

PROGRAMME DE MISE EN VALEUR DES RESSOURCES DU MILIEU FORESTIER

Rapport final – volet 1 – 43-12-05

Mise au point et suivi des méthodes de dégagement dans le feu de Parent (phase 1)

Présenté au :

Ministère des Ressources naturelles du Québec
Unité de gestion de Gouin
M. Kenny Walsh, ing.f.

Par :

Kruger - Scierie Parent inc.
Gaston Villeneuve, ing.f.



Centre collégial de transfert de
technologie en foresterie
Donald Blouin, ing.f., M.Sc.
Guy Lessard, ing.f, M.Sc.

FÉRIC

Institut canadien de recherches en génie forestier
Denis Cormier, ing.f., M.Sc.

Juin 2003

REMERCIEMENTS

La réalisation de ce projet a été rendue possible grâce au soutien financier de l'unité de gestion Windigo et Gouin et du Programme de mise en valeur des ressources du milieu forestier - Volet 1 du ministère des Ressources naturelles.

Nos remerciements s'adressent aux équipes techniques du CERFO et de FERIC pour leur participation active à la cueillette des informations nécessaires à la réalisation de cette étude. Nous remercions également M^{mes} Annie Lelièvre et Claire Roy pour la mise en page et la révision de ce document.

RÉSUMÉ

Cinq ans après le passage du feu de Parent, le bilan de la régénération indique que 68 % de la superficie est présentement occupée par des peuplements à dominance résineuse. Or, en l'absence d'intervention d'entretien de la régénération, le modèle de prédiction d'évolution naturelle sur 50 ans développé par Boulfroy *et al.* (2001) prédit que 93 % de la superficie sera constituée de peuplements à dominance feuillue dont 60 % en feuillu pur et 33 % en mélange à dominance feuillue. Dans le cas de l'évolution prédite lorsque des interventions de dégagement des tiges résineuses sont réalisées sur les sites à potentiel résineux, soit 91 % du territoire, on aurait 32 % de la superficie couverte par des peuplements résineux purs et 30 % de peuplements mélangés à dominance résineuse. Seulement 38 % de la superficie serait toujours dominée par les essences feuillues.

À moyen terme, l'objectif des bénéficiaires est de réaliser entre 1000 et 2000 hectares par année de dégagement dans les peuplements ayant un potentiel résineux situé dans les secteurs brûlés du feu de Parent.

Il s'agit cependant de conditions particulières de travail puisque, dans ces secteurs, on observe la présence d'un grand nombre de tiges brûlées sur pied et une grande quantité de déchets au sol. Ces deux éléments, qui ne sont habituellement pas présents dans les opérations standards de dégagement, représentent un risque élevé pour la sécurité des travailleurs et augmentent les risques de blessures.

La présente étude constitue un projet en deux phases qui vise à préserver la part de vocation résineuse du feu de Parent par l'application d'interventions adaptées au territoire brûlé. Cette étude a pour objectifs généraux : (1) de déterminer quelles sont les méthodes de dégagement les plus sécuritaires et les plus rentables, (2) d'établir la productivité des travaux de dégagement, (3) d'installer un dispositif de suivi de manière à valider les hypothèses d'évolution des peuplements selon les scénarios d'évolution naturelle et d'évolution des tiges résineuses dégagées.

Étant donné la nature dangereuse des travaux, il n'est pas possible d'avoir recours à des opérations manuelles sans opérations mécaniques préalables facilitant l'accès au site telles que des interventions de nettoyage. Deux méthodes ont été mises à l'essai. L'abattage de déblaiement réalisé par une abatteuse-groupeuse est un traitement peu perturbateur qui permet de préserver la régénération dans le cas où celle-ci est moins abondante. Cette intervention se réalise à un coût

raisonnable (350 \$/ha pour 1250 tiges marchandes brûlées sur pied) en vue de la préparation des sites à un dégagement manuel de la régénération naturelle. Le dépressage mécanique par bandes réalisé à l'aide de la débroussailleuse Nokamic s'applique dans le cas de régénération très abondante et permet à la fois de libérer l'accès au site et de diminuer le nombre de tiges à couper. Cette intervention représente un coût moyen estimé à 325 \$/ha et facilitera l'opération d'éclaircie précommerciale subséquente.

Les deux traitements ont semblé efficaces pour faciliter l'accès au site pour un traitement de dégagement subséquent. Il sera toutefois nécessaire, dans le cadre du deuxième volet de ce projet, de mesurer l'impact réel sur les opérations manuelles subséquentes pour évaluer l'intérêt pratique et financier du traitement de nettoyage préalable.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements	i
Résumé	ii
Liste des tableaux	v
Liste des figures	v
Bénéficiaire du projet	vi
Partenaires du projet	vi
1. Introduction	1
2. Objectif	2
3. Méthodologie	3
3.1 Choix des secteurs et inventaire	3
3.1.1 Secteur de prééchantillonnage	3
3.1.2 Secteurs d'intervention	3
3.2 Description des techniques utilisées	8
3.2.1 Abattage de déblaiement	8
3.2.2 Dépressage par bande	9
3.3 Suivi et productivité des interventions	10
3.4 Design expérimental	11
4. Résultats	14
4.1 Description du secteur prééchantillonné	14
4.2 Description des secteurs d'intervention	14
4.3 Productivité des interventions	18
4.3.1 Abattage de déblaiement	18
4.3.2 Dépressage par bandes	18
4.4 Conditions après traitement	19
4.4.1 Encombrement résiduel	19
4.4.2 Régénération résiduelle	20
5. Discussion	22
5.1 Influence des conditions de terrain sur la productivité	22
5.2 Coûts d'opération	23
5.3 Impacts sur le dégagement subséquent	24
6. Conclusion	25
Bibliographie	26

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 -	Caractéristiques du secteur prééchantillonné	14
Tableau 2 -	Conditions de terrain avant intervention	15
Tableau 3 -	Conditions de régénération avant intervention.....	16
Tableau 4 -	Sommaire de production de l’abattage de déblaiement	18
Tableau 5 -	Sommaire de production de l’intervention de dépressage par bandes avec la débroussailleuse Nokamic.....	19
Tableau 6 -	Encombrement résiduel et différences relatives avec les conditions initiales.....	20
Tableau 7 -	Conditions de régénération après intervention et différences avec les conditions initiales	21

LISTE DES FIGURES

Figure 1 -	Localisation des territoires d’expérimentation de dégagement dans le feu de Parent	5
Figure 2 -	Localisation du territoire d’expérimentation de dégagement dans le feu de Parent – secteur Wabash.....	6
Figure 3 -	Localisation du territoire d’expérimentation de dégagement dans le feu de Parent – secteur Greening.....	7
Figure 4 -	Abattage de déblaiement à l’aide d’une abatteuse-groupeuse Timberjack 950 munie d’une tête de coupe Gilbert.	9
Figure 5 -	La débroussailleuse à deux rangs Nokamic pour le traitement de dépressage.....	10
Figure 6 -	Dispositif d’expérimentation de dégagement dans le feu de Parent – secteur Wabash.....	12
Figure 7 -	Dispositif d’expérimentation de dégagement dans le feu de Parent – secteur Greening	13
Figure 8 -	Distribution de la densité de la régénération selon les classes de hauteur par essence pour les secteurs d’intervention.....	17
Figure 9 -	Effet de la densité des tiges sur la productivité lors d’une opération d’abattage de déblaiement	22
Figure 10 -	Courbe de coûts de fonctionnement de l’abattage de déblaiement selon la densité du peuplement à traiter.	23

BÉNÉFICIAIRE DU PROJET

- Kruger inc. - Scierie Parent (AC. 43-20)
M. Gaston Villeneuve, ing.f.

PARTENAIRES DU PROJET

- Centre collégial de transfert de technologie en foresterie (CERFO)
M. Donald Blouin, ing.f., M.Sc.
M. Guy Lessard, ing.f., M.Sc.
M^{me} Emmanuelle Boulfroy, agr., M.Sc.
- Institut canadien de recherche en génie forestier (FÉRIC)
M. Denis Cormier, ing.f., M.Sc.

1. INTRODUCTION

Avant le passage du feu de Parent, 67 % de la superficie productive du territoire brûlé était constituée de peuplements à dominance résineuse (59 % de résineux purs et 8 % de mélangés à dominance résineuse) (Boulfroy et al., 2001).

Cinq ans après le passage du feu, le bilan de la régénération indique que 68 % de la superficie est présentement occupée par des peuplements à dominance résineuse. Or, en fonction des modèles de prédiction développés par Boulfroy et al. (2001), le scénario d'évolution naturelle sur 50 ans prédit que 93 % de la superficie sera constituée de peuplements à dominance feuillue (60 % feuillu pur et 33 % mélangé à dominance feuillue) en l'absence d'intervention. Dans le cas de l'évolution prédite lorsque des interventions de dégagement des tiges résineuses sont réalisées sur les sites à potentiel résineux, soit 91 % du territoire, on aurait 32 % de la superficie couverte par des peuplements résineux purs et 30 % de peuplements mélangés à dominance résineuse. Seulement 38 % de la superficie serait toujours dominée par les essences feuillues.

À moyen terme, l'objectif des bénéficiaires est de réaliser entre 1000 et 2000 hectares par année de dégagement dans les peuplements ayant un potentiel résineux situé dans les secteurs brûlés du feu de Parent.

Il s'agit cependant de conditions particulières de travail puisque, dans ces secteurs, on observe une grande quantité de déchets au sol et la présence d'un grand nombre de tiges brûlées sur pied. Ces deux éléments ne sont habituellement pas présents dans les opérations standards de dégagement. La faible visibilité combinée à la présence de déchets au sol sont des obstacles à l'avancement des travaux ainsi que des éléments augmentant les risques de blessures. La présence de chicots, tant qu'à elle, représente un risque élevé pour la sécurité des travailleurs.

2. OBJECTIF

L'étude décrite constitue la première phase (2002-2003) d'un projet qui vise à préserver la part de vocation résineuse du feu de Parent par l'application d'interventions adaptées au territoire brûlé.

Cette étude a pour objectifs généraux :

- d'établir la productivité des travaux de dégagement dans le feu de Parent de manière à déterminer quelles sont les méthodes de dégagement les plus sécuritaires et les plus rentables;
- d'installer un dispositif de manière à valider les hypothèses d'évolution des peuplements selon les scénarios d'évolution naturelle et d'évolution des tiges résineuses dégagées.

Elle a pour objectifs plus spécifiques :

- de proposer des méthodes de nettoyage pour permettre un traitement éventuel de dégagement ou d'éclaircie précommerciale;
- de vérifier leur faisabilité;
- d'en connaître les contraintes opérationnelles;
- d'en évaluer les coûts.

La deuxième phase du projet (2003-2004) s'attardera à vérifier l'efficacité des traitements de nettoyage sur les opérations subséquentes de dégagement.

3. MÉTHODOLOGIE

3.1 Choix des secteurs et inventaire

Les secteurs visés pour le dégagement (figure 1) ont été choisis en fonction :

- de l'accessibilité (nouveau chemin forestier, portion sud du feu de Parent – Secteur Wabash);
- des caractéristiques écologiques (potentiel – vocation résineuse);
- de la présence de régénération résineuse;
- de la présence de compétition par les essences feuillues;
- de la présence de tiges brûlées sur pied.

3.1.1 Secteur de prééchantillonnage

Comme aucune donnée d'inventaire n'est disponible pour le secteur Wabash, l'inventaire avant intervention a servi à qualifier la régénération, la compétition et le bois sur pied. Environ 200 ha ont fait d'objet d'inventaire au moment du prééchantillonnage (figure 2). Des virées équidistantes de 100 m ont permis de couvrir l'ensemble de la superficie. Le dénombrement des résineux a été effectué dans une placette de 20 m² à tous les 100 m sur la virée. L'évaluation du bois sur pied et de la compétition a été faite dans 4 placettes de 20 m² par section de 100 m.

3.1.2 Secteurs d'intervention

Deux types de sites ont été ciblés pour les opérations de nettoyage. D'abord les terrains constitués d'une forte densité d'arbres brûlés sur pied de gros diamètre (secteur Wabash) puisque le déblaiement de ces sites pose un défi technique important si on cherche à minimiser les perturbations du sol et à préserver la régénération naturelle. Dans un deuxième temps, les sites brûlés à très forte densité de régénération résineuse (secteur Greening – figure 3) pour examiner les possibilités de réduire l'encombrement du site et la densité du peuplement afin de faciliter le traitement éventuel d'éclaircie précommerciale. Dans ce dernier cas, le défi est de proposer un traitement permettant de conserver le coefficient de distribution de la régénération du peuplement initial. Les peuplements brûlés constitués d'une faible densité d'arbres brûlés sur pied de petite taille n'ont pas été considérés dans cette étude puisqu'ils ne présentent pas des conditions aussi restreignantes au niveau du débroussaillage manuel.

Les informations recueillies dans les secteurs avant les interventions sont :

- Conditions de terrain (pente, rugosité, solidité);
- Arbres résiduels (densité, diamètre);
- Végétation mineure (pourcentage de couverture);
- Débris au sol (pourcentage de couverture, hauteur, volume);
- Régénération (densité et coefficient de distribution « grappe de placettes de 4m² » par essence et classe de hauteur);
- Niveau de compétition des arbres d'avenir.

L'inventaire après intervention a pour but de mesurer l'impact des travaux sur l'encombrement du site et la régénération naturelle. Les informations recueillies dans les secteurs sont :

- Relevé GPS des superficies et des empilements de bois;
- Patron de dépressage (largeur des bandes traitées et laissées);
- Débris au sol (hauteur, volume);
- Relevé des dommages sur la régénération;
- Régénération (densité et coefficient de distribution par essence et classe de hauteur);
- Niveau de compétition des arbres d'avenir.

Afin d'évaluer l'urgence du traitement de dégagement qui suivra les travaux de nettoyage, le niveau de compétition dans le peuplement en régénération a été estimé à partir d'une tige d'avenir sélectionnée dans chaque placette stockée. La tige est considérée dégagée si sa cime est libre sur le tiers supérieur dans un rayon équivalent à la projection de sa cime; en compétition si elle a une cime libre sur moins du tiers supérieur; et opprimée s'il s'agit d'une tige codominante ou supprimée. Les arbres en dehors de la placette sont considérés pour estimer le niveau de compétition.

Figure 1 - Localisation des territoires d'expérimentation de dégagement dans le feu de Parent

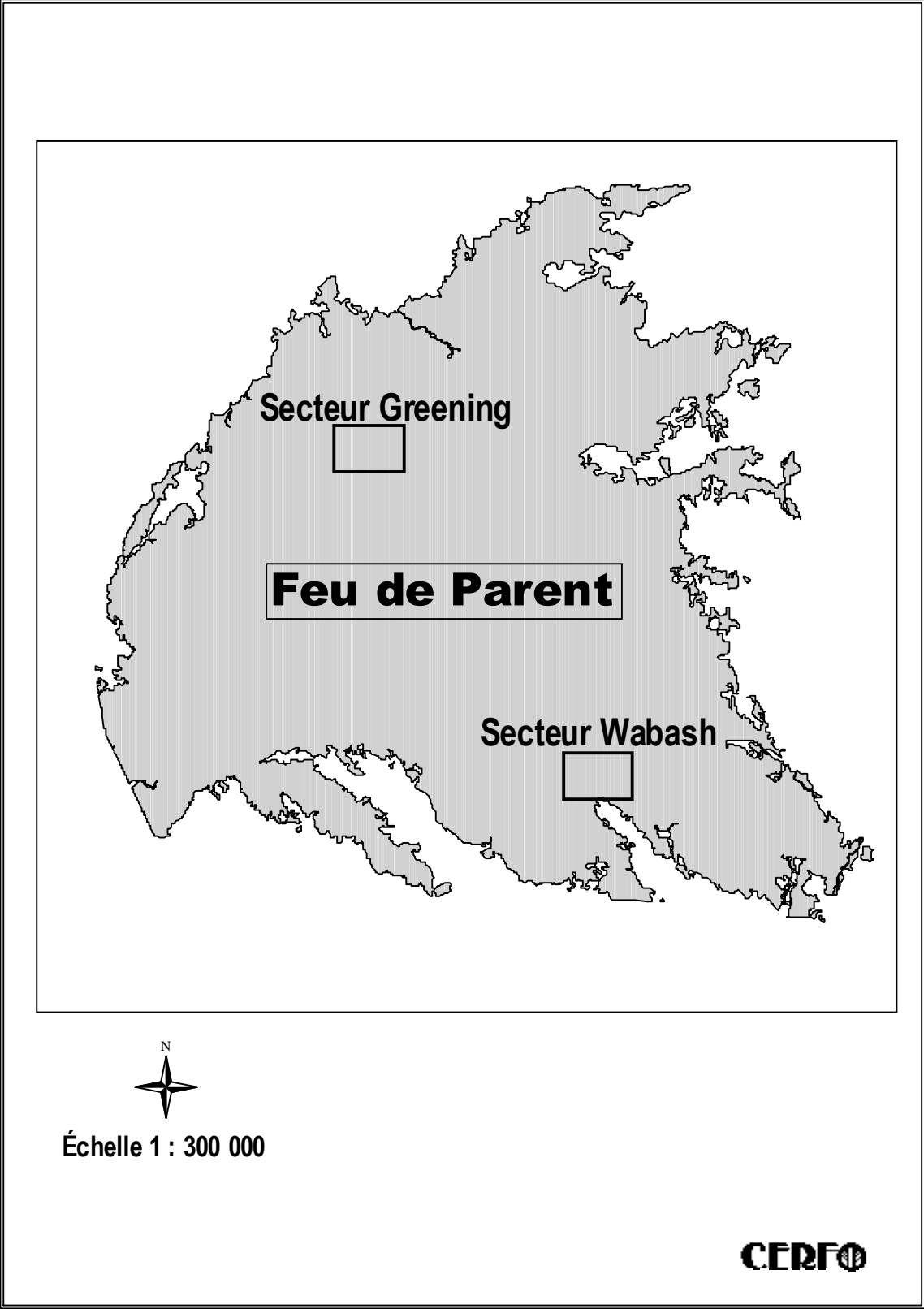


Figure 2 - Localisation du territoire d'expérimentation de dégagement dans le feu de Parent – secteur Wabash

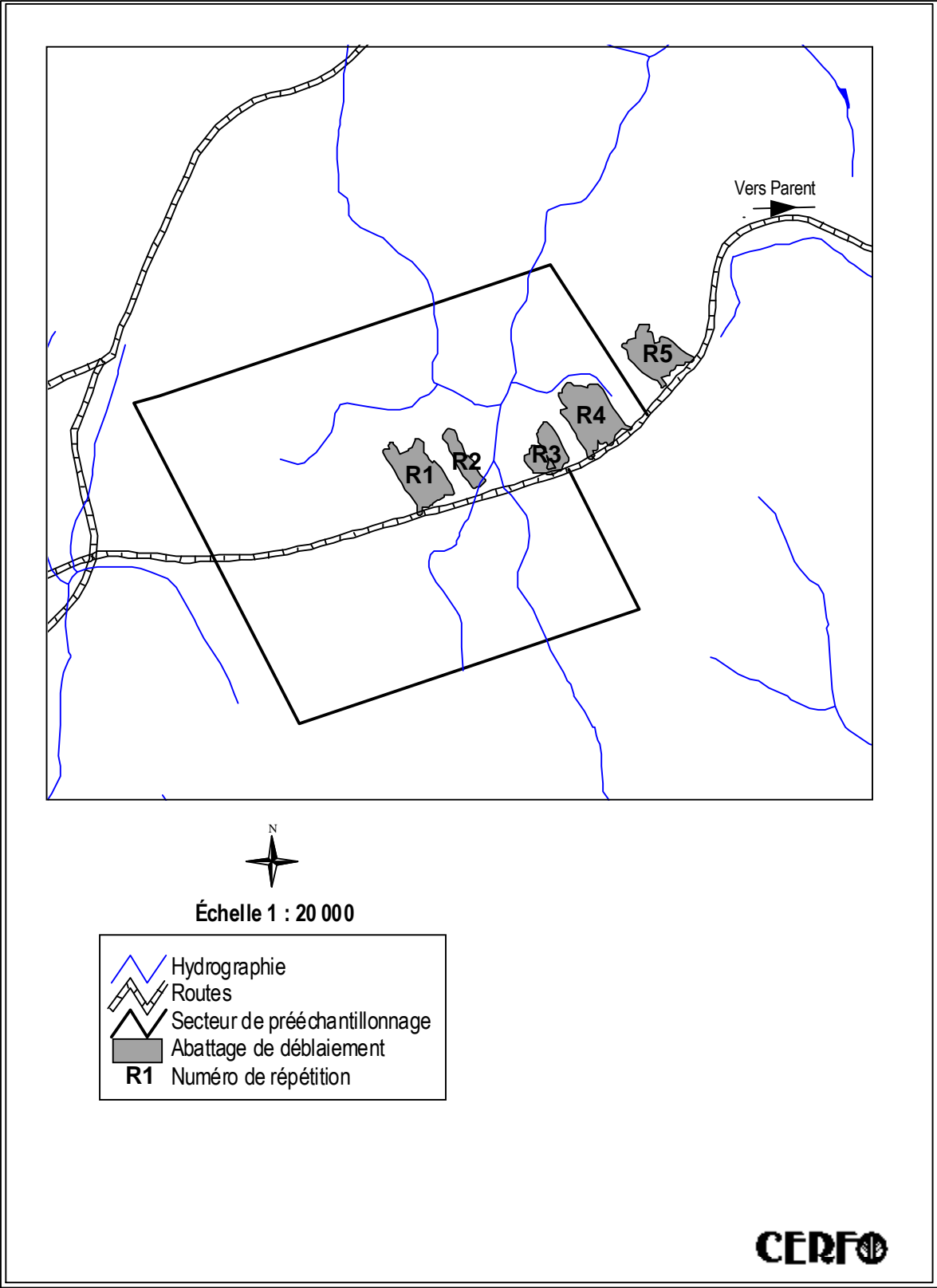
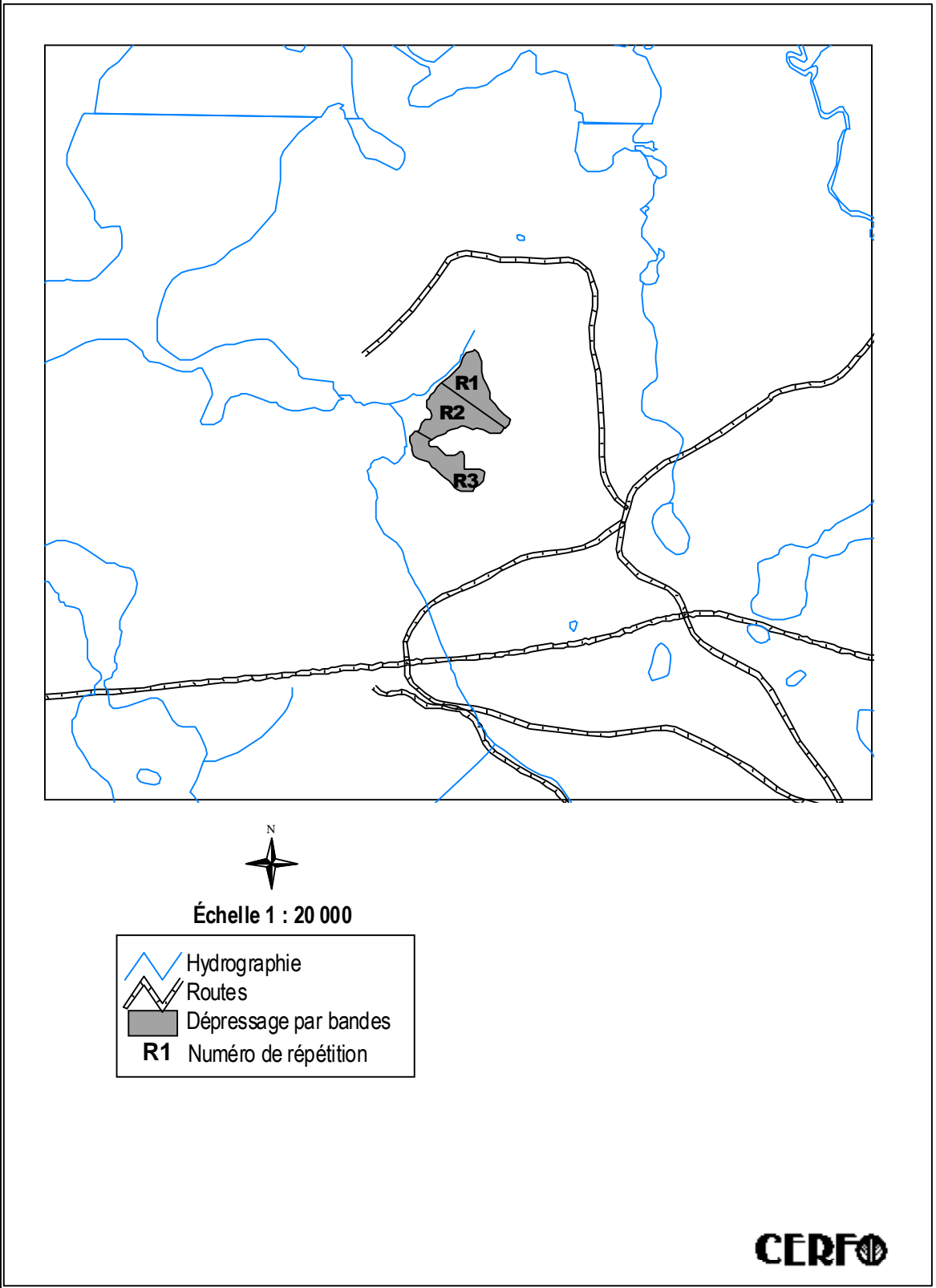


Figure 3 - Localisation du territoire d'expérimentation de dégagement dans le feu de Parent – secteur Greening



3.2 Description des techniques utilisées

Étant donné la nature dangereuse des travaux, il n'est pas possible d'avoir recours à des opérations manuelles sans opérations mécaniques préalables facilitant l'accès au site (traitements de nettoyage). Chaque traitement de nettoyage réalisés mécaniquement sera ensuite suivi par un dégagement manuel ou une éclaircie précommerciale. Le nettoyage devra viser à préserver le coefficient de distribution de la régénération naturelle résineuse tout en diminuant l'encombrement des sites.

La dimension et la densité des arbres brûlés sont très variables et, comme ces facteurs ont une influence sur la productivité et les coûts d'opération des traitements, ils serviront de base à la sélection de techniques de nettoyage appropriées. Un autre facteur important de sélection est la prescription d'entretien (dégagement de la régénération naturelle ou éclaircie précommerciale) puisque la densité de la régénération résineuse présente pourrait justifier des efforts plus ou moins importants pour la préserver.

3.2.1 Abattage de déblaiement

Des études antérieures ont démontré que l'abattage de déblaiement offre des possibilités intéressantes pour le traitement des sites brûlés non récupérés tout en minimisant les perturbations de terrain (Cormier, 2000). Cette technique offre également la possibilité d'être utilisée en hiver (Cormier et Warren, 1998) et pourrait ainsi préserver davantage la régénération naturelle. L'abattage de déblaiement a donc été retenu pour les sites avec des arbres brûlés de gros diamètre sur lesquels un traitement de dégagement devra ensuite être appliqué.

Le traitement a été effectué en mai 2003, dans le secteur Wabash situé à moins de 30 km de Parent, par une abatteuse-groupeuse Timberjack 950 avec une tête Gilbert munie d'un système d'inclinaison latérale (figure 4). Il consistait à abattre les arbres brûlés et à les disposer en andains ou en tas de chaque côté de la machine tout en profitant de la portée maximale de l'abatteuse (rayon de coupe de 8,6 m). Pour s'assurer de ne pas ajouter à l'encombrement des débris au sol, l'opérateur de la machine avait comme instructions particulières de ne pas renverser les plus petits arbres brûlés et de ramener les chablis dans les andains lorsque c'était possible. On a également demandé à l'opérateur de préserver la régénération naturelle résineuse en évitant le débroussaillage et en concentrant les andains et les piles dans les endroits où la régénération était moins abondante.

Figure 4 - Abattage de déblaiement à l'aide d'une abatteuse-groupeuse Timberjack 950 munie d'une tête de coupe Gilbert.



3.2.2 Dépressage par bande

Dans le cas des sites à très forte densité de résineux, un traitement de dépressage mécanisé par bandes a été proposé pour faciliter l'éclaircie précommerciale éventuelle en diminuant le nombre d'arbres à couper et en réduisant l'encombrement du site. Des développements intéressants pour l'éclaircie précommerciale par bandes ont d'ailleurs été faits au cours des dernières années et la conception de plusieurs machines est actuellement en cours (Ryans et Lirette, 2003). Il fallait toutefois que la machine utilisée soit suffisamment robuste et puissante pour travailler efficacement dans des conditions d'arbres résiduels brûlés.

La machine utilisée pour le dépressage est une débroussailleuse à deux rangs Nokamic NP-540 (figure 5). Elle consistait en deux têtes de broyage à axe horizontal de marque Bull Hog montées sur des bras indépendants à l'avant d'un porteur à six roues de 242 kW conçu spécifiquement pour l'éclaircie précommerciale par bandes. Les deux têtes de broyage avaient une largeur de coupe de

1,65 m et étaient espacées de 1,8 m. Le véhicule a été conçu avec une garde au sol élevée (1,3 m) et un dessous en forme de tunnel lisse afin de permettre de chevaucher une rangée d'arbres. Un système de navigation par GPS a aussi été installé sur la machine pour guider l'opérateur parmi les blocs et maintenir un espacement uniforme entre les passages. St-Amour (2003) fournit davantage de détails sur les particularités de la machine. Le traitement a été effectué en octobre 2002 dans le secteur Greening situé à environ 50 km au nord de Parent.

Figure 5 - La débroussailleuse à deux rangs Nokamic pour le traitement de dépressage.



3.3 Suivi et productivité des interventions

L'évaluation de la productivité de l'abatteuse a été effectuée à l'aide d'une série de chronométrages détaillés dans différentes conditions de terrain et de peuplement. De plus, l'abatteuse a également été équipée d'un appareil de suivi MultiDat muni d'un récepteur GPS pour mesurer sa production sur l'ensemble des opérations. L'évaluation de la productivité de la débroussailleuse Nokamic a été faite à l'aide du fichier recueilli par l'ordinateur de son système de navigation.

Chaque étude de chronométrage détaillé était conduite dans des conditions relativement uniformes au niveau des facteurs que l'on souhaitait étudier. Dans le cadre de l'étude, c'est principalement l'effet de la dimension des tiges brûlées et leur densité qui a été évalué.

3.4 Design expérimental

Le bloc d'expérimentation du secteur Wabash comprend des bandes d'abattage de déblaiement (120 m de largeur) séparés par des bandes témoins sans intervention (60 m de largeur). La moitié de la portion des bandes ayant fait l'objet d'abattage de déblaiement fera l'objet de dégagement manuel. Quatre répétitions de chacun des traitements sont disposées afin de tenir compte de la variabilité des caractéristiques du bois sur pied et de la régénération (figure 6). Les témoins (bandes sans intervention) sont conservés afin de valider les hypothèses d'évolution naturelle.

Le secteur d'expérimentation du secteur Greening comprend des secteurs de dépressage par bande séparés par des bandes témoins sans intervention. La moitié de la portion dépressée fera l'objet d'éclaircie précommerciale. Trois répétitions des traitements sont disposées pour assurer la validité des résultats. Les témoins serviront à valider les hypothèses d'évolution naturelle.

Figure 6 - Dispositif d'expérimentation de dégagement dans le feu de Parent – secteur Wabash

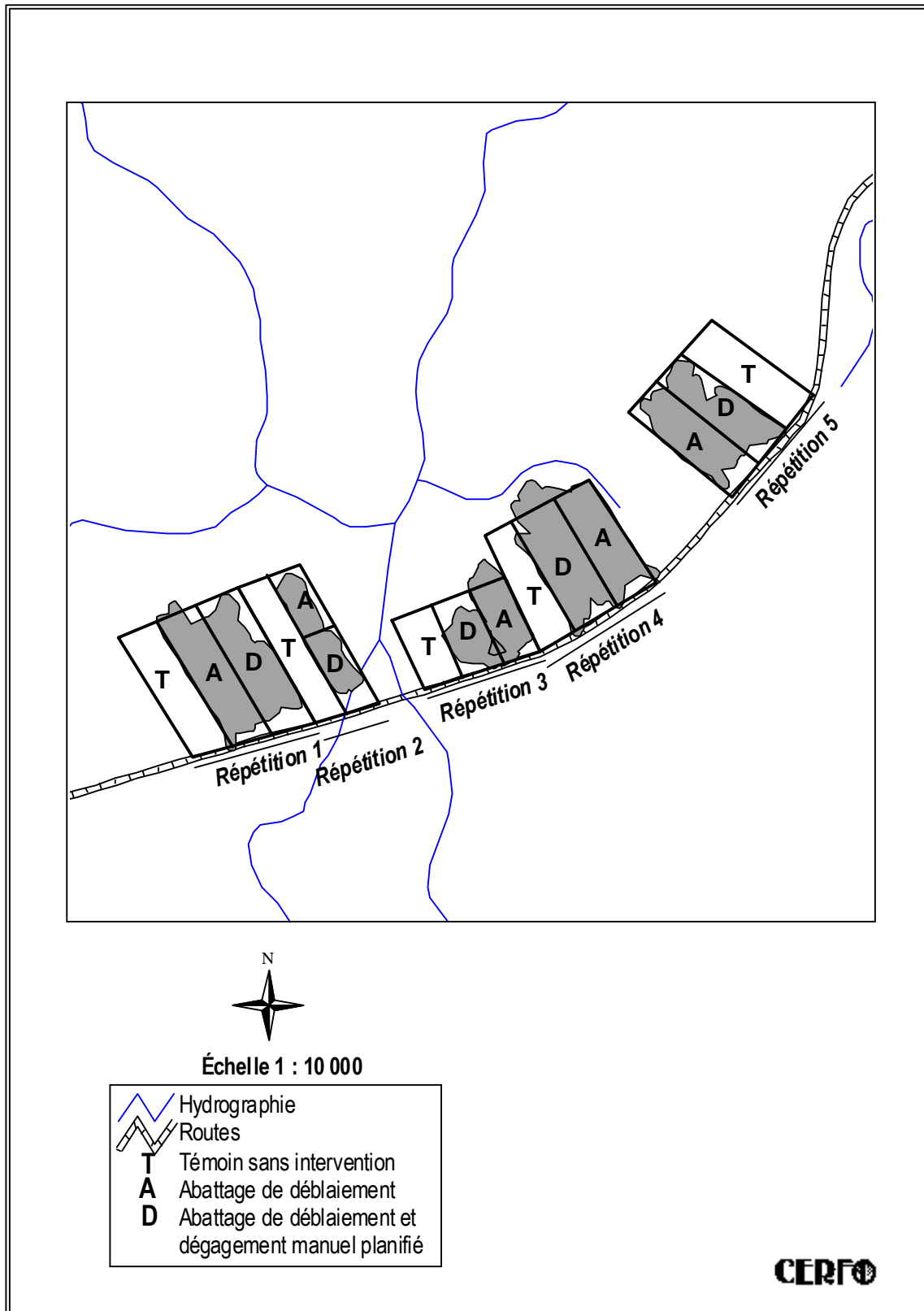
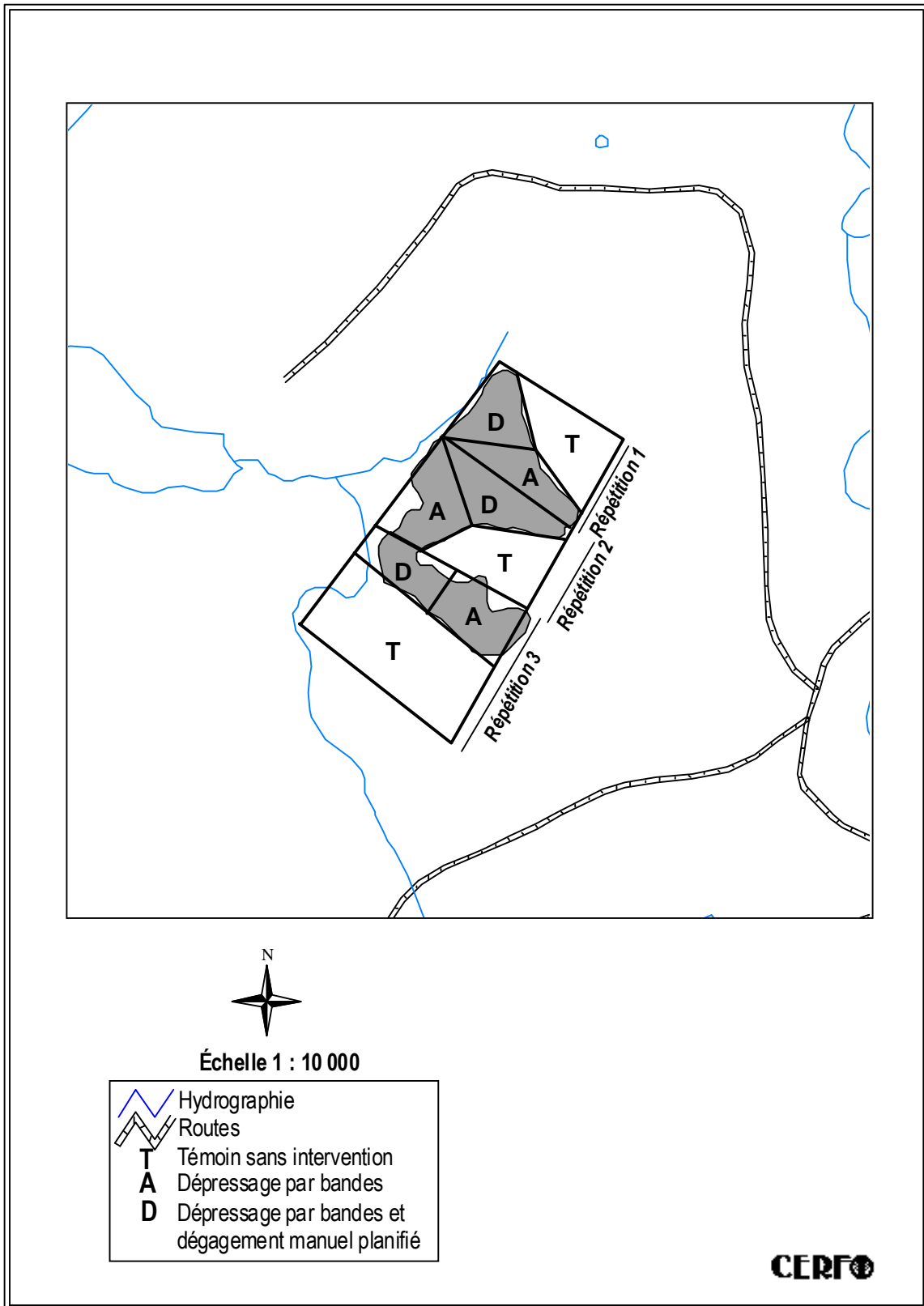


Figure 7 - Dispositif d'expérimentation de dégagement dans le feu de Parent – secteur Greening



4. RÉSULTATS

4.1 Description du secteur prééchantillonné

Dans le secteur Wabash prééchantillonné (figure 2), on retrouve en moyenne 5900 tiges/ha d'épinette noire d'une hauteur moyenne de 60 cm et 210 tiges/ha de pin gris d'une hauteur moyenne de 1,6 m. Il y a en moyenne 367 tiges résiduelles brûlées sur pied ayant un diamètre moyen de 18 cm. La compétition est principalement constituée de peuplier faux-tremble, de cerisier de Pennsylvanie et de bouleau blanc dont la hauteur varie entre 1,5 et 2,2 m (tableau 1).

Tableau 1 - Caractéristiques du secteur prééchantillonné

Régénération résineuse	Nbr/ha	Hauteur (m)
▪ Épinette noire	5900	0,6
▪ Pin gris	210	1,6
Tiges résiduelles brûlées sur pied	Nbr/ha	DHP (cm)
▪ Tiges brûlées sur pied	367	18
Essences feuillues et compétitrices	Distribution¹ (%)	Hauteur (m)
▪ Peuplier faux-tremble	70	2,2
▪ Bouleau blanc	24	1,5
▪ Saule	23	1,6
▪ Cerisier de Pennsylvanie	60	1,9

¹ : Distribution basée sur des placettes de 20 m²

4.2 Description des secteurs d'intervention

Le bloc d'intervention du secteur Wabash (abattage de déblaiement) (figure 4) était initialement composé d'un peuplement de feuillus intolérants accompagnés d'épinette noire ou de pin gris tandis que le peuplement original du secteur Greening (dépressage) était une pinède grise (tableau 2). Avec son volume élevé de débris au sol et sa densité d'arbres résiduels, les répétitions 3 et 4 de l'abattage de déblaiement étaient les plus encombrées. Les conditions de terrain étaient généralement très bonnes pour le déplacement des machines.

Tableau 2 - Conditions de terrain avant intervention

	Abattage de déblaiement		Dépressage
	Répétitions 3 et 4	Répétition 5	Répétitions 1-2-3
Arbres résiduels brûlés			
▪ Diamètre moyen (cm)	17	18	14
▪ Densité (tiges/ha)	578	320	655
▪ Essence (%)			
Pin gris	0	19	100
Épinette noire	33	3	0
Bouleau à papier	65	38	0
Peupliers	0	37	0
Autres	2	3	0
Gaulis brûlés (tiges/ha)	234	1 526	244
Débris au sol			
▪ Volume (m ³ /ha)	56	37	37
▪ Couverture (%)	12	10	17
▪ Hauteur (cm)	20	20	23
Végétation herbacée dominante	carex	ptéridium	kalmia
Classe de terrain ACPP (solidité, rugosité, pente)	1.2.1	1.2.2	1.2.1

Les conditions de régénération avant traitement sont décrites au tableau 3 et à la figure 8. Pour l'abattage de déblaiement, le niveau de régénération résineuse était adéquat dans la répétition 5 mais plutôt insuffisant dans les répétitions 3 et 4. *Toutefois, l'inventaire de régénération a été effectué en octobre 2002, après une première chute de neige importante. Le coefficient de régénération et la densité des tiges ont donc été sous-estimés par l'oubli systématique d'un certain nombre de tiges dans la classe de hauteur de 15 à 60 cm.* Les répétitions 3 et 4 de l'abattage de déblaiement ont probablement davantage été affectées par cet inventaire tardif puisque sa régénération résineuse est principalement composée de petites épinettes noires (figure 8). Les résultats après traitement semblent également le corroborer (tableau 7).

Dans le cas du dépressage, la très forte densité de tiges résineuses et le coefficient de régénération élevé illustrent bien l'intérêt d'avoir recours à une éclaircie précommerciale sur ce site.

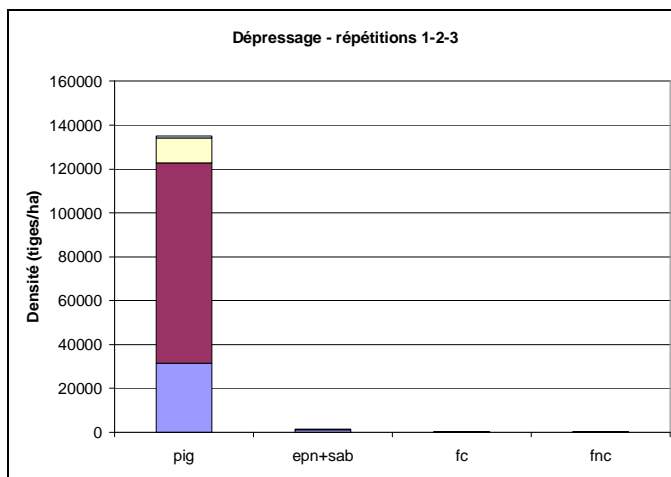
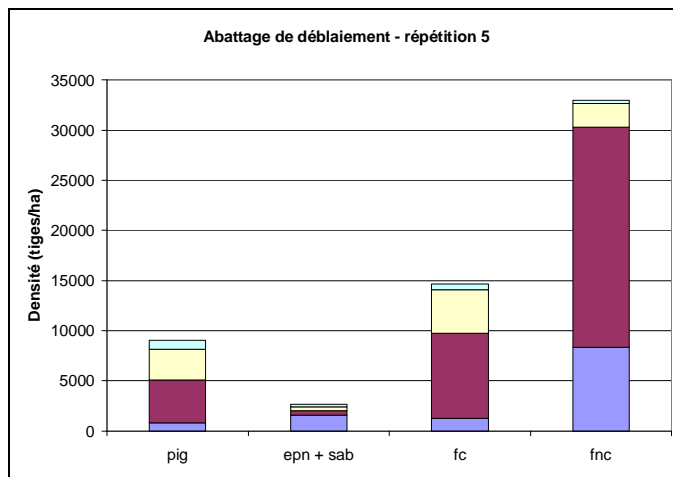
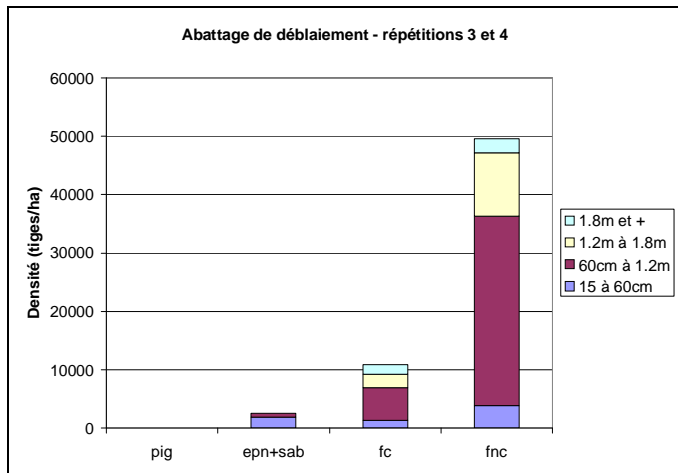
Tableau 3 - Conditions de régénération avant intervention

	Abattage de déblaiement		Dépressage
	Répétitions 3 et 4	Répétition 5	Répétitions 1-2-3
Coefficient de distribution (%)			
▪ Résineux	38	70	93
▪ Total (essences commerciales)	54	73	93
Niveau de compétition (arbre d'avenir)			
▪ Dégagé	22	46	36
▪ En compétition	33	47	61
▪ Opprimé	45	7	3
Densité par essence (tiges/ha)			
▪ Résineux	2 500	11 717	136 318
▪ Feuillus commerciaux	10 834	14 683	258
▪ Feuillus non commerciaux	49 574	32 967	227

Les blocs régénérés principalement en pin gris (Abattage de déblaiement – répétition 5 et dépressage) ont une proportion de tiges opprimées beaucoup plus faible que les répétitions 3 et 4 de l'abattage de déblaiement qui sont principalement régénérées en épinette noire de plus faible taille. Les feuillus commerciaux sont principalement le peuplier faux-tremble et le bouleau blanc alors que les feuillus non commerciaux sont le cerisier de Pennsylvanie et le saule.

La répartition de la densité de la régénération selon les classes de hauteur par essence pour les secteurs traités illustre bien les différences de régénération entre les sites et l'importance de la compétition des feuillus non commerciaux dans le secteur d'abattage de déblaiement (figure 8). On remarque également que la densité de pin gris est très élevée dans le secteur de dépressage mais qu'elle se distribue principalement dans les classes de hauteur de moins de 1,2 m.

Figure 8 - Distribution de la densité de la régénération selon les classes de hauteur par essence¹ pour les secteurs d'intervention



¹ pig : pin gris, epn : épinette noire, sab : sapin baumier, fc : feuillus commerciaux, fnc : feuillus non commerciaux

4.3 Productivité des interventions

4.3.1 Abattage de déblaiement

Trois des cinq bandes traitées du secteur Wabash ont fait l'objet d'un chronométrage continu (répétitions 3, 4 et 5). La densité de tiges coupées inclut les tiges renversées qui ont aussi été déposées dans les andains et explique leur nombre plus élevé que la densité d'arbres résiduels relevée lors du prétraitement. La densité de tiges coupées a été le principal facteur expliquant les variations de productivité de la machine (tableau 4). Une tendance semble également se détacher entre la densité de tiges coupées et la couverture des andains mais cette relation n'est possible que dans le cas de peuplements dont l'amplitude des cimes est similaire.

Tableau 4 - Sommaire de production de l'abattage de déblaiement

	Répétition 3	Répétition 4	Répétition 5
Superficie (ha)	1.11	2.73	2.05
Densité de tiges coupées (tiges/ha)	978	666	360
Temps productif (HMP)	2.74	4.78	2.54
Productivités			
▪ tiges/HMP	395	379	290
▪ ha/HMP	0.40	0.57	0.81
Couverture des andains (%)	12.9	11.1	9.6

HMP : heure machine productive

4.3.2 Dépressage par bandes

Comme elle traite deux bandes à la fois, la débroussailleuse Nokamic obtient une productivité relativement élevée (tableau 5). Aucun effort particulier n'a toutefois été déployé afin de broyer les arbres résiduels, ils étaient simplement renversés lorsqu'ils se trouvaient sur le passage de la machine. La Nokamic a couvert une largeur de 8,7 m par passage à l'intérieur duquel deux bandes de 1,65 m de largeur sont broyées pour une couverture effective de 38 %.

Tableau 5 - Sommaire de production de l'intervention de dépressage par bandes avec la débroussailleuse Nokamic

	Répétitions 1-2-3
Superficie (ha)	6,54
Intensité du traitement	
▪ Largeur de coupe (m)	1,65
▪ Bande chevauchée (m)	1,90
▪ Bande laissée (m)	3,50
▪ Pourcentage de couverture (%)	38 %
Temps productif (HMP)	7,08
Productivités	
▪ ha brut/HMP	0,92
▪ ha net/HMP	0,35

4.4 Conditions après traitement

4.4.1 Encombrement résiduel

Pour l'abattage de déblaiement, les empilements d'arbres brûlés constituent la principale source d'encombrement résiduel. Ils couvrent environ 10 % de la superficie (tableau 6), leur longueur est très variable et leur largeur se situe autour de 2,9 m. L'abatteuse a façonné des empilements d'une hauteur moyenne variant de 1,2 à 1,4 m espacés de 24 m. La présence de nouveaux débris au sol issus des arbres cassés lors de la coupe combinée au ramassage d'un certain nombre de chablis ont permis de maintenir un volume de débris au sol légèrement supérieur ou similaire par rapport aux conditions initiales.

Lors du dépressage, la débroussailleuse Nokamic ne faisait que renverser les arbres brûlés qui se trouvaient sur son passage ce qui a occasionné un volume de débris au sol de 168 % supérieur aux conditions initiales. Comme la machine circule sur ces débris, leur hauteur n'est toutefois pas plus élevée qu'originellement. La débroussailleuse n'a toutefois pas renversé tous les arbres brûlés puisqu'elle laissait une bande de 3,5 m entre chaque passage. Il est donc resté un peu moins de 30 % des tiges brûlées initiales encore debout.

Tableau 6 - Encombrement résiduel et différences relatives avec les conditions initiales

	Abattage de déblaiement		Dépressage
	Répétitions 3 et 4	Répétition 5	Répétitions 1-2-3
Volume des débris au sol (m ³ /ha)	64	37	99
▪ Différences	+14 %	0 %	+168 %
Hauteur des débris (cm)	13	16	23
▪ Différences	-35 %	-20%	0 %
Arbres résiduels	0	0	188
▪ Différences	-100 %	-100 %	-71 %

4.4.2 Régénération résiduelle

Pour l'analyse des résultats, il est à noter que les inventaires avant et après traitement ont été faits lors de deux saisons de croissance successives. De plus, les inventaires de régénération sont effectués entre les empilements après l'abattage de déblaiement.

Ainsi, les coefficients de distribution de la régénération après l'abattage de déblaiement étaient supérieurs à ceux observés avant intervention (tableau 7). Il semble donc que l'opérateur ait pu, comme il en a été instruit, distribué les empilements dans des endroits où la régénération résineuse était moins abondante. De façon relative, l'augmentation de la densité de tiges résineuses est toutefois beaucoup plus importante dans les répétitions 3 et 4. Cette augmentation est composée à 91 % d'épinette noire dans la classe de hauteur de 15 à 60 cm. Il pourrait s'agir de nouvelles recrues mais il est plus probable qu'une bonne partie de ces tiges était cachée sous la neige lors de l'inventaire avant traitement.

Dans le cas du dépressage, la quantité de tiges résiduelles est bien inférieure aux 38 % de réduction reliée à la couverture de la machine ce qui s'explique par la mortalité naturelle élevée dans les jeunes peuplements très denses et les arbres endommagés par la machine qui n'ont pas été considérés dans le post-traitement. Malgré cette baisse considérable de densité, la débroussailleuse a permis de conserver le coefficient initial de distribution de la régénération.

Tableau 7 - Conditions de régénération après intervention et différences avec les conditions initiales

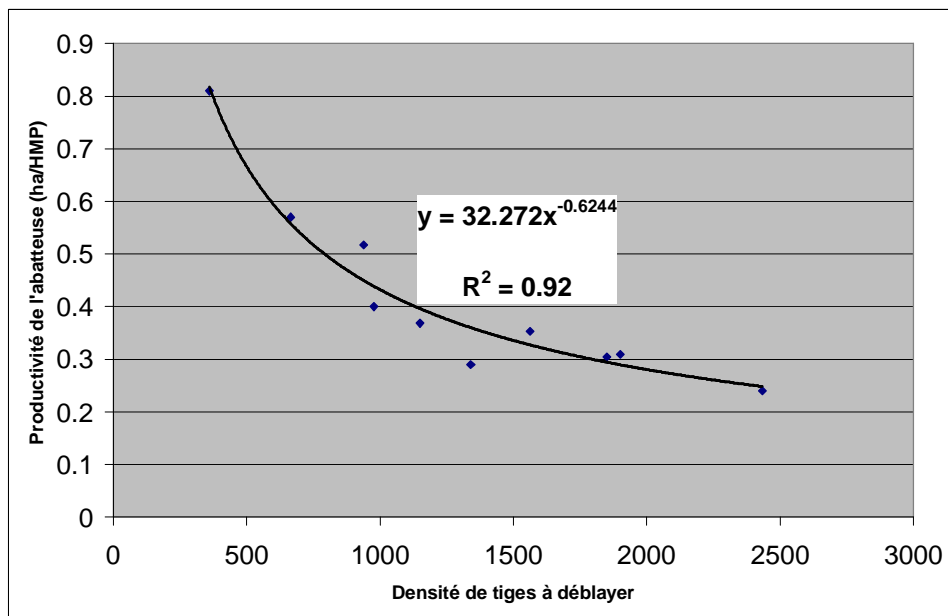
	Abattage de déblaiement		Dépressage
	Répétitions 3 et 4	Répétition 5	Répétitions 1-2-3
Coefficient de distribution (%)			
▪ Résineux	50	85	95
Différences	+12 %	+15 %	+2 %
▪ Total (essences commerciales)	58	87	95
Différences	+4 %	+14 %	+2 %
Densité par essence (tiges/ha)			
▪ Résineux	6181	13750	46313
Différences	+3681	+2033	- 90005
▪ Feuillus commerciaux	10834	14683	1042
Différences	-1618	+3160	+784
▪ Feuillus non commerciaux	42743	30194	260
Différences	-6831	-2773	+33

5. DISCUSSION

5.1 Influence des conditions de terrain sur la productivité

Cette étude ne fut effectuée que dans une étendue très limitée de conditions de terrain. À l'aide d'études antérieures, il est toutefois possible de noter certaines tendances. Par exemple, en ajoutant des observations de d'autres travaux d'abattage de déblaiement à ceux de cette étude (Cormier et Warren, 1998; Cormier et Guay, 2000), on remarque une relation étroite entre la productivité de la machine et la densité d'arbres brûlés à déblayer (figure 9).

Figure 9 - Effet de la densité des tiges sur la productivité lors d'une opération d'abattage de déblaiement



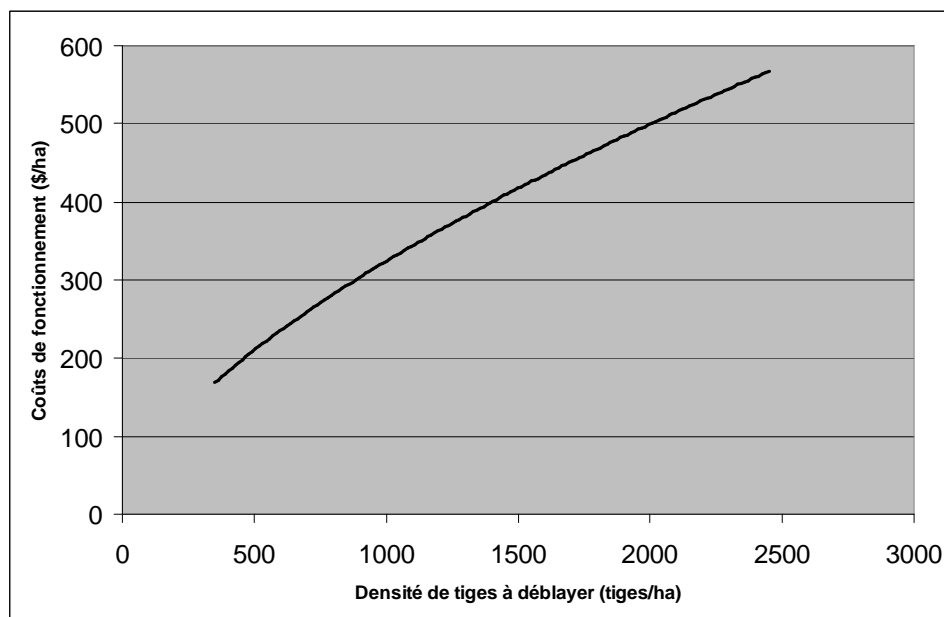
Dans le cas de la Nokamic, les essais ont été effectués sur un seul site mais cette information s'ajoute à celle recueillie par St-Amour (2003) sur l'éclaircie précommerciale mécanisée par bandes. Ces dernières études n'ont démontré, contrairement au traitement manuel d'éclaircie précommerciale, aucune influence de la densité de la régénération sur la productivité de la débroussailleuse Nokamic. La présence des arbres résiduels sur le site du secteur Greening semble toutefois avoir ralenti légèrement la machine. En effet, dans des conditions régulières d'opération, la débroussailleuse conservait une productivité supérieure d'environ 20 % (St-Amour, 2003).

Dans le cas où l'on demanderait de broyer entièrement les tiges brûlées, une baisse importante de productivité serait observée.

5.2 Coûts d'opération

La fonction de production de la figure 9 a servi de base pour établir une courbe de coûts de fonctionnement de l'abattage de déblaiement (figure 10). Cette courbe considère un taux horaire de 140 \$/HMP pour l'utilisation de l'abatteuse-groupeuse. Elle illustre l'effet important de la densité des tiges brûlées sur le coût du traitement. Si on considère que la majorité des sites traités auront une densité d'arbres résiduels se situant entre 1000 et 1500 tiges/ha, le coût direct moyen du traitement devrait se situer autour de 350 \$/ha.

Figure 10 - Courbe de coûts de fonctionnement de l'abattage de déblaiement selon la densité du peuplement à traiter.



Le taux horaire pour le traitement de dépressage avec la débroussailleuse Nokamic est estimé à 300 \$/HMP. Comme aucun paramètre de terrain n'a été identifié pour établir une fonction de production, la productivité observée au cours de nos essais a été utilisée pour calculer un coût moyen de 325 \$/ha pour le dépressage dans des conditions d'arbres résiduels brûlés qui ont été renversés et dont seulement les branches ont été broyées. Il est probable que des arbres de gros

diamètre aurait ralenti davantage la machine et aurait même pu empêcher l'intervention. Cette étude n'a toutefois pas permis d'identifier les limites d'intervention de la machine.

5.3 Impacts sur le dégagement subséquent

Les deux techniques d'intervention étudiées se sont montrées applicables dans des conditions d'arbres résiduels brûlés mais leur efficacité réelle ne sera démontrée que dans le cadre d'essais subséquents de dégagement. En effet, il est difficile de prévoir l'effet de ces interventions sur les opérations de dégagement de la régénération naturelle ainsi que sur la sélection manuelle finale des tiges d'avenir dans l'éclaircie précommerciale par bandes.

L'abattage de déblaiement a permis d'éliminer les arbres résiduels brûlés encore debout tout en diminuant l'encombrement et les dangers d'accident pour les travailleurs manuels. Une certaine quantité de débris demeurent tout de même au sol et leur présence pourrait contribuer à ralentir le dégagement manuel subséquent. De plus, ce traitement laisse des empilements qui couvrent environ 10 % de la superficie totale et il réduit donc la superficie forestière productive. Toutefois, étant donné la largeur restreinte des empilements, la perte de superficie productive devrait se limiter à environ 5 % (Cormier et Ryans, 1993).

En ouvrant des bandes à l'intérieur de peuplements résineux très denses, le dépressage mécanisé par bandes avec la débroussailleuse Nokamic a grandement facilité l'accès à ces sites. Toutefois, la machine n'a pas permis d'éliminer toutes les sources d'encombrement constituées par les arbres brûlés. En effet, ces derniers ne sont pas broyés par la machine mais simplement renversés, le volume de débris au sol est donc plus élevé qu'avant le traitement et une certaine quantité d'arbres morts présents dans les bandes non traitées sont encore debout. La machine pourrait permettre de broyer les arbres brûlés mais le traitement serait alors beaucoup plus long et les risques d'endommager la régénération dans les bandes résiduelles seraient plus élevés. Dans l'éventualité où le dépressage serait utilisé à plus grande échelle, il serait important de revoir les caractéristiques de la débroussailleuse pour lui ajouter un mécanisme permettant de renverser les arbres brûlés sans qu'ils risquent de s'effondrer sur la machine.

6. CONCLUSION

Chacune des techniques proposées vise une niche différente. L'abattage de déblaiement est un traitement peu perturbateur qui permet de préserver la régénération dans le cas où celle-ci serait moins abondante. On peut présumer qu'il s'applique bien pour le nettoyage préalable à un dégagement manuel de la régénération naturelle. Le dépressage mécanique par bandes s'applique plutôt dans le cas de régénération très abondante et permet à la fois de libérer l'accès au site et de diminuer le nombre de tiges à couper ce qui devrait faciliter l'opération d'éclaircie précommerciale subséquente.

Les deux traitements ont semblé efficaces pour faciliter l'accès au site pour un traitement de dégagement subséquent. Il sera toutefois nécessaire, dans le cadre du deuxième volet de ce projet, de mesurer l'impact réel sur les opérations manuelles subséquentes pour évaluer l'intérêt pratique et financier du traitement de nettoyage préalable.

BIBLIOGRAPHIE

- Cormier, D. 2000. Méthodes d'atténuation des perturbations lors de la préparation de terrain de sites brûlés. Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Avantage vol.1 no.32. 8 p.
- Cormier, D.; Guay, J. 2001. Remise en production de superficies brûlées avec résidus sur pieds par abattage de déblaiement. . Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Rapport interne. 6 p.
- Cormier, D.; Ryans, M. 1993. Évaluations de râteaux d'empilage montés sur débardeur pour la préparation du terrain. Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Fiche technique FT-205. 12 p.
- Cormier, D.; Warren, C. 1998. Traitements d'hiver pour diminuer les perturbations causés par la remise en production de sites brûlés. Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Communiqué technique CT-Sylviculture-112. 2 p.
- Ryans, M.; Lirette, J. 2003. Entretien mécanisé des jeunes peuplements : une revue de littérature. Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Rapport de contrat RC-0208-2. 35 p.
- St-Amour, Michel. 2003. Étude sur la débroussailleuse Nokamic à deux rangs durant une opération semi-mécanisée d'éclaircie précommerciale par bandes. Institut canadien de recherches en génie forestier (FERIC), Pointe-Claire, Qué. Rapport de contrat RC-208-1. 26 p.