



Avant-propos

ORCHARD DESIGN AND SPACING



Guelph

This maple orchard, located at the University of Guelph, Kemptville Campus, was established with a 6.5 m x 6.5 m spacing.



Saints-Anges

Notre-Dame-du-Bon-Conseil

Lambton

Laurierville

Avant-propos



Figure 2. L'érablière de 27 ans (plantée en 1934) au temps des sucres.

Réf. : Scott et Chamberland, 1962.



Figure 9. On rafraîchit à la peinture blanche la marque indiquant la hauteur précise à laquelle s'effectue la mesure de la circonference. Gilles Gagnon.



Figure 11. Mesure de la coulée d'eau d'érable. Mme Thérèse C. Chamberland et l'un des auteurs E. Chamberland.

- Avril 1960 -

Québec ■ ■ ■



OBJECTIFS

- Vulgariser certaines notions relatives à l'érable, aux érablières et à leur environnement/écosystème dans un contexte de plantation d'érables
- Présenter quelques résultats d'études réalisées entre 1940 et 2018 en lien avec ce sujet
- Présenter quelques éléments à prendre en considération lors de la réalisation de plantation d'érables



Plan de présentation

Avant-Propos

1. Érables, croiss., cime, houppier et feuilles

2. Système racinaire

3. Espèces compagnes

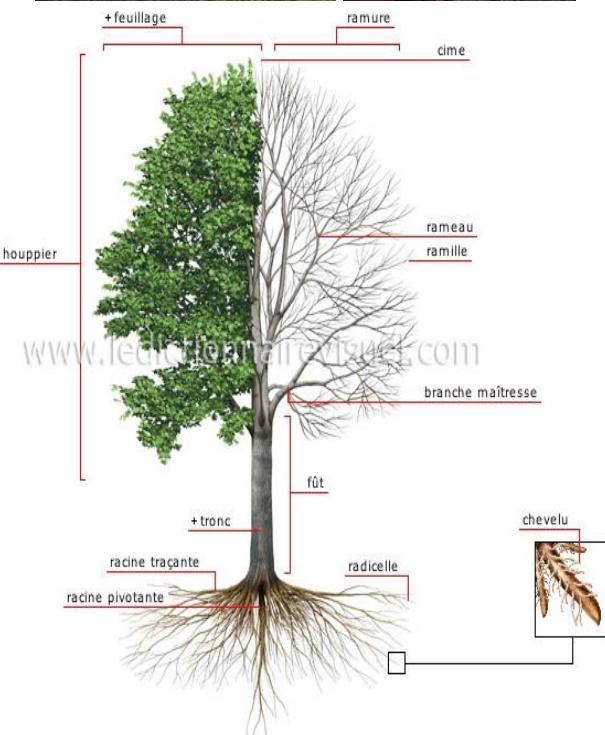
4. Insectes/maladies

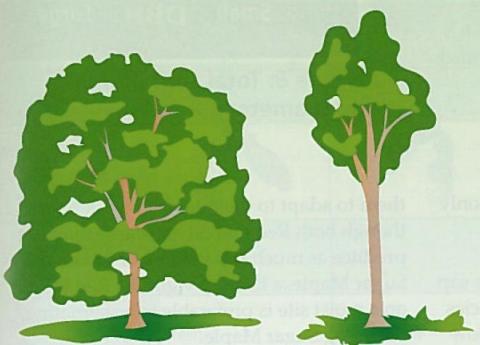
5. Plantation en pleine lumière

6. Plantation en sous-bois

7. Création d'érablières résilientes

Conclusion





Plantation d'érables

L'érable et son environnement : ce que la science nous apprend

**1. Érables, croissance, cime,
houppier, feuilles**



1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

✓ Érables entaillables

Table 3: Characteristics of Commonly Tapped Maple Trees

	Sugar Maple	Black Maple	Red Maple	Silver Maple
Leaf profile				
Seed profile				
Tree longevity (years)	300	200	80	130
Soil moisture preference	fresh	fresh-moist	moist	wet
Soil nutrient preference	high	high	medium	very high
Tolerance to flooding	low	low	medium	high
Preferred seedbed	leaf litter	leaf litter	leaf litter	leaf litter
Shade tolerance	very tolerant	very tolerant	tolerant	intolerant
Response to release	very high	very high	very high	high
Age of first seed crop	22–30 years	unknown	4 years	11 years
Seed crop	3–7 years	4 years	1–2 years	1 year
Seed dispersal method	wind 100 m	wind 100 m	wind 100 m	wind 200 m
Seed dispersal period	June – Sept.	Sept. – Oct.	June – July	April – June

1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

✓ Érable à sucre vs érable rouge (plaine)

Érable à sucre (ERS)

Acer saccharum / Érable franc / Sugar maple

Développement

Tolérance perchis et +	Tolérant	LARGEUR DE CIME
Tolérance gaulis et -	Tolérant	Large
Longévité	300 à 400 ans	
Ø maximal	90 cm et +	
Hauteur maximale	25 à 35 m	
Branches adventives	Peu	
Système racinaire	Latéral profond	
Résistance au chablis	Modérée	
Résistance verglas-neige	Modérée	
Croissance	Lente	
Hauteur	25 cm/an	
Ø	3 mm/an	
Trait particulier	Feuilles orangées à l'automne; sinus et lobe complet à la base de la feuille	



Mode de reproduction

Semences	Bonne année	3 à 7 ans
Dispersion	Juin à septembre	
Distance	100 m avec vent	
Viabilité au sol	1 an	
Rejets de souche	Vigoureux et diminuant en nombre avec la grosseur de la souche mère	

Germination

Conditions	Ombrage moyen
Lit	Mélange de matière organique et sol minéral, bois en décomposition

Conditions de croissance

Rotation suggérée	150 ans
Topographie et position	Boisés rocheux et montueux sur pentes douces. Terrains frais, riches et moyennement profonds
pH optimal	5 à 7,3
Densité finale	100 à 150 t/ha

Remarque : Le pH des feuilles est près de 4 et accélère l'acidification en monoculture. Saménage en structure pluritéagiée et régulière. Tolère mal la présence de graminées. Régénération insuffisante si moins de 5000 semis/ha de 50 cm et + et moins de 2,5 cm de Ø. Le châtaignier le favorise au détriment du HEG.

Régime de perturbation Mort individuelle, chablis

Traitements recommandés : CPAU, ECF, CJ, CJT, CPJ, CPIU, CPIT, CPIB

SECTION 9 – FICHES ÉCOLOGIQUES DES ESPÈCES

ERS	Drainages (consulter l'annexe 3)						
	0 Excessif	1 Rapide	2 Bon	3 Modéré	4 Imparfait	5 Mauvais	6 Très mauvais
Fines (sols argileux)	A-Lo						
A							
A-Li							
A-S							
Moyennes (sols loameux)	L-Li-A						
L-A							
L-S-A							
L!							
L-Li							
L							
Grossières (sols sablonneux)	L-S						
S-L							
S							
Sols minces							



Sinus et lobes présents à la base de la feuille



Feuille



Écorce

Bourgeon

Fiches écologiques



1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

✓ Érable à sucre vs érable rouge (plaine)

Érable rouge (ERR)

Acer rubrum / Plaine rouge / Red maple

Développement

Tolérance perchis et +	Tolérant	Largeur de cime Moyenne
Tolérance gaulis et -	Tolérant	
Longévité	80 à 150 ans	
Ø maximal	60 cm	
Hauteur maximale	18 à 27 m	
Branches adventives	Beaucoup à la base	
Système racinaire	Latéral moyennement profond	
Résistance verglas-neige	Moyenne	
Croissance	Moyenne	
Hauteur	30 à 60 cm/an	
Ø	4 mm/an et +	
Trait particulier	Coloration automnale rouge	



ACFE

Mode de reproduction

Semences	Bonne année	1 à 2 ans
Dispersion	Mai à juillet	
Distance	200 m avec vent.	
Viabilité au sol	1 an, germe après la chute.	
Rejets de souche	Vigoureux sur les souches de 23 cm et -. Rejets plus grands sur les jeunes souches	

Germination

Conditions	Ombre partielle
Lit	Humus, mélange de matière organique et sol minéral

Conditions de croissance

Rotation suggérée	50 à 60 ans
Topographie et position	Peu de préférence, tolérant à plusieurs conditions
pH optimal	5 à 7

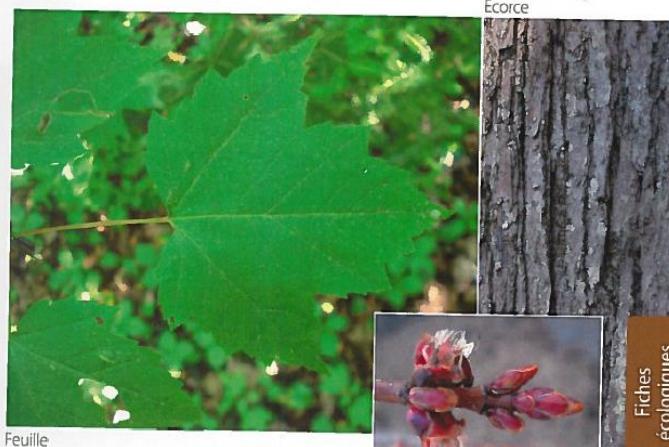
Remarque : Une banque de semis et de semence lui permet de répondre rapidement à l'ouverture du couvert. Peut coloniser les friches agricoles abandonnées. Sur les sols mieux drainés, il cède sa place à l'ERS vers 80 ans.

Régime de perturbation Mort individuelle, chablis



SECTION 9 – FICHES ECOLOGIQUES DES ESPÈCES

ERR	Drainages (consulter l'annexe 3)						
	0 Excessif	1 Rapide	2 Bon	3 Modéré	4 Imperfet	5 Mauvais	6 Très mauvais
Fines (sols argileux)	A-Lo						
	A						
	A-Li						
	A-S						
Moyennes (sols loameux)	L-Li-A						
	L-A						
	L-S-A						
	Li						
	L-Li						
Grossières (sols sablonneux)	L-S						
	S-L						
	S						
Sols minces							



Fiches écologiques

Réf. : Le guide sylvicole du Québec, 2013.



1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

✓ Érable à sucre vs érable rouge (plaine)



Érable à sucre

- L'ERS est une espèce qui peut générer et atteindre un stade climacique
 - *Climax : Stade ultime d'une succession évolutive de communautés végétales et qui présente une grande stabilité dans sa physionomie et sa composition*
- Sol frais de texture légère, sol profond ou rocailleux, pente, microsite de bosse
 - Hauteur max. en forêt : 30 mètres
 - Largeur de cime : Large
 - Rendement énerg. : 29 M BTU/Corde de 4x4x8 pi
 - Densité : 597 kg/m³
- Ombre – sol frais
- Aménagements forestiers – toujours garder de l'ombrage au sol, le sol frais,...



Érable rouge

- L'ERR est souvent une espèce compagne.... dans une érablière sucrière
- L'ERR peut également être en peuplement pur
- Érable issu de samares vs rejets de souche
- Sol généralement plus lourd
 - Hauteur max. en forêt : 26 mètres
 - Largeur de cime : Moyenne
 - Rendement énerg. : 23,8 M BTU/Corde de 4x4x8 pi
 - Densité : 516 kg/m³
- Lumière – bonne réaction aux aménagements forestiers et à l'ouverture du couvert forestier

1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

- ✓ Érable à sucre vs érable rouge (plaine)

Érable rouge et ses rejets de souche



Illustration 9 et photo 2: Choisir le rejet le plus prometteur A

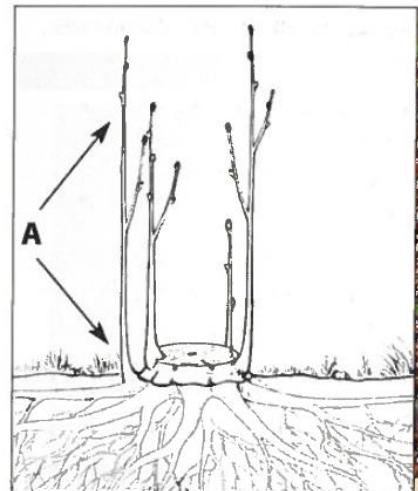


FIG. 32. Groupe de rejets formés sur une souche d'érable.

Adapté de Hubert, M. 1997. © IDF.

Réf. : Lupien, 2008.

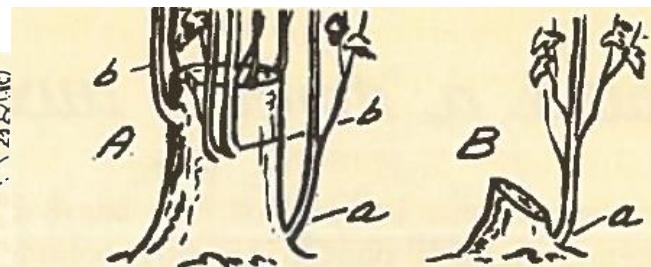
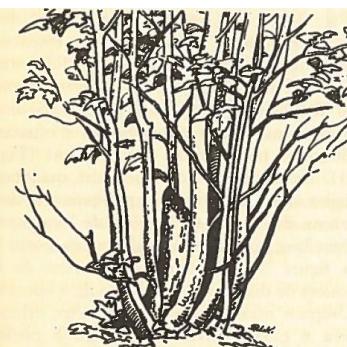
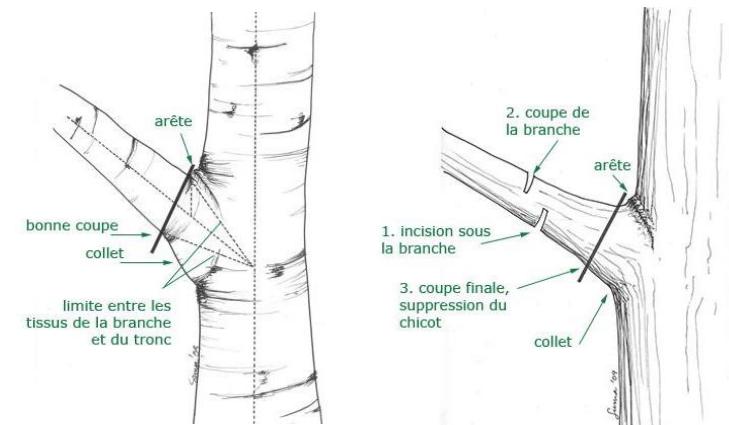
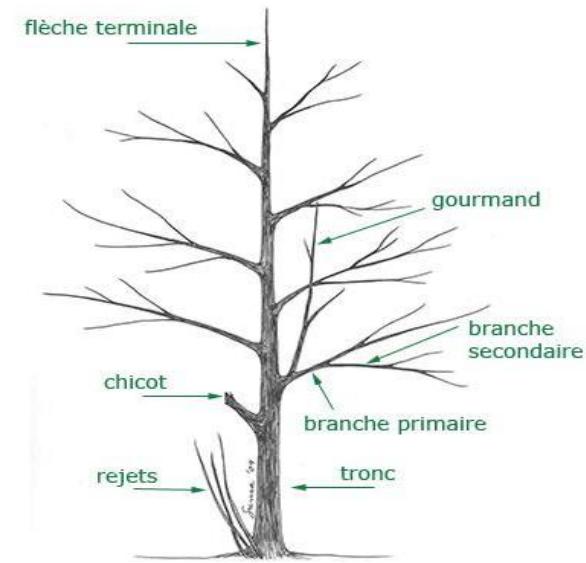
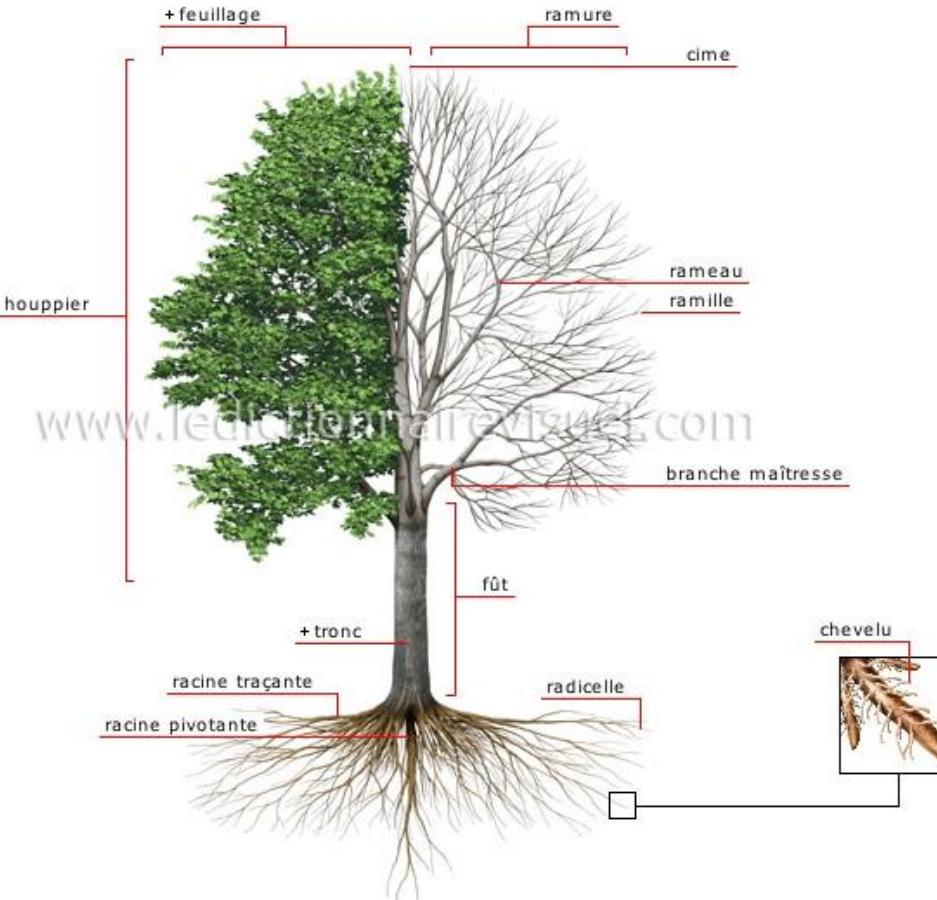


FIG. 34. A—Les rejets formés seuls et près du sol (a) sont préférables à ceux qui se forment à une certaine hauteur (b) ou qui sont joints ensemble. B—La souche d'un jeune arbre dont la découpe est unie et légèrement en pente produit les meilleurs rejets.

Réf. : IDF, 1990.

1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

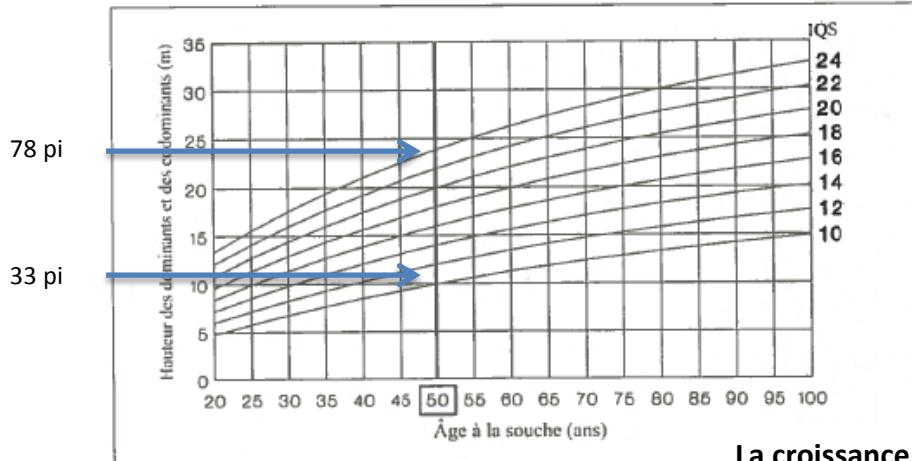
✓ L'arbre et ses composantes



1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

✓ Croissance – en hauteur

Illustration 74: Courbe IQS pour ERS



Ajouter 4 ans au DHP pour obtenir l'âge total

Adapté de Carmean et al., 1989, 1987 dans Crcha et Trottier, 1991.

Hauteur et âge : environ 1 pi/an

$$10 \text{ ans} = 10 \text{ pi}$$

$$30 \text{ ans} = 30 \text{ pi}$$

$$60 \text{ ans} = 60 \text{ pi}$$

$$100 \text{ ans} = 80-100 \text{ pi}$$

La croissance en hauteur peut varier en fonction de :

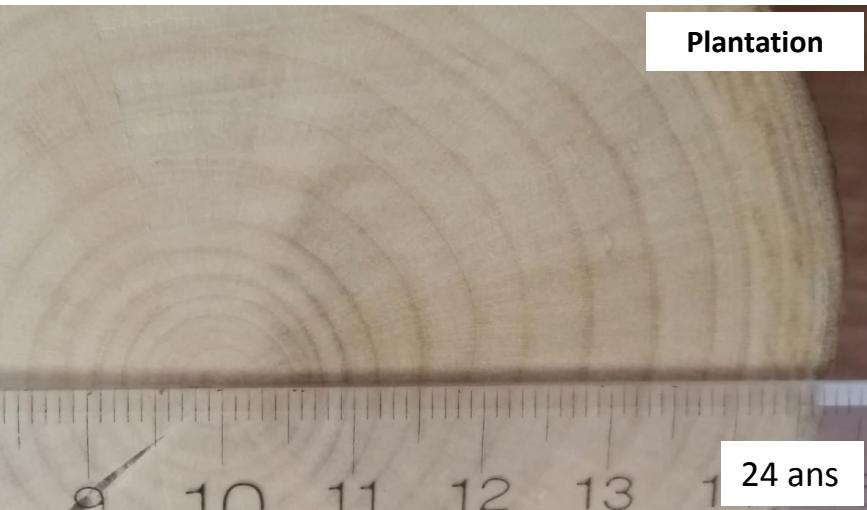
- Sol, drainage, pH, roche-mère, etc.
- Microsite (ex.: creux et bosses)
- Compétition herbacée/arbustive ou arborée
- Complémentarité des espèces
- Insectes et maladies
- Broutage
- Aménagement forestier
- Opérations humaines (ex.: orniérage dû au passage de la machinerie)
- Etc.



1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

✓ Croissance – en diamètre

Érable à sucre d'une plantation



Accroissement annuel moyen au Québec (érablière aménagée)

- Rayon (Cerne annuel) : Env. 1.5 à 2.5 mm/année
- Diamètre (non aménagé) : Env. 2.24 à 2.89 mm/année
- Diamètre (aménagé*) : Env. 5.0 à 8.0 mm/année

Érablière aménagée

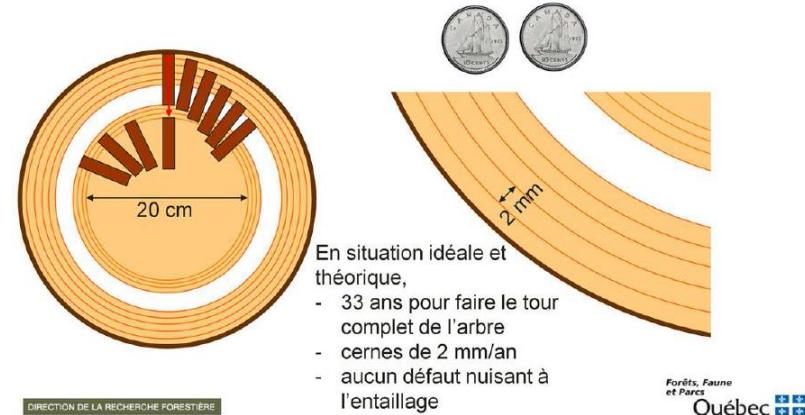
- Diamètre 20 cm (8 po) : Env. 35 ans-75 ans

Plantation (si intervention...)

- Diamètre 20 cm (8 po) : Env. 25 ans-45 ans

Note : Incluant 5 ans avant d'atteindre une hauteur d'entaille au DHP, écorce, bois juvénile, etc.

*Réf.: Vézina, 2003.



Source: Guillemette et Tremblay, 2016.

1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

✓ Croissance – indicateurs externes



AVIS DE RECHERCHE FORESTIÈRE
MAI 2018 n° 105

L'apparence de l'écorce peut-elle refléter la croissance d'un arbre ?

Martin-Michel Gauthier, ing. f., Ph. D., et François Guillemette, ing. f., M. Sc.



Territoires où les résultats s'appliquent.



Tige d'érable à sucre vigoureuse offrant un bon potentiel de croissance en diamètre



Tige d'érable à sucre dont la croissance en diamètre est faible

Réf. : Gauthier et Guillemette, 2018.

Érable à sucre (ERS)

Faible vigueur



Vigueur moyenne



Vigueur élevée



Source: OMNR 2004

DHP 16 à 18 cm



DHP 22 à 30 cm



Source: OMNR 2004

Vigueur

DHP 42 à 58 cm



Source: OMNR 2004

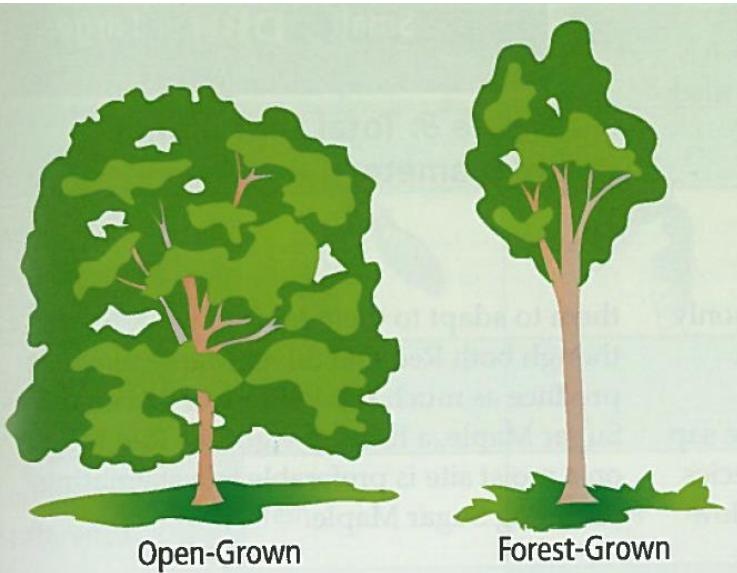
Réf. : Lupien, 2006.

Québec



1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

✓ Cime et houppier – milieu ouvert et milieu fermé



En forêt *

- Houppier représente moins de 50 % de la hauteur de l'arbre : $^{\circ}\text{Brix} = 2.25 \%$

Milieu ouvert *

- Houppier représente 75 % de la hauteur de l'arbre): $^{\circ}\text{Brix} = 3.34 \%$

Long de route *

- Houppier représente 75 % de la hauteur de l'arbre mais cime plus large:

$^{\circ}\text{Brix} = 3.72 \%$



Influence of Tree Crowns on Sap Production

Robert R. Morrow
Research Forester, Agricultural Experiment Station, Cornell University
Ithaca, New York

There is great variation in sap flow and sugar percentage, hence also sirup production, among sugar maple trees and sugar bushes. Heredity, exposure, and soil must certainly cause some of this variation. So also does the size of tree and tree crown.

It is well known that large trees with large leafy crowns usually produce more and sweeter sap than small trees with little foliage. In 1932, McIntyre (2) showed evidence from measurements of 542 trees in Pennsylvania that sap flow increased with size of crowns. Eight years later, Stevenson and Bartoo (6) reported on extensive sweetness studies in Pennsylvania, and found these results:

Forest-grown (crown length less than half tree height)-	2.25%
Open-grown (crown length averaging 75 percent of tree height)	3.34%
Roadside (crown length similar to open-grown, but often with wider crowns)-	3.72%

Réf. : Morrow, 1954.

* Note : Dans la plupart des vieilles études, il faut également considérer que les valeurs pour le $^{\circ}\text{Brix}$ de l'eau d'éryable (chaudières) sont toujours plus élevées que les valeurs pour le $^{\circ}\text{Brix}$ de l'eau d'éryable (système par tubulure).

1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

✓ Cime et houppier – santé et largeur idéale

Qu'est-ce qu'une cime bien développée et en santé?

- Une cime étagée (un bon houppier)
- Pas de mortalité en cime
- Grand nombre de feuille
- Feuille verte foncée (signifie une photosynthèse adéquate)

Largeur idéale de cime d'érable à sucre dans une érablière conventionnelle et aménagée ?

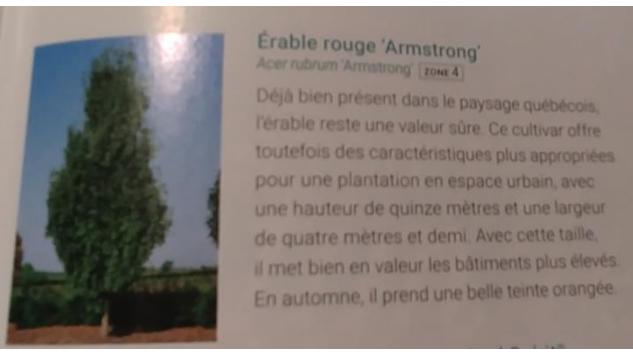
➤ Règle du pouce (empirique) « à Lapointe » : ☺

- Environ 2 x DHP (po) = Largeur (pi) (lorsque arbre « adolescent » : DHP: 2-10 po)
- Environ 1.9 x DHP (po) = Largeur (pi) (lorsque arbre adulte : DHP : 12-16 po+)

- DHP : 4 po = 8-10 pieds de large (2,75 m)
- DHP : 8 po = 16-20 pieds de large (5,5 m)
- DHP : 10 po = 20-24 pieds de large (6,7 m)
- DHP: 12 po = 22-28 pieds de large (7,6 m)
- DHP : 14 po = 24-28 pieds de large (7,9 m)
- DHP: 16 po+ = 26-32 pieds de large (8,8 m)

1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

✓ Houppier – hauteur idéale ...



Érable rouge 'Armstrong'
Acer rubrum 'Armstrong' [ZONE 4]

Déjà bien présent dans le paysage québécois, l'érythrine reste une valeur sûre. Ce cultivar offre toutefois des caractéristiques plus appropriées pour une plantation en espace urbain, avec une hauteur de quinze mètres et une largeur de quatre mètres et demi. Avec cette taille, il met bien en valeur les bâtiments plus élevés. En automne, il prend une belle teinte orangée.



Érable à sucre
"colonnaire"

Génétique,
phénotype,
stress et
facteurs
environnementaux

Érable à sucre
"Adirondack", etc.



Érable argentée

1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

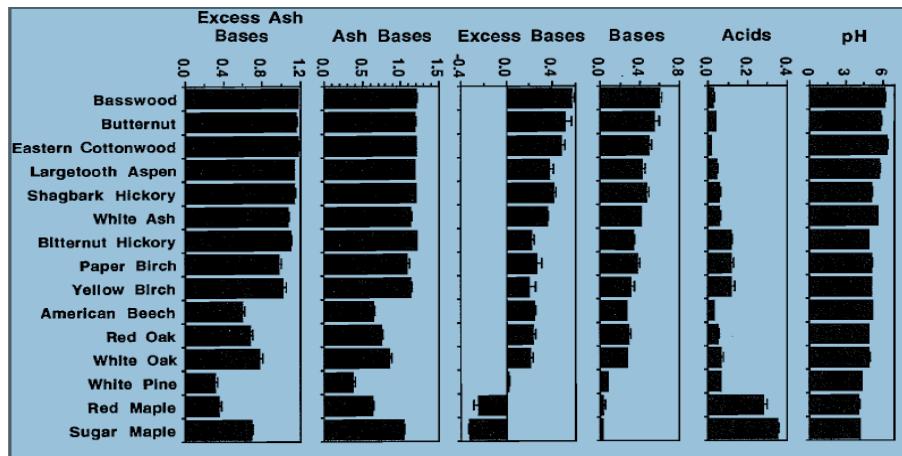
✓ Feuilles

Interprétation des résultats d'analyses foliaires

Valeurs optimums et critiques pour l'érable à sucre

Élément	Optimum (g/kg)	Critique (g/kg)
N	20.0	16.0
P	1.8	1.2
K	8.8	6.0
Ca	18.6	6.0
Mg	2.3	1.2

Source : (Anonyme 1995)



Acidité pH : 4

TABLE I. Leaf litter nutrient concentrations of tree species characteristic of the hardwood forest of southern Quebec

Species	Nutrient concentrations ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)				
	N	P	K	Ca	Mg
Basswood	11.2±0.4	1.3±0.08	7.7±0.8	33.8±0.9	4.8±0.09
Butternut	12.1±0.6	1.5±0.3	4.7±0.3	36.4±1.8	6.2±0.5
Eastern cottonwood	11.0±0.8	0.96±0.08	7.2±1.1	29.5±1.7	4.4±0.4
Large-tooth aspen	9.3±1.0	0.95±0.05	5.7±0.4	27.5±1.4	3.5±0.2
Shagbark hickory	8.6±0.3	0.91±0.05	4.5±0.7	25.9±0.5	4.8±0.2
White ash	8.6±0.7	1.6±0.2	9.6±0.1	22.5±1.1	3.3±0.2
Bitternut hickory	10.8±0.5	1.1±0.04	6.1±0.6	28.5±1.4	4.5±0.1
Paper birch	9.3±0.4	0.92±0.1	5.1±0.7	17.0±1.2	4.4±0.3
Yellow birch	7.8±0.2	1.2±0.3	3.1±0.5	18.7±1.8	5.0±0.3
American beech	7.2±0.2	0.43±0.08	1.4±0.2	9.6±0.3	2.4±0.1
Red oak	7.2±0.2	0.78±0.02	2.4±0.1	11.6±0.4	2.4±0.03
White oak	9.6±0.2	1.2±0.06	2.3±0.2	15.1±0.8	2.2±0.1
White pine	5.0±0.1	0.31±0.02	0.54±0.1	6.3±0.5	1.2±0.06
Red maple	6.5±0.5	0.60±0.1	2.4±0.5	9.8±0.4	2.1±0.04
Sugar maple	6.6±0.3	1.1±0.1	3.8±0.3	18.5±0.4	2.7±0.07

Réf. : Côté et Fyles, 1993.



1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

✓ Feuilles

Litière d'érable à sucre et rouge

- **Très haute acidité et faible concentration en azote (N)**
 - Donc décomposition de la litière et cyclage des nutriments sont lents (Côté et Fyles, 1993)
- **Tannins sont en concentration particulièrement élevés dans la litière d'érable**
 - Ce qui fait de celle-ci un substrat très hostile pour les détritivores présents dans le sol
- **Peut inhiber la minéralisation de protéines à l'état pur**
- **Disparaît moins rapidement sous son propre couvert que sous ceux des autres espèces l'accompagnant tel que le tilleul d'Amérique, le frêne blanc, le peuplier à grandes dents et le caryer cordiforme**

1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

✓ Feuilles

Litière d'autres essences d'arbre

➤ Les feuilles de tilleul

- Faible acidité et se décomposent rapidement

➤ Les feuilles de bouleaux

- Reconnues pour leurs effets d'amélioration de site (réduction de l'acidité du sol et augmentation de la disponibilité en calcium)

➤ Les feuilles de chêne rouge

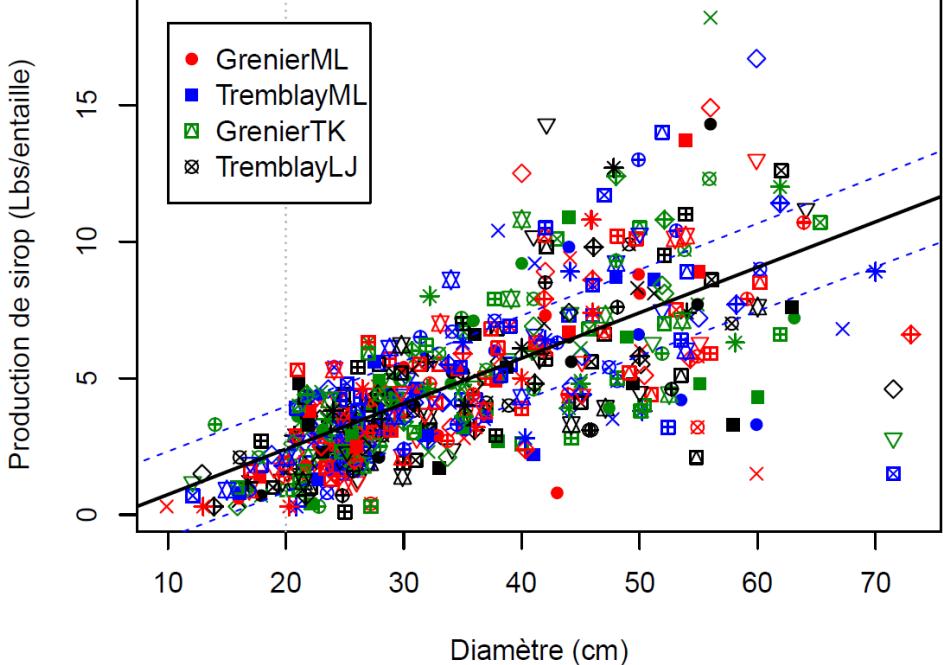
- Coriaces, ce qui a pour effet de dissuader les vers de terre

➤ Les feuilles de hêtres (et de façon moins importante que celle de l'érable)

- Pauvres en nutriments, en plus d'être coriaces

1. Érables, croissance, cime, houppier et feuilles

✓ Autres éléments d'importance



Réf. : Grenier, 2008.

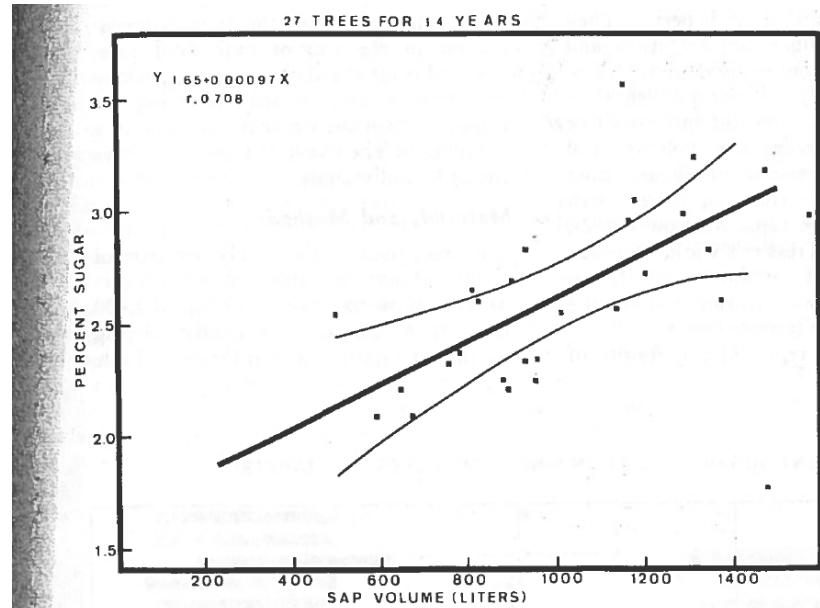
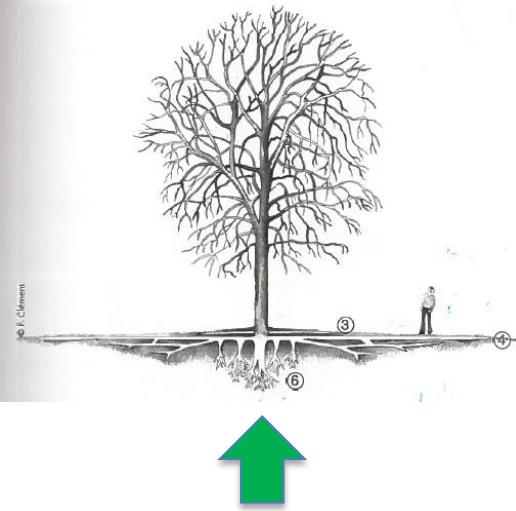


FIGURE 3. Average percent sugar concentration and total sap volume from 27 trees for 14 years with the regression line, the regression formula, the correlation coefficient and the 99 percent confidence bands for the mean percent sugar.

Réf. : Marvin, MariaFranca, Morselli et Laing, 1967.

Conditions de l'étude (taux de sucre et volume de sève)

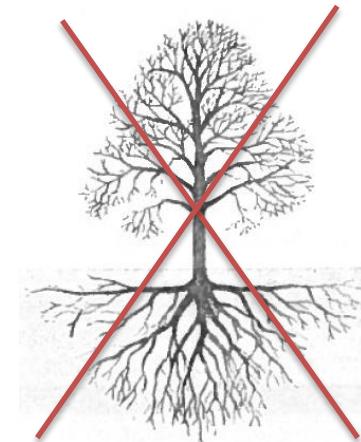
- 27 arbres étudiés pendant 14 ans
- 1 400 pi d'élévation au Centre Proctor, pente légère au Sud-Est
- DHP : 15 à 32 po
- 1/3 à 2/3 de la hauteur de l'arbre est pourvu de feuilles

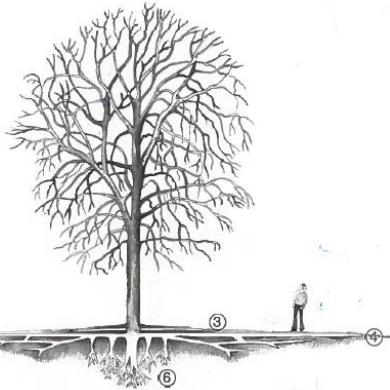


Plantation d'érables

**L'érable et son environnement :
ce que la science nous apprend**

2. Système racinaire





2. Système racinaire

✓ Configuration dans le sol

✓ En forêt ≠ au champ (ou livre)

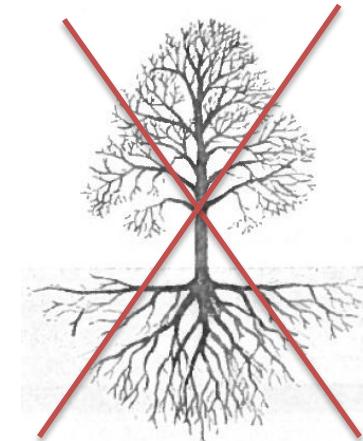


Profondeur d'enracinement dans un sol « sans compétition »...
... Enracinement idéal...

Nom commun	Profondeur des racines		Note importante
	Min. (cm)-Min. (po)	Max. (cm)-Max. (po)	
Aulne rugueux	61 cm / 24 po	ND	
Bouleau jaune	76 cm / 30 po	150 cm / 59 po	
Caraganier de Sibérie	41 cm / 16 po	ND	
Caryer cordiforme	127 cm / 50 po	300 cm / 118 po	
Chêne rouge	91 cm / 35 po	360 cm / 141 po	
Érable rouge	25 cm / 10 po	300 cm / 118 po	
Érable à sucre	102 cm / 40 po	370 cm / 146 po	
Hêtre à grandes feuilles	81 cm / 32 po	>230 cm / 91 po	
Noisetier à long bec	20 cm / 8po	60 cm / 24 po	
Ostryer de Virginie	41 cm / 16 po	ND	
Pruche du Canada	71 cm / 28 po	ND	
Tilleul d'Amérique	76 cm / 30 po	210 cm / 83 po	

Réf. : MDDELCC, 2017.

En forêt, ou dans un sol ayant de la compétition pour les ressources, la profondeur d'enracinement sera réduit au minimum.

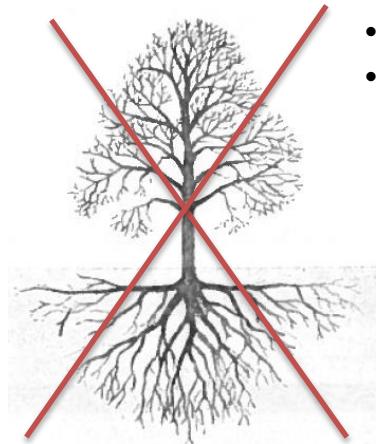


2. Système racinaire

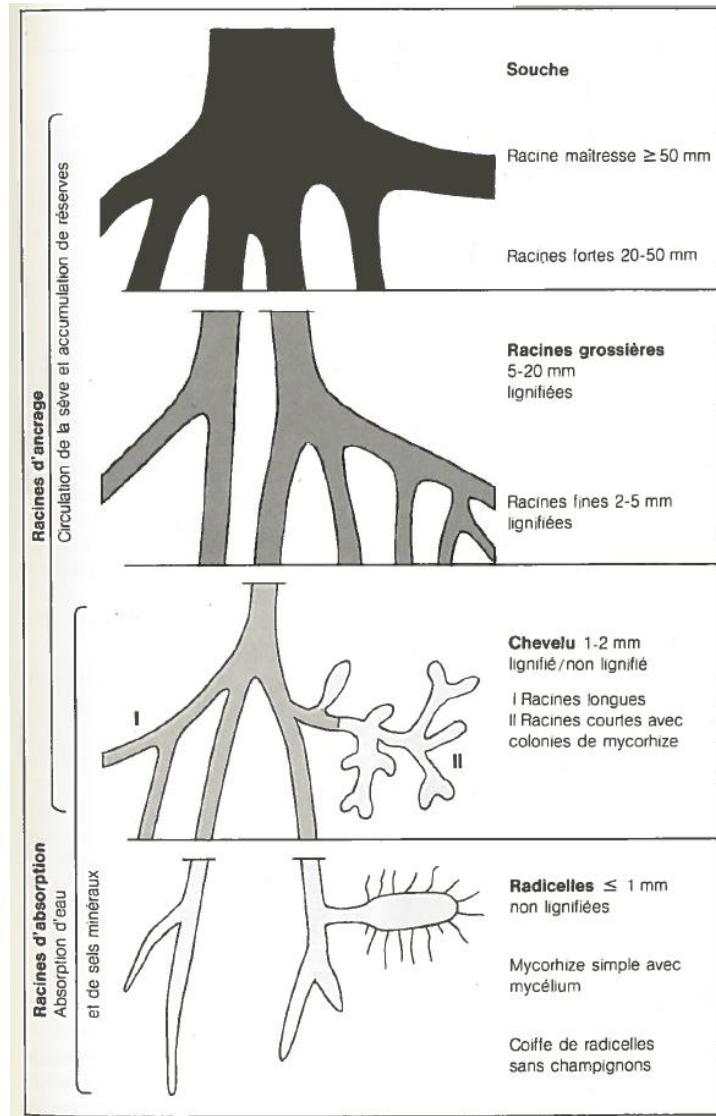
✓ Configuration dans le sol

✓ En forêt ≠ au champ (ou livre)

- Souvent 95 % des racines dans le premier pied
- Et 99 % des racines dans les trois premiers pieds



▲ Dégagement des racines d'un hêtre dominant de 35 ans (hauteur totale de l'arbre : 9 m ; circonférence à 1,30 m : 26 cm ; type de sol : luvisol).

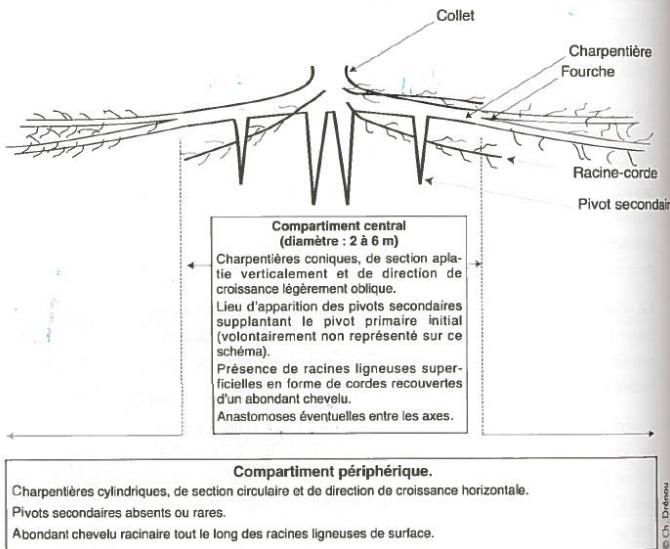


Réf. : Drénou, 2006.

2. Système racinaire

✓ Trois rôles

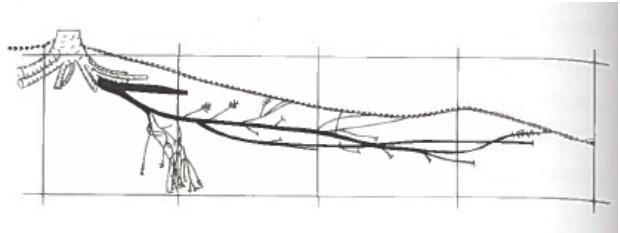
- Fixation de l'arbre dans le sol
- Stockage des réserves (carbone sous forme de sucres solubles, d'amidon ou de lipides, azote sous formes de protéines, etc.)
- Alimentation en eau et la nutrition minérale



Réf. : Drénou, 2006.



Chêne rouge ➔
d'Amérique (*Quercus rubra*).
Répartition des racines
ligneuses chez un arbre
adulte. Noter les racines
remontantes. Chaque carré
mesure 1 m de côté
(Lyford, 1980).



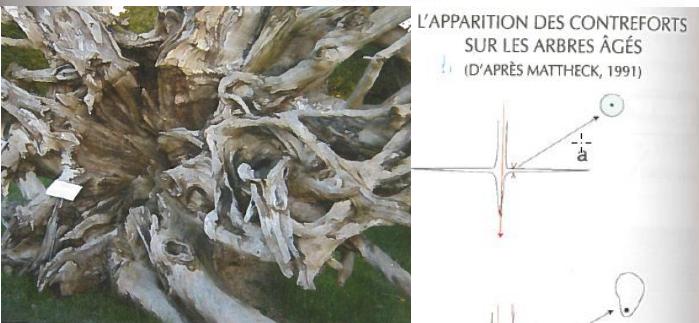
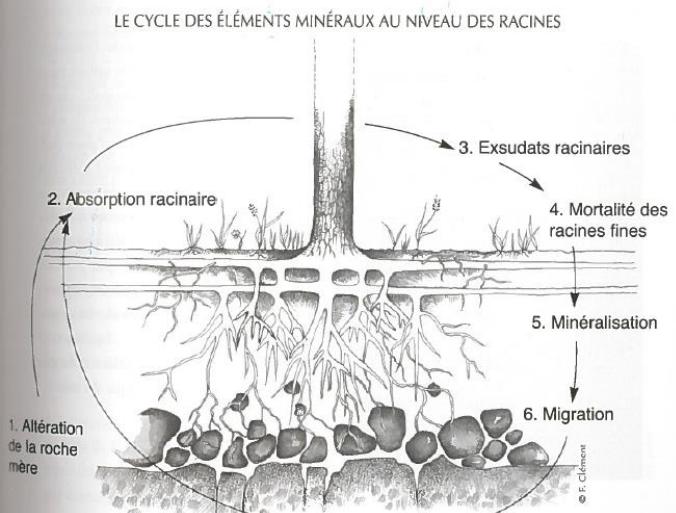
- **Architecture racinaire des arbres**
 - Réseau plongeant (ex.: Pivot) – ne dépasse rarement 1.5 mètres de profondeur
 - Réseau traçant (ex.: Charpentière) – bien souvent plus long que l'arbre est haut

1. Érables, cime, houppier, feuilles
2. Racines
3. Espèces compagnes
4. Insectes/maladies
5. Plantation - pleine lumière
6. Plantation - sous-bois
7. Crédit d'érablières résilientes

2. Système racinaire

✓ Configuration dans le sol

- Le sol « vit »
 - Respire
 - Régule sa température
 - Digère et assimile
 - Fait circuler l'eau, les éléments nutritifs
 - Stocke les réserves
 - Se défend
 - Évolue
 - Est fragile
 - Etc.
- L'essentiel de l'appareil absorbant d'une érablière est près de la surface du sol
 - Là où se trouvent les ressources minérales concentrées dans l'humus par la chute des feuilles et le cycle des éléments nutritifs
- Les racines meurent et se régénèrent



Quand l'arbre est jeune, ► le système racinaire est pivotant (dessin a). Les flux de force transmis par le vent au tronc se dissipent dans le sol par l'intermédiaire du pivot (flèche rouge). Les racines latérales ne sont pas stimulées et leur section reste circulaire.

Avec l'âge, du fait de la mortalité des pivots proches du tronc, les flux de force sont de plus en plus déviés de la verticale. Ils sollicitent sans cesse davantage les racines latérales et entraînent des déformations des sections racinaires pouvant aller jusqu'à la formation de contreforts (dessins b et c).

Réf. : Drénou, 2006.

2. Système racinaire

✓ Distribution et blessures

- **Risque de blessures aux racines lorsqu'il y a une perturbation du sol à une distance inférieure à 12x le DHP** (Ouimet *et al.*, 2005 – non-publié)
 - Exemple : Si DHP 12 po, travailler à 12 pieds de l'arbre avec de la machinerie lourde...
- **Attention au drainage, saignée, orniérage ou modification du sol ...**
 - Exemple : Voir schéma ci-dessous

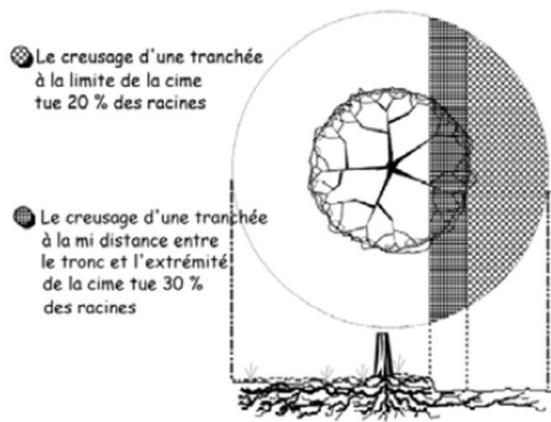
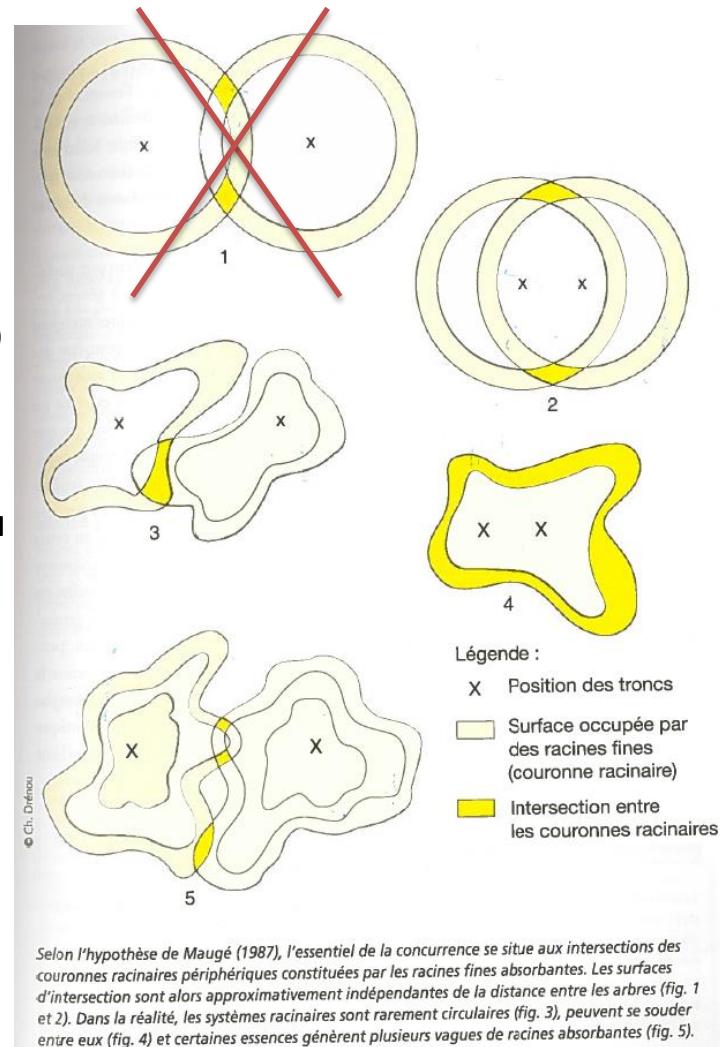


Figure 1. Effet du creusement d'une tranchée sur le pourcentage de racines coupées dans le cas d'arbres en milieu ouvert.



Selon l'hypothèse de Maugé (1987), l'essentiel de la concurrence se situe aux intersections des couronnes racinaires périphériques constituées par les racines fines absorbantes. Les surfaces d'intersection sont alors approximativement indépendantes de la distance entre les arbres (fig. 1 et 2). Dans la réalité, les systèmes racinaires sont rarement circulaires (fig. 3), peuvent se souder entre eux (fig. 4) et certaines essences génèrent plusieurs vagues de racines absorbantes (fig. 5).

- **La distribution du système racinaire est rarement circulaire**

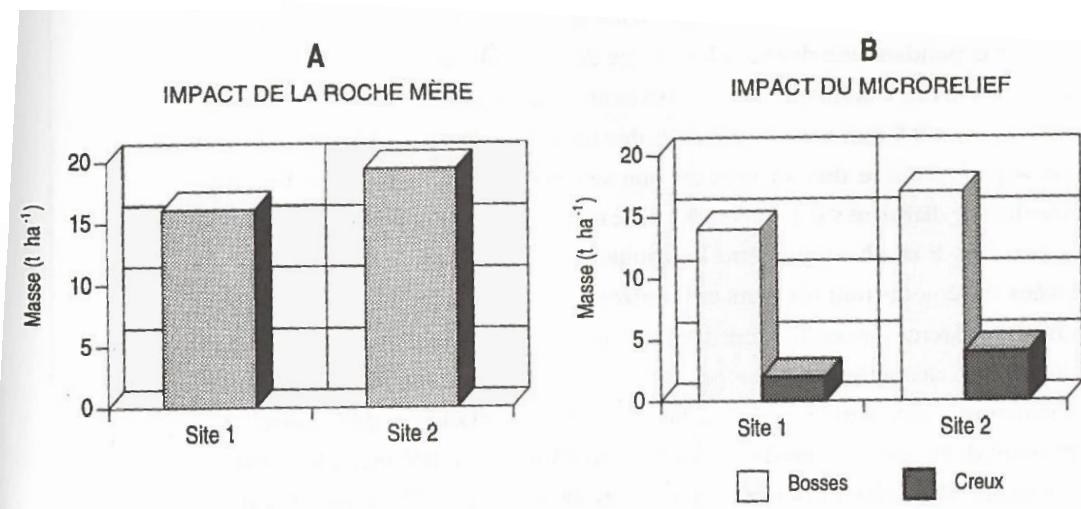
Réf. : Drénou, 2006.

2. Système racinaire

✓ Roche-mère et microrelief

6.3.1 Masse totale des radicelles

Les études menées dans des érablières sucrières se développant sur les deux types de roche-mère précités, ont permis d'évaluer l'importance de la masse (t) des radicelles (racines < 2 mm) d'érable à sucre sur un hectare de terrain pour des sites comportant en moyenne 65 % de bosses et 35 % de creux (Badibanga, 1994; Sauvestry *et al.*, 1993; Badibanga *et al.*, 1992a). D'une manière générale, les érables à sucre produisent plus de radicelles sur roche-mère calcaire ($19,4 \text{ t ha}^{-1}$) que sur roche-mère acide ($16,1 \text{ t ha}^{-1}$) (figure 6.1A). Si l'on considère uniquement le microrelief, on note que, quel que soit le site, la masse de radicelles est beaucoup plus élevée sur les bosses ($14-17 \text{ t ha}^{-1}$) que dans les creux ($2-4 \text{ t ha}^{-1}$) (figure 6.1B). Il apparaît donc que les sols les plus riches en éléments nutritifs (brunisols sur roche-mère calcaire) ont tendance à favoriser davantage le développement des radicelles.



Site 1 = Roche-mère acide

Site 2 = Roche-mère calcaire

Figure 6.1 Masse totale approximative des radicelles en relation avec la nature de la roche-mère et le microrelief.
(Source: Badibanga *et al.*, 1992a).

Réf. : Ressources naturelles Canada, 1995 (ouvrage collectif).

2. Système racinaire

✓ Quelques types d'enracinement

Résineux

- **Sapin** : enracinement très superficiel et très sensible au chablis
- **Pin** : enracinement souvent superficiel mais étalé
- **Pruche** : très étalé et superficiel à modérément superficiel

Feuillus

- **Dépend du système d'enracinement et du port de l'arbre**
- **Cerisier tardif, bouleau blanc, érable rouge, etc.** - arbres à enracinement latéral et superficiel – peuvent avoir tendance à verser
- **Peuplier** possède des racines superficielles et parfois ascendantes (racines montantes)
- **Peuplier deltoïde et à grandes dents** - les racines sont parfois très étalées ce qui les rend moins vulnérables
- **Érable à sucre, bouleau jaune et frênes** - enracinement latéral profond
- **Chêne, caryer et noyer** - pivot très solide et généralement profond

2. Système racinaire

- ✓ « Soudures racinaires », compétition, mycorhizes, fixation du N atmosphérique

- **Soudures racinaires (anastomoses) ou greffe**

Avantages

- « ...un individu en situation de carences peut, après soudures racinaires, profiter de la plus grande absorption des individus voisins... »
- « ...lors d'une sécheresse, l'eau pourrait être « pompée » par les arbres en bordure de rivière et être acheminée vers les greffes racinaires aux arbres les plus éloignés ... » (Drénou, 2006)

Désavantages

- Maladies peuvent se propager plus facilement
- Intoxication chimique d'un seul arbre, par des sels de déneigement, peut se propager aux voisins par voie racinaire



Réf. : Drénou, 2006.



Crédit photo David Lapointe, 2018.

2. Système racinaire

- ✓ « Soudures racinaires », compétition, mycorhizes, fixation du N atmosphérique

Espèces	Stump growth	Auto-greffe	Greffé intra-spécifique	Greffé inter-spécifique	Références
Bouleau blanc		Commun	Commun		PC-Bormann
Bouleau jaune		Occasionnel			PC-Bormann
Caryer sp.			Présent	Quercus nigra (2), Quercus stellata (5), Ulmus (1)	PC-Walker 1958
Chêne blanc				Occasionnel	Beckman & Kuntz 1951
Chêne rouge		Commun	Commun	Présent avec Quercus alba	U.S.F.S. 1957, PC-Kuntz
Érable à Giguère			Présent	Présent avec Acer platanoides	Beskaravainya 1955
Érable argenté	Commun		Commun		LaRue 1934
Érable rouge	Rare		Présent et commun		Kozlowski & cooley 1961, PC-Stephens 1957, Stout 1956
Frêne d'Amérique			Commun		Stout 1956
Hêtre à grandes feuilles		Common	Commun		Baldwin 1938
Tilleul d'amérique		Commun			LaRue 1934
Thuya occidental		Commun	Commun		Kozlowski & cooley 1961, LaRue 1934

Ce tableau est tiré d'une revue de littérature « Natural Root Grafts » faite par Graham & Bormann (1966).

- Érable à sucre – ex.1 : Carences et déformations du port de l'arbre induit par les sels et déglaçant est prouvé... cas à Plessisville...
- Érable à sucre – ex.2 : Produit coloré de radioactivité se propage par voie racinaire d'un érable à un autre

2. Système racinaire

- ✓ « Soudures racinaires », compétition, mycorhizes, fixation du N atmosphérique

- **Compétition racinaire**

- Désavantages

- Très forte réduction de :
 - la biomasse
 - l'extension latérale des racines
 - la densité racinaire
 - la longueur des racines secondaires

Il faut donc « créer un espace vital libre de végétation autour des plants »

1. Érables, cime, houppier, feuilles	2. Racines	3. Espèces compagnes	4. Insectes/maladies
5. Plantation - pleine lumière	6. Plantation - sous-bois	7. Crédit d'érablières résilientes	

2. Système racinaire

✓ « Soudures racinaires », compétition, mycorhizes, fixation du N atmosphérique

• Racines fines et mycorhizes

- Absorption de l'eau et des éléments minéraux en solution
- Mobilisation des éléments peu solubles
- Altération des minéraux de la roche-mère
- Solubilisation du fer
- Décomposition des macromolécules organiques
- Production de substances de croissance
- Protection contre les maladies racinaires
- Protection contre la dessiccation
- Protection contre les substances toxiques
- Etc.

Chez les feuillus, on distingue trois types :					
Type	Spécies	Prot	Nombre de racines latérales de 2 ^e ordre*	Nombre de racines latérales de 3 ^e ordre**	Nombre de racines latérales
Type F1	Noyers	Important	Important	Moyen	Moyen
Type F2	Chêne sessile Chêne pédunculé Chêne rouge Châtaignier...	Moyen	Moyen à faible	Moyen	Faible
Type F3	Frênes Merisier Érables Hêtre Tilleuls...	Moyen à faible	Moyen	Important	

* c'est-à-dire racines latérales portées par le pivot
** c'est-à-dire racines latérales portées par les racines latérales de 2^e ordre

The diagram illustrates three types of root systems (F1, F2, F3) for different tree species. Type F1 (Noyers) shows a dense network of fine roots at the base of the trunk. Type F2 (Chêne) shows a more sparse distribution of roots. Type F3 (Frêne) shows a very sparse distribution of roots. Each diagram includes a scale bar indicating 10 cm.

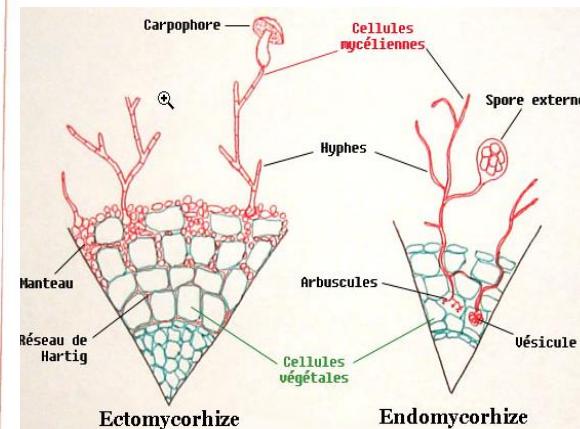
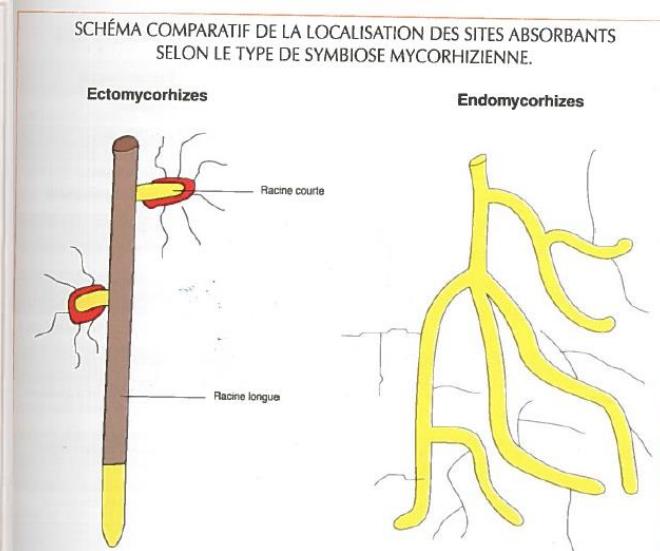
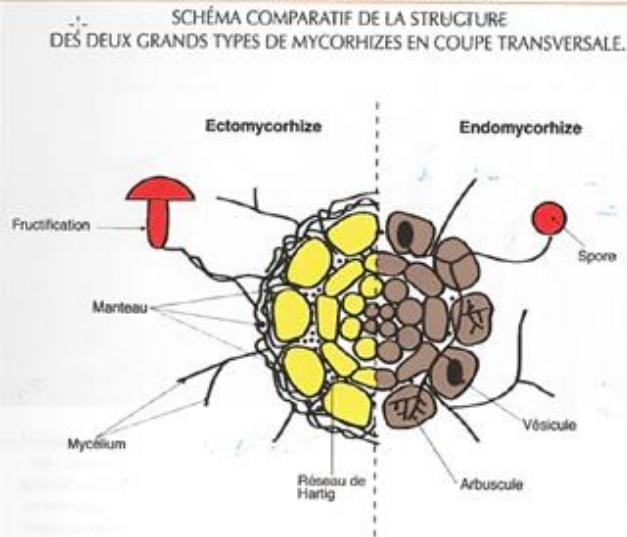
- Type F1: Noyer commun (Ht: 4,4 cm, D: 1,1 cm)
- Type F2: Chêne pédunculé (Ht: 21 cm, D: 0,9 cm)
- Type F3: Frêne commun (Ht: 32 cm, D: 0,8 cm)

2. Système racinaire

- ✓ « Soudures racinaires », compétition, mycorhizes, fixation du N atmosphérique

➤ Mycorhizes

- Érable : Endomycorhize à arbuscules



À gauche, l'ectomycorhize, sans pénétration du champignon dans les cellules de la racine mais avec un réseau de Hartig (prolifération mycélienne entre et autour des cellules du cortex externe), un manteau, un mycélium externe souvent agrégé en cordons et parfois de grosses fructifications (sporophores) très différenciées. À droite, l'endomycorhize arbusculaire, avec le champignon qui pénètre dans les cellules du cortex, forme des arbuscules (organes d'échange) et des vésicules (organes de réserve), et produit de petites spores sphériques comme seuls organes de reproduction.

jaune : structure primaire avec cortex fonctionnel ; brun : structure secondaire à cortex subérisé ; rouge : manteau fongique ; traits noirs : mycélium externe. À gauche, système hétérorhizique à ectomycorhizes (par exemple : pin, chêne) : l'absorption de la solution du sol ne peut avoir lieu que par le bout blanc de la racine longue et par les hyphes externes des ectomycorhizes formées sur les racines courtes. À droite, système à endomycorhizes arbusculaires (par exemple : érable, frêne) : l'absorption a lieu tout le long des racines non subérisées ainsi que par les hyphes fongiques qui en émanent.

© J. Carbone

Réf. : Drénou, 2006.

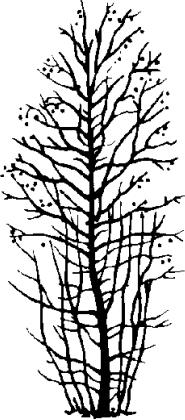
2. Système racinaire

- ✓ « Soudures racinaires », compétition, mycorhizes, fixation du N₂ atmosphérique

- Fixateur de l'azote atmosphérique (N₂ vers NH₄)

- Robinier, févier, acacia, caraganier de Sibérie, aulne rugueux ou crispé
- Disponibilité de l'azote pour les arbres non-fixateurs via la décomposition des feuilles et des racines de ces arbres fixateurs

Essences à endomycorhizes	Essences à ectomycorhizes	Essences fixatrices d'azote
Acer (érable)	Abies (sapin)	Alnus (aulne)
Alnus (aulne)	Alnus (aulne)	Caragana (cargana)
Carya (caryer)	Betula (bouleau)	Cercis (gainier)
Catalpa (catalpa)	Carpinus (charme)	Elaeagnus (chalef et olivier)
Celtis (micocoulier)	Carya (caryer)	Gleditsia (févier)
Fraxinus (frêne)	Castanea (chataignier)	Robinia (robinia)
Juglans (noyer)	Corylus (noisetier)	
Juniperus (génévrier)	Fagus (hêtre)	
Liriodendron (tulipier)	Juglans (noyer)	
Magnolia (magnolia)	Larix (mélèze)	
Malus (pommier)	Ostrya (ostryer)	
Populus (peuplier)	Picea (épinette)	Vivaces fixatrices d'azote
Prunus (cerisier ou punier)	Pinus (pin)	Trèfles
Robinia (robinier)	Populus (peuplier)	Luzernes
Salix (saule)	Quercus (chêne)	Faux-indigo
Sorbus (sorbier)	Salix (saule)	Lupin
Taxus (if)	Tilia (tilleul)	Astragale
Thuya (thuya)	Tsuga (pruche)	
Ulmus (orme)		



Plantation d'érables

L'érable et son environnement : ce que la science nous apprend

3. Espèces compagnes

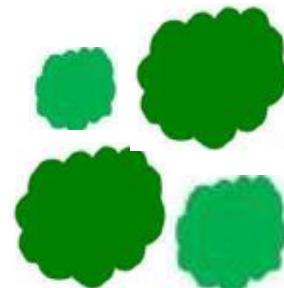
3. Espèces compagnes

✓ % minimum recommandé et pourquoi ?

➤ Entre 15 et 30 % d'espèces compagnes

➤ Pourquoi?

- Feuille d'érable
 - Acidophile
 - Pauvre en oligo-éléments
- Vulnérabilité au stress de l'écosystème ...
- Faciliter la venue d'une faune et microfaune bénéfique
- « Nourriture » complémentaire à l'écosystème
- Diversité des genres et des espèces « rime » avec meilleure résilience de l'érablière face aux perturbations
- Permettre à l'écosystème de s'autoréguler (température, cycle nutritif, etc.)
- Etc.



3. Espèces compagnes

✓ Quelques qualités recherchées

➤ Complémentaires aux érables

- Ex.1: Ne puisant pas l'énergie du sol ou de la lumière au même moment ou ... pas dans les mêmes couches de sol, etc.)
- Ex.2: Des essences d'arbres qui ont des systèmes racinaires différents

➤ « Collaboratrices » aux érables

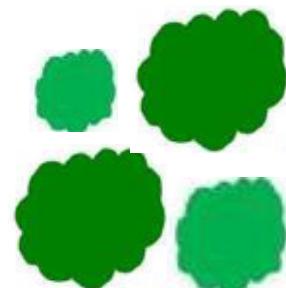
- Ex.3: Des essences d'arbres pouvant soutenir les érables lors d'un verglas

➤ « Améliorantes » p/r au condition de croissance des érables

- Ex.4: pH du sol, oligo-éléments
- Ex.5: Facilitant la venue de semis d'érable

➤ Fiabiles

- Ex.6: Moins sensibles aux maladies/insectes/stress



1. Érables, cime, houppier, feuilles	2. Racines	3. Espèces compagnes	4. Insectes/maladies
5. Plantation - pleine lumière	6. Plantation - sous-bois	7. Crédit d'érablières résilientes	

3. Espèces compagnes

✓ Quelques qualités recherchées

➤ Feuilles

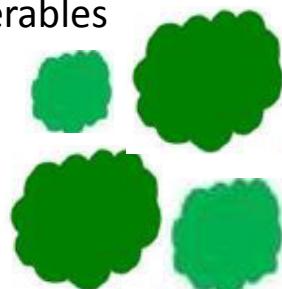
- Riches en oligo-éléments,
- pH s'approchant du pH neutre
- Permettant la création d'un humus riche et dont les éléments seront facilement disponibles
- Ne libérant pas ou peu de tannins ou de substances allélopathiques

➤ Système racinaire

- Idéalement différent de l'éryable à sucre (latéral profond) ou de l'éryable rouge (latéral superficiel)
 - Ex.: Caryer a un système racinaire à pivot profond

➤ Cime, houppier

- Houppier et cime – essence « respectant » l'espace des éryables (ex.: permettant à l'éryable d'insérer ses branches dans la cime des éryables
- Pas « d'envahissement » sur les éryables



3. Espèces compagnes

✓ Quelques qualités recherchées

➤ Autres éléments...

- Espèces permettant de maintenir le sol frais
- Espèces permettant d'avoir un ombrage au sol le plus longtemps possible
- Mycorhizes (endomycorhize et ectomycorhize)
- « Soudure » racinaire
- Fixateur d'azote atmosphérique
 - Robinier, févier, acacia, caraganier de Sibérie, aulne rugueux ou crispé
 - Disponibilité de l'azote pour les arbres non-fixateurs via la décomposition des feuilles et des racines de ces arbres fixateurs (Ballut, 1995)
- Allélopathie

TABLEAU III Exemples d'interactions allélopathiques provoquées par des espèces du sous-bois

Plante cible	Plante productrice	Agent inhibiteur /Composés	Action inhibitrice	Type d'expérience	Peuplement Localisation
<i>Acer saccharum</i>	<i>Solidago canadensis</i> <i>Solidago graminifolia</i> <i>Aster nova-angliae</i>	Composés hydrosolubles	Germination Croissance	<i>In vitro</i>	Plantation Canada

Réf. : Gallet et Pellissier, 2002.

3. Espèces compagnes

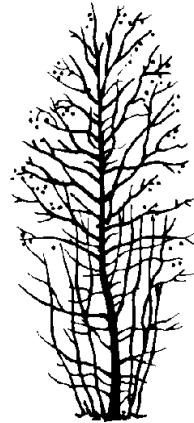
✓ Lesquelles choisir ?

➤ Les meilleures

- Tilleul d'Amérique
- Caryer cordiforme
- Cerisier tardif
- Bouleaux
- Peuplier
- Chêne rouge
- ... Pruche ...

➤ N'oublions pas les arbustes et arbrisseaux

- Érable à épis
- Érable de Pennsylvanie
- Noisetier à long bec
- Aulne
- Charme de Caroline
- Ostryer de Virginie
- Petits cerisiers
- If du Canada



Caractéristiques de certaines espèces compagnes dans une érablière en production acéricole.

1. Érables, cime, houppier, feuilles	2. Racines	3. Espèces compagnes	4. Insectes/maladies
5. Plantation - pleine lumière	6. Plantation - sous-bois	7. Crédit d'érablières résilientes	
		Tilleul d'Amérique	<ul style="list-style-type: none">• Stabilisatrice des sols• Fort % de Ca dans ses feuilles• Décomposition facile• Feuille - pH de 6
		Bouleau jaune	<ul style="list-style-type: none">• Réduit l'acidité du sol• Augmente le calcium• Feuille – pH de 5
		Caryer cordiforme	<ul style="list-style-type: none">• Parmi les feuillus qui améliore le mieux le sol• Feuillu souvent relié aux sols neutres• Grande valeur
		Ostryer de Virginie	<ul style="list-style-type: none">• Feuilles présentant une concentration en Ca plus élevée que les autres feuillus sur un même site
		Bouleau à papier	<ul style="list-style-type: none">• Améliore les sols en assurant un « cyclage » efficace des nutriments par le maintien de la disponibilité élevée en d'azote• Décomposition rapide des feuilles• Feuille pH de 5

Réf. : Adapté de Cadorette, 2007.



Plantation d'érables

L'érable et son environnement : ce que la science nous apprend

4. Insectes/maladies



4. Insectes/maladies

✓ Facteurs prédisposant

Vulnérabilité des feuillus nobles aux insectes et aux maladies et prépondérance des facteurs prédisposant aux épidémies, à chaque stade de développement des arbres

FACTEURS PRÉDISPOSANTS		PREPONDÉRANCE	
Conditions météorologiques			
Vallées humides – Bas de pente			
Dommages et stress antérieurs			
Terrain pauvre, trop sec ou trop humide			
Absence de couvert – Clairière			
Hôtes alternants – Insectes vecteurs			
Peuplement éclairci – Plantation			
Fragmentation – Effet de bordure			
Forte densité – Concurrence		Moyenne	
Branches basses – Mauvais élagage			
Blessures – Arbre instable			
Sénescence			
Agents de perturbation			
Phytophages et galles des fleurs			
Charançons des noix			
Sécheresse			
Cocherilles et lécane de la vigne			
Corbyle et perce-pousse de l'érable		Forte	
Anthracose-Chancres fusarien et cytosporéen			
Dépérissement nechtien – chancre diaporthéen			
Rouilles des feuilles			
Tache des feuilles			
Brûlures des rameaux et des pousses			
Pucerons et phytophages			
Coupé-feuille de l'érable			
Chancre du noyer candré			
Livrées – Cheville à tente estivale			
Nodule noir – Cribre des feuilles		Extrême	
Pourridié-agaric			
ESSENCE			
Cerisier tardif			
Chêne rouge		X	
Érable à sucre		X X	
Érable rouge		X	
Frêne blanc		X X X	
Frêne noir		X X	
Hêtre à grandes feuilles		X	
Noyer candré		X X	
Orme d'Amérique		X	
Tilleul d'Amérique		X	
Semences		VULNÉRABILITÉ	
Stade de développement			
Semis			
Gaulis			
Perchis Futaie			

Réf. : Le guide sylvicole du Québec, 2013.

4. Insectes/maladies

✓ Facteurs prédisposant

- 1. Érables, cime, houppier, feuilles
- 2. Racines
- 3. Espèces compagnes
- 4. Insectes/maladies
- 5. Plantation - pleine lumière
- 6. Plantation - sous-bois
- 7. Crédit d'érablières résilientes

FACTEURS PRÉDISPOSANTS										PRÉPONDANCE			
										Nulle	Faible	Moyenne	Forte
Conditions météorologiques													
Vallées humides – Bas de pente													
Dommages et stress antérieurs													
Terrain pauvre, trop sec ou trop humide													
Absence de couvert – Clairière													
Hôtes alternants – Insectes vecteurs													
Peuplement éclairci – Plantation													
Fragmentation, effet de bordure													
Forte densité – Concurrence													
Branches basses – Mauvais élagage													
Blessures – Arbre instable													
Sénescence													
Agents de perturbation										VULNÉRABILITÉ			
										Nulle	Faible	Moyenne	Grande
													Extrême
ESSENCE													
Cerisier tardif	X					X							
Chêne rouge		X					X						
Érable à sucre	X		X					X	X	X	X		
Érable rouge	X							X					
Frêne blanc		X											
Frêne noir								X					
Hêtre à grandes feuilles		X											
Noyer cendré													
Orme d'Amérique			X				X			X	X	X	
Tilleul d'Amérique				X						X			
Stade de développement													
										Perchis			
										Fusains			

Réf. : Le guide sylvicole du Québec, 2013.

4. Insectes/maladies

✓ Ex.: Le cas de la livrée des forêts (ne s'attaque pas à l'érable rouge)

- Défoliateur printanier (érable à sucre fera donc une 2^e série de feuilles en juillet)
- Impacts importants au Vermont en 2016-2017 (ici en 2017 et 2018 – Outaouais, Laurentides... Lanaudière, Montérégie, Estrie)
- Si un arbre est défolié 2-3 années de suite; peut être précurseur d'un dépérissement
- Érable à sucre « plus faible »...sur site humide-cuvette, etc.
- Attendre avant de faire un traitement sylvicole... voir la résilience naturelle...
- Renforcer la vigueur des érables... ex.: appliquer de la chaux





Plantation d'érables

L'érable et son environnement : ce que la science nous apprend

5. Plantation en pleine lumière



Avant-propos

ORCHARD DESIGN AND SPACING



This maple orchard, located at the University of Guelph, Kemptville Campus, was established with a 6.5 m x 6.5 m spacing.



Notre-Dame-du-Bon-Conseil

Lambton

Laurierville

5. Plantation en pleine lumière

✓ Plantation en ligne ou n'importe comment

Tableau 3. Nombre d'arbres requis pour différents espacements.

Espacement en carrés			
Intervalle entre les rangs (en mètres)	Nombre d'arbres requis pour un hectare	Nombre d'arbres requis pour une acre	
0.3 (0.3 x 0.3)	111,111	43,560	
0.6	27,778	10,890	
0.9	12,346	4,840	
1.2	6,944	2,722	
1.5	4,444	1,742	
1.8	3,086	1,212	
2.1	2,268	889	
2.4	1,736	681	
2.7	1,372	538	
3.0	1,111	436	
3.4	865	360	
3.7	730	302	
4.0	625	258	
4.3	541	222	
4.6	473	194	
4.9	416	170	
5.2	370	151	
5.5	331	134	
5.8	297	121	
6.1	269	109	

Réf. : Von Althen, 1990.

Table 3. Ten-year height increment and dbh of hardwoods planted in mixture in two arrangements (Study 2).

Species	Height increment (m)		Dbh (cm)	
	Single row	Completely random mixture	Single row	Completely random mixture
Black walnut	4.94	4.10	5.4	4.1
White ash	6.13	6.00	5.6	5.4
Silver maple	6.63	6.61	7.5	7.4
Sugar maple	4.18	4.08	2.8	2.7
Northern red oak	4.84	4.64	3.7	3.3
White oak	4.58	4.62	4.4	4.5
Butternut	4.37 ^a	3.69 ^b	4.9 ^a	3.8 ^b
Black cherry	5.44	5.36	5.5	5.3
Yellow-poplar	5.84	5.80	8.3 ^a	6.4 ^b
Honeylocust	5.42	4.98	5.2	4.3
European mountain ash	5.30	5.20	4.5	4.2
Amur maple	3.46	2.82	—	—
Mean	5.09	4.8	5.3	4.7

Note: For 10th-year data, different letters within species denote values that differ significantly at $p < .05$ on the basis of Tukey's tests of independence.

Réf. : Von Althen, 1988.

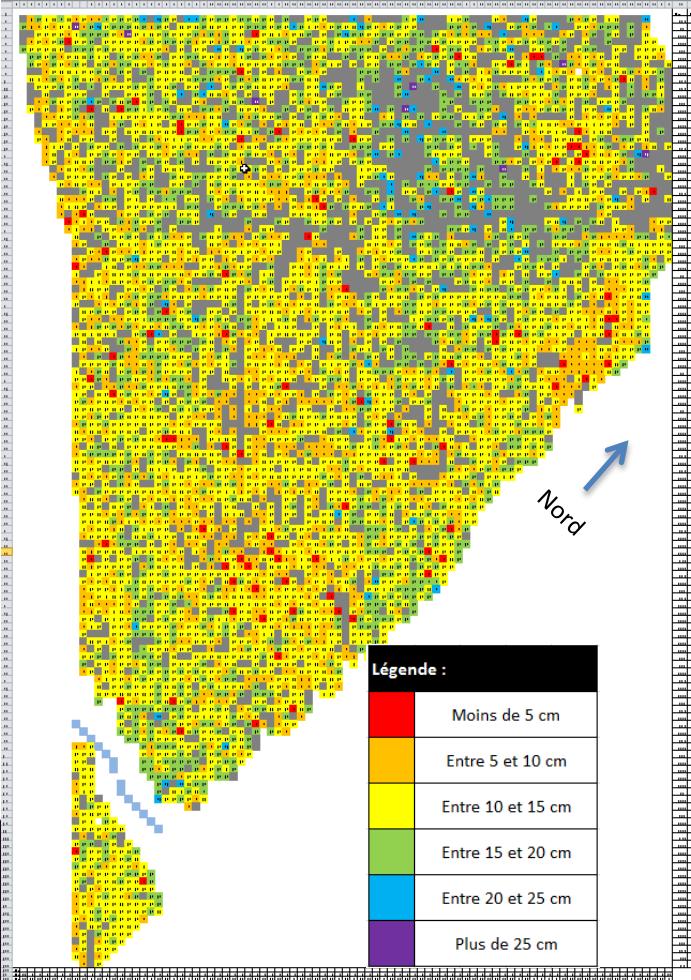
✓ En résumé

- Planter en ligne ou de manière désorganisée ?
 - Pas de différences significatives pour l'accroissement en hauteur et le diamètre des érables à sucre (10 ans et -)

5. Plantation en pleine lumière

✓ Espacement – un cas-type en Estrie

- Constat : Chaque fois qu'il y a un diamètre de plus de 20-25 cm, il y a 1 ou + arbre-voisin mort ou opprimé
 - Utilisation « non-optimale » des ressources eau-sol-lumière sur 24 ans



Plantation en Estrie en 1994

1-	ERS planté environ aux 10 x 10 pi (2.9 x 2.9 mètres)	
2-	Combien d'érables plantés à l'origine ?	6 593
3-	Superficie ?	55 217 m ²
4-	Combien de rangées ?	127
5-	Combien de colonnes ?	87
6-	Combien d'érables vivants (2018) ?	5 102
7-	Combien d'érables morts (2018) ?	1 491
8-	Moins de 5 cm de DHP ?	114
8-	Moins de 10 cm de DHP ?	1 107
9-	Érables résiduels dans 10 ans (2028) ? (sans 10cm et -)	3 881
10-	Diam. moyen de l'ensemble des érables (2018) ?	12,55 cm
11-	Accroissement en DHP	5,23 mm/an
12-	Accroissement radiale (cerne annuels)	2,62 mm/an
13-	Superficie couverte par la projection de la cime (estim.)	
14-	À l'origine (1994) - tous vivants	8,38 m ² /érable
15-	Densité de plantation (1994)	1194 érables/ha
16-	24 ans plus tard (2018) - 22% morts	10,83 m ² /érable
17-	Densité de plantation (2018)	924 érables/ha
18-	34 ans plus tard (2028) - 19% morts et opprimés	14,22 m ² /érable
19-	Densité de plantation (2028)	703 érables/ha

5. Plantation en pleine lumière

✓ Espacement – plusieurs possibilités

- Si 10x10 pieds, après 10-12 ans, éclaircir
 - Enlever un arbre sur deux (meilleure répartition des tiges)
- Si 15x15 pieds,
 - Après 15 ans, éclaircir
- Si 20x20 pieds (ex.: 270 érables/ha)
 - Se rapproche d'une densité optimale
- Toujours enlever les arbres ayant des chancres eutypélieens
- Enlever les érables ayant une sève moins sucrée ...?



Table 4.—Average diameter growth of study trees before and 5 years after treatment

Crown class before treatment	Treatment	Crop trees living at 14 years	Dbh	
			At 9 years	At 14 years
		Number	Inches	
SUGAR MAPLE				
Dominant	Release	7	1.3	2.6
	Nonrelease	8	1.4	2.4
Codominant	Release	11	1.2	1.9
	Nonrelease	5	1.1	1.6
Intermediate	Release	13	.9	1.4
	Nonrelease	6	.9	1.4

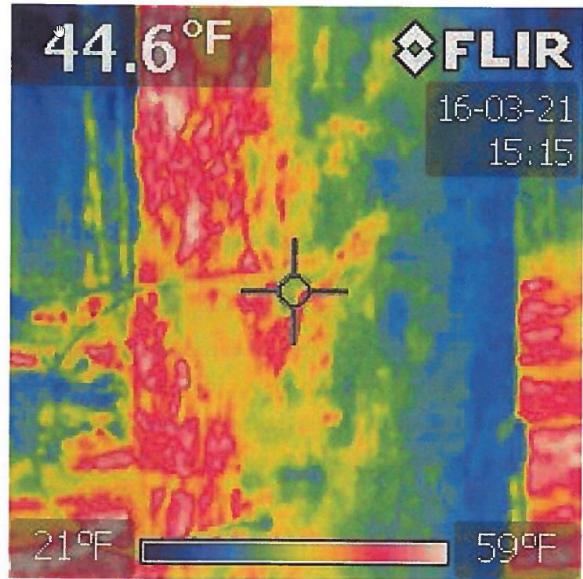
Réf. : Lamson et Smith, 1978.

- Il serait peut-être préférable de planter « serrer » (ex.: 16x16pi, 12x20) pour avoir le « choix » des arbres à enlever
- Cependant, certaines plantations réussissent très bien avec des espacements plus grands (20x20 pieds)
- Planter en fonction de l'entretien (tondeuse, faucheuse, débroussailleuse)
 - Sur le rang, plants plus rapprochés et entre les rangs, plus larges



5. Plantation en pleine lumière

✓ Insolation (coup de soleil d'hiver)



Infrared image of a large (24" dbh) sugar maple in the sun showing how much the sun can warm the surface of a south facing tree. The air temperature in the shade was in the low 20's at the time of the picture

Réf. : Vermont Maple Bulletin, 2017.

• Différences de température

- Ex.: 21 mars 2016
- Extérieure : 7°C
- Face Sud-Ouest : 7°C
- Face Nord-Est : -5°C



✓ Solutions

- Laisser des branches basses au sud-ouest du tronc de l'arbre
- Planter des espèces compagnes (arbustes/arbres) pouvant générer de l'ombrage sur le tronc des érables au sud/sud-ouest en hiver
- Mettre des protecteurs hivernaux

5. Plantation en pleine lumière

- ✓ Espacement – plusieurs possibilités



5. Plantation en pleine lumière

✓ Plantation d'érables avec espèces compagnes

Quelques configurations possibles

Ex.1: Modèle « très biodiversifié »

- Espace : 4m x 4m (13 pi x 13 pi)
- Cime projetée au sol : 16 m² ou 169 pi²
- Densité initiale de plantation : 625 tig/ha (253 tig/ac)
- Densité init. de plantation (érables) : 406 tig/ha (165 tig/ac)

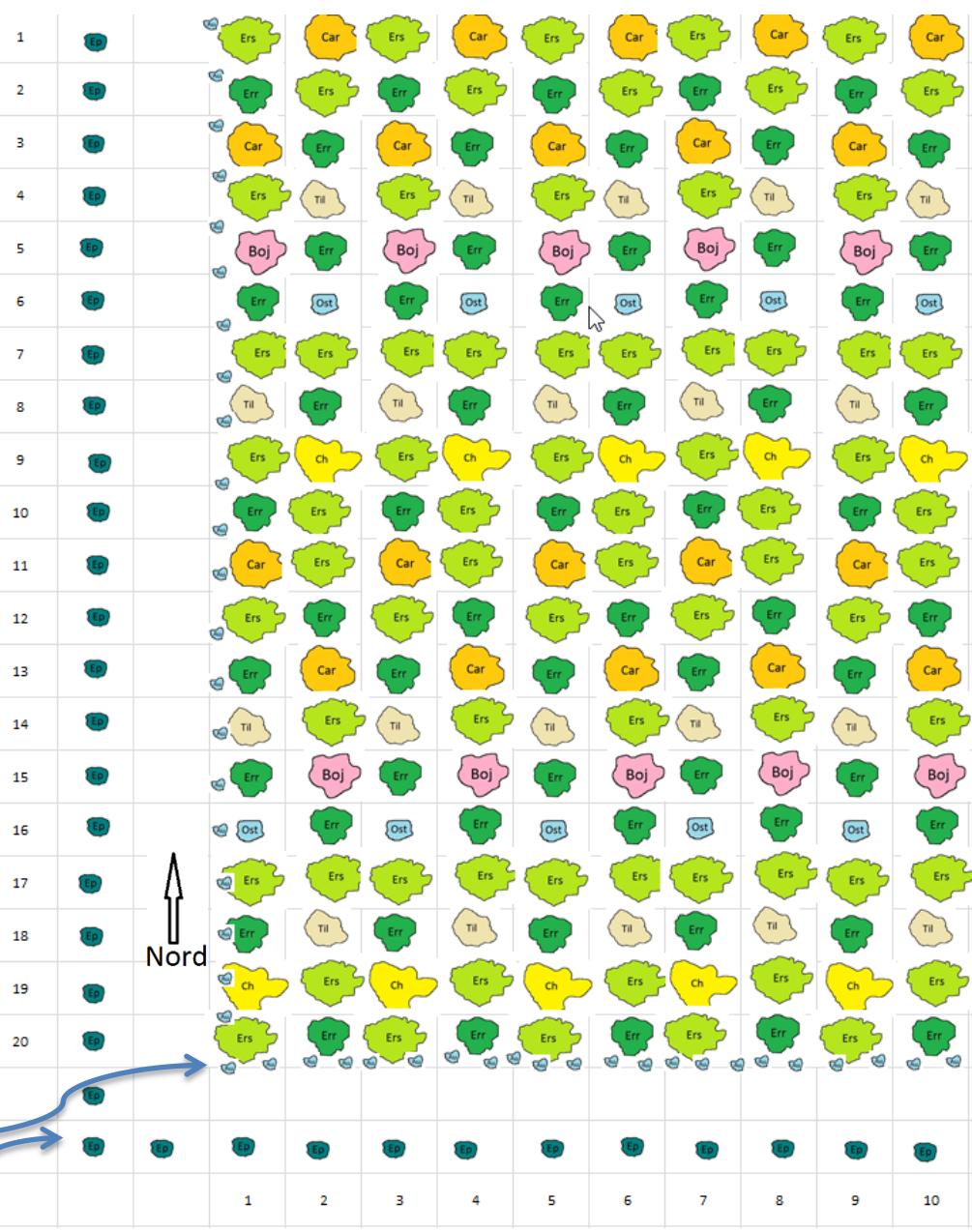
Ers	70/200	35%
Err	60/200	30%
Car	20/200	10%
Til	20/200	10%
Boj	10/200	5%
Ch	10/200	5%
Ost	10/200	5%
		100%

... Situation théorique ... vs ... En pratique ...

- Toujours analyser le microsite
 - Bon arbre au bon endroit
- Observer l'environnement
 - Planter ce qui pousse bien

Aulnes
Épinettes

Ex.: Dans ce cas:
Haie brise-vent avec
porosité faible



5. Plantation en pleine lumière

✓ Plantation d'érables avec espèces compagnes

Quelques configurations possibles

Ex. 2: Modèle « densité optimale »

- Espacement :
- Cime projetée au sol :
- Densité initiale de plantation :
- Densité init. de plantation (érables) :

4.5m X 4.5m (14.75pi x 14.75pi)
20 m² ou 217 pi²
493 tig/ha (200 tig/ac)
370 tig/ha (150 tig/ac)

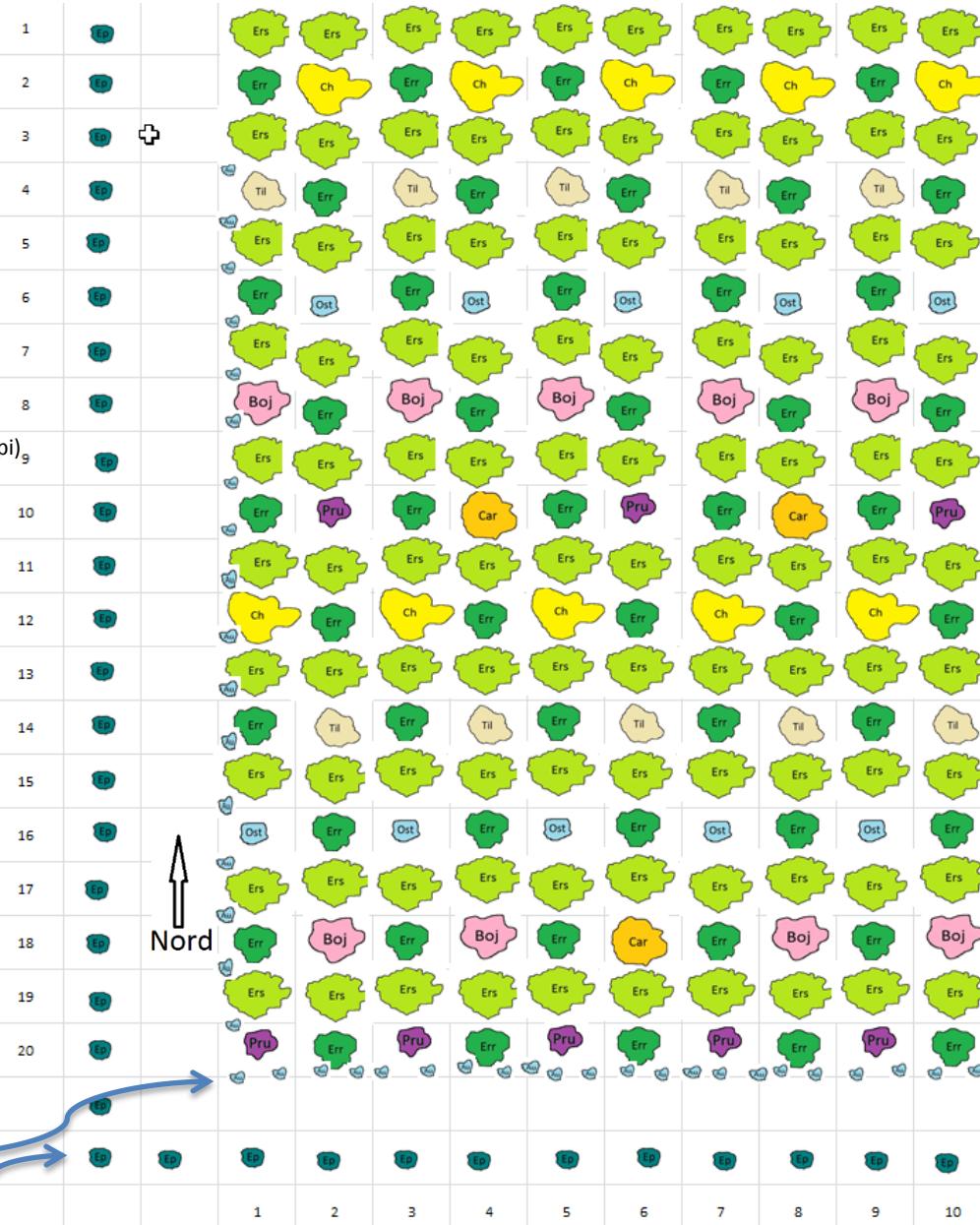
Ers	100/200	50%
Err	50/200	25%
Til	10/200	5%
Ch	10/200	5%
Ost	10/200	5%
Boj	9/200	4.5%
Pru	8/200	4%
Car	3/200	1.5%
		100%

... Situation théorique ... vs ... En pratique ...

- Toujours analyser le microsite
 - Bon arbre au bon endroit
- Observer l'environnement
 - Planter ce qui pousse bien

Aulnes
Épinettes

Ex.: Dans ce cas:
Haie brise-vent avec
porosité faible



5. Plantation en pleine lumière

✓ Variabilité génétique

Teneur en sucre de la sève



11.4.6 Teneur en sucre de la sève

En plus de favoriser des tiges vigoureuses d'érable à sucre, on peut choisir celles qui offrent la sève la plus sucrée. La teneur en sucre de la sève varie d'un individu à un autre et dépend d'abord de facteurs d'ordre génétique. On peut évaluer efficacement la teneur en sucre de plusieurs érables non entaillés en utilisant un appareil appelé réfractomètre. Les meilleurs individus peuvent produire une sève abondante dans laquelle la concentration de sucre est souvent supérieure à 4 %. En moyenne, elle est de 2 à 3 % (CPVQ, 1977).

La teneur en sucre varie chez un même individu, au cours d'une même journée, d'une journée à une autre, d'une saison à une autre. Les mécanismes de la coulée sont fort complexes (Plamondon, 1977). Malgré cette grande variabilité, des études sur une période d'au moins dix années ont démontré qu'un érable à sève plus sucrée tend à maintenir sa position au fil des ans (Taylor, 1956; Marvin *et al.*, 1967; CPVQ, 1977). De la même manière, sur le plan collectif, une érablière plus productive tend à maintenir son rang par rapport aux autres sur une période de plusieurs années (Bélanger, 1974).

Réf. : Ressources naturelles Canada, 1995 (ouvrage collectif).

5. Plantation en pleine lumière

✓ Équipements et façons de faire



Lire (k) Étapes d'implantation et d'entretien

Haies brise-vent

0:02 / 6:40

CC

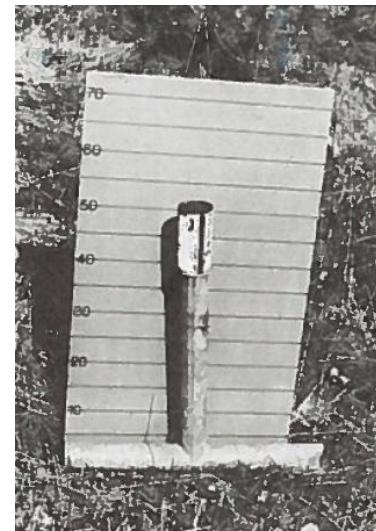
Voir également Youtube – <https://www.youtube.com/watch?v=hPbn-pvz-al>
Étapes d'implantation et d'entretien d'une haie brise-vent

5. Plantation en pleine lumière

✓ Cerfs, rongeurs et compétitions herbacées

b. Piquets

- Dimension : 1" x 3/4"
- Longueur : 6'



c. Protecteurs

Le prix comprend: le matériel et le montage
Ne comprend pas: le piquet, le transport, le temps de pose

Type	Durée de vie	Efficacité	Rapidité d'installation	Récupération	Prix (HT)	Désavantage
Vexar	5 ans et +	++	Moyen	Facile	2,55 \$ *	Transport, branches latérales
Moustiquaire	2-3 ans	-	Moyen	Facile	1,75 \$ *	Peu résistant
Treillis métallique	3-4 ans	++	Lent	Difficile	1,40 \$ *	Branches latérales
Clôture à neige	2 ans	-	Moyen	Difficile	1,00 \$ *	Efficacité et nbr piquets
Freegro	2-3 ans	+++	Rapide	Impossible	4,25 \$ *	Entretien difficile, destruction du plant si décrochage, vents

* Ajouter 0,35 \$ pour spirale contre rongeurs de 12"



Station d'alimentation remplie de grain empoisonné.

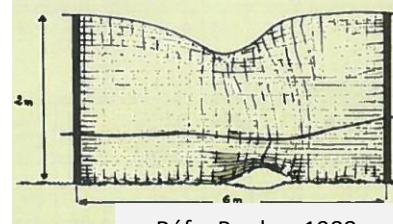
ENGRILLAGE CONTRE CERFS

CLOTURE EFFICACE

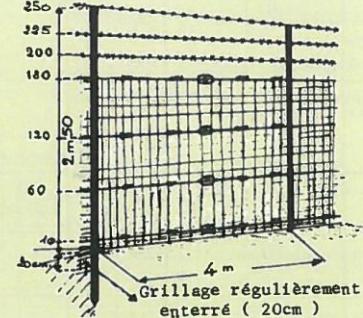
- Grillage enterré régulièrement 20 cm
- Pose sur quatre fils tendus
- Poteaux distants de 4 m
- Hauteur totale de 2m50

CLOTURE NON EFFICACE

- Grillage non enterré
- Pas de fil tendeur
- Poteaux trop espacés (6m)
- Hauteur trop faible (2m)



Réf. : Boulay, 1988.



5. Plantation en pleine lumière

✓ Cerfs, rongeurs et compétitions herbacées

CONTROL
REPELLENT
SCREENS

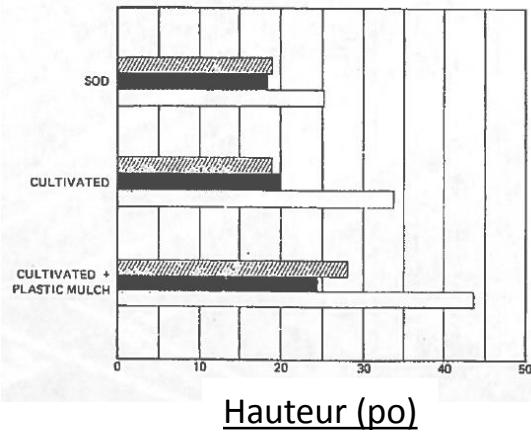


Figure 2.—Mean heights of sugar maple seedlings 4 years after planting under different protective and weed-control treatments.

CONTROL
REPELLENT
SCREENS

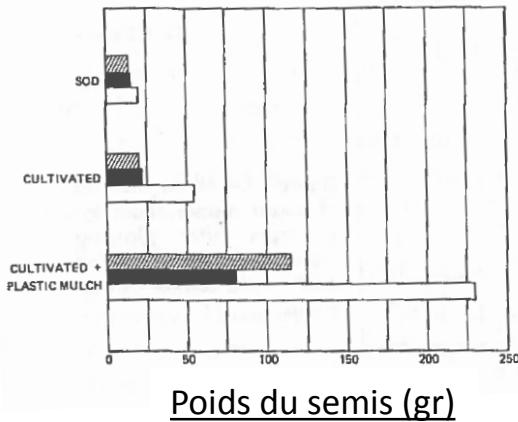


Figure 4.—Fresh stem weights of sugar maple seedlings 4 years after planting under different protective and weed-control treatments.

CONTROL
REPELLENT
SCREENS

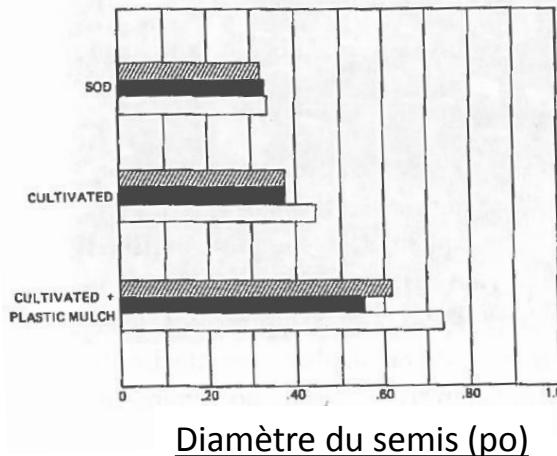


Figure 3.—Mean diameters of sugar maple seedlings 4 years after planting under different protective and weed-control treatments.

Légende

CONTROL
REPELLENT
SCREENS

- Control (sans antirongeur et protecteur)
- Antirongeur
- Protecteur
- Sans travail de sol et plastique
- Travail du sol
- Travail du sol + et paillis de plastique

Réf. : Yawney et Carl, 1970.

5. Plantation en pleine lumière

✓ Techniques de plantation et quelques trucs

- Bon rapport feuillage/racine
- Planter « petit »
- Planter « tôt ou tard » (mai ... ou septembre-octobre)
- Protéger les racines en tout temps (soleil, vent)
- Planter avec soin et compacter fermement alentour du plant
- Repousser les rongeurs et les cerfs
- Désherber... désherber...
- Teneur en sucre de la sève
- Maladie foliaire (Anthracnose, etc.)
- Défoliateurs (livrée des forêts, hétérocampe de l'érable, livrée d'Amérique, etc.)
- Suceurs (pucerons, cochenilles, etc.)
- Insolation et gélivure
- Mauvaise herbe
- Rongeurs (souris, mulot, lièvres, etc.)
- Cervidés
- Différents documents sur Internet (sur les techniques de plantation d'arbres ... les plus fiables sur le site Internet du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP)

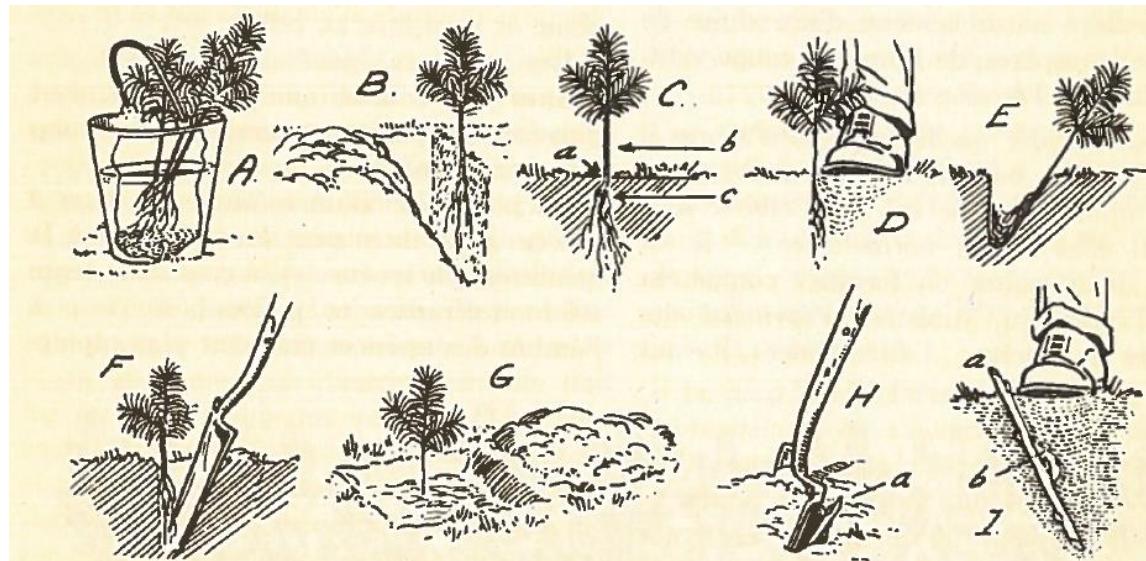
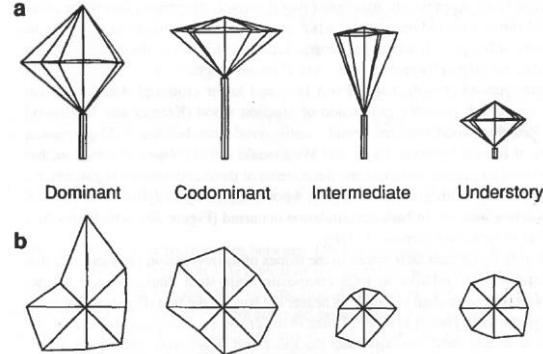


FIG. 51. A Avant d'être plantés, les petits arbres doivent être transportés dans une chaudière contenant un mélange d'eau et d'argile pour protéger les racines. B Avec une bêche ou une pelle, on fait un trou assez profond pour y insérer les racines. C Il faut tenir l'arbre droit et l'insérer (a) à la même profondeur qu'il était auparavant. Les arbres mourront ou auront de la difficulté à subsister s'ils sont insérés trop profondément ou si leurs racines sont exposées (c). D Après avoir rempli le trou de terre molle, il faut la presser fermement avec le pied afin de ne laisser aucune poche d'air dans le sol. E Les arbres mourront ou croîtront difficilement si leurs racines sont courbées dans un trou qu'on n'aurait pas creusé assez profondément; le plant ne doit pas être incliné. F Quand le sol est sableux, on peut planter dans une fente faite avec la pelle. G -Quand il y a beaucoup d'herbes et d'espèces nuisibles il est préférable de nettoyer une superficie de quelque 18 pouces carrés avant de planter. H Les boutures (a) sont insérées dans de légères fentes faites avec une pelle ou dans des trous faits avec un bâton, quand le sol est lâche. I -Les boutures (a) doivent être presque complètement enfouies dans le sol. On doit les mettre légèrement en pente pour qu'il soit plus facile de fouler la terre avec le pied afin de ne pas laisser de vides (b).



Plantation d'érables

**L'érable et son environnement :
ce que la science nous apprend**

6. Plantation en sous-bois



6. Plantation en sous-bois

✓ Le bon arbre au bon endroit

- **Sol bien drainé, profond, texture légère, *loam*, ... sol frais**
 - Planter des érables à sucre sur des buttes
- **Drainage imparfait ou mauvais et nappe phréatique plus haute, texture de sol lourde**
 - Planter des érables rouges
- **Très mal drainé, nappe phréatique très haute, drains agricoles loin**
 - Planter des érables argentés
- **Sol de type calcaire, modérément à bien drainé, sol riche à pH élevé**
 - Considérant le réchauffement climatique, possibilité de planter des érables noirs

6. Plantation en sous-bois

✓ Occupation de l'espace

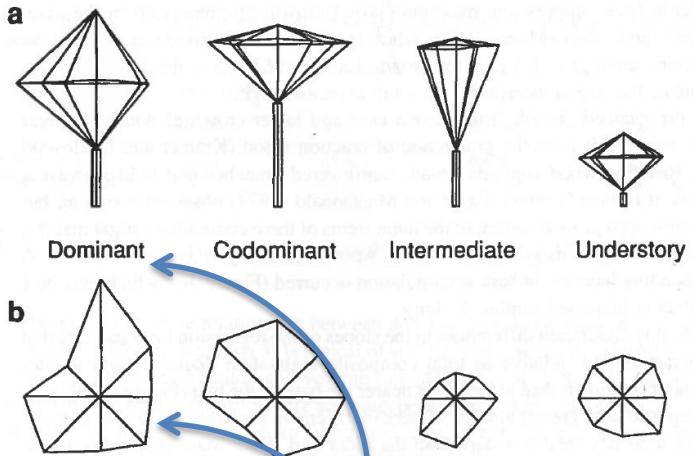
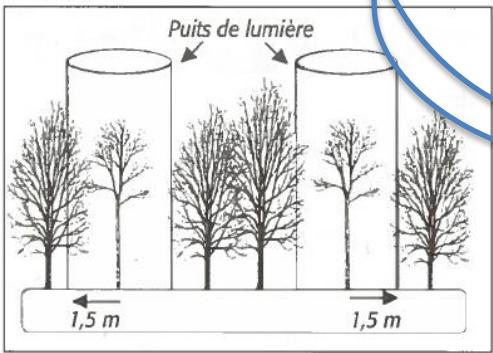
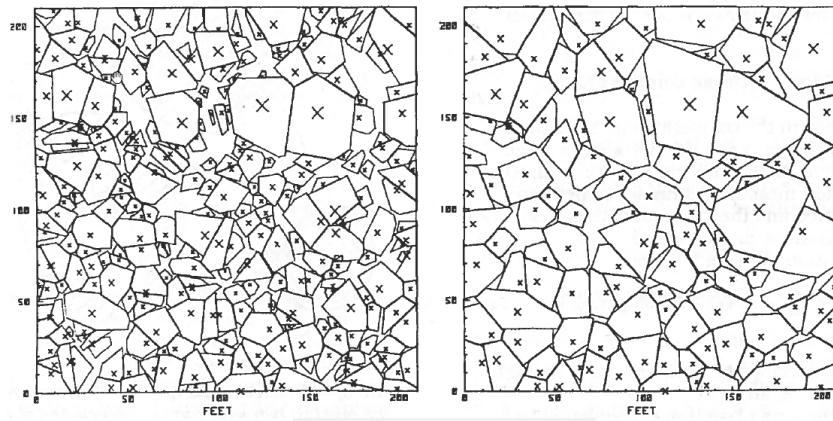


Figure 2. Three-dimensional crown architecture of typical sugar maple trees, for each of four crown classes: (a) typical crown profiles and (b) projected crown area determined from eight crown radii.

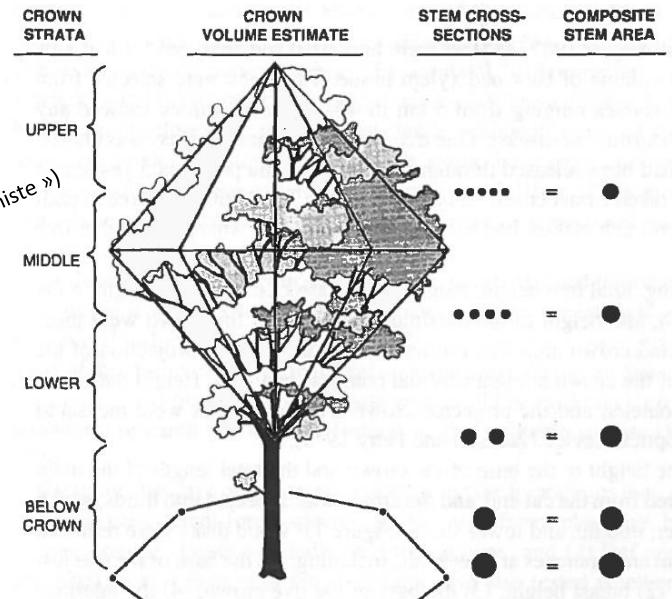


- Érable adolescent 4-7 po DHP
 - Moment idéal pour faire des puits de lumière

Dominance d'un arbre de deux manières :
 1- Hauteur (houppier étagé)
 2- Cime (large cime ou cime/branche « opportuniste »)



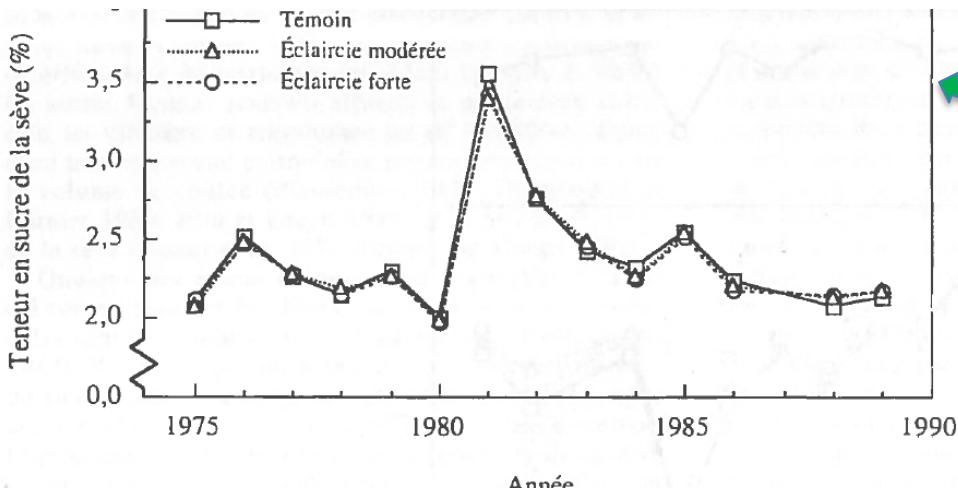
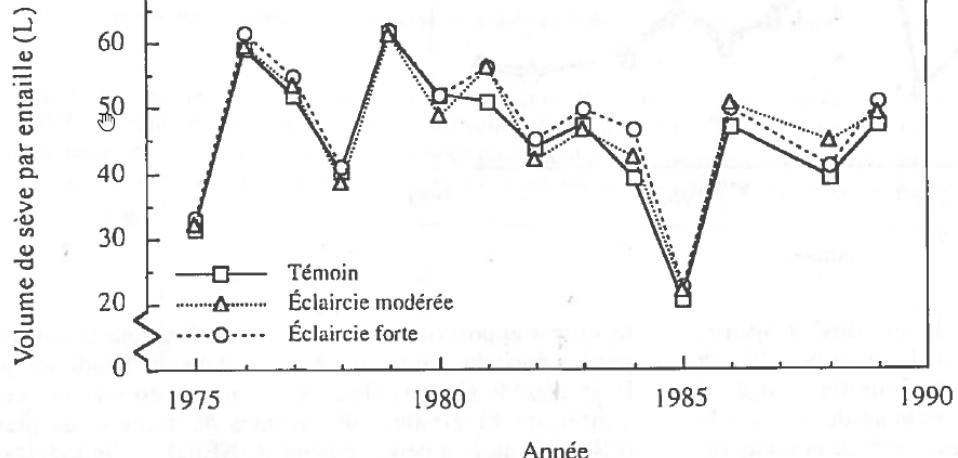
Réf. : Winsauer, 1992.



Réf. : Tucker et coll., 1993.

6. Plantation en sous-bois

✓ Érablière sucrière et coupe ...



Réf. : Pothier, 1995.



Avec aménagement – sans aménagement

- En résumé - Témoin, éclaircie modérée et forte
 - Aucune différence sur le volume de sève/entaille et la teneur en sucre de la sève
- Note - attention
 - Coupe acérico-forestière dans l'érablière sucrière vs coupe acérico-forestière dans l'érable rouge (plaine) ...

6. Plantation en sous-bois

✓ Érablière sucrière – coupe rase et forêt

TABLEAU 1. Moyennes d'accroissements des semis ligneux pour 1980 et 1981

Espèce	Accroissement en diamètre				Accroissement en hauteur				Nombre de feuilles	
	Coupe rase		Forêt		Coupe rase		Forêt			
	1980 (mm)	1981 (mm)	1980 (mm)	1981 (mm)	1980 (mm)	1981 (mm)	1980 (mm)	1981 (mm)		
Érable à sucre	3,12	2,83	1,16***	0,86***	211,9	238,5	84,8***	50,5***		
Bouleau jaune	8,23	7,39	3,94***	6,59	603,4	469,2	416,3***	336,9***		
Hêtre à grandes feuilles	4,27	3,65	1,43***	1,09***	153,3	203,2	121,8**	64,4***		

*Différence significative au seuil de 95% (**) et 99% (***)

Réf. : Bellefleur et Larocque, 1983.

TABLEAU 2. Moyennes de dénombrement foliaire des semis ligneux pour 1980

Espèce	Nombre de feuilles	
	Coupe rase	Forêt
Érable à sucre	22	7*** ^a
Bouleau jaune	196	62***
Hêtre à grandes feuilles	46	12***

*Différence significative au seuil de 99% (***) par rapport à la coupe rase.

Réf. : Bellefleur et Larocque, 1983.

TABLEAU 3. Densité, mortalité et natalité des semis ligneux entre le printemps 1980 et l'automne 1981 en coupe rase et en forêt

Endroit	Espèce	Densité au printemps 1980 (semis/ha) × 1000	Densité à l'automne 1981 (semis/ha) × 1000	Taux de mortalité sur 2 ans (%)	Taux de natalité sur 2 ans (%)	Taux de changement net (%)
Coupe rase	Érable à sucre	54	52	4,5	0,8	-3,7
Coupe rase	Bouleau jaune	22	14	38,9	2,5	-36,4
Coupe rase	Hêtre à grandes feuilles	37	36,5	4,7	3,3	-1,4
Forêt	Érable à sucre	445	390	17,4	5	-12,4
Forêt	Bouleau jaune	43	28	34,9	0	-34,9
Forêt	Hêtre à grandes feuilles	111	94	21,6	6,3	-15,3

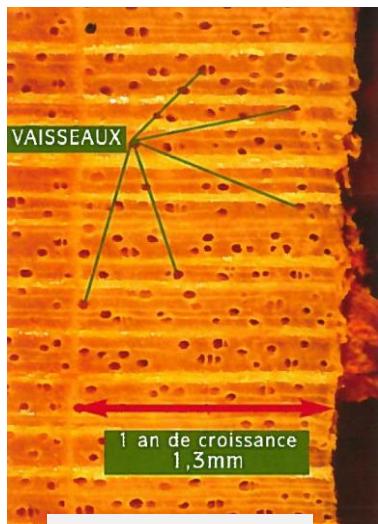
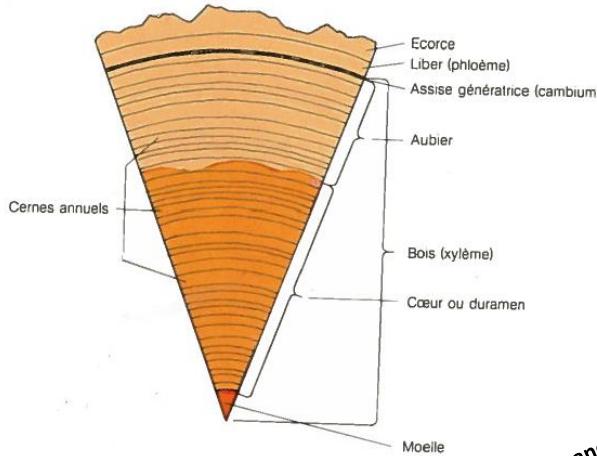
Réf. : Bellefleur et Larocque, 1983.

- **En résumé - Coupe rase et forêt**

- Nombre de feuilles 3x moindre en forêt
- Accroissement en hauteur et en diamètre moindre en forêt qu'en coupe rase
- Plus de semis/ha d'éryable en forêt
- Plus de mortalité en forêt

6. Plantation en sous-bois

✓ Type d'érablière - Degré-jour de croissance et aridité



Réf. : Guay, 2006.

Croissance
 « Autoroute de sève »...
 vs
 « chemin de terre de sève »...
 Quantité de sève
 Quantité de chemin'autoroute

Tableau 3.2 Principales entités écologiques du Québec méridional comportant des érablières à sucre avec leurs indices climatiques

Domaine de végétation	Sous-domaine de végétation	Degré-jour de croissance (Moyenne approximative)	Indice d'aridité (Moyenne approximative)
Érablière à caryer et érablière à tilleul		2 000	240
Érablière à tilleul et érablière à bouleau jaune	Érablière à tilleul	1 705	165
	Érablière à bouleau jaune	1 720	190
Érablière à bouleau jaune	Érablière à bouleau jaune	1 690	135
	Érablière à bouleau jaune et tilleul	1 475	160
Érablière à bouleau jaune et hêtre et érablière à bouleau jaune et tilleul	Érablière à bouleau jaune et tilleul	1 535	165
	Érablière à bouleau jaune et hêtre	1 535	135
	Érablière à bouleau jaune et sapin	1 405	155
	Érablière à bouleau jaune et sapin	1 420	175
Érablière à bouleau jaune et sapinière à bouleau jaune		1 330	140
Sapinière à bouleau jaune		1 235	110
Sapinière à bouleau blanc ou à érable rouge		1 290	95
Bétulaie jaune à sapin		1 305	120

Adapté de la carte des régions écologiques de Thibault et Hotte (1985).

Réf. : Ressources naturelles Canada, 1995 (ouvrage collectif).

6. Plantation en sous-bois

✓ Orientation du site et $^{\circ}\text{Brix}$ de l'eau d'ériable

➤ Étude de Côté et Ouimet, 1996.

- Peuplements d'érables à sucre sur les pentes sud et sud-ouest sont plus susceptibles aux stress hydriques et climatiques
- Par contre, ces peuplements d'ériable peuvent être les meilleurs pour la croissance
- Étude ... conditions du site vs $^{\circ}\text{Brix}$
- Étude américaine...

Table 1. Comparison of the average sugar per cents of open-grown and forest-grown trees on similar sites.

	Site conditions 	Mean sugar per cents		Difference of means Open-grown, Forest-grown
		Open-grown	Forest-grown	
1	East slope	2.85 ± .105		
2		1.46 ± .046		1.39 ± 0.11
3	Southwest slope	2.50 ± .053	1.88 ± .046	
4				0.62 ± 0.07
5	West slope	3.35 ± .081	2.31 ± .089	
6				1.04 ± 0.12
7	Flat, swampy	3.47 ± .102	2.40 ± .114	
8				1.07 ± 0.15
9	East slope	4.01 ± .198	2.23 ± .095	
10				1.78 ± 0.22
11	East slope	4.01 ± .198	2.22 ± .076	
12	North slope	3.54 ± .086	2.67 ± .065	
13				0.87 ± 0.11
14	Flat, moist	4.54 ± .138	2.83 ± .105	
15				1.71 ± 0.17
16	Southwest slope	2.89 ± .060	2.40 ± .062	
17				0.49 ± 0.09
18	West slope	3.89 ± .075	3.15 ± .048	
19				0.74 ± 0.09

It is evident that the open-grown trees yield sap of higher sugar content than forest-grown trees. This fact is further illustrated by a grouped comparison of all the open-grown plots and all the forest-grown plots as well as a comparison between roadside-grown trees and forest-grown trees.

6. Plantation en sous-bois

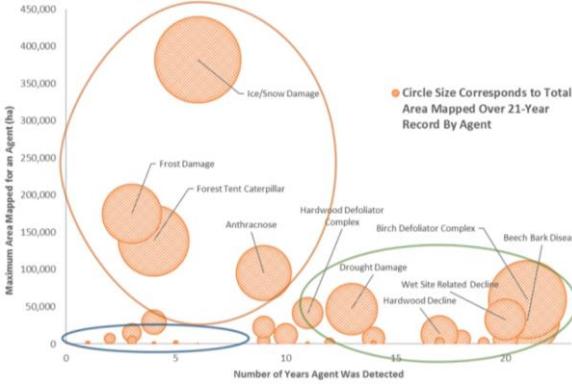
✓ En résumé

➤ Avant de planter

- Tenir compte des arbres semenciers déjà présents et réaliser des pratiques d'aménagement forestier facilitantes pour la germination des samares
- Tenir compte et favoriser la régénération naturelle

➤ Le cas échéant

- Planter en tenant compte des érables d'avenir déjà présents
- Toujours planter le bon arbre à la bonne place
 - Ex.: Un érable à sucre sur un microsite favorable (bosses), sol profond, bon drainage, texture légère
- Si utilisation de transplant, orienter le plant de la même manière que lorsqu'il a été prélevé (« dos » et « ventre » de l'éutable)
- Favoriser des plants issus de semence locale
- Mettre un ruban (flag) de couleur pour mieux suivre les érables plantés
- Etc.



Plantation d'érables

L'érable et son environnement : ce que la science nous apprend

7. Crédit d'érablières résilientes



7. Crédit d'érablières résilientes

✓ Changements climatiques et perturbations

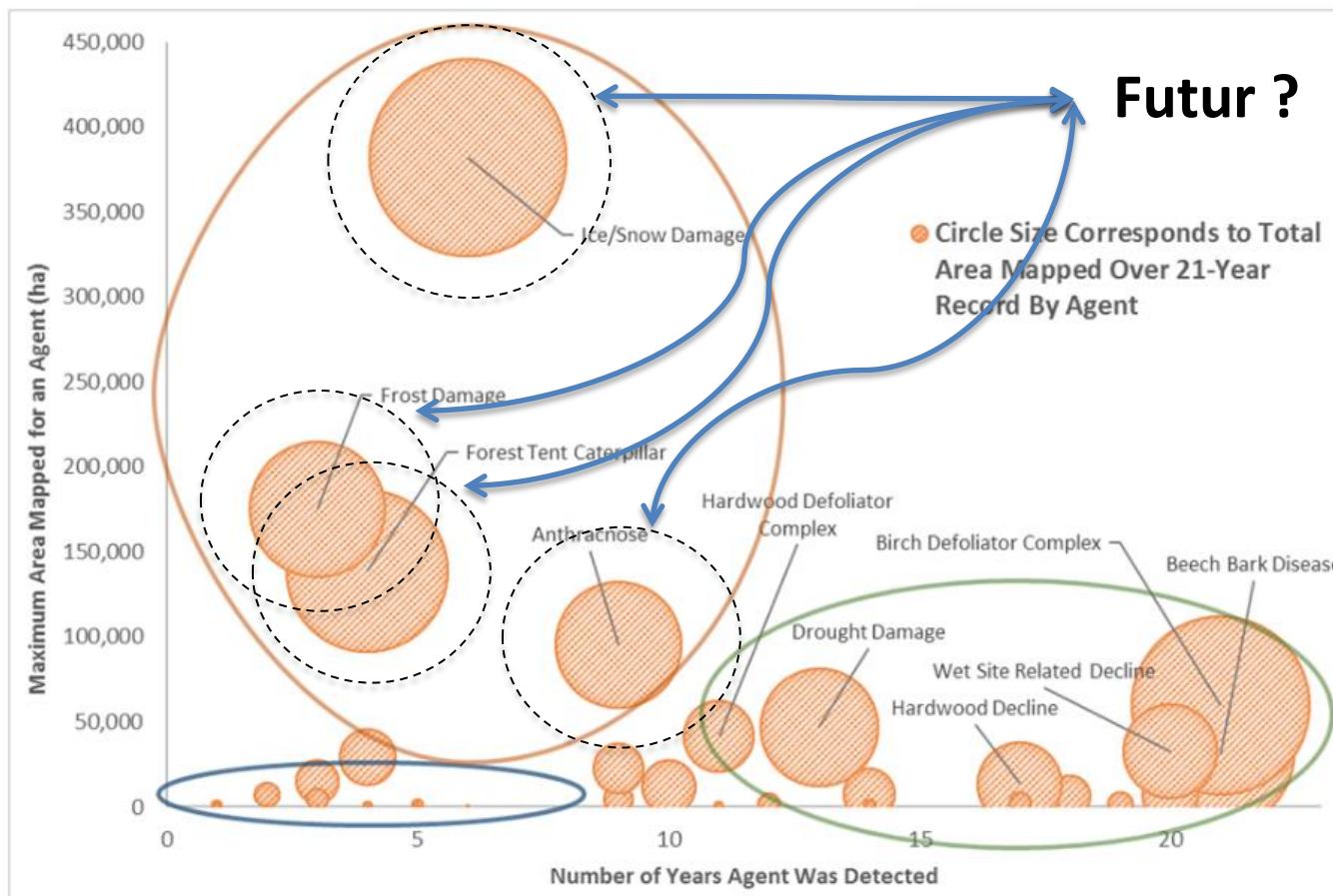


Figure 8. Mapped data points of the 58 different damage agents detected between 1995 and 2015. Damage agents are plotted by frequency of detection versus maximum extent mapped during aerial surveys, with point size corresponding to the total area recorded for that agent over the twenty-one-year period. The larger circles identify groupings of points into the MINOR (blue), CHRONIC (green) and EPISODIC (orange) categories described in the text.

Exemple tiré d'une présentation de Jared Nunery,
ingénieur forestier, forêt domaniale du Vermont

7. Crédit d'érablières résilientes

✓ Changements climatiques et perturbations anthropiques

➤ Pression plus grande sur les écosystèmes forestiers... quelques exemples

- Remontée de certaines espèces
 - Ex.: Tique à pattes noires, virus du Nil, dindon sauvage, ...
- L'homme
 - GES et carbone
 - Ex.: Positif... ? Pour les arbres
 - Transport par bateau
 - Ex.: Longicorne asiatique, agrile du frêne
- Stabilité d'un écosystème forestier
 - Températures, précipitations, « événements météo »,

➤ Des perturbations aux conséquences plus importantes ...

- Sévérité ... plus sévère ?
- Durée ... plus long ?
- Fréquence ... plus souvent ?
- Étendue ... plus étendue ?

7. Crédit d'érablières résilientes

✓ Changements climatiques et perturbations anthropiques

➤ Exemples d'éléments de changement ...

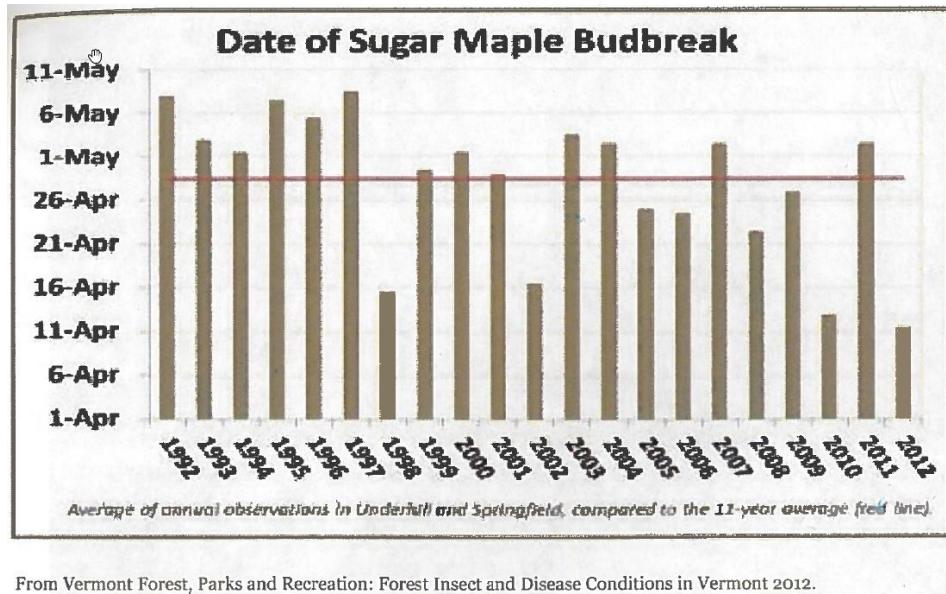
- Sécheresses prolongées
- Gelées tardives au printemps
- Adoucissement des températures pendant l'hiver
- Gelée profonde du sol en l'absence de neige
- Tempêtes de verglas
- Pluies acides (causant lessivage de cations de calcium, magnésium, potassium)
- Plus forte pluviosité aux intersaisons (risque d'inondation)
- Précipitations de neige plus importantes ou très variables d'une année à l'autre
- Diminution de la réserve en eau utile du sol
- Etc.

7. Crédit d'érablières résilientes

✓ Changements climatiques et perturbations anthropiques

➤ Exemples d'éléments de changement ...

- Bourgeons et débourrement ?



- Dépérissage ?

- Fougères acidophiles et régénération



7. Crédit d'érablières résilientes

✓ Changements climatiques et perturbations anthropiques

➤ Dépérissage - Ensemble de facteurs

- Facteurs prédisposants

- Génétique des espèces, génétique des individus
- Station (sol, texture, drainage, exposition)
- Aménagement (absence ou inadéquat)
- Mode d'exploitation (*surentaillage*, paraformaldéhyde)

- Facteurs déclenchants

- Insectes/maladies (livrée des forêts, chancres, etc.)
- Climat (sécheresse)
- Verglas
- Pollution et pluie acide

- Facteurs aggravants

- Insectes tertiaires (perceur, tremex, etc.)
- Maladies (armillaire, ...)

7. Crédit d'érablières résilientes

✓ Solutions dans un contexte de plantation d'érables

➤ Généralités

- « Prévenir plutôt que guérir »
- Consulter des spécialistes pour vous aider
 - Ex.: Diagnostic de santé d'érablières (ingénieur forestier)
- Aménagement forestier léger si déjà une érablière exploitée pour le sirop et stabilité dans l'érablière
- Choix des érables d'avenir
- Choix des espèces compagnes d'avenir
- Études des groupes d'espèces indicatrices
- Attention au sol et au système racinaire

➤ Système racinaire

- Planter/choisir des espèces compagnes ayant des racines complémentaires
 - Aller chercher le maximum du sol (éléments nutritifs, eau), tout en continuant de l'enrichir
 - Entrelacer les racines pour une meilleure stabilité... face au chablis
 - Etc.

7. Crédit d'érablières résilientes

✓ Solutions dans un contexte de plantation d'érables

➤ Cime, houppier et feuilles

- Planter/choisir des espèces compagnes ayant une architecture aérienne complémentaire
- Générer le maximum d'oligo-éléments pouvant être absorbés par les érables par la suite (ex.: feuilles, rameaux, etc.)
- Permettre au sol de rester frais
- Etc.

Exemples

- Tilleul et caryer comme fertilisant
- Érable rouge de qualité pour entaillage lorsque l'érable à sucre est affectée par la livrée des forêts par exemple
- Favoriser une structure de cime qui est horizontale et verticale (houppier)
- Créer de petites trouées pour la régénération
- Favoriser des arbres de multiples classes d'âge
- Des chicots, des arbres avec cavités pour la faune et la microfaune
- Etc.

7. Création d'érablières résilientes

✓ Vision de Von Althen (1988)

Avantages d'une plantation d'érables

- Augmentation du rendement en sirop/ha
- Plantation entière est dédiée à l'espèce ayant le plus de valeur monétaire
- Moins coûteuse à mettre en place et à entretenir
- Plus facile à entailler

Désavantages d'une monoculture

- Haut taux d'échec de plantation est largement attribuable aux monocultures
 - *Plusieurs essences de bois dur sont très exigeantes et par conséquent croient bien seulement sur un nombre de sites limités. Sur la plupart des sites, les propriétés du sol, l'humidité et la profondeur du sol varient grandement. Par conséquent, seulement une certaine partie de l'espace disponible pourra être utilisée par une espèce.*

Avantage des plantations mixtes

- Plusieurs essences de bois dur sont très exigeantes et par conséquent croient bien seulement sur un nombre de sites limités. Sur la plupart des sites, les propriétés du sol, l'humidité et la profondeur du sol varient grandement. Donc, il serait possible d'optimiser la plantation afin de planter des espèces sur des microsites appropriés. Si les caractéristiques des microsites ne sont pas connues, planter plusieurs essences signifie que certaines essences vont profiter plus que d'autres du site. La mauvaise croissance d'une essence pourrait être compensée par la bonne croissance d'une autre essence.
- Les plantations mixtes ont comme avantage d'être moins susceptible aux dévastations par les insectes et les maladies
- Plus grande valeur pour la faune
- Plus intéressant d'un point de vue esthétique
- Etc.

7. Crédit d'érablières résilientes

✓ Quelques exemples de plantations mixtes avec érables

- Minimum : 2 genres botaniques différents et 3 espèces
- Idéal : 4-5 genres botaniques différents et plus de 7 espèces

Exemple 1

- Érable à sucre: 50 %
- Érable rouge: 20 %
- Bouleau jaune: 10 %
- Ostryer de Virginie: 10 %
- Aulne rugueux (humide): 10 %

Exemple 2

- Érable à sucre: 30 %
- Érable rouge : 20 %
- Érable noir : 15 %
- Caryer cordiforme : 10 %
- Tilleul d'Amérique : 10 %
- Ostryer de Virginie : 10 %
- Aulne rugueux et sec : 5 %

Exemple 3

- Érable à sucre: 45 %
- Érable rouge: 25 %
- Tilleul d'Amérique: 5 %
- Bouleau jaune: 5 %
- Ostryer de Virginie: 5 %
- Chêne rouge : 5 %
- Aulne crispé (sec): 10 %

• Etc.

Conclusion

- **Le bon arbre au bon endroit**
 - Consulter un professionnel/conseiller acéricole avant vos décisions/actions
- **Imiter la nature avec une compréhension raisonnée de celle-ci**
 - Maintenir et créer des écosystèmes (érablières) résilients face aux perturbations du futur
- **Anticiper l'avenir...**
 - Sirop d'érable est un produit naturel... provenant d'un écosystème naturel...
 - La mise en marché du futur devra assurément respecter les exigences du client (« *Market driven* »)...



MERCI !

... et bonne saison des sucres!



**David Lapointe, ingénieur forestier
MAPAQ-Centre-du-Québec**

Québec ■ ■

Références utilisées pour cette présentation (1de4)

Bellefleur, P. et Larocque, G. (1983). *Comparaison de la croissance d'espèces ligneuses en milieu ouvert et sous couvert forestier.* Canadian Journal of Forest Research. Vol 13 : 508-513.

Boulay, Y. (1988). *Protection des plants forestiers contre les chevreuils et les cerfs.* Forêt-entreprise. N° 55. Octobre-novembre 1988. 32 p.

Boulet, B. et Huot, M. (2013). *Le guide sylvicole du Québec. Les fondements biologiques de la sylviculture.* Les publications du Québec. Tome 1. Gouvernement du Québec. 1011 p.

Blum, B.-M. (1973). *Relation of sap and sugar yields to physical characteristics of sugar maple trees.* Vol 19. Number 3: 175-179.

Cadorette, P. (2007). *Sylviculture de l'érablière. Pour une production soutenue de sève périodique de bois d'œuvre.* Conseillers forestiers de la région de Québec inc.. 64 p.

Côté, B. (1995). *La monoculture d'érable et l'acidification des sols.* pp. 72-77.

Côté, B. et Fyles, J. W. (1993). *Nutrient concentration and acid-base status of leaf litter of tree species characteristic of the hardwood forest of southern Quebec.* Canadian Journal of Forest Research. Vol 24. 5 p.

Côté, B. et Ouimet, R. (1996). *Decline of the maple dominated forest in southern Québec : impact of natural stresses and forest management.* Environnemental Review. 4 : 133-148.

Darby, D. (2018). *Optimisation du rendement en sirop d'une érablière à sucre. Projet de fin d'études en aménagement présenté à MM. Alexis Achim et Rock Ouimet.* Département des sciences du bois et de la forêt. Faculté de Foresterie, de Géographie et de Géomatique. Université Laval. 22 p.

Drénou, C. (2006). *Les racines : face cachée des arbres.* Institut pour le Développement Forestier. 335 p.

Gallet, C. et Pellissier, P. (2002). *Interactions allélopathiques en milieu forestier.* Revue forestière française. pp. 567-576.

Gauthier, M.-M. et Guillemette, F. (2018). *L'apparence de l'écorce peut-elle refléter la croissance d'un arbre ? Avis de recherche forestière.* Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec. Avis de recherche forestière n°105, mai 2018.

Girard, S., Armand, G., Vidal, C. et Appert, A. (2006). *Effet d'un accompagnement d'aulnes sur la croissance et le développement d'alisiers et d'érables.* Forêt-Entreprise n°170-Septembre 2006.

Références utilisées pour cette présentation (2de4)

- Graham, B.F. et Bormann, F.H. (1966). *Natural root grafts*. The Botanical Review. pp. 255-285.
- Grenier, Y. (2008). *Vers la formulation de nouvelles normes d'entailage pour conserver la production acéricole à long terme*. Volet B : détermination du nombre d'entailles par arbre. Centre ACER. Rapport final. 27 p.
- Guay, S. (2006). *L'érablière sucrière*. Écologie – entailage – aménagement. 83 p.
- Guillemette F., et Tremblay, S. (2016). *Les choix sylvicoles pour l'aménagement des érablières*. Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Présentation powerpoint réalisée dans le cadre des journées acéricoles du MAPAQ.
- Institut pour le développement forestier. (1990). *Boiser une terre agricole*. Avec le concours financier de l'Association Nationale pour le Développement Agricole. 64 p.
- Kriebel, H.B. (1990). *Genetic improvement of sugar maple for high sap sugar content*. II. Relative effectiveness of maternal and biparental selection. Canadian Journal of Forest Research. Vol. 20 : 837-844.
- Lamson, N.I. et Smith, H.C. (1978). *Response to crop-tree release : sugar maple, red oak, black cherry and yellow poplar saplings in a 9-year old stand*. Forest service research paper NE-394. Forest Service. USDA. Northeastern forest experiment station. 8 p.
- Larouche, C., Guillemette, F., Raymond, P. et Saucier, J.-P. (2013). *Le guide sylvicole du Québec. Les concepts et l'application de la sylviculture*. Les publications du Québec. Tome 2. Gouvernement du Québec. 709 p.
- La Semaine Verte. (2017). *L'Homme qui plantait des érables*. Reportage sur M. Marcel Faucher. Radio-Canada. 13 octobre 2017.
- Lev-Yadum, S. (2011). *Why should trees have natural root grafts?* Tree Physiology 31: 575-578.
- Lupien, P. (2006). *Des feuillus nobles en Estrie et au Centre-du-Québec*. Guide de mise en valeur. Association forestière des Cantons de l'Est. 233 p.
- Lupien, P. (2008). *Conduites sylvicoles dans les zones feuillues et mixtes du Québec*. Guide d'accompagnement. Fonds d'information de rechercher et de développement de la forêt privée mauricienne. Syndicat des producteurs de bois de la Mauricie. 364 p.
- Marvin, J.W., Morselli, M. et Laing, F.M. (1967). *A correlation between sugar concentration and volume yields in a sugar maple – an 18 year study*. Forest Science. Volume 13, number 4: 346-351.

Références utilisées pour cette présentation (3de4)

Millet, J. (1958). *L'architecture des arbres des régions tempérées : son histoire, ses concepts, ses usages*. 397 p.

Ministère du Développement durable, de l'Environnement et de la Lutte contre les Changements climatiques. (2017). *Arbres et arbustes à utiliser pour la végétalisation des terrains réhabilités par analyse de risque*. 34 pages.

Morrow, R. R. (1954). *Influence of tree crows on sap production*. Agricultural Experiment Station. Cornell University. 16 p.

Northeastern forest experiment station. (1971). *Some correlations between sugar maple tree characteristics and sap and sugar yields*. Forest Service. USDA. 4 p.

Ouimet, R. et Camiré, C. (1994). *Foliar deficiencies of sugar maple stands associated with soil cation imbalances in the Quebec Appalachians*. Canadian Journal of Soil Science. pp. 169-175.

Paquette, A. et Messier, C. (2010). *The effect of biodiversity on tree productivity : from temperate to boreal forests*. Global Ecology and Biogeography, 2011, 20: 170-180.

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*. Canadian Journal of Forest Research. 25 : 1815-1820.

Pothier, D. (1996). *Accroissement d'une érablière à la suite de coupes d'éclaircie : résultats de 20 ans*. Canadian journal of forest research. 26 : 543-549.

Ressources naturelles Canada. (1995). *Collectif : L'érable à sucre. Caractéristiques, écologie et aménagement*. Ouvrage collectif. Service canadien des forêts. Gouvernement du Québec. Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec. Ministère des Ressources naturelles. 394 p.

Scott, A., et Chamberland, E. (1962). *Essai de fertilisation des érables à sucre*. Experience No. LA-53-46. Essai réalisé grâce aux subventions du Conseil de recherches. Ministère de l'Agriculture. 29 p. et Appendices.

Stevenson, Donald D. et Bartoo, R. A. (1940). *Comparison of the sugar per cent of sap in maple trees growing in open and dense groves*. The Pennsylvania state forest school. 4 pages.

Taylor, F.H. (1956). *Variation in sugar content of maple sap*. Agricultural Experiment Station. University of Vermont and State Agricultural College. March 1956, bulletin 587. 39 p.

Tucker, G.F., Lassoie, J.P., et Fahey, T.J. (1993). *Crown architecture of stand-grown sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) in the Adirondack Mountains*. Tree Physiology. 13: 297-310.

Références utilisées pour cette présentation (4de4)

Vermont Maple bulletin, 2017. 06 avril au 1^{er} mai 2017.

Vézina, S. (2003). *Accroissement en diamètre par essence*. Ministère des Ressources naturelles. Québec.

Von Althen, F.W. (1988). *Effects of spatial arrangement in mixed-species harwood plantations*. Canadian Forestey service.

Von Althen, F.W. (1990). *Guide relatif à la plantation des bois durs sur des terres agricoles abandonnées au sud de l'Ontario*. Forêts Canada. 90 p.

Wendel, G.W. et Gabriel, J. (1980). *Sugar maple provenance study : West Virginia Outplanting – 10 years results*. Forest service research paper NE-460. USDA. Northeastern forest experiment station.

Winsauer, S.A. et Mattson, J.A. (1992). *Calculating competition in thinned northern hardwoods*. USDA. Forest Service. North Central Forest Experiment Station. Research paper NC-306. 10 p.

Yawney H.W. et Carl, C.M. Jr. (1970). *A sugar maple planting study in Vermont*. USDA. Northeastern forest experiment station. 14p.

Unités de mesure et équivalence

- **1 hectare (ha) = 2,47 acres = 2,92 arpents² = 2 terrains de football**
- **1 cm = 0,394 pouces 1 po = 2,54 cm**
- **1 mètre = 3,28 pied 1 m² = 10,76 pi²**
- **1 gallon de sirop = 13,2476 lbs de sirop = 8 cannes de 540 ml (env.)**
- **1 livre de sirop = 343 ml de sirop**
- **1 canne de sirop (540 ml) = 1,57 lbs de sirop**
- **1 baril de 32 gallons = 424 lbs**
- **247 entailles/ha = 100 entailles/acre**
- **1000 lbs de sirop/ha = 405 lbs de sirop/acre**