseur. La teneur en eau des glands était maintenue entre 50 à 60 % comme le recommandent Bonner et Vozzo (1987). Ces conditions de conservation correspondent aux conditions décrites par Muller (1994) pour lever la dormance des glands de chêne rouge.

1.2 Mesure de la morphologie des glands

Pour chacune des familles, la masse et le volume des glands ont été mesurés quelques jours après leur récolte à partir de 100 glands choisis au hasard. Les glands ont été pesés à l'aide d'une balance électronique avec une précision de $\pm 0,01$ g. Le volume a pu être évalué à partir du déplacement d'eau dans un cylindre gradué de 1 000 ml. La densité a été déterminée à partir du rapport masse/volume.

1.3 Évaluation du taux de germination précoce des glands

Le nombre de glands ayant une germination dite « précoce » (c'est-à-dire qui ont produit une radicule de quelque longueur que ce soit durant leur conservation en chambre froide) a été évalué cinq jours avant l'ensemencement à partir de trois répétitions de 50 glands chacune; ces mêmes répétitions ont servi à l'ensemencement dans le tunnel.

1.4 Ensemencement

L'ensemencement s'est fait du 6 au 13 mai 1991 dans les tunnels de la pépinière forestière de Duchesnay. Les récipients utilisés étaient fabriqués en polyéthylène noir d'une capacité de 4 L (14,5 x 16,5 x 20 cm). Ces récipients étaient déposés directement sur le sol (gravier).

Pour chaque famille, on ensemencait trois répétitions de 50 glands (ayant servi à l'évaluation du taux de germination précoce). Chacune des répétitions correspondait respectivement aux blocs 2, 4 et 6 (figure 1). Les blocs 2 et 4 se trouvaient dans un même tunnel alors que le bloc 6 était situé dans le tunnel voisin. Les tunnels aussi bien que les contenants étaient orientés dans la direction nord-sud. Chaque bloc était situé au centre du tunnel et entouré de plants de chêne rouge servant de bande de protection.

Pour la durée des tests de germination, les 50 glands par individu et par répétition étaient répartis dans 25 récipients à raison de deux glands par contenant. Les 25 récipients d'une même famille étaient juxtaposés dans le tunnel mais les familles étaient

Tableau 1. Description des provenances de chêne rouge utilisées dans l'étude

Provenance	Territoire	Latitude (nord)	Longitude (ouest)	Région écologique ¹	Région administrative
Arboretum Morgan	Québec	45° 26'	73° 57'	1a	06
Chitteden County	Vermont	44° 32'	73° 17'	N.D. ²	N.D.
Kazabazua	Québec	45° 55'	76° 05'	2a	73
Carlow Township	Ontario	45° 16'	77° 45'	N.D.	N.D.
Cleveland	Québec	45° 42'	72° 09'	2d	05
Macaulay Township	Ontario	45° 09'	79° 27'	N.D.	N.D.
Canton de Mansfield	Québec	45° 54'	76° 44'	2a	07
Pointe-au-Platon	Québec	46° 39'	71° 53'	2c	03
Pointe-aux-Chênes	Québec	45° 39'	74° 45'	1b	06
Wendover	Québec	46° 01'	72° 42'	2b	04

¹ Régions écologiques établies à partir de THIBAULT (1985).

² N.D. = non déterminé.

distribuées aléatoirement à l'intérieur du bloc. Les deux glands par contenant étaient disposés avec la pointe du gland ou la radicule lorsqu'il y avait germination précoce légèrement inclinée vers le sol et distants l'un de l'autre d'environ 4 cm (figure 2). Une étiquette en plastique enfoncée dans le sol en bordure du contenant indiquait les glands qui avaient eu une germination précoce.

1.5 Mesure du taux final de germination

Le taux final de germination a été mesuré six semaines après l'ensemencement. Les glands étaient considérés comme germés lorsqu'il y avait croissance des feuilles. Le rythme de développement des plants a été évalué deux fois par semaine durant les six semaines. Ce suivi a été réalisé en distinguant séparément les glands qui ont eu une germination précoce de ceux qui sont demeurés à l'état de quiescence. Chaque fois, on a effectué un dénombrement des semis appartenant à chacune des classes morphologiques présentées au tableau 2.

Tableau 2. Description des classes morphologiques de germination des glands de chêne rouge¹

Classe	Description
0	Non germé
1	Apparition de la radicule
2	Apparition de l'hypocotyle
3	Allongement de l'hypocotyle
4	Allongement des feuilles

¹ Les photographies (figure 3) illustrent chacune des classes.

1.6 Culture des plants

1.6.1 Éclaircie

Une éclaircie de 50 % des glands a été réalisée après la 6^e semaine à raison d'un gland par contenant. Le gland maintenu en place était celui qui avait survécu ou celui situé le plus au centre du contenant lorsque les deux étaient vivants, sans tenir compte de la qualité du plant produit. Les contenants vides – c'est-à-dire ceux dont aucun des deux glands n'avait germé – ont été repiqués avec un plant de chêne de la même famille, mais produit dans un *Styrobloc* situé dans la bande de protection. Ces derniers plants n'ont pas été utilisés pour les mesures ultérieures.

1.6.2 Fertilisation

Le substrat était composé d'un mélange de 50 % de mousse de tourbe, de 20 % de vermiculite, de 20 % de perlite, de 10 % de terre brune (*top soil*) et d'*Osmocote* (19-6-12). Des apports d'engrais solubles ont contribué à maintenir la fertilité du substrat à un niveau élevé après que les plants eurent atteint 10 cm de hauteur (tableau 3).

1.6.3 Irrigation

Durant le stade de germination, les périodes d'irrigation ont été de courte durée (5 minutes) et fréquentes (4 fois par jour) afin de maintenir les glands dans des conditions d'humidité constante.

Lorsque les racines ont été plus développées, le substrat a été maintenu à un taux d'humidité d'environ 40 à 50 % de la capacité au champ. Un dispositif de pesée des contenants a été mis en place de sorte qu'un contenant dont le substrat est à 40 % de sa

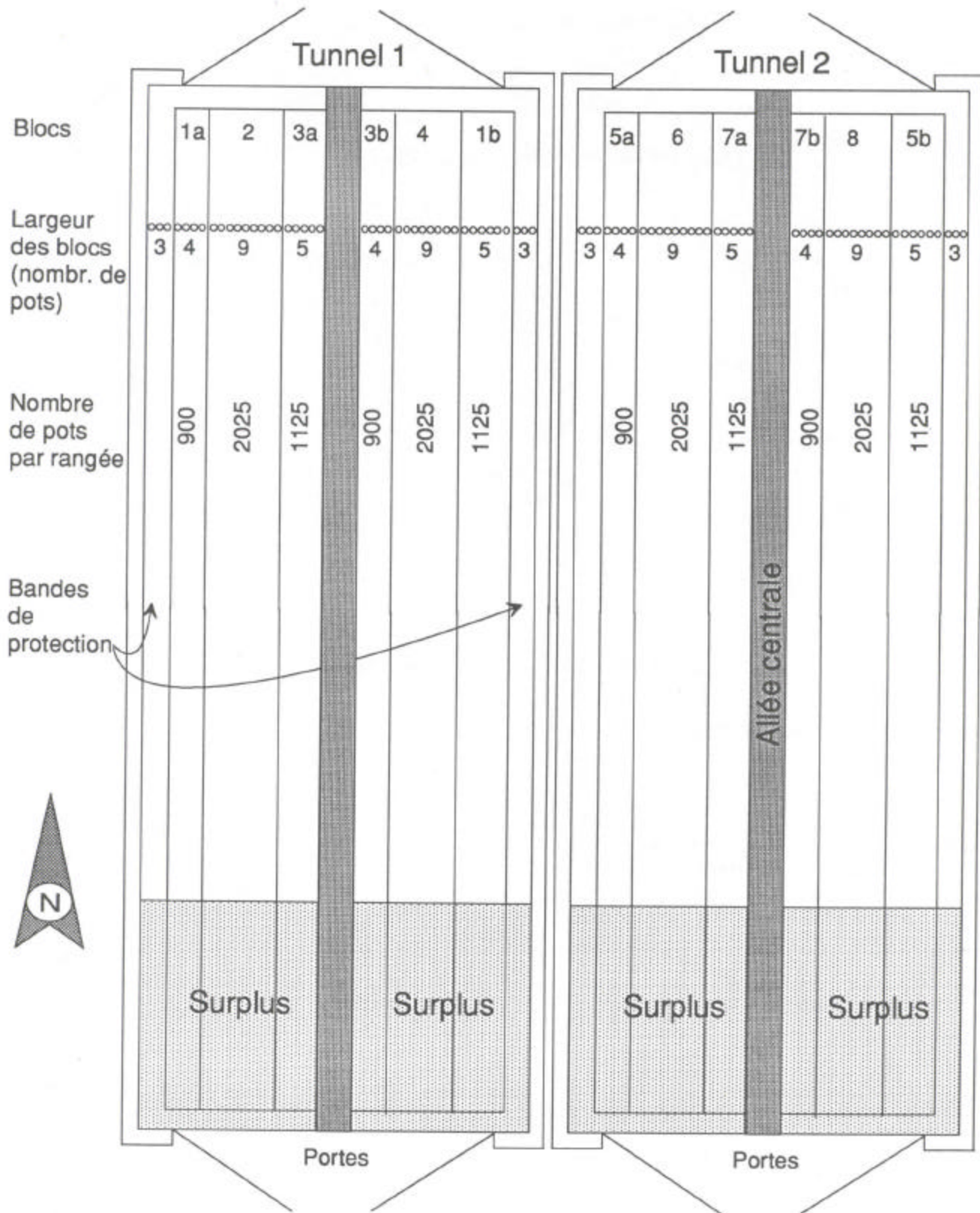


Figure 1. Représentation schématique du dispositif expérimental des glands de chêne rouge à la pépinière forestière de Duchesnay.

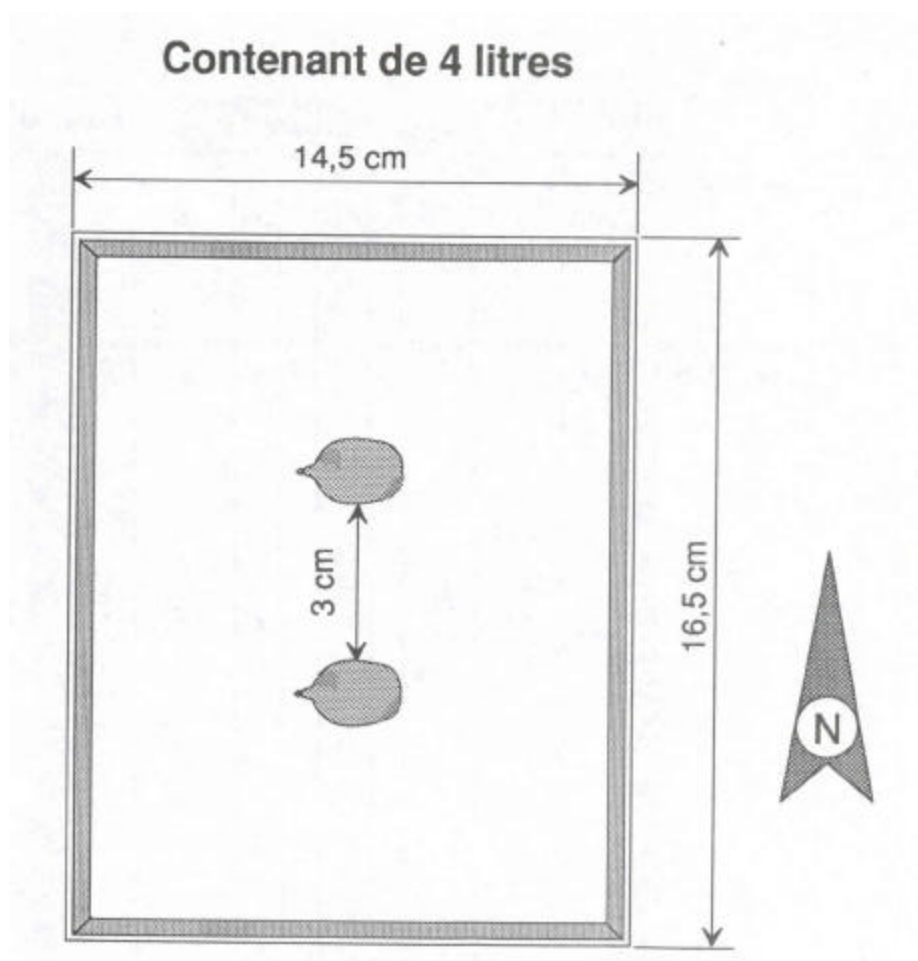


Figure 2. Disposition des glands à la surface des contenants lors de l'ensemencement.

Tableau 3. Description de l'amendement apporté aux semis de chêne rouge

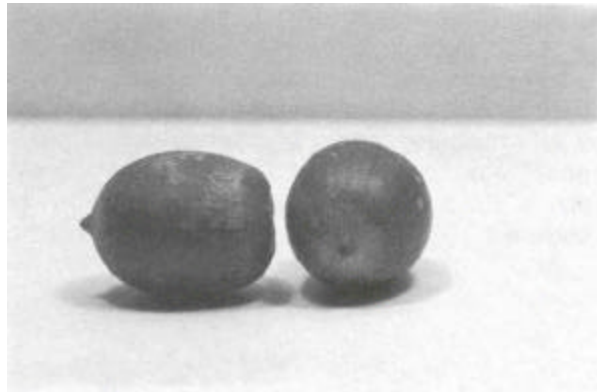
Description	Concentration (kg/m ³)
Chaux dolomitique granulée	2,0
Chaux dolomitique Fafard	1,0
CaSO ₄	1,0
0-20-0	2,0
0-0-22	2,0
9-6-12 (<i>Osmocote</i> durant 3 mois)	2,0
Frit	0,1

capacité de rétention en eau, avait une masse d'environ 1,7 à 1,8 kg. Le suivi de la masse des contenants a été réalisé sur une base quotidienne. Le résultat de ces mesures déterminait la durée de la période d'irrigation lorsque nécessaire.

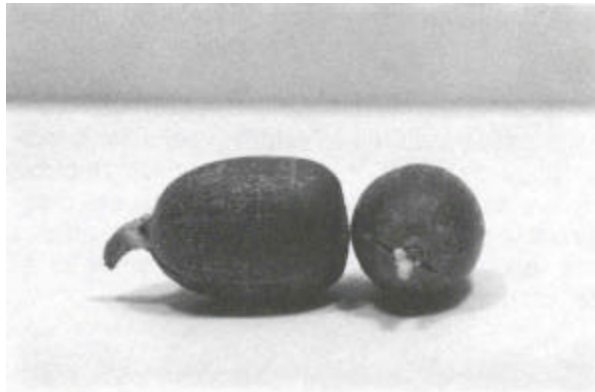
1.6.4 Cernage racinaire

Des cernages racinaires ont été réalisés de manière à limiter la croissance en hauteur des plants et pour permettre la formation de racines fines.

Pendant la première saison, les contenants ont été placés directement sur le sol (gravier) jusqu'au deuxième épisode de croissance, où le pivot a été taillé au besoin. Pendant la deuxième saison de croissance, une seconde taille a été nécessaire après le premier épisode de croissance.



a



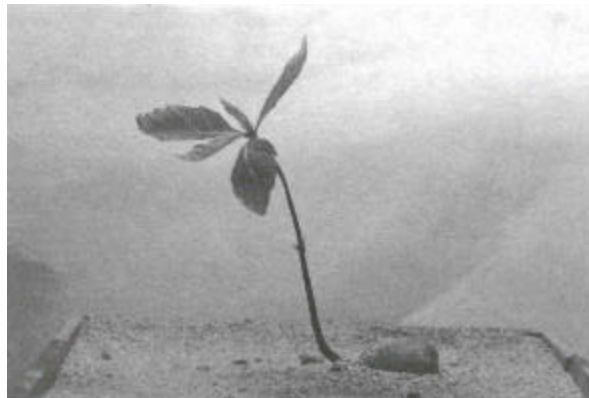
b



c



d



e

Figure 3. Classes morphologiques de germination : a) gland non germé; b) formation de la radicule; c) formation de l'hypocotyle; d) allongement de l'hypocotyle; e) début de la croissance des feuilles.

1.6.5 Protection

Une application de répulsif contre les rongeurs (*Mouse Bait* à raison de 15 kg/hectare) a dû être faite lors de la préparation hivernale des plants.

À la fin de la première saison de croissance, les plants ont été transférés à l'extérieur dans des conditions naturelles. Un sillon d'une profondeur d'environ 25 cm a été creusé à l'aide d'un tracteur. Les contenants ont été insérés dans ces sillons qui ont été par la suite recouverts de manière à ce que le niveau du contenant corresponde à celui du sol.

1.7 Mesures morphologiques des plants

1.7.1 À la fin de la première saison de croissance

Le dispositif expérimental est demeuré en place au cours de la première saison de croissance après les opérations d'éclaircie et de repiquage du printemps 1991. À l'automne 1991, six à huit plants par famille de chacun des blocs pris au hasard ont servi à évaluer le taux de survie à la fois pour les plants issus de glands germés précocement comme de ceux non germés initialement. De plus, les mesures de diamètre au niveau du sol (DHS), de hauteur du plant et du nombre de pousses correspondant aux épisodes de croissance ont été prises.

1.7.2 À la fin de la seconde saison de croissance

Les mesures prises à la fin de la seconde saison de croissance sont identiques à celles de la première saison. En plus de ces variables, des mesures de la longueur et du nombre de pousses de croissance, ainsi que le nombre de têtes ont dû être effectuées compte tenu de la mortalité des têtes au cours de l'hiver 1991-1992.

1.8 Traitement des données

1.8.1 Lors de la récolte des glands

1.8.1.1 Relation entre la morphologie et la génétique des glands

L'application de l'ANOVA à un facteur a été utilisée pour identifier s'il existe une différence significative quant à la morphologie des glands selon le génotype de l'arbre-mère (famille) et de la provenance. Les tests de LSD et de DUNCAN ont ensuite été utilisés pour réaliser le regroupement des provenances statistiquement identiques.

1.8.1.2 Relation entre la germination précoce et la génétique des glands

Un modèle hiérarchique à deux niveaux a été envisagé puisque les familles sont propres à chaque provenance. Puisque la germination a eu lieu avant la mise en place du dispositif expérimental, mais qu'elle a été mesurée lors de la création des blocs, il est possible de regarder les trois blocs comme des répétitions. En conséquence, le modèle retenu a été le suivant :

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_{j(i)} + \varepsilon_{i(j)k} \quad \left\{ \begin{array}{l} i = 1,2, \dots, a \\ j = 1,2, \dots, b \\ k = 1,2, \dots, n \end{array} \right. \quad [1]$$

Le facteur PROVENANCE a dix niveaux ($a = 10$), tandis que le facteur FAMILLE a cinq niveaux dans chaque provenance ($b = 5$) et il y a trois répétitions de l'expérience ($n = 3$). Ce modèle décrit un plan hiérarchique équilibré car $b = 5$ et $n = 3$, quelle que soit la provenance. On remarque qu'il n'y a pas d'interaction possible entre les deux facteurs.

En considérant le facteur PROVENANCE comme étant fixe et le facteur FAMILLE comme aléatoire, les hypothèses à tester sont :

$$H_0 : \gamma_i = 0, \text{ effet de provenance, et;}$$

$$H_0 : \sigma_{\beta}^2 = 0, \text{ effet de famille.}$$

Les tests de LSD et de DUNCAN ont été utilisés pour effectuer les regroupements nécessaires. Le tableau 4 présente l'espérance de la moyenne des carrés (qui permet de déterminer la forme des tests de F) et le tableau 5 montre la table d'analyse de la variance du modèle utilisé.

1.8.1.3 Relation entre la germination précoce et la morphologie des glands

Le test de Pearson a servi à déterminer le coefficient de corrélation entre le taux de germination précoce, la masse et le volume des glands selon Montgomery (1976).

*

Tableau 4. Espérance de la moyenne des carrés entre la germination précoce et le génotype de l'arbre-mère

E(MS)	A Fixé B aléatoire
$E(MS_A)$	$\sigma_2 + n\sigma_\beta^2 + \frac{bn\sum \tau_1^2}{a-1}$
$E(MS_{B(A)})$	$\sigma^2 + n\sigma_\beta^2$
$E(MS_e)$	σ^2

Tableau 5. Table d'analyse de la variance entre la germination précoce et le génotype de l'arbre-mère

Source de variation	Sommes des carrés	Degré de liberté	Moyenne des carrés
A	$\sum_i \frac{y_{i\dots}^2}{bn} - \frac{y_{i\dots}^2}{abn}$	a-1	MS_A
B avec A	$\sum_i \sum_j \frac{y_{ij}^2}{n} - \sum_j \frac{y_j^2}{bn}$	a(b-1)	$MS_{B(A)}$
Erreur	$\sum_i \sum_j \sum_k y_{ijk}^2 - \sum_i \sum_j \frac{y_{ij\dots}^2}{n}$	ab(n-1)	MS_E
Total	$\sum_i \sum_j \sum_k y_{ijk}^2 - \frac{y_{i\dots}^2}{abn}$	abn-1	

Tableau 6. Table d'analyse de la variance entre la germination finale et le génotype de l'arbre-mère

Source	Formule	dl	E(MS)*
1 A	[A] - [Y]	p - 1	$\sigma_e^2 + n \left(1 - \frac{q}{Q}\right) \left(1 - \frac{r}{R}\right) \sigma_{\beta\gamma}^2$ $+ nq_{\emptyset} \left(1 - \frac{r}{R}\right) \sigma_{\alpha\gamma}^2$ $+ nr \left(1 - \frac{q}{Q}\right) \sigma_{\beta}^2 + nq_{\emptyset} r \sigma_{\alpha}^2$
2 B(A)	[AB] - [A]	p(q _∅ - 1)	$\sigma_e^2 + n \left(1 - \frac{r}{R}\right) \sigma_{\beta\gamma}^2 + nr \sigma_{\beta}^2$
3 C	[C] - [Y]	r - 1	$\sigma_e^2 + n \left(1 - \frac{q}{Q}\right) \sigma_{\beta\gamma}^2$ $+ nq_{\emptyset} \left(1 - \frac{p}{P}\right) \sigma_{\alpha\gamma}^2 + npq_{\emptyset} \sigma_{\alpha}^2$
4 AC	[AC] - [A] - [C] + [Y]	(p - 1) (r - 1)	$\sigma_e^2 + n \left(1 - \frac{q}{Q}\right) \sigma_{\beta\gamma}^2 + nq_{\emptyset} \sigma_{\alpha\gamma}^2$
5 B(A) x C	[ABC] - [AB] - [AC] + [A]	p(q _∅ - 1) (r - 1)	$\sigma_e^2 + n \sigma_{\beta\gamma}^2$
6 WCELL	[ABCS] - [ABC]	pq _∅ r(n - 1)	σ_e^2
7 Total	[ABCS] - [Y]	npq _∅ r - 1	

1.8.2 Relation entre la germination finale et la génétique des glands

Le taux de germination finale par bloc a été calculé comme suit :

Taux de germination finale =

$$\frac{(\text{obs 10 classes 2,3,4,5}) + (\text{obs 11 classes 2,3,4,5})}{(\text{obs 10 classes 1,2,3,4,5}) + (\text{obs 11 classes 1,2,3,4,5})} \quad [2]$$

où

obs 10 = évolution des glands qui ont eu une germination précoce

obs 11 = évolution des glands qui n'ont pas eu de germination précoce

classe = voir référence au tableau 2.

Le modèle utilisé est hiérarchique à trois niveaux avec une seule observation par cellule (n-1). Les niveaux du facteur FAMILLE sont propres à chaque provenance, tandis que le facteur BLOC est croisé avec les facteurs PROVENANCE et FAMILLE. La table d'analyse de la variance est présentée au tableau 6 et le modèle retenu est le suivant :

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_j + \beta_{k(j)} + (\alpha\gamma)_{jl} + (\beta\gamma)_{k(j)l} + \varepsilon_{i(jkl)} \quad [3]$$

où

Y_{ijkl} = taux de germination finale observé;

μ = moyenne

α_j = effet de la provenance, $j = 1, 2, \dots, p$, où $p = 10$

$\beta_{k(j)}$ = effet de la famille, $k = 1, 2, \dots, q$, où $q = 50$, $q_{(j)} = 5$

γ_l = effet du bloc, $l = 1, 2, \dots, r$, où $r = 3$

$(\alpha\gamma)_{jl}$ = effet de l'interaction provenance-bloc

$(\beta\gamma)_{k(j)l}$ = effet de l'interaction famille-bloc

$\varepsilon_{i(jkl)}$ = terme d'erreur.

On remarque, à la ligne 6 de la table d'analyse de la variance (Tableau 6), que dans le cas d'une seule observation par cellule, le terme d'erreur ne peut être estimé. Pour que le modèle puisse être estimé, on doit accepter l'hypothèse que l'interaction $(\beta\gamma)_{k(j)l}$ entre la famille et le bloc est nulle. Par ailleurs, en travaillant avec ce modèle réduit, on constate que les hypothèses de base (normalité, variance homogène) sont respectées.

1.8.3 Morphologie des plants à la fin de la première saison de croissance

L'analyse de la variance a été réalisée suivant un modèle hiérarchique semblable à celui décrit à la section 1.7.2 mais en y ajoutant le terme « germination précoce ».

1.8.4 Morphologie des plants à la fin de la deuxième saison de croissance

L'analyse de la variance a été réalisée suivant un modèle hiérarchique semblable à celui décrit à la section 1.7.2 mais en y ajoutant le terme « germination précoce » et les variables hauteur des pousses de croissance et nombre de têtes.

Chapitre deux

Résultats

2.1 Lors de la récolte des glands

2.1.1 Relation entre la morphologie et la génétique des glands

La figure 4 présente les mesures de masse et de volume des 100 glands pour chacune des 50 familles représentant les 10 provenances étudiées. La forte corrélation entre la masse et le volume des graines est évidente ($r^2 = 0,879$).

Toutes provenances mélangées, la masse de 100 glands varie de 304 à 652 g et le volume, de 280 à 640 ml. La plus grande variation de la masse, du volume et, par le fait même, de la densité se retrouve entre les familles d'une même provenance (donc, entre les arbres d'une provenance) et, à un moindre degré, entre les provenances. L'écart le plus important se situe entre les familles de Pointe-au-Platon, tandis que les observations de Chittenden sont les plus stables. Le tableau 7 présente les valeurs moyennes de la masse, du volume et de la densité pour un échantillon de 1 000 glands prélevés au hasard dans le matériel de cette étude.

Au tableau 8, on trouve les résultats des tests de comparaisons multiples entre la masse et le volume des glands pour chacune des provenances. Le classement des provenances sur le volume est presque semblable à celui sur la masse, ce qui confirme la forte relation entre la masse et le volume. De plus, les quatre provenances appartenant au groupe de tête (Kazabazua, Pointe-au-Platon, Arboretum Morgan et Wendover) sont situées autant dans le nord que dans le sud du Québec, et à l'ouest autant qu'à l'est.

En comparant, à l'aide du test de LSD, le regroupement des provenances selon le volume à celui basé sur la masse, il ressort clairement que trois provenances sont inférieures (et statistiquement identiques entre elles) aux sept autres, soit Cleveland, Pointe-aux-Chênes et Macaulay; seule la provenance Mansfield chevauche les deux groupes selon que le classement est fait selon la masse ou selon le volume.

Comme le classement des provenances selon le volume est presque identique au classement selon la masse, on devrait s'attendre à ce que la densité respecte le même classement. En fait, seules les provenances Kazabazua et Mansfield échappent à cette hypothèse.

2.1.2 Relation entre la germination précoce et la génétique des glands

La figure 5 présente le taux de germination précoce moyen des glands (dans les trois blocs) par famille et par provenance. La très grande variabilité d'une provenance à l'autre ressort clairement. Le taux de germination précoce est pratiquement nul pour les glands de Kazabazua, Macaulay, Chittenden et Cleveland, moyen pour Mansfield, Pointe-aux-Chênes, Arboretum Morgan et Carlow, et très élevé pour Pointe-au-Platon et Wendover. À nouveau, le taux de germination précoce ne suit pas de gradient nord-sud ou est-ouest (tableau 9). À l'intérieur des provenances, la variation au niveau familial est aussi très importante.

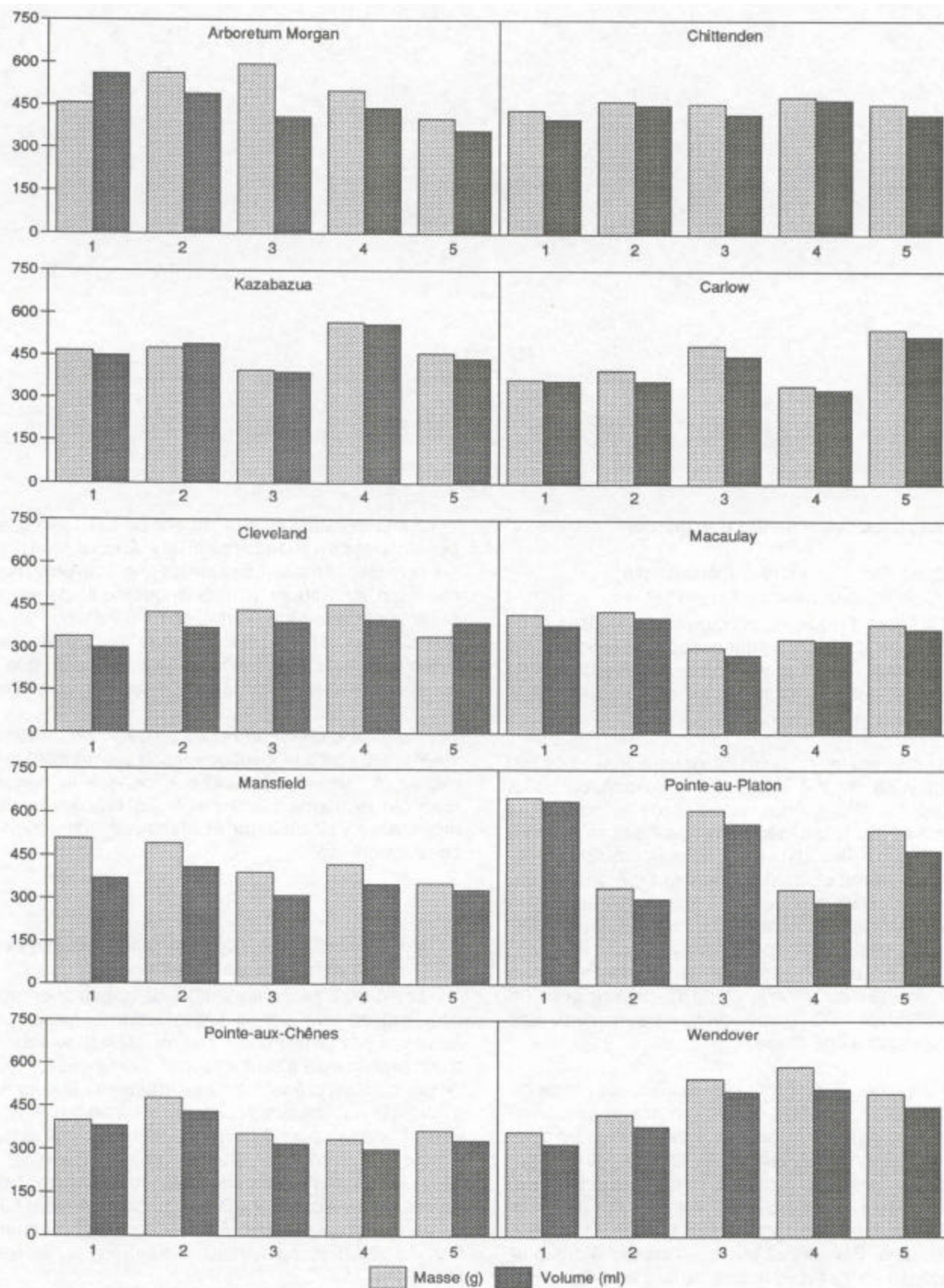


Figure 4. Masse et volume de 100 glands pour chacune des 50 familles représentant 10 provenances de chêne rouge.

Tableau 7. Caractéristiques morphologiques des glands de chêne rouge

Paramètre	Valeur (pour 1 000 glands)
Masse	8,86 ± 1,66 kg
Volume	8,12 ± 1,60 L
Densité	1,09 g/mL

Tableau 8. Tests de comparaisons multiples (LSD et Duncan) sur les variables volume, masse et densité pour 10 provenances de chêne rouge

Variable	Provenance	Moyenne (n = 5)	Test de comparaison	
			LSD	DUNCAN
Volume (mL)	Kazabazua	466,00	A	A
	Pointe-au-Platon	452,00	A	A B
	Arboretum Morgan	452,00	A	A B
	Wendover	432,00	A B	A B C
	Chittenden	432,00	A B	A B C
	Carlow	404,00	A B C	A B C
	Cleveland	370,00	B C	B C
	Mansfield	354,00	B C	C
	Macaulay	354,00	B C	C
	Pointe-aux-Chênes	352,00	C	C
Masse (g)	Arboretum Morgan	503,80	A	A
	Pointe-au-Platon	495,00	A	A
	Wendover	482,60	A B	A B
	Kazabazua	473,20	A B C	A B C
	Chittenden	458,59	A B C	A B C D
	Mansfield	433,00	A B C	A B C D
	Carlow	427,80	B C	A B C D
	Cleveland	398,40	C	B C D
	Pointe-aux-Chênes	386,17	C	C D
	Macaulay	375,40	C	C D
Densité (g/ml)	Mansfield	1,2213	A	A
	Arboretum	1,1347	A B	A B
	Wendover	1,1170	B	B C
	Pointe-au-Platon	1,1078	B C	B C
	Pointe-aux-Chênes	1,0978	B C	B C
	Cleveland	1,0797	B C	B C
	Chittenden	1,0630	B C	B C
	Macaulay	1,0607	B C	B C
	Carlow	1,0584	B C	B C
	Kazabazua	1,0165	C	C

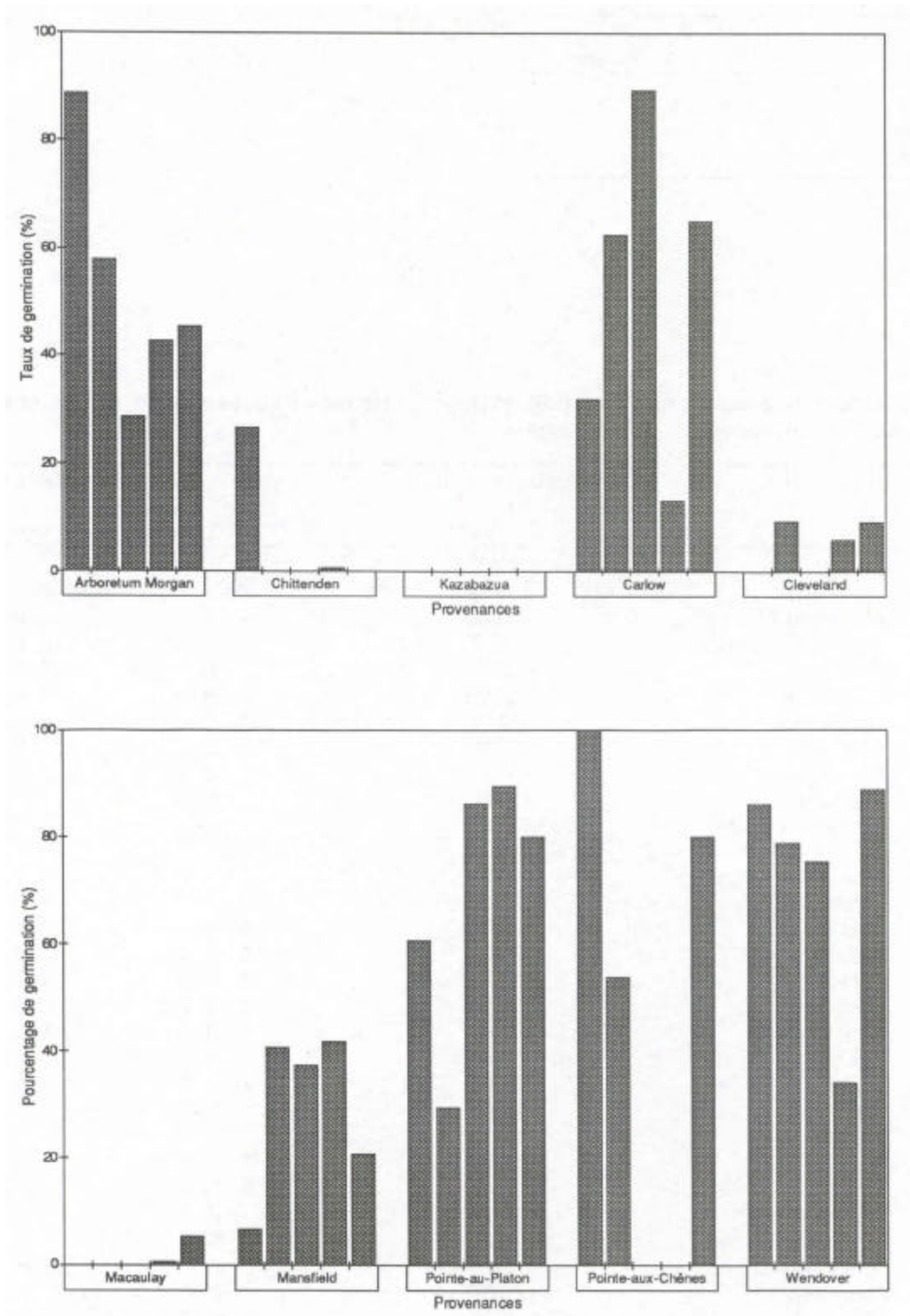


Figure 5. Taux moyen de germination précoce des glands pour chacune des 50 familles représentant 10 provenances de chêne rouge. Moyenne de trois observations par famille.

Tableau 9. Test de comparaison multiple (LSD) sur le taux moyen de germination précoce des glands pour 10 provenances de chêne rouge (n = 15 par provenance)

Provenance	Moyenne %	LSD					
Wendover	72,5	A					
Pointe-au-Platon	69,1	A					
Arboretum Morgan	52,7		B				
Carlow	52,5		B				
Pointe-aux-Chênes	46,7			C			
Mansfield	29,4				D		
Chittenden	5,5					E	F
Cleveland	5,0					E	F
Macaulay	1,2					E	F
Kazabazua	0,0					E	F

2.1.3 Relation entre la germination précoce et la morphologie des glands

Les figures 6, 7 et 8 ne révèlent pas de relation (linéaire ou autre) entre le taux de germination précoce et les mesures morphologiques. En effet, pour une même provenance (les cinq familles d'une même provenance ont la même lettre), on ne remarque pas de regroupement. De plus, les faibles coefficients de corrélation obtenus (tableau 10) indiquent le manque de relation linéaire observé dans les figures 6, 7 et 8.

*

2.2 Relation entre la germination finale et la génétique des glands

L'analyse de la variance nous révèle qu'il y a une différence très significative ($\alpha = 0,01$) entre les familles ainsi qu'entre les provenances. Le tableau 11 fait ressortir que les provenances Chittenden et Macaulay, qui avaient une faible germination précoce (5,5 et 1,2 % respectivement), ont atteint des taux de germination finale respectables (71,1 et 66,8 % respectivement). Les autres provenances ont connu des augmentations moins importantes de leur taux (de 15 à 35 %), mais on note que les provenances de tête (Wendover, Arboretum Morgan et Pointe-au-Platon) sont demeurées les mêmes. Les quatre provenances qui avaient un très faible taux de germination précoce (près de 0 %) ont finalement germé à des taux variant de 32 à 71 %.

Tableau 10. Coefficients de corrélation entre le taux de germination précoce, la masse et le volume des glands de chêne rouge

	Germination précoce	Masse	Volume
Germination précoce	1,00000 (0,0) ¹	0,24644 (0,0845)	0,22922 (0,1093)
Masse		1,00000 (0,0)	0,87911 (0,0001)
Volume			1,00000 (0,0)

¹ La valeur entre parenthèses indique le niveau de signification.

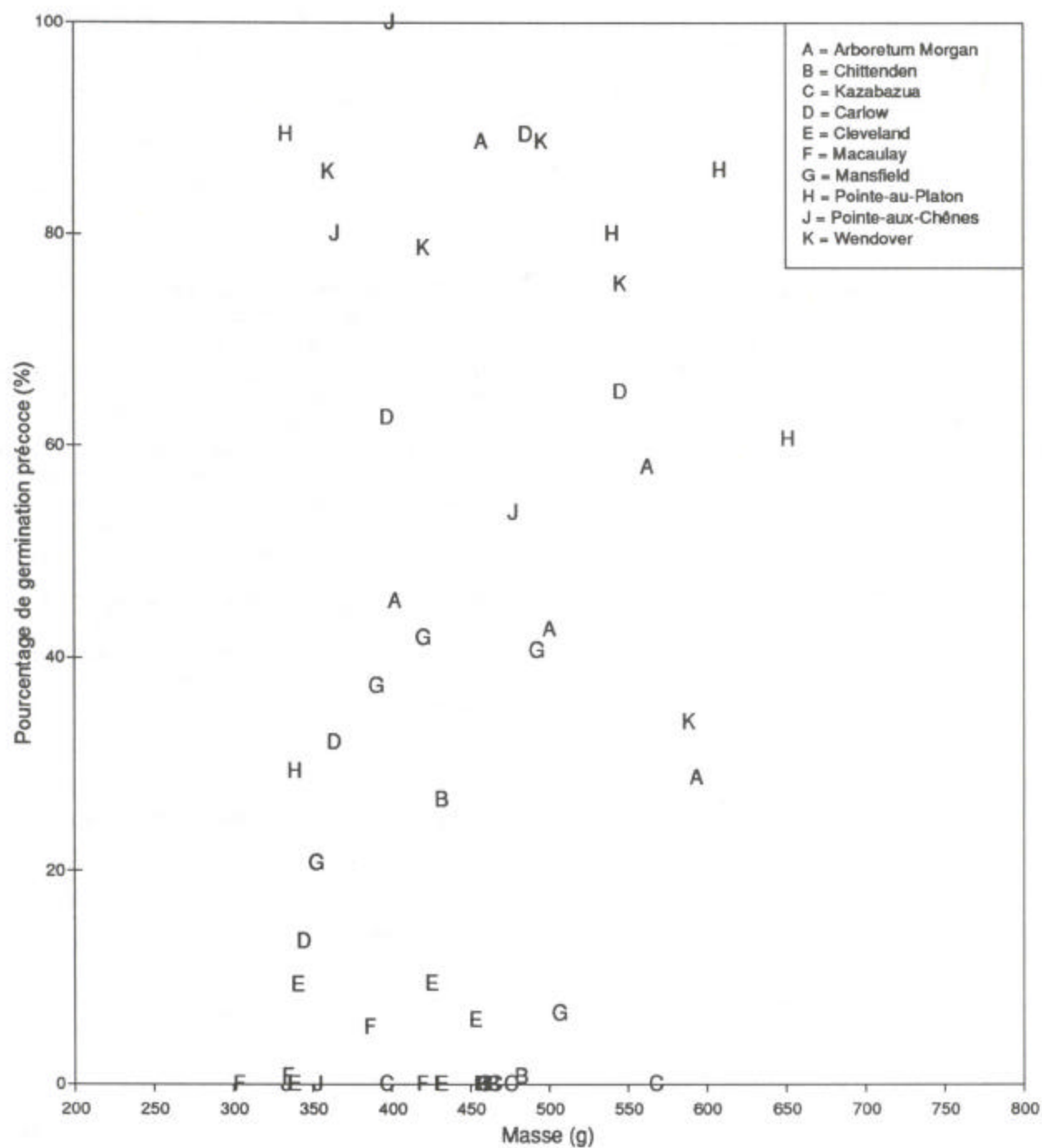


Figure 6. Relation entre la germination précoce et la masse des glands pour chacune des 50 familles représentant 10 provenances de chêne rouge.

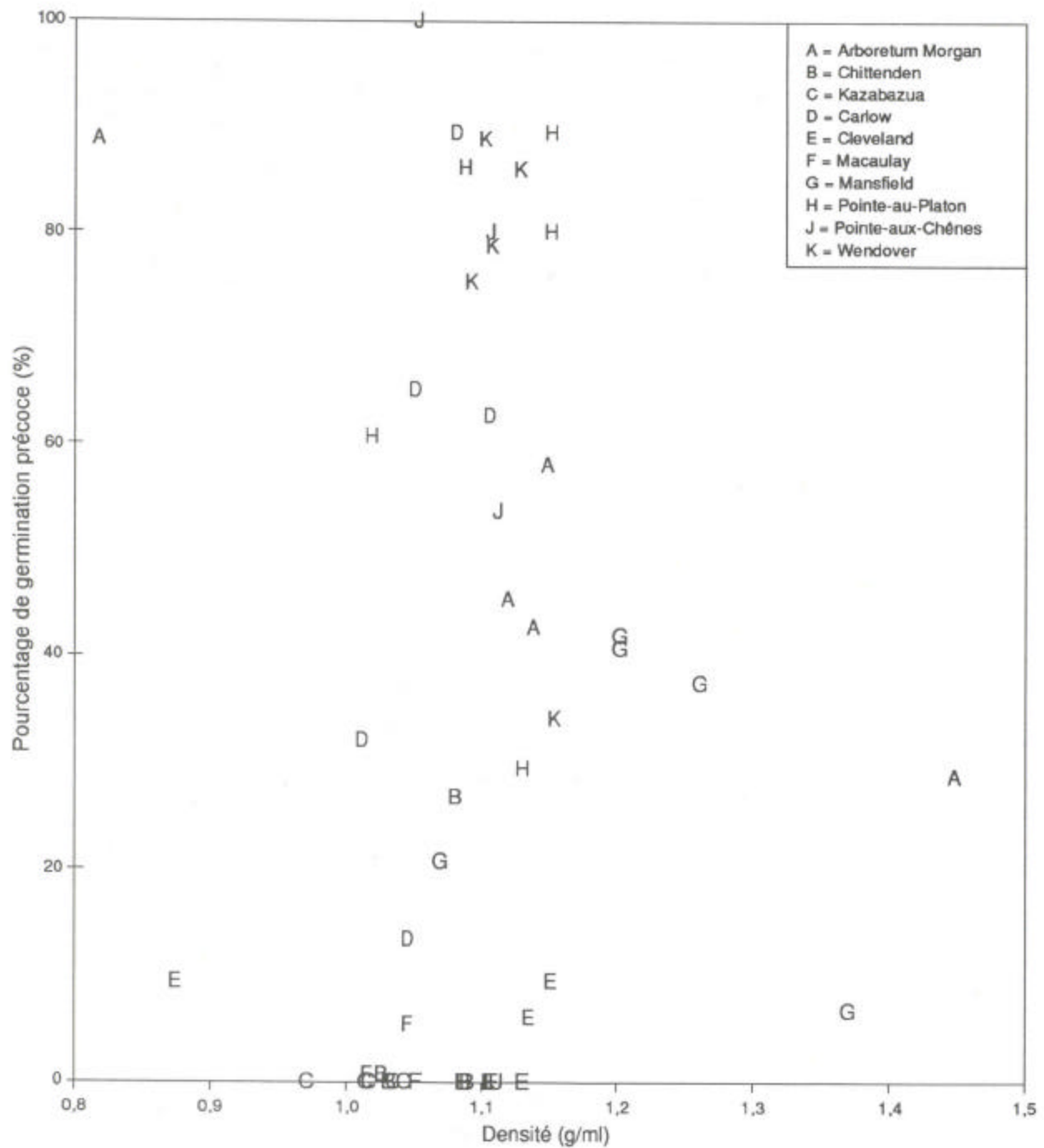


Figure 7. Relation entre la germination précoce et le volume des glands pour chacune des 50 familles représentant 10 provenances de chêne rouge.

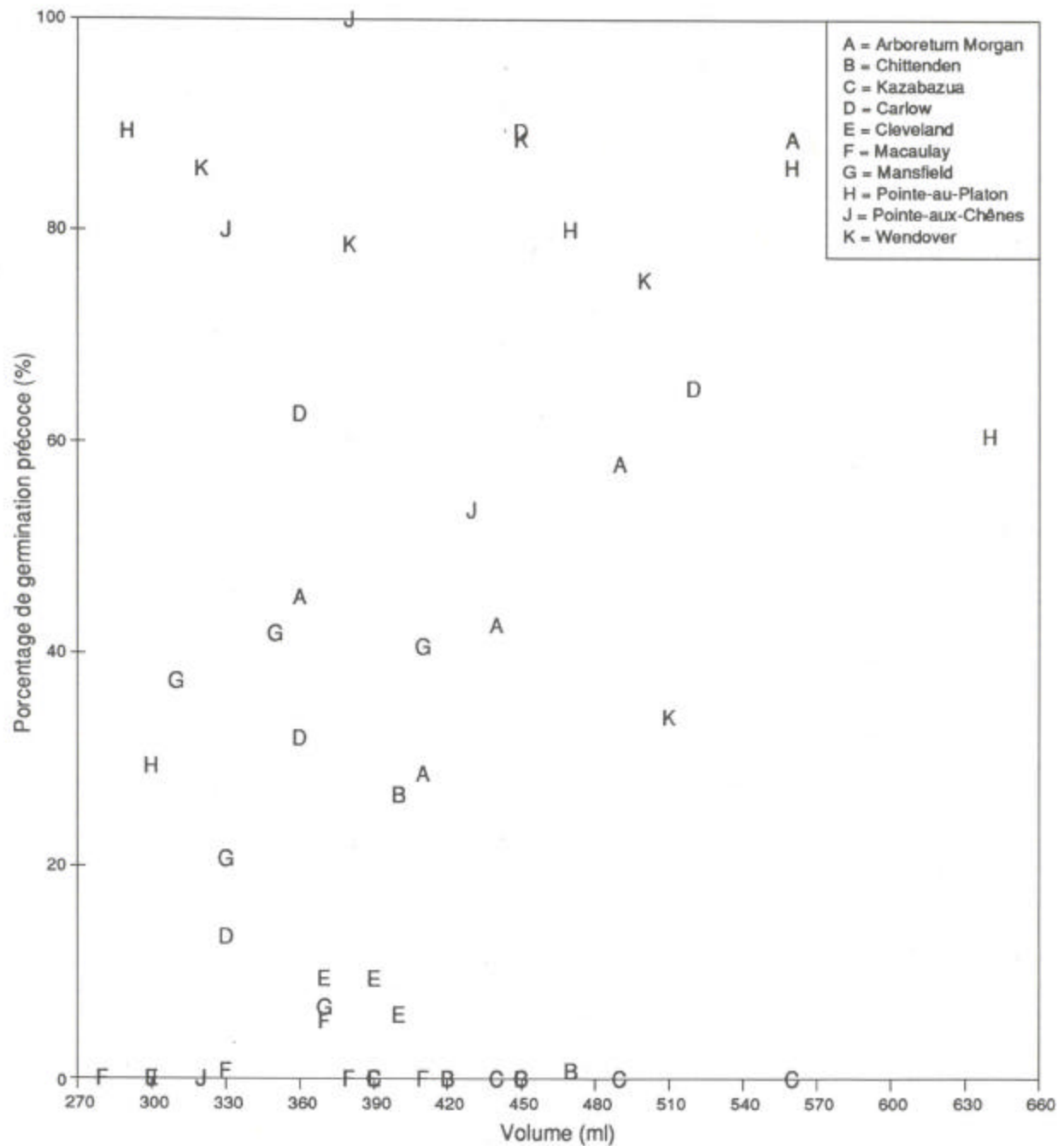


Figure 8. Relation entre la germination précoce et la densité des glands pour chacune des 50 familles représentant 10 provenances de chêne rouge.

Tableau 11. Tests de comparaisons multiples (LSD et Duncan) sur le taux moyen final de germination pour 10 provenances de chêne rouge (n = 15 par provenance) et classement des provenances selon les taux précoce et final de germination

Provenance	Taux final de germination (%)	Test de comparaison				Classement selon le taux précoce de germination	Classement selon le taux final de germination	Taux final moins taux précoce %
		LSD		DUNCAN				
Wendover	87,5	A		A		1	1	15,0
Arboretum	87,2	A		A		3	2	34,5
Pointe-au-Platon	87,1	A		A		2	3	18,0
Chittenden	71,1	A	B	A	B	7	4	65,6
Carlow	70,1	A	B	A	B	4	5	17,6
Macaulay	66,8	A		A		9	6	65,6
Pointe-aux-Chênes	61,6	B		A		5	7	14,9
Mansfield	55,8	B	C	B	C	6	8	26,4
Cleveland	35,3	C		C		8	9	30,4
Kazabazua	32,3	C		C		10	10	32,3

2.3 Morphologie des plants au cours de la première saison de croissance

2.3.1 Relation entre le stade de développement des plants et le taux de germination précoce des glands

Six semaines après l'ensemencement, une grande proportion des glands ayant germé précocement (51 %) sont à un stade de développement plus avancé (début des feuilles) que les glands non prégermés (12 %). Étonnamment, toutes provenances confondues, 52 % des glands qui n'ont pas germé en chambre froide (germination précoce) n'ont pas germé après six semaines (figure 9); la variabilité entre les provenances est également très importante (de 26 à 72 %).

Très peu de glands des provenances Kazabazua et Cleveland avaient eu une germination précoce (0 et 5 % respectivement); après six semaines, la mortalité des glands de ces deux provenances était très forte (68 et 65 % respectivement). En revanche, comme nous l'avons discuté à la section 2.2, les provenances Chittenden et Macaulay, qui avaient aussi une faible germination précoce, ont connu une plus forte germination subséquente (et une mortalité des glands plus faible, soit 31 et 34 % respectivement).

Ainsi, on peut affirmer que si on met en terre des glands qui ont germé précocement, on est pratiquement certain (à 99,7 %) d'obtenir des semis, dont la

majorité se développeront bien. Par contre, l'ensemencement de glands quiescents (malgré leur conservation durant plus de cinq mois dans des conditions propices à la stratification et à la prégermination) ne produira que 48 % de plants livrables. Néanmoins, il existe une grande variation entre les provenances. Certaines d'entre elles (p. ex. Macaulay et Chittenden) peuvent surprendre par leur taux final de germination élevé même si les glands n'ont pas commencé leur germination dans la chambre froide, ce qui indique que ces provenances ont besoin d'une période de germination plus longue.

2.3.2 Relation entre le nombre final de plants obtenus et le taux de germination précoce des glands

Comme nous l'avons mentionné à la section 2.2, certaines provenances qui n'ont pas germé en chambre froide peuvent très bien compenser ce retard de croissance en germant par la suite, à des taux parfois surprenants (p. ex. Chittenden et Macaulay). Même si les plants sont à un stade de développement moins avancé, il s'avère que leur nombre final est équivalent au nombre de plants issus de glands germés précocement. Par contre, le contraire peut aussi se produire. Des provenances qui n'ont pas germé en chambre froide germeront faiblement (tableau 11 : Kazabazua et Cleveland). Ainsi, la conclusion de la section 2.3.1 s'applique encore ici aussi bien pour ce qui est des provenances (figure 10) que des familles (figure 11).

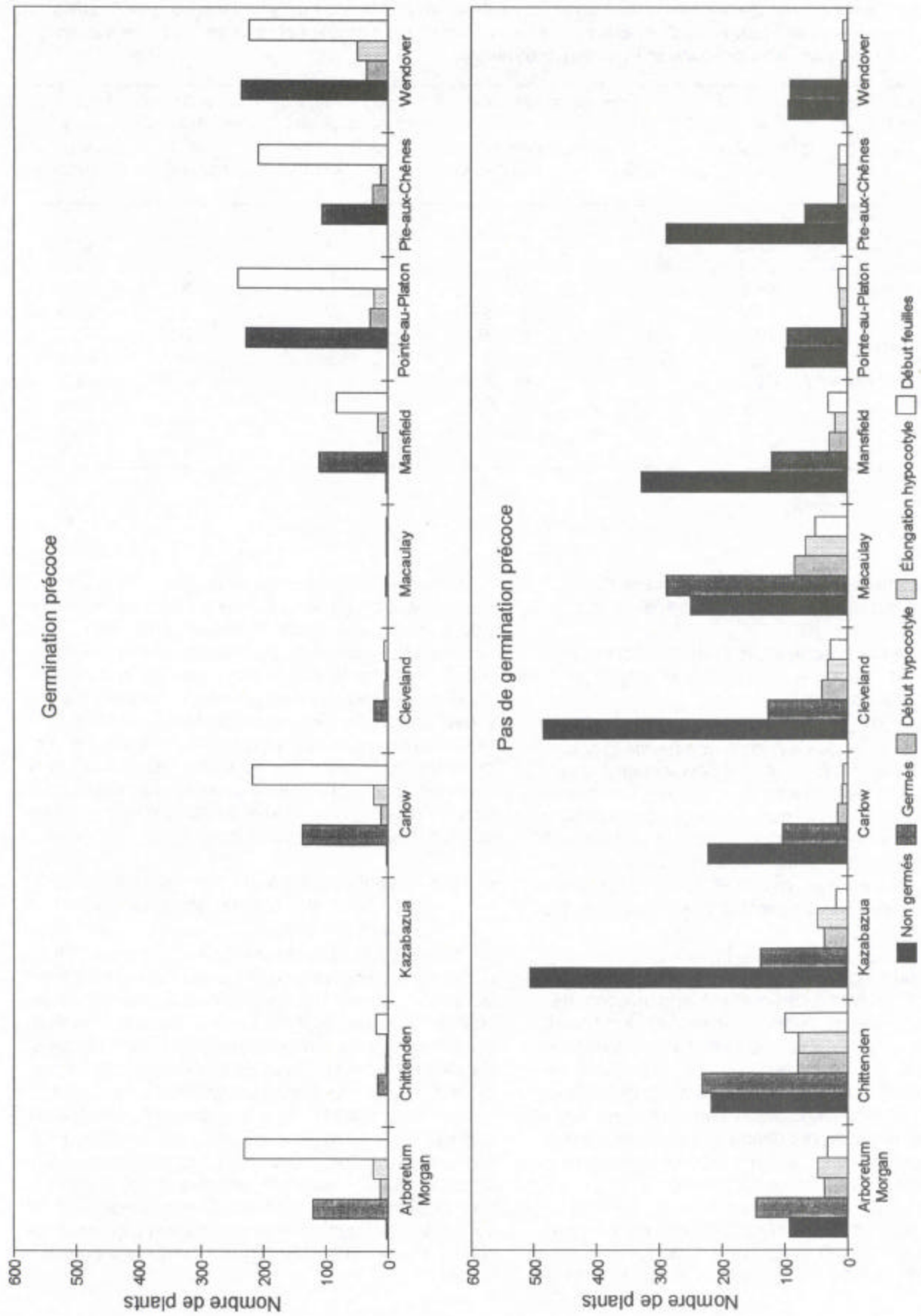


Figure 9. Distribution, après six semaines, du nombre de plants de chêne rouge par classe de développement et par provenance selon la présence ou l'absence de germination précoce.

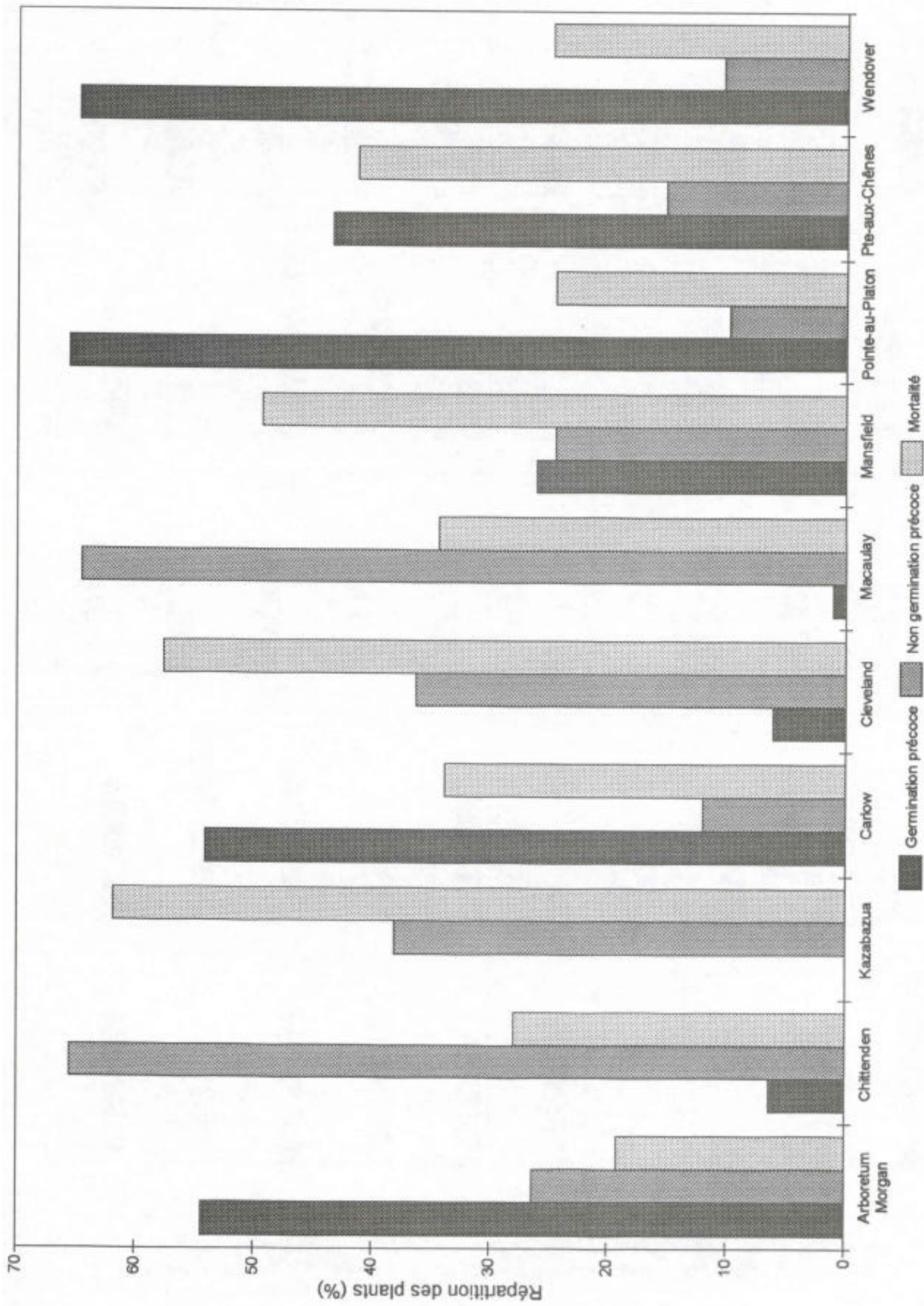


Figure 10. Répartition du nombre de plants 2+0 pour chacune des 50 familles représentant les 10 provenances de chêne rouge selon la mortalité et la présence ou l'absence de germination précoce.

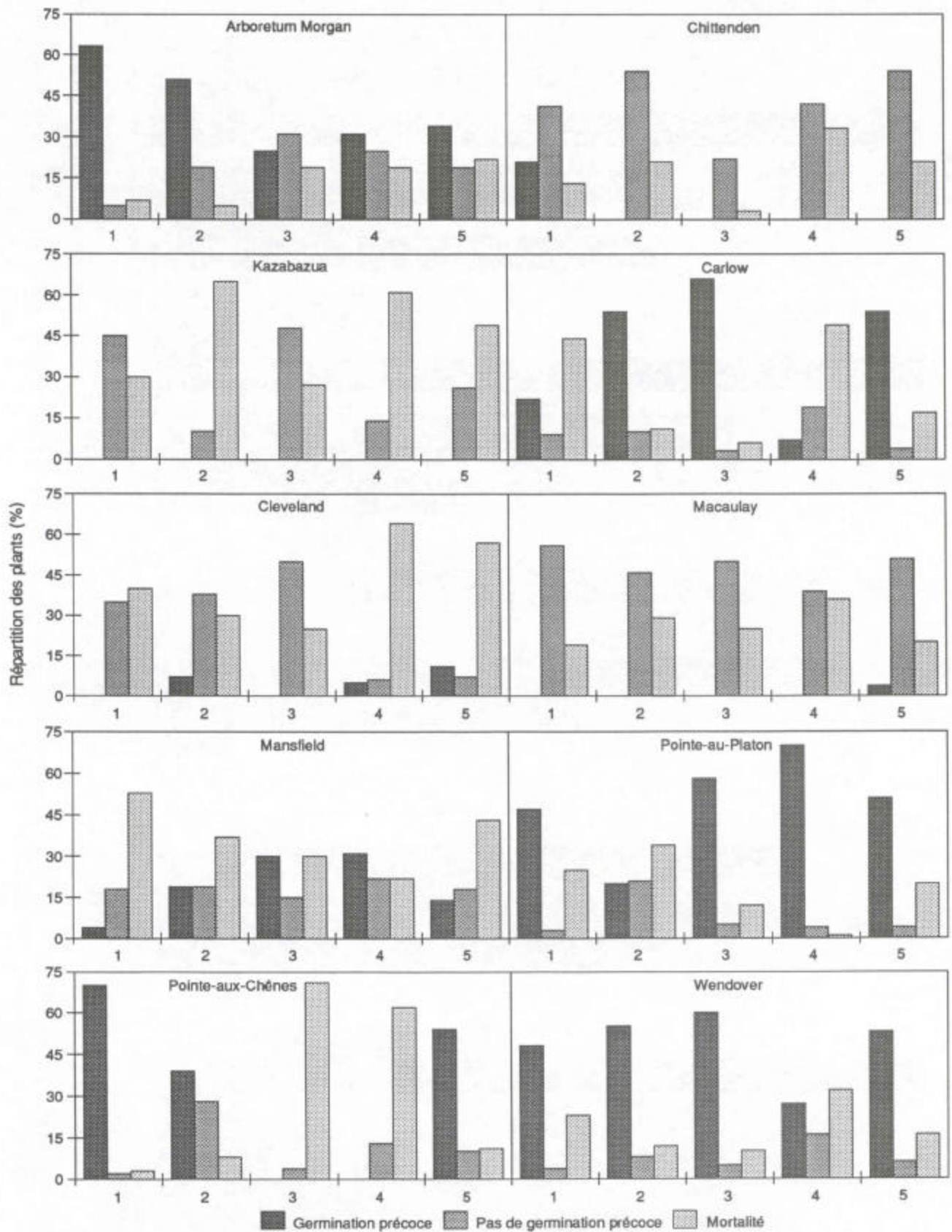


Figure 11. Répartition du nombre de plants 2+0 pour chacune des 50 familles représentant les 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce.

2.3.3 Relation entre la vigueur des plants et le taux de germination précoce des glands

Le tableau 12 et les figures 12 à 15 présentent les différents résultats obtenus par provenance quant à la hauteur moyenne des plants après cinq mois (automne 1991), au diamètre moyen et au nombre moyen de poussées de croissance pour les deux catégories de germination (c'est-à-dire germination précoce et absence de germination précoce). De façon générale, pour les trois variables observées, les plants provenant des glands ayant eu une germination précoce semblent dominer les autres. Par contre, cette différence entre les provenances n'est significative qu'au niveau de la hauteur totale ($\alpha = 0,10$). Il n'existe pas de différence significative entre les familles.

2.4 Morphologie des plants à la fin de la deuxième année

À la fin de la deuxième année de croissance (automne 1992), les différences entre les familles ne sont toujours pas significatives ($P_{obs} = 0,2796$) et la variabilité entre les provenances a diminué. Malgré cette diminution, la provenance aussi bien que la germination précoce ont un effet respectivement significatif ($P_{obs} = 0,04$ pour la hauteur totale et $0,06$ pour le diamètre au collet) et très significatif ($P_{obs} = 0,0002$ et $0,0001$) sur la hauteur et le diamètre des plants. Ces résultats sont présentés au tableau 13 et aux figures 16 à 19.

Tableau 12. Hauteur moyenne, diamètre moyen et nombre moyen de pousses chez des semis de chêne rouge âgés d'un an, issus de glands ayant eu une germination précoce ou non

Provenance	Présence de germination précoce		Germination précoce				Pas de germination précoce			
	Oui (nombre)	Non (nombre)	Hauteur moyenne (cm)	Diamètre moyen (mm)	Nombre moyen de pousses	Hauteur moyenne (cm)	Diamètre moyen (mm)	Nombre moyen de pousses		
Arboretum	65	34	59,29	7,72	2,92	59,68	7,21	2,94		
Carlou	70	20	45,39	6,97	2,63	35,10	6,40	2,40		
Chittenden	12	78	57,08	7,25	2,75	51,38	7,33	2,69		
Cleveland	12	66	45,33	6,75	2,75	46,26	7,05	2,65		
Kazabazua	0	70	N.D. ¹	N.D.	N.D.	44,43	7,16	2,69		
Macaulay	2	88	58,50	8,00	3,00	46,66	6,55	2,80		
Mansfield	49	40	48,04	7,20	2,73	44,10	6,98	2,68		
Pointe-au-Platon	81	12	47,90	7,17	2,80	40,83	6,75	2,58		
Pointe-aux-Chênes	47	30	49,09	6,79	2,79	43,73	6,87	2,77		
Wendover	79	15	53,33	7,43	2,78	51,27	7,20	2,60		

¹ N.D. = non déterminé en raison de l'absence de germination précoce.

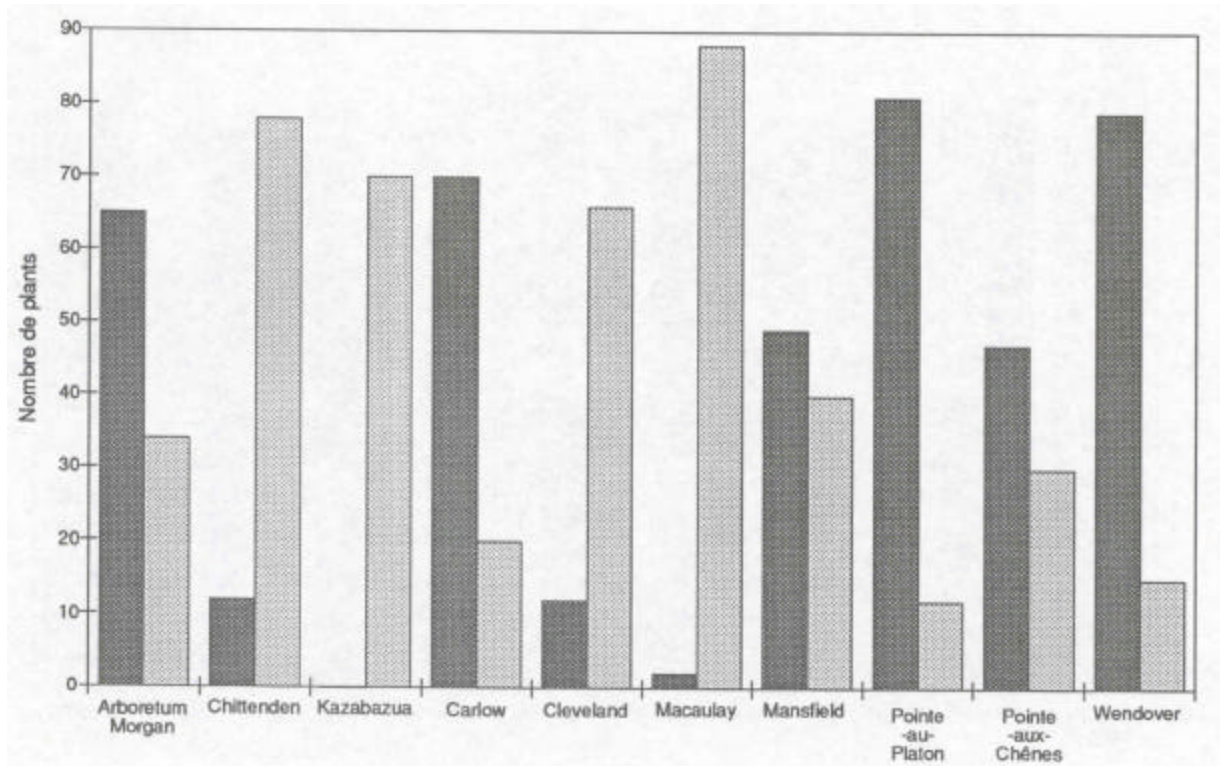


Figure 12. Nombre de plants 1+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce.

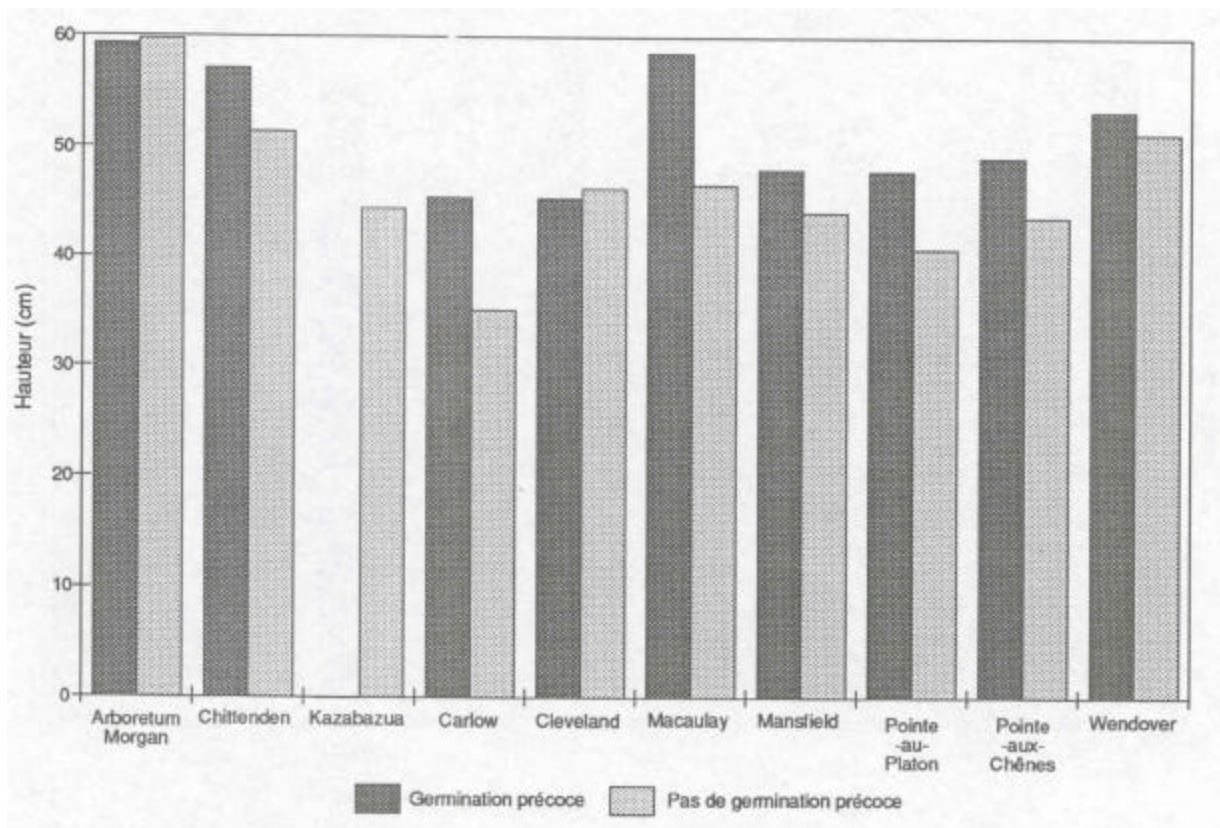


Figure 13. Hauteur moyenne des plants 1+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce.

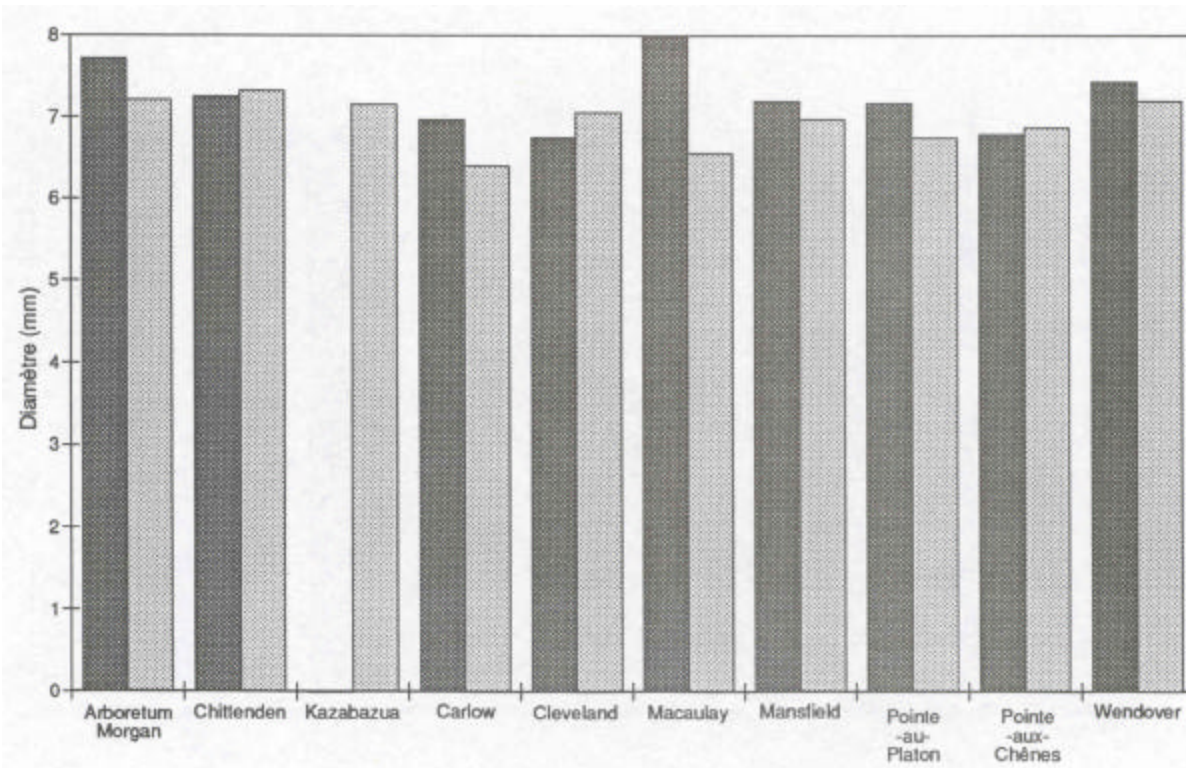


Figure 14. Diamètre moyen des plants 1+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce.

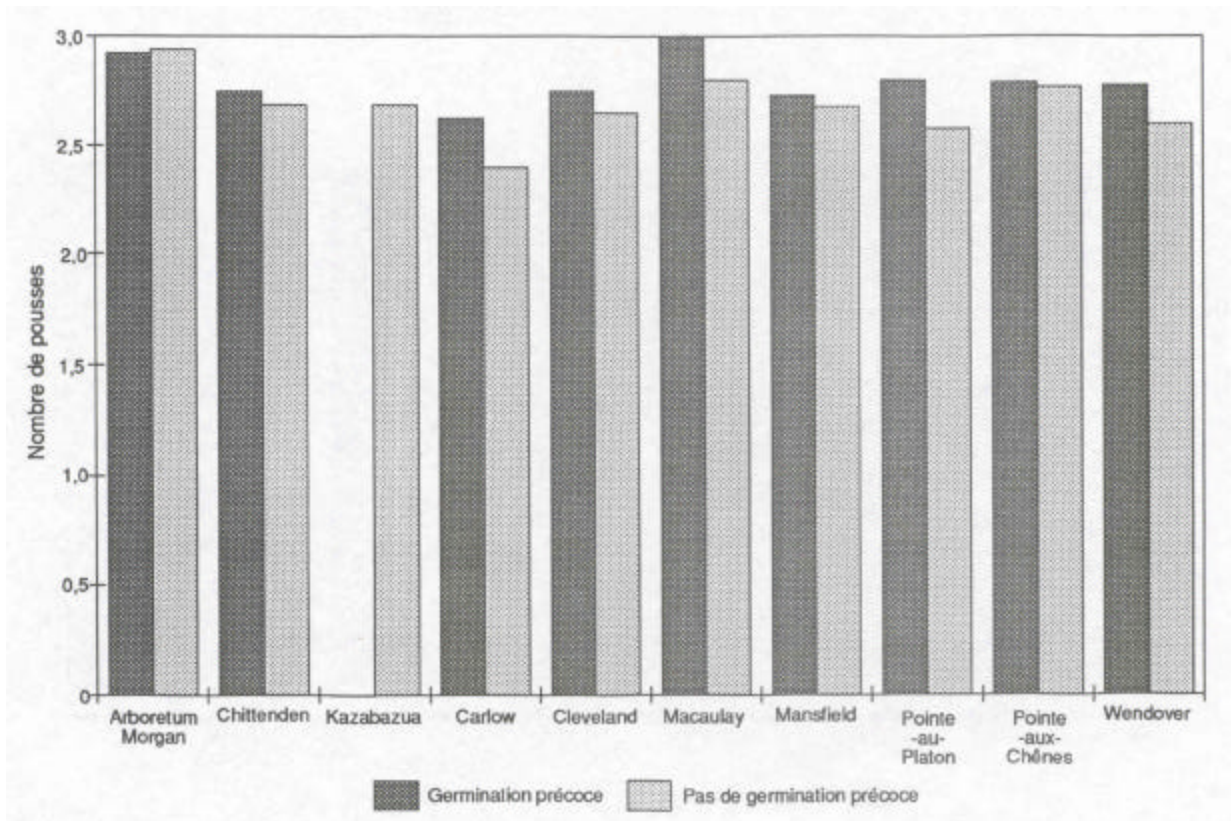


Figure 15. Nombre moyen de pousses de croissance des plants 1+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce.

Tableau 13. Hauteur moyenne, diamètre moyen et nombre moyen de pousses chez des semis de chêne rouge âgés de deux ans, issus de glands ayant eu une germination précoce ou non

Provenance	Présence de germination précoce		Germination précoce				Pas de germination précoce			
	Oui (nombre)	Non (nombre)	Hauteur moyenne (cm)	Diamètre moyen (mm)	Nombre moyen de pousses	Hauteur moyenne (cm)	Diamètre moyen (mm)	Nombre moyen de pousses		
Arboretum	70	30	60,09	13,90	11,46	57,43	10,87	11,90		
Carlow	61	29	56,36	14,63	11,69	48,93	13,09	10,83		
Chittenden	68	54	8,50	13,33	12,17	52,54	14,55	11,36		
Cleveland	7	70	52,43	14,71	11,29	55,63	15,17	11,37		
Kazabazua	0	72	N.D. ¹	N.D.	N.D.	52,86	13,97	11,11		
Macaulay	0	90	N.D.	N.D.	N.D.	48,61	12,02	10,72		
Mansfield	40	53	56,60	15,43	11,58	56,38	15,02	11,30		
Pointe-au-Platon	76	18	53,51	13,66	12,30	53,50	14,19	11,83		
Pointe-aux-Chênes	38	37	52,63	14,00	10,74	46,35	12,00	10,08		
Wendover	67	26	59,18	15,56	11,82	67,92	17,49	12,08		

¹ N.D. = non déterminé en raison de l'absence de germination précoce.

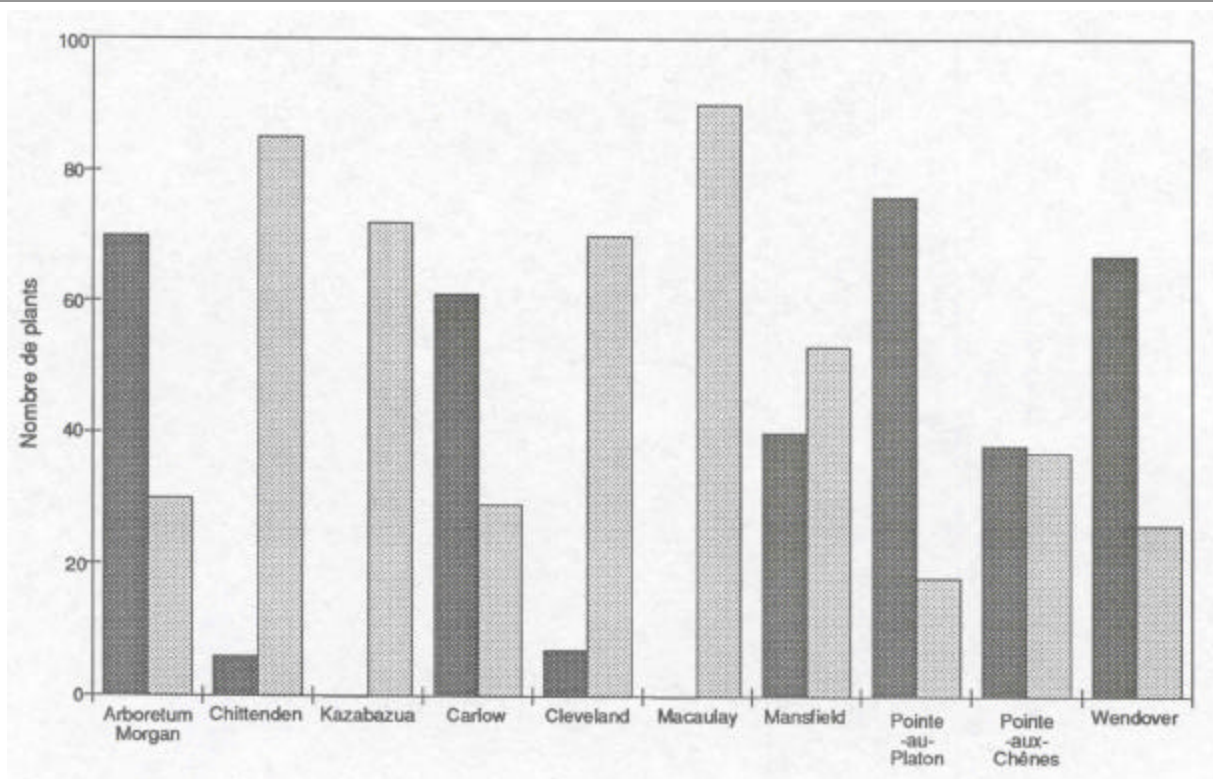


Figure 16. Nombre de plants 2+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce.

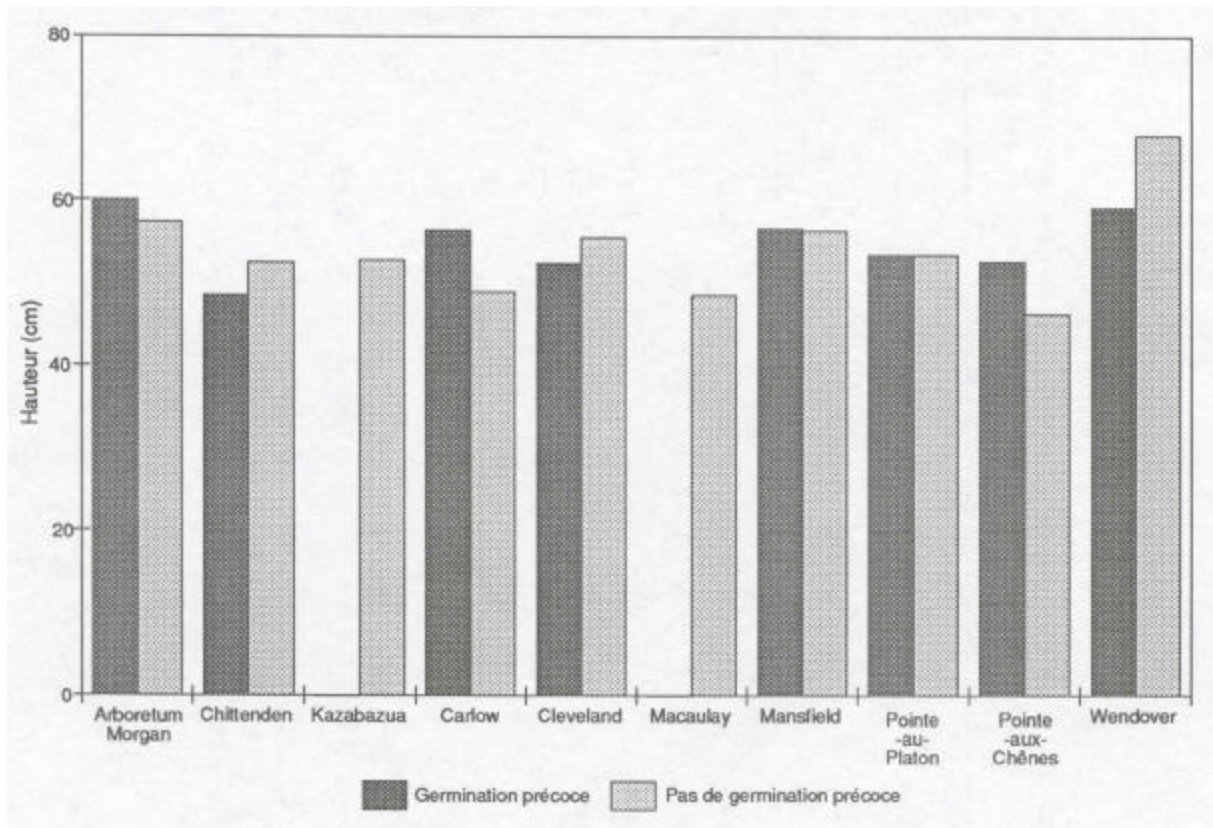


Figure 17. Hauteur moyenne des plants 2+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce.

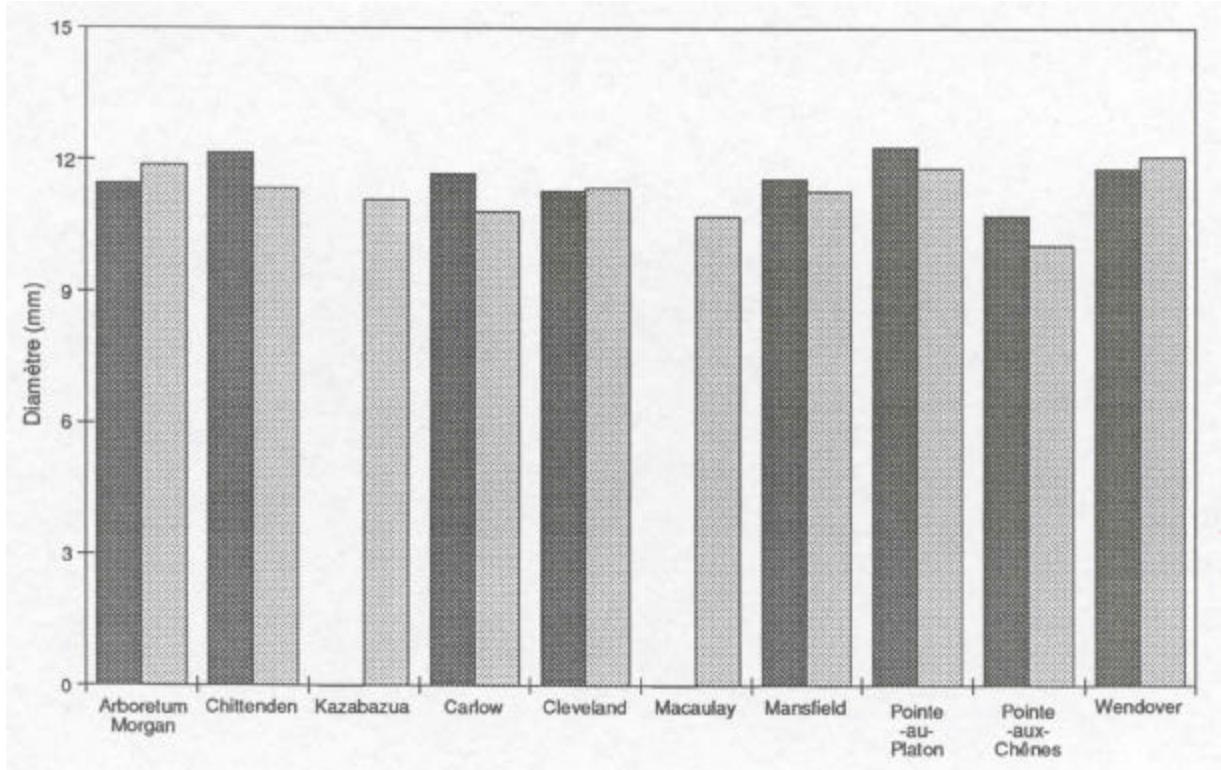


Figure 18. Diamètre moyen des plants 2+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce.

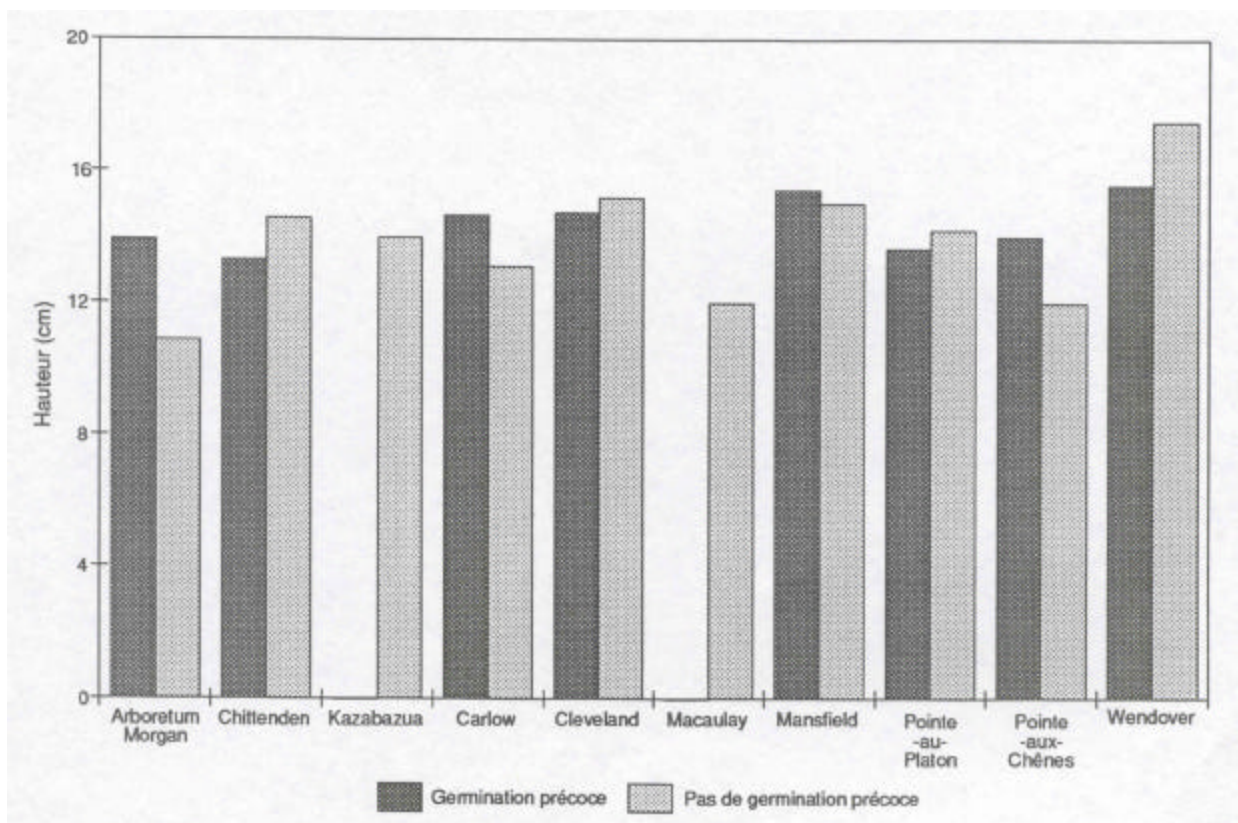


Figure 19. Longueur moyenne de la pousse de la deuxième année de croissance de plants 2+0 pour chacune des 10 provenances de chêne rouge selon la présence ou l'absence de germination précoce.

Chapitre trois

Discussion

3.1 Morphologie des glands

La forte corrélation existant entre la masse et le volume des glands permettrait d'établir un modèle de régression entre ces deux paramètres. Ce modèle pourrait éventuellement prédire le nombre de glands à partir de la masse, par exemple lors des inventaires de production. Toutefois, il est important de remarquer qu'avec la densité, cette relation n'est pas systématiquement la même. En effet, le classement des provenances selon la masse ou le volume demeure sensiblement le même. Seul le classement selon la densité ne suit pas nécessairement celui des deux autres paramètres (p. ex. : les glands des provenances Kazabazua et Mansfield).

Par ailleurs, la morphologie des glands de chêne rouge est déterminée par un effet maternel. De plus, le site n'influence pas ce paramètre. En effet, les résultats montrent que le volume et la masse des graines de chêne rouge récoltées sur des arbres croissant dans des conditions de température plus propices et bénéficiant d'une saison de végétation plus longue (ouest et sud du Québec) ne sont pas plus élevés pour autant. En outre, on distingue trois groupes de provenances :

- les provenances dont les glands ont une masse et un volume élevés (Arboretum Morgan, Pointe-au-Platon, Wendover et Kazabazua);
- les provenances dont les glands ont une masse et un volume moyens (Chittenden, Mansfield et Carlow Township), et;
- les provenances dont les glands ont une masse et un volume faibles (Cleveland, Pointe-aux-Chênes et Macaulay).

Les valeurs de la masse, du volume et de la densité des glands présentées au tableau 7 peuvent servir de références pour les provenances de chêne rouge situées dans le nord-est américain. Toutefois, la masse moyenne des glands observée dans la présente étude est nettement supérieure à celle mentionnée par Muller (1994). En effet, ce dernier auteur estime à 3,5 kg/1 000 graines la masse des glands de chênes rouges localisés en Europe comparativement à 8,86 kg/1 000 graines dans notre étude. Il apparaît donc que la masse des glands de chênes rouges du Québec est supérieure à celle des arbres d'Europe. Une observation semblable a déjà été signalée par Kremer (1994).

3.2 Germination précoce

La production de semis de qualité dépend évidemment de la production massive de graines de qualité (Bastien 1992). Généralement, les graines des arbres forestiers sont ensemencées en pépinière à l'état de quiescence. Dans certains cas, une stratification ou trempage des graines précède l'ensemencement. Dans le cas des glands de chêne rouge, la pépinière forestière de Berthier sélectionne, pour la production de ses plants, les glands qui ont eu une germination précoce avec une radicule inférieure à 1 cm au cours de la conservation (Bettez 1992). Les glands sont trempés dans l'eau froide pour une période de 48 heures; la radicule est sectionnée afin de favoriser la formation d'un système racinaire fourni au détriment d'un pivot moins intéressant lors du reboisement. C'est pour cette raison qu'il est intéressant d'étudier l'effet de la germination précoce sur la production des plants.

Le facteur responsable du déclenchement de la germination précoce dans des conditions de conservation en chambre froide demeure encore inconnu bien que la présente étude démontre qu'elle n'est pas occasionnée par la masse ni par le volume du gland. Il n'existe également aucun lien entre la germination précoce et la situation géographique ou écologique du peuplement. Les variations entre les provenances, et même entre les familles d'une même provenance sont toutefois importantes.

Il est probable que les conditions de récolte influencent la germination précoce. Teclaw et Isebrands (1986) ont démontré que la méthode de récolte des glands de chêne rouge influençait la germination. En effet, la récolte à même l'arbre produit des glands qui ont un meilleur taux de germination. Dans le même sens, les glands qui sont récoltés tardivement après leur chute au sol ont des taux de germination plus faible (Bonner et Vozzo 1987, McCreary 1990). Sans dire que la récolte des glands doit être réalisée sur des arbres debout, il apparaîtrait préférable de cueillir les glands dès leur maturité sinon dès leur chute au sol. En fait, il est possible que la germination précoce apparaisse sur les glands récoltés les plus tardivement; des études ultérieures devraient aller en ce sens.

Le taux de germination peut être influencé par la présence d'une dormance tégumentaire (péricarpe) souvent difficile à lever (Bonner et Vozzo 1987). Les glands qui ont eu une germination précoce ont clairement démontré qu'ils ont réussi à lever cette dormance. Ce simple fait peut expliquer à lui seul la différence entre les taux de germination.

3.3 Germination finale

L'effet de la provenance est très significatif sur le taux final de germination bien qu'il n'existe là encore aucune relation avec la situation géographique ou écologique des sites de récolte. Il n'existe pas non plus de relation entre la germination finale et la morphologie des glands bien que des études aient démontré l'effet de la taille des glands sur le taux de germination et la synchronisation de la germination chez *Quercus dealbat* et *Quercus griffithii* (Tripathi et Khan 1990).

La présence d'une germination précoce influence très significativement le taux final de germination après l'ensemencement. Par contre, il ne faut pas conclure que des lots de graines qui n'ont pas germé précocement ne présenteront pas un taux de germination satisfaisant. En fait, la présence de graines dites « précoces » assure davantage un taux de

germination adéquat en pépinière. Conséquemment, on recommande de trier les glands qui ont eu une germination précoce après la période de stratification.

La germination des glands est très étalée même après six semaines de croissance. En fait, elle est davantage étalée entre les provenances et plus homogène à l'intérieur d'une même famille de sorte que l'hétérogénéité observée dans les pépinières est due à la diversité génétique du matériel. De plus, plusieurs auteurs attribuent ce manque de synchronisation à la dormance tégumentaire et embryonnaire des glands qui ne se lèvent pas nécessairement au même moment (Vogt 1974, Hopper *et al.* 1985, Bonner et Vozzo 1987, Cooper *et al.* 1991). C'est sans doute pour cette raison que les familles qui ont eu initialement un taux élevé de germination précoce ont une meilleure synchronisation de la germination finale.

3.4 Survie des plants après l'éclaircie

Les provenances dont la majorité des graines n'ont pas eu de germination précoce ont eu un taux de survie des plants relativement faible. En fait, les glands qui ont eu une germination précoce produiront, avec un taux de succès élevé, des semis qui se développeront bien. Ces taux de survie sont homogènes entre les familles d'une même provenance.

Tripathi et Khan (1990) ont démontré avec *Quercus dealbat* et *Quercus griffithii* que des glands de fortes dimensions produisent des plants qui ont un meilleur taux de survie même après deux années de croissance. Cependant, aucune étude ne relève d'observations semblables sur les glands du chêne rouge.

3.5 Morphologie des plants

La mortalité de la cime des plants de chêne rouge observée au cours de l'hiver 1991-1992 est probablement due aux problèmes de gel qui seraient à la source de la formation d'un chancre (Schoeneweiss 1988, Stathers 1989, Cochard et Tyree 1990). Ce phénomène peut s'expliquer en partie par la situation géographique de la pépinière forestière de Duchesnay qui est particulièrement élevée en latitude pour le chêne rouge. Toutefois, ce phénomène n'a pas diminué pour la peine la croissance en hauteur ni le diamètre des plants. La multiplication des têtes apparaît avoir été la seule conséquence de cet incident dont on a tenu compte dans le modèle statistique.

La grande diversité génétique existant entre les familles de chêne rouge est bien connue (Kolb et Steiner 1989). De manière générale, on reconnaît dans le monde végétal que la taille des graines influence grandement le taux de germination et la qualité des plants produits (Thompson et Rabinowitz 1990). Toutefois, il apparaît que certaines espèces, particulièrement des espèces forestières, ne suivent pas toujours cette règle. Certains auteurs trouvent qu'il n'y a pas de relation entre la taille des glands de chêne et celle des plants produits puisqu'il existe une trop forte variation entre les provenances (Houston 1987, Thompson et Rabinowitz 1990). À l'inverse, d'autres auteurs trouvent que la masse des glands influence significativement la hauteur des plants produits après deux années de culture (Kolb et Steiner 1989, Kremer 1990, Tripathi et Khan 1990, Kremer 1994). À l'inverse, Pitcher (1982) trouve que la masse des graines du cerisier tardif est corrélée négativement à la hauteur des plants, ce qui signifie ainsi qu'une graine de masse élevée produira des semis de faible taille. En fait, la covariable « masse » est un facteur significatif pouvant influencer la performance juvénile même après deux années de croissance. Cette observation est confirmée par les travaux de Kolb et Steiner (1989). D'autres variables, comme la durée de conservation des glands, peuvent influencer la taille des plants (Tylkowski 1983).

Les variations observées en pépinière résultent davantage de variables génétiques que de l'environnement puisque les conditions à l'intérieur du tunnel sont relativement uniformes. Toutefois, Kremer (1994) mentionne que l'effet bénéfique s'estompe très rapidement avec l'âge, au-delà de deux ans pour les provenances nord-américaines et jusqu'à huit ans pour les provenances européennes.

De façon générale, pour les trois variables mesurées, c'est-à-dire la hauteur totale, le diamètre au collet et le nombre de poussées de croissance les plants issus des glands ayant eu une germination précoce ont dominé les autres semis à la fin de la première saison de croissance. Par contre, cette différence n'est significative que pour la hauteur totale. Par ailleurs, il n'existe aucune différence entre les familles de sorte que la masse des glands est en relation avec la taille des semis. Ainsi, la hauteur totale des semis de chêne rouge à la fin de la première saison de croissance est liée à la masse des glands et à la germination précoce. Toutefois, Houston (1987) mentionne que la hauteur des plants n'est pas nécessairement un critère de sélection avant l'âge de 15 ans.

À la fin de la deuxième saison de croissance, il n'existe toujours pas de différence entre les familles et la variabilité entre les provenances a diminué. Malgré ce fait, la hauteur totale et le diamètre au niveau du sol des semis sont influencés par la provenance et la germination précoce des glands. En effet, les provenances les plus performantes sont Arboretum Morgan, Wendover et Pointe-au-Platon, c'est-à-dire celles qui ont un taux élevé de germination précoce. À l'inverse, les pires provenances sont Kazabazua, Macaulay et Cleveland (peut-être Pointe-aux-Chênes et Mansfield) qui correspondent aux lots qui ont les moins bons taux de germination précoce. La croissance des plants au cours des deux ans n'est pas influencée non plus par la situation géographique et écologique de provenance. À la lumière de ces informations, il serait possible de classer la production de chêne rouge en pépinière en fonction des familles afin de constituer en quelque sorte un test de descendance servant à identifier les arbres destinés à la production de plants de qualité. Une recommandation semblable a déjà été proposée par Steiner (1991).

Conclusion

La latitude ainsi que la région écologique n'influencent pas la morphologie (masse, volume et densité) des glands, le taux de germination ainsi que la hauteur et le diamètre des plants de chêne rouge au cours des deux premières années de culture en récipient. Toutefois, tous ces facteurs sont fortement influencés par la provenance des glands.

La germination précoce des glands de chêne rouge au cours de leur conservation en chambre froide favorise la germination finale lors de l'ensemencement en pépinière en plus de favoriser la croissance des plants au cours des deux premières années de culture. À l'heure actuelle, il n'est pas possible de déterminer si la germination précoce des glands est due à un effet maternel ou aux conditions de récolte (récolte sur l'arbre plutôt qu'au sol, récolte hâtive contre récolte tardive des glands, etc.). En outre, il n'existe aucune relation entre la morphologie des glands et la germination précoce. Des études ultérieures devront être orientées en ce sens.

La production de chêne rouge en récipient est peu homogène en termes de hauteur et de diamètre des plants. Cette hétérogénéité est due à la grande diversité génétique. Cependant, toutes les familles d'une même provenance donnent des résultats plus homogènes.

Par ailleurs, la croissance en hauteur est fortement influencée par le génotype et la masse des glands. Cette tendance est significative au cours des deux premières années de croissance. Dans ce même sens, la croissance en diamètre est également influencée par le génotype et la masse des glands bien que cet effet ne soit significatif qu'à la fin de la deuxième année. Il n'existe aucune relation entre le volume (ainsi que la densité) des glands et le développement des plants. La masse des glands ne peut servir de critère de sélection génétique mais elle peut servir à mieux synchroniser la production de plants de chêne rouge en pépinière. Une étude éventuelle devrait permettre de savoir si ces tendances se maintiennent au cours des années qui suivent le reboisement.

Quoi qu'il en soit, on recommande de classer la production de chêne rouge en pépinière en fonction des familles sur la base d'un test de descendance servant à identifier les arbres destinés à la production de plants de qualité.

Références

- BETTEZ, M., 1992. Communication personnelle. Centre des semences forestières de Berthier.
- BONNER, F.T. et J.A. VOZZO, 1987. *Seed biology and technology of Quercus*. Southern Forest Experiment Station, General Technical Report 5-066. 22 p.
- COCHARD, H. et M.T. TYREE, 1990. *Xylem dysfunction in Quercus : vessel sizes, tyloses, cavitation and seasonal changes in embolism*. *Tree Physiol.* 6 : 393-407.
- COGGESHALL, M.V., 1993. *Oak tree improvement in Indiana*. *Ann. Sci. For.* 50, Suppl. 1 : 416S-419S.
- COOPER, C., K.D. STRUVE et A.M. BENNET, 1991. *Pericarp splitting after aerated water soak can be used as an indicator of red oak seed quality*. *Can. J. For. Res.* 21(1) : 1694-1697.
- DAVIDSON, J.-G., 1989. [Commentaires relatifs au mémoire de l'AFMQ : Les forêts feuillues de qualité au Québec : une intervention urgente s'impose !]. Gouvernement du Québec, min. de l'Énergie et des Ress., Dir. de la recherche et du développement. (Lettre à M. Gilles Geoffroy, Dir. de l'aménagement).
- FRANÇOIS, J.M. et C. GINISTY, 1994. *Production de plants et techniques d'installation des peuplements de chêne rouge*. Dans : Timbal, J., A. Kremer, N. Le Goff et G. Nepveu (éd.). *Le chêne d'Amérique*. INRA : 192-212.
- GALL, W.R. et K.A. TAFT, Jr., 1973. *Variation in height growth and flushing of northern red oak (Quercus rubra L.)*. *South. For. Tree Improv. Conf.* 12 : 190-199.

- HILL, J.A., 1986. *Survival of Pennsylvania State Nursery seedlings, 1971-1981*. Dans : Proceedings of the Northeastern Area Nurserymen's Conference (State College, Pennsylvania) : 1-4.
- HOPPER, G.M., D.M. SMITH et D.J. PARRISH, 1985. *Germination and seedling growth of northern red oak : effects of stratification and pericarp removal*. For. Sci. 31(1) : 31-39.
- HOUSTON, D.B., 1987. *Variation in Southern seed sources of Northern red oak*. Proc. of the 5th North Central Tree Improvement Conference, August 10-12, Fargo, North Dakota : 132-140.
- JANZEN, D.H., 1969. *Seed-layers versus seed size, number, dispersal, and toxicity*. Evolution 23 : 1-27.
- JANZEN, D.H., 1971. *Seed predation by animals*. Annual Review of Ecology and Systematics 2 : 465-492.
- KOLB, T.E., 1988. *Development of northern red oak and yellow-poplar seedlings in response to light and root interference*. Ph.D. Thesis, Pennsylvania State Univ. 229 p.
- KOLB, T.E. et K.C. STEINER, 1989. *Genetic variation among and within single-tree progenies of northern red oak*. For. Sci. 35(1) : 251-256.
- KOSLOWSKI, T.T., 1971. *Growth and development of trees. Vol. II*. Academic Press, New York.
- KREMER, A., 1990. *Combined provenance and progeny test*. INRA de Bordeaux. Laboratoire d'amélioration des arbres forestiers. 5 p.
- KREMER, A., 1994. *Programme d'amélioration génétique du chêne rouge en France*. Dans : J. Timbal, A. Kremer, N. Le Goff et G. Nepveu. Le chêne rouge d'Amérique. INRA : 425-443.
- KRIEBEL, H.B., 1964. *Parental and provenance effects on growth of red oak seedlings*. Cent. States For. Tree Improv. Conf. 4 : 19-25.
- MACKAY, J., 1993. *Seed source selection and genetic improvement of red oak (Quercus rubra L.) in Québec*. Ann. Sci. For. 50 (Suppl. 1) : 420S-424S.
- MASSE, L., 1994. Communication personnelle. Ministère des Ressources naturelles, Service de la production de plants.
- MCCREARY, D.D., 1990. *Acorn sowing date affects field performance of blue and valley oaks*. Tree Planters Notes 41(2) : 6-9.
- MERCIER, S., 1993. *Priorités de recherche et de développement sur les semences et les pollens des arbres forestiers*. Ministère des Forêts, Direction de la recherche. Rapport interne n° 367. 21 p.
- MONTGOMERY, C., 1976. *Design and analysis of experiments*. J. Wiley, New York. 406 p.
- MULLER, C., 1994. *Conservation des glands de chêne rouge*. Dans : J. Timbal, A. Kremer, N. Le Goff et G. Nepveu. Le chêne rouge d'Amérique. INRA : 185-191.
- PITCHER, J.A., 1982. *Phenotype selection and half sib family performance in Black cherry*. For. Sci. 28(2) : 251-256.
- SCHOENEWEISS, D.F., 1988. *Low-temperature stress and cankers*. American Nurseryman 168(9) : 69-75.
- SHOPMEYER, C.S., 1974. *Seeds of woody plants in the United States*. USDA For. Serv. Agric. Handb. n° 450.
- SILVERTOWN, J.W., 1980. *The evolutionary ecology of mast seeding in trees*. Biological Journal of the Linnean Society 14 : 235-250.
- SORK, V.L., J. BRAMBLE et O. SEXTON, 1993. *Ecology of mast-fruiting in three species of North American deciduous oaks*. Ecology 74(2) : 528-541.
- STATHERS, R.J., 1989. *Summer frost in young forest plantations*. Economic and Regional Development Agreement. Rapport conjoint du gouvernement du Canada et du gouvernement de la Colombie-Britannique. 23 p.
- STEINER, K.C., 1993. *Genetic improvement of oaks in North America*. Ann. Sci. For. 50 (Suppl. 1) : 359S-367S.
- TECLAW, R.M. et J.G. ISEBRANDS, 1986. *Collection procedures affect germination of northern red oak (Quercus rubra L.) acorns*. Tree Planters Notes 37(3) : 8-12.

-
- THIBAUT, M., 1985. *Les régions écologiques du Québec méridional*. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la recherche forestière et Service de la cartographie. Carte au 1 : 1 250 000.
- THILL, A., 1994. *La sylviculture du chêne rouge d'Amérique en Belgique*. Dans : J. Timbal, A. Kremer, N. Le Goff et G. Nepveu. Le chêne rouge d'Amérique. INRA : 254-264.
- THOMPSON, K et D. RABINOWITZ, 1989. *Do big plants have big seeds ?* Am. Nat. 133 : 722-728.
- TRIPATHI, R.S. et M.L. KHAN, 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.
- TYLKOWSKI, T., 1983. *Height increment of 1-year shoots of the English oak (Quercus robur L.) and the northern Red oak (Quercus rubra L.) on 4-year-old roots of seedlings raised from acorns stored over 1-5 winters*. Arb. Korn. 27 : 357-365.
- VOGT, A.R., 1974. *Physiological importance of changes in endogenous hormones during red oak acorn stratification*. For. Sci. 20(2) : 187-191.
- WECKERLY, F.W., D.W. SUGG et R.D. SEMLITSCH, 1989. *Germination success of acorns (Quercus) : insect predation and tannins*. Can. J. For. Res. 19 : 811-815.

Le secteur Forêts du ministère des Ressources naturelles est responsable de l'administration et de la gestion des plants forestiers destinés au reboisement. Pour remplir adéquatement son mandat, il doit notamment se préoccuper de la qualité morphologique des plants feuillus. Le Ministère a ainsi pu déterminer que les qualités morphologiques et génétiques des glands de chêne rouge influencent celles des plants qui seront produits en récipient dans les pépinières. Des recommandations sont faites en vue de trier et de provoquer la germination précoce des glands de manière à augmenter significativement les qualités morphologiques des chênes rouges.



Gouvernement du Québec
Ministère des Ressources
naturelles

ISBN 2-550-30117-X
ISSN 1183-3912
F.D.C. 164 + 165(047.3)(714)
L.C. SD 401.7 .012

RN96-3054