

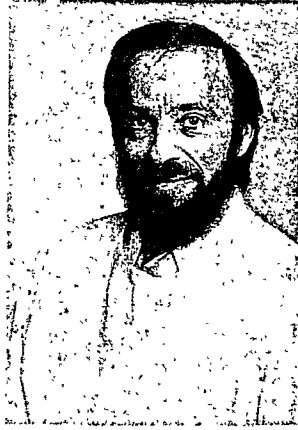
Évolution des glucides dans les tissus de plants soumis à un entreposage de longue durée

par G. LAMBANY

Ce mémoire contient un errata
à la page iv du document



Gil LAMBANY est ingénieur forestier, diplômé de l'Université Laval depuis 1976. En 1978, l'Université de Sherbrooke lui décernait le diplôme de maître en environnement. À l'emploi du Ministère depuis 1984, il est actuellement affecté au Service de l'amélioration des arbres à titre de chargé de recherches en physiologie végétale.



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 de Ressources naturelles.

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

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

**Évolution des glucides dans les tissus de plants
soumis à un entreposage de longue durée**

**Évolution des glucides dans les tissus de plants
soumis à un entreposage de longue durée**

par

Gil LAMBANY, ing.f., M. Env.
Service de l'amélioration des arbres

Mémoire de recherche forestière n° 112

Gouvernement du Québec
Ministère des Ressources naturelles
Direction de la Recherche forestière
1994

Ce texte est un rapport partiel du projet de recherche n° 032200 :
Effets des traitements cultureux sur la physiologie des plants.

ERRATA

page - col. - parag. - ligne

1 1 1 22

1 1 1 9

9 1 4

11 Figure 6

12-13-15-17 Tableaux

ERICSSON 1984

2.3 Fraction FGS (fructose-glucose-saccharose)

c. Pin gris - Tige

Concentration ($\mu\text{g}/\text{mg}$)

ISSN 1183-3912

ISBN 2-550-29634-6

Dépôt légal - 1994

Bibliothèque nationale du Québec

Bibliothèque nationale du Canada

© Gouvernement du Québec 1994

Avant-propos

Ce rapport de recherche renferme les résultats des analyses des glucides et de leurs dérivés et de l'amidon réalisées au laboratoire de morphophysiologie végétale de la Division de R-D sur les semences, boutures et plants. Ce document constitue le second volet d'un essai portant sur l'évaluation des effets de l'entreposage sur la morphologie et la physiologie de jeunes semis et dont la première partie a été traitée à l'intérieur d'un mémoire de recherche n° 114 intitulé : « La dynamique morphologique et physiologique de plants soumis à un entreposage de longue durée ».

Mes remerciements s'adressent d'abord à M. Richard Gosselin, technicien de laboratoire, pour la réalisation de l'extraction et du dosage des glucides

solubles et de l'amidon, à M. Mario Renaud, pour la préparation et la manipulation du matériel végétal, et à M. Alain Lebel de la pépinière d'East-Angus, pour son soutien technique constant.

Je remercie de plus l'équipe de biométrie, plus particulièrement Mmes France Lapointe et Nancy Vézina, pour la rigueur apportée aux analyses statistiques. Je profite aussi de l'occasion pour mentionner la collaboration constante de l'équipe du secrétariat de la Direction de la recherche forestière et de M. Fabien Caron, agent d'information, qui a assuré la révision du manuscrit et réalisé son édition.

Résumé

Des plants de pin gris et d'épinette noire cultivés en *Multipots* (67-50) ont fait l'objet, à la fin de l'automne 1991, d'un essai opérationnel d'entreposage en chambre réfrigérée à la pépinière d'East-Angus. En relation avec cette opération, un volet de recherche a été élaboré afin de caractériser l'évolution et le devenir des glucides solubles et de réserve (amidon) dans les tissus (tiges et racines) de chacune des essences, en fonction de la date et du mode d'hivernage. Deux dates d'entreposage (2 octobre et 1^{er} novembre) ont été testées parallèlement à un traitement témoin dans lequel les plants sont demeurés à l'extérieur sous la neige. Les plants entreposés ont été placés dans des boîtes de carton ciré et maintenus à l'obscurité à température (-2 °C) et humidité relative (90 %) constantes. Six échantillonnages ont été effectués entre le 5 septembre 1991 et le 25 mai 1992. L'analyse de l'évolution de cinq types de glucides (acides, polyols, F.G.S., raffinose et amidon) confirme que certains glucides spécifiques participent à la respiration des tissus et qu'il existe des réactions tant dans la dynamique que dans les concentrations entre les deux fractions étudiées (tiges et racines). De plus, la comparaison avec les plants témoins démontre que l'entreposage arrête ou ralentit le processus d'accumulation caractéristique des glucides à l'automne.

Mots-clés : entreposage, glucides solubles, amidon, épinette noire, pin gris.

Abstract

Evolution of glucides in the tissues of plantings submitted to long-term storage. In the fall of 1991, a morpho-physiological study of black spruce and jack pine seedlings grown in containers (67-50) was carried out as part of a trial use of cold storage at the East Angus nursery. In relation to this procedure, a research component was developed in order to more specifically characterize the progress and development of soluble glucides and reserves (starch) in the tissues (shoots and roots) of each species as a function of the date and method of wintering. Based on two autumn storage dates (in October and November), a packaging method in cardboard boxes, uniform temperature (-2 °C) and relative humidity (90 %) conditions in the cold storage room, black spruce and jack pine seedlings were collected on six occasions, and the soluble glucides and starch contents in the shoots and roots were analyzed. The detailed analysis of five main glucide families (acids, polyols, F.G.S., raffinose and starch) on the one hand confirms that certain specific glucides contribute to tissue respiration and, on the other hand, that reactions exist in both the dynamics and concentrations between the two parts studied (shoots and roots). Moreover, the study shows that, in comparison with seedlings stored under the snow, storage stops or slows down the process of accumulation typical of glucides in the autumn.

Key-words : storage, glucides, starch, black spruce, jack pine.

Table des matières

Avant-propos	v
Résumé	vii
<i>Abstract</i>	vii
Liste des tableaux	xi
Liste des figures	xiii
Introduction	1
Chapitre premier	
Matériel et méthode	3
1.1 Matériel	3
1.2 Traitements	3
1.3 Dispositifs expérimentaux	3
1.3.1 Automne pré-entreposage	3
1.3.2 Hiver	5
1.3.3 Analyses statistiques	5
1.4 Mesures des paramètres physiologiques	5
1.4.1 Période	5
1.4.2 Méthode	6

Chapitre II	
Résultats	7
2.1 Fraction acides	7
2.1.1 Épinette noire	7
2.1.2 Pin gris	7
2.2 Fraction polyols	9
2.2.1 Épinette noire	9
2.2.2 Pin gris	9
2.3 Fraction FGS (fructose-glucose-saccharose)	9
2.3.1 Épinette noire	9
2.3.2 Pin gris	12
2.4 Fraction raffinose	13
2.4.1 Épinette noire	13
2.4.2 Pin gris	13
2.5 Fraction amidon	15
2.5.1 Épinette noire	15
2.5.2 Pin gris	17
2.6 Estimation du taux de respiration	18
 Chapitre III	
Discussion	21
Conclusion	25
Bibliographie	27

Liste des tableaux

Tableau 1	Concentration ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de matière sèche) de FGS dans les tissus de l'épinette noire soumise à trois modes d'hivernage	12
Tableau 2	Concentration ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de matière sèche) de FGS dans les tissus du pin gris soumis à trois modes d'hivernage	12
Tableau 3	Concentration ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de matière sèche) de raffinose dans les tissus de l'épinette noire soumise à trois modes d'hivernage	13
Tableau 4	Concentration ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de matière sèche) de raffinose dans les tissus du pin gris soumis à trois modes d'hivernage	15
Tableau 5	Concentration ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de matière sèche) d'amidon dans les tissus de l'épinette noire soumise à trois modes d'hivernage	15
Tableau 6	Concentration ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de matière sèche) d'amidon dans les tissus du pin gris soumis à trois modes d'hivernage	17
Tableau 7	Estimation de l'intensité respiratoire des parties aériennes et souterraines de plants d'épinette noire et de pin gris soumis à trois modes d'hivernage	18

Liste des figures

- Figure 1** Dispositif expérimental d'automne (pré-entreposage) implanté à la pépinière d'East-Angus 4
- Figure 2** Dispositif expérimental d'hiver (à l'extérieur et en chambre réfrigérée) implanté à la pépinière d'East-Angus 4
- Figure 3** Ventilation des récoltes de plants d'épinette noire et de pin gris au cours de l'automne (témoin) et en période hivernale (plants témoins à l'extérieur et plants en chambre réfrigérée) 4
- Figure 4** Concentrations des acides dans les tissus d'épinette noire et de pin gris en fonction de trois modes d'hivernage 8
- Figure 5** Concentrations des polyols dans les tissus d'épinette noire et de pin gris en fonction de trois modes d'hivernage 10
- Figure 6** Concentrations de fructose-glucose-saccharose (FGS) dans les tissus d'épinette noire et de pin gris en fonction de trois modes d'hivernage 11
- Figure 7** Concentrations de raffinose dans les tissus d'épinette noire et de pin gris en fonction de trois modes d'hivernage 14
- Figure 8** Concentrations d'amidon dans les tissus de l'épinette noire et du pin gris en fonction de trois modes d'hivernage 16
- Figure 9** Comparaison des profils de concentrations de FGS (%) dans les tiges du pin gris et de l'épinette noire en fonction de deux modes d'hivernage 24

Introduction

Depuis plusieurs années (RITCHIE 1984, RITCHIE *et al.* 1985, OMI 1991, CANNELL *et al.* 1990), l'entreposage de plants en chambre réfrigérée a fait l'objet d'études approfondies. Les résultats de ces recherches indiquent que cette technique modifie généralement les modèles de croissance des semis pour certains paramètres morphologiques ainsi que la qualité générale du plant. Dans une étude sur l'épinette noire et le pin gris, LAMBANY (1994) a observé que la rapidité de débourrement et la qualité de la partie aérienne du plant (avortement du bourgeon terminal, dessiccation) ont été les paramètres les plus sensibles pendant un entreposage dans des boîtes de carton cirée avec extraction à l'automne, en octobre ou en novembre. Cependant, l'entreposage de longue durée ne modifie pas seulement la morphologie du plant, mais aussi sa physiologie. Ainsi, par rapport aux semis «hivernés» habituellement sous la neige, la respiration et la capacité photosynthétique des plants entreposés sont affectées par l'absence totale de lumière et le maintien de températures basses et uniformes (ERICSON 1994). Ces plants, privés des stimuli environnementaux à l'automne et au printemps, ne

complètent parfois que partiellement certaines étapes physiologiques importantes en concordance avec la phénologie des plants. De plus, à cause des conditions abiotiques constantes de la chambre réfrigérée (température, humidité), les profils normaux de répartition des glucides peuvent être modifiés (CANNELL *et al.* 1990). Plusieurs auteurs ont étudié cet aspect de la physiologie des plants en chambre réfrigérée (RITCHIE 1982, ERICSON 1984, CANNELL *et al.* 1990, OMI 1991). Dans les buts d'approfondir les connaissances sur l'évolution de cinq types spécifiques de glucides dans les tissus de l'épinette noire et du pin gris, et de confirmer l'importance de retarder opérationnellement l'entreposage des plants en relation avec la période d'accumulation de ces importantes composantes cellulaires, nous avons évalué les concentrations en glucides solubles et en amidon à six dates de récolte, de septembre 1991 à mai 1992. Cette étude spécifique constitue le second volet d'un essai dont la première partie a étudié plus particulièrement la réaction morphologique des plants d'épinette noire et du pin gris sous deux modes d'hivernage et à deux dates différentes d'entreposage (LAMBANY 1994).

Chapitre premier

Matériel et méthode

Dans le but de répondre adéquatement aux objectifs spécifiques de cette étude, deux parcelles expérimentales ont été implantées à la pépinière d'East-Angus afin de réaliser les inventaires d'automne et d'hiver.

1.1 Matériel

Des plants d'épinette noire (provenance 88G35) et de pin gris (provenance 83D41) provenant d'une première année de production sous tunnel ont commencé, au printemps 1991, leur seconde année de croissance (2+0) dans des récipients *Multipot 67-50*¹ à la pépinière d'East-Angus (Estrie). Chaque production originale (pin et épinette) était formée de deux grandes unités distinctes de 5760 récipients (figure 1). Au cours de l'été 1991, les deux essences ont été irriguées et fertilisées selon un scénario conventionnel de production dans ce type de récipient afin d'atteindre les standards requis à la fin de la saison de croissance.

1.2 Traitements

Afin d'établir les profils physiologiques comparatifs des deux essences, trois traitements ont été appliqués dès la fin de l'automne 1991 :

1 - **plants témoins** hivernés de façon conventionnelle dans le couvert de neige (le terme témoin est employé ici pour chacune des essences à l'étude);

2 - **plants traités et hivernés** en chambre froide dans des boîtes de carton ciré selon **deux** scénarios : un premier entreposage en début d'octobre et un second entreposage en début de novembre (les termes octobre et novembre sont utilisés ici pour chacune des essences à l'étude).

Les conditions requises pour assurer une dormance adéquate des plants dans la chambre froide ont été les suivantes : température de -2 °C, humidité relative supérieure à 90 % et absence complète de lumière.

1.3 Dispositifs expérimentaux

1.3.1 Automne pré-entreposage

Afin d'établir les profils physiologiques des plants avant traitement, un dispositif expérimental a été implanté au début de septembre 1991 à l'intérieur des cultures de chaque essence (figure 1).

1 *Multipot 67-50* : récipient de 67 cavités et d'une volumétrie de 50 cm³ par cavité.

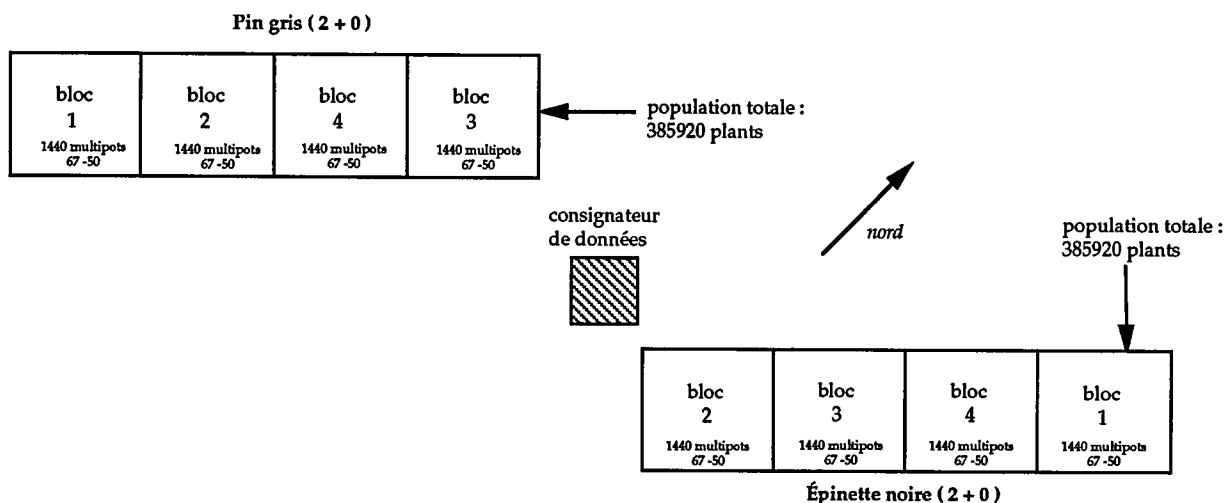


Figure 1. Dispositif expérimental d'automne (pré-entreposage) implanté à la pépinière d'East-Angus.

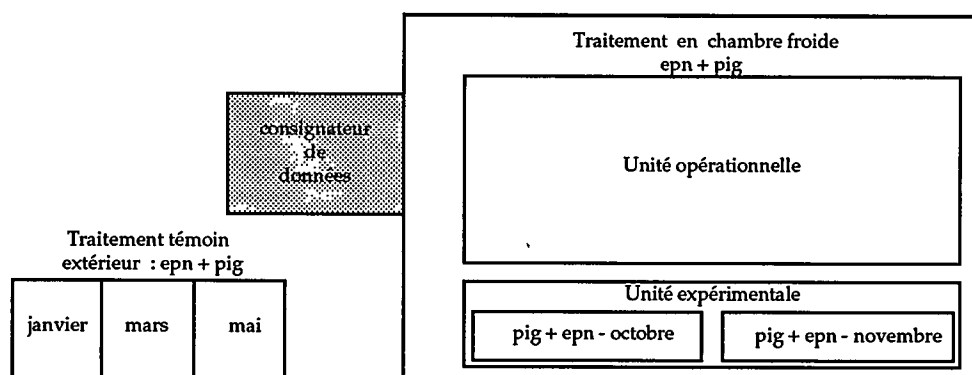


Figure 2. Dispositif expérimental d'hiver (à l'extérieur et en chambre réfrigérée) implanté à la pépinière d'East-Angus.

Traitement	Automne 1991			Hiver 1992		
	Septembre	Octobre	Novembre	Janvier	Mars	Mai
Témoin	X	X	X	X	X	X
Octobre		entreposage	X	X	X	X
Novembre			entreposage	X	X	X

X : Récolte réalisée

Figure 3. Ventilation des récoltes des plants d'épinette noire et de pin gris au cours de l'automne (témoin) et en période hivernale (plants témoins à l'extérieur et en chambre réfrigérée).

Chaque unité de production (pin gris, épinette noire) est subdivisée en quatre blocs de nombre égal de réceptacles (60 rangées de 24 *Multipots* = 1 440 *Multipots*). À l'intérieur de chaque bloc, six réceptacles sont choisis aléatoirement; dans chacun de ceux-ci, trois cavités sur 67 (n^{os} 64, 19 et 7) sont identifiées au hasard afin de réaliser les récoltes d'automne (septembre, octobre et novembre) (traitement témoin : six plants par bloc, par essence et par date de récolte). Les répétitions ou blocs de ce dispositif ont pour fonction de mieux intégrer dans le modèle statistique la variabilité inhérente à une production opérationnelle de plants en pépinière.

1.3.2 Hiver

Au début d'octobre, on a entreposé pour une période maximale de huit mois (octobre à mai) un premier groupe de plants (traitement d'octobre) en choisissant au hasard des plants dans chacun des *Multipots* identifiés à l'intérieur du dispositif d'automne (figure 2); quatre boîtes de carton ciré contenant chacune quatre groupes (blocs) de six plants par essence ont été identifiées pour chacune des récoltes à réaliser (novembre, janvier, mars et mai). Le regroupement des blocs dans une même boîte se justifie par la présence des conditions homogènes de température et d'humidité dans la chambre froide. Un second groupe a été entreposé de façon similaire en novembre (traitement de novembre) dans trois boîtes distinctes, pour une période maximale de sept mois (novembre à mai) (récoltes de janvier, mars et mai). En novembre toujours, sur une parcelle située à l'extérieur, à proximité de la chambre réfrigérée (figure 2), des plants des deux essences, récoltés au hasard dans les *Multipots* du dispositif d'automne, ont été disposés dans trois îlots distincts (traitements : récoltes de janvier, mars et mai). Dans chaque unité, les essences et les blocs (4) ont été identifiés.

1.3.3 Analyses statistiques

Afin de comparer les résultats des contenus en glucides entre les traitements et ce pour une essence et une date donnée, nous avons retenu un modèle à deux facteurs : traitement fixe et bloc aléatoire, avec une observation par cellule. Le modèle d'analyse de la variance permettant de vérifier les hypothèses de départ [H_0 : aucune différence entre les traitements pour un type de glucide, un tissu (tige ou racine), une essence et une date de récolte; H_1 : différences entre les traitements] a été le suivant :

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + (TB)_{ij} + E_{ij}$$

où Y_{ij} représente la quantité d'un type de glucide d'un groupe de quatre plants provenant du « ième » traitement et du « jème » bloc;

$i = 1, 2, 3$;

$j = 1, 2, 3, 4$;

μ = représente la quantité d'un type de glucide dans les tissus d'un plant quel que soit le traitement et le bloc;

T_i = représente l'effet du « ième » traitement;

B_j = représente l'effet du « jème » bloc;

$(TB)_{ij}$ = représente l'effet de l'interaction entre le « ième » traitement et le « jème » bloc;

E_{ij} = représente l'erreur expérimentale associée aux plants du « ième » traitement et du « jème » bloc.

L'interaction (traitement x bloc) a été évaluée graphiquement (croisement entre les niveaux d'un même facteur) ou à l'aide d'un test d'additivité (de Tukey). L'ensemble des analyses de variance a été réalisé à l'aide du logiciel SAS selon la procédure G.L.M. et les moyennes différentes ont été séparées à l'aide du test de Fisher. Dans les cas où l'homogénéité de la variance n'était pas rencontrée, une analyse sur les rangs a permis de rendre le test plus robuste pour les fins de cette étude.

1.4 Mesures des paramètres physiologiques

1.4.1 Période

En septembre et en octobre (pour les plants entreposés en octobre et en septembre), octobre et novembre (pour les plants entreposés en novembre) (figure 3), une qualification physiologique « avant traitement » a été effectuée afin de quantifier les glucides solubles et leurs dérivés ainsi que l'amidon dans les tissus de deux essences. Par la suite et comme l'indique la figure 3, les plants témoins ont fait l'objet de trois autres récoltes en janvier, mars et mai 1992 alors que les plants mis en boîte en octobre et en novembre ont été systématiquement inventoriés à quatre et à trois reprises, une fois les deux entreposages complétés.

1.4.2 Méthode

Au laboratoire, les plants étaient systématiquement lavés et sectionnés au collet afin de séparer la tige² des racines. Chaque groupe de six plants (tige ou racines), correspondant à une essence, un traitement et un bloc, est ensuite coupé en petites portions et placé dans un *bécher* afin de réaliser une quadruple extraction à l'éthanol chaud (70 °C) des glucides solubles. Après évaporation et dérivation (triméthylsilyléther) d'un volume prédéterminé de la solution, une analyse chromatographique (détecteur à ionisation de flammes, programmation de températures : 180 °C, 210 °C et 310 °C, colonne capillaire) (VEILLEUX *et al.* 1992) a permis d'identifier et de quantifier dix glucides et leurs dérivés regroupés par famille d'affinité de la façon suivante :

- acides : quinique et shikimique;
- polyols : mannitol, inositol, pinitol et séquoyitol;
- FGS : fructose, glucose et saccharose;
- raffinose.

spectrophotométrie (coloration à l'anthrone et évaluation des concentrations à l'aide d'une courbe précalibrée sur un spectrophotomètre, $\lambda = 630$ nm) (VEILLEUX *et al.* 1992).

Les résultats, tant pour les quatre groupes de glucides solubles que pour l'amidon, sont exprimés en μg de glucide par mg de matière sèche tissulaire ou en pourcentage, selon les besoins.

Parallèlement à la quantification des glucides et comme les périodes de dormance et de post-dormance hivernales sont caractérisées par une dégradation progressive des réserves en glucides (respiration) de la plante (VAN DEN DRIESCHE 1979, RITCHIE 1982, MARSHALL 1985), cette activité métabolique a été estimée au cours de cet essai. Pour les périodes janvier-mars (période de dormance) et mars-mai (post-dormance), le taux estimé de dégradation des trois principales composantes glucidiques les plus actives (FGS, raffinose et amidon) a été calculé de la façon suivante pour chacune des essences et chaque tissu (exemple) :

Période janvier-mars : les unités sont exprimés en $\text{mg.g}^{-1}.\text{jour}$

$$\frac{[\text{FGS} + \text{Raffinose} + \text{Amidon}] \text{ mg en janvier}}{\text{gramme}^* \text{ de matière sèche}} - \frac{[\text{FGS} + \text{Raffinose} + \text{Amidon}] \text{ mg en mars}}{\text{gramme de matière sèche}}$$

[nombre de jours entre janvier et mars]

Après l'extraction des glucides solubles, le même matériel végétal a été séché et broyé afin d'en extraire l'amidon par une triple percolation à l'acide perchlorique (35 %). L'hydrolyse complétée, le dosage de l'amidon sous la forme glucose a été effectué par

Comme les acides et les polyols présentent généralement peu de variations au cours de cette période (CRANSWICK *et al.* 1987, LAMBANY et LANGLOIS 1988), ces derniers n'ont pas été intégrés au calcul de l'estimation de la dégradation des glucides.

2 La fraction tige comprend la tige principale et les aiguilles.

Chapitre II

Résultats

2.1 Fraction acides

2.1.1 Épinette noire

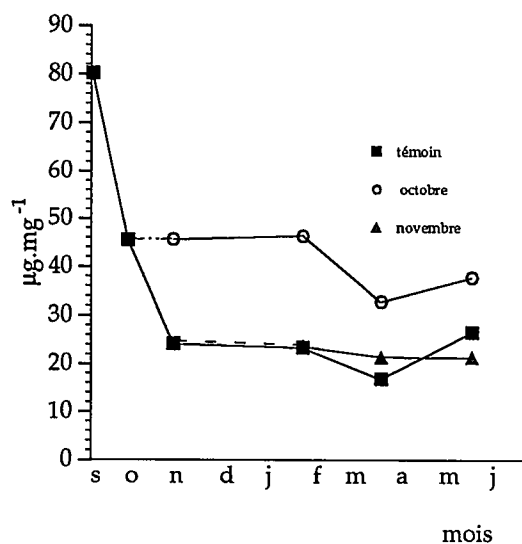
Les figures 4a et 4b présentent les résultats¹ de la progression des acides quinique et shikimique dans les tiges et dans les racines des plants soumis aux trois traitements (témoin, octobre, novembre). Dans la partie aérienne, les plants du traitement témoin ont enregistré une chute caractéristique des concentrations de septembre à novembre de l'ordre de 70 % pour ensuite se stabiliser, pendant le reste de la saison, autour de 20-25 $\mu\text{g}/\text{mg}$ (2-2,5 %). Les plants entreposés en octobre ont montré un arrêt du processus de réduction des acides dès la mise en boîte au début d'octobre (interpolation en pointillé fin sur le graphique); par la suite, les concentrations ont oscillé entre 35 et 45 $\mu\text{g}/\text{mg}$ au cours de la saison hivernale. Les plants mis en boîte en novembre présentent les mêmes tendances : stabilité des concentrations foliaires à 25 $\mu\text{g}/\text{mg}$ lors de l'entreposage de novembre (interpolation en pointillé large sur le graphique) avec une légère variation au cours de la période hivernale. Dans la fraction racine, des observations semblables ont été faites : baisse progressive de concentration dans les tissus des plants du traitement témoin de septembre à novembre, puis une stabilité par la suite autour de concentrations de 5 $\mu\text{g}/\text{mg}$.

Les plants entreposés (en octobre et novembre) présentent des profils de concentrations d'acides à peu près linéaires de novembre 1991 à mai 1992, l'arrêt de la baisse de concentration étant indiqué par l'interpolation en pointillé fin en début de saison pour les plants du traitement d'octobre.

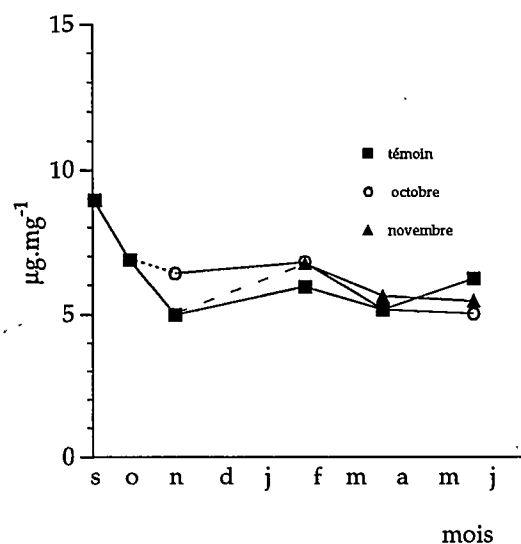
2.1.2 Pin gris

Les figures 4c et 4d montrent les mêmes tendances que celles observées chez l'épinette noire, mise à part l'importance plus grande de l'écart observé entre les concentrations dans les tiges des plants du traitement témoin et celles du traitement d'octobre. Pour le reste, la même baisse progressive des acides chez les plants du traitement témoin (tiges et racines) ainsi que la stabilité de cette famille de glucides au cours de l'hiver pour les trois traitements ont été enregistrées dans les tissus du pin gris. Le rapport des concentrations tiges/racines pour la période « novembre-mai » a été constant; il est de l'ordre de 5 à 6. Tout comme pour l'épinette noire, les interpolations (en pointillé fin sur les graphiques 4c et 4d) tant dans la portion tige que racine indiquent peut-être un arrêt du processus de diminution de la fraction acide pour ce qui est du traitement d'octobre. Chez les deux essences étudiées, l'analyse détaillée des profils du traitement témoin confirme que la baisse des concentrations d'acides déjà en cours en septembre, cesse en novembre lors du premier échantillonnage.

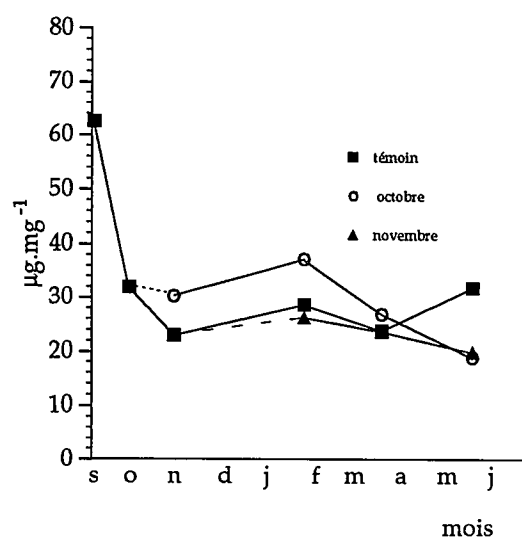
1 Les résultats décrits ici ne présentent que des tendances générales, aucune analyse statistique n'ayant été réalisée sur cette fraction glucidique.



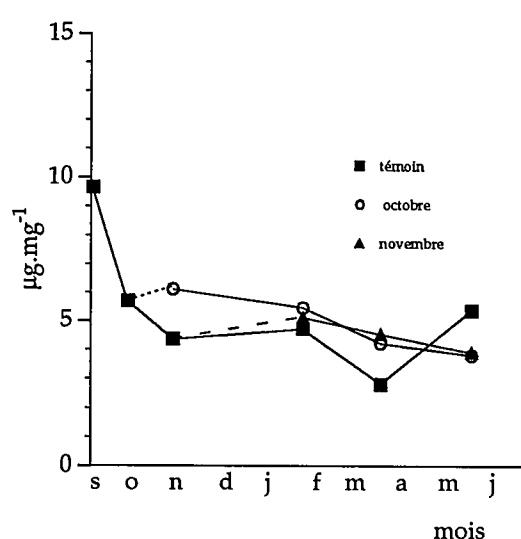
a. Épinette noire - Tige



b. Épinette noire - Racines



c. Pin gris - Tige



d. Pin gris - Racines

Figure 4. Concentrations des acides dans les tissus d'épinette noire et de pin gris en fonction de trois modes d'hivernage. Chaque point représente la moyenne de quatre échantillons composites.

2.2 Fraction polyols

2.2.1 Épinette noire

Globalement, les plants du traitement témoin (extérieur) ont présenté, tant dans les tiges (figure 5a) que dans les racines (figure 5b), une baisse légère et constante des concentrations dans les tissus. La réduction a cependant été un peu plus marquée au cours de la période septembre-novembre dans la portion tige (19 %), situation observée pour la fraction acide. Les plants entreposés (octobre et novembre) ont enregistré, tant dans la fraction tige que dans la fraction racines, des profils de concentrations linéaires et parallèles à ceux du traitement témoin, les valeurs s'établissant aux environs de 25 $\mu\text{g}/\text{mg}$ dans les tiges et de 6 à 7 $\mu\text{g}/\text{mg}$ dans les racines, pour un rapport tiges/racines des polyols de 4 à 5.

2.2.2 Pin gris

Dans les tiges de pin gris (figure 5c), les concentrations des polyols présentent un profil différent de celui observé chez l'épinette noire. Après une baisse progressive de septembre à octobre (témoin : 27 %), les concentrations ont par la suite augmenté jusqu'en janvier (témoin : 58 %; traitement d'octobre : 43 %). De janvier à mai, les traitements ont montré une différence atteignant des écarts maxima pour la dernière récolte. De mars à mai cependant, les concentrations en polyols dans les tiges des plants du traitement témoin, contrairement aux semis entreposés, ont progressivement augmenté (21 %).

Dans les racines (figure 5d) par contre, les profils sont plus proches de ceux de la fraction acide : baisse progressive (24 %) jusqu'en novembre pour le traitement témoin puis constance relative des concentrations à environ 13 $\mu\text{g}/\text{mg}$ de matière sèche pour tous les traitements jusqu'au mois de mai. Une exception est cependant notée pour les plants du traitement témoin (comme dans les tiges) qui présentent une augmentation importante (33 %) du mois de mars au mois de mai. Le graphique 5d illustre l'arrêt temporaire probable du processus de réduction des polyols dans les racines du traitement octobre au moment de l'entreposage (interpolation en pointillé fin).

2.3 Fraction FGS (fructose-glucose-saccharose)

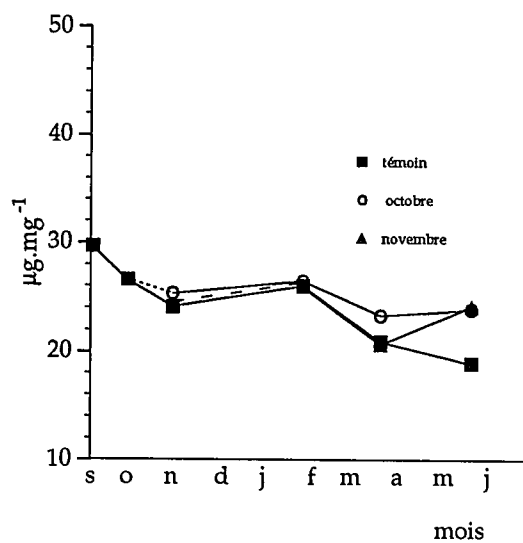
2.3.1 Épinette noire

Les figures 6a et 6b présentent les résultats de l'évolution des FGS dans les tiges et dans les racines de l'épinette noire. Le profil de concentration dans les

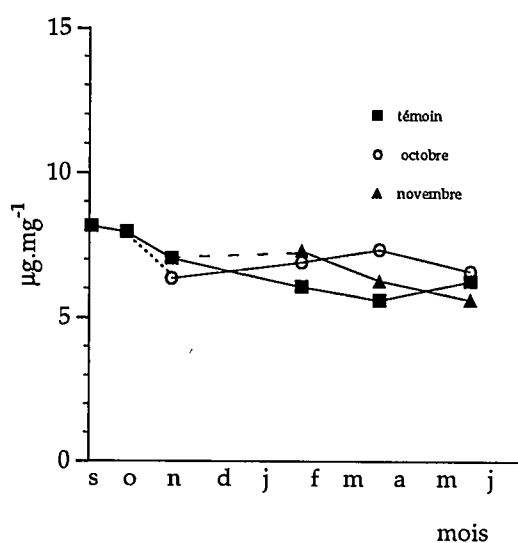
tissus des plants du traitement témoin (extérieur) présente une courbe d'accumulation de ces glucides du mois d'octobre au mois de janvier (tiges : 123 %; racines : 204 %). De janvier à mai par contre, on observe une diminution constante de cette fraction glucidique (tiges : 68 %; racines : 68 %).

Dans les tiges, de novembre à mars, les concentrations du traitement de novembre présentent un profil semblable à celui des plants du traitement témoin avec des valeurs légèrement inférieures, l'interpolation en pointillé large permettant de tracer la ligne entre octobre et novembre; par contre, le profil de concentration du traitement d'octobre a été beaucoup moins accentué, avec une légère «pointe» en janvier. L'interpolation en pointillé fin indique une légère baisse de concentration de septembre à octobre. Dans les racines, pour la même période, les concentrations des plants du traitement de novembre montrent une courbe semblable à celle du témoin mais avec des teneurs plus élevées; dans le traitement d'octobre, on observe un profil inférieur à celui du traitement témoin avec une légère pointe apparaissant plus précocement en novembre. De janvier à mai, le taux d'utilisation des glucides est demeuré à peu près constant (diminution continue) pour les trois traitements étudiés.

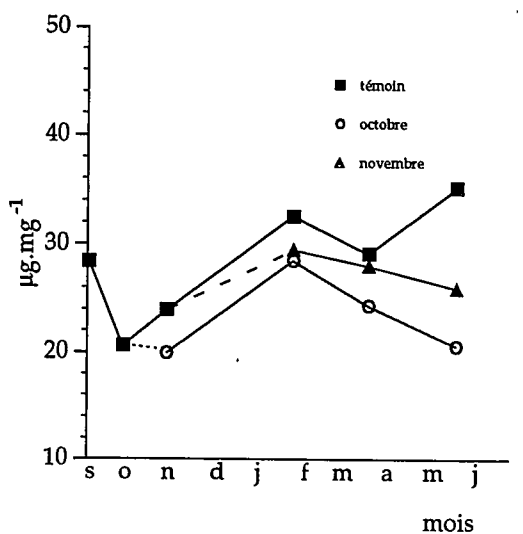
Exception faite de la fraction foliaire des plants entreposés en octobre, les plants en chambre réfrigérée ont donc continué, en l'absence de lumière et sous le point de congélation, à accumuler la fraction FGS jusqu'en novembre ou janvier. Le tableau 1 d'analyse de variance précise que mises à part les récoltes de novembre (racines) et de mars (tige, traitements témoin et de novembre), tous les traitements ont présenté entre eux des différences significatives de concentration. Dans les tiges, les contenus en FGS des plants du traitement témoin sont demeurés supérieurs ou égaux à ceux des plants entreposés (novembre et octobre dans l'ordre). Par contre, dans les racines, les plants entreposés en novembre ont présenté des concentrations nettement supérieures à celles des semis des deux autres traitements. En mai, avant le reboisement, les contenus dans les tissus des plants des traitements témoin et d'octobre se sont rejoints (tiges et racines) alors que ceux du traitement de novembre restent supérieurs, bien qu'aucune analyse statistique ne permette de confirmer cette tendance, les comparaisons n'étant pas possible entre les plants témoins en période de débourrement et les plants entreposés en phase de post-dormance.



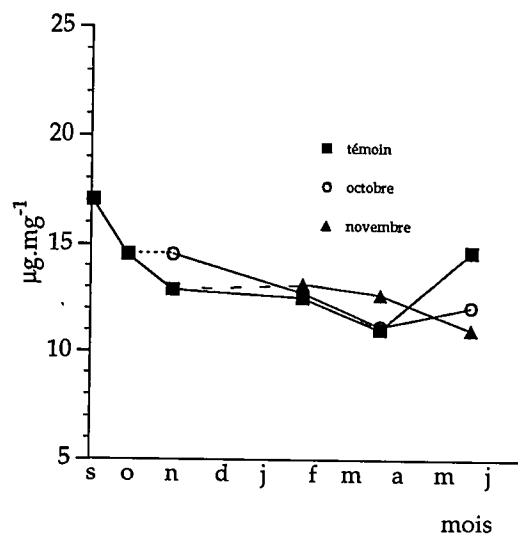
a. Épinette noire - Tige



b. Épinette noire - Racines

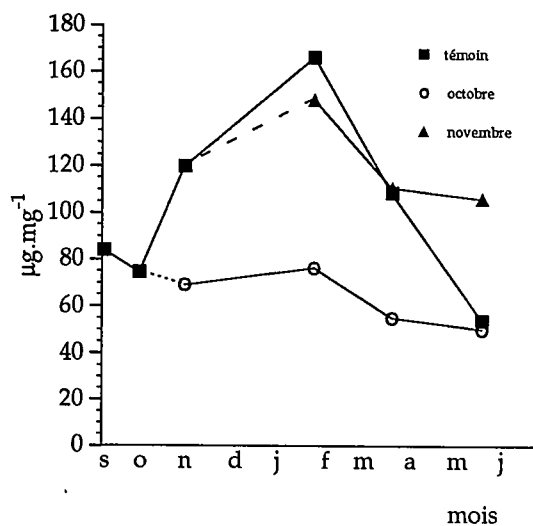


c. Pin gris - Tige

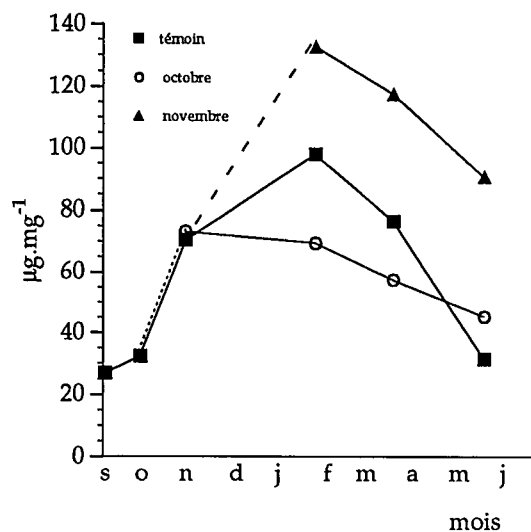


d. Pin gris - Racines

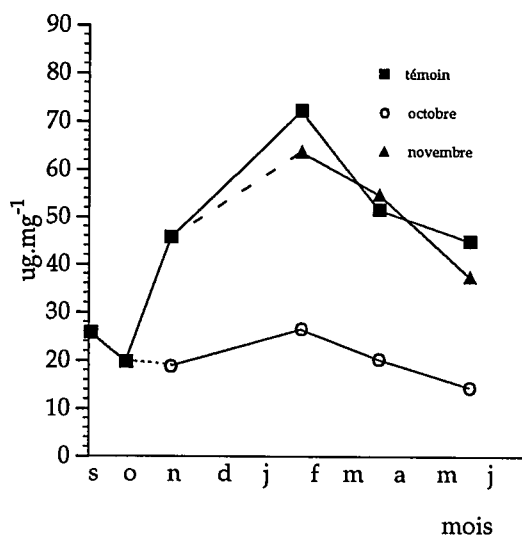
Figure 5. Concentrations des polyols dans les tissus d'épinette noire et de pin gris en fonction de trois modes d'hivernage.



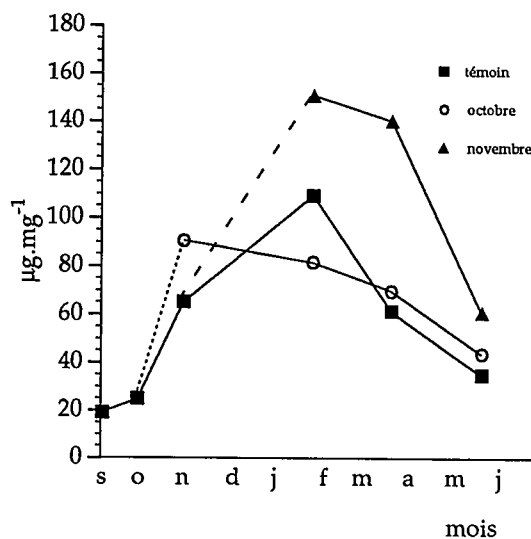
a. Épinette noire - Tige



b. Épinette noire - Racines



c. Pin gris - Tige



d. Pin gris - Racines

Figure 6. Concentrations de fructose-galactose-saccharose (FGS) dans les tissus d'épinette noire et de pin gris en fonction de trois modes d'hivernage.

Tableau 1. Concentration ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de matière sèche de FGS dans les tissus de l'épinette noire soumise à trois modes d'hivernage

Traitement/tissu	Date de récolte		
	Novembre	Janvier	Mars
Témoin/tige	119,9 b*	166,2 c	108,6 b
Octobre/tige	69,1 a	76,4 a	55,1 a
Novembre/tige		148,1 b	110,6 b
Témoin/racines	70,4 a	98,0 b	76,4 b
Octobre/racines	73,1 a	69,5 a	57,6 a
Novembre/racines		132,7 c	117,5 c

* Verticalement, des lettres différentes représentent des différences significatives à $\alpha = 5 \%$, probabilité = 95 %.

2.3.2 Pin gris

Chez le pin gris (figures 6c et 6d), les profils de concentration (y compris les interpolations en pointillé) ont été semblables à ceux observés chez l'épinette noire avec cependant des niveaux de concentration dans la portion tige inférieurs à ceux observés chez *Picea* (tous traitements confondus). Globalement, les plants du traitement témoin présentent un accroissement constant des concentrations d'octobre à janvier (tiges : 264 %; racines : 339 p. 100) pour diminuer ensuite progressivement de janvier à mai (tiges : 41 %; racines 69 %). Les profils des concentrations des plants des traitements d'octobre et de novembre sont identiques à ceux de *Picea* tant au point de vue du profil général que de la position de la pointe. Les interpolations indiquent qu'une accumulation importante des FGS a eu lieu en l'absence de lumière et à -2°C d'octobre à novembre (traitement d'octobre) et

de novembre à janvier (traitement de novembre) sauf pour la fraction tige des plants entreposés en octobre. De janvier à mai, sauf pour le traitement de novembre dans la fraction racines, le taux de respiration est demeuré constant (pente négative linéaire). Le tableau 2 d'analyse de variance confirme les tendances observées chez l'épinette noire sauf pour les récoltes de novembre et de mars dans les racines, pour lesquelles des écarts plus importants ont été enregistrés entre les traitements. En mai finalement, une différence beaucoup moins importante a été enregistrée dans la fraction racines alors que les concentrations de FGS dans les plants du traitement d'octobre (tige) ont été nettement inférieures à celles des deux autres traitements. Tout comme pour l'épinette, des stades phénologiques différents entre les traitements n'ont pas permis d'effectuer une analyse statistique comparative au cours de cette période.

Tableau 2. Concentration ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de matière sèche de FGS dans les tissus du pin gris soumis à trois modes d'hivernage

Traitement/tissu	Date de récolte		
	Novembre	Janvier	Mars
Témoin/tige	45,8 b*	72,3 c	51,6 b
Octobre/tige	18,9 a	26,6 a	20,3 a
Novembre/tige		63,8 b	54,9 b
Témoin/racines	65,1 a	109,2 b	61,3 a
Octobre/racines	90,6 b	81,7 a	69,8 a
Novembre/racines		150,9 c	140,3 b

* Verticalement, des lettres différentes représentent des différences significatives à $\alpha = 5 \%$, probabilité = 95 %.

Tableau 3. Concentration ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de matière sèche) de raffinose dans les tissus de l'épinette noire soumise à trois modes d'hivernage

Traitement/tissu	Date de récolte		
	Novembre	Janvier	Mars
Témoin/tige	35,8 b*	23,6 b	13,7 c
Octobre/tige	24,4 a	3,9 a	3,0 a
Novembre/tige		7,4 a	7,5 b
Témoin/racines	18,7 b	9,2 b	6,4 b
Octobre/racines	9,5 a	4,4 a	4,2 a
Novembre/racines		8,0 b	5,8 b

* Verticalement, des lettres différentes représentent des différences significatives à $\alpha = 0,05$, probabilité = 95 %.

2.4 Fraction raffinose

2.4.1 Épinette noire

Comme l'indiquent les figures 7a et 7b, les profils de concentration du raffinose dans les tissus des tiges et des racines sont semblables chez l'épinette noire. Cependant en novembre, au pic d'accumulation, les écarts varient du simple au double entre les tiges et les racines pour tous les traitements.

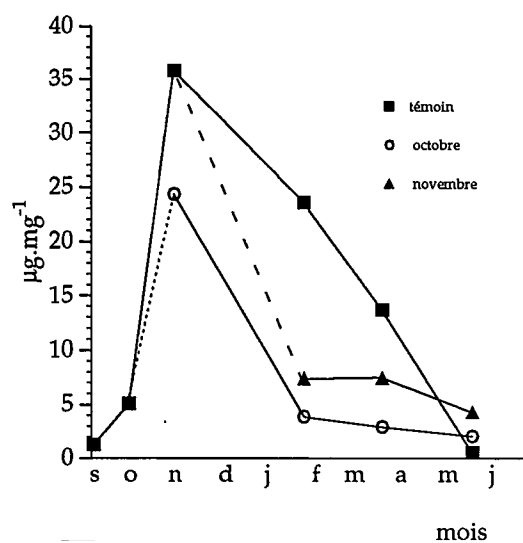
Chez les plants du traitement témoin, un accroissement important a été observé de septembre à novembre dans les tiges (2738 %) et dans les racines (2241 %). De novembre à mars, l'activité physiologique du plant a entraîné une réduction constante et linéaire de cette fraction glucidique (tiges : 62 %; racines : 66 %). Il est intéressant de noter que les concentrations en raffinose (tiges et racines) ont atteint des valeurs maximales avant celles de la fraction FGS pour les trois traitements, soit en novembre plutôt qu'en janvier (sauf pour le traitement octobre/racines). Après avoir tracé les interpolations (pointillé fin et large), on remarque aux figures 7a et 7b que les profils des concentrations des plants entreposés ont été semblables à ceux du traitement témoin mais à des niveaux de concentration inférieurs et ce jusqu'au printemps. Comme dans la fraction FGS, les interpolations montrent que les plants entreposés en octobre ont continué, d'octobre à novembre, à accumuler ce trisaccharide dans les tiges et dans les racines, situation absente au moment de la mise en boîte chez les plants du traitement de novembre (interpolation novembre-janvier). De janvier à mai, alors que le taux d'utilisation du raffinose demeurerait élevé dans les tiges des plants du traitement témoin, la figure 7a met en évidence qu'en chambre froide (traitements d'octobre et de novembre), la réduction devient presque nulle à partir de février. Dans les racines, les plants du traitement d'octobre ont maintenu une réduction faible du

raffinose à partir de février alors que les plants des traitements témoin et de novembre ont montré une tendance similaire, mais plus prononcée.

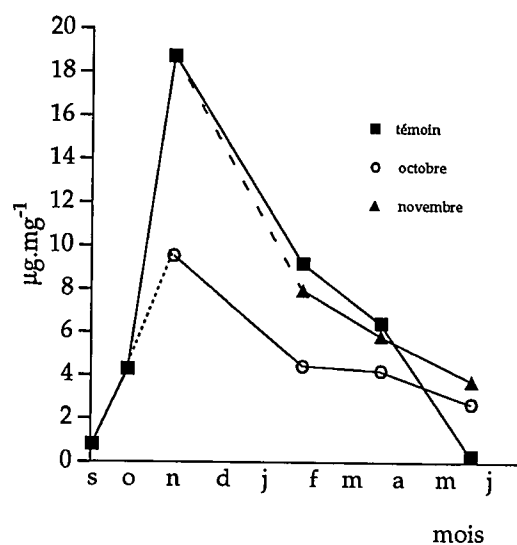
Le tableau 3 d'analyse de variance indique qu'en mars, des différences significatives ont été enregistrées entre les concentrations des trois traitements dans la portion tige, les valeurs des concentrations des plants du traitement témoin demeurant toujours supérieures à celles des plants entreposés; dans les racines, seules les concentrations des plants du traitement d'octobre sont demeurées significativement inférieures à celles des deux autres traitements. Enfin en mai (figures 7a et 7b), ce glucide n'était plus décelable dans les tiges et dans les racines du traitement témoin alors qu'en chambre froide, les concentrations se maintenaient entre 3 et 5 $\mu\text{g}/\text{mg}$.

2.4.2 Pin gris

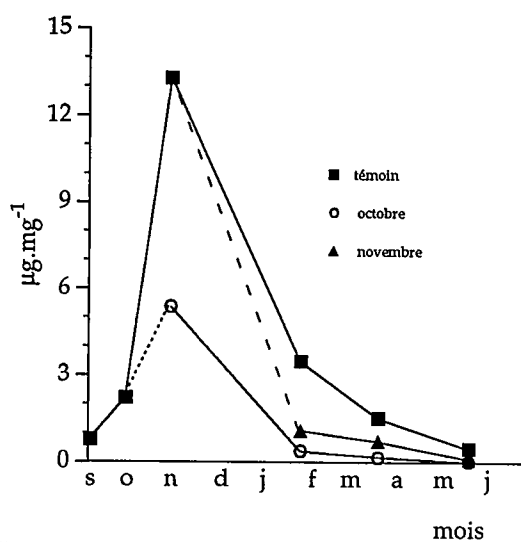
Chez le pin gris, les figures 7c et 7d précisent que cette essence présente des tendances semblables à celles observées chez l'épinette noire dans les tiges et dans les racines, à deux exceptions près. Tout d'abord, les concentrations enregistrées ont été inférieures. Deuxièmement, dans les racines, les concentrations des plants entreposés en octobre sont demeurées, en novembre, identiques à celles des plants du traitement témoin même si l'analyse de variance indique une légère différence (tableau 4). Tout comme pour l'épinette noire, les concentrations maximales sont atteintes en novembre pour tous les traitements, un mois donc avant l'apparition du pic des FGS (tiges et racines) (sauf pour le traitement d'octobre dans les racines). Les interpolations montrent que les concentrations en raffinose dans les tissus des plants du traitement d'octobre ont continué à s'accroître d'octobre à novembre dans les tiges et dans les racines alors que les concentrations dans les tissus des plants du traitement de novembre indiquent une



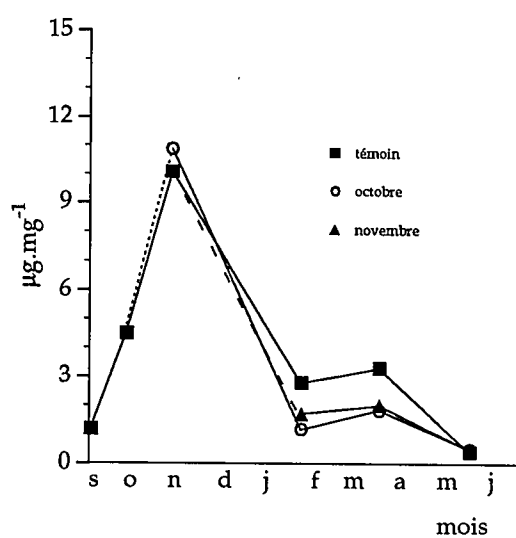
a. Épinette noire - Tige



b. Épinette noire - Racines



c. Pin gris - Tige



d. Pin gris - Racines

Figure 7. Concentrations de raffinose dans les tissus d'épinette noire et de pin gris en fonction de trois modes d'hivernage.

Tableau 4. Concentration ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de matière sèche de raffinose dans les tissus du pin gris soumis à trois modes d'hivernage

Traitement/tissu	Date de récolte		
	Novembre	Janvier	Mars
Témoin/tige	13,3 b*	3,5 c	1,5 b
Octobre/tige	5,4 a	0,4 a	0,2 a
Novembre/tige		1,1 b	0,7 b
Témoin/racines	10,1 a	2,8 c	3,3 b
Octobre/racines	10,9 b	1,2 a	1,8 a
Novembre/racines		1,7 c	2,0 a

* Verticalement, des lettres différentes représentent des différences significatives à $\alpha = 0,05$; probabilité = 95 %.

baisse importante de novembre à janvier (interpolation). De février à mai, tous les traitements et les deux parties (aérienne et souterraine) analysées ont montré une diminution plus faible du raffinose, avec des concentrations résiduelles minimales en mai. Le tableau 4 précise que sauf pour les concentrations dans les racines en janvier et en mars et les tiges en mars, toutes les concentrations des différents traitements sont significativement différentes entre elles, avec des valeurs inférieures dans les tissus des plants entreposés en octobre (sauf racines, récolte de novembre) et supérieures dans les plants du traitement témoin.

2.5 Fraction amidon

2.5.1 Épinette noire

Les figures 8a et 8b présentent les profils de concentration de l'amidon dans les tiges et dans les racines de l'épinette noire. Dans la portion tige, excep-

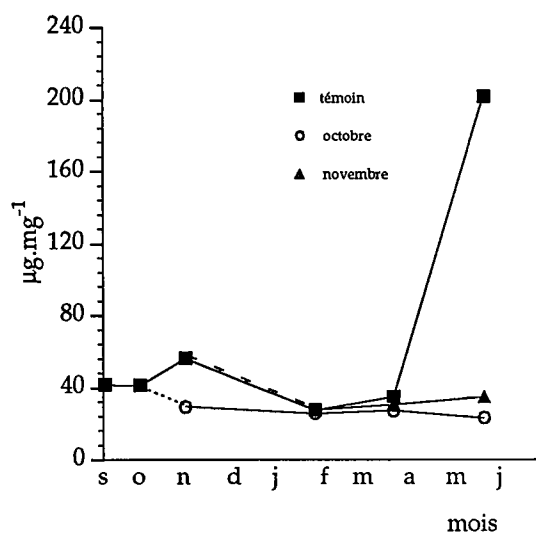
tion faite de l'importante recharge dans les tissus des plants du traitement témoin en mai, on note de légères différences dans les concentrations entre les trois traitements au cours de l'hiver. Les valeurs oscillent entre 30 et 40 $\mu\text{g}/\text{mg}$. Chez les plants du traitement témoin, une faible accumulation a été notée dans les tiges de septembre à novembre (35 %). Les tracés des interpolations montrent qu'entre octobre et novembre, pour les plants entreposés en octobre (pointillé fin) et qu'entre novembre et janvier pour les plants entreposés en novembre (pointillé large), des baisses de concentration de 29 % et de 51 % respectivement sont enregistrées, diminutions semblables à celles observées chez les plants du traitement témoin. L'analyse de variance présentée au tableau 5 confirme la présence de différences significatives entre les trois traitements en novembre et en mars; les plants du traitement d'octobre présentent les concentrations les plus faibles et, inversement, les plants du traitement témoin présentent les valeurs les plus élevées.

Tableau 5. Concentration ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de matière sèche d'amidon dans les tissus de l'épinette noire soumise à trois modes d'hivernage

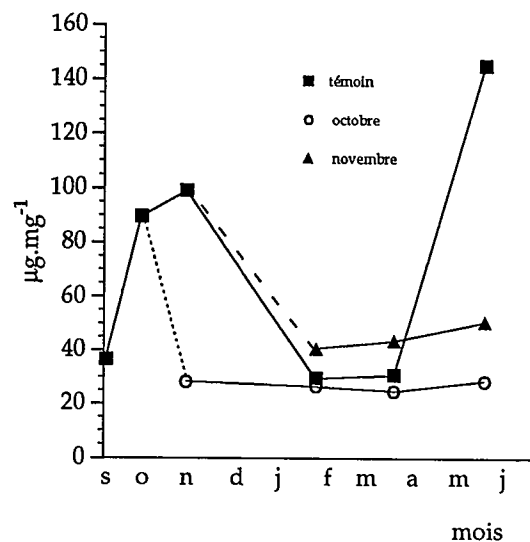
Traitement/tissu	Date de récolte		
	Novembre	Janvier	Mars
Témoin/tige	56,2 b *	27,4 **	34,8 c
Octobre/tige	29,4 a	25,7	27,2 a
Novembre/tige		27,7	30,5 b
Témoin/racines	99,1 b	29,6 a	30,7 a
Octobre/racines	28,2 a	26,4 a	24,7 a
Novembre/racines		40,6 b	43,5 b

* Verticalement, des lettres différentes représentent des différences significatives à $\alpha = 0,05$, probabilité = 95 %.

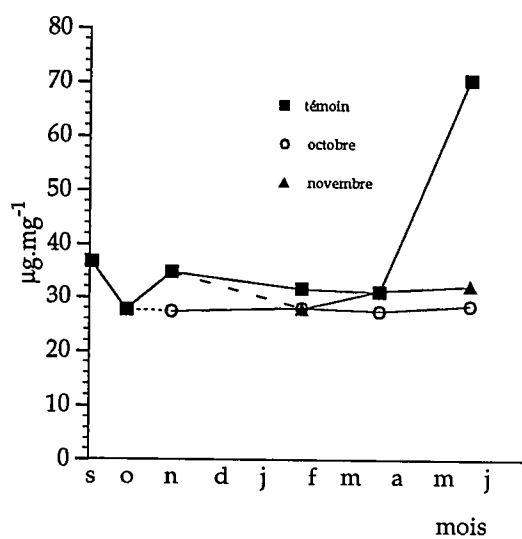
** Modèle non ajusté; LSD non applicable.



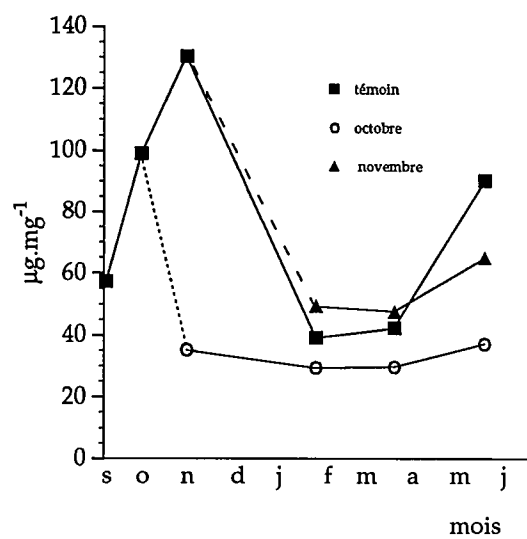
a. Épinette noire - Tige



b. Épinette noire - Racines



c. Pin gris - Tige



d. Pin gris - Racines

Figure 8. Concentrations d'amidon dans les tissus de l'épinette noire et du pin gris en fonction de trois modes d'hivernage.

Tableau 6. Concentration ($\mu\text{g}/\text{mg}$ de matière sèche d'amidon dans les tissus du pin gris soumis à trois modes d'hivernage

Traitement/tissu	Date de récolte		
	Novembre	Janvier	Mars
Témoin/tige	34,8 b *	31,7 **	31,1 a
Octobre/tige	27,4 a	28,1	27,5 a
Novembre/tige		27,9	31,3 a
Témoin/racines	130,4 b	39,1 b	42,2 b
Octobre/racines	35,2 a	29,4 a	29,8 a
Novembre/racines		49,3 c	47,6 b

* Verticalement, des lettres différentes représentent des différences significatives à $\alpha = 0,05$; probabilité = 95 %.

** Modèle non ajusté; LSD non applicable.

Dans la portion racines par contre, les concentrations en amidon des plants du traitement témoin présentent un profil plus accentué (figure 8b) et apparenté à celui du raffinose avec successivement une recharge de septembre à novembre (172 %), une baisse accélérée de novembre à février (69 %), une période stable de février à mars et une recharge printanière associée à la phase de débourrement des plants de mars à mai (372 %). Le tracé des interpolations confirme l'importance de la réduction des concentrations en amidon d'octobre à novembre par les plants du traitement d'octobre (68 %) et de novembre à janvier par les plants du traitement de novembre (59 %). Les résultats d'analyse de variance (tableau 5) confirment qu'en janvier et mars, les plants du traitement de novembre ont présenté des concentrations significativement supérieures à celles des traitements témoin et d'octobre, situation semblable à celle décrite précédemment pour la fraction FGS. En novembre, les concentrations chez les plants du traitement témoin ont été trois fois supérieures à celles des plants entreposés en octobre. Cependant, malgré la précocité de l'entreposage en octobre, aucune différence significative de concentration n'a été observée en janvier et en mars entre les plants des traitements témoin et d'octobre.

2.5.2 Pin gris

Dans les tiges (figure 8c) et les racines (figure 8d), le pin gris présente de façon générale des profils de concentration semblables à ceux observés chez l'épinette noire. Dans la partie aérienne, à l'exception de la recharge printanière en mai chez les plants du traitement témoin, les profils de concentration des trois traitements ont été semblables, avec des valeurs oscillant autour de 30 $\mu\text{g}/\text{mg}$. De plus, entre les mois

d'octobre et de novembre, tout comme chez l'épinette, les plants du traitement témoin ont présenté une légère augmentation de concentration. Les interpolations indiquent une faible variation du contenu en amidon d'octobre à novembre pour les plants du traitement d'octobre (pointillé fin) et une baisse progressive pour les plants du traitement de novembre (pointillé large). Le tableau 6 d'analyse de variance confirme ces tendances pour les périodes de novembre (différence faible mais significative entre les traitements témoin et d'octobre) et de mars (aucune différence significative).

Dans la portion racine, les augmentations des concentrations d'amidon (127 %), du mois de septembre au mois de novembre ne sont pas sans rappeler celles qui concernent le raffinose pendant la même période. Par la suite, de novembre à février, une baisse constante a été enregistrée (68 %). Elle est suivie d'une période stable jusqu'en mars et, enfin, de la phase de recharge caractéristique du printemps (114 %). Tout comme pour l'épinette noire, les interpolations (en pointillé) ont confirmé l'importance de la réduction des concentrations en amidon d'octobre à novembre des plants entreposés en octobre (pointillé fin) et de novembre à février des semis entreposés en novembre (pointillé large). Le tableau 6 d'analyse de variance précise que, comme on l'a déjà mentionné pour l'épinette, les plants du traitement témoin ont présenté en novembre des concentrations près de quatre fois supérieures à celles du traitement d'octobre. En janvier, les plants du traitement de novembre enregistrent des concentrations significativement supérieures à celles des traitements témoin et d'octobre; ce dernier présente, parmi les trois traitements, les contenus d'amidon les plus faibles aux récoltes de janvier et de mars.

2.6 Estimation du taux de respiration

Bien qu'aucune analyse statistique n'ait été réalisée sur les données « estimées » des taux de respiration, il demeure pertinent, dans le cadre de cette étude, de présenter certaines tendances intéressantes à ce sujet puisque les glucides représentent une composante importante permettant d'assurer la respiration du plant (MARSHALL 1985).

Chez l'épinette noire, au cours de la période complète d'entreposage, les tiges et les racines des plants entreposés en octobre ont présenté une intensité respiratoire légèrement inférieure à celle des stocks mis en boîte en novembre (tableau 7). Lorsqu'on compare les deux périodes (janvier-mars : dormance; mars-mai : post-dormance), les résultats indiquent que, dans les racines des plants entreposés en octobre, les taux de dégradation des glucides sont demeurés plus élevés de janvier à mars, situation inverse de celle des stocks entreposés en novembre. Dans les tiges, pour les semis entreposés en octobre, les résultats sont semblables à ceux de la portion racines. Pour les lots entreposés en novembre par contre, les taux de dégradation au cours de la période janvier-mars sont demeurés beaucoup plus élevés ($0,50 \text{ mg.g}^{-1}$) que lors de la période de post-dormance (mars-mai) ($0,05 \text{ mg.g}^{-1}$). Finalement, la comparaison entre les traitements témoin, d'octobre et de novembre pour la période janvier-mars indique que les plants maintenus sous la neige présentent des taux de dégradation des glucides de deux (racines) à quatre fois (tiges) supé-

rieurs à ceux des plants entreposés. Pour les périodes mars-mai et janvier-mai, il n'a pas été possible d'établir un bilan comparatif entre le taux de respiration des plants du traitement témoin et ceux des traitements d'octobre et de novembre puisque les concentrations importantes en amidon dans les tissus des plants maintenus à l'extérieur font que les taux nets de respiration demeurent négatifs (accumulation plutôt que dégradation).

Chez le pin gris, pour la période janvier-mai, les plants entreposés en octobre et en novembre présentent, contrairement aux résultats obtenus pour l'épinette, des écarts importants entre les tissus et entre les traitements. Alors que chez *Picea*, on notait peu de différence entre les tissus et aux deux dates d'entreposage, on a observé chez le pin gris des facteurs de 4 (novembre) et de 5 (octobre) dans le taux de respiration. Lorsque l'on étudie plus attentivement les deux périodes (janvier-mars et mars-mai), les résultats des taux estimés indiquent que, dans les racines, des écarts plus importants (comparativement à *Picea*) ont été observés entre les deux périodes et ce aussi bien pour les plants du traitement d'octobre que de celui de novembre. Pour ce dernier, la période de post-dormance (mars-mai) présente un taux de dégradation de glucides cinq fois plus élevé ($1,05$ par rapport à $0,21$) que celui de la période de dormance. Dans les tiges, le taux de dégradation de plants entreposés en octobre a été nettement inférieur à celui de la partie racinaire, l'activité la plus importante se situant au cours de la période janvier-mars ($0,08$), niveau quatre

Tableau 7. Estimation de l'intensité respiratoire des parties aériennes et souterraines de plants d'épinette noire et de pin gris soumis à trois modes d'hivernage

Période	Tissu	Épinette noire			Pin gris		
		Témoin	Octobre	Novembre	Témoin	Octobre	Novembre
Janvier-mars	Tiges	1,01*	0,25	0,50	0,41	0,08	0,15
	Racines	0,40	0,24	0,25	0,76	0,19	0,21
Mars-mai	Tiges	-1,67**	0,15	0,05	-0,60	0,02	0,19
	Racines	-1,02	0,16	0,35	-0,30	0,32	1,03
Janvier-mai	Tiges	-0,38	0,20	0,27	-0,11	0,05	0,17
	Racines	-0,33	0,20	0,30	0,21	0,26	0,63

* Valeurs exprimées en mg de glucides dégradés (FGS + raffinose + amidon) par g de matière sèche par jour.

** Cette période correspondant au débourrement des plants et donc à la recharge en amidon dans les tissus, le bilan net indique une accumulation (valeur négative).

fois plus élevé que celui de la période de post-dormance (mars-mai : 0,02). Les plants entreposés en novembre présentent des taux de dégradation oscillant de 0,15 à 0,19 mg.g⁻¹.jour pour les périodes respectives de dormance et de post-dormance. Finalement, la comparaison entre les traitements témoin, d'octobre et de novembre pour la période janvier-mars indique les tendances observées chez l'épinette noire : activité respiratoire plus importante autant dans les tiges que dans les racines des plants maintenus à l'extérieur sous le couvert de neige. Tout comme pour *Picea*, l'importante recharge en amidon dans les tissus fait que le taux de respiration des plants du traitement témoin demeure négatif (accumulation nette), rendant difficile les comparaisons avec les plants des traitements d'octobre et de novembre.

Chapitre III

Discussion

Cette étude a permis, en période d'endurcissement, de dormance et de post-dormance hivernales des plants, de caractériser la progression spécifique de quatre grandes classes de glucides solubles et d'une classe de glucide de réserve de plants entreposés en chambre réfrigérée ou maintenus sous couvert de neige. Les résultats des échantillonnages confirment que certains glucides participent activement, tant dans les tiges que dans les racines, à l'accumulation de réserves spécifiques et au maintien de la respiration cellulaire, alors que d'autres ont présenté peu de variations en phase de dormance et de post-dormance.

Plus spécifiquement, les acides quinique et shikimique n'ont que peu fluctué, se maintenant à des concentrations moyennes de 3 % dans les tiges et de 0,5 % dans les racines des deux essences étudiées. Une pareille stabilité des concentrations hivernales a aussi été observée par CRANSWICK *et al.* (1987) dans une étude sur le feuillage d'un an du *Pinus radiata* et qui démontre de plus que les fractions acides, plus spécifiquement dans la portion aérienne, présentent plutôt une activité accrue au moment de l'élongation de la tige et de la formation du nouveau feuillage au printemps. LAMBANY et LANGLOIS (1988) ont observé, sur un suivi hivernal (octobre-avril), des résultats similaires pour cette fraction glucidique (dérivés) tant sur le plan des profils que des concentrations dans les tiges et dans les racines de plants d'épinette blanche et de pin gris produits en *Multipot* (2+0).

De même, les concentrations en polyols se sont stabilisées à 2,5 % dans les tiges des deux essences étudiées et respectivement à 0,7 % et 1,3 % dans les racines de l'épinette noire et du pin gris. CRANSWICK *et al.* (1987) ont enregistré pour *Pinus radiata* des concentrations stables dans le feuillage, d'environ 3 %

pour la fraction cyclitol (pinpollitol, séquoyitol, pinitol et myo-inositol) au cours de la période de dormance, alors que les racines indiquaient moins de 0,5 % de ce type de glucides. Toujours dans leur étude sur les profils hivernaux des glucides, LAMBANY et LANGLOIS (1988) ont respectivement obtenu des concentrations moyennes en polyols de 0,5 % (racines) et 1,8 % (tiges) pour le pin gris et de 0,9 % (racines) et 2,0 % (tiges) pour l'épinette noire, confirmant donc les résultats obtenus dans l'essai sur l'entreposage. En effet, les résultats des analyses des inventaires de septembre et d'octobre ont confirmé une importante phase de diminution des acides, ce qui permet de supposer qu'une synthèse très active de cette fraction glucidique a lieu au cours de l'été. Cette hypothèse est renforcée par le fait qu'en mai 1992, au moment où les plants à l'extérieur (témoin) entraient dans la phase préliminaire de débourrement (épinette noire) ou de croissance active (pin gris), les concentrations en acides et en polyols ont amorcé une lente phase d'accroissement confirmant les résultats de CRANSWICK *et al.* (1987) sur *Pinus radiata* et LAMBANY et LANGLOIS (1988) sur *Pinus banksiana* et *Picea glauca*.

Dans ce contexte où les périodes de plus forte amplitude de ces deux groupes de glucides se situent à l'automne et au printemps, l'entreposage a agi à deux niveaux. À l'automne, la réduction progressive des polyols et plus particulièrement des acides, d'octobre à novembre, a peut-être été bloquée chez les plants entreposés en octobre, c'est-à-dire au commencement de l'automne (interpolations en pointillé fin sur les figures 4 et 5); le phénomène n'a pas été perçu pour les plants entreposés en novembre. Il est à noter qu'au cours de l'hiver, tout comme pour les plants maintenus à l'extérieur, les niveaux de concentration des tissus des plants entreposés n'ont que peu varié. Au printemps, contrairement aux semis maintenus à

l'extérieur et qui présentaient une activité de débournement visible, particulièrement les pins, les plants entreposés n'ont reçu aucun stimulus extérieur (température, lumière) permettant l'amorce des processus de synthèse des acides (LEWIS et SMITH 1967) et des polyols. Les profils linéaires de ces deux groupes – acides et polyols – confirment aussi que, du début de la dormance hivernale jusqu'à la phase de débournement des plants, cette fraction soluble ne semble pas utilisée par le semis pour la respiration ou d'autres activités cellulaires.

Au cours de cette étude, les fractions FGS et raffinose dans les tiges et dans les racines ainsi que l'amidon exclusivement dans les racines, sont demeurés les plus dynamiques, tant pendant l'accumulation d'automne, en association avec l'aoûtement des plants, que dans les phénomènes de dégradation (respiration) au cours de l'hiver. Pour les plants du traitement témoin (extérieur) tant chez l'épinette noire que chez le pin gris, on observe un profil évolutif caractéristique des concentrations : accroissement accéléré à partir du milieu de l'automne (peut-être demande métabolique < produit de la photosynthèse), plafonnement des réserves au début de l'hiver et baisse progressive jusqu'au printemps (demande métabolique > produit de la photosynthèse $\approx$ 0) (RITCHIE 1982, OMI 1991).

Ces observations rejoignent celles d'autres chercheurs (KRUEGER et TRAPPE 1967, SAUTER et KLOTH 1967, POMEROY et SIMINOVITCH 1969, GLERUM et BALATINECZ 1980, BONICEL *et al.* 1987, LAMBANY et LANGLOIS 1988, ALBERDI *et al.* 1989) mais contredisent les résultats obtenus par CANNELL *et al.* (1990) qui démontraient de faibles variations de concentration des TNC (glucides totaux non structuraux) dans les tissus des plants d'épinette de Sitka et de douglas taxifolié. L'étude détaillée de chacun des glucides (non présentée à la section résultats) confirme que les formes autant réductrices (fructose et glucose) que non réductrices (saccharose et raffinose) participent au processus d'accumulation et de respiration dans les tissus (tiges et racines). En concentration totale cependant, les glucides non réducteurs demeurent les plus importants.

L'analyse comparée des profils de concentration des plants entreposés (octobre; novembre) avec ceux des plants témoins indique que l'entreposage modifie le cycle évolutif des concentrations de certains glucides. En premier lieu, dans la portion tige, la mesure de concentrations inférieures en FGS et en raffinose chez les plants du traitement d'octobre à partir de novembre renforce l'hypothèse d'un arrêt, au moment de la mise en chambre froide, du processus normal d'accumula-

tion de ces deux familles de glucides (PUTTONEN 1986). Par contre, dans les tiges des plants entreposés en novembre, l'écart demeure plus faible, voire nul dans certains cas, entre les concentrations dans les tissus des plants des traitements témoin et de novembre (figures 6 et 7). Cette situation indique que le mois supplémentaire passé à l'extérieur par les plants du traitement de novembre leur a permis d'accumuler des FGS et du raffinose, réduisant d'autant les écarts de concentration de ces deux groupes de glucides entre les plants témoin et ceux entreposés en novembre, lors de l'échantillonnage de janvier.

Dans les tiges, comme l'indiquent les profils d'analyse, notamment au niveau des interpolations, les FGS et le raffinose continuent à s'accumuler même après l'entreposage. Ces résultats ont déjà été observés par SAUTER et KLOTH (1987). Ces auteurs signalent que le saccharose et certains galactosides, en l'absence de lumière, présentent une abondante accumulation, processus associé à des réactions rapides des plants au froid. Ce phénomène est encore plus accentué dans les racines des plants entreposés en novembre (figures 6b et 6d) et où les concentrations s'accroissent au-delà même de celles observées chez les plants du traitement témoin. LOESCHER *et al.* (1990) ont démontré que les racines demeurent un des organes les plus importants pour l'accumulation des glucides non structuraux (TNC). L'entreposage effectué à une période spécifique de l'automne semble donc amplifier ce phénomène, au moins pour la fraction FGS.

On observe un deuxième phénomène intéressant dans l'étude comparative des glucides. Indépendamment de l'essence, les valeurs de concentration maximale de chaque groupe ne sont pas atteintes à la même période. Ainsi, dans la portion tige, les FGS plafonnent à la fin de janvier; quant au raffinose, il atteint des valeurs maximales dès novembre. Dans la portion racine, les tendances sont semblables à celles des tiges sauf pour les FGS et l'amidon du traitement d'octobre qui plafonnent, le premier en novembre et le second dès octobre. Un processus important de *sink* amidon/raffinose/FGS, déjà observé par SAUTER et KLOTH (1987), semble avoir eu lieu au cours de cet essai. Les résultats tendent à démontrer que dès leur mise en boîte, les plants entreposés hydrolisent d'abord l'amidon (n-glucose) afin de réaliser certaines interconversions dès le mois d'octobre (plants entreposés en octobre) ou de novembre (plants entreposés en novembre); puis le raffinose, dès novembre, peut lui-même être utilisé dans certaines interconversions, ce qui pourrait expliquer l'accumulation des FGS de novembre à janvier. Cette tendance semble renforcée

par le fait que les fractions raffinose (tiges et racines) et amidon (racines) présentent un taux d'utilisation élevé de novembre à février (MCCRACKEN 1979, RITCHIE 1982, OMI 1991), contrairement aux FGS qui présentent un taux d'utilisation assez constant tout au cours de la période hivernale. Par contre, les faibles variations de concentration en amidon observées dans les tiges des deux essences confirment, comme plusieurs auteurs l'ont déjà mentionné (KRUEGER et TRAPPE 1967, GLERUM et BALATINECZ 1980, ERICSON 1984), que la partie aérienne accumule peu ce glucide; un *sink* important vers le bas favorise plus significativement l'accumulation de l'amidon dans les racines au cours de l'automne.

Troisième phénomène intéressant : les cinq groupes de glucides maintiennent globalement un seuil minimal de concentration de 2 %, à l'exception du raffinose. Ce trisaccharide (figures 7a à 7d) présente des niveaux presque nuls de concentration au début de l'automne lors de la phase d'endurcissement des plants et au printemps au moment du débourrement avec, entre ces deux périodes, une période intense de synthèse et de respiration. Dans cette étude, les concentrations résiduelles plus importantes en mai du raffinose dans les tissus de l'épinette noire des plants entreposés (octobre : 2,69R,2,05T; novembre : 3,74R,4,31T), par comparaison à celles des plants maintenus à l'extérieur (0,29R,0,53T), pourraient peut-être expliquer le retard dans le débourrement des deux essences, phénomène particulièrement étudié par RITCHIE (1984); BONICEL *et al.* (1990), chez le peuplier, ont mis en évidence l'importance de ce trisaccharide en période de post-dormance. Par contre, les faibles différences de concentration en raffinose entre les traitements n'expliquent pas les retards importants dans le débourrement, observés dans les lots de plants de pin gris entreposés.

Bien que les résultats des mesures concernant la respiration ne reflètent que l'utilisation des fractions glucidiques et que le nombre de récoltes (janvier-mars; mars-mai) n'a pas été suffisant pour mieux tracer les profils dynamiques de ce paramètre, plusieurs tendances corroborent les résultats obtenus par d'autres chercheurs. L'analyse détaillée de la respiration au cours des périodes janvier-mars et mars-mai confirme, de façon moins accentuée, les résultats de MCCRACKEN *et al.* (1979) sur le pin *mugho* et le pin *radiata*, où les auteurs observaient un taux de respiration plus élevé au début de la période d'entreposage, puis un ralentissement de celui-ci par la suite. CANNELL *et al.* (1990) ont obtenu des résultats semblables chez l'épinette de Sitka et le douglas taxifolié. Dans notre étude, cette tendance ne se confirme pas dans les racines du pin gris entreposé en

octobre et en novembre ainsi que dans celle de l'épinette entreposée en novembre, où l'on note plutôt un accroissement de la respiration de mars à mai (tableau 7). Dans des études respectives sur le douglas taxifolié d'une part et sur le pin rouge et l'épinette blanche d'autre part, RITCHIE (1982) et VAN DEN DRIESCHE (1979) ont établi respectivement à 0,44 (entreposage de 4 mois à -1 °C) et 0,43 mg.g⁻¹ par jour (entreposage de 3-4 mois à -0,5 °C) le catabolisme des glucides dû à la respiration des plants. Parallèlement, DEANS *et al.* (1990) ont enregistré sur *Picea sitchensis* une dégradation de 0,3 mg.g⁻¹ par jour (entreposage de trois mois). Dans la présente étude, les taux plus faibles enregistrés chez les deux essences peuvent s'expliquer en partie par le maintien des plants à des températures inférieures (-2 °C) et par une période d'entreposage beaucoup plus longue, facteurs qui peuvent ralentir le métabolisme du plant. OMI (1991) précise que l'essence, la date d'extraction à l'automne, le tissu analysé, la température de la chambre froide et la durée d'entreposage ont tous un impact sur la respiration des cellules. L'analyse détaillée de la respiration au cours de l'hiver confirme la sensibilité du pin gris en relation avec la date d'entreposage. Les faibles valeurs enregistrées au cours de la période janvier-mai (0,05 mg.g⁻¹.jour) dans la fraction tige de cette essence mise en boîte en octobre, semblent indiquer que dès l'entreposage, ces plants n'avaient pas atteint les qualités morphologiques et physiologiques nécessaires à assurer aux tissus le maintien adéquat des fonctions métaboliques. Un lien demeure actuellement à développer entre les symptômes de dépérissement observés sur la portion tige de cette essence (mortalité du bourgeon terminal, rougissement, etc. : LAMBANY 1993) et les faibles taux de respiration observés. D'un autre côté, les résultats adéquats obtenus pour ce paramètre dans les racines, toujours chez le pin, sont reflétés par une capacité de croissance racinaire (CCR) comparable à celle des plants du traitement témoin (LAMBANY 1993). Avec une activité respiratoire plus de deux fois supérieure, les plants de pin gris entreposés en novembre ont présenté une CCR supérieure à celle des plants entreposés en octobre (LAMBANY 1993).

Peut-on cependant expliquer, à partir du suivi de ces cinq familles de glucides, la faible performance (bourgeons avortés et rougissement des aiguilles) des tiges de plants de pin gris (LAMBANY 1993) entreposés en octobre alors que la portion racinaire a présenté parallèlement un développement normal ? Les faibles différences de concentration en raffinose et en amidon dans les tiges du pin gris des trois traitements (témoin, octobre, novembre) peuvent difficilement expliquer le rendement inadéquat des plants entreposés en octobre. Par contre, si on compare entre elles les

fractions FGS-tiges du pin gris et de l'épinette noire (figure 9), le traitement d'octobre du pin gris présente des niveaux de concentration près de trois fois moins élevés par rapport aux autres. Ce rapport demeure sensiblement le même entre les concentrations en FGS des traitements d'octobre et témoin. Techniquement, lors des tests de débourrement des semis (LAMBANY 1993), les symptômes de dessèchement et de rougissement des aiguilles ainsi que les taux élevés de mortalité des bourgeons ne sont apparus qu'à la dernière récolte de mai, reflétant peut-être un seuil critique de concentration au-delà duquel le plant ne peut plus maintenir adéquatement ses fonctions métaboliques. Dans ses études sur le pin sylvestre (*Pinus sylvestris*), PUTTONEN (1986) a confirmé qu'un seuil de référence de 2 % en concentration de glucose devrait être atteint, seuil en-deçà duquel des changements progressifs peuvent apparaître sur le plant. Dans l'essai réalisé sur le pin gris entreposé en octobre, ce seuil a été maintenu jusqu'en mars (figure 9) pour diminuer par la suite jusqu'à 1,4 % en mai, situation pouvant expliquer l'apparition des symptômes de dommages foliaires observables à l'inventaire de mai uniquement. Par contre, la partie racine des mêmes plants, avec des concentrations maximales de 4,4 % à la récolte de mai, a présenté une croissance adéquate, équivalente à celle des plants du traitement témoin (concentration de 3,5 %).

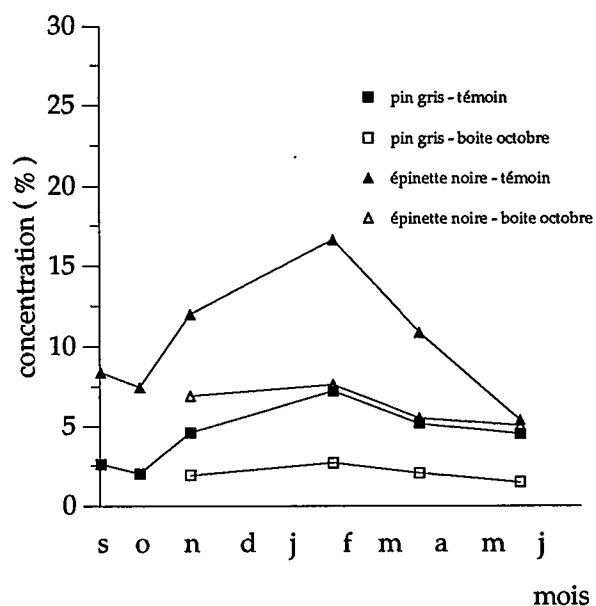


Figure 9. Comparaison des profils de concentrations de FGS (%) dans les tiges du pin gris et de l'épinette noire en fonction de deux modes d'hivernage

Conclusion

Cet essai sur l'entreposage prolongé de semis d'épinette noire et de pin gris avait pour but d'étudier spécifiquement la dynamique physiologique de constituantes moléculaires présentes dans les tissus en période d'endurcissement et de dormance hivernale : les glucides solubles et l'amidon.

L'étude, réalisée sur une période de neuf mois, a permis de démontrer que certaines fractions glucidiques sont peu sensibles aux effets de l'entreposage (acides et polyols en particulier) alors que les autres groupes (FGS, raffinose et amidon) présentent des profils de concentration modifiés par comparaison aux plants maintenus sous couvert de neige. Le suivi des concentrations ($\mu\text{g}/\text{mg}$) a permis de préciser que l'entreposage précoce en octobre arrête le processus normal de réduction des acides et bloque ou ralentit l'accumulation des fractions FGS, raffinose et amidon (racines); par contre, l'entreposage de novembre amplifie ce même processus, plus particulièrement dans la portion FGS (racines), au-delà même des concentrations observées dans les tissus des plants du traitement témoin (extérieur).

De façon générale et exception faite des plants entreposés en octobre, les résultats des taux de respiration des plants entreposés demeurent adéquats et comparables à ceux qu'ont colligés d'autres chercheurs dans des études semblables. Cette partie de l'étude confirme que les tiges des plants de pin gris entreposés précocement présentent une intensité respiratoire anormalement basse, situation absente chez l'épinette noire.

Plus spécifiquement, l'étude confirme que les fractions glucidiques plus importantes en concentration (FGS, raffinose et amidon) présentent une dynamique caractéristique qui leur est propre et dans laquelle les maximums d'accumulation ne sont pas superposés. Cette observation renforce l'hypothèse qu'un important processus d'interconversion amidon $\leftrightarrow$ raffinose $\leftrightarrow$ FGS a lieu tout au cours de la période d'entreposage, processus qui semble renforcé par le fait que certaines fractions glucidiques sont synthétisées et dégradées plus intensivement (amidon, raffinose) que d'autres (FGS).

Dans le même essai mais touchant plus l'aspect morphologique des plants, LAMBANY (1993) a montré que chez le pin gris, l'entreposage précoce du pin gris en octobre se traduit par un effet délétère important à la fin de la période d'entreposage. L'étude détaillée des glucides solubles semble confirmer l'hypothèse qu'un seuil minimal doit être maintenu, plus spécifiquement dans la portion foliaire au printemps, cette valeur étant dépendante du niveau de « recharge » atteint l'automne précédant, au moment de l'entreposage. Dans le but de confirmer ou d'infirmer cette hypothèse, un essai plus détaillé, devrait être réalisé sur deux essences de pin et deux essences d'épinette entreposées à intervalles de deux semaines, d'octobre à décembre; une quantification de glucides et un suivi du débourrement des plants permettraient de mieux corréler, s'il y a lieu, les contenus en glucides et la qualité morphologique des plants.

Bibliographie

- ALBERDI, M., L. MEZA-BASSO *et al.*, 1989. *Seasonal changes in carbohydrate content and frost resistance of leaves of Nothofagus species*. *Phytochemistry* 28(3) : 759-763.
- BONICEL, A., G. HADDAD *et* J. GAGNAIRE, 1987. *Seasonal variations of starch and major soluble sugars in the different organs of young poplars*. *Plant Physiol. Biochem.* 25(4) : 451-459.
- BONICEL, A., N. VERÇOSA *et* M. RAPOSO, 1990. *Variation of starch and soluble sugars in selected sections of poplar buds during dormancy and post-dormancy*. *Plant Physiol. Biochem.* 28(5) : 577-586.
- CANNELL, M.G.R., P.M. TABBUSH, J.D. DEANS *et al.*, 1990. *Sitka spruce and Douglas fir seedlings in the nursery and in cold storage : root growth potential, carbohydrate content, dormancy, frost hardiness and mitotic index*. *Forestry (Oxford)* 63(1) : 9-27.
- CRANSWICK, A.M., D.A. ROOK *et* J.A. ZABKIEWICZ, 1987. *Seasonal changes in carbohydrate concentration and composition of different tissue types of Pinus radiata trees*. *New Zealand Journal of Forestry Science* 17 : 229-245.
- DEANS, J.D., C. LUNDBERG, P.M. TABBUSH, M.G.R. CANNELL, D.L.J. SHEPPARD, *et* M.B. MURRAY, 1990. *The influence of desiccation, rough handling and cold storage on the quality and establishment of Sitka spruce planting stock*. 63 : 129-141.

- ERICSSON, A., 1984. *Effects of low temperature and light treatment following winter cold storage, on starch accumulation in Scots pine seedlings*. Can. J. For. Res. 14 : 114-118.
- GLERUM, C., et J.J. BALATINECZ, 1980. *Formation and distribution of food reserves during autumn and their subsequent utilization in jack pine*. Can. J. Bot. 58 : 40-53.
- KRUEGER, K.W. et J.M. TRAPPE, 1967. *Food reserves and seasonal growth of Douglas-fir seedlings*. Forest Science 13 : 192-201.
- LAMBANY, G. 1994. *La dynamique morphologique et physiologique de plants soumis à un entreposage de longue durée*. Gouv. du Québec, min. des Ressources naturelles, Dir. de la rech. for. Mémoire de recherche forestière n° 114 (à paraître).
- LAMBANY, G. et C.-G. LANGLOIS, 1988. *Métabolisme des sucres au cours des périodes d'endurcissement, de dormance hivernale et de désendurcissement*. Dans : Troisième atelier québécois sur la culture des plants forestiers en récipient, Chicoutimi, novembre. Gouv. du Québec, min. de l'Énergie et des Ress., S. du transfert de technologie : 215-229.
- LEWIS, D.H., et D.C. SMITH, 1967. *Sugar alcohols (polyols) in fungi and green plants I. Distribution, Physiology and metabolism*. New Phytol. 66 : 143-184.
- LOESCHER, W.H., T. MCCAMANT et J.D. KELLER, 1990. *Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots*. Hortscience 25 : 274-281.
- MARSHALL, J.D., 1985. Dans : Durya, M.L. (éd.) 1985. *Proceedings : Evaluating seedling quality : principles, procedures, and predictive abilities of major test*. Workshop held October 16-18, 1985. Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis : 49-58.
- MCCRACKEN, I.J., 1979. *Changes in the carbohydrate concentration of pine seedlings after cool storage*. N.Z.J. For. Sci. 9(1) : 34-43.
- OMI, S.K., 1991. *Effects of fall lifting and long-term freezer storage on ponderosa pine seedling physiology and quality*. Thèse de doctorat, Oregon State University, Corvallis. 205 p.
- POMEROY, M.K., D. SIMINOVITCH et F. WIGHTMAN, 1969. *Seasonal biochemical changes in the living bark and needles of red pine (Pinus resinosa) in relation to adaptation to freezing*. Can. J. Bot. 48 : 953-967.
- PUTTONEN, P., 1986. *Carbohydrate Reserves in Pinus sylvestris seedling needles as an attribute of seedling vigor*. Scand. J. For. Res. 1 : 181-193.
- RITCHIE, G.A., 1982. *Carbohydrate reserves and root growth potential in Douglas-fir seedlings before and after cold storage*. Can. J. For. Res. 12 : 905-912.
- RITCHIE, G.A., J.R. RODEN et N. KLEYN, 1985. *Physiological quality of lodgepole pine and interior spruce seedlings : effects of lift date and duration of freezer storage*. Can. J. For. Res. 15 : 636-645.
- RITCHIE, G.A., 1984. *Effect of freezer storage on bud dormancy release in Douglas-fir seedlings*. Can. J. For. Res. 14 : 186-190.
- SAUTER, J.J. et S. KLOTH, 1987. *Changes in carbohydrates and ultrastructure in xylem ray cells of Populus in response to chilling*. Protoplasma 137 : 45-55.
- VAN DEN DRIESSCHE, R., 1979. *Respiration rate of cold-storage nursery stock*. Can. J. For. Res. 9 : 15-18.
- VEILLEUX, L., D. ST-ARNEAULT, S. MERCIER et G. LAMBANY, 1992. *Techniques d'analyses des composés physiologiques employées dans la Division de R-D sur les semences, boutures et plants. Guide d'utilisation, revu et augmenté*. Gouv. du Québec, min. des Forêts, Dir. de la rech., S. de l'amélioration des arbres. 89 p.

Pour rencontrer les objectifs de son programme de reboisement, le ministère des Ressources naturelles doit assurer, tous les printemps, la livraison de millions de plants. Comme cette opération engendre des problèmes spécifiques dans certaines régions, on privilégie l'entreposage de longue durée en chambre réfrigérée, à la fin de l'automne. Les conditions de température et d'humidité de l'entrepôt, la période d'extraction et le mode d'emballage ont cependant une incidence sur la qualité du plant. Le Ministère a donc entrepris des travaux de recherche et de développement visant à caractériser certains aspects de la physiologie des semis hivernés en chambre froide en vue d'optimiser cette technique et ultimement d'améliorer la qualité des plants.



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

ISBN 2-550-29634-6
ISSN 1183-3912
F.D.C. 161(047.3)(714)
L.C. SD 404

RN94-3085