



Études sur les coûts d'établissement des plantations à croissance rapide en milieu forestier

Rapport Avantage

Vol.14 No.7

Novembre 2013

Auteur :

Michel St-Amour, chercheur principal, Opérations sylvicoles et bioénergie

FPInnovations est un chef de file mondial sans but lucratif qui se spécialise dans la création de solutions à vocation scientifique soutenant la compétitivité à l'échelle mondiale du secteur forestier canadien et qui répond aux besoins prioritaires de ses membres industriels et de ses partenaires gouvernementaux. Il bénéficie d'un positionnement idéal pour faire de la recherche, innover et livrer des solutions d'avant-garde qui touchent à tous les éléments de la chaîne de valeur forestière, des opérations forestières aux produits de consommation et industriels. FPInnovations compte plus de 525 personnes incluant des laboratoires de recherche situés à Québec, Montréal, Thunder Bay, Hinton et Vancouver et des bureaux de transfert de technologie à travers le pays. Pour de plus amples renseignements sur FPInnovations, veuillez visiter : www.fpinnovations.ca.

Suivez-nous sur :



301006199: Croissances rapides

Rapport Avantage – Vol.14 No.7

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier les collaborateurs de Domtar et de Gestion Rémabec Inc. ainsi que le ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec. Il tient aussi à remercier la Société sylvicole de Chambord, Aménagement forestier et agricole des Sommets en Estrie ainsi que tous les entrepreneurs, opérateurs, contremaîtres et ouvriers sylvicoles qui ont contribué aux études.

La production du présent rapport a été financée en partie par Ressources naturelles Canada, grâce à sa contribution dans le cadre de l'entente RNCa-FPinnovations.

CONTACT

Michel St-Amour
Chercheur principal
Opérations sylvicoles
michel.st-amour@fpinnovations.ca

Table des matières

Introduction.....	4
Déroulement des études.....	5
Description des sites.....	5
Opération de préparation de terrain	8
Description des machines	8
Mode d'opération	8
Résultats des suivis.....	8
Productivité.....	8
Qualité du traitement	10
Opération de plantation.....	11
Description des travaux.....	11
Résultats des suivis.....	13
Productivité.....	13
Conditions des travaux d'entretien	14
Analyse des coûts.....	16
Préparation de terrain.....	16
Plantation et semis.....	16
Entretien de plantation	16
Coût total.....	17
Conclusions	18
Références	19
Annexe 1: Classification de la qualité des monticules.	20

Mots clés

Peuplier hybride, plantation, préparation de terrain, monticules, dégagement, productivité, coûts

Résumé

Dans le cadre de son programme de technologies transformatrices, FPInnovations participe à un projet de recherche sur les sources de biomasse forestière de remplacement pour alimenter la bio-industrie émergente. Une série d'études a été menée sur quatre différents sites au Québec pour déterminer la productivité, la qualité et le coût des différents traitements nécessaires pour l'établissement des plantations de peupliers hybrides en milieu forestier. Les études démontrent que les conditions de terrain et l'organisation du travail sont les facteurs qui ont le plus d'influence sur l'efficacité et le coût total des traitements.

INTRODUCTION

La présente étude vise à déterminer les coûts d'établissement des plantations d'essences à croissance rapide en milieu forestier. Elle porte sur l'efficacité des opérations de préparation de terrain en monticules, de mise en terre des semis de peupliers hybrides et des travaux d'entretien selon différentes applications et conditions de sites.

L'expérience en Scandinavie et au Québec avec les semis plantés sur des monticules démontre un taux de survie et de croissance accru des semis, comparativement à ceux plantés dans des sillons ou des poquets (Sutton, 1993; Hallsby et Orlander, 2004; Bilodeau et al., 2011). Les principaux avantages du monticule de sol minéral renversé sur humus sont un meilleur drainage du sol et une température du sol plus élevée autour du semis. Ces conditions favorisent un établissement plus rapide et une croissance accrue du semis, lui permettant ainsi d'être libre de croître plus rapidement parmi la végétation compétitrice.

Au Canada, les plantations d'essence à croissance rapide sont normalement établies dans des conditions de terres agricoles marginales ou abandonnées (Larocque et al., 2013) et leurs coûts d'établissement peuvent être élevés. Actuellement au Québec, quelques compagnies forestières réalisent des plantations de peupliers hybrides en milieu forestier.

FPInnovations a réalisé le suivi de trois opérations de préparation de terrain en monticules, de plantation et de dégagement des plantations de peupliers hybrides en milieu forestier, et les résultats sont présentés dans le présent rapport.

DÉROULEMENT DES ÉTUDES

Les trois opérations suivies pour l'établissement de plantations de peupliers hybrides se sont déroulées au Québec dans les régions du Saguenay, de la Mauricie et de l'Estrie. Les différentes opérations ont été réalisées comme suit : préparation de terrain en monticules en 2009, plantation des semis de peupliers hybrides en 2010 et travaux d'entretien en 2011. Elles ont été exécutées par des entrepreneurs, opérateurs et travailleurs sylvicoles expérimentés dans ces types de travaux.

Les études comportaient les volets suivants : évaluations des conditions de site avant traitement, études de productivité de l'opération et inventaires après traitement. Une analyse des coûts suivant les résultats des études a aussi été effectuée pour chaque opération.

DESCRIPTION DES SITES

Les sites d'étude au Saguenay et en Mauricie ont été établis en forêt publique, à la suite de coupes de protection de la régénération et des sols (CPRS) dans des forêts mélangées. Le site en Estrie a été réalisé en forêt privée, à la suite d'une coupe totale d'une forêt feuillue dégradée effectuée en 2009 en vue de reboiser du peuplier hybride. Les détails sur les caractéristiques du terrain et de la végétation arbustive des sites d'étude avant traitement sont fournis aux tableaux 1 et 2.

Au Saguenay, le site présentait des conditions de végétation dense de feuillus (figure 1a). Le terrain était composé d'un humus mince sur sable loameux avec un niveau de pierrosité de 28 %. Il était légèrement accidenté avec peu d'obstacles au sol et sur une pente continue de 9 % avec une section plus abrupte de 16 à 22 %. La densité de la végétation en tiges/ha était de 650 résineux, de 14 000 feuillus commerciaux comprenant des peupliers faux-trembles et des bouleaux à papier et de 30 000 feuillus non commerciaux comprenant des cerisiers de Pennsylvanie et des saules. La hauteur moyenne de la végétation était de 2,5 m.

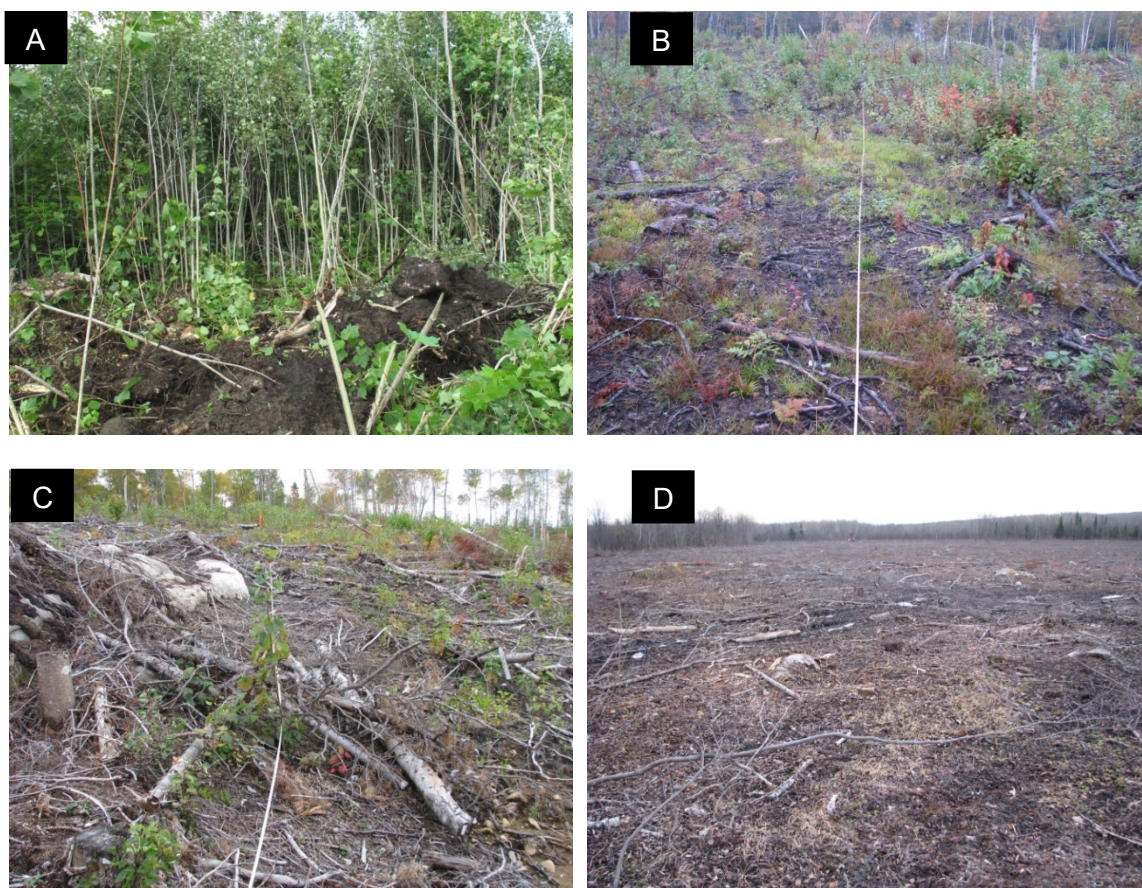


Figure 1. Aperçu des conditions de terrain avant traitement sur les sites d'étude

- A. Végétation dense de feuillus du site au Saguenay.**
- B. Conditions de terrain relativement faciles du site 1 en Mauricie.**
- C. Conditions de rugosité du terrain plus difficiles du site 2 en Mauricie.**
- D. Site d'étude en forêt privée en Estrie.**

Deux sites situés à l'ouest de La Tuque ont fait partie de l'étude en Mauricie. Le premier site présentait des conditions d'opération plus faciles que le deuxième en raison d'un terrain moins accidenté et d'un niveau de pierrosité plus faible (figure 1b). Le type de sol et le niveau d'encombrement des obstacles au sol étaient similaires dans les deux sites. Le deuxième site (figure 1c) se distinguait du premier principalement par une forte présence d'affleurements rocheux. Une courte végétation de feuillus d'environ 30 000 tiges/ha comprenant peu de résineux était présente sur les deux sites.

En Estrie, le site en forêt privée situé au nord de Windsor était plat, humide, avec une argile sableuse profonde et peu d'obstacles au sol (figure 1d). La densité de la régénération naturelle des feuillus était de moins de 4 000 tiges/ha et avait généralement moins de 1 m de hauteur. Un épandage de biosolides papetiers et de boue de chaux provenant de la fabrication de pâtes d'une usine locale avait été fait avant la préparation du terrain pour fertiliser le site.

Tableau 1. Conditions de terrain avant traitement des sites d'étude.

Sites d'étude	Saguenay	Mauricie 1	Mauricie 2	Estrie
<u>Terrain</u>				
Épaisseur de l'humus (cm)	6	5	4	5
Pierrosité (%)	28	27	64	28
Pente moyenne (%)	9	6	10	0
Drainage	frais	frais	frais	humide
Sol	sable loameux	sable loameux	sable loameux	argile sableuse
Débris au sol				
<5 cm*	12	49	47	27
>5 cm*	1	7	8	3
m³/ha	19	48	56	23
Souches				
N ^{bre} /ha	253	525	1 020	791
Diamètre moyen (cm)	28	25	21	25
Hauteur moyenne (cm)	21	24	26	22

*Fréquence moyenne du nombre de débris traversant une ligne de 20 m

Tableau 2. Caractéristiques de la végétation arbustive des sites d'étude avant traitement

Sites d'étude	Saguenay	Mauricie 1	Mauricie 2	Estrie
<u>Densité (tiges/ha)</u>				
Résineux				
15 – 150 cm	265	1 623	577	0
150 – 400 cm	382	438	0	0
>400 cm	0	0	0	0
Total	647	2 061	577	0
Feuillus commerciaux				
15 – 150 cm	3 794	27 975	28 987	341
150 – 400 cm	10 353	3 464	0	68
>400 cm	0	21	0	0
Total	14 147	31 460	28 987	409
Feuillus non commerciaux				
15 – 150 cm	15 559	980	838	2 386
150 – 400 cm	14 794	576	0	614
>400 cm	147	0	0	0
Total	30 500	1 556	838	3 000
Total global	45 294	35 077	30 402	3 409

OPÉRATION DE PRÉPARATION DE TERRAIN

Description des machines

La préparation de terrain en monticules a été réalisée à l'aide d'excavatrices équipées de godets classiques. L'utilisation d'excavatrices dans ce traitement ponctuel permet un niveau de flexibilité important, particulièrement dans des conditions de terrain difficiles telles que les terrains mal drainés, les débris au sol et les sites pierreux avec des boulders. Au Saguenay et en Estrie, des excavatrices de 20 t équipées de godets d'une capacité de 1 m³ ont été utilisées, alors qu'en Mauricie, on a eu recours à une excavatrice de 11 t équipée d'un godet de 0,5 m³.

Mode d'opération

Les trois sites ont été traités par des passages successifs et perpendiculaires aux routes. Les microsites étaient produits en creusant dans le sol avec le godet et en renversant le sol minéral par-dessus l'humus pour former un monticule (figure 2). Au besoin, les débris de coupe, les roches ou les souches étaient déplacés ou enlevés avant de produire les monticules. Au Saguenay, il était nécessaire d'écraser la haute régénération au sol avec le godet pour améliorer la visibilité et faciliter la production des monticules.



Figure 2. Aperçu de la séquence pour produire un monticule avec une excavatrice.

Résultats des suivis

Productivité

Les résultats des études de productivité durant l'opération de scarifiage sont fournis au tableau 3. Pour l'ensemble des opérations, la productivité variait entre 142 et 276 monticules/HMP alors que l'intensité du traitement était de 900 à 1 200 monticules/ha. La productivité était moins élevée au site du Saguenay et au site 2 en Mauricie, soit de 142 monticules/HMP.

Au Saguenay, le temps utilisé pour débayer la haute régénération représentait 30 % du temps productif total alors que dans le cas des autres opérations, il représentait entre 8 et 15 % du temps productif total et en conséquence, plus de temps était consacré à produire des monticules.

Au site 2 en Mauricie, la faible productivité s'explique par un terrain plus accidenté, plus rocheux et un sol mince. Le temps nécessaire pour produire chaque monticule était aussi plus long, car l'opérateur prenait plus de temps à accumuler suffisamment de sol minéral pour former un monticule de bonne qualité. La capacité du godet, deux fois moindre que celui utilisé en Estrie et au Saguenay a également influencé la productivité du site 1.

En Estrie, la productivité était nettement plus élevée, soit de 276 monticules/HMP. Deux facteurs peuvent expliquer l'efficacité relative de la machine. Premièrement, avec une faible rugosité, une quantité négligeable d'obstacles et de végétation arbustive et un sol minéral profond, les conditions d'opérations étaient plus faciles qu'aux deux autres endroits. Deuxièmement, le mode d'opération systématique de l'excavatrice était très efficace et contribuait aussi à produire es monticules plus rapidement.

En Estrie, la productivité était nettement plus élevée, soit de 276 monticules/HMP. Deux facteurs peuvent expliquer l'efficacité relative de la machine. Premièrement, avec une faible rugosité, une quantité négligeable d'obstacles et de végétation arbustive et un sol minéral profond, les conditions d'opérations étaient plus faciles qu'aux deux autres endroits. Deuxièmement, le mode d'opération systématique de l'excavatrice était très efficace et contribuait aussi à produire es monticules plus rapidement.

Tableau 3. Sommaire des opérations de préparation de terrain

Sites d'étude	Saguenay	Mauricie 1	Mauricie 2	Estrie
Productivité				
ha/HMP	0,134	0,145	0,154	0,285
monticules/HMP	142	166	142	276
monticules/ha	1 052	1 148	924	970
Largeur des passages	16,4	14,5	14,5	17,2
Répartition des éléments de temps (% du temps productif)				
Scarifiage	60	74	65	76
Déblaiement	30	8	15	13
Déplacement	7	15	19	11
Délais opérationnels	3	3	1	0
Total	100	100	100	100

Qualité du traitement

Les critères de qualité pour la préparation de terrain en monticules sont axés sur le nombre de monticules/ha et une épaisseur minimum de sol minéral du monticule. Ils doivent aussi être relativement stables et libres de débris ou de roches. La qualité des monticules était évaluée selon un classement décroissant de qualité de 1 à 6 (annexe 1). Les résultats des évaluations après traitement pour chaque site d'étude sont fournis au tableau 4.

La qualité de la préparation de terrain était supérieure au site 1 en Mauricie et au site en Estrie, principalement en raison d'une épaisseur de sol minéral adéquate pour la mise en terre des semis. Dans ces sites, plus de 90 % des monticules avaient reçu un classement de 1 à 3, le nombre de monticules/ha était plus élevé et plus de 97 % étaient plantables. En Mauricie, la taille et le volume des monticules étaient moins élevés à cause de l'utilisation d'un plus petit godet. Au Saguenay, le volume des monticules était plus élevé, mais l'épaisseur moyenne de l'épaulement de sol minéral était de 25 cm seulement. Les conditions de terrain plus difficiles en ce qui touche la végétation arbustive sur pied au Saguenay et la roche au site 2 en Mauricie sont les causes principales d'un moins grand nombre de microsites plantables ou de bonne qualité.

Tableau 4. Évaluation de la qualité du scarifiage

Sites d'étude	Saguenay	Mauricie 1	Mauricie 2	Estrie
Monticules				
Hauteur (cm)	49	49	46	56
Volume (m ³)	0,82	0,33	0,32	0,59
Épaisseur du sol minéral	25	44	42	48
Classement				
Classe 1	5 %	-	-	-
Classe 2	27 %	79 %	47 %	78 %
Classe 3	29 %	14 %	22 %	16 %
Classe 4	12 %	6 %	15 %	4 %
Classe 5	7 %	1 %	5 %	2 %
Classe 6	20 %	-	11 %	-
Stable	92 %	100 %	92 %	96 %
Plantable	77 %	98 %	83 %	97 %
Densité (monticules/ha)				
Plantable	810	1 125	767	941
Total	1 052	1 148	924	970

OPÉRATION DE PLANTATION

Description des travaux

La plantation de peupliers hybrides a été réalisée dans chacun des sites d'étude au printemps 2010, soit l'année suivant la préparation de terrain. Les semis de peupliers hybrides sont de forte taille, soit plus de 1 m de longueur et la motte de racines nues mesure de 10 à 15 cm. Ils sont livrés en ballots de 50 semis, avec la partie des racines dans un sac de plastique contenant de la mousse de tourbe humide. Une variété de semis de différentes provenances ont été mis en terre dans chacun des sites d'étude. En Mauricie et en Estrie, les ballots étaient uniformément distribués sur les sites (figure 3) à l'aide de porteurs forestiers, alors qu'au Saguenay les reboiseurs devaient s'approvisionner en semis le long du chemin.



Figure 3. Dépôt de semis sur le site de plantation.

La majorité des reboiseurs transportaient les longs semis à leur côté, attachés à l'aide d'un harnais ou d'une ceinture, alors que certains les transportaient à la main, à même le ballot ou dans des chaudières modifiées en forme de bac (figure 4). Ils utilisaient tous des pelles à reboiser pour préparer les trous de plantation en fente dans le monticule (figure 5). Les critères de qualité de base pour la mise en terre du peuplier hybride sont les suivants : la motte de racine doit être enfouie à une profondeur minimum de 30 cm dans du sol minéral, le sol doit être bien compacté autour du semis et il doit être vertical.



Figure 4. Diverses méthodes étaient utilisées par les reboiseurs pour transporter les semis, dont l'utilisation de harnais ou de bacs.



Figure 5. Aperçu de la préparation du trou de plantation avec une pelle et mise en terre d'un semis.

Résultats des suivis

Productivité

Les résultats des études chronométriques sont présentés au tableau 6. La productivité des reboiseurs variait de 103 à 182 semis/heure productive (HP) pour une moyenne de 140 semis/HP dans l'ensemble des sites. Les reboiseurs étaient plus productifs en Mauricie; ils plantaient en moyenne 182 et 157 semis/HP dans les sites 1 et 2 respectivement. Ils étaient moins productifs au site 2 à cause des conditions de terrain plus difficiles, d'autant plus que les monticules étaient plus espacés, moins nombreux et de moins bonne qualité qu'au site 1. Il faut noter que les reboiseurs en Mauricie consacraient 80 % du temps productif à la plantation des semis et seulement 2 % aux déplacements.

Tableau 6. Sommaire des opérations de plantation

Sites d'étude	Saguenay	Mauricie 1	Mauricie 2	Estrie	Total
Productivité (semis/HP)	118	182	157	103	140
Répartition du temps productif (%)					
<u>Mise en terre</u>	72	80	81	73	76
<u>Déplacements</u>	6	2	3	6	4
<u>Approvisionnement</u>	12	13	9	12	12
<u>Pauses <15 min.</u>	10	5	7	9	8
Total	100	100	100	100	100

Au Saguenay et en Estrie, la productivité était nettement moins élevée, soit de 118 et 103 semis/HP respectivement. Malgré que les conditions de terrain au Saguenay aient été plus difficiles qu'en Estrie et que les reboiseurs aient été obligés de s'approvisionner en semis en bordure de route, ils étaient plus productifs qu'en Estrie. En Estrie, le sol argileux était par contre moins meuble que le sable loameux des autres sites. Il était plus difficile et plus long de préparer le trou de plantation dans l'argile séchée en Estrie. On remarque aussi que les reboiseurs en Estrie consacraient autant de temps à se déplacer pour s'approvisionner en semis qu'au Saguenay, même si les semis étaient distribués directement sur le site de plantation.

À part les sites en Mauricie, il est difficile de comparer directement l'effet des différentes conditions de terrain sur la productivité des reboiseurs, car des ouvriers différents ont travaillé dans chaque région. En raison de l'échantillonnage limité et comme il s'agit d'un traitement manuel difficile, la motivation et les capacités physiques de chaque personne ont souvent davantage d'influence sur son rendement que les conditions de terrain.

CONDITIONS DES TRAVAUX D'ENTRETIEN

Une opération de dégagement des plantations de peupliers hybrides a été réalisée au Saguenay et en Mauricie l'année suivant la plantation, durant la période de juillet à la mi-septembre 2011. Elle consistait à dégager les peupliers de la végétation compétitrice manuellement, à l'aide de scies débroussailleuses (figure 6).



Figure 6. Aperçu du dégagement au site 1 en Mauricie.

Aucune étude de productivité n'a été effectuée durant les travaux de dégagement, ni aucun suivi après traitement. Des inventaires de régénération ont tout de même été réalisés avant les travaux pour déterminer les caractéristiques de la végétation compétitrice et pour permettre d'estimer le coût du traitement. Les résultats des inventaires sont fournis au tableau 7. Un an après la plantation au Saguenay et en Mauricie, la hauteur moyenne des plants incluant le monticule était de 202 cm, alors que celle de la végétation compétitrice était de 138 cm. La densité des tiges >15 cm de hauteur dans ces sites était de plus de 52 000 tiges/ha.

En Estrie, la hauteur moyenne des plants était nettement plus élevée, soit de 351 cm, alors que la végétation compétitrice était de 106 cm seulement. La végétation compétitrice était principalement composée de graminées et la densité des tiges >15 cm de hauteur était aussi moins élevée, soit de 15 000 tiges/ha. L'écart de hauteur de près de 2,5 m entre les plants et la végétation a été la principale

raison invoquée pour ne pas réaliser un dégagement au site en Estrie. L'utilisation et l'épandage de biosolides papetiers et de boue de chaux sur ce site a sûrement contribué à la forte croissance des semis durant la première année.



Figure 7. Aperçu des peupliers hybrides en Estrie.

Tableau 7. Résultats des évaluations de la régénération.

Sites d'étude	Saguenay	Mauricie 1 & 2	Estrie
Hauteur des plants (cm)	183	164	313
Hauteur des plants incluant le monticule (cm)	211	192	351
Hauteur de la végétation (cm)	146	129	106
Écart entre les plants et la végétation (m)	65	63	245
% des plants envahis par la végétation	10 %	6 %	0 %
Couverture des graminées (%)	4 %	2 %	36 %
Couverture des FFE* (%)	34 %	36 %	36 %
Densité des tiges >15 cm de hauteur (tiges/ha)	56 090	52 118	15 052

ANALYSE DES COÛTS

Les résultats de l'analyse des coûts sont fournis au tableau 8. Ils comprennent les coûts de l'opération de préparation de terrain, des travaux de plantation incluant le coût des semis basé sur nos études, ainsi qu'une estimation pour les travaux de dégagement.

Préparation de terrain

Le coût de la préparation de terrain en monticules est calculé selon la productivité de la machine et le taux horaire des machines. Le taux horaire des machines, selon la formule standard d'établissement de coût de FPInnovations, est estimé à 162,20 \$/HMP pour les excavatrices de 20 t et à 134,26 \$/HMP pour l'excavatrice de 12 t. Le coût de production de monticules par les excavatrices varie de 0,59 \$ à 1,15 \$ par monticule. Le coût du traitement étant basé sur la productivité obtenue dans les différents sites, il est plus élevé dans les sites où les conditions étaient plus difficiles comme celui du Saguenay et du site 2 en Mauricie, alors qu'il est moins élevé en Estrie et au site 1 en Mauricie, où les conditions étaient plus faciles. Le coût de traitement varie de 569 \$ à 1 211 \$/ha et est calculé selon le coût par monticule et l'intensité du traitement, soit le nombre de monticules produits par hectare. On notera que les conditions au Saguenay étaient extrêmes pour ce type de traitement et que l'utilisation d'un godet plus petit a probablement contribué aux productivités plus faibles en Mauricie.

Plantation et semis

Le coût de l'opération de plantation est basé sur la productivité des reboiseurs et sur un taux horaire de 61,08 \$/HP pour le reboisement. Le taux horaire est fondé sur un historique de données des coûts et des frais associés aux opérations de reboisement au Québec (Del Degan, 2009).

Le coût de plantation des semis varie de 0,34 \$ à 0,59 \$ par semis. En Mauricie, le coût moyen de plantation est de 0,36 \$/semis, alors qu'au Saguenay et en Estrie, il est de 0,56 \$/semis planté. Le coût de plantation plus faible en Mauricie est directement associé au taux de production nettement plus élevé des reboiseurs en Mauricie, comparativement aux autres sites. Le coût des semis incluant la production en pépinière et le transport des semis en forêt est de 1,17 \$/semis. Le coût des semis varie de 1 076 \$ à 1 343 \$/ha et est directement relié à l'intensité de la plantation.

Entretien de plantation

Le coût de traitement pour les travaux de dégagement mécanique de la régénération est calculé selon la formule du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) en forêt publique (MRNF, 2011). Il est basé sur le taux d'occupation des framboisiers, fougères et épilobes ainsi que sur la densité des arbres et arbustes >15 cm de hauteur. Il comprend le traitement mécanique par des ouvriers équipés de débroussailleuses et les frais de planification et de suivi des travaux. Le coût de l'opération de dégagement au Saguenay et en Mauricie varie de 849 \$ à 857 \$/ha. Aucun coût pour l'entretien de peuplement n'est inclus pour le site en Estrie, puisque la plantation était libre de croître.

Coût total

Le coût total d'établissement des plantations de peupliers hybrides pour l'ensemble des sites d'étude varie entre 2,35 \$ et 3,65 \$/semis. Selon un coût moyen de 3,12 \$/semis et une intensité de 1 000 semis/ha, le coût moyen pour établir une plantation de peupliers hybrides en milieu forestier serait de 3 120 \$/ha. Nos essais démontrent toutefois que le choix du site et une préparation de terrain adéquate pourraient éviter le recours au dégagement et réduiraient considérablement les coûts.

Tableau 8. Résultats de l'analyse des coûts.

Sites d'étude	Saguenay	Mauricie 1	Mauricie 2	Estrie
<u>Préparation de terrain (2009)</u>				
Production (monticules/ha)	1 053	1 148	920	968
Productivité				
ha/HMP	0,134	0,145	0,155	0,29
monticules/HMP	141	166	142	276
Taux horaire de l'appareil (\$/HMP)	162,20 \$	134,26 \$	134,26 \$	162,20 \$
Coût du traitement (\$/ha)	1 211 \$	928 \$	870 \$	569 \$
Coût du traitement (\$/monticule)	1,15 \$	0,81 \$	0,95 \$	0,59 \$
<u>Plantation (2010)</u>				
Productivité (semis/HP)	118	182	157	103
Taux horaire du reboisement (\$/HP)	61,08 \$	61,08 \$	61,08 \$	61,08 \$
Coût total de plantation (\$/ha)	545 \$	385 \$	358 \$	574 \$
Coût total de plantation (\$/semis)	0,52 \$	0,34 \$	0,39 \$	0,59 \$
<u>Semis (2010)</u>				
Coût des semis (\$/semis)	1,17 \$	1,17 \$	1,17 \$	1,17 \$
Coût total des semis (\$/ha)	1 232 \$	1 343 \$	1 076 \$	1 133 \$
<u>Dégagement (2011)</u>				
Traitement de dégagement (\$/ha)	857 \$	849 \$	849 \$	
Traitement de dégagement (\$/semis)	0,81 \$	0,74 \$	0,92 \$	
<u>Coûts d'établissement totaux</u>				
(\$/ha)	3 845 \$	3 505 \$	3 153 \$	2 276 \$
(\$/semis)	3,65 \$	3,05 \$	3,43 \$	2,35 \$

CONCLUSIONS

Les études démontrent que les conditions de terrain ont un impact sur la productivité des opérations de préparation du terrain, de la plantation et des travaux d'entretien et par conséquent, sur le coût total d'établissement de plantations de peupliers hybrides.

L'efficacité de la préparation de terrain en monticules a été influencée principalement par les obstacles au sol, une forte densité de régénération ou la disponibilité de sol minéral pour produire des monticules de qualité. Par ailleurs, la méthode de travail des opérateurs d'excavatrice a aussi eu un impact sur la productivité durant la production des monticules. Malgré le fait que le site était moins difficile à traiter en Estrie par rapport aux autres sites, il demeure que la méthode et le schéma de travail utilisés pour cette opération étaient nettement plus efficaces que pour les autres opérations.

La productivité des reboiseurs est toutefois d'abord reliée à leur habilité, leur motivation et leur condition physique. Un plus grand nombre d'ouvriers aurait été nécessaire pour tirer des conclusions sur l'effet des conditions de terrain. Pour les mêmes raisons, la productivité des traitements de dégagement est difficilement associable aux conditions des sites d'étude.

Les conditions de terrain influencent indirectement la productivité des reboiseurs et le coût du reboisement. Les reboiseurs avaient plus de difficulté et prenaient plus de temps à préparer les trous de plantation lorsque les monticules étaient de moins bonne qualité. Dans les conditions de terrain plus difficiles, les monticules étaient généralement de moins bonne qualité en raison d'un manque de sol minéral, d'une trop grande quantité de débris dans les monticules et de la texture du sol. Il est cependant difficile d'expliquer directement les écarts de productivité entre les planteurs, à moins de leur associer un niveau subjectif de compétence lors des analyses.

La distribution des semis sur le terrain pour l'approvisionnement des reboiseurs est fortement recommandée. Les semis de peupliers hybrides sont de forte taille et les reboiseurs ne peuvent en transporter un grand nombre pendant le reboisement. De plus, les ballots ne contiennent pas un grand nombre de semis et ils sont relativement lourds à porter sur une longue distance. En réduisant le temps d'approvisionnement des reboiseurs à partir de dépôts de semis bien distribués sur le terrain, on leur permet de consacrer plus de temps et d'énergie à mettre les semis en terre qu'à les transporter.

Des travaux de dégagement de la régénération naturelle l'année suivant la plantation ont été réalisés au Saguenay et en Mauricie, en raison du mince écart entre la hauteur des semis plantés et celle de la végétation compétitrice. En Estrie, la hauteur des semis était nettement plus élevée et ne nécessitait aucun entretien. La combinaison de plusieurs facteurs peut avoir contribué à un établissement et une croissance rapides des semis plantés durant la première année dans ce site, telles que la qualité des monticules et de la mise en terre, le choix de clones, un sol plus fertile et l'ajout de boues résiduelles.

Le coût total moyen d'établissement de plantations de peupliers hybrides en milieu forestier, à une intensité de 1 000 plants/ha, est de 3 120 \$/ha. Dans les meilleures conditions suivies, le coût était de 2 350 \$/ha. Les résultats préliminaires sur le suivi de plantations de peupliers hybrides en milieu forestier de 10 à 15 ans au Québec indiquent un rendement de 8 à 12 m³/ha/an ou environ 2,7 à 4,1 tma/ha/an(*).

En milieu agricole, sur des terres marginales ou abandonnées, le coût d'établissement de plantations d'essences à croissance rapide est de l'ordre de 5 430 \$/ha, avec un rendement moyen de 6,3 tma/ha/an (Allen et al., 2013).

Pour comparer le coût du bois à maturité selon les deux scénarios, le calcul prend en considération le coût d'établissement des plantations, un taux d'actualisation de 2 % par an et un âge à maturité de 20 ans. L'analyse démontre que le coût du bois à maturité en milieu forestier selon un rendement moyen de 3,4 tma/ha/an et un coût moyen de 3 120 \$/ha était de 66 \$/tma. Dans de meilleures conditions, on pourrait espérer un rendement de 4,1 tma/ha/an pour un coût d'établissement de 2 350 \$/ha et ainsi obtenir un coût de bois à maturité de 42 \$/tma. En milieu agricole, il est de 63 \$/tma selon le rendement moyen. Malgré un coût plus élevé pour l'établissement de plantations d'essences à croissance rapide en milieu agricole, le coût du bois à maturité est moins élevé que celui qui est produit avec le peuplier hybride en milieu forestier lorsqu'on utilise le rendement moyen anticipé pour les deux scénarios. Un bon choix de site et de techniques d'établissement est toutefois propice pour générer un coût de production plus faible en milieu forestier.

() Communication personnelle avec Jean Ménétrier, Direction de la recherche forestière, Ministère des ressources naturelles du Québec.*

RÉFÉRENCES

- Allen, D., D.W. McKenney, D. Yemshanov, S. Fraleigh. 2013. The economic attractiveness of Short Rotation Coppice biomass plantations for bioenergy in Northern Ontario. *Forestry Chronicle* 89(1) : 66-78.
- Bilodeau-Gauthier, S., D. Paré, C. Messier, N. Bélanger. 2011. Juvenile growth of hybrid poplars on acidic boreal soil determined by environmental effects of soil preparation, vegetation control, and fertilization. *Forest Ecology and Management* 261 : 620-629.
- Del Degan, Massé. Septembre 2009. Enquête sur les coûts de la sylviculture des forêts du domaine de l'État : 2007-2008. Hallsby, G., G. Örlander. 2004. A comparison of mounding and inverting to establish Norway spruce on podzolic soils in Sweden. *Forestry* 77(2) : 107-117.
- Larocque, G.R., A. Desrochers, M. Larchevêque, F. Tremblay, J. Beaulieu, A. Mosseler, J.E. Major, S. Gaussiran, B.R. Thomas, D. Sidders, P. Périnet, J. Kort, M. Labrecque, P. Savoie, S. Masse, O.T. Bouman, D. Kamelchuk, L. Benomar, T. Mamashita et P. Gagné. 2013. Research on hybrid poplars and willow species for fast-growing tree plantations: Its importance for growth and yield, silviculture, policy-making and commercial applications. *Forestry Chronicle* 89(1) : 32-41.
- MRNF. 2011. Valeurs des traitements sylvicoles admissibles à titre de paiement des droits- Période du 1^{er} janvier au 31 mars 2011. Ministère des ressources naturelles et de la Faune du Québec.
- Sutton, R. F. 1993. Mounding site preparation: A review of European and North American experience. *New Forests* 7 : 151-192.

ANNEXE 1: CLASSIFICATION DE LA QUALITÉ DES MONTICULES.

Classe 1 – Cap de sol minéral

Classe 2 – Cap de sol minéral sur humus/litière et aucuns débris

Classe 3 – Cap de sol minéral sur humus/litière et quelques débris enfouis

Classe 4 – Cap de sol minéral sur humus/litière et perçage de quelques débris

Classe 5 – Cap de sol minéral déformé par perçage de plusieurs débris

Classe 6 – Débris et autres matériaux organiques (absence de sol minéral)



Siège social

Pointe-Claire

570, Boul. Saint-Jean
Pointe-Claire, QC
Canada H9R 3J9
T 514 630-4100

Vancouver

2665, East Mall
Vancouver, C.-B.
Canada V6T 1Z4
T 604 224-3221

Québec

319, rue Franquet
Québec, QC
Canada G1P 4R4
T 418 659-2647



NOTRE NOM EST INNOVATION