RAPPORT FINAL **Programme d'aide à la recherche technologique (PART)**

Évaluation d'un nouveau paillis forestier biodégradable

PART 2002A029

Présenté à :

Programme d'aide à la recherche technologique
Service de la recherche et du développement
Direction de l'enseignement collégial
Ministère de l'Éducation

et

Spruce Falls inc.
Division St-Georges – Panneaux Tembec OSB

Préparé par :

CERFO
Centre collégial de transfert de technologie en foresterie
Martin Dupuis, ing.f., M.Sc.
Sébastien Meunier, ing.f., M.Sc
François Guillemette, ing.f., M.Sc.
Guy Lessard, ing.f., M.Sc.

Novembre 2003

© CERFO 2003-19

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES ..... **ii**
LISTE DES TABLEAUX ..... **iii**
REMERCIEMENTS ..... **iv**
PARTICIPANTS AU PROJET ..... **iv**
RÉSUMÉ ..... **v**

1. INTRODUCTION **1**

2. OBJECTIFS DU PROJET **2**
2.1 OBJECTIF GENERAL 2
2.2 OBJECTIFS SPECIFIQUES 2

3. METHODOLOGIE **3**
3.1 DISPOSITIF DE DRUMMONDVILLE 4
3.1.1 Description du site *4*
3.1.2 Dispositif expérimental *5*
3.2 DISPOSITIF DE ST-TITE-DE-MEKINAC 7
3.2.1 Description du site *7*
3.2.2 Dispositif expérimental *7*
3.3 DISPOSITIF DE ST-LUC-DE-VINCENNES 9
3.3.1 Description du site *9*
3.3.2 Dispositif expérimental *9*
3.4 ANALYSES STATISTIQUES 11
3.5 HYPOTHESES DE RECHERCHE 11

4. RESULTATS **12**
4.1 DISPOSITIF DE DRUMMONDVILLE 12
4.2 DISPOSITIF DE ST-TITE-DE-MEKINAC 13
4.3 DISPOSITIF DE SAINT-LUC-DE-VINCENNES 15

5. DISCUSSION **17**
5.1 EFFETS SUR LES PLANTS 18
5.1.1 État des plants *18*
5.1.2 Accroissement en hauteur des plants *18*
5.1.3 Accroissement en diamètre des plants *18*
5.2 PAILLIS TASSU™ 19
5.2.1 Persistance *19*
5.2.2 Détérioration *19*
5.2.3 Avantages et améliorations *19*
5.3 MANCHONS FORESTIERS FREEGRO® 20
5.3.1 Avantages *20*
5.3.2 Inconvénients *20*

6. RECOMMANDATIONS **21**

7. CONCLUSION **22**

RÉFÉRENCES **23**

RAPPORT FINANCIER **25**

Annexe 1 - Photos

LISTE DES FIGURES

Figure 1. La paillis Tassu™ 4
Figure 2. Le manchon forestier Freegro® 4
Figure 3. Dispositif expérimental installé à Drummondville. 6
Figure 4. Dispositif expérimental installé à Saint-Tite-de-Mékinac (Mauricie) 8
Figure 5. Dispositif de paillis à St-Luc-de-Vincennes (Mauricie). 10
Figure 6. Photo du dispositif de Drummondville. 26
Figure 7. Photo d'un plant et d'un paillis Tassu™ à Drummondville. 26
Figure 8. Photo d'un paillis gondolé par l'action de l'eau et du soleil à Drummondville. 27
Figure 9. Photo d'introduction de compétition dans la fente du paillis Tassu™ à Drummondville. 27
Figure 10. Photo de l'état de la compétition avant traitement à Saint-Tite-de-Mékinac. 28
Figure 11. Photo du dispositif de Saint-Tite-de-Mékinac. 28
Figure 12. Photo de manchons forestiers à Saint-Tite-de-Mékinac. 29
Figure 13. Photo d'un paillis Tassu™ au printemps 2003 à Saint-Tite-de-Mékinac. 29
Figure 14. Photo du dispositif de Saint-Luc-de-Vincennes. 30
Figure 15. Photo du dispositif de Saint-Luc-de-Vincennes. 30
Figure 16. Photo d'un paillis Tassu™ à Saint-Luc-de-Vincennes. 31
Figure 17. Photo de la pose des paillis Tassu™. 31
Figure 18. Photo d'un paillis cassé. 31

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. État des semis d'épinette noire après 1 saison de croissance à Drummondville 12

Tableau 2. Accroissement moyen des semis d'épinette noire à Drummondville après 1 saison de croissance. 12

Tableau 3. État des paillis après 1 saison de croissance à Saint-Tite-de-Mékinac 13

Tableau 4. État des manchons forestiers après 1 saison de croissance à Saint-Tite-de-Mékinac. 13

Tableau 5. État des semis d'érables à sucre après 1 saison de croissance à Saint-Tite-de-Mékinac..... 14

Tableau 6. Accroissement moyen des semis d'érable à sucre à Saint-Tite-de-Mékinac après 1 saison de croissance..... 14

Tableau 7. État des paillis après 1 saison de croissance à Saint-Luc-de-Vincennes. 15

Tableau 8. État des peupliers hybrides après 1 saison de croissance à Saint-Luc-de-Vincennes. 15

Tableau 9. Accroissement moyen des semis de peuplier hybride à Saint-Luc-de-Vincennes après 1 saison de croissance..... 16

Tableau 10. Résumé des principaux résultats et comparaison des prix des traitements 17

REMERCIEMENTS

Le Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc. (CERFO) tient à remercier le ministère de l'Éducation qui, par son *Programme d'aide à la recherche technologique* (PART), a apporté un soutien financier au projet *Évaluation d'un nouveau paillis forestier biodégradable*. Nos remerciements vont aussi à M. Denis Deshaies, ing.f. et M. François Bourassa, tech. for., de Tembec Division St-Georges pour leur collaboration au projet, de même qu'à M. Mathieu Ouellet, ing.f. du Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie pour sa participation à l'implantation du dispositif de Saint-Tite-de-Mékinac. Nous remercions aussi les propriétaires de boisés privés qui ont accepté l'installation de ces dispositifs expérimentaux sur leur propriété : la compagnie Tembec Division St-Georges pour le site de Saint-Luc-de-Vincennes et M. Raychand pour le site de Saint-Tite-de-Mékinac, de même que M. Pierre Jean pour le site de Drummnondville situé sur les terres du ministère des Ressources naturelles du Québec. Nos remerciements vont aussi au Cégep de Sainte-Foy pour sa contribution et son support tout au long du projet.

Enfin, nous remercions Mme Annie Lelièvre pour le traitement de texte et Mme Claire Roy pour la révision de ce rapport.

PARTICIPANTS AU PROJET

Centre collégial de transfert de technologie en foresterie (CERFO)

- Sébastien Meunier, ing.f., M.Sc.
- François Guillemette, ing.f., M.Sc.
- Guy Lessard, ing.f., M.Sc.
- Anick Patry, ing.f.
- Carl Thériault, tech. forestier
- Geneviève Daigle, tech. forestière
- Claude Fortin, stagiaire en aménagement
- Annie Fortin, stagiaire en aménagement
- Annie Lelièvre, technicienne de bureau

Cégep de Sainte-Foy

- Martin Dupuis, ing.f., M.Sc., professeur

Spruce Falls inc. - Division St-Georges – Panneaux Tembec OSB

- M. Denis Deshaies, ing.f.
- M. François Bourassa, tech.for.

Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie

- Mathieu Ouellet, ing.f.

RÉSUMÉ

Titre du projet : Évaluation d'un nouveau paillis forestier biodégradable

Nom des organismes partenaires : PART, Spruce Falls inc. - Division Saint-Georges – Panneaux Tembec OSB et FQRNT

Nom du collège : Cégep de Sainte-Foy

Nom du CCTT : Centre d'enseignement et de recherche en foresterie de Sainte-Foy inc.

Brève description du problème à résoudre

Depuis 2001, il est interdit d'utiliser des phytocides pour contrôler la végétation compétitrice en milieu forestier au Québec. Les intervenants forestiers qui doivent reboiser certaines portions de leur territoire se voient contraints de dégager mécaniquement leurs plantations. Cette technique est coûteuse et fastidieuse puisqu'elle doit être répétée pendant plusieurs années pour être pleinement efficace. À ce jour, plusieurs décident même de ne pas intervenir au risque de perdre des plants et de voir leurs plantations croître de façon ralentie.

Une technologie proposée pour remplacer le dégagement mécanique est le paillis Tassu™. Une technologie non polluante, biodégradable et donc socialement acceptable. Le paillis Tassu™ est une technologie européenne qui n'a pas été encore testée au Québec. Aussi, dans un dispositif, nous avons mis à l'essai un manchon forestier (Freegro®) pour protéger les plants contre la faune (campagnols, lièvres, chevreuils), car celle-ci abondait dans la région, et pour stimuler la croissance.

Brève description de la méthode utilisée

Le projet s'est déroulé sur trois sites différents : plantation de résineux (épinettes noires), plantation de feuillus (érables à sucre) et plantation de peupliers hybrides où la préparation de terrain et le type de végétation compétitrice variaient. Le principal problème commun aux trois sites était la compétition herbacée. L'étude visait (1) à mesurer l'efficacité et l'impact qu'aura le paillis Tassu™ sur la croissance et la survie des plants et (2) à mesurer l'efficacité de la technologie proposée par rapport à l'efficacité du dégagement mécanique, soit le traitement sylvicole le plus utilisé actuellement pour contrôler la végétation compétitrice. Pour ce faire, des données relatives aux paillis et à la croissance des plants ont été recueillies tout au long de l'expérience. De plus, nous avons profité de l'essai des manchons forestiers pour évaluer leurs impacts sur les plants.

Brève description des résultats obtenus

Le principal avantage du paillis Tassu™ est la facilité avec laquelle se fait son installation. Il a démontré un impact significatif sur l'accroissement en diamètre de toutes les essences à l'étude, à bien résister aux intempéries mais difficilement au vent sur un site. Aucun effet des paillis sur la croissance en hauteur n'a été noté. La période tardive de plantation, la courte saison de croissance et la très forte mortalité du bourgeon terminal sur tous les sites et pour tous les traitements sont des causes probables de cette absence de différence.

Les manchons forestiers (Freegro®) ont démontré un impact significatif sur la croissance en hauteur et en diamètre des plants d'érable à sucre. Les conditions climatiques à l'intérieur du manchon forestier expliquent ces accroissements supérieurs aux autres traitements. La période sur laquelle portait l'étude n'a pas permis de détecter de différence entre le dégagement et le paillis sur l'état et la croissance des plants. C'est pourquoi l'étude propose de poursuivre le suivi des dispositifs jusqu'à l'automne 2004.

1. INTRODUCTION

En 1998-1999 au Québec, plus de 10 000 hectares de forêt ont été arrosés à l'aide de pesticides chimiques dans le but de dégager la régénération naturelle ou artificielle de la végétation compétitrice (MRN 2000). Cette végétation concurrente présente une compétition féroce aux jeunes plantations et le contrôle de celles-ci devient une nécessité. En effet, plusieurs paramètres relatifs à l'état de santé et à la croissance des plants sont régulièrement associés à la quantité de végétation compétitrice. Par exemple, avec l'augmentation de la densité de la compétition, la croissance en diamètre et en hauteur des semis diminue, les concentrations en éléments foliaires décroissent et les dommages causés par les petits rongeurs augmentent (Ferm et al. 1994). En fait, les milieux libres de toute concurrence ont des disponibilités en eau et en nutriments plus grandes que les milieux enherbés.

Or, depuis 2001 le Gouvernement du Québec interdit l'utilisation des phytocides chimiques en milieu forestier en réponse à l'accroissement des préoccupations environnementales de la société. Ainsi, les méthodes chimiques devant être exclues des scénarios d'intervention, les gestionnaires de la forêt sont amenés à trouver et à évaluer scientifiquement des solutions de rechange respectueuses de l'environnement et socialement plus acceptables.

Depuis 2001, l'une des solutions utilisées par les industriels forestiers, en l'occurrence Spruce Falls inc., Division St-George, Panneaux Tembec OSB, pour tenter de pallier à l'interdiction du dégagement chimique est le dégagement mécanique. Cependant, une telle opération de dégagement est coûteuse et fastidieuse puisqu'elle doit souvent être répétée sur plusieurs années. De plus, on peut observer jusqu'à 20 % de mortalité accidentelle de plants lors de l'intervention parce que les travailleurs voient mal les plants qui sont dissimulés dans la végétation compétitrice. Considérant les coûts importants des solutions de rechange disponibles, Panneaux Tembec OSB préfère souvent ne pas intervenir avec, pour conséquences, un ralentissement de la croissance des plants et de hauts risques de mortalité.

La technologie proposée pour répondre aux besoins du partenaire en cause est un nouveau type de paillis forestier : le paillis Tassu™. À ce jour, ce nouveau paillis existe dans une seule dimension et n'a pas été encore testé sous les conditions québécoises. Le présent projet consiste donc à évaluer ses performances au champ et à mesurer ses impacts réels sur les jeunes plants.

2. OBJECTIFS DU PROJET

2.1 OBJECTIF GÉNÉRAL

- Évaluer l'efficacité d'un nouveau paillis biodégradable sur la croissance et la survie des plants.

2.2 OBJECTIFS SPÉCIFIQUES

- Mesurer l'effet du paillis sur différents types de plants : résineux, feuillus et peupliers hybrides.
- Comparer l'utilisation du paillis au dégagement mécanique.
- Comparer l'utilisation du paillis au manchon forestier Freegro®.

3. MÉTHODOLOGIE

Le paillis à l'essai est manufacturé par la compagnie United Colloïds et est connu sous le nom Tassu™. Il est fabriqué de vieux papiers, d'écorces moulues de merisier, de tourbe, de cendre et d'agglutinant naturel. Il est de forme triangulaire aux pointes fortement arrondies et fait, dans son sens le plus étroit, 420 mm (Figure 1).

Ce paillis innove par son caractère biodégradable, ce qui le distingue de la plupart des paillis sur le marché (Dumont 1995). Aussi et contrairement à tous les autres paillis, il ne nécessite aucun ancrage lors de l'installation. En effet, sa forme conique lui confère un aspect aérodynamique qui le rendrait extrêmement résistant aux vents. Or, il est reconnu que la pose des ancrages se veut l'étape la plus longue et la plus ardue lors de l'installation de telles technologies. L'absence de cette étape risque fort d'améliorer le rendement des travailleurs et le coût des opérations. D'ailleurs, ceux-ci verront leur travail davantage simplifié en raison de la constitution rigide du paillis qui facilite sa manipulation. Par ailleurs, à la première pluie, il épouse les formes du sol le rendant ainsi davantage résistant aux vents et inhospitalier pour les rongeurs qui normalement adorent faire leur nid sous les paillis (MacDonald et Helgerson 1990; Robitaille 1993). De plus, son design rainuré lui permet de collecter l'eau de pluie et de l'acheminer au plant.

Le paillis à l'essai a été expérimenté sur trois différents sites (Drummondville, Saint-Tite-de Mékinac, Saint-Luc-de-Vincennes) et avec trois types de plants différents (résineux, feuillus, peupliers hybrides). Les trois sites présentaient des caractéristiques et une compétition différentes qui permettront une évaluation approfondie du paillis.

En un endroit, à Saint-Tite-de-Mékinac, un traitement a été ajouté : le manchon forestier Freegro® (Figure 2). Il s'agit d'un tube fabriqué d'un filet à mailles fines (1 - 2 mm) ayant une hauteur de 118 cm et un diamètre de 15 cm. Il est tenu en place à l'aide d'un pieux de bois enfoncé dans le sol. Le manchon forestier empêche le broutage par les chevreuils et l'annelage par les campagnols des champs qui sont deux causes de mortalité importantes dans les jeunes plantations.

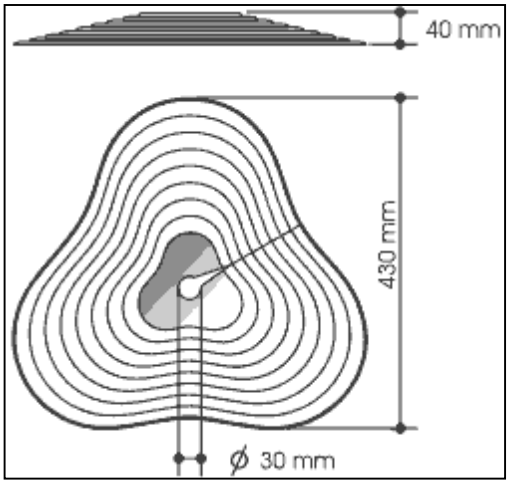


Figure 1. La paillis Tassu™

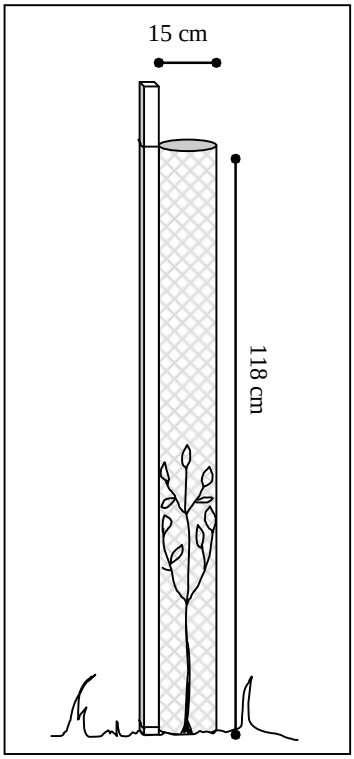


Figure 2. Le manchon forestier Freegro®

3.1 DISPOSITIF DE DRUMMONDVILLE

3.1.1 Description du site

Ce dispositif est situé à Drummondville (Latitude : 45°53'N; Longitude : 72°29'O) sur des terrains appartenant au ministère des Ressources naturelles du Québec. Le site, dont l'élévation est approximativement de 80 m reçoit chaque année plus de 875 mm de pluies et affiche normalement plus de 2066 degrés-jours (au-dessus de 5 °C) (Environnement Canada, 2002).

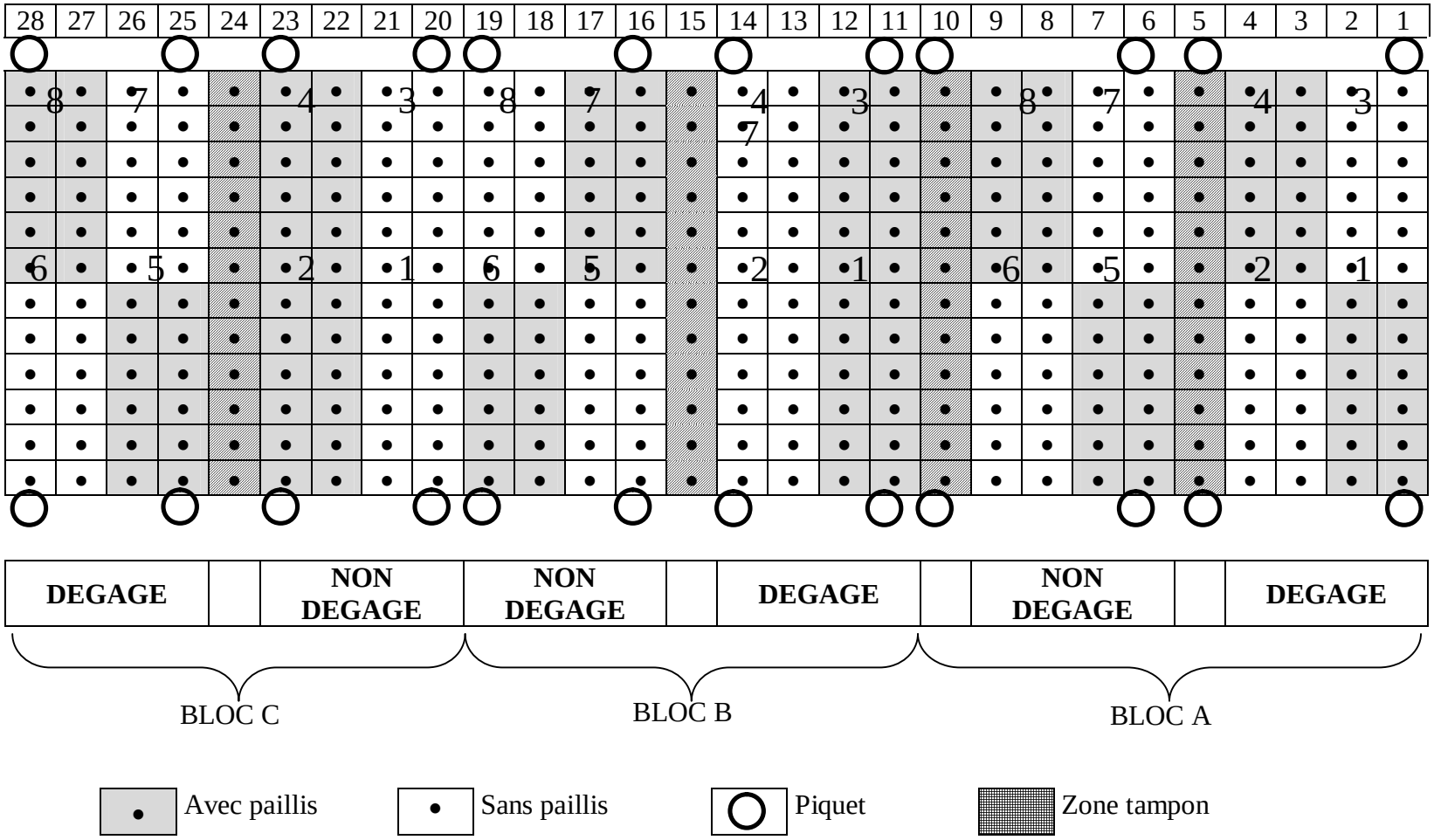
Le dispositif a été localisé sur une station où la texture est un sable loameux et où le drainage est imparfait (drainage 4) justifiant ainsi le reboisement en épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) BSP. La compétition présente est de type herbacée (carex, foin, etc.). La préparation de terrain a donc consisté en une tonte rase à l'aide d'un tracteur.

3.1.2 Dispositif expérimental

Les plants, reboisés le 16 juillet 2002, étaient des épinettes noires à forte dimension de la pépinière Pampev (Manseau, région des Bois-Francs). Le dispositif expérimental a été établi le 17 juillet 2002 selon un plan en tiroir (split-plot) composé de 3 blocs (Figure 3). Chaque bloc a été planifié pour recevoir 2 traitements de dégagement en parcelle principale (dégagée et non dégagée) et 2 traitements (paillis et sans paillis) répétés deux fois en sous-parcelle. Cependant, le traitement de dégagement n'a pu être réalisé sur ce site. Chaque sous-parcelle est composée d'une rangée de 12 plants. Entre les parcelles principales dégagées et non dégagées, une rangée de 12 plants est utilisée comme zone tampon. Au total, le dispositif contient donc 336 plants (3 blocs x 2 parcelles principales x 2 sous-parcelles x 2 répétitions des sous-parcelles x 12 plants + 4 rangées tampons de 12 plants).

Une tonte de la compétition a été réalisée sur l'ensemble du dispositif avant la mise en terre des plants. La hauteur et le diamètre au collet ont été mesurés immédiatement après l'installation du dispositif à l'été 2002. La hauteur initiale moyenne était de 58,1 cm et le diamètre moyen à la souche de 7,48 mm. Un suivi des plants (hauteur, diamètre, nombre de têtes, état du bourgeon terminal) et des paillis (présence/absence et taux de détérioration) a été effectué le 23 mai 2003. L'état des paillis a été évalué visuellement sur une échelle de 0 à 5 selon les classes suivantes : (0) paillis absent, (1) paillis intact, (2) paillis détérioré entre 0,1 et 5 %, (3) paillis détérioré entre 5,1 et 15 %, (4) paillis détérioré entre 15 et 50 %, et (5) paillis détérioré à plus de 50 %.

Figure 3. Dispositif expérimental installé à Drummondville



3.2 DISPOSITIF DE ST-TITE-DE-MÉKINAC

3.2.1 Description du site

Le second dispositif expérimental est localisé à Saint-Tite-de-Mékinac (Latitude : 46°44'N; Longitude : 72°34'O), au nord-ouest de Grand-Mère dans la région de la Mauricie. Il s'agit d'une friche herbacée abandonnée et cultivée jadis pour le fourrage. Les précipitations annuelles moyennes (pluies seulement) de l'endroit s'élèvent à 819 mm et le nombre de degrés-jours moyen annuel à 1815 (Environnement Canada, 2002).

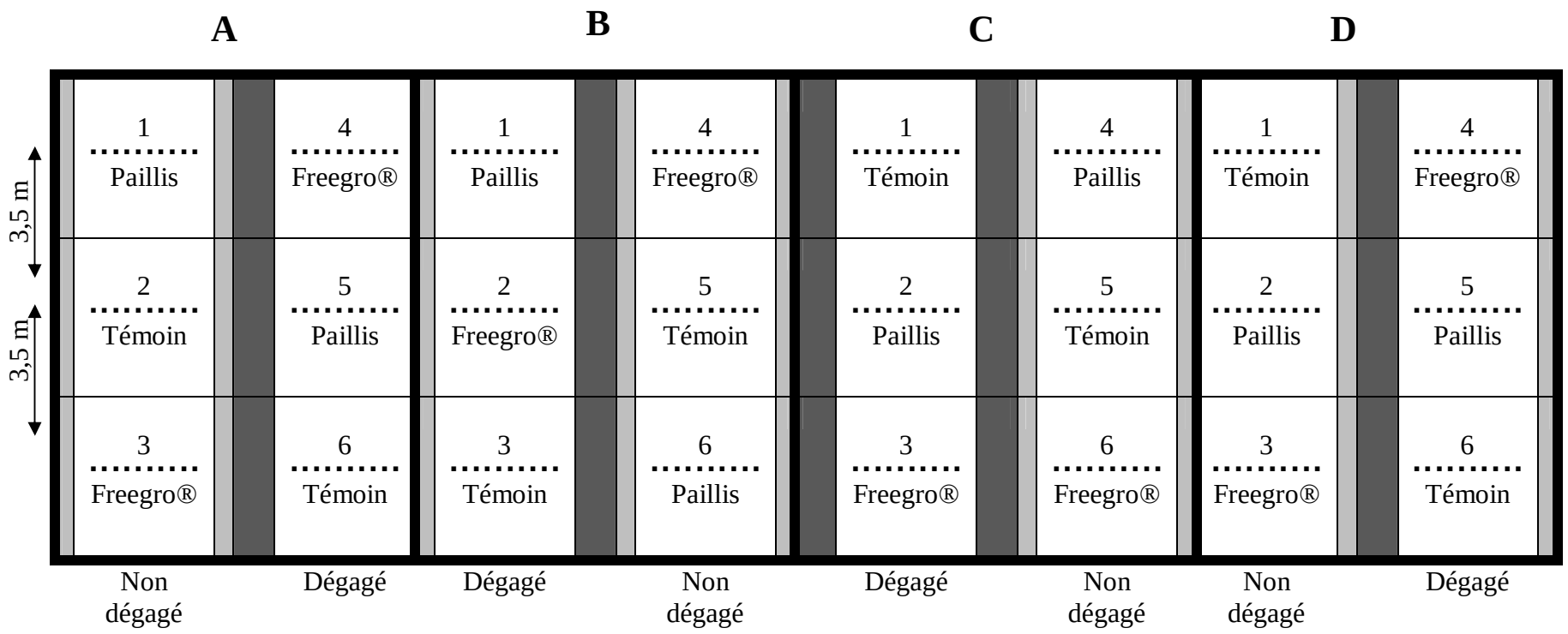
Sur ce site au drainage modéré, de texture loameuse et faiblement incliné (< 10°), la préparation de terrain a consisté en un labour et un hersage avec de l'équipement agricole. La compétition présente avant la préparation de terrain était principalement des plantes de fourrage (mil, foin, etc.) dont la hauteur faisait approximativement entre 60 et 80 cm. Les plantes compétitrices qui ont poussé après la préparation de terrain étaient plutôt du chou gras (*Chenopodium album* Linné), de la vesse jargeau (*Vicia Cracca* Linné) et du chiendent (*Agropyrons repens* Linné). Les plants utilisés pour cette expérience sont des érables à sucre (*Acer saccharum* Marsh.) en récipients (2-0) produits par la pépinière de Berthier. Ils ont été plantés à la pelle dès leur réception.

3.2.2 Dispositif expérimental

Ce dispositif expérimental a été établi le 12 juillet 2002 selon un plan en tiroir (split-plot) composé de 4 blocs (Figure 4). Chaque bloc est constitué de 2 traitements en parcelle principale (dégagé et non dégagé) et chaque parcelle principale contient 3 sous-parcelles (paillis, témoin et Freegro®). Chaque sous-parcelle est composée d'une rangée de 10 plants. Au total, le dispositif contient donc 240 plants (4 blocs x 2 parcelles principales x 3 sous-parcelles x 10 plants). Là où des parcelles dégagées et non dégagées étaient contiguës, une zone tampon de deux mètres a été laissée entre les parcelles.

La hauteur et le diamètre au collet ont été mesurés immédiatement après l'installation du dispositif à l'été 2002. La hauteur initiale moyenne était de 58,4 cm et le diamètre moyen à la souche de 5,09 mm. Une tonte de la compétition herbacée a été réalisée le 1er octobre 2002. Un suivi des plants a été réalisé le 22 mai 2003 selon les mêmes critères que le dispositif de Drummondville. Une évaluation des manchons forestiers a été ajoutée. Elle a été estimée de visu selon les trois classes suivantes : (0) tombé au sol, (1) inclinaison inférieure à 10°, et (2) inclinaison supérieure à 10°.

Figure 4. Dispositif expérimental installé à Saint-Tite-de-Mékinac (Mauricie)



3.3 DISPOSITIF DE ST-LUC-DE-VINCENNES

3.3.1 Description du site

Le troisième site est localisé sur les terrains de la compagnie Tembec-Spruce Falls à Saint-Luc-de-Vincennes dans la région de la Mauricie (Latitude : 46°29'N; Longitude : 72°25'O). Il y tombe approximativement 836 mm de pluie annuellement et le nombre de degrés-jours (au-dessus de 5°C) est de 1763 degrés-jours par année (Environnement Canada, 2002).

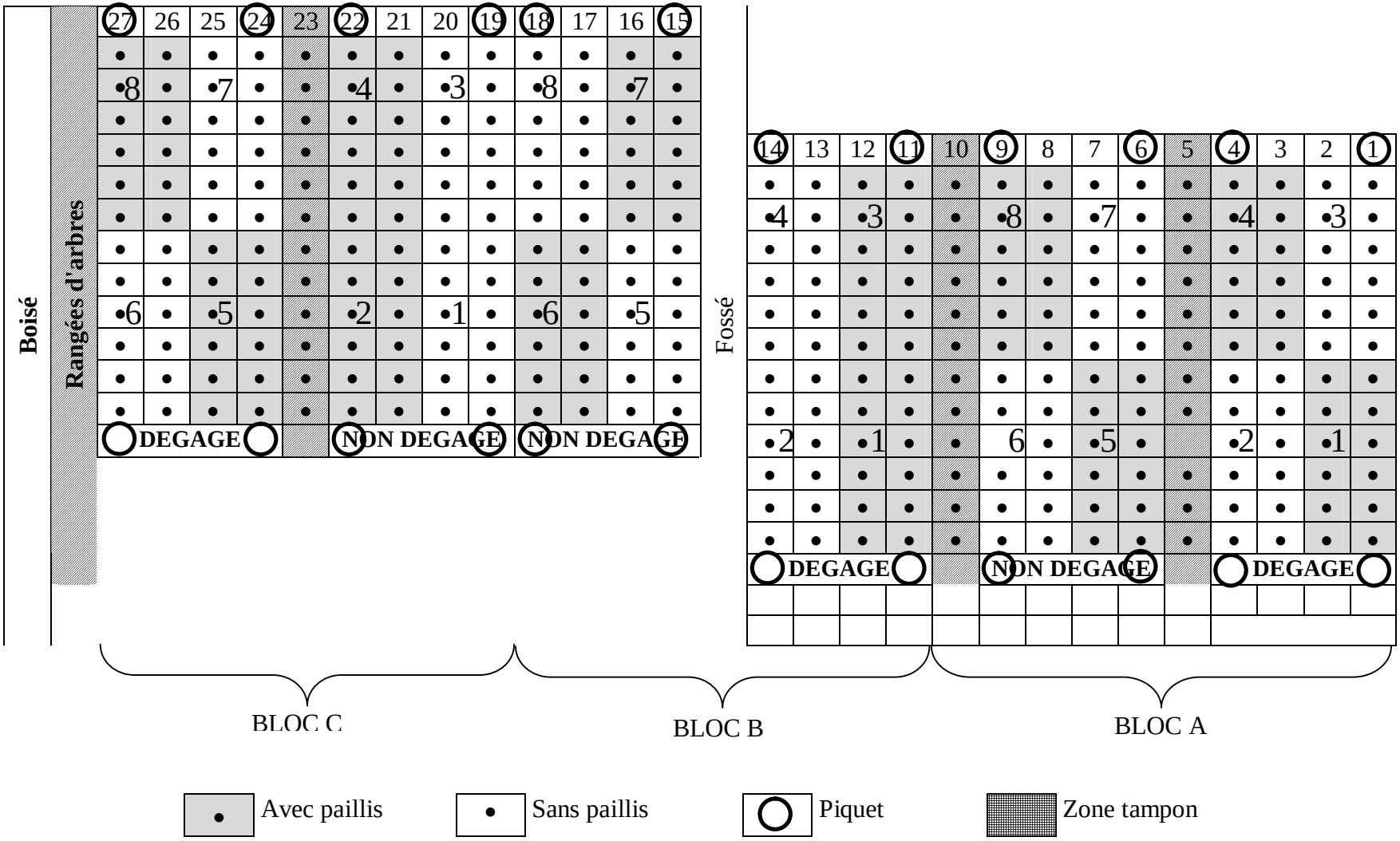
À l'origine, le site était une érablière mature sur un sable loameux avec un drainage imparfait (drainage 4). Les propriétaires ont coupé celle-ci et effectué un hersage agro-forestier pour préparer le terrain avant la plantation des peupliers hybrides (*Populus* sp). La compétition présente était de type herbacée. La grande majorité (approximativement 95 %) de celle-ci était composée de verge d'or (*Solidago* sp.) à 95 % alors que le reste (5 %) était principalement constitué de petite herbe à poux (*Ambrosia artemissiifolia* Linné), de vesse jargeau (*Vicia Cracca* Linné) et d'aster (*Aster* sp. Linné).

3.3.2 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental (Figure 5) a été établi selon un plan en tiroir (split-plot) composé de 3 blocs le 17 juillet 2002, alors que la plantation a été réalisée plus tôt au printemps. Chaque bloc est constitué de 2 traitements en parcelle principale (dégagé et non dégagé) et chaque parcelle principale contient 2 sous-parcelles (paillis et témoin) répétées 2 fois. Chaque sous-parcelle est composée de 2 rangées de 6 plants. Là où des parcelles dégagées et non dégagées étaient contiguës, une zone tampon d'une rangée de plants a été laissée entre les parcelles. Au total, le dispositif contient donc 324 plants (3 blocs x 2 parcelles principales x 2 sous-parcelles x 2 répétitions x 12 plants + 3 rangées tampons de 12 plants).

La hauteur et le diamètre au collet ont été mesurés immédiatement après l'installation du dispositif à l'été 2002. La hauteur initiale moyenne était de 191,9 cm et le diamètre moyen à la souche de 15,89 mm. Une coupe de la compétition herbacée a été réalisée à la fin août 2002. La tondeuse a démoli certains paillis; il est difficile de faire une bonne coupe sans risquer de toucher les paillis. Le suivi des plants a été effectué selon la même procédure que celle utilisée à Drummondville.

Figure 5. Dispositif de paillis à St-Luc-de-Vincennes (Mauricie)



3.4 ANALYSES STATISTIQUES

Des analyses de variance ont été effectuées sur les variables mesurées avec la procédure MIXED du logiciel SAS version 8 (Sas Institute 2001) afin de considérer les cas où les variances ne sont pas parfaitement homogènes. Pour les accroissements en diamètre et en hauteur, les mesures de 2002 ont été insérées dans le modèle comme covariable. Les différences ont été jugées significatives à un niveau de probabilité (p) de 5 %.

3.5 HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Les hypothèses de recherches à vérifier dans cette étude sont les suivantes :

1. Le dégagement a un effet sur la perte des paillis Tassu™ par le vent.
2. Le dégagement a un effet sur la détérioration des paillis Tassu™.
3. Le dégagement et le paillis Tassu™ affectent l'état des semis (mortalité, bourgeon terminal, rejet de souche et annelage).
4. Le dégagement et le paillis Tassu™ affectent les caractéristiques dendrométriques des semis (hauteur et diamètre à la souche).
5. L'effet du paillis Tassu™ sur la croissance des semis d'érable à sucre est moindre que celui du manchon forestier Freegro®.

4. RÉSULTATS

4.1 DISPOSITIF DE DRUMMONDVILLE

Les paillis sont demeurés en place dans une proportion de 97 % et les quelques paillis détériorés montraient un taux de détérioration minime, soit entre 0,1 et 5 %, pour un taux moyen de 0,1 %. Les semis d'épinette noire ont très bien survécu à la première saison de croissance. Les deux traitements présentent des taux de survie supérieurs à 96 % et aucun problème d'annelage ou de broutage n'a été observé (Tableau 1). Le principal problème noté est la sécheresse des bourgeons terminaux dans, en moyenne, 34 % des semis et ce, pour tous les traitements (différence non significative). Il est possible d'expliquer cette observation par un été 2002 particulièrement sec où il est tombé 30 % moins de pluie que la normale saisonnière ou par un gel hâtif à l'automne 2002. La seconde hypothèse semble plus réaliste car une sécheresse aurait causé davantage de mortalité.

Tableau 1. État des semis d'épinette noire après une saison de croissance à Drummondville

Traitements	État des semis		
	Vivants	Tête multiple ou cassée	Bourgeon terminal mort
	(%)		
Sans paillis	99	1	39
Avec paillis	97	1	28
Total	**98**	**1**	**34**

Le paillis Tassu™ a eu un effet significatif (p=0,0035) sur l'accroissement du diamètre à la souche des semis d'épinette noire (Tableau 2), mais pas sur la croissance en hauteur (p=0,5240). Les valeurs négatives observées pour l'accroissement au Tableau 2 peuvent être expliquées par la sécheresse des bourgeons terminaux, tel que mentionné précédemment. Une fois ceux-ci secs, un nouveau bourgeon, souvent latéral et plus bas, prend la tête et résulte en un plant momentanément moins haut.

Tableau 2. Accroissement moyen des semis d'épinette noire à Drummondville après une saison de croissance

Traitement	DHS (mm)	Hauteur (cm)
Témoin	1,1 ± 0,2 b	-0,9 ± 0,7 a
Paillis	1,6 ± 0,2 a	-1,2 ± 0,7 a

4.2 DISPOSITIF DE ST-TITE-DE-MÉKINAC

Dans la plantation d'érable à sucre, bien que le dégagement n'ait pas influencé significativement la perte de paillis (p=0,0634), il existe néanmoins une différence notable. En effet, dans les parcelles sans dégagement, les paillis sont restés en place dans seulement 58 % des cas alors que dans les parcelles dégagées, 72 % des paillis sont toujours présents (Tableau 3). Cette différence va à l'encontre des résultats attendus. Habituellement, les parcelles non dégagées favorisent le maintien des paillis car la compétition empêche le vent de se glisser sous le paillis et ainsi de le déplacer. L'une des explications avancées suggère que la compétition coupée soit tombée sur le paillis et l'ait ainsi protégé du vent.

En ce qui a trait à la détérioration des paillis, peu de paillis ont montré de signes de détérioration (Tableau 3). Cependant, et contrairement au site de Drummondville, les paillis touchés avaient perdus plus de 25 % de leur surface. Les paillis mouillés par la pluie et séchés deviennent cassants. Le poids de la neige scinde les paillis en deux et les rend particulièrement inefficaces à contrôler la végétation compétitrice (Figure 18).

Tableau 3. État des paillis après une saison de croissance à Saint-Tite-de-Mékinac

Traitements		État des paillis	
		Présence	Détérioration
		(%)	
Non dégagé	Sans paillis	-	-
	Avec paillis	58	6
Dégagé	Sans paillis	-	-
	Avec paillis	72	7

La majorité des manchons forestiers ont été complètement renversés peu importe le traitement (62,5 % vs 50 %, aucune différence significative). Bien que les pieux fixant le manchon forestier aient été plantés à presque 30 cm, il semble que le gel et le dégel du sol, de même que le vent, aient expulsé ceux-ci. Néanmoins, ce fait n'a eu que peu d'impact sur l'état des semis où plus de 98 % des plants sont toujours vivants dans toutes les combinaisons de traitements (Tableau 5). Le principal problème est encore la sécheresse des bourgeons terminaux qui a été observée à plus de 85 % dans tous les traitements.

Tableau 4. État des manchons forestiers après une saison de croissance à Saint-Tite-de-Mékinac

Traitement		État des manchons forestiers		
		Inclinaison < 10°	Inclinaison > 10°	Manchon renversé
		(%)		
Non dégagé	Manchon	10	62,5	27,5
Dégagé	Manchon	35	50	15

Tableau 5. État des semis d'érables à sucre après une saison de croissance à Saint-Tite-de-Mékinac

Traitements		État des semis		
		Taux de survie	Tête multiple ou cassée	Bourgeon terminal mort
		(%)		
Non dégagé	Manchon	98	0	87
	Sans paillis	100	3	93
	Avec paillis	98	0	92
	Total	**98**	**1**	**91**
Dégagé	Manchon	100	3	98
	Sans paillis	98	0	85
	Avec paillis	100	3	90
	Total	**99**	**2**	**91**

Les accroissements en diamètre à la souche des semis d'érable à sucre sont significativement affectés ($p<0,0001$) par la présence du paillis Tassu™ ou du Freegro® (Tableau 6). Les deux traitements augmentent la croissance en diamètre de 30 et 80 % respectivement par rapport au témoin. Cependant, seul le Freefro™ a un impact significatif positif ($p<0,0001$) sur l'accroissement en hauteur. Cet accroissement est significativement supérieur à celui engendré par le paillis (5,6 cm vs 0,3 cm respectivement).

Par ailleurs, le dégagement ($p=0,1073$ et $p=0,1705$, respectivement) et son interaction avec le paillis ($p=0,6944$ et $p=0,7441$, respectivement) n'ont pas eu d'effet significatif sur l'accroissement en diamètre et en hauteur.

Tableau 6. Accroissement moyen des semis d'érable à sucre à Saint-Tite-de-Mékinac après une saison de croissance

Traitement	DHS (mm)	Hauteur (cm)
Témoin	1,0 ± 0,2 c	-0,2 ± 1,5 b
Paillis	1,3 ± 0,2 b	0,3 ± 1,5 b
Freegro®	1,8 ± 0,2 a	5,6 ± 1,5 a

4.3 DISPOSITIF DE SAINT-LUC-DE-VINCENNES

Le dispositif de Saint-Luc a réagi de façon fort semblable à celui de Drummondville en ce qui a trait à l'état des paillis. C'est-à-dire qu'ils ont très bien résisté au vent (94 % des paillis en place), qu'ils sont très peu détériorés et que le dégagement n'a pas eu d'effet significatif (Tableau 7). De plus, aucun annelage ou broutage par la faune n'a été noté.

Tableau 7. État des paillis après une saison de croissance à Saint-Luc-de-Vincennes

Traitements		État des paillis	
		Présence	Détérioration
		(%)	
Non dégagé	Sans paillis	-	-
	Avec paillis	94	0,0%
Dégagé	Sans paillis	-	-
	Avec paillis	94	2,2

Les taux de survie des plants sont tous supérieurs à 90 % et peu de plants ont des têtes cassées ou multiples. Cependant, un pourcentage notable des plants (49 % et plus) ont un bourgeon terminal sec dans tous les traitements (Tableau 8, aucune différence significative). L'explication de cet état est la même que pour les autres sites.

Tableau 8. État des peupliers hybrides après une saison de croissance à Saint-Luc-de-Vincennes

Traitements		État des semis		
		Vivants	Tête multiple ou cassée	Bourgeon terminal mort
		(%)		
Non dégagé	Sans paillis	93	4	49
	Avec paillis	94	1	60
	Total	**94**	**3**	**55**
Dégagé	Sans paillis	91	0	66
	Avec paillis	93	0	63
	Total	**92**	**0**	**65**

Le paillis Tassu™ a eu un effet significatif (p=0,0456) sur l'accroissement du diamètre à la souche des plants de peuplier hybride (Tableau 9). Il a contribué à augmenter le diamètre de 20 % par rapport au témoin. En ce qui a trait à la croissance en hauteur, il n'y a pas eu d'effet significatif (p=0,9712). On observe même une diminution de la hauteur à cause de la mortalité du bourgeon terminal et du changement de leader qui s'en suit.

Le dégagement n'a pas eu d'effet significatif sur l'accroissement en diamètre (p=0,8202) et en hauteur (p=0,3958), tout comme l'interaction entre le dégagement et la présence de paillis (p=0,5523 et p=0,7753, respectivement).

Tableau 9. Accroissement moyen des semis de peuplier hybride à Saint-Luc-de-Vincennes après une saison de croissance

Traitement	DHS (mm)	Hauteur (cm)
Témoin	1,4 ± 0,2 b	-8,7 ± 5,9 a
Paillis	1,7 ± 0,2 a	-8,9 ± 5,9 a

5. DISCUSSION

Une synthèse des résultats des trois sites est présentée au tableau 10 afin de faciliter la lecture de la discussion.

Tableau 10. Résumé des principaux résultats et comparaison des prix des traitements[1]

Variable / Sites	Non dégagé[2]		Dégagé		Freegro®	Moyenne des sites
	Sans paillis	Avec paillis	Sans paillis	Avec paillis		
Persistance des paillis (%)						
Drummondville	-	97	-	-	-	97
Saint-Tite-de-Mékinac	-	58 a	-	72 a	-	65
Saint-Luc-de-Vincennes	-	94 a	-	94 a	-	94
Moyenne	-	83,7	-	86,7	-	82,2
Détérioration des paillis (%)						
Drummondville	-	0,1	-	-	-	0,1
Saint-Tite-de-Mékinac	-	6 a	-	7 a	-	6,5
Saint-Luc-de-Vincennes	-	0,0 a	-	2,2 a	-	1,1
Moyenne	-	2	-	3,1	-	2,55
Survie des plants (%)						
Drummondville	99 a	97	-	-	-	98
Saint-Tite-de-Mékinac	98 a	100 a	100 a	98 a	100	99,2
Saint-Luc-de-Vincennes	93 a	94 a	91 a	93 a	-	92,8
Moyenne	96,7	97	95,7	96	100	96,4
Croissance en diamètre (mm)						
Drummondville	1,1 ± 0,2 b	1,6 ± 0,2 a	-	-	-	1,4±0,2
Saint-Tite-de-Mékinac	1,0 ± 0,2 c	1,3 ± 0,2 b	1,0 ± 0,2 c	1,3 ± 0,2 b	1,8 ± 0,2 a	1,28± 0,2
Saint-Luc-de-Vincennes	1,4 ± 0,2 b	1,7 ± 0,2 a	1,4 ± 0,2 b	1,7 ± 0,2 a	-	1,6± 0,2
Moyenne	1,17	1,5	1,17	1,5	1,8	1,4
Croissance en hauteur (cm)						
Drummondville	-0,9 ± 0,7 a	-1,2 ± 0,7 a	-	-	-	-1,1
Saint-Tite-de-Mékinac	-0,2[a] ± 1,5 b	0,3 ± 1,5 b	-0,2[a] ± 1,5 b	0,3 ± 1,5 b	5,6 ± 1,5 a	1,2
Saint-Luc-de-Vincennes	-8,7 ± 5,9 a	-8,9 ± 5,9 a	-8,7 ± 5,9 a	-8,9 ± 5,9 a	-	-8,8
Moyenne	-3,3	-3,3	-3,3	-3,3	5,6	-2.8
Coût du produit ; contexte de l'expérience		**$1,69/unité**			**$4,40/unité**	
contexte opérationnel [3]		**$0,69/unité**			**ND**	

[1] Deux lettres différentes indiquent un effet significatif sur la variable pour un même site mais non pour des sites différents.

[2] Aucun effet significatif n'a été observé en ce qui a trait au dégagement.

[3] Le prix unitaire est très influencé par le coût de transport outremer. Le meilleur prix est obtenu pour chaque multiple de 55 000 paillis, ce qui représente un container de 40 pieds livré n'importe où au Québec. Source : UNITED COLLOIDS GMBH.

5.1 EFFETS SUR LES PLANTS

5.1.1 État des plants

Les taux de survie sont très bons et les problèmes de têtes sont négligeables pour tous les sites et toutes les combinaisons de traitements (Tableau 10). Il a été mentionné précédemment que le principal problème rencontré, en ce qui a trait à l'état de santé des plants, est la mortalité du bourgeon terminal probablement causée par un gel hâtif à l'automne 2002. Il n'a été observé aucun annelage ou broutage des plants et ce, peu importe le traitement. Un suivi sur plusieurs années permettra d'obtenir des conclusions plus précises à ce sujet.

5.1.2 Accroissement en hauteur des plants

Le dégagement de la compétition, son interaction avec le paillis et le paillis seul n'ont eu aucun effet significatif sur l'accroissement en hauteur sur les 3 sites (Tableau 10). D'ailleurs, l'accroissement en hauteur est difficile, voire impossible, à interpréter en raison des bourgeons terminaux séchés et des changements de leaders occasionnés. Aussi, la plantation tardive des semis n'a pas permis à ceux-ci de profiter pleinement des dégagements effectués. Les années à venir risquent de nous informer davantage sur les effets réels du dégagement et des paillis sur la hauteur des plants. Après moins d'une saison de croissance à l'étude, il faut être prudent dans l'interprétation de ces résultats.

Le seul traitement ayant eu un impact significatif sur l'accroissement en hauteur est le manchon forestier (Tableau 10). Il semble que les Freegro®, qui permettent une ventilation adéquate à l'intérieur du manchon, produisent des conditions favorables à la croissance en diamètre et en hauteur (Bergez et Dupraz 2000; Dupraz et Bergez 1999). La ventilation retrouvée à l'intérieur du Freegro® permet une meilleure assimilation et des températures favorables à la croissance.

5.1.3 Accroissement en diamètre des plants

Les paillis ont eu un effet significatif sur l'accroissement du diamètre au collet sur tous les sites (Tableau 10). L'augmentation est de 45 % à Drummondville, de 30 % à Saint-Tite-de-Mékinak et de 20 % à Saint-Luc-de-Vincennes. Quant aux manchons, l'augmentation en diamètre est supérieure à celle des paillis, soit de 80 % par rapport aux témoins. Les paillis ont pu contribuer à maintenir de meilleurs conditions hydriques sous le paillis et ainsi augmenter l'accroissement en diamètre. Les plants situés à l'intérieur des manchons sont moins exposés au stress hydrique causé par le vent et la température à l'intérieur du manchon est généralement plus propice à la croissance. Quelques études concluent d'ailleurs que le stress hydrique est lié à la croissance en diamètre et en hauteur (Aussenac 1985, 1993; Gordon 1989, Dupuis 1997).

5.2 PAILLIS TASSU™

5.2.1 Persistance

La perte moyenne des paillis varie de 3,5 à 35 % selon les sites et le dégagement n'a pas eu d'effets sur ces taux (Tableau 10). En général, les études utilisant des paillis biodégradables ont des taux de persistance frôlant le 100 % après une saison de croissance (Bélanger et Ruel 1996; Dupuis 1997). L'absence d'ancrage explique cette plus grande perte des paillis comparativement à d'autres paillis biodégradables qui sont, pour la plupart, ancrés. Le taux de persistance doit être considéré sachant qu'il ne s'agit là que des résultats suivants la première année.

Les pertes considérables observées à Saint-Tite-de-Mékinac sont probablement le résultat soit de l'orientation du dispositif par rapport aux vents dominants ou de la grande efficacité de la préparation de terrain précédant la plantation. En effet, le labour et le hersage ont complètement éliminé la végétation compétitrice et ont exposé davantage les paillis aux vents que les préparations de terrain des autres sites. Paradoxalement, nous avons observé que les paillis avaient un meilleur contact avec le sol à cet endroit en raison du type de milieu (friche herbacée) et de la préparation de terrain (labour et hersage). Les autres sites offraient un moins bon contact soit parce qu'on y retrouvait des débris ligneux ou parce que la préparation de terrain consistait en une simple tonte de la végétation compétitrice (herbacées).

5.2.2 Détérioration

Sur tous les sites, jamais plus de 6,5 % des paillis montraient des signes de détérioration (Tableau 10). Ce pourcentage est acceptable si on le compare à d'autres études où le taux de perforation ou de déchirure variait entre 9 et 40 % pour des paillis de fibres recyclée (Bélanger et Ruel 1996).

Cependant, nous avons observé que le cycle d'humidification et de sécheresse, subi tout au long de la saison, rend le paillis moins souple et plus susceptible de casser sous le poids de la neige. Dans ces cas, la morphologie du paillis et l'absence d'ancrage occasionnent automatiquement la perte d'une proportion importante du paillis (Figure 8 etFigure 18).

5.2.3 Avantages et améliorations

Le plus grand avantage du paillis Tassu™ est sans contredit la facilité avec laquelle il s'installe. L'absence d'ancrage réduit le temps d'installation et sa rigidité facilite son transport. Par exemple, dans la plantation de Saint-Luc-de-Vincennes, où la densité de plantation était approximativement de 1600 plants/ha, la productivité moyenne était de 72 paillis par personne par heure. Il n'est pas rare que la productivité lors de l'installation de paillis avec ancrage soit de ±30 paillis par personne par heure.

Le suivi à plus long terme devrait permettre de préciser l'efficacité réelle de ce paillis face à la compétition herbacée, ainsi que le potentiel réel d'augmentation du diamètre. Dans une plantation de résineux où la compétition est principalement composée de framboisier, Meunier *et al*. (2002)

ont observé que la dimension du paillis Tassu™ était insuffisante pour assurer le dégagement des plants. Contrairement à la plupart des herbacées, les arbustes tel que le framboisier peuvent recouvrir la surface du paillis même s'ils sont enracinés en bordure de celui-ci. L'augmentation de la superficie du paillis Tassu™ permettrait peut-être de régler ce problème. Les paillis de superficie plus petite que 1 m² permettent l'envahissement des racines des plantes adventices[4] sous le paillis et privent le semis de ressources hydriques et nutritives importantes (Davies 1988).

Cependant, l'augmentation de la superficie du paillis Tassu™ risquerait d'augmenter l'emprise du vent sur ce dernier et, ainsi, nécessiter un ancrage ou une densité (masse du paillis par unité de surface) plus élevée. D'ailleurs, cette augmentation de la densité du paillis pourrait aussi être bénéfique pour améliorer le contact avec le sol. Dans plusieurs cas, le paillis Tassu™ n'épousait pas la forme du sol, de sorte qu'un espace d'air existait entre le paillis et le sol. Cet espace peut permettre l'installation des plantes adventices et réduire le réchauffement du sol sous le paillis (Figure 8).

La fente laissée pour introduire le paillis fait approximativement 30 mm de largeur. Cet espace a permis, dans plusieurs cas, l'établissement de la végétation compétitrice (Figure 9). Il serait préférable que cet espace soit limité au minimum.

5.3 MANCHONS FORESTIERS FREEGRO®

5.3.1 Avantages

Les manchons ont significativement influencé la croissance en hauteur des plants d'érable à sucre. Ils ont permis aux semis de croître de plus de 5,6 cm, contrairement aux paillis qui ont permis un accroissement moyen de 0,3 cm. Les conditions climatiques favorables à l'intérieur des manchons forestiers sont probablement responsables de ces résultats.

Bien qu'il n'y ait pas eu de broutage observé sur le site, le manchon est susceptible de réduire les dommages causés par la faune.

5.3.2 Inconvénients

La pose des manchons forestiers est beaucoup plus longue que celle des paillis Tassu™. De plus, des manchons ont dû être remis en place à quelques occasions en raison de leur chute. Il faut porter une attention particulière à leur installation et fixer solidement le pieu qui le soutient et les tiges qui fixent le filet au pieu. Une mauvaise installation peut influencer la survie des semis, exposer les semis au broutage par la faune et causer la perte de la plantation.

La ventilation retrouvée à l'intérieur du Freegro® permet une meilleure assimilation et des températures favorables à la croissance. Toutefois, ces conditions pourraient favoriser un débourrage hâtif des semis au printemps. Si la température extérieure au manchon est encore trop basse au printemps, alors la pousse pourrait geler à sa sortie du filet.

[4] Adventice : Qui croit sur un terrain sans avoir été semé. Synonyme de végétation compétitrice.

6. RECOMMANDATIONS

1. Dans tous les dispositifs, nous recommandons la poursuite de l'entretien des dispositifs et le remesurage à l'automne 2004. Ceci permettra de vérifier si :

    - les effets du dégagement mécanique diffèrent significativement de ceux des paillis Tassu™ à moyen terme;
    - les bénéfices du paillis Tassu™ se maintiennent;
    - le manchon Freegro® est la technique la plus avantageuse parmi celles expérimentées.

2. Nous recommandons de tester une version améliorée du paillis Tassu™ qui aurait les propriétés suivantes :

    - dimension approximative de 1 m². Ce qui pourrait permettre d'augmenter le contrôle des plantes adventices de type herbacé et peut-être des arbustes tel que le framboisier, mais probablement pas des arbustes plus hauts tel que l'érable à épis;
    - densité plus élevée du paillis afin d'améliorer le contact avec le sol et de réduire les pertes par le vent;
    - réduction au minimum de la fente qui permet l'insertion des plants. Sa largeur de 30 mm permet l'introduction des plantes compétitrices et est suffisamment large par rapport au diamètre des semis (5 à 12 mm) pour lesquels un paillis peut être nécessaire. Idéalement, cette fente serait refermée après la pose du paillis.

3. Il est impératif de porter une attention particulière à la fixation des manchons forestiers Freegro® et de s'assurer que ceux-ci sont solidement ancrés dans le sol. Dans le cas contraire, ils risquent de se renverser sur le plant.

Après moins d'une saison de croissance, au cours de laquelle d'importantes pertes du bourgeon terminal ont été observées, les résultats ne permettent pas encore de recommander, ou de ne pas recommander, l'utilisation des paillis Tassu™, l'utilisation du manchon forestier de type Freegro® ou des travaux de dégagement dans des plantations semblables où la compétition est principalement herbacée.

7. CONCLUSION

L'étude a permis de constater, qu'en présence de compétition herbacée, le paillis Tassu™ avait des effets bénéfiques significatifs sur la croissance en diamètre des plants d'épinette noire, d'érable à sucre et de peuplier hybride après une saison de croissance. Cependant, il est impossible de conclure quant à l'effet du paillis sur la croissance en hauteur en raison de l'assèchement des bourgeons terminaux et de la courte saison de croissance. Il faut être prudent avec ces résultats qui ne couvrent qu'une seule saison de croissance.

De plus, la première saison n'a pas permis de détecter de différence significative entre le dégagement mécanique et le paillis. C'est pourquoi il serait avantageux de poursuivre l'entretien des dispositifs et de remesurer les plants à l'automne 2004, soit après trois saisons de croissance. Les effets réels du dégagement seraient alors plus marqués.

Le manchon forestier Freegro® a très bien performé en influençant significativement l'accroissement en hauteur et l'accroissement en diamètre des plants. Le matériel permettant une ventilation est probablement à l'origine de ces résultats. Par contre, le prix du Freegro® est plus du double de celui du paillis, sa pose est plus longue et il s'est renversé trop fréquemment.

Enfin, il est primordial de poursuivre les études sur les solutions de rechanges aux phytocides en milieu forestier. À ce jour, aucun moyen de contrôle de la végétation compétitrice n'a réussi à remplacer complètement l'utilisation de produits chimiques. Les nouveaux paillis comme le paillis Tassu™ sont des avenues de recherche importantes afin d'arriver à une solution acceptable pour les intervenants forestiers et la société.

RÉFÉRENCES

AUSSENAC, G. 1993. Déficits hydriques et croissance des arbres forestiers. Forêt-entreprise, 89: 40-47.

AUSSENAC, G et G. LÉVY 1983. Influence du dessèchement du sol sur le comportement hydrique et la croissance du chêne pédonculé (*Quercus pedunculata* Ehrl.) et du frêne (*Fraxinus excelsior* L.) cultivés en cases de végétation. Ann. Sci. For. 40(3):251-264.

BÉLANGER, C. et J.C. RUEL, 1990. Efficacité en milieu forestier du paillis de fibres cellulosiques CELLU-FIB de Cascades Multi-pro inc. Résultats après 3 ans de prise de données (1993 - 1995). Université Laval, 70 p.

BERGEZ, J.-E. et C. DUPRAZ, 2000. *Effect of ventilation on growth of Prunus avium L seedlings grown in treeshelters.* Agricutural and forest Meteorology, 104 : 199-214.

DAVIES, R. J. 1988. Sheet mulching as an aid to broadleaves tree establishment II. Comparaison of various sizes of black polythene mulch and herbicide treated spot. Forestry 61(2): 107-124.

DUMONT, M., 1995. Plantation de feuillus nobles : guide. Les Publications du Québec. 126 p.

DUPRAZ, C ET J.-E. BERGEZ, 1999. *Carbon dioxide limitation of photosynthesis of Prunus avium L. seedlings inside an unventilated treeshelter*. Forest ecology and management, 119 : 89-97.

DUPUIS, M. 1997. Plantation de feuillus de grande valeur en friche herbacée : impacts éco-physio-morphologiques de diverses méthodes de répression de la végétation. Mémoire de maîtrise, Faculté de foresterie et de géomatique, Université Laval, 223 p.

ENVIRONNEMENT CANADA, 2002. *Normales climatiques au Canada 1971-2000*, Le site du Canada, http://www.msc-smc.ec.gc.ca/, 28 novembre 2002.

FERM, A., J. HYTÖNEN, S. LILJA et P. JYLHÄ 1994. Effects of weed control on the early growth of Betula pendula seedlings established on an agricultural field. Scan. J. For. Res. 9:347-359.

GORDON, D. R., J. M. WELKER, J. M. MENKE et K., J. RICE 1989. Competition for soil water between annual plants and blue oak (*Quercus douglasii*) seedlings. Oecologia 79: 533-541.

McDONALD, P. M. et O. T. HELGERSON 1990. Mulches aid in regenerating California and Oregon forests: past, present and future. USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. PSW-123.19 p.

MEUNIER, S., A. PATRY et G. LESSARD, 2002. Plantation de thuya et d'épinette blanche pour habitat faunique. Évaluation après un an de l'utilisation du paillis Tassu™™. Centre collégial de transfert de technologie en foresterie. 16 p.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES 2000. Ressources et industries forestières. Portrait statistique. Édition 2000. Gouvernement du Québec. 64 p.

MINISTÈRE DES RESSOURCES NATURELLES 1994. Une stratégie : Aménager pour mieux gérer les forêts. Gouvernement du Québec. 197 p.

ROBITAILLE, D. 1993. Ce que vous devez savoir sur les paillis forestiers. Première partie. L'Aubelle 94: 9-10.

SAS INSTITUTE, 2001. SAS/STAT user's guide, release 8.0. SAS Institute, Inc. Cary, N.C.

SIIPILEHTO, JOUNI ET J. HYTÖNEN 1998. Effects of mulches on the growth and survival of seedlings in field afforestation. Third International Conference on Forest Management, Sault-Sainte-Marie, Ontario, Canada. Poster.
Http://www.metla.fi/hanke/3180/posteri/JoSi_ont_cover.htm.

ANNEXES (PHOTOS)

Figure 6. Photo du dispositif de Drummondville

Figure 7. Photo d'un plant et d'un paillis Tassu™ à Drummondville

Figure 8. Photo d'un paillis gondolé par l'action de l'eau et du soleil à Drummondville

Figure 9. Photo d'introduction de compétition dans la fente du paillis Tassu™ à Drummondville

Figure 10. Photo de l'état de la compétition avant traitement à Saint-Tite-de-Mékinac

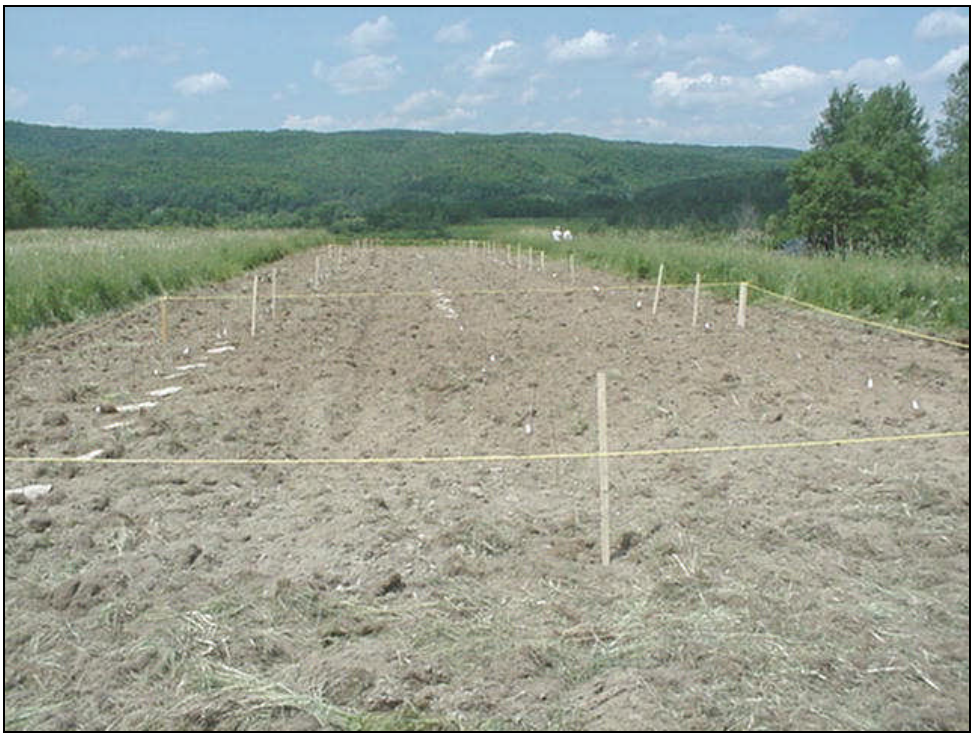


Figure 11. Photo du dispositif de Saint-Tite-de-Mékinac

Figure 12. Photo de manchons forestiers à Saint-Tite-de-Mékinac

Figure 13. Photo d'un paillis Tassu™ au printemps 2003 à Saint-Tite-de-Mékinac

Figure 14. Photo du dispositif de Saint-Luc-de-Vincennes

Figure 15. Photo du dispositif de Saint-Luc-de-Vincennes

Figure 16. Photo d'un paillis Tassu™ à Saint-Luc-de-Vincennes

Figure 17. Photo de la pose des paillis Tassu™

Figure 18. Photo d'un paillis cassé