
PROJET

Mise en place d'un dispositif expérimental pour tester l'impact de plusieurs traitements de préparation de terrain sur le peuplier hybride dans la sapinière à bouleau blanc du Saguenay-Lac-Saint-Jean

Projet no PMV1-02-07-1412

Rapport d'activités

Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier - Volet I

Par

Simon Bilodeau-Gauthier, M.Sc.
Université du Québec à Montréal

Pierre Gagné, ing.f., M.Sc.
Réseau Ligniculture Québec

David Paré, ing.f., Ph.D.
Service canadien des forêts
Centre de foresterie des Laurentides

Caroline Lavoie, ing.f.
Louisiana-Pacific Canada Ltd



Mars 2009



Table des matières

Introduction.....	1
1. Problématique et origine du projet.....	1
2. Objectifs du projet et territoire d'étude.....	2
3. Les étapes antérieures de réalisation du projet.....	2
3.1 Mise en place du dispositif expérimental.....	2
3.2 Mise en terre des plants de peuplier hybride	4
3.3 Mise en place des sous-parcelles.....	4
3.4 Implantation du réseau de placettes-échantillons	4
3.5 Mesure des indices de compétition.....	6
4. Travaux de l'été 2006.....	6
4.1 Dégagement des sous-parcelles et échantillonnage foliaire	6
4.2 Mesures de croissance	6
5. Résultats préliminaires 2006	7
5.1 Effet de la préparation de terrain sur la croissance.....	7
5.2 Effet de la préparation de terrain et du dégagement sur la croissance	9
5.3 Effet de la préparation de terrain sur le taux de mortalité.....	9
6. Travaux de l'été 2007	10
6.1 Dégagement des sous-parcelles.....	10
6.2 Échantillonnage foliaire.....	10
6.3 Échantillonnage du sol.....	11
6.4 Échantillonnage des racines	11
7. Résultats préliminaires de 2007	12
7.1 Effets des traitements sur les caractéristiques physico-chimiques du sol.....	12
7.2 Effets des traitements sur la croissance racinaire.....	15
8. Travaux de 2008.....	17
8.1 Croissance racinaire en plantations	17
8.2 Mesures de fertilité du sol à différentes profondeurs	17
8.3 Mesures de croissance	18
8.4 Mesures de nutrition foliaire	18

9. Résultats préliminaires de 2008	18
9.1 Variations de la fertilité du sol à différentes profondeurs	18
9.2 Effet de la préparation de terrain et du dégagement sur 5 ans de croissance	19

Figures et tableaux

Figure 1 : Localisation des quatre secteurs du dispositif expérimental.....	3
Figure 2 : Schéma d'un des huit blocs expérimentaux	3
Figure 3 : Schéma d'un bloc de 1 ha incluant les quatre sous-parcelles de 50 m * 50 m et les placettes-échantillons de 20 m * 20 m.	5
Figure 4 : Croissance annuelle en hauteur (2004 à 2006) selon le traitement de préparation de terrain.	8
Figure 5 : Croissance annuelle de 2006 selon le type de dégagement et en fonction du traitement de préparation de terrain.	9
Figure 6 : Taux de mortalité selon le type de préparation de terrain.....	10
Figure 7 : Effets des traitements de préparation sur la pénétrabilité du sol.	12
Figure 8 : Effets des traitements de préparation sur la température du sol.	13
Figure 9 : Effets des traitements de préparation sur l'humidité du sol.	13
Figure 10 : Effets des traitements de préparation sur la minéralisation de l'azote (ammonium, NH ₄) du sol.....	14
Figure 11 : Effets des traitements de préparation sur la disponibilité de l'azote du sol, tel que mesuré par les résines échangeuses d'ions (PRS-probes).....	14
Figure 12 : Effets des traitements de préparation sur les racines.....	15
Figure 13 : Effets de la préparation sur le nombre de racines par classe de diamètre. ...	16

Figure 14. Effets de la préparation et du type d'horizon de sol sur le nombre (par arbre) de racines par classe de diamètre. L'horizon minéral (B) est représenté par les barres pleines, et l'horizon organique (O) par les barres rayées. Les monticules sont en bleu et les témoins en mauve.....	17
Figure 15. Variations de l'azote disponible à différentes profondeurs de sol dans trois traitements de préparation.....	19
Figure 16. Effet de la préparation de terrain sur la somme des cinq premières années de croissance en hauteur des peupliers hybrides, tous dégagements confondus.....	20
Figure 17. Effet de la préparation de terrain sur les pousses annuelles en hauteur des cinq premières années de croissance des peupliers hybrides, tous dégagements confondus.....	20
Figure 18. Effet du dégagement de la compétition sur la somme des cinq premières années de croissance en hauteur des peupliers hybrides, par traitement de préparation.	21

Tableau 1 : Couleurs des piquets des placettes-échantillons selon le traitement de préparation de terrain	5
--	---

Introduction

Ce projet de recherche a été initié à l'été 2003 afin de répondre à un manque de connaissances sur les exigences du peuplier hybride (PEH) dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc. Depuis quelques années déjà, le peuplier hybride fait l'objet de recherches dans la région du Saguenay – Lac-Saint-Jean par les travaux d'amélioration du peuplier réalisés par les chercheurs de la Direction de la recherche forestière du MRNFQ. Toutefois, aucune recherche n'a été réalisée sur les effets et les possibilités des différents types de préparation de terrain qui s'offrent aux industries forestières d'un point de vue opérationnel.

Le financement accordé par le Volet 1 a ainsi permis de mettre sur pied un imposant dispositif de recherche sur le peuplier hybride dans la sapinière à bouleau blanc du Saguenay – Lac-Saint-Jean. Ce projet a favorisé l'établissement d'un partenariat fructueux entre la compagnie forestière, le Réseau Ligniculture Québec et les chercheurs de l'UQAM et du Service canadien des forêts. Le présent rapport fait état des activités qui ont été réalisées à l'été et l'automne 2007.

1. Problématique et origine du projet

Au Saguenay – Lac-Saint-Jean, le peuplier hybride est désormais un incontournable des principes de rendement accru et soutenu. Cette essence fait maintenant partie des stratégies inscrites aux plans généraux d'aménagement forestier car elle permet de rencontrer les objectifs issus du nouveau régime forestier en terme d'aménagement intensif. Le peuplier hybride nécessite cependant une préparation de terrain adéquate et un entretien rigoureux pour faciliter son établissement et améliorer sa croissance. Les effets bénéfiques de la préparation de terrain avant la plantation sont généralement bien connus ; elle rend le sol propice à la mise en terre des plants, réduit la compétition végétale et améliore généralement la croissance des arbres. Il existe plusieurs types de préparation de terrain qui sont disponibles pour le reboisement en peuplier hybride. Cependant, le type de préparation de terrain utilisé n'est pas toujours celui qui s'avèrera le plus efficace et le plus rentable à long terme. Il est donc primordial de développer les connaissances reliées à la logistique de reboisement et à la dynamique du peuplier hybride dans la sapinière à bouleau blanc afin de favoriser un rapport rendement, qualité et coûts acceptable.

L'utilisation de la herse forestière sur des sols dérivés de tills est considérée par plusieurs comme étant le meilleur moyen de créer des micro-sites adéquats pour la mise en terre des plants de peuplier hybride tout en optimisant leur croissance de par la conservation de la matière organique du sol et le contrôle de la compétition. Toutefois, il y a très peu de herse forestières au Québec. D'autres équipements ont été utilisés, comme le TTS hydraulique à un ou plusieurs passages, mais la plupart de ces essais n'ont pas été réalisés en conditions expérimentales et leurs résultats ne sont qu'anecdotiques.

Une fois mis en terre, le peuplier hybride est très sensible à la concurrence de la végétation qui utilise l'eau, les éléments minéraux et la lumière. Un entretien rigoureux

est primordial pour allouer le maximum de ressources aux arbres, mais également pour favoriser le réchauffement du sol. Cependant, les traitements de dégagement de la compétition sont coûteux et le meilleur scénario de dégagement reste encore à déterminer.

L'origine du projet remonte à l'automne 2002, où le Réseau Ligniculture Québec et Louisiana-Pacific organisaient une visite terrain avec différents chercheurs dans le but d'exposer les besoins de recherche sur le peuplier hybride dans la région du Saguenay – Lac-Saint-Jean. Cette rencontre a permis aux chercheurs de se concerter et d'élaborer un projet de recherche qui répond à un manque de connaissances de la part de l'industrie forestière de la région. Le présent projet propose donc des avenues de recherche pour acquérir des connaissances de base dans la culture du peuplier hybride.

2. Objectifs du projet et territoire d'étude

Le principal objectif du projet est de mettre en place un dispositif de recherche sur le peuplier hybride dans la sapinière à bouleau blanc au Saguenay – Lac-Saint-Jean. Le suivi du dispositif permettra d'atteindre les objectifs suivants :

1. Évaluer les effets de divers aménagements du sol sur la valeur nutritive et les conditions hydroclimatiques des micro-sites, sur la compétition ainsi que sur la croissance de jeunes peupliers hybrides ;
2. Identifier les stations les plus propices à la culture du peuplier hybride dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc du Saguenay – Lac-Saint-Jean ;
3. Déterminer la possibilité de chaque technique de préparation de terrain à produire des microsites adéquats à la croissance des peupliers hybrides ;
4. Déterminer la fréquence optimale des traitements de contrôle de la compétition en fonction des différentes préparations de terrain ;
5. Développer des connaissances sur le peuplier hybride dans cette région afin de bonifier les stratégies sylvicoles proposées aux plans généraux d'aménagement forestier.

Le territoire d'étude pour la réalisation du projet est situé dans la sapinière à bouleau blanc du Saguenay – Lac-Saint-Jean. Plus précisément, le territoire étudié est constitué des quatre aires communes suivantes : 25-03, 22-02, 22-05 et 23-20 (figure 1).

3. Les étapes antérieures de réalisation du projet

3.1 Mise en place du dispositif expérimental

Le dispositif de recherche qui évalue l'impact de plusieurs types de préparation de terrain et de dégagement a été développé à l'été 2003 dans le domaine bioclimatique de la sapinière à bouleau blanc du Saguenay – Lac-Saint-Jean. Nous avons sélectionné quatre sites situés dans les régions écologiques 5c et 5d caractérisées par des dépôts

meubles à granulométrie, minéralogie et pierrosité contrastées. Chaque site est composé de deux blocs de cinq hectares chacun. Dans chaque bloc, quatre traitements de préparation de terrain et un témoin sont représentés par des parcelles de 100m*100m, soit 1 hectare (figure 2). Le choix de l'emplacement de celles-ci s'est fait de façon entièrement aléatoire. Pour les travaux de préparation de terrain, nous avons opté pour la herse forestière (deux passages avec une rangée de six disques de 30 pouces et un passage avec deux rangées de quatre disques de 24 pouces), la scarification par TTS hydraulique à trois passages, la scarification par TTS hydraulique à un passage et l'excavation pour produire des monticules de plantation de 25 cm de hauteur et de 1 m² de surface. Ces types de préparation de terrain ont résulté principalement en des surfaces de sol minéral exposé de tailles différentes, des horizons organiques inversés et surmontés de sol minéral et des horizons organiques mélangés avec du sol minéral.



Figure 1 : Localisation des quatre secteurs du dispositif expérimental

Excavation 1 ha	TTS 3X 1 ha	TTS 1X 1 ha
Herse forestière 1 ha	Témoin 1 ha	

Figure 2 : Schéma d'un des huit blocs expérimentaux

3.2 Mise en terre des plants de peuplier hybride

Au printemps 2004, les plants de PEH ont été mis en terre dans l'ensemble du dispositif expérimental. C'est le clone 915319 (un hybride *Populus maximowiczii* X *P. balsamifera*) qui a été retenu pour l'étude. Il s'agit d'un des huit clones recommandés par la Direction de la recherche forestière du MRNFQ dans la sapinière à bouleau blanc. Une attention particulière a été apportée à la qualité de la mise en terre des plants.

3.3 Mise en place des sous-parcelles

Afin de discriminer l'effet des traitements sur la compétition végétale de celui sur les conditions du sol, il a été convenu de procéder à un contrôle de la compétition selon des fréquences variables dans quatre sous-parcelles de 50m*50m dans chacun des traitements de préparation de terrain (figure 3). La végétation compétitrice sera donc contrôlée selon les quatre scénarios suivants (par débroussaillage manuel) :

- **Sous-parcelle 1** : contrôle à l'an 2 seulement (2006) ;
- **Sous-parcelle 2** : aucun contrôle de la végétation ;
- **Sous-parcelle 3** : contrôle à l'an 1 (2005) et à l'an 3 (2007) ;
- **Sous-parcelle 4** : contrôle total de la végétation une fois par année, tous les ans (2005-2006-2007, vers la fin juin).

Ces sous-parcelles permettront d'évaluer le rendement des plantations de PEH en fonction de divers scénarios d'entretien utilisés par l'industrie forestière. L'effet de la fréquence du dégagement pourra ainsi être évalué pour chacun des quatre traitements de préparation de terrain ainsi que pour le témoin.

Ce réseau de sous-parcelles est identifié chaque année par rubannage afin de guider le travail des débroussaillieurs. En 2005, les sous-parcelles 3 et 4 ont donc été dégagées de toute compétition tandis que les sous-parcelles 1 et 2 ont été protégées du travail des débroussaillieurs.

3.4 Implantation du réseau de placettes-échantillons

À l'été 2005, un réseau de placettes-échantillons a été mis en place dans lesquelles toutes les données seront récoltées. Ainsi, dans chacune des sous-parcelles, une placette-échantillon de 20m * 20m a été installée. On a exclu volontairement les deux premières rangées d'arbres en bordure des sous-parcelles afin de conserver une zone tampon (figure 3).

Les placettes-échantillons (PE) sont de forme carrée de 20 m de côté, sauf pour quelques exceptions. La superficie des PE est donc de 400 m². Lorsque les conditions de terrain et le découpage des traitements ne permettaient pas de placer une PE de forme carrée, une forme rectangulaire était utilisée.

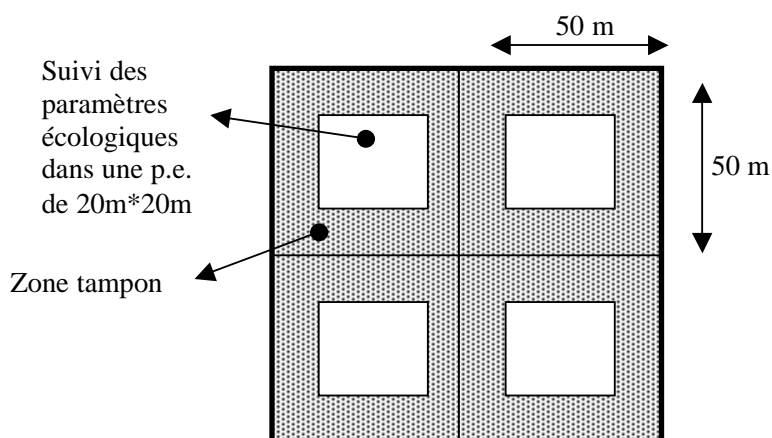


Figure 3 : Schéma d'un bloc de 1 ha incluant les quatre sous-parcelles de 50 m * 50 m et les placettes-échantillons de 20 m * 20 m.

Les PE ont été délimitées sur le terrain par quatre piquets de bois dont l'extrémité était peinte selon une couleur qui est associée au traitement de préparation de terrain (tableau 1). Sur le premier piquet est noté le numéro de placette ainsi que la date d'établissement. Également, un long morceau de ruban forestier bleu double y est attaché de façon à le repérer facilement pour être en mesure d'avoir les informations de la PE.

Tableau 1 : Couleurs des piquets des placettes-échantillons selon le traitement de préparation de terrain.

Traitement	Couleur associée
TTS 3 passages	noir
TTS 1 passage	bleu
Pelle mécanique	rouge
Herse forestière	jaune
Témoin	Pas de couleur

Après avoir mis en place la PE, puisque les données ne seront pas récoltées sur l'ensemble des arbres, douze arbres ont été sélectionnés et identifiés pour les mesures ultérieures. Le choix de ces douze sujets s'est fait subjectivement à l'aide des caractéristiques visuelles se rapportant à la santé et à la croissance des arbres. Dans la mesure du possible, les 12 sujets sélectionnés devaient être distribués dans toute la superficie de la PE. Les sujets ont été soigneusement identifiés à l'aide d'une étiquette métallique numérotée et fixée à une branche ainsi qu'à l'aide d'un ruban bleu.

Pour faciliter le retour pour le mesurage lors des années ultérieures, un schéma détaillé a été conçu pour noter l'emplacement des sujets à l'intérieur de la placette. Des repères (sujets, souches, débris, arbres rémanents) ont aussi été notés pour faciliter la localisation des sujets. Au total, le réseau de placettes-échantillons s'élève à 157 unités,

dont 79 furent dégagées au cours de l'été 2006. Les PE sont ainsi distribuées par secteur d'intervention :

- **Prinzèles** : 39 PE (nos 1 à 40, il n'y a pas de PE no 20) ;
- **Ouiatchouan** : 40 PE (nos 41 à 80) ;
- **Bras-Sec** : 40 PE (nos 81 à 120) ;
- **Lac-à-la-Truite** : 38 PE (nos 121 à 138).

3.5 Mesure des indices de compétition

À l'été 2005, des indices de compétition ont été mesurés au terrain. Ces données devraient permettre d'évaluer l'importance du retour des espèces compétitives, selon les types de préparation de terrain, environ un an après la mise en terre des plants. Pour ce faire, la méthodologie utilisée a été d'installer des microplacettes de mesure (MPE) de un mètre de rayon ($S = 3,1416 \text{ m}^2$) autour de la moitié des douze sujets identifiés dans chaque placette-échantillon, le centre de la MPE étant le plant de peuplier hybride. Un total de 468 MPE ont été mesurées.

L'évaluation de la compétition a été réalisée en 3 étapes :

- 1- le dénombrement des tiges ligneuses arborescentes ;
- 2- l'évaluation du recouvrement de la compétition (%) ;
- 3- la hauteur dominante de la compétition.

4. Travaux de l'été 2006

4.1 Dégagement des sous-parcelles et échantillonnage foliaire

En 2006, les sous-parcelles 1 et 4 ont été rubanées puis dégagées de toute compétition (en juillet-août) tandis que les sous-parcelles 2 et 3 ont été protégées du travail des débroussaillieurs.

En juillet, nous avons procédé à l'échantillonnage foliaire de tous les arbres identifiés dans les placettes-échantillons (1884 arbres). Les échantillons foliaires ont été regroupés par placette-échantillon puis transportés au laboratoire du Service canadien des forêts pour fins d'analyses.

4.2 Mesures de croissance

À la fin de l'automne 2006, nous avons procédé à différentes mesures de croissance sur les 1884 arbres identifiés dans les 157 placettes-échantillon du dispositif.

- hauteur totale ;
- pousse annuelle de 2006 ;
- pousse annuelle de 2005 ;

- pousse annuelle de 2004 ;
- diamètre à hauteur de poitrine ;
- diamètre à 65 cm du sol.

Également, les arbres morts ont été dénombrés pour fins de statistiques sur le taux de survie trois ans après la mise en terre.



Mesure de la croissance chez les PEH âgés de 3 ans

5. Résultats préliminaires 2006

La compilation des nombreuses données a été complétée à l'hiver 2007 et des analyses statistiques sont en cours. Bien que les analyses ne soient pas complétées, quelques résultats préliminaires peuvent être présentés. Il faut toutefois être prudent dans l'interprétation des données car les analyses statistiques ne sont pas complétées.

5.1 Effet de la préparation de terrain sur la croissance

La figure 4 présente la croissance annuelle en hauteur des plants selon le type de préparation de terrain (tous traitements de dégagement confondus).

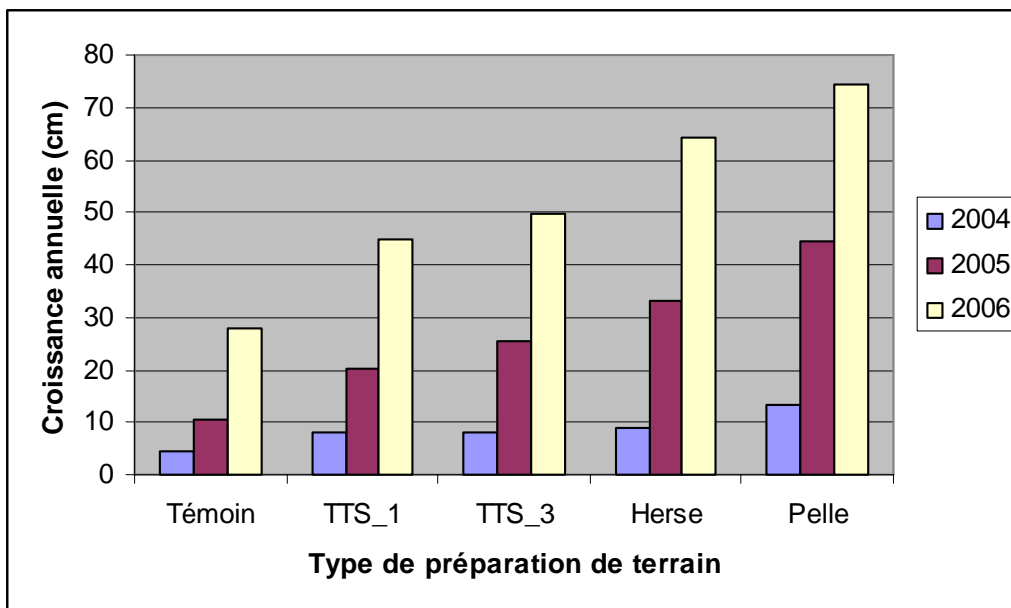


Figure 4 : Croissance annuelle en hauteur (2004 à 2006) selon le traitement de préparation de terrain.

On constate que la préparation de terrain a un impact important sur la croissance du PEH. Les résultats montrent également que les trois premières années représentent la phase d'établissement des plants. Néanmoins, la période d'adaptation après la plantation est plus longue et plus sévère en terrain peu ou pas préparé : les meilleurs traitements se démarquent dès la deuxième année de croissance, tandis que les plants des parcelles témoins (aucune préparation) peinent encore à se développer. Nous croyons qu'à la 4^e ou à la 5^e année de croissance, les plants atteindront leur vitesse de croisière, soit une pousse annuelle de 70 cm à 100 cm chaque année sur les bons sites.

La croissance des parcelles préparées à l'aide d'une préparation de terrain lourde, particulièrement la pelle mécanique et la herse forestière, se démarque en raison de l'efficacité de la machinerie à ameublir le sol. Ces types de préparation de terrain bouleversent beaucoup le sol en mélangeant bien les horizons de surface, ce qui a facilité l'établissement et l'enracinement des plants. L'exposition de l'horizon minéral favorise le réchauffement du sol, et le brassage de l'horizon organique augmente la décomposition ; il semblerait que les éléments nutritifs s'en trouvent plus facilement accessibles. Un échantillonnage plus extensif devrait donner une meilleure idée de l'effet de la préparation sur les éléments chimiques du sol.

À ce stade du projet, nous ne possédons pas encore les données qui nous permettent d'expliquer clairement ce qui favorise autant la croissance sur les poquets. Selon des études américaines et scandinaves ayant utilisé une préparation semblable, plusieurs facteurs sont potentiellement à l'œuvre : un dégel hâtif du sol au printemps, un taux élevé de minéralisation de l'azote dû à la température supérieure du poquet, un sol meuble favorable au développement racinaire, et peut-être d'autres. Les travaux futurs éclairciront le phénomène.

5.2 Effet de la préparation de terrain et du dégagement sur la croissance

La figure 5 présente la croissance de la pousse annuelle de l'année 2006 selon le type de dégagement (toujours versus jamais) et en fonction du traitement de préparation de terrain.

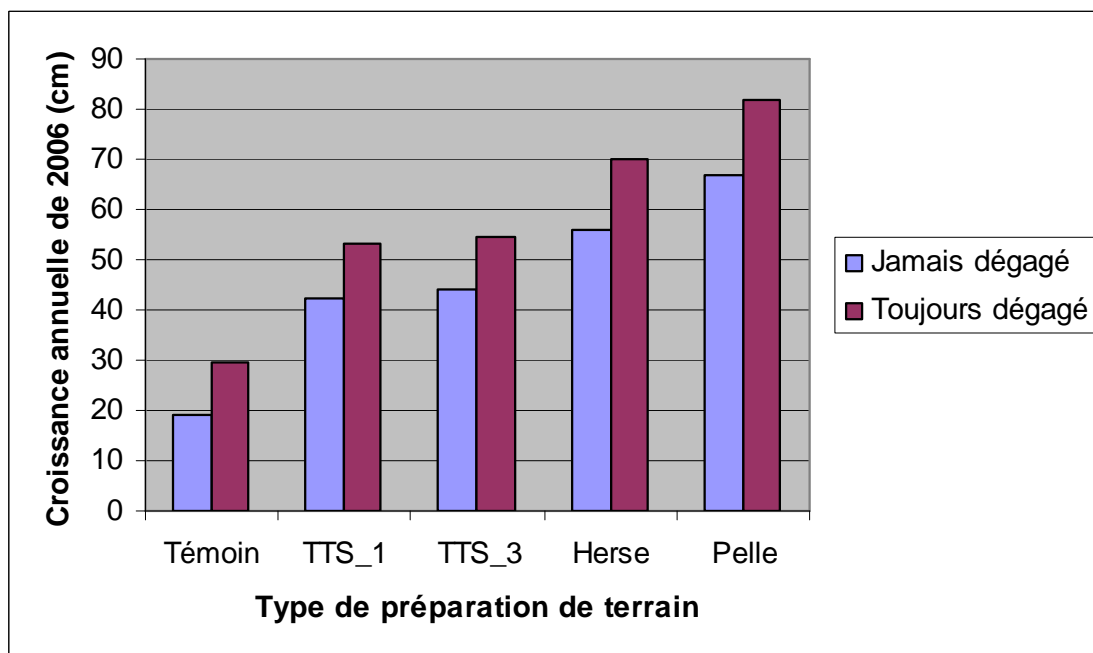


Figure 5 : Croissance annuelle de 2006 selon le type de dégagement et en fonction du traitement de préparation de terrain.

Puisque les trois premières années sont des années d'établissement pour le PEH planté en milieu forestier, il est probablement trop tôt pour tirer des conclusions nettes sur l'effet du dégagement. Toutefois, nous avons observé que la pousse annuelle de 2006 (soit la 3^e année de croissance) semble bien réagir aux dégagements effectués en 2005 et 2006. Les données montrent effectivement une réponse favorable dans les parcelles qui ont été dégagées et ce, peu importe le type de préparation de terrain.

Nous croyons que cette tendance va s'accroître pendant les années 2007 et 2008 (années de croissance 4 et 5). La prise de données de l'automne 2008 fournira donc des données qui illustreront, de façon nette, les impacts du dégagement et de la préparation de terrain.

5.3 Effet de la préparation de terrain sur le taux de mortalité

La figure 6 présente le taux de mortalité des plants en fonction du type de préparation de terrain, tous traitements de dégagement confondus.

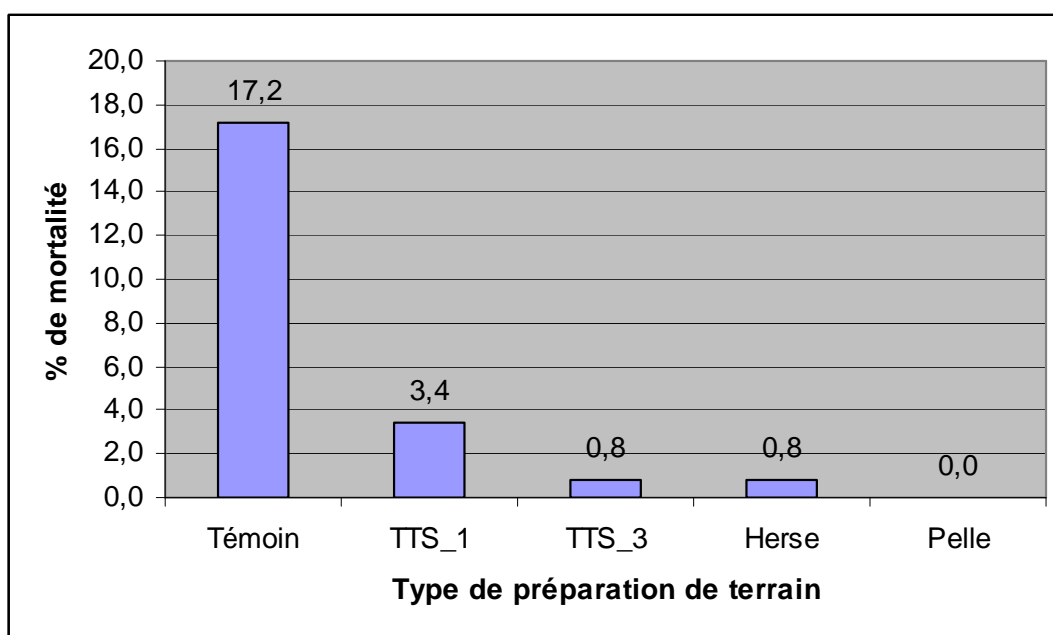


Figure 6 : Taux de mortalité selon le type de préparation de terrain.

La préparation de terrain a eu un impact sur la survie des plants, particulièrement dans les témoins. C'est souvent durant la première année d'établissement que la mortalité est la plus forte. D'après nos observations au terrain, nous croyons que le taux de mortalité dans les parcelles témoin continuera d'augmenter dans les prochaines années. Nous avons en effet constaté que plusieurs plants sont vivants mais dans un état moribond. La cime de certains d'entre eux ayant périé peu après la plantation, ils refont maintenant de nouvelles tiges plus bas sur le tronc, sans pour autant démontrer beaucoup de vitalité.

Il est généralement reconnu que le PEH nécessite une bonne préparation de terrain pour survivre et pour lui permettre de bien s'établir. Les taux de mortalité observés dans les témoins illustrent bien cette affirmation.

6. Travaux de l'été 2007

6.1 Dégagement des sous-parcelles

Des travaux de dégagement mécanique (débroussaillage) de la végétation compétitrice ont été effectués sur tout le dispositif dans les sous-parcelles 3 (dégagées une fois en 2005) et 4 (dégagées à tous les ans).

6.2 Échantillonnage foliaire

La récolte de feuilles, répétée en juin, août et octobre, permettra d'estimer les variations saisonnières de la nutrition foliaire, pour déterminer si certains traitements favorisent un

enrichissement hâtif ou un dépérissement tardif du feuillage. Les analyses en laboratoire des feuilles seront complétées au courant de l'hiver 2008.

6.3 Échantillonnage du sol

L'effet d'ameublissement du sol par la préparation a été déterminé à l'aide d'un pénétromètre (ou sonde à compaction) sur tous les arbres des trois traitements de préparation susmentionnés (pelle, herse, témoin). L'humidité du sol a été mesurée de manière ponctuelle sur ces arbres grâce à une sonde TDR, en prenant trois mesures au pied de chaque arbre pour constituer une valeur moyenne. Dans deux des huit sites, la température du sol a été suivie en continu de juin à octobre par des puces électroniques (Dallas semiconductor) installées dans le sol à trois profondeurs différentes (2, 10, et 20 cm) au pied de trois arbres par parcelle (total de 60 puces). Dans les autres sites, la température du sol a été mesurée de manière ponctuelle, pour chacun des arbres, à plusieurs reprises au cours de l'été.

Des pédons ont été creusés (total de 40 pédons, un par hectare, et donc 8 par traitement de préparation) afin de procéder à une description détaillée des différents horizons, dont un échantillon a aussi été récolté. Cette description en profondeur des 40 pédons permettra notamment de comparer l'effet de « brassage » des différents types de préparation de terrain. Les analyses en laboratoire des pédons seront complétées au courant de l'hiver 2008.

Pour évaluer les taux de minéralisation de l'azote dans le sol, des tubes d'incubation ont été insérés au pied de certains arbres sélectionnés, et laissés en place durant six semaines (début juillet à mi-août). Pour ce faire, trois arbres ont été choisis dans les sous-parcelles jamais et toujours (une fois l'an) dégagées des traitements de herse, pelle, témoin (aucune préparation), et dans une forêt mature adjacente, pour un total de 168 arbres. En comparant les concentrations d'azote au début avec celles à la fin de la période de six semaines, on obtient une idée de la production réelle d'azote dans le sol puisque l'échantillon contenu dans le tube est isolé des racines avoisinantes. Ces mêmes échantillons de sol seront utilisés pour une variété d'analyses des concentrations de nutriments du sol, qui fourniront une bonne image de la fertilité des sites.

Sur deux des huit sites, des résines échangeuses d'ions (PRS-probes) ont été placées au pied de 20 arbres durant la même période que les tubes, dans deux traitements de préparation (pelle, témoin) et en forêt. En absorbant les éléments qui sont biologiquement disponibles dans le sol, ces résines agissent comme des racines et permettent d'évaluer la disponibilité des nutriments.

6.4 Échantillonnage des racines

Une autre facette du projet concernait les racines des peupliers, ce qui a été exploré en déterrants partiellement le système racinaire de 45 arbres (pelle et témoin toujours dégagés), dans un rayon de 20 cm autour du collet, afin de mesurer le diamètre de chacune des racines et la profondeur à laquelle elles se trouvent.

À la fin d'octobre, des sacs en maille ont été installés dans tout le dispositif pour évaluer la croissance racinaire au pied de trois arbres par parcelle (les mêmes que pour les tubes ci-dessus), et laissés sur place jusqu'à l'année suivante.

7. Résultats préliminaires de 2007

7.1 Effets des traitements sur les caractéristiques physico-chimiques du sol

Il a été observé que plus la technique de préparation agit en profondeur dans le sol, plus le sol est meuble (Fig. 7) ; de plus, l'exposition de l'horizon minéral favorise un réchauffement du sol (Fig. 8), qui s'accompagne toutefois d'un assèchement (Fig. 9). Ces résultats concordent avec les connaissances préalables concernant la préparation de terrain.

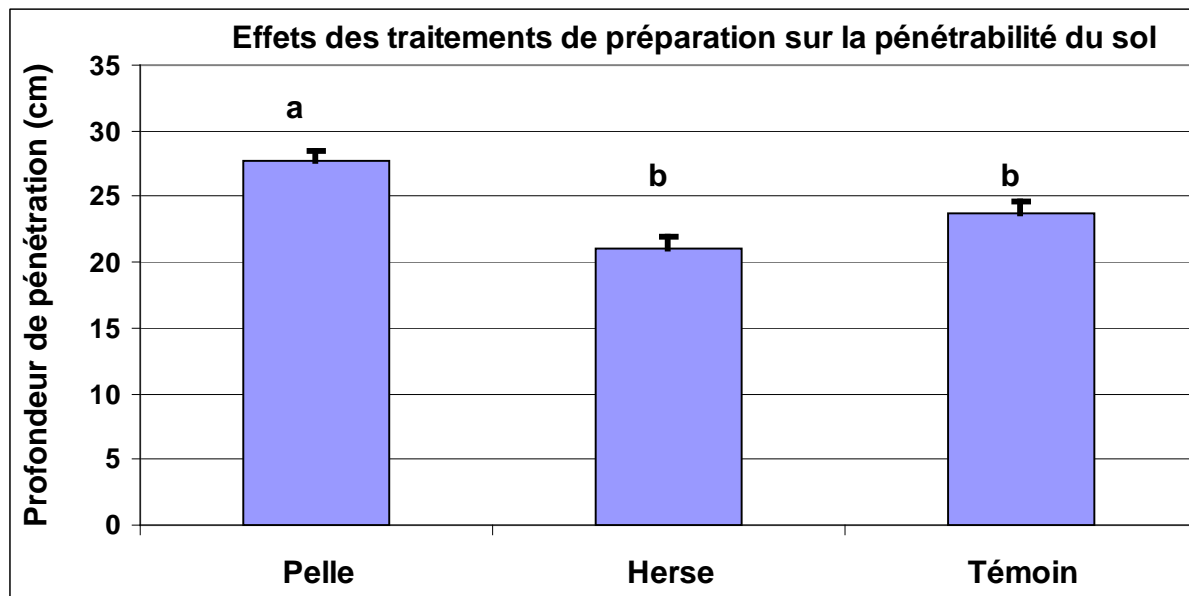


Figure 7 : Effets des traitements de préparation sur la pénétrabilité du sol.

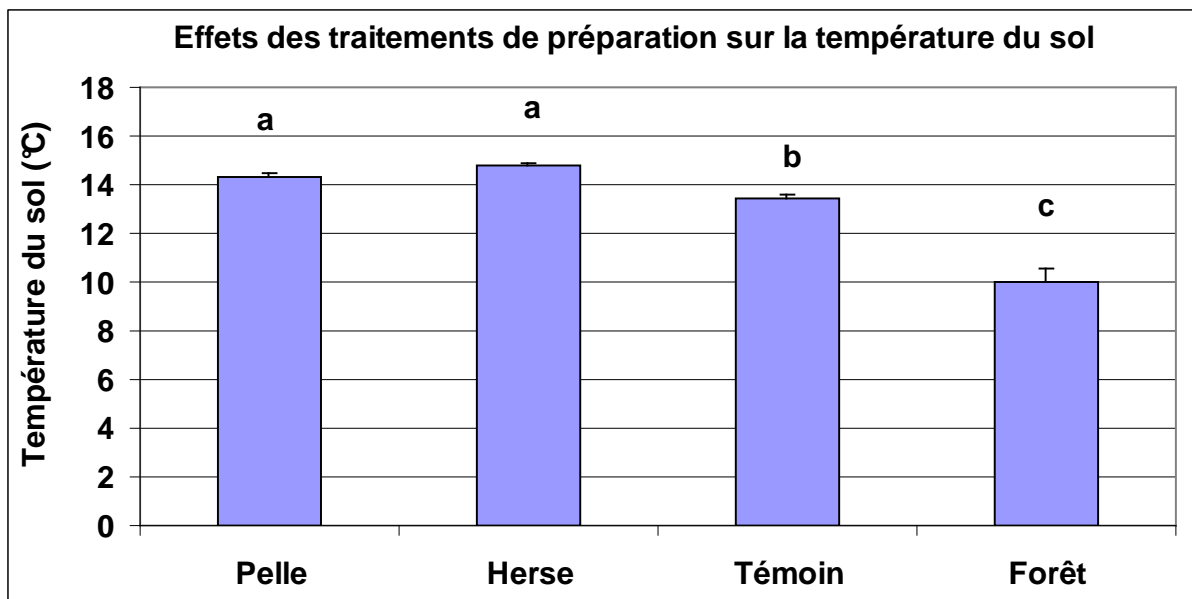


Figure 8 : Effets des traitements de préparation sur la température du sol.

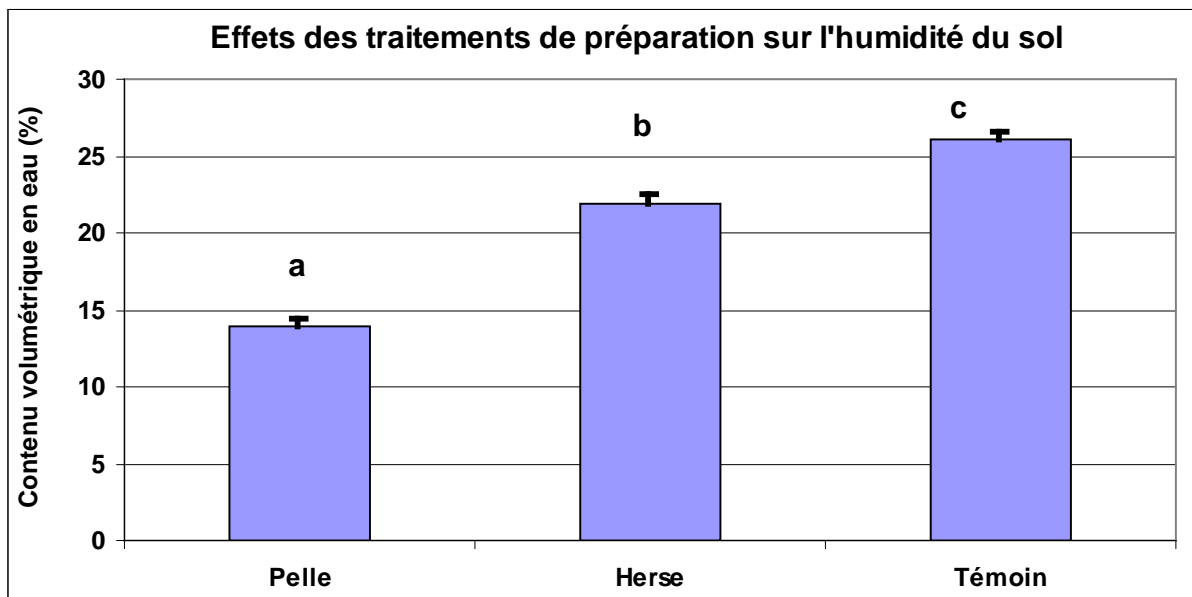


Figure 9 : Effets des traitements de préparation sur l'humidité du sol.

Généralement, on considère que l'élévation de la température favorise la minéralisation de l'azote. Pourtant, dans un des traitements présentant les sols les plus chauds (les monticules créés à la pelle), les résultats des tubes d'incubation démontrent exactement l'inverse (Fig. 10). De même, la quantité d'azote disponible est plus faible dans les monticules, tel qu'illustré par les résultats des résines d'absorption (Fig. 11).

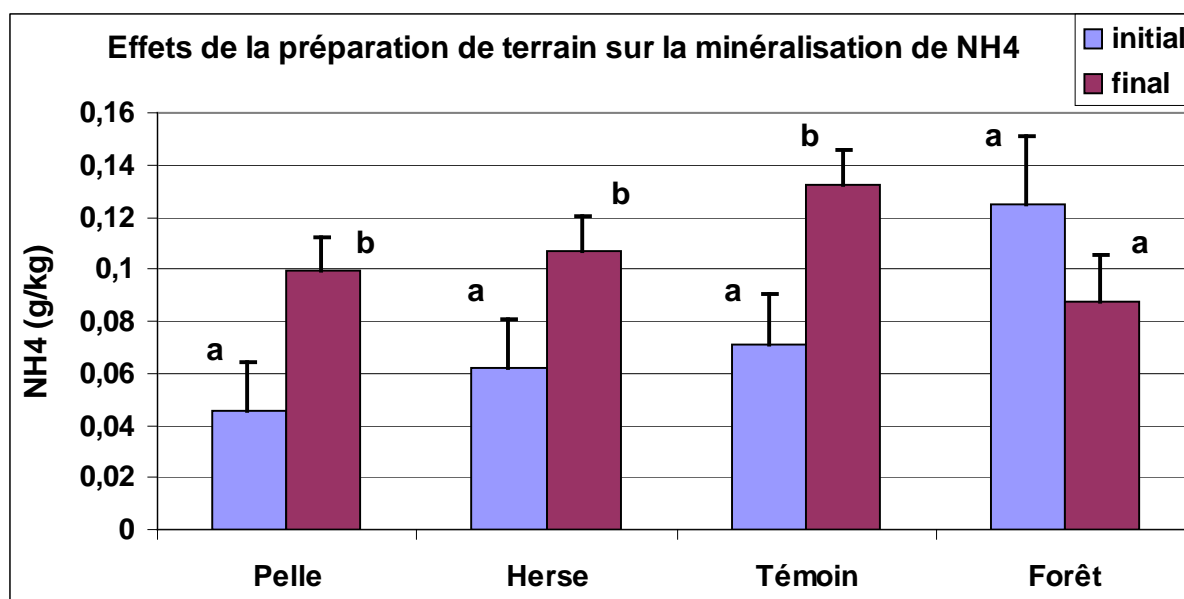


Figure 10 : Effets des traitements de préparation sur la minéralisation de l'azote (ammonium, NH₄) du sol.

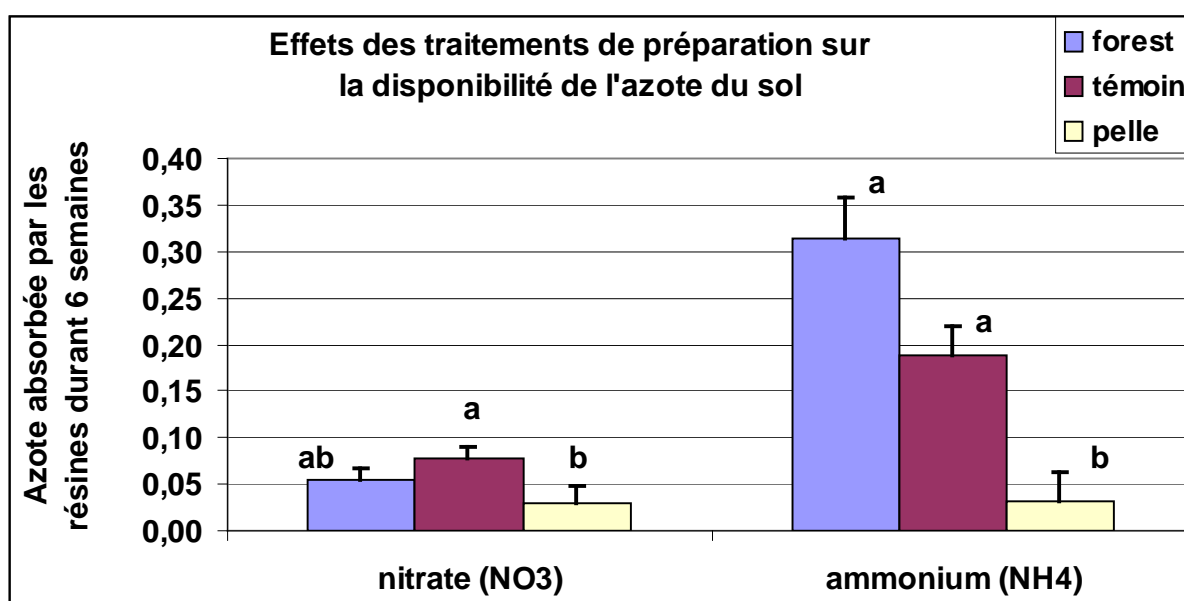


Figure 11 : Effets des traitements de préparation sur la disponibilité de l'azote du sol, tel que mesuré par les résines échangeuses d'ions (PRS-probes).

Un traitement de préparation intense est donc associé à un sol meuble et chaud, mais pauvre et sec, dans l'ordre Pelle > Herse > Témoin. Il est aussi intéressant de noter que ce classement est exactement le même que celui de l'effet sur la croissance. Ceci suggère que le peuplier hybride n'est pas aussi dépendant d'un sol fertile et humide comme on pourrait le croire, du moins lorsque ce sol présente d'autres avantages. Parmi ces avantages, on peut penser, dans le cas des monticules, à la facilité pour les

racines de pénétrer le sol et se développer, ce qui pourrait compenser pour la pauvreté du sol.

7.2 Effets des traitements sur la croissance racinaire

Les premiers résultats indiquent que la création de monticules à l'aide de la pelle excavatrice favorise grandement le développement des racines (Fig. 12), qui sont plus nombreuses et plus grosses que dans les parcelles où il n'y a eu aucun traitement de préparation (les arbres plantés en monticules présentent d'ailleurs les meilleures croissances, voir section 5.1)

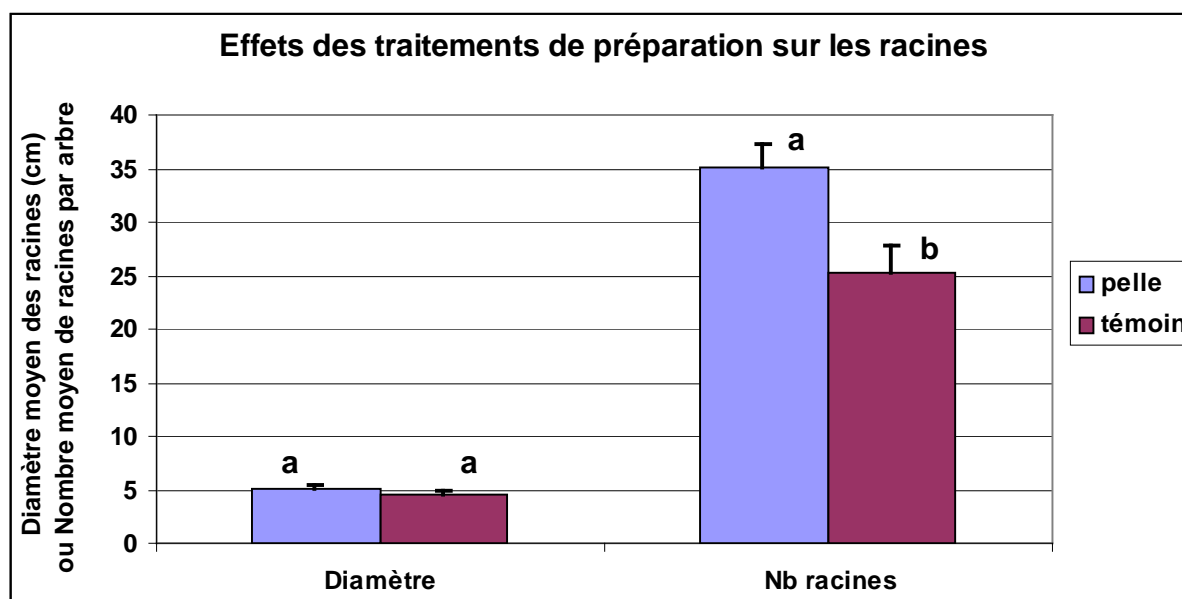


Figure 12 : Effets des traitements de préparation sur les racines.

Bien que le diamètre moyen des racines, tel que présenté à la Fig. 12, ne soit pas significativement différent entre ces deux traitements, on observe davantage d'effet de la préparation en considérant les racines par classe de diamètre (Fig. 13). Alors que les arbres dans les deux traitements produisent sensiblement le même nombre de petites racines (< 10 mm), ce sont les grosses racines (entre 11 et 30 cm) qui se retrouvent en plus grande quantité dans les monticules créés à la pelle mécanique. Ceci est probablement dû à l'effet d'ameublissement du sol, qui favorise le développement des racines en facilitant la pénétration. Cela pourrait aussi dépendre de l'absence de racines d'espèces compétitrices dans les monticules, car le peuplier hybride semble très sensible à la compétition pour l'espace. D'ailleurs, il est généralement reconnu que la préparation de terrain en elle-même constitue déjà une manière de contrôler la compétition.

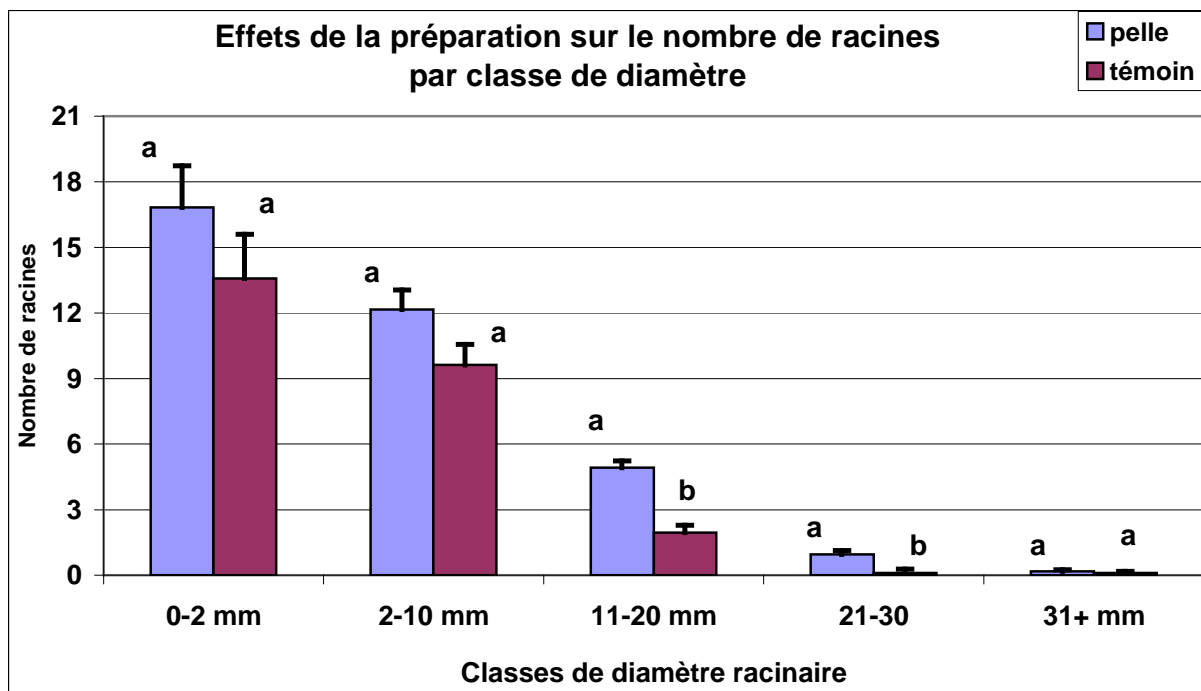


Figure 13 : Effets de la préparation sur le nombre de racines par classe de diamètre.

Cette idée d'une compétition pour l'espace semble se confirmer lorsqu'on s'attarde aux nombres de racines par classe de diamètre, mais cette fois en les comparant selon l'horizon de sol (Fig. 14). On retrouve davantage de racines dans l'horizon minéral que dans l'horizon organique pour les classes de taille intermédiaire (2-10 et 11-20 mm), et ce pour les deux types de préparation. Par contre, la situation est différente pour les racines fines (0-2 mm), puisque seuls les arbres des parcelles témoins présentent plus de racines fines dans le minéral que dans l'organique, tandis que les arbres sur monticule en produisent une quantité égale dans les deux horizons de sol. Cela laisse supposer que la couche d'humus organique enfouie sous le monticule, que l'on considère relativement dénuée de racines d'espèces compétitives, représente un intéressant réservoir de nutriments facilement accessible, alors que l'humus de surface des parcelles témoins, qui est rempli de racines compétitrices, est évité par les racines de peuplier malgré qu'il soit plus riche que l'horizon minéral sous-jacent – d'où la suggestion d'une sensibilité à la compétition racinaire.

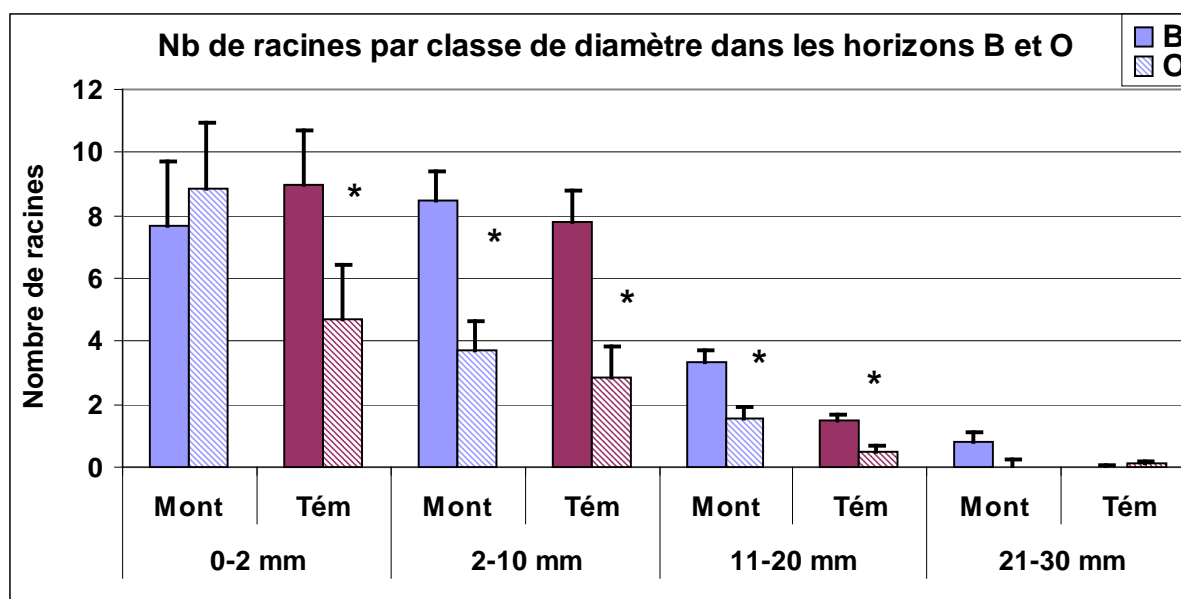


Figure 14. Effets de la préparation et du type d'horizon de sol sur le nombre (par arbre) de racines par classe de diamètre. L'horizon minéral (B) est représenté par les barres pleines, et l'horizon organique (O) par les barres rayées. Les monticules sont en bleu et les témoins en mauve.

8. Travaux de 2008

8.1 Croissance racinaire en plantations

En août 2008, les sacs de croissance racinaire installés l'automne précédent ont retirés et ramenés au laboratoire où les racines seront lavées, séchées et pesées. Ces manipulations sont encore en cours. Cela permettra d'évaluer le développement des racines de peuplier et de la végétation compétitrice entre les différents traitements.

8.2 Mesures de fertilité du sol à différentes profondeurs

Pour donner suite aux travaux de l'année antérieure, des mesures de fertilité du sol ont été effectuées à deux différentes profondeurs (à la surface, et entre 15 et 20 cm,) dans les parcelles (toujours dégagées) des préparations de herse et témoin, ainsi que dans les parcelles préparées à la pelle, où une troisième profondeur était aussi visée (à plus de 30 cm). Les mêmes trois arbres par parcelle qu'en 2007 ont été choisis, et l'échantillonnage a été réalisé sur tous les huit sites du dispositif. Ces mesures ont été prises de deux manières : à l'aide de sacs d'incubation en polyéthylène laissés 6 semaines sur le terrain, du début juillet à la mi-août (similaires aux tubes utilisés en 2007, voir section 6.3), ainsi qu'avec des résines échangeuses d'ions durant la même période (aussi du même type qu'en 2007). Dans les parcelles préparées à la herse et celles non préparées, ces sacs et résines étaient placés directement aux profondeurs

mentionnées plus tôt, alors que dans les monticules (pelle) une attention particulière était portée pour que la profondeur intermédiaire corresponde à la couche d'humus enfouie sous le monticule, avec les deux autres échantillons au-dessus et en dessous de cet horizon, dans le sol minéral.

8.3 Mesures de croissance

La croissance des arbres en hauteur et en diamètre ont été mesurées en octobre 2008 sur tout le dispositif, de même que les taux de survie et de mortalité des plants.

8.4 Mesures de nutrition foliaire

Des feuilles ont été récoltées en août sur trois arbres par parcelle dans les traitements de préparation herse, pelle et témoin, au sein de la sous-parcelle toujours dégagée. La nutrition foliaire a été évaluée par analyse des échantillons regroupés par arbre.

9. Résultats préliminaires de 2008

9.1 Variations de la fertilité du sol à différentes profondeurs

Les analyses des sacs d'incubation ne sont pas encore complétées, mais les résultats des résines, quant à eux, sont disponibles. Ces résines absorbent les éléments disponibles dans le sol, telle une racine; les valeurs présentées ici constituent donc la quantité absorbée durant la période d'enfouissement au terrain (6 semaines), mais ne doivent pas être considérées comme la concentration totale du sol ou comme le potentiel de minéralisation nette (ce dernier sera estimé à l'aide des sacs d'incubation, voir Fig, 10).

Comme en 2007 (Fig. 11), les monticules offrent en surface moins d'azote disponible que les traitements de herse et témoin, mais on constate que les valeurs en profondeur (> 30 cm) dans la pelle rejoignent celles des deux autres préparations (Fig. 15). D'une part, cela indique que les monticules ne sont pas aussi pauvres qu'on pourrait le croire (voir section 7.1), et conforte partiellement l'idée que la couche de matière organique enfouie pourrait constituer une réserve de nutriments (voir section 7.2). D'autre part, le fait que ce soit *sous* cette couche d'humus que les valeurs d'azote soient les plus élevées suggère un possible lessivage de l'azote vers les horizons inférieurs.

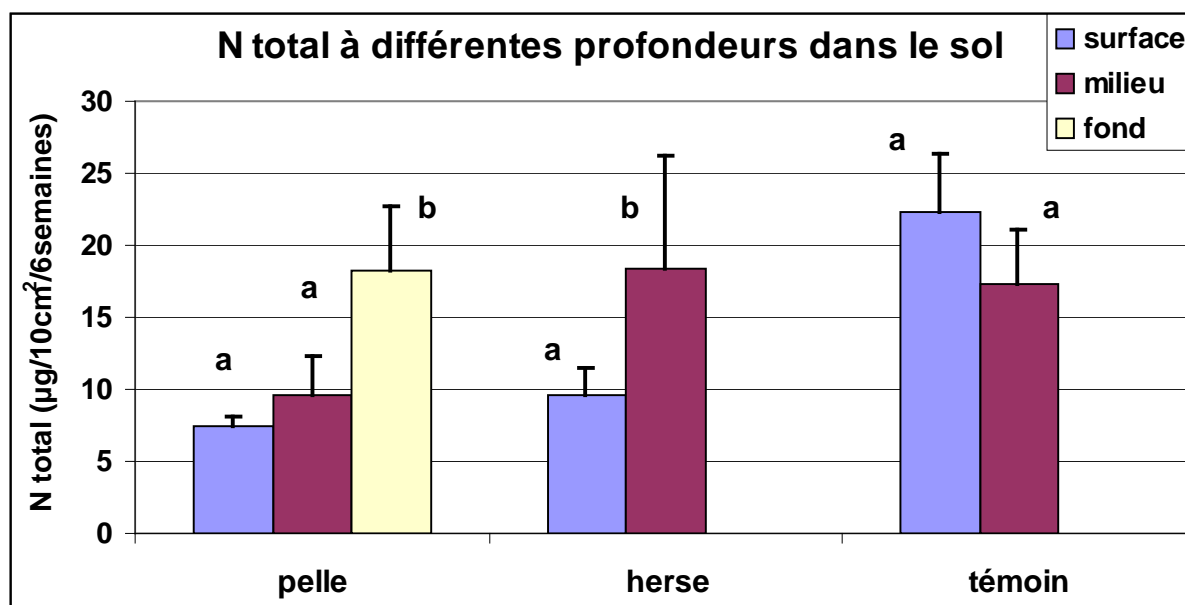


Figure 15. Variations de l'azote disponible à différentes profondeurs de sol dans trois traitements de préparation.

9.2 Effet de la préparation de terrain et du dégauchement sur 5 ans de croissance

Les tendances de croissance observées suite à l'échantillonnage de l'automne 2006 se sont poursuivies avec la campagne de mesure de 2008. Le gradient qui s'annonçait déjà après trois ans entre les différentes préparations de terrain s'est confirmé, avec, de la meilleure à la pire croissance en hauteur : pelle > herse > TTS_3 > TTS_1 > témoin (Fig. 16), ce qui suit d'ailleurs un gradient parallèle d'intensité de préparation. Outre les parcelles témoins qui offrent clairement le moins bon rendement, la différence d'un niveau à l'autre n'est pas toujours nette; en fait, il faut « sauter » un niveau pour obtenir une différence significative (par exemple, pelle vs TTS_3 ou herse vs TTS_1).

Les résultats de 2006 laissaient croire que cette année-là avait été décisive pour tous les traitements de préparation, c'est-à-dire l'année où les peupliers avaient dépassé le stade d'adaptation et avaient atteint, ou allaient atteindre dans les années suivantes, leur vitesse de croisière en ce qui a trait la croissance en hauteur. La prédiction (section 5.1) était que « à la 4^e ou à la 5^e année de croissance, les plants atteindront leur vitesse de croisière, soit une pousse annuelle de 70 cm à 100 cm chaque année sur les bons sites. »

Les récentes mesures confirment cette impression, puisque les pousses de 2007 et 2008 sont loin d'être aussi supérieures à 2006 que celle-ci l'était par rapport à 2005 (2006 était environ le double de 2005; Fig. 17). Pour ce qui est de l'ampleur de la pousse annuelle, seuls les peupliers sur monticules ont dépassé – à la 5^e année – le mètre annuel, mais ils avaient atteint le seuil inférieur de 70 cm à la troisième année. Les autres préparations ont été légèrement décalées d'un an (herse) ou deux (TTS). Aussi, à partir de l'année 2006, la différence entre les préparations est resté la même

d'une année à l'autre. Pourtant, lors de la première saison de croissance, seuls les arbres sur monticule se démarquaient des autres, avec déjà une croissance en hauteur supérieure.

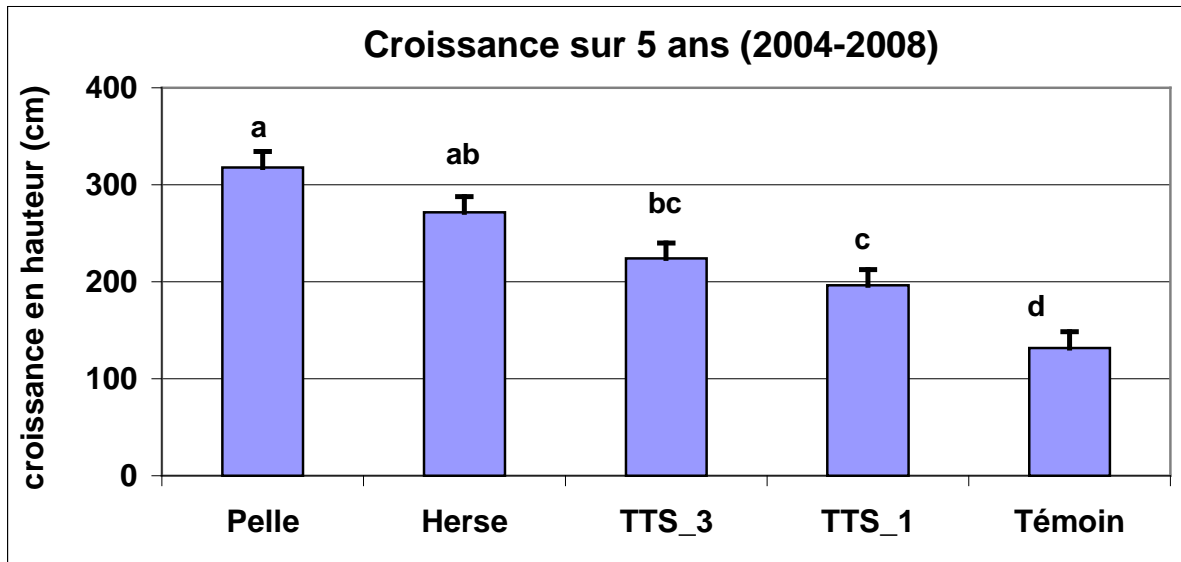


Figure 16. Effet de la préparation de terrain sur la somme des cinq premières années de croissance en hauteur des peupliers hybrides, tous dégagements confondus.

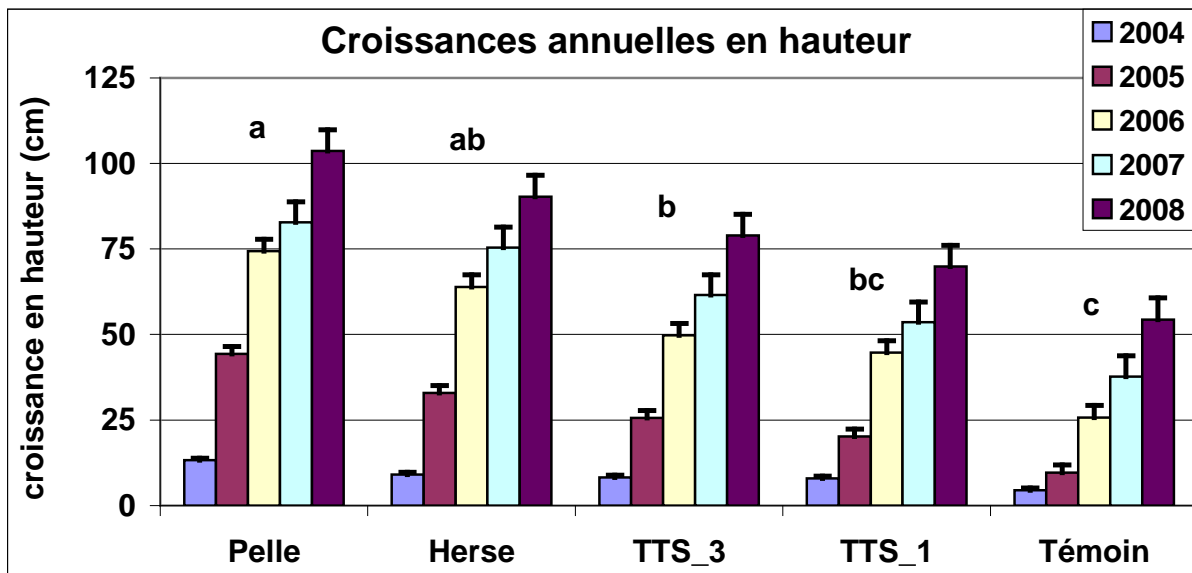


Figure 17. Effet de la préparation de terrain sur les pousses annuelles en hauteur des cinq premières années de croissance des peupliers hybrides, tous dégagements confondus.

Pour ce qui est du dégagement de la végétation compétitrice, les premiers résultats de 2006 laissaient entrevoir un léger avantage aux parcelles toujours dégagées par rapport à celles jamais dégagées (après deux saisons de contrôle de la compétition), mais la différence n'était pas statistiquement significative. Les travaux de dégagement ayant été complétés à l'été 2007, il est aujourd'hui possible d'en avoir une image plus complète. Après cinq années de croissance, dont les trois premières ont été le cadre de contrôle de la compétition par dégagement mécanique, on constate une différence significative de la croissance en hauteur, pour tous les traitements de préparation, entre la sous-parcelle toujours dégagée et celle jamais dégagée (Fig. 18). Proportionnellement, le gain est supérieur dans les préparations moins intensives ; par exemple, au sein des parcelles témoins (sans préparation), les sous-parcelles toujours dégagées présentent des croissances plus du double de celles jamais dégagées (gain de 132%), tandis qu'en monticules l'amélioration due au dégagement n'est que de 25%. Encore ici, cela est en accord avec l'idée que la préparation de terrain est déjà en elle-même une manière de contrôler la compétition (tel que mentionné à la section 7.2).

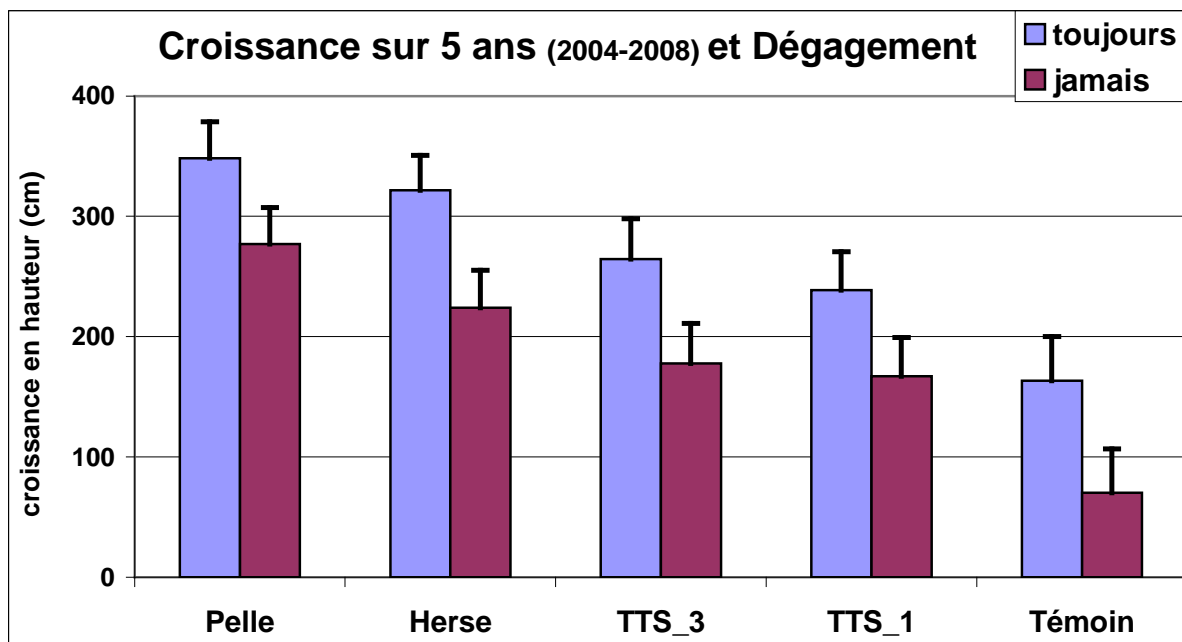


Figure 18. Effet du dégagement de la compétition sur la somme des cinq premières années de croissance en hauteur des peupliers hybrides, par traitement de préparation.

Conclusion

Les peupliers hybrides en plantations au Saguenay-Lac-St-Jean ont montré différentes réponses aux techniques d'aménagement (préparation de terrain, dégagement de la compétition, et fertilisation) utilisées dans ce dispositif expérimental. Toutes techniques confondues, la préparation de terrain avant plantation semble être ce qui a le plus d'influence sur l'établissement, la survie et la croissance juvénile des peupliers. On constate que plus la préparation de terrain est intense, meilleures sont la survie et la croissance. Le traitement le plus efficace à cet égard s'avère être la création de monticules à la pelle mécanique, qui produit des croissance en hauteur plus de deux fois plus élevées que lorsqu'il n'y a aucune préparation. Cette technique des monticules, en ameublissant et réchauffant le sol, permet à l'arbre de bien développer son système racinaire dès la première année, pour ainsi avoir potentiellement accès à davantage de ressources – malgré que les monticules soient apparemment plus secs et plus pauvres. D'ailleurs, la couche d'humus enfouie sous le monticule pourrait représenter une réserve de nutriments pour laquelle il y aurait beaucoup moins de compétition. La croissance des peupliers sur monticules, bien que la plus importante du dispositif, n'est pas sensiblement supérieure à celle de la deuxième meilleure préparation, la herse forestière. Cependant, les peupliers des parcelles hersées n'ont pas réagi aussi bien à la fertilisation que ceux sur monticules. Ces derniers ont montré une amélioration de l'ordre de 30% sur la croissance en hauteur de l'année d'application du fertilisant. Cette réponse positive pourrait s'expliquer par leur système racinaire plus développé permettant de mieux profiter de l'addition de nutriments, ou encore par la végétation compétitrice moins présente en monticules. D'ailleurs, les traitements de dégagement de la compétition ont aussi amélioré la croissance des peupliers, mais un peu moins que la fertilisation et beaucoup moins que la préparation (25% d'amélioration entre les arbres dégagés durant les trois premières années et ceux jamais dégagés). Cet effet du dégagement était aussi plus évident dans les préparations les moins intenses – puisque la préparation en elle-même est déjà une manière de réduire la compétition –, ainsi que, d'habitude, dans les sites plus riches, où une réduction de la compétition donne directement accès aux ressources, contrairement aux sites pauvres où les ressources sont rares peu importe la présence ou non de compétition. Justement, malgré que les effets de ces différentes techniques soient bien visibles à l'échelle du dispositif, il y avait beaucoup de variabilité entre les sites, ce qui suggère que certaines décisions de stratégie d'aménagement devraient se faire selon les conditions de site.