

---

**Effet de la coupe et du rétablissement du couvert en forêt mixte et  
feuillue sur le taux de fonte - Forêt Modèle du Bas-Saint-Laurent**

---

Rapport de Recherche

Par

Julie Talbot  
André Plamondon

*Centre de Recherche en Biologie Forestière  
Faculté de Foresterie et Géomatique  
Université Laval*

*Présenté à*

*La Forêt Modèle du Bas-Saint-Laurent  
et  
La Chaire de recherche sur la Forêt Habitée*

Septembre 2002

## **REMERCIEMENTS**

Cette étude a été financée conjointement par la Forêt Modèle du Bas-Saint-Laurent (M Pierre Belleau), la Chaire de Recherche sur la Forêt Habitée (M Luc Sirois) et le Fonds Forestier (M André Plamondon, Université Laval). Les auteurs remercient ces organismes ainsi que M Robert Plourde, métayer, qui a effectué les mesures de fonte de la neige.

## TABLE DES MATIÈRES

<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b>1</b>
<b>TABLE DES MATIÈRES</b> .....	<b>2</b>
<b>1 - INTRODUCTION</b> .....	<b>3</b>
<b>2 - TERRITOIRE À L'ÉTUDE ET MÉTHODE</b> .....	<b>5</b>
<b>3 - RÉSULTATS ET DISCUSSION</b> .....	<b>7</b>
3.1 - Peuplements mixtes issus de coupes totales .....	7
3.2 - Peuplements feuillus éclaircis .....	8
<b>4 - CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS</b> .....	<b>9</b>
<b>ANNEXE – Caractéristiques détaillées des peuplements mixtes à l'étude</b> .....	<b>24</b>

## 1 - INTRODUCTION

Les débits de pointe générés par la pluie et la fonte de la neige peuvent être affectés par la coupe forestière (Plamondon, 1993; Macdonald *et al.*, 1997). L'augmentation de la magnitude des pointes peut entraîner une érosion accrue des berges et du lit des cours d'eau. L'équilibre morphologique est ainsi modifié par cette nouvelle dynamique érosion-dépôt de sédiments, ce qui risque d'affecter la vie aquatique, qui voit son milieu perturbé. Plusieurs études démontrent que les pointes 50 % plus élevées que le débit de pleins bords peuvent modifier significativement la morphologie des cours d'eau (Ice, 1999; Washington Forest Practices Board, 1997; Faustini, 2000). Une étude effectuée à la Forêt Montmorency permet d'évaluer qu'un changement significatif des pointes de pluie de pleins bords (au-delà de la variabilité naturelle) a lieu lorsque plus de 50 à 60 % d'un bassin versant est coupé (Guillemette *et al.*, 2002, en rédaction). Ces auteurs ont mesuré une augmentation maximale du débit de pleins bords de 63 % lorsque l'aire coupée atteint 62 % de la superficie du bassin. Cette augmentation est plus faible que celle observée par Verry *et al.* (1983) au Minnesota pour des pointes de fonte. À la lumière de ces études, il est donc recommandé de limiter les coupes à 50% de la superficie d'un bassin versant (Plamondon, 2002, en rédaction). Des données concernant la qualité de l'eau en lac suggèrent aussi de limiter la superficie des coupes sur les bassins versants dont le réseau hydrographique contient un lac (Carignan *et al.*, 2000). Ces auteurs, en se basant sur les données de carbone organique dissous, préconisent de limiter le ratio aire coupée / aire du lac en deçà de 6, sans toutefois préciser la période d'attente avant les prochaines coupes.

L'établissement d'une superficie maximale de coupe sur un bassin versant correspond à l'effet d'une coupe effectuée en une seule année. Cependant, les effets cumulatifs des coupes antérieures doivent aussi être considérés. Le concept d'aires équivalentes de coupe est une méthode de calcul permettant de déterminer la superficie actualisée occupée par les coupes récentes et anciennes sur un bassin donné. Cette méthode a d'abord été publiée pour les écoulements annuels moyens par le USDA Forest Service en 1974 (ECA, *Equivalent Clearcut Area*). Une adaptation de cette méthode a été utilisée

par le MRN dès 1999 sur le bassin versant de la Rivière Cascapédia en Gaspésie, mais cette fois en tenant compte des débits de pointe. Les effets d'une coupe forestière sur les débits s'atténuant avec la croissance de la régénération, le concept d'AEC permet de calculer la superficie occupée par les coupes sur un bassin versant en leur attribuant un facteur d'effet relatif de la coupe (ERC). Par exemple, pour une coupe de l'année courante, le facteur serait de 100 %, c'est-à-dire que l'effet de la coupe sur l'hydrologie est maximal. Plus le rétablissement du couvert végétal est avancé, plus le facteur est faible.

L'évaluation du taux de rétablissement permettant de déterminer les ERC peut se faire par la mesure à long terme des débits suivant la coupe. En pratique cependant, cette méthode est longue et coûteuse. Sous nos latitudes, l'accumulation et la fonte de la neige influencent grandement les processus hydrologiques. Hudson (2000) a donc suggéré d'utiliser le taux de fonte à différents stades de développement de peuplements forestiers comme indicateur du retour des pointes à leur niveau antérieur à la coupe. Cet indice de récupération est ici exprimé sous la forme d'ERC, basé sur la fonte de la neige. Hudson (2000) a établi de telles courbes pour la côte de la Colombie-Britannique, en relation avec la hauteur du peuplement et la densité du couvert. Le rétablissement hydrologique après coupe a été de 80, 95 et 100 % (ERC de 20, 5 et 0% respectivement) pour des hauteurs de peuplements de 10, 20 et 32 m. En Colombie-Britannique, Winkler (2001) a trouvé des taux de rétablissement de 13 et 29 % (ERC de 87 et 71 %) pour un jeune peuplement de pins éclairci (6,4 m) et un non-éclairci (4,5 m) respectivement. Enfin, au Québec, une étude récente dans la sapinière boréale (Forêt Montmorency, Plamondon *et al.*, 2002) indique un rétablissement de 50 % (ERC de 50 %) environ 15 ans après la coupe, soit à une hauteur de 4 m, une densité du couvert de 50 %, un taux d'interception de la lumière par le couvert de 55 % et une surface terrière de 16 m<sup>2</sup>/ha. La mise en relation de ces ERC avec des mesures de débit suivant la coupe à la Forêt Montmorency indique que l'utilisation ces facteurs serait une méthode conservatrice de contrôle des débits suivant la coupe (Talbot et Plamondon, 2002). La présente étude a pour but d'établir l'effet relatif de la coupe (ERC) basé sur la fonte en forêt feuillue (coupe partielle) et en forêt mixte (coupe totale) sur les territoires de la Forêt Modèle du Bas-

Saint-Laurent. Ces facteurs permettront d'améliorer la procédure menant au calcul des aires équivalentes de coupe (AEC) et de l'adapter au contexte bas-laurentien.

## **2 - TERRITOIRE À L'ÉTUDE ET MÉTHODE**

La seigneurie Nicolas-Riou est principalement constituée de peuplements de transition feuillus et mixtes à dominance feuillue. La série évolutive de la sapinière à bouleau jaune (MS1) occupe 66% du territoire forestier productif. La dominance actuelle des peuplements à forte tendance feuillue résulte, d'une part, du mode d'exploitation qui a eu cours avant que la Forêt Modèle ne gère le territoire (coupe sélective des essences résineuses sans nécessairement favoriser leur régénération) et d'autre part, de la difficulté d'assurer la régénération de ces espèces. Les principaux objectifs d'aménagement pour ce territoire visent entre autres à augmenter la qualité des peuplements feuillus (coupe partielle) et à augmenter le capital résineux sur le territoire (coupes totales suivies de plantations en peuplements mélangés). Les ERC seront donc évalués pour ces deux types d'intervention.

Afin de déterminer les ERC basés sur la fonte de la neige, des dispositifs ont été installés à l'automne 2001 dans des peuplements mixtes et feuillus (résumé au Tableau 1). Pour les peuplements mixtes, les dispositifs ont été installés sur des sites matures (témoins) et représentant différents stades de régénération, de même que dans des coupes totales récentes (2000-2001). Pour les peuplements feuillus, des dispositifs ont été installés dans des peuplements non-éclaircis et des peuplements éclaircis en 2001, 1998 et 1996. Tous les sites sélectionnés ont subi une éclaircie de 30 % de la surface terrière. Le choix des années d'éclaircie ont été faits en fonction du recouvrement total estimé de la couverture forestière par rapport aux peuplements non éclaircis (environ 5 ans).

Les mesures de fonte de neige ont été effectuées au printemps 2002 à l'aide d'un carottier de type Federal (*Carpenter Machine Works, Seattle*). Cet instrument permet de mesurer la hauteur du couvert neigeux et la masse d'un cylindre de neige d'aire connue qui est

transformée en équivalent en eau. Combiné à la mesure de la hauteur de la neige, l'équivalent en eau permet de calculer la densité de la neige. À l'intérieur de chaque site, l'emplacement de deux piquets a été déterminé de façon aléatoire. C'est autour de ces piquets, qui représentent le centre d'une placette, que se font les mesures, à raison de 20 mesures par placette. Les mesures sont prises autour d'un cercle à 5 m du piquet au début de la saison, diminuant de rayon à chaque prélèvement dans le but d'effectuer les mesures sur un couvert neigeux non perturbé (Figure 1). La végétation des sites a été inventoriée à l'été 2002 afin, en particulier, de déterminer la hauteur (dominants-codominants, toutes espèces confondues), la surface terrière, la densité du couvert mesurée au densiomètre sphérique (*Ben Meadows Equipment inc.*) et l'interception de la lumière mesurée à l'aide d'un radiomètre (*LI-191sa Line Quantum Sensor, LI-COR inc.*) pour chacune des placettes (Tableau 2). Les inventaires ont été effectués sous la forme de placettes circulaires de 11.28 m de rayon pour les sites feuillus et les sites mixtes matures et de 5.75 m de rayon pour les autres sites mixtes. Le diamètre de tous les arbres de 1.1 cm de DHP et plus ont été mesurés et ce, pour toutes les essences ligneuses, commerciales ou non. Il est cependant à noter que les essences non commerciales (érable à épis (*Acer spicatum* Lamb.), érable de Pennsylvanie (*Acer pensylvanicum* L.) et cerisier de pennsylvanie (*Prunus pensylvanica* L. f.) principalement) représentent une faible proportion de la surface terrière totale des sites visités, soit toujours moins de 10 %. Ces sites sont jugés représentatifs des peuplements retrouvés sur le territoire de la Seigneurie Nicolas-Riou. Le détail des caractéristiques de chaque peuplement est présenté en annexe pour les peuplements mixtes.

Pour chaque placette de chaque site, une courbe exprimant l'équivalent en eau de la neige par rapport au temps a été tracée à la main afin de déterminer le maximum d'équivalent en eau de la neige (MEEN) de la saison. La date du MEEN constitue le début de la période de fonte. Le taux moyen de fonte (TMF) pour la saison a par la suite été déterminé en additionnant le MEEN aux précipitations tombées sous forme de neige pendant la période de fonte (mesurées à la station météorologique Ladrière, Ministère de l'Environnement) et en divisant la valeur obtenue par le nombre de jours de la saison. Le TMF est utilisé pour déterminer l'effet relatif de la coupe (ERC) basé sur la fonte. L'ERC

est calculé en prenant pour référence les sites ouverts (effet maximum de la coupe fixé à 100 %) et les sites comportant le plus bas TMF (effet minimal de la coupe fixé à 0 %). L'ERC est ensuite calculé pour chaque placette de chaque site par la relation  $(TMF_{\text{placette } x} - TMF_{\text{moyen, plus bas taux de fonte}}) / (TMF_{\text{moyen, sites ouverts}} - TMF_{\text{moyen, plus bas taux de fonte}})$ , multiplié par 100. Les ERC des sites pris individuellement peuvent donc être inférieurs à 0 % ou supérieurs à 100 % puisque leurs TMF peuvent être plus étendus que ceux des sites utilisés comme référence (ouverts ou plus bas taux de fonte). Les ERC peuvent ensuite être utilisés par l'aménagiste pour calculer les aires équivalentes de coupe et planifier l'aménagement du bassin versant.

### 3 – RÉSULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1 - *Peuplements mixtes issus de coupes totales*

Une analyse par régression démontre que les taux de fonte mesurés sur les 20 placettes (2 placettes \* 10 sites) sont généralement bien corrélés avec les caractéristiques des peuplements (Figures 2 à 6). Ainsi, la densité du couvert, l'interception de la lumière, la hauteur du peuplement, la surface terrière totale et la surface terrière résineuse présentent des relations avec les TMF dont le  $R^2$  varie de 0.58 (hauteur) à 0.82 (interception de la lumière). Les taux de fonte les plus bas ont été rencontrés chez les peuplements ayant en moyenne une densité sphérique de 66 %, un taux d'interception de la lumière de 83 %, une hauteur de 11 m, une surface terrière totale de 35 m<sup>2</sup>/ha et une surface terrière en résineux de 22 m<sup>2</sup>/ha. Ces résultats sont comparables à ceux obtenus pour les peuplements résineux de la Forêt Montmorency (Plamondon *et al.*, 2002), où les plus bas taux de fonte ont été mesurés chez les peuplements ayant une densité sphérique, un taux d'interception de la lumière, une hauteur et une surface terrière de 70 %, 85 %, 7 à 11m et 45 m<sup>2</sup>/ha respectivement. La relation entre les TMF et la surface terrière totale ( $R^2 = 0.77$ ) est de loin supérieure à la relation entre les TMF et la surface terrière des résineux seulement ( $R^2 = 0.60$ ), ce qui démontre l'amélioration de la relation par la prise en compte des feuillus, qui pourraient sembler au premier abord avoir peu d'influence sur les taux de fonte. Lorsque tiges marchandes seulement sont considérées, la relation est

aussi beaucoup moins bonne ( $R^2=0.44$ ) et sur-estime le rétablissement hydrologique du peuplement en croissance.

Les ERC sont aussi très corrélés aux caractéristiques des peuplements (Figures 7 à 11). La relation entre l'ERC et l'interception de la lumière présente le meilleur  $R^2$  (0.82), suivie de la racine carrée de la surface terrière totale ( $R^2 = 0.78$ ). La surface terrière totale de même que la surface terrière résineuse ont été transformées afin de rendre la relation linéaire et ainsi faciliter l'analyse. Trois des cinq courbes basées sur les moindres carrés ne croisent pas l'ordonnée à 100 %. En pratique, nous proposons d'utiliser une courbe tracée entre l'ERC de 0 % obtenu par la régression et la valeur de 100 % (courbe pointillée, Figures 7, 8 et 11). La nouvelle courbe étant située au dessus de la droite de régression, les ERC utilisés pour le calcul de l'AÉC sont donc plus conservateurs. Les équations des deux types de courbes sont présentées sur les figures. Enfin, la relation entre l'ERC et la hauteur (Figure 9) indique un retour de l'ERC à 0 % vers les 18 m. Or, certains peuplements n'atteindront jamais cette hauteur. De plus, les données de la Forêt Montmorency (Plamondon *et al.*, 2002) suggèrent que la courbe de l'ERC en fonction de la hauteur devrait être du type polynomiale (2<sup>e</sup> degré). Dans notre cas, le manque de données entre 8 et 14 m ne nous permet pas de présumer d'une telle relation. Une droite tenant compte de toutes les données est donc présentée, de même qu'une droite ne tenant compte que des peuplements de 8 m et moins. Cette dernière droite permet d'extrapoler le retour de l'ERC à 0 % vers les 10 m, ce qui correspond à la valeur estimée pour une forêt résineuse boréale (Plamondon *et al.*, 2002).

### **3.2 - Peuplements feuillus éclaircis**

Les taux de fonte dans les peuplements feuillus ne présentent aucune tendance significative par rapport aux caractéristiques des peuplements (voir par exemple Figure 12, TMF en fonction de la surface terrière). En effet, les peuplements étant localisés sur différents sites, leurs caractéristiques sont très variables et ce, malgré une appellation cartographique uniforme pour tous les sites sélectionnés. Ainsi, un peuplement éclairci en 2001 (F8) présente une densité, un taux d'interception de la lumière et une surface terrière supérieurs à ceux du peuplement F2, qui n'a subi aucune intervention (Tableau

2). Il n'y a donc pas lieu pour l'instant de déterminer des ERC pour les peuplements feuillus traités par coupe partielle.

#### **4 – CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS**

Les coupes totales effectuées dans les peuplements mixtes influencent les taux de fonte de la neige. Ces taux de fonte sont des indicateurs conservateurs de la modification possible des débits de pointe suite à la coupe. Les coupes partielles effectuées dans les peuplements feuillus ne semblent pas avoir d'effet sur la fonte de la neige. Il est donc recommandé de tenir compte des coupes effectuées en peuplements mixtes pour le calcul des aires équivalentes de coupe mais d'ignorer les coupes partielles effectuées en peuplements feuillus. Les chemins, jetées et aires d'ébranchage devraient cependant être tenues en compte partout.

La relation ERC – interception de la lumière par le couvert, quoique la plus corrélée, n'est pas utilisable en pratique par les aménagistes puisqu'elle demande une prise de mesures avec une instrumentation sophistiquée dans toutes les parcelles. Le densiomètre sphérique est plus simple d'utilisation que le radiomètre pour évaluer la densité du couvert mais n'améliore pas la relation avec l'ERC par rapport à la surface terrière, une mesure normalement disponible pour les forestiers. La densité du couvert basée sur la projection verticale des cimes est disponible sur les cartes écoforestières mais son utilisation n'est pas recommandée comme approximation de la densité mesurée au densiomètre étant donné son manque de précision. La surface terrière totale, facile à obtenir, est donc l'indicateur à privilégier. En cas d'absence de données sur la surface terrière feuillue, l'ERC en fonction de la surface terrière résineuse peut aussi être utilisé. Le principal problème relié à l'utilisation de telles courbes est l'absence d'évaluation sur le terrain (lors des inventaires standards) de la surface terrière pour les tiges non marchandes. Il serait donc souhaitable d'établir une surface terrière moyenne en fonction des classes d'âge des coupes afin d'attribuer des ERC aux peuplements non-marchands et ainsi tenir compte de leur rétablissement hydrologique lors du calcul des AEC. La

hauteur du peuplement, constituant la plus faible relation si on se fie au coefficient de détermination ( $R^2$ ), est toutefois utile puisque qu'elle permet à l'aménagiste de relier localement la hauteur à l'âge des peuplements, et donc, de calculer les aires équivalentes de coupe avec, comme seule donnée nécessaire, l'année de coupe.

Enfin, il est à noter que ces recommandations sont basées sur une seule année de mesures. Elles sont donc fortement reliées aux conditions météorologiques de l'année choisie pour l'évaluation des taux de fonte. Afin d'améliorer la représentativité des ERC, plusieurs saisons de mesures devraient être utilisées. Le rôle des sentiers de débardage en peuplement feuillus comme zone de fonte rapide mérite aussi d'être exploré.

Tableau 1 – Parcelles de mesure de fonte de la neige, seigneurie Nicolas-Riou,  
Forêt Modèle du Bas-Saint-Laurent

No parcelle	Peuplement	Intervention	Année d'intervention	Hauteur de la régénération	Localisation
F2	Feuillu	Aucune	-	N/A	Métairie 5
F3	Feuillu	Éclaircie 30%	1996	N/A	Métairie 5
F4	Feuillu	Éclaircie 30%	1996	N/A	Métairie 5
F5	Feuillu	Éclaircie 30%	1998	N/A	Métairie 4
F6	Feuillu	Éclaircie 30%	1998	N/A	Métairie 4
F7	Feuillu	Éclaircie 30%	2001	N/A	Métairie 5
F8	Feuillu	Éclaircie 30%	2001	N/A	Métairie 5
M1	Mélangé	Aucune	-	Mature	Métairie 8
M2	Mélangé	Aucune	-	Mature	Métairie 2
M3	Mélangé	Coupe totale	≈ 1970	7-9 m	Aire commune
M4	Mélangé	Coupe totale	≈ 1970	7-9 m	Métairie 8
M5	Mélangé	Coupe totale	≈ 1990	3-4 m	Aire commune
M6	Mélangé	Coupe totale	≈ 1990	3-4 m	Métairie 8
M7	Mélangé	Coupe totale	1994	1-2 m	Métairie 8
M8	Mélangé	Coupe totale	1995	1-2 m	Aire commune
M9	Mélangé	Coupe totale	2000	0 m	Métairie 8
M10	Mélangé	Coupe totale	2001	0 m	Métairie 4

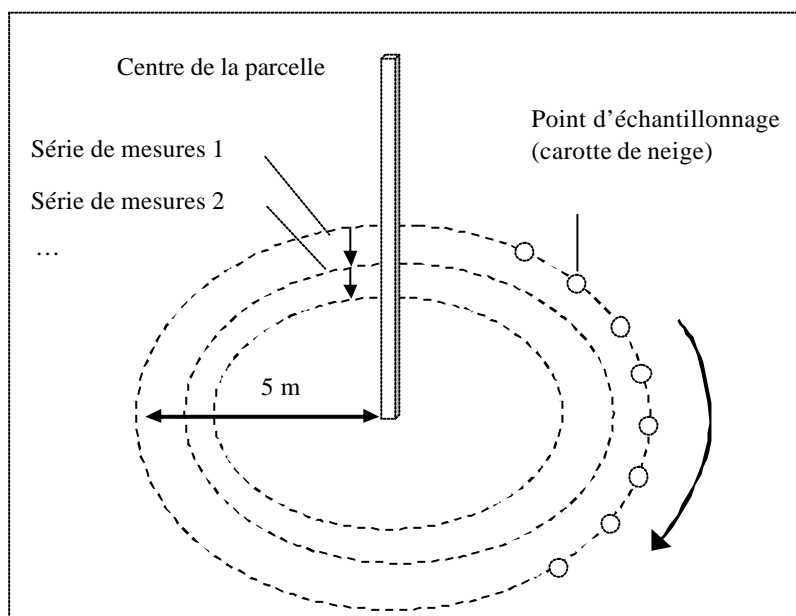
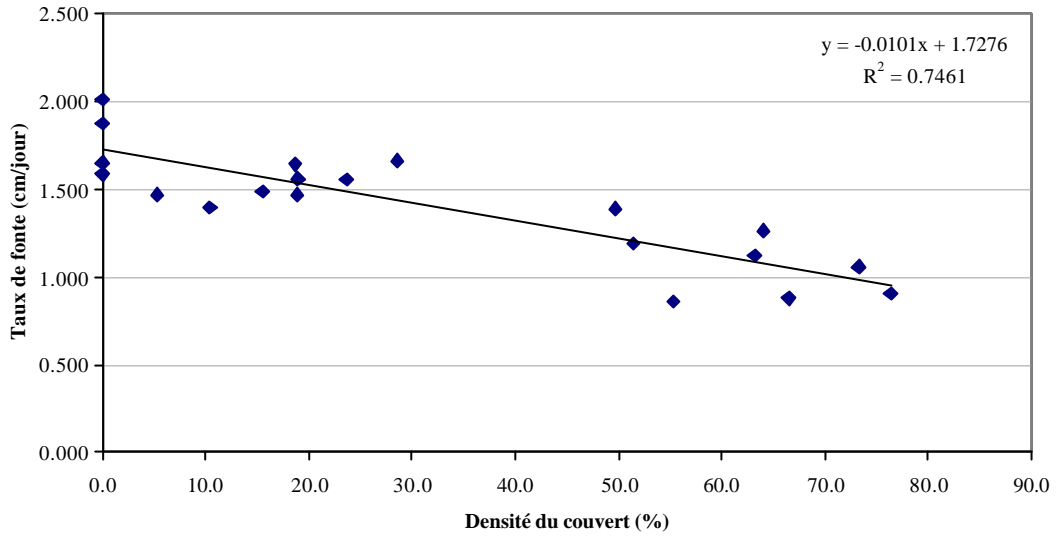


Figure 1 – Dispositif de mesure de fonte de neige

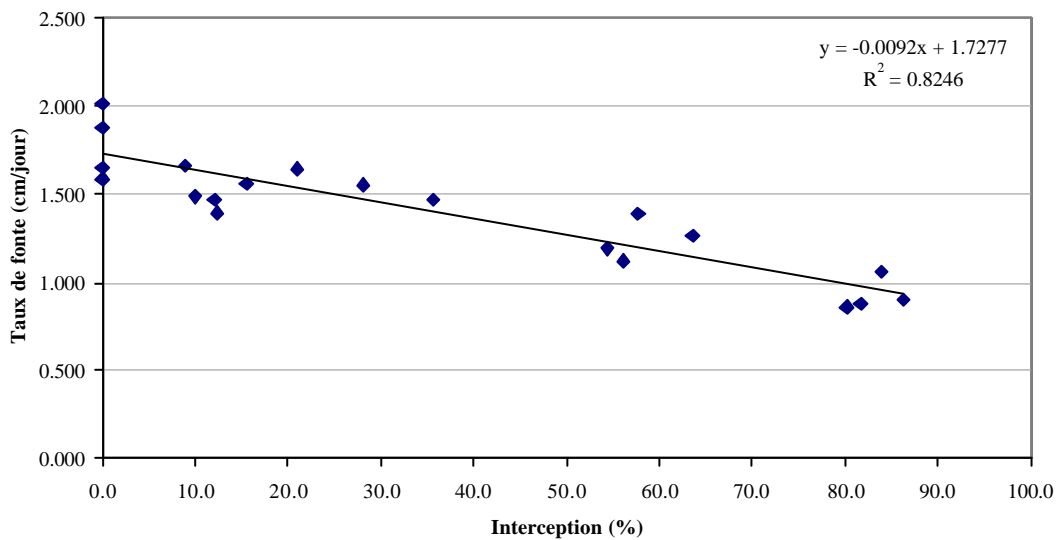
Tableau 2 – Caractéristiques des peuplements utilisées pour l'analyse

No parcelle	Densité du couvert (%)	Interception de la lumière (%)	Hauteur du peuplement (m)	Surface terrière totale (m <sup>2</sup> /ha)	Surface terrière résineuse (m <sup>2</sup> /ha)
F2A	21.840	34.100	20.3	23.73	
F2B	20.800	29.500	16.5	19.82	
F3A	26.953	29.400	19.2	15.81	
F3B	24.787	32.000	15.8	11.89	
F4A	26.433	16.500	14.9	14.07	
F4B	31.027	38.500	17.3	19.13	
F5A	18.113	32.900	15.6	17.28	
F5B	20.627	51.900	16.5	13.49	
F6A	40.300	45.700	14.9	16.73	
F6B	40.387	37.200	15.6	15.34	
F7A	40.820	71.500	18.0	32.05	
F7B	26.953	57.000	17.6	27.79	
F8A	30.940	30.200	15.8	27.03	
F8B	30.507	56.200	18.5	29.48	
M1A	73.2	83.9	14.9	33.10	25.83
M1B	76.4	86.3	18.8	43.02	34.25
M2A	64.0	63.6	15.0	27.37	18.10
M2B	63.2	56.1	14.0	31.04	8.23
M3A	51.4	54.4	8.0	16.66	2.62
M3B	49.7	57.7	7.0	20.00	10.01
M4A	55.3	80.2	6.5	27.25	15.86
M4B	66.5	81.7	7.5	32.86	17.21
M5A	18.8	35.6	5.0	8.15	5.19
M5B	15.5	10.0	3.0	3.85	2.64
M6A	18.6	21.0	4.5	8.90	3.35
M6B	23.7	28.1	3.0	7.52	6.52
M7A	28.5	8.9	2.3	3.77	1.93
M7B	18.9	15.5	2.0	1.85	1.00
M8A	5.3	12.1	1.5	1.09	1.00
M8B	10.4	12.4	3.0	2.49	0.38
M9A	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
M9B	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
M10A	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00
M10B	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00

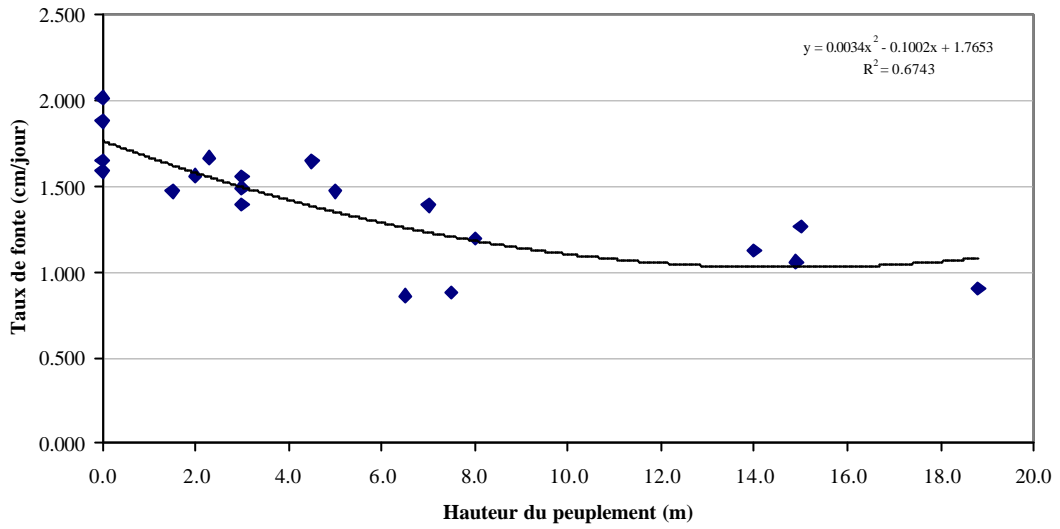
**Figure 2 - Taux de fonte en relation avec la densité du couvert, forêts mixtes**



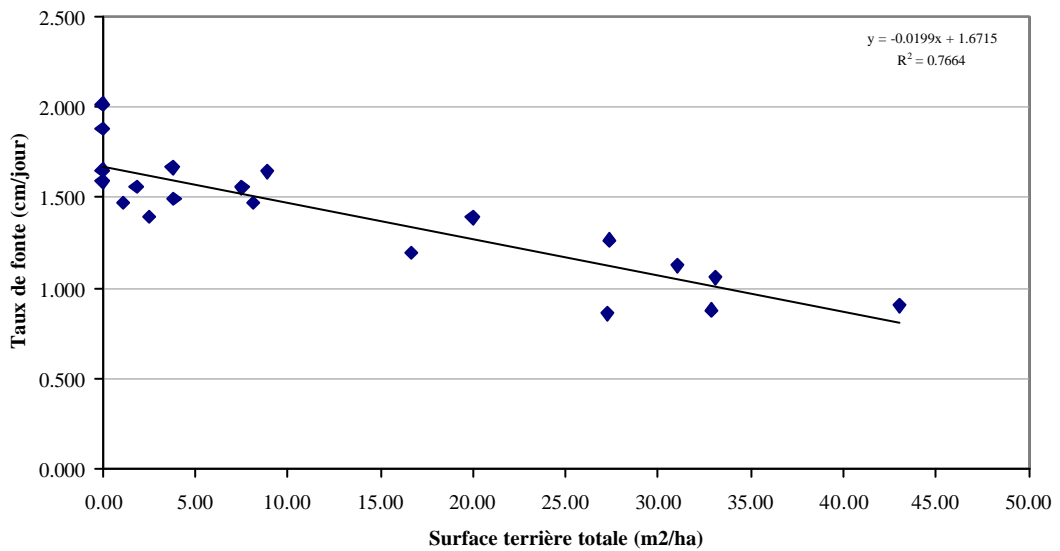
**Figure 3 - Taux de fonte en relation avec l'interception de la lumière par le couvert, forêt mixte**



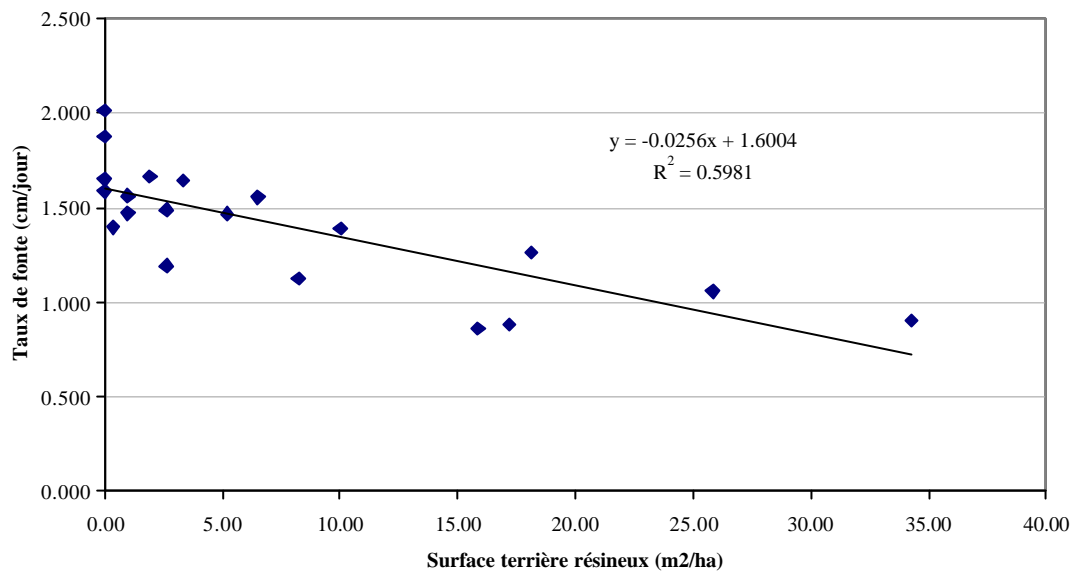
**Figure 4 - Taux de fonte en relation avec la hauteur du peuplement, forêt mixte**



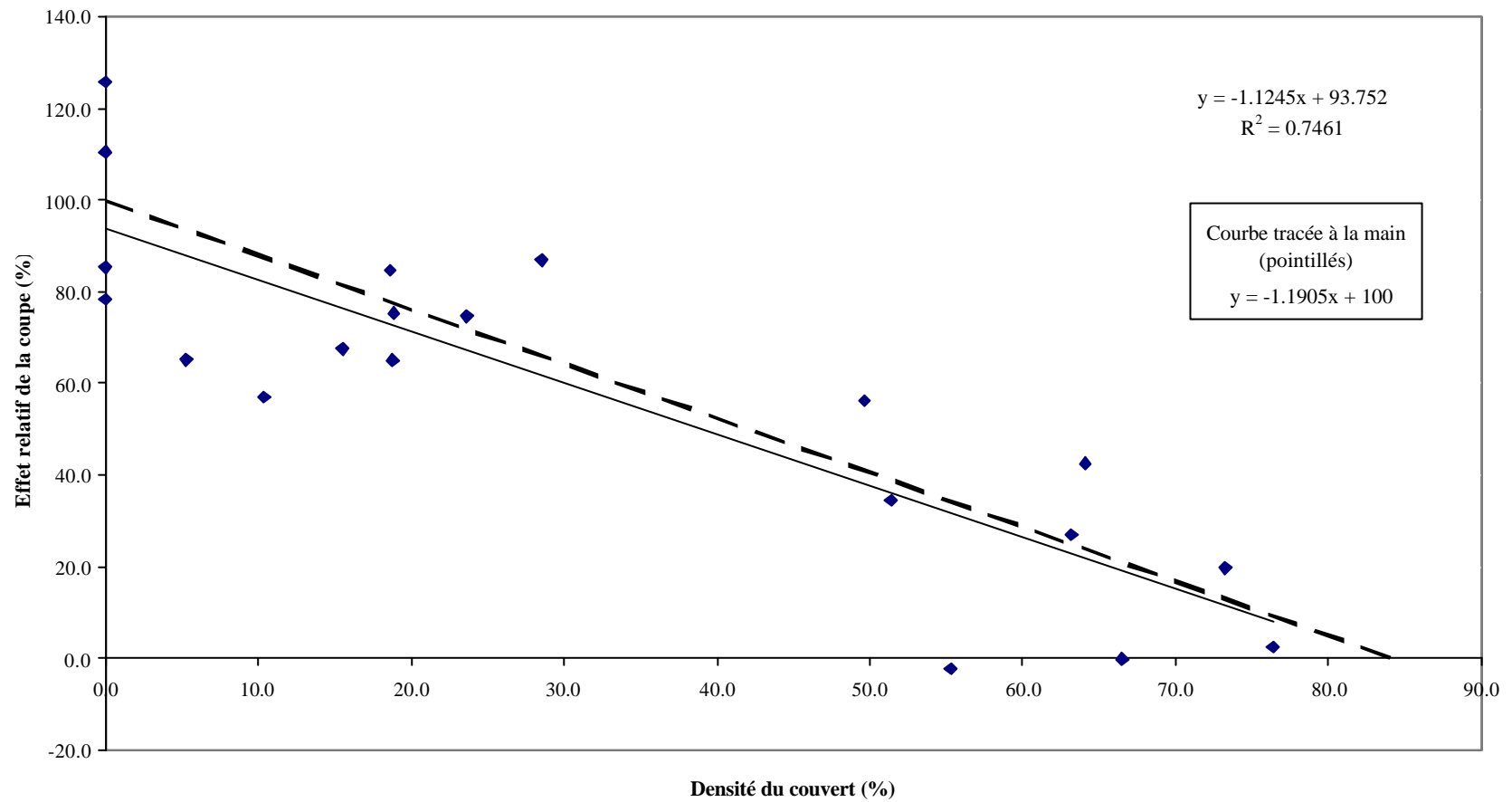
**Figure 5 - Taux de fonte en relation avec la surface terrière totale, forêt mixte**



**Figure 6 - Taux de fonte en relation avec la surface terrière des résineux, forêt mixte**



**Figure 7 - Effet relatif de la coupe en relation avec la densité du couvert forestier mesuré au densiomètre, forêt mixte**



**Figure 8 - Effet relatif de la coupe en relation avec l'interception de la lumière par le couvert forestier mesurée au radiomètre, forêt mixte**

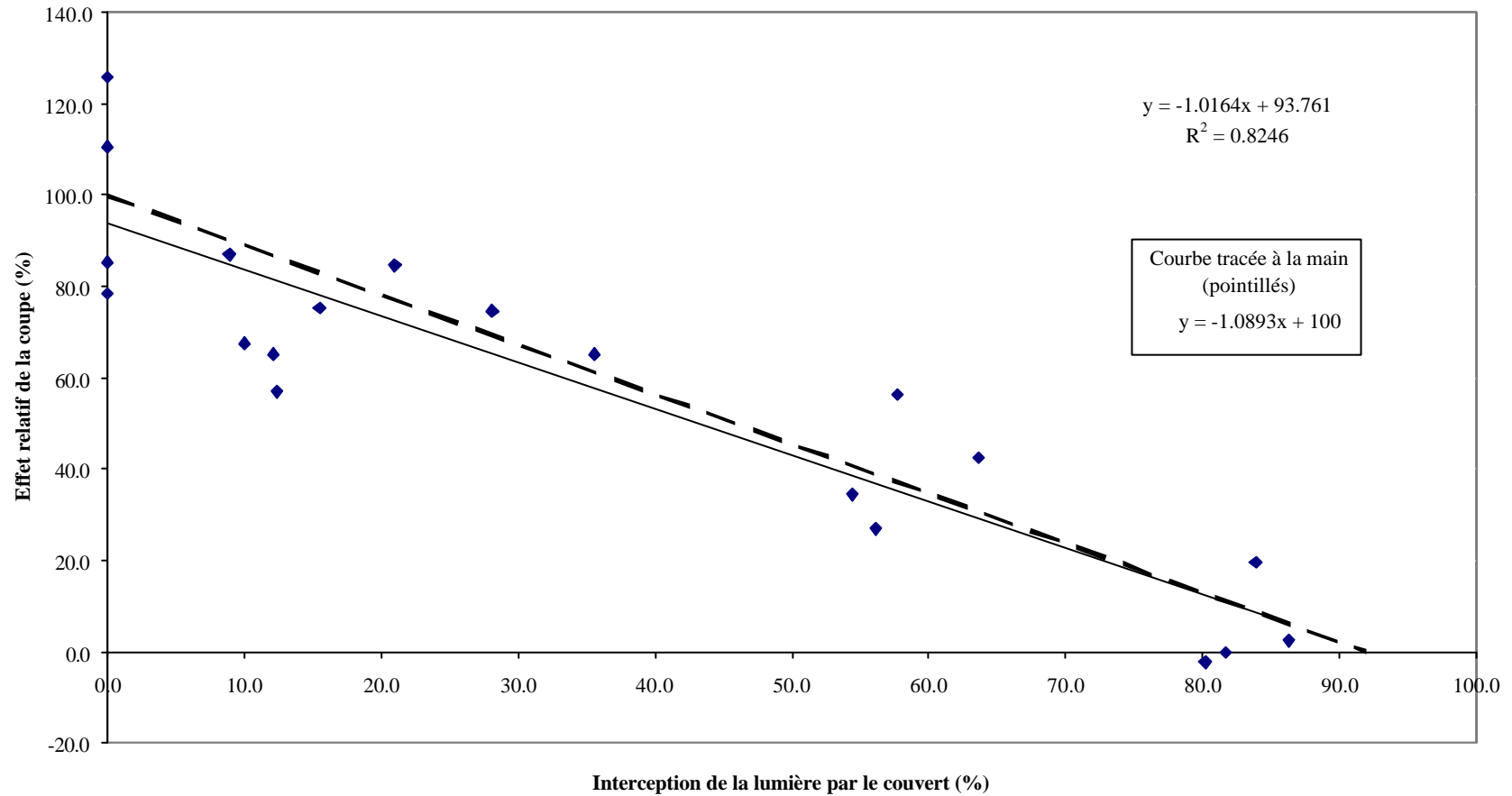
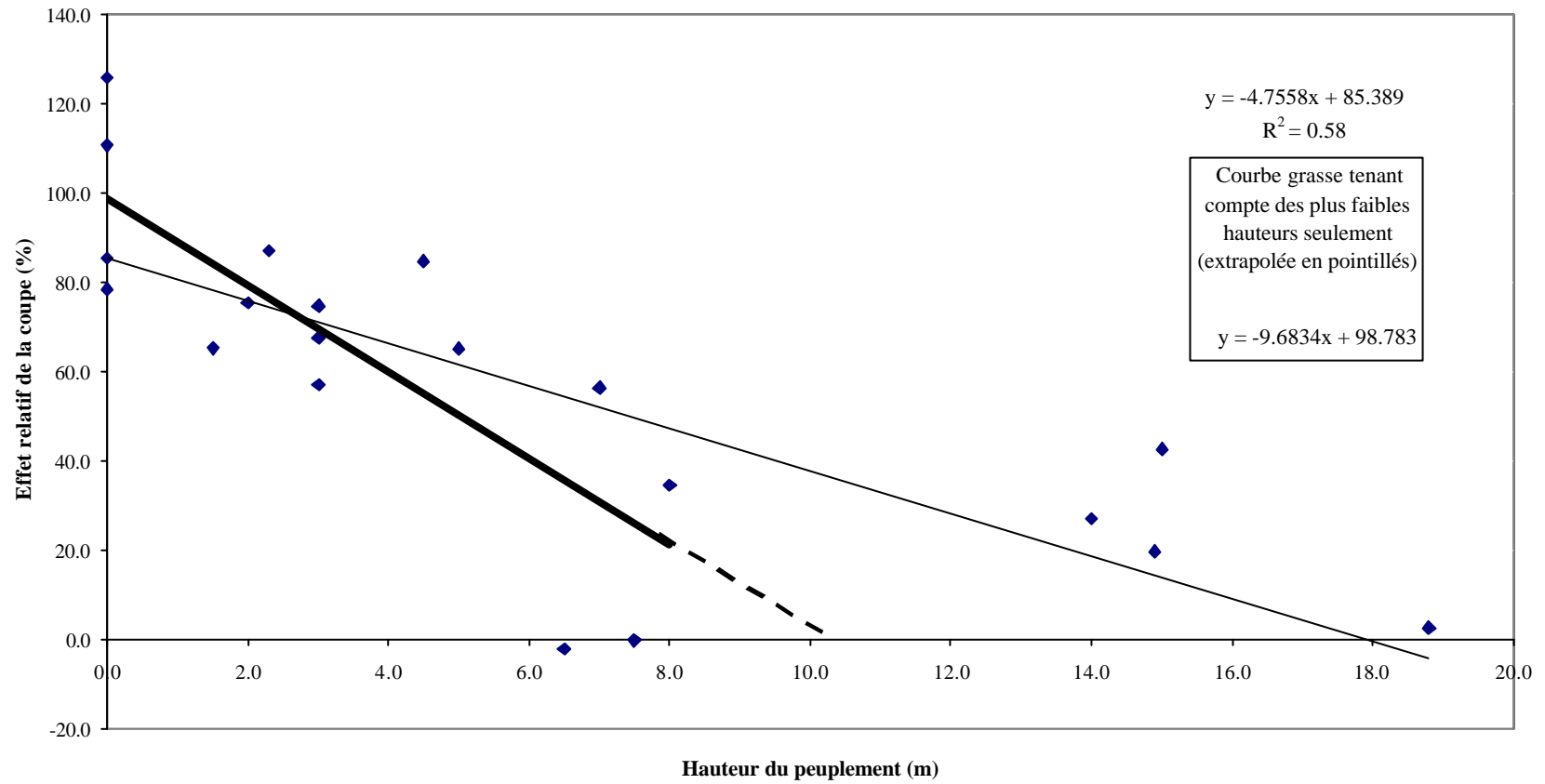
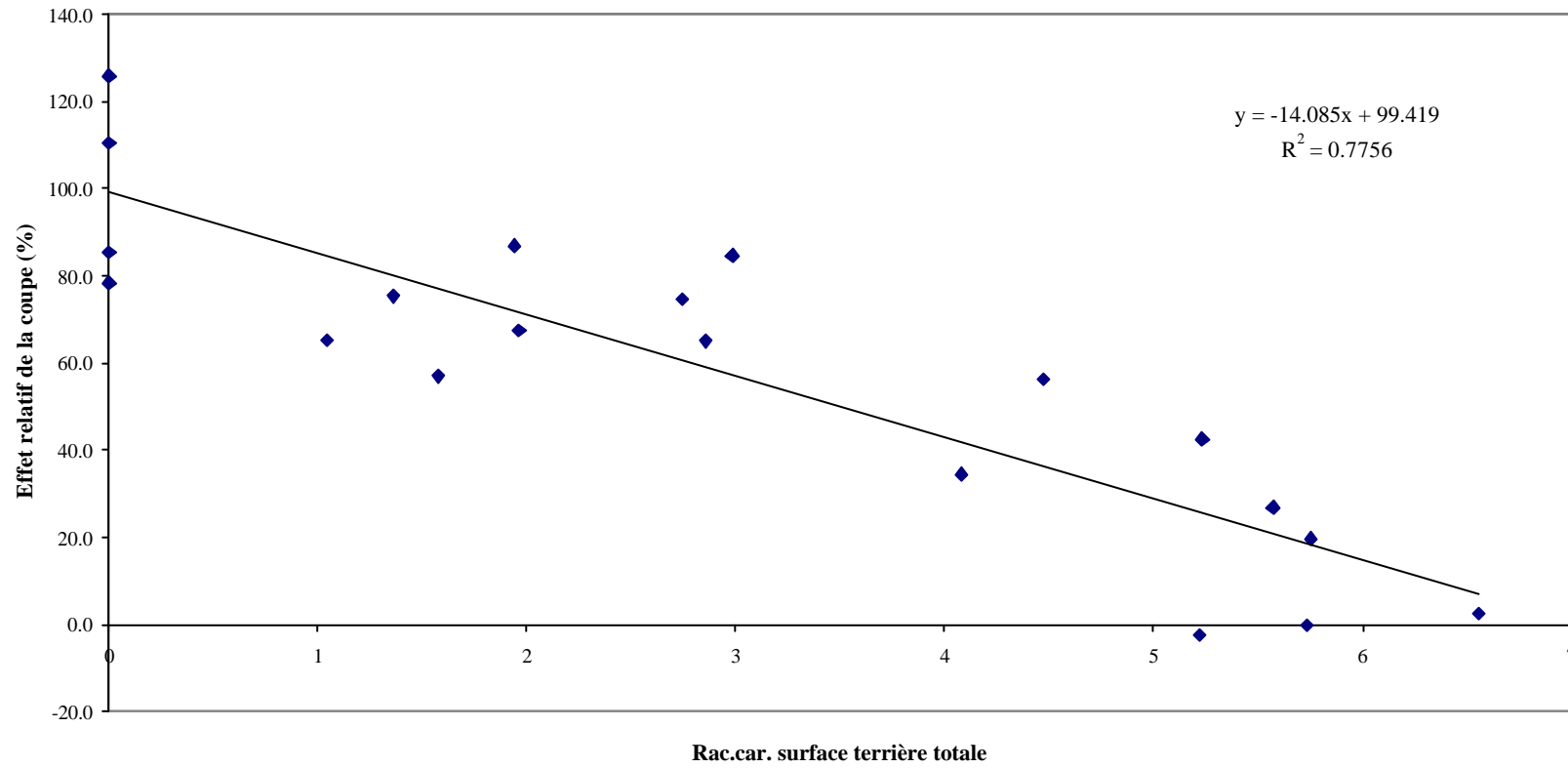


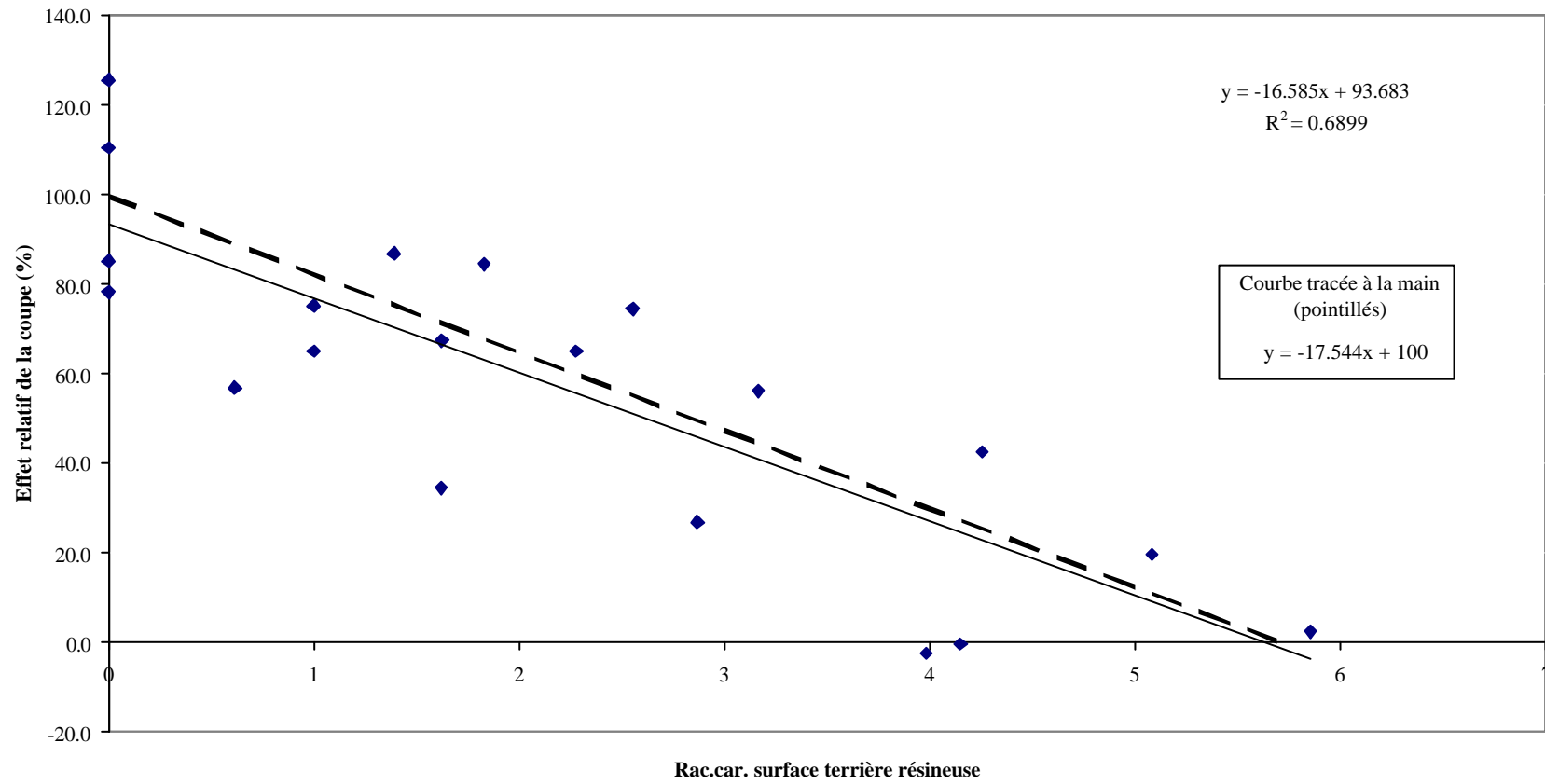
Figure 9 - Effet relatif de la coupe en relation avec la hauteur du peuplement (dominants - codominants), forêt mixte



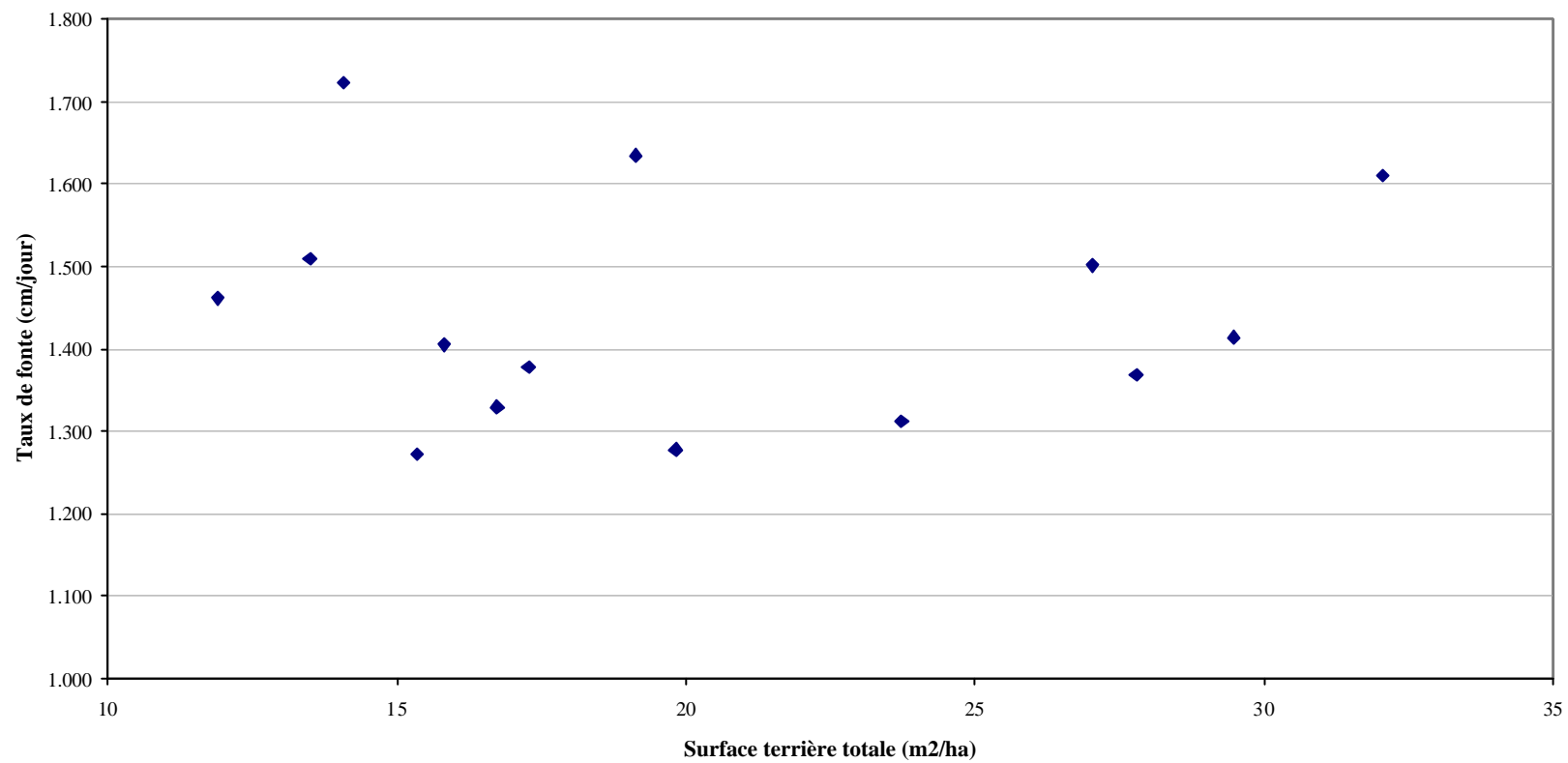
**Figure 10 - Effet relatif de la coupe en relation avec la racine carrée de la surface terrière totale, forêt mixte**



**Figure 11 - Effet relatif de la coupe en relation avec la racine carrée de la surface terrière résineuse, forêt mixte**



**Figure 12 - Taux de fonte moyen en fonction de la surface terrière totale, peuplements feuillus**



## RÉFÉRENCES

Carignan, R., P. D'Arcy et S. Lamontagne. 2000. Comparative impacts of fire and forest harvesting on water quality in Boreal Shield lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 57 (suppl. 2): 105-117.

Faustini JM. 2000. *Stream channel response to peak flows in a fifth-order mountain watershed*. PhD thesis, Oregon State University. 339 p.

Hudson R. 2000. Snowpack recovery in regenerating coastal British Columbia clearcuts. *Canadian Journal of Forest Research* 30: 548-556.

Ice G. 1999. *Streamflow and water quality: What does the science show about clearcutting in Western Oregon*. NCASI, Corvallis Oregon; 20 p.

Macdonald LH, Wohl EE, Madsen S. 1997. *Validation of water yield thresholds on the Kootenai National Forest*. The Kootenai National Forest, Libby, M.T; 197 p.

Plamondon AP. 1993. *Influence des coupes forestières sur le régime d'écoulement de l'eau et sa qualité, Revue de littérature*. Centre de recherche en biologie forestière, Université Laval for the Ministère des Forêts du Québec (C-47). Ste-Foy; 179 p.

Plamondon AP, Talbot J, Lévesque D, Chazalmartin F, Gnocchini M, Prévost M, and Aubé D. 2002. Snowmelt rate recovery following clearcutting balsam fir stands, Montmorency forest, Quebec. Accepted juin 2002, Hydrological Processes (à paraître).

Talbot J et Plamondon AP. 2002. The diminution of snowmelt rate with forest regrowth as an index of peak flow hydrological recovery, Montmorency Forest, Quebec. Proceedings of the 59<sup>th</sup> Eastern Snow Conference, Stowe, Vermont, USA (sous presse).

USDA Forest Service. 1974. Forest Hydrology part II – hydrologic effects of vegetation manipulation. Missoula, MT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 229 p.

Verry, E.S., J.R. Lewis et K.N. Brooks. 1983. Aspen clearcutting increases snowmelt and storm flow peaks in north central Minnesota. *Water Resources Bulletin*. 19(1) : 59-67.

Washington Forest Practices Board. 1997. *Board Manual : Standard Methodology for Conducting Watershed Analysis*, Washington State Department of Natural Resources, Forest Practices Division. 112 p. 12 Appendices.

Winkler RD. 2001. *The effects of forest structure on snow accumulation and melt in south-central British Columbia*. PhD thesis, University of British Columbia, 163 p.



## ANNEXE – Caractéristiques détaillées des peuplements mixtes à l'étude

SITE	M1A	M1B	M2A	M2B	M3A	M3B	M4A	M4B	M5A	M5B	M6A	M6B	M7A	M7B	M8A	M8B	M9A	M9B	M10A	M10B
Traitement	aucun	aucun	aucun	aucun	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT	CT
Année	n/a	n/a	n/a	n/a	1970*	1970*	1970*	1970*	1990*	1990*	1990*	1990*	1994	1994	1995	1995	2000	2000	2001	2001
Exposition	SW	SW	NE	NE	NE	NE	SE	SE	NE	NE	SE	SE	SE	SE	NW	NW	NW	NW	NE	NE
Pente	10%	8%	11%	12%	4%	0%	2%	10%	0%	5%	10%	2%	5%	5%	0%	2%	0%	5%	12%	15%
Hauteur (m)	14.9	18.8	15.0	14.0	8.0	7.0	6.5	7.5	5.0	3.0	4.5	3.0	2.3	2.0	1.5	3.0	0	0	0	0
Densité (%)	73.2	76.4	64.0	63.2	51.4	49.7	55.3	66.5	18.8	15.5	18.6	23.7	28.5	18.9	5.3	10.4	0	0	0	0
Interception (%)	83.9	86.3	63.6	56.1	54.4	57.7	80.2	81.7	35.6	10.0	21.0	28.1	8.9	15.5	12.1	12.4	0	0	0	0
S.T. Total	33.10	43.02	27.37	31.04	16.66	20.00	27.25	32.86	8.15	3.85	8.90	7.52	3.77	1.85	1.09	2.49	0	0	0	0
S.T. marchand	27.32	41.41	22.65	25.36	5.82	4.71	6.19	7.73	0.79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.T. non marchand	5.78	1.61	4.72	5.68	10.84	15.29	21.06	25.13	7.36	3.85	8.90	7.52	3.77	1.85	1.09	2.49	0	0	0	0
S.T. Feuillu	7.27	8.77	9.29	22.81	14.04	9.99	11.39	15.65	2.96	1.21	5.55	1.00	1.84	0.85	0.09	2.11	0	0	0	0
S.T. Feu marchand	5.90	8.31	8.04	20.36	5.03	1.57	0	1.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.T. Feu non marchand	1.37	0.46	1.25	2.45	9.01	8.42	11.39	14.08	2.96	1.21	5.55	1.00	1.84	0.85	0.09	2	0	0	0	0
S.T. Résineux	25.83	34.25	18.08	8.23	2.62	10.01	15.86	17.21	5.19	2.64	3.35	6.52	1.93	1.00	1.00	0.38	0	0	0	0
S.T. Rés marchand	21.42	33.10	14.61	5.00	0.79	3.14	6.19	6.16	0.79	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S.T. Rés non marchand	4.41	1.15	3.47	3.23	1.83	6.87	9.67	11.05	4.40	2.64	3.35	6.52	1.93	1.00	1.00	0.38	0	0	0	0
% non marchand/total	17%	4%	17%	18%	65%	77%	77%	76%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	n/a	n/a	n/a	n/a
% résineux/total	78%	80%	66%	27%	16%	50%	58%	52%	64%	69%	38%	87%	51%	54%	92%	15%	n/a	n/a	n/a	n/a

\* Année approximative



