



Siège social
3600, boul Casavant Ouest
Saint-Hyacinthe, Qc, J2S 8E3
Tel : (450) 773-1105
Fax : (450) 773-8461

Bureau de Québec
1140, rue Taillon
Québec, Qc, G1N 3T9
Tel : (418) 643-8903
Fax : (418) 643-8350

Projet de recherche : Rapport d'étape

Modernisation des techniques d'entailage : effet du diamètre du chalumeau sur le taux de cicatrisation des blessures d'entaille.

Par: Gaston B. Allard Ing., agr.,

Coloaborateurs : Michel Cartier, tech. Agricole
Guy Boudreault, tech. Forestier
Jean-Pierre Renaud, PhD biologiste



Résumé

L'utilisation d'un chalumeau de petit diamètre augmente de façon significative le taux de cicatrisation de la blessure d'entaille même après seulement une saison de croissance. Ce taux s'établit à 32,7% pour le chalumeau utilisant une mèche d'entaillage de 7,5 mm (chalumeau de .300 de po de diamètre) contre 7,7% pour celui utilisant une mèche de 10,7 mm (chalumeau standard de 7/16 po). Le taux observé étant quand même inférieur à celui qui avait été postulé (75%), il est probable que la réduction de la zone compartimentée résultant de la blessure d'entaille soit réduite de façon moins spectaculaire que prévue. Ces observations renforcent les mises en garde déjà formulées concernant le sur-entaillage que plusieurs sont tentés d'associer à l'utilisation de ce nouveau type de chalumeau. Pour l'instant, il faudrait continuer d'appliquer les normes standards concernant l'entaillage afin de ne pas ajouter aux problèmes de perte systémique de productivité que la réduction du diamètre d'entaillage devait justement solutionner.



Table des matières

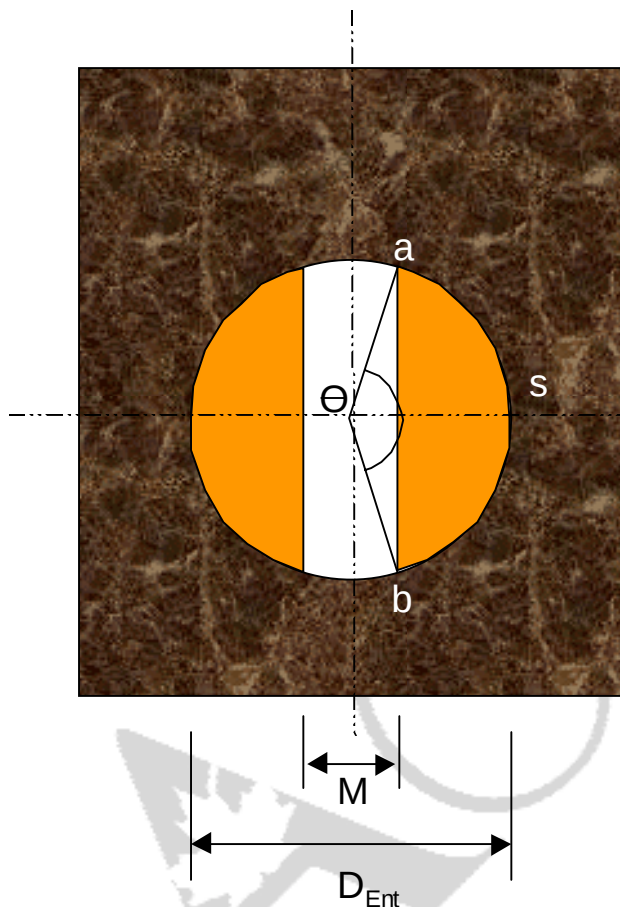
Introduction	1
Entailles sans cicatrisation	2
Taux de cicatrisation et taux de croissance du peuplement.....	2
Taille du chalumeau et taux de cicatrisation	4
Conclusion.....	5
Bibliographie.....	6
Annexe A	8
Annexe B.....	11

Modernisation des techniques d'entaillage : effet du diamètre du chalumeau sur le taux de cicatrisation des blessures d'entaille.



Introduction

La réduction de la zone compartimentée résultant de l'entaille passe presque obligatoirement par une accélération de la vitesse avec laquelle l'arbre fermera complètement la blessure mécanique laissée sur le tronc par l'entaille. On définit le taux de cicatrisation d'une entaille comme étant le rapport entre la surface occupée par les tissus cicatriciels et la surface totale de la blessure faite au moment de l'entaillage. La Figure 1 illustre les relations mathématiques utilisées pour calculer ce rapport.



L'effort de cicatrisation de chaque entaille peut en effet être traduit par la mesure de la distance entre les bourrelets cicatriciels (M (mm)). D'autre part, la surface du secteur de cercle compris entre l'arc « S » et la corde qui le sous-tend « ab » est égale à :

$$S_1 = R^2 \times (\theta - \sin(\theta)) \quad \text{Équa. 1}$$

où θ est l'angle au centre qui sous-tend l'arc « S ». Cet angle est nécessairement compris entre 0 (aucune cicatrisation) et π radians (cicatrisation complète). Sa valeur est donnée par la mesure M en utilisant l'équation 2 :

$$\theta = 2 \times \arccos(M / D_{Ent}) \quad \text{Équa. 2}$$

et le taux de cicatrisation peut alors être exprimé en pourcentage de la blessure initiale sur la base de l'équation 3 :

$$\%Cicatis. = (4 \times S_1) / (\pi \times D_{Ent}^2) \quad \text{Équa. 3}$$

Figure 1. Illustration des relations mathématiques utilisées pour calculer le pourcentage de cicatrisation des blessures d'entaille

sur la base des tests statistiques effectués, largement suffisant pour mesurer l'effet des traitements. D'autre part, les données satisfont aux caractéristiques d'une population normale et peuvent donc être

La mesure de la variable « M » a été faite après la saison de végétation (début du mois d'octobre 1998) sur environ 30% des entailles du dispositif que représente les traitements P20 et S20. Cet échantillon est,

statistiquement utilisées pour décrire l'effet global des traitements pour les quelques 1300 entailles constituant la population totale utilisée pour cet essai. L'ensemble des mesures ainsi que les résultats des calculs pour établir le taux de cicatrisation de chaque entaille sont reproduits au Tableau A1 de l'annexe A.

La Figure 2 illustre la différence entre les taux moyens de cicatrisation pour chacun des traitements. Malgré un écart type important, cette différence demeure statistiquement significative à un seuil de probabilité de 99% (General Linear Model Analyse, SAS Institute, version 6.12). On peut facilement constater que la différence est très nettement à l'avantage du chalumeau à diamètre réduit (P20) avec un taux moyen de cicatrisation de 32,7% comparé à seulement 7,7% pour le chalumeau à diamètre standard (S20). Le Tableau 1 permet de comparer les distributions de fréquences pour les classes de taux de cicatrisation qui caractérisent chaque traitement.

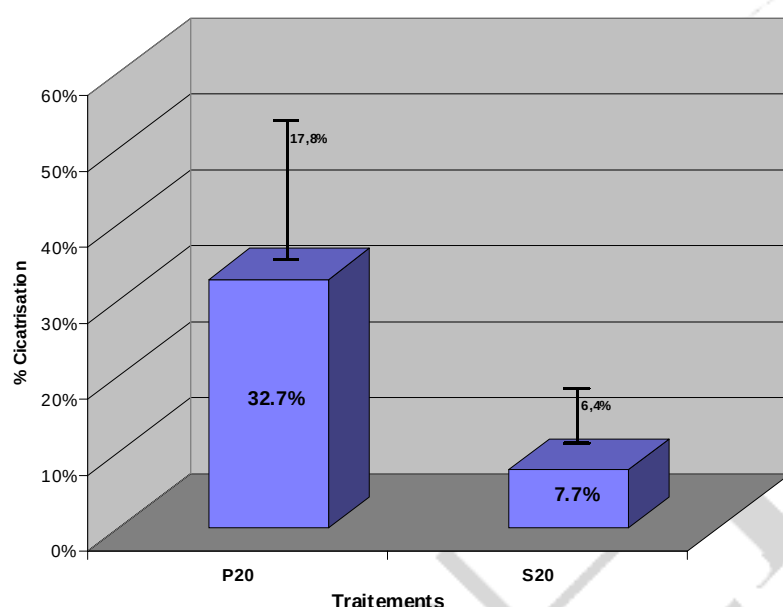


Figure 2. Illustration du taux moyen de cicatrisation pour chaque traitement après un ans de croissance.

Entailles sans cicatrisation

Il est important de noter le grand nombre d'entailles ne montrant aucun effort de cicatrisation après un an de croissance dans le cas du chalumeau standard (traitement S20). Il s'agit en fait de plus de 15% des entailles alors que cette proportion est inférieure à 1% dans le cas du chalumeau à diamètre réduit (traitement P20). Cette différence est confirmée par une simulation par laquelle on calcule quel aurait été le taux moyen de cicatrisation du traitement S20 si le diamètre de l'entaille avait été similaire au traitement P20. Les résultats de la simulation sont montrés à la dernière colonne du Tableau 1.

Il semble donc évident que ce n'est pas uniquement le diamètre de l'entaille qui influence le taux de cicatrisation, à tout le moins celui mesuré après une première année de croissance. Il est par conséquent probable que certaines propriétés physiques du chalumeau standard mis à l'essai soient en partie responsables de l'écart illustré à la Figure 2. On pourrait par exemple suspecter une mortalité cambiale provoquée par un martelage plus important afin d'assurer l'étanchéité de ce type de chalumeau pendant la saison de collecte. Il est également probable qu'il ait provoqué un léger décollement de l'écorce au moment du désentaillage comme en font foi des valeurs de M plus grand que le diamètre de la mèche d'entaillage. Il faudrait donc être prudent avant de généraliser ces résultats à tous les types de chalumeaux standards.

Taux de cicatrisation et taux de croissance du peuplement

Il est évident que le taux de croissance des arbres sur lesquels sont appliqués les traitements influence grandement les résultats de l'effort de cicatrisation. Bien que nous n'ayons aucune raison de suspecter des écarts importants de cette variable dans notre dispositif expérimental en raison de la

constance observée dans chacune des répétitions, il serait intéressant de voir ce qu'aurait été la réponse de peuplements ayant un taux de croissance proportionnellement plus élevé.

La mesure de la variable « M » a été faite après la saison de végétation (début du mois d'octobre 1998) sur environ 30% des entailles du dispositif que représente les traitements P20 et S20. Cet échantillon est, sur la base des tests statistiques effectués, largement suffisant pour mesurer l'effet des traitements. D'autre part, les données satisfont aux caractéristiques d'une population normale et peuvent donc être statistiquement utilisées pour décrire l'effet global des traitements pour les quelques 1300 entailles constituant la population totale utilisée pour cet essai. L'ensemble des mesures ainsi que les résultats des calculs pour établir le taux de cicatrization de chaque entaille sont reproduits au Tableau A1 de l'annexe A.

Tableau 1. Distribution des fréquences des classes de taux de cicatrization et taux moyen de cicatrization pour chaque traitement

Classes de fréquence	Données mesurées		Simulation Dia. S20 =Dia. P20
	P20	S20	S20 (modifié)
> ou = 0%	0,4%	15,5%	15,5%
1% à 10%	16,2%	54,1%	38,2%
11% à 20%	16,6%	20,5%	22,3%
21% à 30%	23,9%	7,3%	10,9%
31% à 40%	14,3%	2,7%	7,7%
41% à 50%	9,3%	0,0%	2,7%
Plus de 50%	19,3%	0,0%	2,7%
Moyenne	32,7%	7,7%	12,8%
Écart type	17,8%	6,4%	10,7%

Une des façons possible de simuler une augmentation du taux de croissance générale du peuplement consiste à accélérer le développement des bourrelets cicatriciels et d'affecter à chacune des mesures M un facteur de correction proportionnelle au taux de croissance qu'on veut simuler. Ainsi, la nouvelle valeur M' serait égale à :

$$M' = M \times (1 - \Delta\% \text{Croissance}) \quad \text{Équa. 4}$$

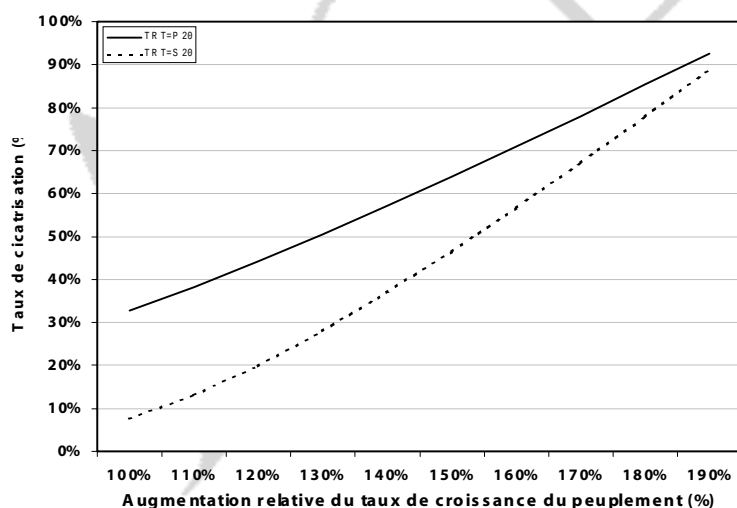


Figure 3. Illustration de l'effet d'une augmentation relative du taux de croissance relative du peuplement sur le taux moyen de cicatrization des blessures d'entailles

La Figure 3 illustre l'effet d'une augmentation du taux de croissance du peuplement sur le taux moyen de cicatrization alors que le Tableau 2 permet de visualiser l'effet d'une telle augmentation sur la distribution de fréquence des classe de cicatrization qu'on devrait alors observer. (Il s'agit bien évidemment de données simulées)

Il est probable que ces calculs ne simulent que très imparfaitement l'effet réel d'une amélioration du taux de croissance d'un peuplement sur la vitesse avec laquelle les arbres cicatrisent leur(s)

blesure(s) d'entaille. On peut cependant observer que la tendance générale de cette relation suggère que la différence entre les deux traitements tend à diminuer avec une accélération du taux de croissance et que celle-ci devient virtuellement nulle pour un taux de croissance deux fois plus rapide que celui qui caractérise notre boisé.

Tableau 2. Simulation d'une augmentation du taux de croissance du peuplement sur la distribution des fréquence et sur le taux moyen de cicatrisation en fonction des traitements.

Classes de fréquence	Croissance =110%		Croissance =120%		Croissance =130%		Croissance =140%	
	P20	S20	P20	S20	P20	S20	P20	S20
> ou = 0%	0,0%	3,2%	0,0%	0,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
1% à 10%	4,6%	37,3%	0,4%	12,7%	0,0%	2,3%	0,0%	0,0%
11% à 20%	16,2%	39,5%	6,6%	47,3%	0,4%	15,5%	0,0%	2,3%
21% à 30%	15,8%	13,6%	18,5%	24,5%	12,7%	47,7%	0,4%	16,8%
31% à 40%	26,3%	5,5%	20,1%	11,4%	17,4%	21,4%	14,7%	49,1%
41% à 50%	14,7%	0,9%	25,5%	3,6%	26,6%	10,9%	18,9%	23,2%
plus de 50%	22,4%	0,0%	29,0%	0,0%	42,9%	2,3%	66,0%	8,6%
Moyenne	38,2%	13,0%	44,2%	20,0%	50,5%	28,0%	57,1%	37,0%
Écart type	16,7%	7,3%	15,5%	7,5%	13,9%	7,3%	12,2%	6,7%

Classes de fréquence	Croissance =150%		Croissance =160%		Croissance =170%		Croissance =180%	
	P20	S20	P20	S20	P20	S20	P20	S20
> ou = 0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
1% à 20%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
21% à 40%	0,4%	17,7%	0,0%	0,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
41% à 60%	40,5%	76,8%	18,5%	70,5%	0,0%	5,5%	0,0%	0,0%
61% à 80%	47,9%	5,5%	64,9%	28,6%	63,7%	94,1%	18,5%	73,2%
plus de 80%	11,2%	0,0%	16,6%	0,0%	36,3%	0,5%	81,5%	26,8%
Moyenne	63,9%	46,6%	70,9%	56,7%	78,0%	67,2%	85,3%	78,0%
Écart type	10,4%	5,9%	8,5%	4,9%	6,4%	3,8%	4,3%	2,6%

Encore ici, il faut donc être prudent avant de généraliser l'effet de la réduction de la taille du chalumeau sur la vitesse de cicatrisation puisqu'il nous est pour le moment impossible de caractériser le taux de croissance de notre peuplement de référence comme étant lent, moyen ou élevé.

Taille du chalumeau et taux de cicatrisation

La Figure 4 nous permet d'extrapoler, à partir des données de la saison 1998, quel devrait être le diamètre du chalumeau si on voulait obtenir un taux moyen de cicatrisation de 50%. Si on admet que la relation entre ces deux variables est linéaire (ce postulat ne repose cependant sur aucune donnée issue de protocoles expérimentaux rigoureux) il nous faudrait réduire la surface de l'entaille de 72% par rapport celle pratiquée pour permettre l'utilisation du chalumeau conventionnel et utiliser une mèche de l'ordre de 5,25mm. Il semble impossible pour le moment de produire commercialement un tel chalumeau et, de toute façon, il faudrait reprendre le protocole permettant de mesurer l'effet d'une telle diminution du diamètre de l'entaille sur le rendement.

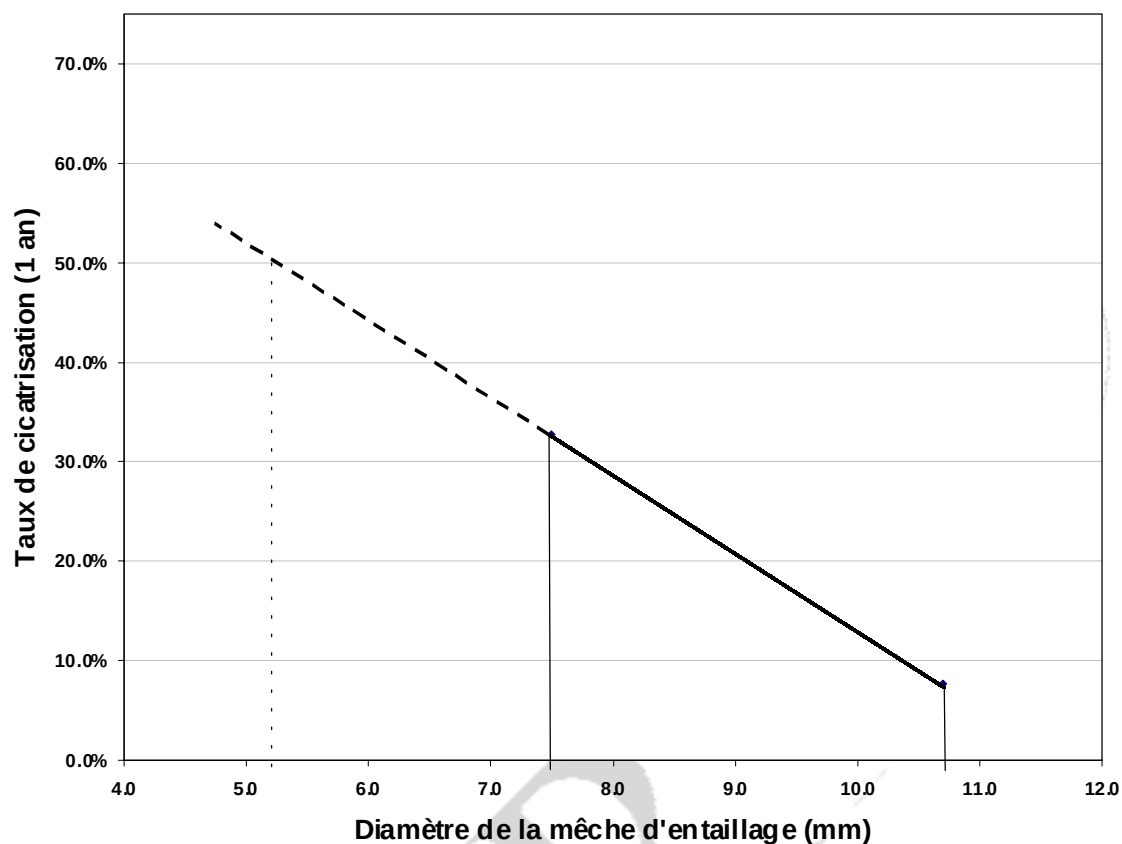


Figure 4 . Relation entre le taux de cicatrisation et le diamètre de l'entaille



Conclusion

Notre hypothèse était à l'effet que l'utilisation d'un chalumeau de taille réduite (.300 po ou 7,5mm) nous permettrait de constater un taux moyen de cicatrisation de 75% après une année de croissance contre 30% dans le cas des chalumeaux à diamètre standard. Cette hypothèse surestime manifestement la capacité de cicatrisation de la première année. Pour obtenir un tel taux de cicatrisation, il aurait fallu que le taux de croissance de notre peuplement soit de 75% plus élevé que celui observé pendant la saison de végétation de l'été 1998. Un tel taux de croissance semble a priori irréaliste et d'autre part, si on applique au chalumeau standard un tel taux de croissance (Figure 3), on aurait du observer un taux de cicatrisation de 70%.

Cette modification de l'hypothèse devrait réduire nos attentes quant à la réduction de la zone compartimentée qui pourrait résulter d'une réduction du diamètre d'entaille. En effet, il est probable que pour toutes les entailles non complètement cicatrisées au cours de la première année, cette zone continuera à prendre de l'expansion. Cette observation renforce encore les mises en garde déjà faite en regard du sur-entaillement que certains seraient tentés de préconiser comme corollaire à l'utilisation du chalumeau à diamètre réduit.



Bibliographie

- Allard, G. B., G. Boudreault, et J.P. Renaud. Modèle de simulation du rendement d'une entaille en fonction de différents paramètres physiques et physiologiques associés à l'entailage, Colloque « Les stress et la productivité de l'érable : de l'arbre au peuplement », St-Hyacinthe, 11,12 et 13 novembre 1997.
- Baker, C.J. et E.W. Orlandi. 1995. Active oxygen in plant pathogenesis. *Annu. Rev. Phytopathol.* 33: 299-321.
- Blais, G., Y. Philibert, J.P. Robert, M. Roy, S. Vézina et D. Walsh. 1995. Zone d'accroissement en diamètre par essence au Québec. Comité sur le manuel d'aménagement du domaine des forêts privées. Fédération des producteurs de bois du Québec et Min. Ress. Nat. Du Québec. 17 p.
- Blum, B.M. 1973. Relation of sap and sugar yields to physical characteristics of sugar maple trees. *For. Sci.* 19: 175-179.
- Boddy, L. 1992. Microenvironmental aspects of xylem defenses to wood decay fungi. Dans: RA Blanchette et AR Biggs (Eds) *Defense mechanisms of woody plants against fungi*. Springer-Verlag. Pp. 96-131.
- Boudreault G., M. Cartier, J.P. Renaud et G.B. Allard. 1994. L'érable: nos mythes... et la réalité. Séminaire du STA, St-Norbert, Octobre 1994.
- Canny, M.J. 1995. Apoplastic water and solute movement: new rules for an old space. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 46: 215-236.
- CPVQ. 1984. Érablière. Entailage des érables. MAPAQ. ISBN: 2-550-10331-9. 8p.
- Gibbs, C.B. et H.C. Smith. 1973. Cambial dieback and taphole closure in sugar maple after tapping. *USDA For. Serv. Res. Note NE-155*. 4p.
- Houston, D.R. 1995. Effects of paraformaldehyde on sugar maples tapped for sap. II. Temporal development of discoloration and decay. *Amer. Phytopathol. Soc. Québec*. (Abstract)
- Houston, D.R., D.C. Allen et D. Lachance. 1990. Sugarbush management: a guide to maintaining tree health. *USDA For. Serv. Gen. Tech. Rep. NE-129*, Radnor PA. 55p.
- Kriebel, H.B. 1990. Genetic improvement of sugar maple for high sap sugar content. II. Relative effectiveness of maternal and biparental selection. *Can. J. For. Res.* 20: 837-844.
- Laing, F.M. et D.B. Howard. 1990. Sap sweetness consistency vs growth rates in young sugar maples. *North. J. Appl. For.* 7: 5-9.
- Majcen, Z. 1995. Résultats après 10 ans d'un essai de coupe de jardinage dans une érablière. Mémoire de recherche forestière No 122. Min. Ress. Nat. Québec. 32p.
- Majcen, Z. et Y. Richard. 1995. Coupe de jardinage dans six régions écologiques du Québec. Accroissement quinquennal en surface terrière. Mémoire de recherche forestière No 120. Min. Ress. Nat. Québec. 21p.
- Marvin, J.W. et M.T. Greene. 1959. Some factors affecting the yield from maple tapholes. *Agricultural Experiment Station, Univ. Vermont and State Agr. Coll. Burlington, VT. Bulletin 611*. 28p.
- Morrow, R.R. 1963. Influence of number and depth of tap holes on maple sap flow. *Cornell Univ. Agr. Exp. Station, Bulletin 982*. 12p.
- Morselli, M.F., J.W. Marvin et F.M. Laing. 1978. Image-analyzing computer in plant science: more and larger vascular rays in sugar maples of high sap and sugar yield. *Can. J. Bot.* 56: 983-986.
- Pothier, D. 1995. Effets des coupes d'éclaircie et des variations climatiques interannuelles sur la production et la teneur en sucre de la sève d'une érablière. *Can. J. For. Res.* 25: 1815-1820.
- Robbins P.W. 1965. Influence of taping techniques on maple sap yields. *Michigan State Univ., Agr. Exp. Station East Lansing. Res. Report -28*. 3p.
- USDA For. Serv. 1982. Sugar maple research: sap production, processing and marketing of maple syrup. *Northeastern For. Exp. Stat. Gen. Tech. Rep. NE-72*. 109p.

- Shain, L. et J.B. Miller. 1988. Ethylene production by excised sapwood of clonal eastern cottonwood and the compartmentalization and closure of seasonal wounds. *Phytopathology* 78: 1261-1265.
- Sharon, E.M. 1973. Some histological features of *Acer saccharum* wood formed after wounding. *Can. J. For. Res.* 3: 83-89.
- Shigo, A.L. 1984. Compartmentation: a conceptual framework for understanding how trees grow and defend themselves. *Annual Review of Phytopathology*. 22: 189-214.
- Shortle, W.C., K.T. Smith 1990. Decay column boundary layer formation in maple. *Biodeterioration Research* 3: 377-389.
- Smith, H.C. 1971. Tapping near old tapholes in sugar maple trees. *USDA For. Serv. Res. Note NE-126*. 3p.
- Tucker, G.F. 1990. Crown architecture and xylem-borne sucrose production in stand-grown sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) of the Adirondack mountains. Thèse de Ph.D., Université Cornell, N.Y. 148p.
- Wallner, W.E. et R.A. Gregory. 1980. Relationship of sap sugar concentrations in sugar maple to ray tissue and parenchyma flecks caused by *Phytobia setosa*. *Can. J. For. Res.* 10: 312-315.
- Walters, R.S. et A.L. Shigo 1978. Discoloration and decay associated with paraformaldehyde-treated tapholes in sugar maple. *Can. J. For. Res.* 8: 54-60.
- Walters, R.S. et A.L. Shigo. 1978b. Tapholes in sugar maples: what happens in the tree. *NE For. Serv. General Technical Report NE-47*. 12p.
- Wargo, P. 1977. Wound closure in sugar maple: adverse effects of defoliation. *Can. J. For. Res.* 7: 410-414.



Annexe A

Tableau A1. Mesures de la distance entre les bourrelets cicatriciels et calcul du taux de cicatrisation, saison 1998

Traitement = P20									Traitement = S20								
Collecteur #4			Collecteur #8			Collecteur #12			Collecteur #2			Collecteur #6			Collecteur #10		
M(mm)	Angle	%Cicatr.	M(mm)	Angle	%Cicatr.	M(mm)	Angle	%Cicatr.	M(mm)	Angle	%Cicatr.	M(mm)	Angle	%Cicatr.	M(mm)	Angle	%Cicatr.
0	180,0	100,0%	6	68,5	8,4%	7	53,4	4,1%	11,5	0,0	0,0%	10	54,8	4,4%	6,8	101,1	24,9%
5,4	87,9	17,0%	5,5	85,7	15,9%	6,9	46,1	2,7%	13,4	0,0	0,0%	9,5	54,8	4,4%	8,6	73,0	10,1%
5,4	87,9	17,0%	4,8	100,4	24,5%	4,6	104,3	27,1%	12,4	0,0	0,0%	10,0	41,7	2,0%	6,7	102,5	25,8%
5,5	85,7	15,9%	7,2	32,5	1,0%	3,1	131,2	48,9%	11,2	0,0	0,0%	9,4	57,1	5,0%	7,2	95,4	21,3%
3,5	124,4	42,8%	6,3	65,7	7,5%	6,9	46,1	2,7%	11,3	0,0	0,0%	11,0	0,0	0,0%	7,5	91,0	18,7%
4,1	113,7	34,0%	6,2	68,5	8,4%	6,4	62,8	6,6%	6,0	111,8	32,5%	10,3	31,4	0,9%	10,6	15,7	0,1%
4,5	106,3	28,5%	6,4	62,8	6,6%	5,8	78,7	12,5%	7,5	91,0	18,7%	8,4	76,5	11,6%	6,9	99,7	24,0%
5,2	92,2	19,4%	6,8	49,9	3,4%	6,4	62,8	6,6%	9	65,5	7,4%	8,4	76,5	11,6%	10,4	27,2	0,6%
4,5	106,3	28,5%	2,3	144,3	61,6%	6,2	68,5	8,4%	9,3	59,3	5,6%	10,7	0,0	0,0%	8,9	67,4	8,1%
3,5	124,4	42,8%	1,4	158,5	76,4%	3,6	122,6	41,3%	9,4	57,1	5,0%	8,1	81,6	13,8%	9,2	61,4	6,2%
5,5	85,7	15,9%	7,2	32,5	1,0%	6,4	62,8	6,6%	6,8	101,1	24,9%	10	41,7	2,0%	9,2	61,4	6,2%
4,3	110,0	31,2%	5,4	87,9	17,0%	6,1	71,2	9,4%	6,3	107,9	29,6%	10,2	35,2	1,2%	7,0	98,3	23,1%
4,4	108,2	29,8%	4,8	100,4	24,5%	4,8	100,4	24,5%	11,5	0,0	0,0%	8,5	74,8	10,8%	7,6	89,5	17,9%
4,7	102,4	25,8%	4,7	102,4	25,8%	1	164,7	83,1%	10,9	0,0	0,0%	10,4	27,2	0,6%	7,3	94,0	20,4%
4,8	100,4	24,5%	6,4	62,8	6,6%	3,8	119,1	38,4%	10,4	27,2	0,6%	11,5	0,0	0,0%	9,5	54,8	4,4%
0	180,0	100,0%	6,6	56,7	4,9%	3	132,8	50,5%	7,5	91,0	18,7%	9,3	59,3	5,6%	9,2	61,4	6,2%
4,4	108,2	29,8%	2,6	139,4	56,8%	2,5	141,1	58,4%	9	65,5	7,4%	8,2	79,9	13,1%	9,4	57,1	5,0%
4,8	100,4	24,5%	4,4	108,2	29,8%	4,5	106,3	28,5%	9,3	59,3	5,6%	8,2	79,9	13,1%	10,3	31,4	0,9%
5,1	94,3	20,7%	6,4	62,8	6,6%	2,7	137,8	55,2%	9,4	57,1	5,0%	9,5	54,8	4,4%	10,6	15,7	0,1%
6,1	71,2	9,4%	4,9	98,4	23,2%	4,3	110,0	31,2%	6,8	101,1	24,9%	7,5	91,0	18,7%	7,3	94,0	20,4%
5,2	92,2	19,4%	6,4	62,8	6,6%	1,2	161,6	79,7%	6,3	107,9	29,6%	13,2	0,0	0,0%	9,0	65,5	7,4%
4,1	113,7	34,0%	6,5	59,9	5,7%	5,2	92,2	19,4%	11,5	0,0	0,0%	7,1	96,9	22,2%	8,9	67,4	8,1%
3,2	129,5	47,4%	6	73,7	10,4%	3,2	129,5	47,4%	10,5	22,2	0,3%	9,2	61,4	6,2%	9,3	59,3	5,6%
3,3	127,8	45,8%	7,2	32,5	1,0%	3,9	117,3	36,9%	13	0,0	0,0%	9,1	63,5	6,8%	9,4	57,1	5,0%
1,5	156,9	74,7%	5	96,4	21,9%	2,2	145,9	63,2%	10	41,7	2,0%	8	83,2	14,6%	7,5	91,0	18,7%
5	96,4	21,9%	6	73,7	10,4%	3	132,8	50,5%	10,2	35,2	1,2%	11	0,0	0,0%	7,8	86,4	16,2%
4,1	113,7	34,0%	6	73,7	10,4%	3,8	119,1	38,4%	8	83,2	14,6%	9,4	57,1	5,0%	11,2	0,0	0,0%
4,4	108,2	29,8%	5,5	85,7	15,9%	3,2	129,5	47,4%	7,3	94,0	20,4%	9,2	61,4	6,2%	9,0	65,5	7,4%
5,8	78,7	12,5%	5,5	85,7	15,9%	5,5	85,7	15,9%	9,2	61,4	6,2%	10	41,7	2,0%	8,0	83,2	14,6%
2,3	144,3	61,6%	4,4	108,2	29,8%	4,2	111,9	32,6%	10,4	27,2	0,6%	8,6	73,0	10,1%	9,6	52,4	3,9%
6	73,7	10,4%	4,7	102,4	25,8%	1,9	150,7	68,1%	10,6	15,7	0,1%	10	41,7	2,0%	10,9	0,0	0,0%
4,2	111,9	32,6%	6,9	46,1	2,7%	2,7	137,8	55,2%	8	83,2	14,6%	9,2	61,4	6,2%	7,9	84,8	15,4%
6,4	62,8	6,6%	5,8	78,7	12,5%	4,7	102,4	25,8%	9,8	47,3	2,9%	11	0,0	0,0%	8,2	79,9	13,1%
7	42,1	2,0%	6,3	65,7	7,5%	4,5	106,3	28,5%	8	83,2	14,6%	10	41,7	2,0%	10,3	31,4	0,9%
1,1	163,1	81,4%	7,2	32,5	1,0%	5,7	81,1	13,6%	9,2	61,4	6,2%	9,2	61,4	6,2%	8,4	76,5	11,6%
0	180,0	100,0%	7,6	0,0	0,0%	5,5	85,7	15,9%	11,7	0,0	0,0%	8,4	76,5	11,6%	7,4	92,5	19,6%
2,8	136,2	53,6%	4,4	108,2	29,8%	4,5	106,3	28,5%	9,1	63,5	6,8%	10	41,7	2,0%	7,4	92,5	19,6%
3,6	122,6	41,3%	3,6	122,6	41,3%	2,5	141,1	58,4%	9,3	59,3	5,6%	7	98,3	23,1%	10,2	35,2	1,2%
3	132,8	50,5%	6	73,7	10,4%	0	180,0	100,0%	10,9	0,0	0,0%	9	65,5	7,4%	8,5	74,8	10,8%
5,7	81,1	13,6%	4,9	98,4	23,2%	0	180,0	100,0%	10	41,7	2,0%	12	0,0	0,0%	5,5	118,1	37,6%
0	180,0	100,0%	4,8	100,4	24,5%	6,5	59,9	5,7%	10,5	22,2	0,3%	8,8	69,3	8,7%	6,9	99,7	24,0%
0	180,0	100,0%	5,3	90,1	18,2%	4,2	111,9	32,6%	8,4	76,5	11,6%	9,6	52,4	3,9%	6,2	109,2	30,6%

Tableau A1. Mesures de la distance entre les bourrelets cicatriciels et calcul du taux de cicatrisation, saison 1998

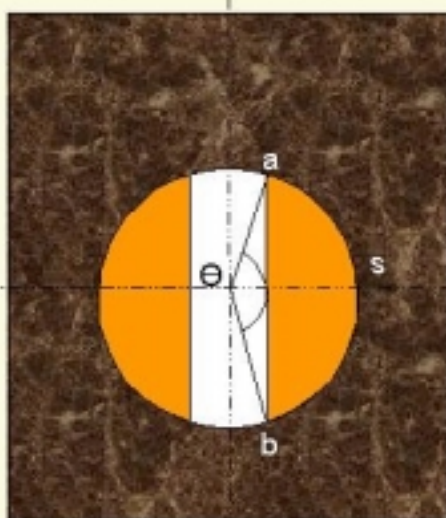
Traitement = P20									Traitement = S20								
Collecteur #4			Collecteur #8			Collecteur #12			Collecteur #2			Collecteur #6			Collecteur #10		
M(mm)	Angle	%Cicatr.	M(mm)	Angle	%Cicatr.	M(mm)	Angle	%Cicatr.	M(mm)	Angle	%Cicatr.	M(mm)	Angle	%Cicatr.	M(mm)	Angle	%Cicatr.
4,5	106,3	28,5%	4,8	100,4	24,5%	4,5	106,3	28,5%	9,5	54,8	4,4%	11,1	0,0	0,0%	7,8	86,4	16,2%
6,4	62,8	6,6%	6,3	65,7	7,5%	2	149,1	66,5%	10,2	35,2	1,2%	9,8	47,3	2,9%	10,5	22,2	0,3%
3,4	126,1	44,3%	4,9	98,4	23,2%	3,6	122,6	41,3%	8,5	74,8	10,8%	10,6	15,7	0,1%	8,0	83,2	14,6%
2,8	136,2	53,6%	4,2	111,9	32,6%	3,8	119,1	38,4%	8	83,2	14,6%	9,3	59,3	5,6%	9,5	54,8	4,4%
5,3	90,1	18,2%	4,7	102,4	25,8%	3,8	119,1	38,4%	9,3	59,3	5,6%	9,4	57,1	5,0%	6,0	111,8	32,5%
6,1	71,2	9,4%	6,3	65,7	7,5%	4	115,5	35,5%	8,3	78,3	12,3%	10	41,7	2,0%	10,4	27,2	0,6%
0	180,0	100,0%	3,8	119,1	38,4%	3,8	119,1	38,4%	9,9	44,6	2,4%	8	83,2	14,6%	9,5	54,8	4,4%
4,4	108,2	29,8%	5,2	92,2	19,4%	4	115,5	35,5%	11,3	0,0	0,0%	9,2	61,4	6,2%	8,9	67,4	8,1%
3	132,8	50,5%	4,8	100,4	24,5%	0	180,0	100,0%	8,2	79,9	13,1%	9,6	52,4	3,9%	10,0	41,7	2,0%
3,8	119,1	38,4%	1,5	156,9	74,7%	3,9	117,3	36,9%	9,2	61,4	6,2%	8,2	79,9	13,1%	9,5	54,8	4,4%
6,2	68,5	8,4%	5,2	92,2	19,4%	4,4	108,2	29,8%	10,3	31,4	0,9%	10	41,7	2,0%	9,7	49,9	3,4%
5,9	76,2	11,4%	6,4	62,8	6,6%	0	180,0	100,0%	8,3	78,3	12,3%	10,2	35,2	1,2%	9,2	61,4	6,2%
4,9	98,4	23,2%	7,2	32,5	1,0%	3,9	117,3	36,9%	8,5	74,8	10,8%	6	111,8	32,5%	10,0	41,7	2,0%
4,8	100,4	24,5%	5,7	81,1	13,6%	3	132,8	50,5%	8,7	71,2	9,4%	9,4	57,1	5,0%	9,8	47,3	2,9%
5,4	87,9	17,0%	5,3	90,1	18,2%	3	132,8	50,5%	9,1	63,5	6,8%	9,2	61,4	6,2%	8,9	67,4	8,1%
5,4	87,9	17,0%	4,7	102,4	25,8%	2,3	144,3	61,6%	10,4	27,2	0,6%	10,2	35,2	1,2%	11,0	0,0	0,0%
3,2	129,5	47,4%	4,6	104,3	27,1%	3,9	117,3	36,9%	9,2	61,4	6,2%	11	0,0	0,0%	9,5	54,8	4,4%
3,8	119,1	38,4%	2,4	142,7	60,0%	3	132,8	50,5%	8,1	81,6	13,8%	5,8	114,4	34,5%	10,9	0,0	0,0%
4,8	100,4	24,5%	3,2	129,5	47,4%	4,6	104,3	27,1%	9,5	54,8	4,4%	10	41,7	2,0%	8,2	79,9	13,1%
3,8	119,1	38,4%	5,1	94,3	20,7%	4,7	102,4	25,8%	9,2	61,4	6,2%	12	0,0	0,0%	9,9	44,6	2,4%
2,8	136,2	53,6%	5,3	90,1	18,2%	4,2	111,9	32,6%	10,4	27,2	0,6%	9,3	59,3	5,6%	9,5	54,8	4,4%
1,2	161,6	79,7%	4,7	102,4	25,8%	3,5	124,4	42,8%	10,6	15,7	0,1%	8,7	71,2	9,4%	10,3	31,4	0,9%
5,3	90,1	18,2%	2,8	136,2	53,6%	4,7	102,4	25,8%	10,7	0,0	0,0%	8,7	71,2	9,4%	10,7	0,0	0,0%
4,4	108,2	29,8%	5,6	83,4	14,7%	3,8	119,1	38,4%	8,6	73,0	10,1%	10,4	27,2	0,6%			
3,9	117,3	36,9%	5	96,4	21,9%	3,6	122,6	41,3%	10,4	27,2	0,6%	11	0,0	0,0%			
6,2	68,5	8,4%	6,4	62,8	6,6%	4,5	106,3	28,5%	10,7	0,0	0,0%	8,3	78,3	12,3%			
6,4	62,8	6,6%	5,5	85,7	15,9%	3,5	124,4	42,8%	7,2	95,4	21,3%	9	65,5	7,4%			
3,8	119,1	38,4%	4,8	100,4	24,5%	3,4	126,1	44,3%	12,4	0,0	0,0%	9,3	59,3	5,6%			
4,2	111,9	32,6%	1	164,7	83,1%	3,8	119,1	38,4%	10,4	27,2	0,6%	8,4	76,5	11,6%			
3,2	129,5	47,4%	5,2	92,2	19,4%	6,1	71,2	9,4%	9,8	47,3	2,9%	7,6	89,5	17,9%			
4,1	113,7	34,0%	4,5	106,3	28,5%	6,8	49,9	3,4%	8,8	69,3	8,7%	8,6	73,0	10,1%			
5,9	76,2	11,4%	5,3	90,1	18,2%	1,5	156,9	74,7%	10,4	27,2	0,6%	9	65,5	7,4%			
3,8	119,1	38,4%	6,7	53,4	4,1%	3,6	122,6	41,3%	9,1	63,5	6,8%						
2,4	142,7	60,0%	4,7	102,4	25,8%	0	180,0	100,0%	10,4	27,2	0,6%						
3,7	120,9	39,8%				2,5	141,1	58,4%	9,6	52,4	3,9%						
5,4	87,9	17,0%				4,5	106,3	28,5%	9,4	57,1	5,0%						
3,5	124,4	42,8%				1,7	153,8	71,4%	10,7	0,0	0,0%						
2,5	141,1	58,4%				2,6	139,4	56,8%	10,9	0,0	0,0%						
3,6	122,6	41,3%				4,7	102,4	25,8%	10,9	0,0	0,0%						
4,3	110,0	31,2%				4,5	106,3	28,5%									
1,6	155,4	73,0%				3,8	119,1	38,4%									

Tableau A1. Mesures de la distance entre les bourrelets cicatriciels et calcul du taux de cicatrisation, saison 1998
(...Suite)

Traitement = P20									Traitement = S20								
Collecteur #4			Collecteur #8			Collecteur #12			Collecteur #2			Collecteur #6			Collecteur #10		
M(mm)	Angle	%Cicatr.	M(mm)	Angle	%Cicatr.	M(mm)	Angle	%Cicatr.	M(mm)	Angle	%Cicatr.	M(mm)	Angle	%Cicatr.	M(mm)	Angle	%Cicatr.
3,5	124,4	42,8%				4,5	106,3	28,5%									
4,2	111,9	32,6%				4,6	104,3	27,1%									
						5,2	92,2	19,4%									
						4,5	106,3	28,5%									
						4,7	102,4	25,8%									
						4,6	104,3	27,1%									
						6,6	56,7	4,9%									
						5,8	78,7	12,5%									
						5,3	90,1	18,2%									
						1,8	152,2	69,7%									
						4,6	104,3	27,1%									
						4,4	108,2	29,8%									
						4,2	111,9	32,6%									
						4,5	106,3	28,5%									
						3,5	124,4	42,8%									
Moyenne		36,9%		21,2%			38,1%			6,5%			6,8%			10,0%	
cart moyen		18,1%		12,8%			18,2%			6,0%			5,2%			7,8%	
Moyenne				32,7%									7,7%				
cart moyen				23,4%									8,2%				



Illustration des relations mathématiques utilisées pour calculer le pourcentage de cicatrisation des blessures d'entaille



Équation 1

$$S_1 = R^2 \times (\theta - \sin(\theta))$$

Équation 2

$$\theta = 2 \times \arccos(M / D_{Ent})$$

Équation 3

$$\%Cicatriss. = (4 \times S_1) / (\pi \times D_{Ent}^2)$$

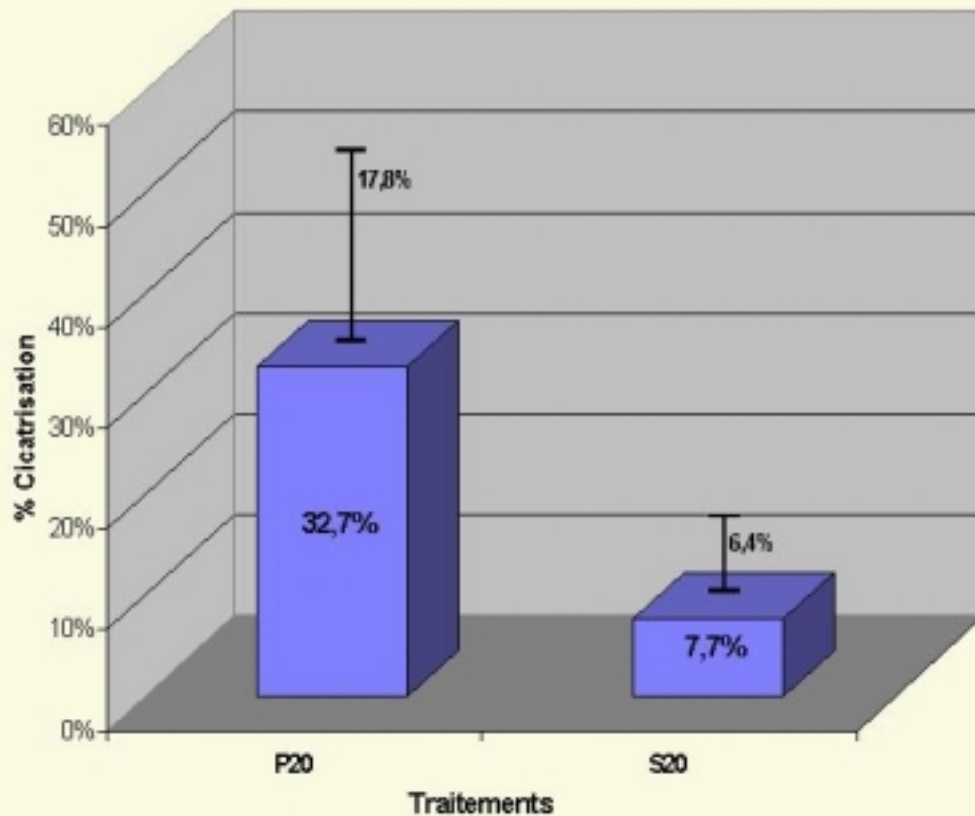
Équation 4

$$\%Cicatriss. = (\theta - \sin(\theta)) / \pi$$



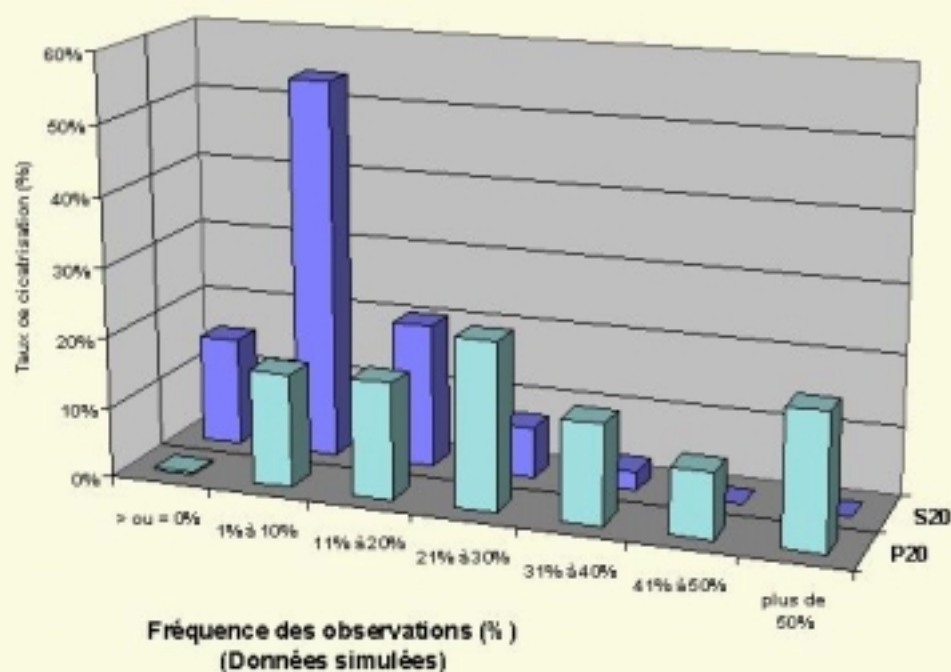
Centre de recherche et de transfert technologique en
acériculture (Centre ACER) Inc.

Illustration du taux moyen de cicatrisation pour chaque traitement après un ans de croissance



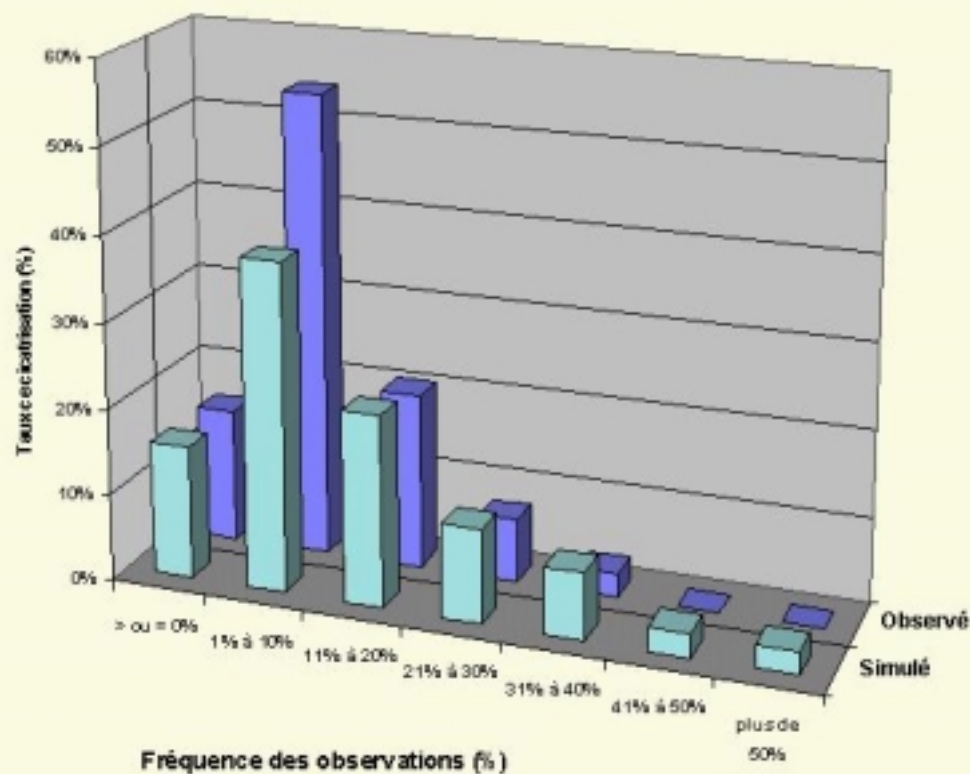
Centre de recherche et de transfert technologique en
acériculture (Centre ACER) Inc.

Classes de taux de cicatrisation pour chaque traitement: distribution de fréquence



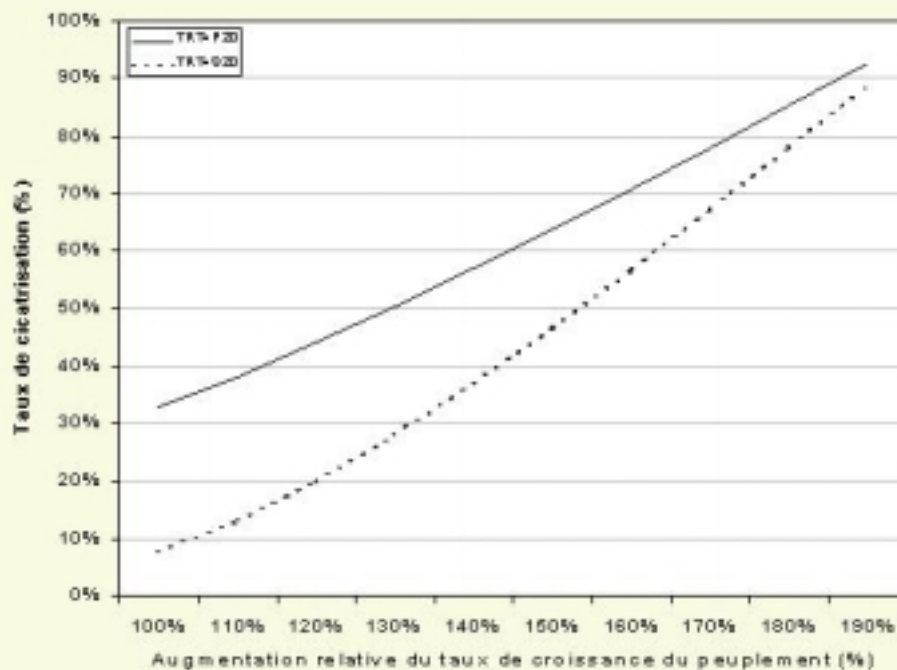
Centre de recherche et de transfert technologique en
acériculture (Centre ACER) Inc.

Effet de la réduction du diamètre d'entaillage appliquée aux données mesurées sur le dispositif S-20



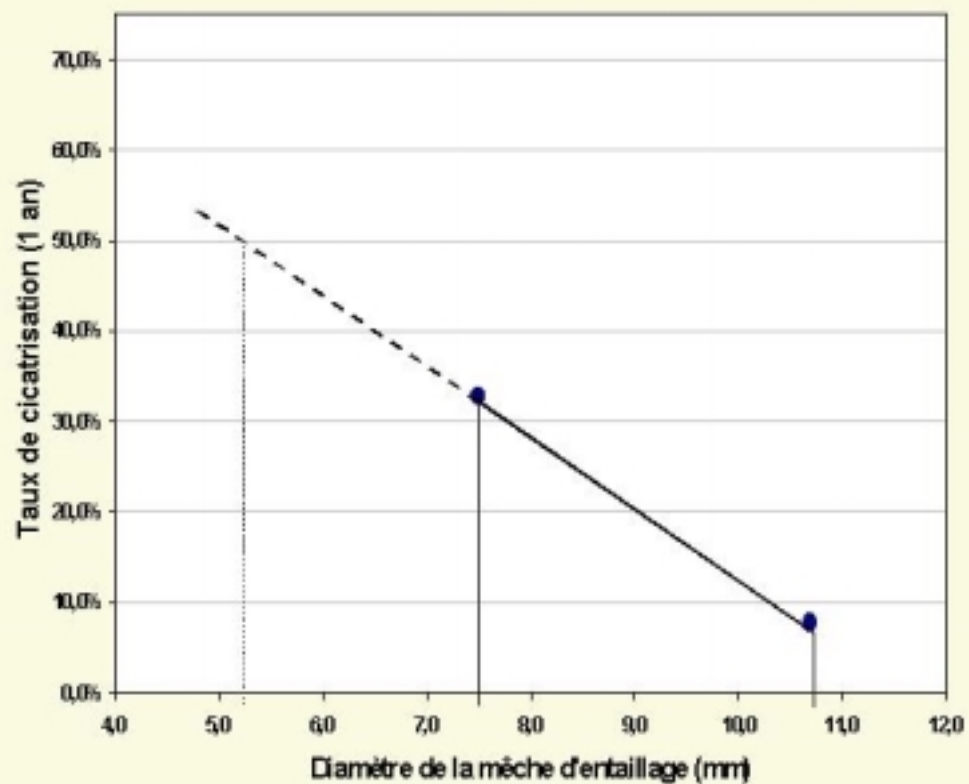
Centre de recherche et de transfert technologique en
acériculture (Centre ACER) Inc.

Illustration de l'effet d'une augmentation du taux de croissance annuel du peuplement sur le taux moyen de cicatrisation des blessures d'entailles



Centre de recherche et de transfert technologique en
acériculture (Centre ACER) Inc.

Relation entre le taux de cicatrisation et le diamètre de la mèche d'entaillage



Centre de recherche et de transfert technologique en
acériculture (Centre ACER) Inc.