



LA CONDUITE DE CIME D'ARBRES EN MILIEU URBAIN : UNE EXPERIMENTATION SUR LA COHABITATION DES ARBRES AVEC LE RESEAU ELECTRIQUE

Rapport **FINAL**
Année 2009

Présenté à **Christian Buteau *ing. f.***
Gestion de la végétation - Équipe planification
Montréal, Laval-Mille-Iles, Lanaudière

Pour Hydro-Québec Distribution



Décembre 2009



EQUIPE DE REALISATION UQO-IQAFF*

Coordonnateurs scientifiques et de rédaction : Sylvain Delagrange, Ph.D.
Alain Paquette, Ph.D.

Équipe technique : Bastien Lecigne
Marie-Odile Noël

*UQO-IQAFF : Université du Québec en Outaouais -Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue, 58 Principale, Ripon, Québec, J0V 1V0
Tél : 819-983-6589 ; Fax : 819-983-6588
Courriel : iqaff@iqaff.qc.ca
Site internet : www.iqaff.qc.ca

Pour citation :

Delagrange S. et Paquette A. 2009. La conduite de cime d'arbre en milieu urbain : une expérimentation sur la cohabitation des arbres avec le réseau électrique. UNIVERSITE DU QUEBEC EN OUTAOUAIS-Institut québécois d'Aménagement de la Forêt feuillue, Ripon, Québec. Rapport Final. 37 p + Annexes.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Diane Bergeron et Gilles Landry (Arrondissement de Rosemont – La Petite-Patrie) pour leur aide dans la recherche des individus cibles et l'élaboration de la méthodologie. Nous tenons également à remercier Christian Buteau et Martine Hamel (Hydro-Québec Distribution) pour leurs précieux commentaires dans la réalisation de ce projet. Nous remercions également chaleureusement les jardiniers de la ville de Montréal (Arrondissement de Rosemont – La Petite-Patrie) pour leur patience et leur professionnalisme dans l'installation du dispositif. Bastien Lecigne a réalisé un important travail de développement technique et de suivi des installations au cours de son stage à Montréal. Il a de plus réalisé les illustrations de ce rapport. Marie-Odile Noël a réalisé une grande partie des mesures de fin de saison et le suivi de la santé des arbres pendant l'été 2009. Alain Paquette était supporté par une bourse postdoctorale MITACS pendant la réalisation de ces travaux.

Table des matières

REMERCIEMENTS	III
RESUME	1
I. CONTEXTE ET GRANDES LIGNES DE L'ETUDE	2
II. REVUE DE LITTERATURE	3
<i>II.A. Généralités sur le développement de la cime des arbres.....</i>	<i>3</i>
<i>II.B. Techniques d'intervention sur la cime d'arbres juvéniles.....</i>	<i>7</i>
II.B.1. La taille	8
II.B.2. La conduite de cime	12
II.B.3. Les méthodes mécaniques	15
III. PRESENTATION DE L'EXPERIMENTATION	20
<i>III.A. Choix de la méthode</i>	<i>20</i>
<i>III.B. Présentation de la structure métallique</i>	<i>22</i>
<i>III.C. Installation et fonctionnement de la structure guide</i>	<i>24</i>
<i>III.D. Choix du quartier et des espèces</i>	<i>27</i>
IV. MESURES ET CONCLUSIONS SUR L'ANNEE D'INSTALLATION	28
<i>IV.A. Effectifs de l'expérimentation.....</i>	<i>28</i>
<i>IV.B. Effet de l'installation du dispositif.....</i>	<i>29</i>
V- PLAN DE COMMUNICATION	32
REFERENCES	33
ANNEXES	37

Résumé

Après avoir réalisé une revue de littérature, une méthode visant à conduire la cime d'arbres juvéniles vers une architecture adaptée au réseau électrique montréalais a été développée et mise en place dans un arrondissement de la ville de Montréal. L'appareillage retenu est une structure métallique en Y ancrée dans le sol au pied de l'arbre et lui permettant de développer une cime en forme de V. Cette structure est fixée rapidement après la plantation des arbres pour minimiser le nombre d'interventions à faire pour obtenir la cime en forme de V. Cette approche, testée sur deux essences d'arbres (le frêne rouge et l'érable de Norvège) vise à augmenter la santé et donc la survie des arbres, tout en garantissant une cime qui nécessitera moins d'interventions à long terme et permettra d'augmenter la sécurité du public et des employés d'Hydro-Québec. Au sein de notre dispositif expérimental, deux groupes d'arbres témoins ont été mis en place, un poussant en dehors des lignes électriques et l'autre poussant sous les lignes mais dont la cime est aménagée de façon habituelle. Un suivi de la croissance et de la santé de l'ensemble des individus a été ensuite fait et est présenté dans ce document.

I. Contexte et grandes lignes de l'étude

A Montréal, comme dans toutes les grandes villes, la gestion de la végétation arborescente autour du réseau électrique est une condition *sine qua non* pour garantir la sécurité du public et des travailleurs d'Hydro-Québec. Dans l'ensemble, cette gestion consiste en l'élagage des branches qui pourraient entrer en contact avec les lignes électriques de moyenne tension. Actuellement, Hydro-Québec et la Ville de Montréal sont activement à la recherche de nouvelles techniques de gestion de la végétation urbaine qui (i) favoriseraient une diminution du prélèvement de cime, (ii) minimiseraient l'impact sur la santé des arbres et (iii) diminueraient les coûts d'opération. Une des voies de développement réside dans une intervention précoce (sur les jeunes individus n'ayant pas encore subi de taille ou d'élagage) afin de façonner une cime plus compatible avec le réseau électrique.

C'est dans cette perspective que nous avons réalisé une revue de littérature dans le but d'identifier les différentes techniques permettant la conduite de cime d'arbres. Ensuite, à partir de cette revue de littérature, nous avons développé un appareillage adapté à de jeunes arbres afin de leur permettre de construire une cime mieux adaptée au réseau électrique de la ville de Montréal. Finalement, nous avons mis en place un essai technique de cet appareillage dans un arrondissement de la ville de Montréal (Rosemont – La Petite Patrie). Mis en place à l'été 2009, nous présentons ici les premières mesures réalisées dans le cadre du suivi de croissance et de la surveillance sanitaire qui sera aussi poursuivie au cours des prochaines années.

II. Revue de littérature

II.A. Généralités sur le développement de la cime des arbres

L'importance du développement architectural des arbres pour leur survie et leur performance provient du fait qu'ils doivent acquérir leurs ressources à partir d'un point fixe (point d'ancrage des racines). Sous cette contrainte, les arbres ont l'obligation d'explorer verticalement leur environnement afin de capturer les ressources (CO₂, O₂ et lumière) qui leur sont nécessaires (Hallé 1999). Pour cela, l'arbre accumule en permanence des unités de croissance lignifiées (le bois) qu'il superpose afin d'obtenir une structure rigide et durable (contrairement aux autres végétaux annuels ou bisannuels qui ne produisent pas de lignine). Ainsi, au cours de leur développement, les arbres accumulent une quantité exponentielle de biomasse ligneuse puisque pour chaque nouvelle unité de croissance produite au sommet de l'arbre, des tissus de soutien et de transport doivent être produits tout au long des branches, du tronc et des racines (Shinozaki et al. 1964).

Aujourd'hui, l'appréciation et l'analyse du développement architectural des arbres à fort déploiement sont en plein essor avec l'avènement de techniques de mesure de plus en plus sophistiquées (Sinoquet et Rivet 1997, Pearcy 2005, Barthélémy et Caraglio 2007, Côté et al. 2009). Ces nouvelles méthodes de détection ajoutées à la connaissance déjà accumulée en botanique depuis près de 40 ans (e.g., Hallé et Oldeman 1970, Oldeman 1974, Edelin 1981, Nicolini 1998) ont d'ailleurs permis de mettre en évidence l'importance de ce développement architectural sur la performance des individus. En effet, il a été révélé que le développement architectural des arbres dans un espace tridimensionnel était notamment relié à leur succès de régénération, de reproduction, à leur potentiel de croissance ou encore pouvait conditionner leur conduction hydraulique (e.g., Meinzer 2003, Pearcy 2005, Delagrange et al 2006).

Sous une perspective évolutive, chaque espèce d'arbre a développé différents modèles d'architecture afin d'explorer, de maximiser et de s'adapter aux différents environnements dans lesquels elle croît. Ces modèles peuvent être regroupés en une

vingtaine de types (Hallé et al. 1978) et sont applicables tant pour les espèces tropicales que tempérées, feuillues ou résineuses (Millet et al. 1999, Barthélémy et Caraglio 2007). La connaissance du modèle architectural d'un arbre peut être importante car ce modèle définit la forme et le volume occupé par la cime dans sa capture de ressources et cela tout au long de son développement. Cependant, il existe des classifications beaucoup plus simples, basées sur la morphologie (i.e. la forme) de la cime qui peuvent être utilisées. Par exemple, la classification par silhouette :

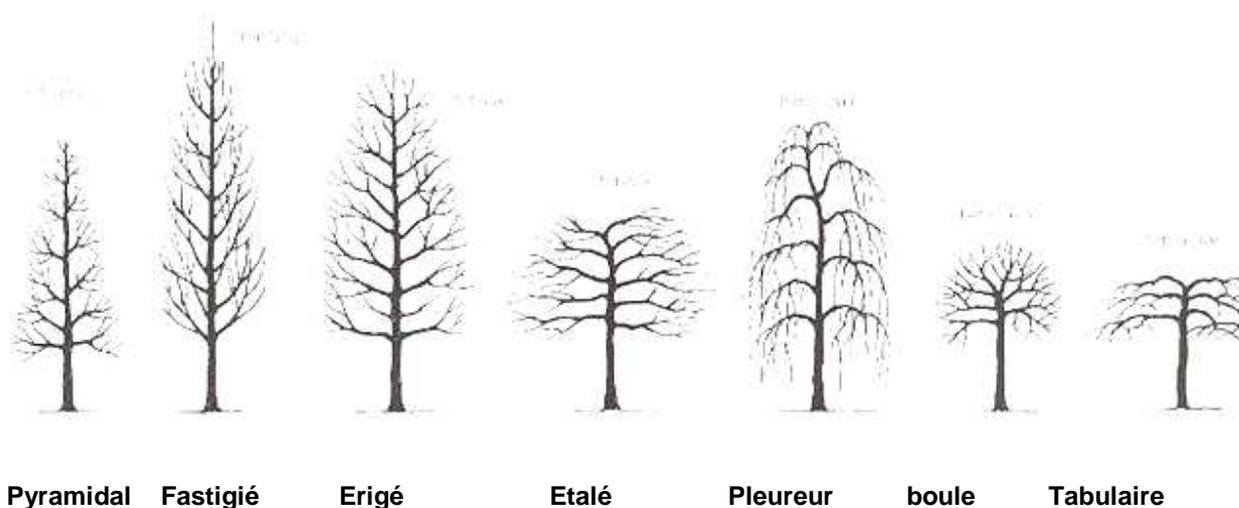


Figure 1 : Principales morphologies de cime décrites dans la classification par silhouettes (tiré de De Leval 2007).

Dans un contexte urbain et d'arbres à fort déploiement (et dont la croissance devra être occasionnellement contrôlée), les modèles de développement des arbres peuvent être observés en portant un regard sur trois concepts importants : (i) les processus de croissance, (ii) les patrons de branchaison et (iii) la morphologie des unités de croissance (cf. Barthélémy et Caraglio 2007).

- D'abord, les processus de croissance seront importants car ils définissent la vitesse de croissance (rapide, lente) et le mode de croissance (déterminée, indéterminée, rythmique ou continue, sympodiale ou monopodiale). Suivant ces combinaisons de

critères, il sera possible d'attendre différents déploiements de la cime selon les espèces.

- Ensuite, le patron de branchaison doit être considéré afin de savoir comment s'organise la croissance dans la cime. Ici interviennent la disposition et le nombre de bourgeons, l'angle d'insertion des branches ainsi que les processus de dominance apicale (croissance latérale vs apicale, acrotonique vs basitonique). Cette information est aussi très importante lorsque l'on considère l'impact d'un élagage, d'un émondage ou d'une taille de formation sur la morphologie de la cime et la réponse de la croissance à ce traitement.
- Finalement, la morphologie des unités de croissance (directionnalité, longueur, symétrie) va également être très informative de la morphologie générale de la cime et de sa réponse après l'application d'un traitement de réduction de cime. Ici, les concepts d'orthotropie, de plagiotropie et de symétrie radiale et bilatérale vont être les principales caractéristiques à suivre (cf. Barthélémy et Caraglio 2007).

Il existe une autre notion importante vis-à-vis du développement architectural des arbres. Il est important de reconnaître que si la morphologie des cimes est grandement déterminée par la génétique des espèces, dans un milieu urbain où la capture des ressources aériennes est rarement limitante, cette morphologie se développera avec moins de contraintes et donc moins de différences entre espèces (Valladares et al. 2002, Delagrangue et al. 2006). De même, l'optimisation de l'occupation de l'espace sera un autre processus gouvernant le développement de la cime dans un tel milieu et cela chez toutes les essences. L'arbre ayant peu de contraintes physiques au développement (arbre voisin, mur, etc.) aura tendance à optimiser l'occupation des espaces libres, ou libérés par un traitement de réduction de cime.

Table 1 : Lexique de termes associés au développement architectural des arbres.

Contexte de l'emploi	Terme	Définition
Croissance	déterminée	La croissance est arrêtée par la mort du bourgeon terminal (surtout chez les plantes annuelles et biennuelles).
	indéterminée	La croissance peut potentiellement se poursuivre chaque année via le prolongement de la tige par un bourgeon apical et/ou latéral (le cas des arbres).
	rythmique	Le développement de l'unité de croissance se fait par section répétée (plus ou moins nombreuses selon l'espèce et les conditions environnementales - le cas des érables et des chênes).
	continue	Le développement de l'unité de croissance se fait en une seule section plus ou moins grande selon les conditions environnementales (le cas des bouleaux et des peupliers).
Morphologie de cime	acrotonique	 <p>Les branches se développent préférentiellement au sommet de la tige.</p>
	basitonique	 <p>Les branches se développent principalement à la base de la tige.</p>
Morphologie de l'unité de croissance	orthotrope	La croissance de l'axe à une tendance verticale (dirige la croissance vers le haut)
	plagiotrope	La croissance de l'axe à une tendance horizontale (dirige la cime vers une croissance latérale)

II.B. Techniques d'intervention sur la cime d'arbres juvéniles

L'expérience actuelle de conduite d'arbres urbains soumis à la contrainte des réseaux électriques se limite à certaines techniques très utilisées mais assez peu documentées, soit :

- La taille de formation afin d'adapter l'arbre au réseau, tout en le laissant se développer en port semi-libre (PUCF 2007a, 2007b).
- La conduite en port architecturé (Boutaud 2003)
- L'utilisation de régulateur de croissance (Arron et al. 1997)
- Le choix d'une essence à faible développement (Appleton et al. 1997)
- Le choix d'une essence adaptée à la distance et la hauteur du réseau électrique présent (Hydro-Québec 2000).

La dernière solution, bien que certainement souhaitable et déjà utilisée à Montréal dans certaines situations sous la forme de conseil de plantation (Le bon arbre au bon endroit, Hydro-Québec 2000), ne sera pas évaluée ici¹. L'objectif étant plutôt de répertorier les techniques existantes de conduite de cime d'arbres (qu'elles soient utilisées en arboriculture urbaine ou pas (e.g. bonsaï) afin d'identifier ou d'élaborer de nouvelles façons de procéder qui pourront être mises en pratique à Montréal sur de jeunes arbres d'espèces à fort déploiement. L'utilisation de régulateur de croissance ne fait pas non plus l'objet de la présente étude.

¹ D'autres projets sont en cours chez Hydro-Québec et à la Ville de Montréal, notamment sur l'utilisation d'espèces à faible déploiement.

II.B.1. La taille

II.B.1.a. La taille de formation

Cette technique s'applique sur les plus jeunes arbres en vue de leur conférer une cime adaptée à différents besoins. Généralement, cette technique est appliquée en vue d'augmenter l'aspect sanitaire de l'arbre, mais aussi la qualité de la tige (élimination des fourches, correction de la flèche) (Hubert et Courraud 1987). Cette technique est principalement utilisée chez les essences feuillues où elle peut même parfois anticiper l'opération d'élagage (Schutz 1990).

En arboriculture ou dans un contexte urbain, la taille de formation consiste à adapter la cime de l'arbre, dès son plus jeune âge, au site dans lequel il est voué à se développer. Elle peut être réalisée rapidement après sa plantation et elle doit être habituellement répétée afin que la forme de l'arbre corresponde parfaitement au milieu environnant. Lorsque l'arbre est plus âgé, on parle de taille d'entretien, laquelle, comme son nom l'indique, a pour but de garantir un maintien de l'architecture mise en place. Pour garantir ou maximiser une pérennité de l'aspect sanitaire de l'arbre et de l'efficacité de ces tailles, certaines règles peuvent être respectées (Bonnardot 2003, Boutaud 2003):

- Intervenir régulièrement, notamment afin d'éviter la taille de branches de gros diamètre
- Ne jamais supprimer plus du tiers de la masse foliaire
- Ne supprimer à chaque intervention que les branches gênantes ayant les plus gros diamètres afin d'éviter des tailles trop importantes dans le futur.
- Éliminer les futurs défauts mécaniques (fourches à écorce incluse, frottements entre les branches, concurrence apicale ...).

On notera que cette technique est largement utilisée sur les arbres adultes à large port (de Leval 2007) et qu'elle prend alors le nom de « taille d'entretien ». Par cette technique, il est en effet possible de réaliser (i) un relevé de couronne permettant la circulation au pied de l'arbre, (ii) un déséquilibre de cime pour s'adapter à la proximité d'un bâtiment, ou encore (iii) un dégagement de l'emprise près d'un réseau électrique (Boutaud 2003 - Figure 2). Dans ces cas, la taille de formation peut également prendre le nom de « taille de restructuration ». Dans le cas de taille de formation visant spécifiquement la formation de charpentières de chaque côté d'une emprise de transport électrique, la taille est aussi appelée « directionnelle » (*directional pruning*) (PUCF 2007a, 2007b).

Cependant l'utilisation de la taille sur des arbres adultes peut amener à réaliser cette intervention sur des branches de plus gros diamètres ce qui peut générer des blessures difficiles à cicatriser, des problèmes phytosanitaires ainsi que plus de rejets (Hubert et Courraud 1987, Schutz 1990, Soutrenon 1990), de même que de l'inquiétude chez les citoyens (Kuhns and Reiter 2007, PUCF 2007b). Il est donc important de considérer ces contraintes lors de son utilisation dans un contexte urbain.

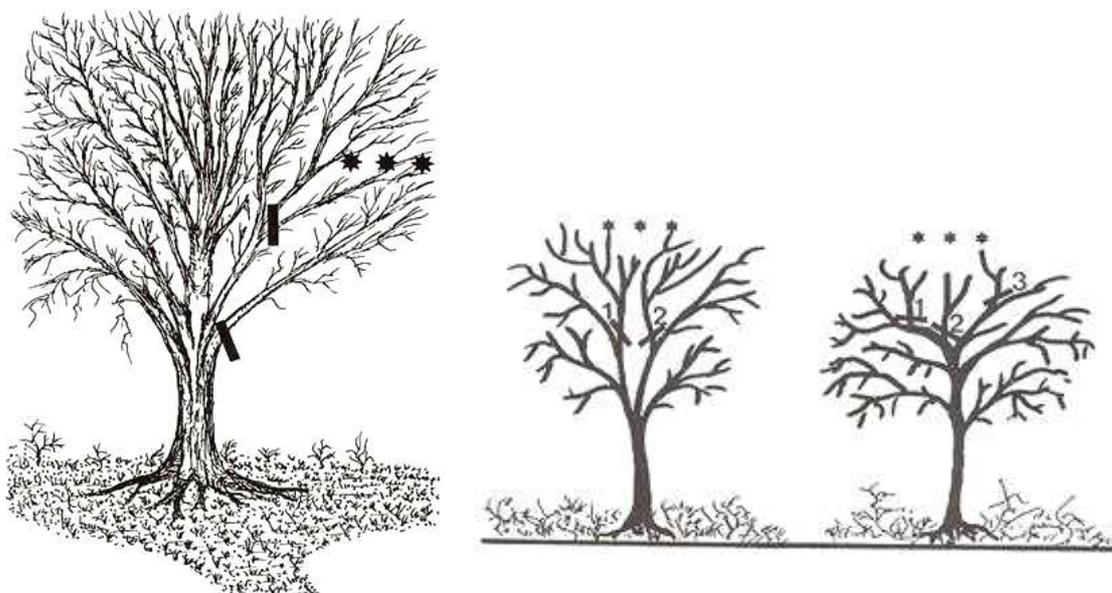


Figure 2. Exemples de tailles (traits) à produire sur un arbre adulte pour libérer l'emprise d'un réseau électrique (étoiles). Source : de Leval 2007.

II.B.1.b. La taille en port architecturé

Lorsque les contraintes aériennes sont trop fortes pour mettre en œuvre une taille de formation efficace, il pourra être décidé de conduire l'arbre en port architecturé (Boutaud 2003). Cette technique consiste à créer une morphologie de cime à partir de tailles répétées qui formeront de grosses charpentières (de Leval 2007). C'est de ces grosses branches de structure que partiront les rameaux qui formeront l'enveloppe de feuillage autour des charpentières. Les rameaux sont ensuite régulièrement enlevés (annuellement ou tous les 2 ou 3 ans suivant les espèces) jusqu'aux charpentières et de nouveaux rameaux se créeront. En définitive, la taille répétée des branches ou de la tête des arbres crée, lorsqu'elle est systématiquement localisée au même endroit, ce qu'on appelle une « tête de chat » ou « tête de saule » (Figure 3). La « tête de chat » est un renflement où les jeunes pousses sont systématiquement retirées pour en créer de nouvelles.



Figure 3. Représentation du renflement ou « tête de chat » créé par tailles répétées (tiré de Rochette 2009)

Cette taille possède l'avantage d'avoir peu d'impact sur la santé des individus car elle ne retire que des rameaux de faibles diamètres car âgés d'un an ou deux (de Leval 2007). Autre avantage qui peut cependant être également un inconvénient, la forme de l'arbre n'évolue pas. Une fois les charpentières avec « tête de chat » mises en place,

les rameaux « remplissent » toujours le même espace autour des charpentières. Cette technique possède aussi 3 inconvénients majeurs qui peuvent empêcher son utilisation dans un contexte de maîtrise de la végétation proche d'un réseau électrique urbain:

- (i) elle est coûteuse ; les interventions de mise en place des charpentières ainsi que les interventions de maintenance de la structure sont très nombreuses.
- (ii) le côté inesthétique des « moignons » en hiver
- (iii) les espèces ne supportent pas toutes ce type de taille

On notera aussi qu'il existe d'autres « structures » de bases qui permettraient d'adapter un arbre à son environnement urbain et donc au réseau aérien, cependant celles-ci sont soumises aux mêmes restrictions que décrite ci-dessus:

- La taille en têtard (arbre restreint à des tailles plus faibles avec seulement 1 ou 2 « têtes de chat » (cf. Figure 4)
- La taille en rideau (les « têtes de chat » sont localisées verticalement sur le tronc). Cette structure permet de contenir le développement horizontal (cf. Figure 4)
- La taille en gobelet. Pratiquée sur la vigne principalement (et les essences à développement basitonique) et contraint l'arbre à des très petites tailles.

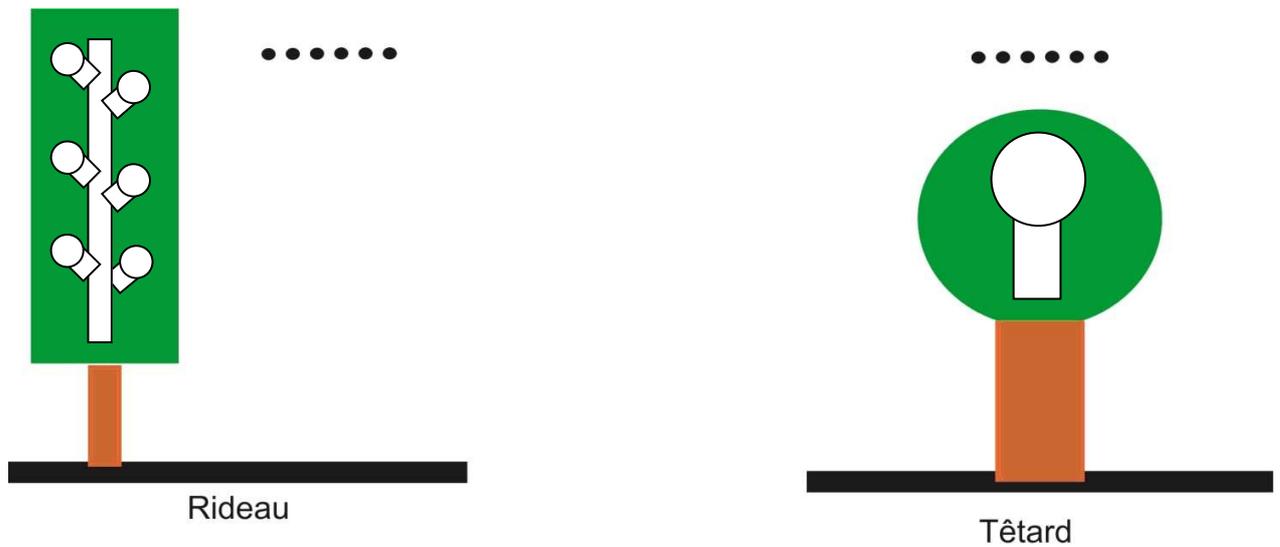


Figure 4. Tailles en rideau et têtard en fonction d'un réseau aérien de transport électrique

Ces tailles ne sont pas néfastes à la santé et la vigueur de l'arbre dans la mesure où elles sont réalisées dès son plus jeune âge et qu'elles s'effectuent surtout sur de jeunes branches (de Leval 2007). En effet, plus le diamètre des branches coupées est faible et plus les dommages phytosanitaires liés à la taille seront minimisés (Soutrenon 1990).

II.B.2. La conduite de cime

La taille n'est pas la seule technique permettant de modifier ou créer une morphologie spécifique à la cime des arbres. Plusieurs techniques, issues de l'expertise arboricole, sont aussi disponibles dans ce but.

II.B.2.a. Le palissage

Cette technique est très largement utilisée dans l'arboriculture fruitière (vigne, pommier, poirier, etc.). À son origine, cette technique vise à améliorer l'organisation des branches, feuilles et fruits dans l'espace 3D et cela pour deux principaux objectifs : (i) augmenter le rendement en évitant l'auto-ombrage et en maximisant la pérennité de la structure de support et (ii) rendre les fruits plus accessibles et faciliter le passage de la machinerie (Fisher 2005, Gardner 2005a). Au niveau morphologique, le but est de former la cime à la manière d'une palmette. Il s'agit de fixer les branches d'un arbre dès son plus jeune âge à un support et de faire en sorte que les branches suivent ce support (Figure 5).

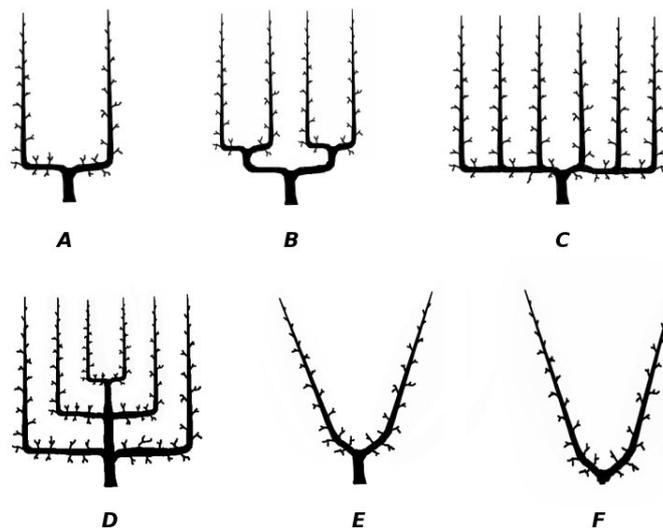


Figure 5. Représentation de différents types de palmettes dans la technique de palissage A : en U, B : en double U, C : candélabre, D : Verrier, E : en Y, et F : en V (tiré de Wikipedia 2008).

Cette technique culturale devrait idéalement débuter en pépinière dès que l'arbre est assez haut pour répondre aux contraintes de déplacement puisqu'elle peut être appliquée sur du matériel végétal de 2 ans (Gardner 2005b). Dans le cas d'arbres installés sous le réseau électrique, les formes obtenues par cette technique étant

contraintes à de petites tailles conviendraient parfaitement à une harmonisation avec le réseau électrique. Cependant, ceci demanderait un investissement subséquent très important pour l'entretien de cette cime basse et l'utilisation d'essence à port restreint. Une autre utilisation de cette technique pourrait être envisagée en guidant les axes principaux de l'arbre hors du réseau électrique et en laissant ensuite la cime de l'arbre repartir en forme libre une fois qu'elle est passée au dessus des conducteurs.

II.B.2.b. Le tuteurage

Le tuteurage peut être considéré comme une technique de modification de la morphologie de cime puisqu'il est généralement appliqué afin de redresser l'apex et améliorer la rectitude des arbres (Gardner 2005b). Cependant, cette technique est généralement utilisée sur l'axe principal de l'arbre et peu de documentation existe sur son utilisation possible sur des axes secondaires comme les branches. Dans le contexte où les arbres seraient en conflit avec le réseau électrique, c'est pourtant sur ces axes secondaires que la technique pourrait avoir un potentiel intéressant dans un contexte de gestion de la végétation avoisinant un réseau électrique.

II.B.2.c. Le pincement

Le pincement a pour but de diminuer la vigueur du bourgeon pincé et de rediriger la sève vers des bourgeons avoisinants (Boutaud 2003, du Breuil 1846). Cette technique est très utilisée dans l'arboriculture fruitière. Généralement, il est proposé de pincer les bourgeons des axes secondaires pour amener une plus grande fourchaison de ces axes et ainsi augmenter le nombre de rameaux floraux (Gardner 2005b). Pour être efficace, le pincement doit être fait à plusieurs reprises avant et au début de la saison de croissance. Il est cependant difficile d'imaginer une transposition de cette

technique dans un contexte de gestion de la végétation auprès du réseau électrique, compte tenu des coûts qu'elle engendre.

II.B.3. Les méthodes mécaniques

II.B.3.a. L'haubanage

Cette technique a pour objectif premier de consolider la structure d'arbres adultes laissant supposer une faiblesse mécanique au niveau d'une fourche (Turcotte 2007). Généralement, ceci est obtenu à partir d'haubans rigides ou flexibles qui s'attachent au sol ou sur une branche saine afin de tenir ou retenir la branche plus faible (Figure 6). Il existe des grappins de sol spécialisés qui offrent une forte résistance à la tension tout en étant faciles à installer. À noter que les haubans rigides sont de moins en moins utilisés, notamment en Europe, et sont remplacés par les haubans de corde creuse et sangles de protection qui offrent une excellente résistance au choc tout en permettant à l'arbre un certain mouvement, nécessaire à la mise en place d'une bonne résistance mécanique (Turcotte 2007). La norme ZTV, développée en Allemagne, correspond à ces caractéristiques (Lesnino et Wessoly 2006). Des solutions commerciales sont disponibles, notamment les systèmes Cobra®, Boa® et TreeSave®. Cette technique s'apparente plus à une intervention de réparation ou de prévention de bris afin de conserver une morphologie de cime plutôt qu'à une modification de cette morphologie.

Cependant, dans l'art du bonsaï, une technique portant le même nom a été développée et peut, cette fois, être utilisée pour modifier la direction des branches (Bridel 2009 – Figure 7). Pour réussir à modifier l'angle d'orientation d'une branche, certaines précautions sont à prendre quant à la distance d'attache de la branche et le point d'ancrage du hauban (Figure 7). Il faut également faire attention à ce que les haubans ne blessent pas l'arbre, surtout lorsque ces systèmes sont posés sur des arbres de petits diamètres et aux branches fines. Ces dernières devront donc être protégées par l'utilisation de matériaux souples (sangles de protection).

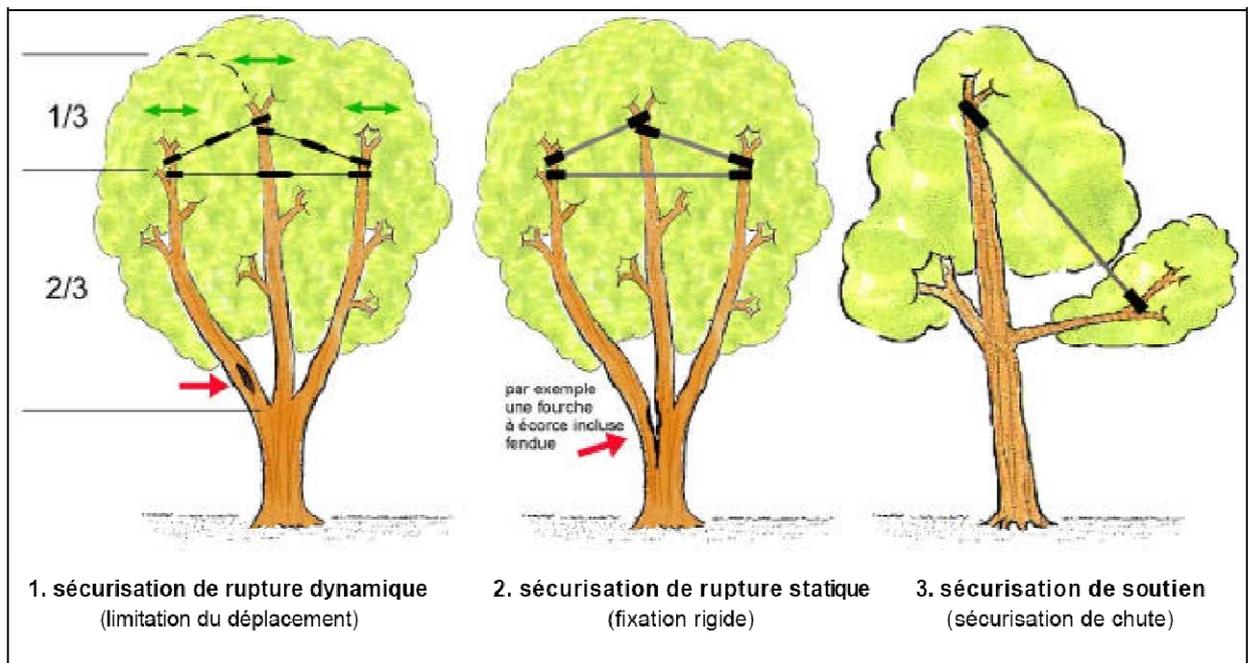


Figure 6. Les trois types de haubanage selon les nouvelles directives ZTV – Baumpflege 2006 (tiré de Lesnino et Wessoly 2006).

Dans le cadre d'une harmonisation de l'arbre avec le réseau électrique, l'haubanage de type bonsaï (et après la création d'une fourche), permettrait de façonner une architecture de cime compatible avec le réseau en écartant les charpentières identifiées. Cette technique consisterait à contraindre l'arbre à prendre la forme voulue en attachant les haubans au sol ou assez bas sur le tronc de l'arbre. Il est à noter qu'avec cette technique, le contrôle du nouvel angle de la branche pourrait s'avérer difficile. De plus, les attaches et systèmes de protection sont généralement adaptés à des branches de gros diamètre qui ne pourraient être adaptés aux plus jeunes arbres. Dans ce cas, l'utilisation de sangles en caoutchouc serait par exemple plus appropriée.

La contrainte la plus importante à l'utilisation de cette technique en milieu urbain s'avère cependant être l'encombrement des trottoirs et espaces sous les arbres par les haubans, posant des problèmes pour la sécurité des piétons et pour la circulation des équipements d'entretien (e.g. chenillette de déneigement et aspirateurs). Dans certains cas, l'haubanage est aussi à proscrire, notamment quand les arbres présentent des

faiblesses mécaniques. L'utilisation de haubans risquerait de créer des tensions pouvant provoquer des bris.

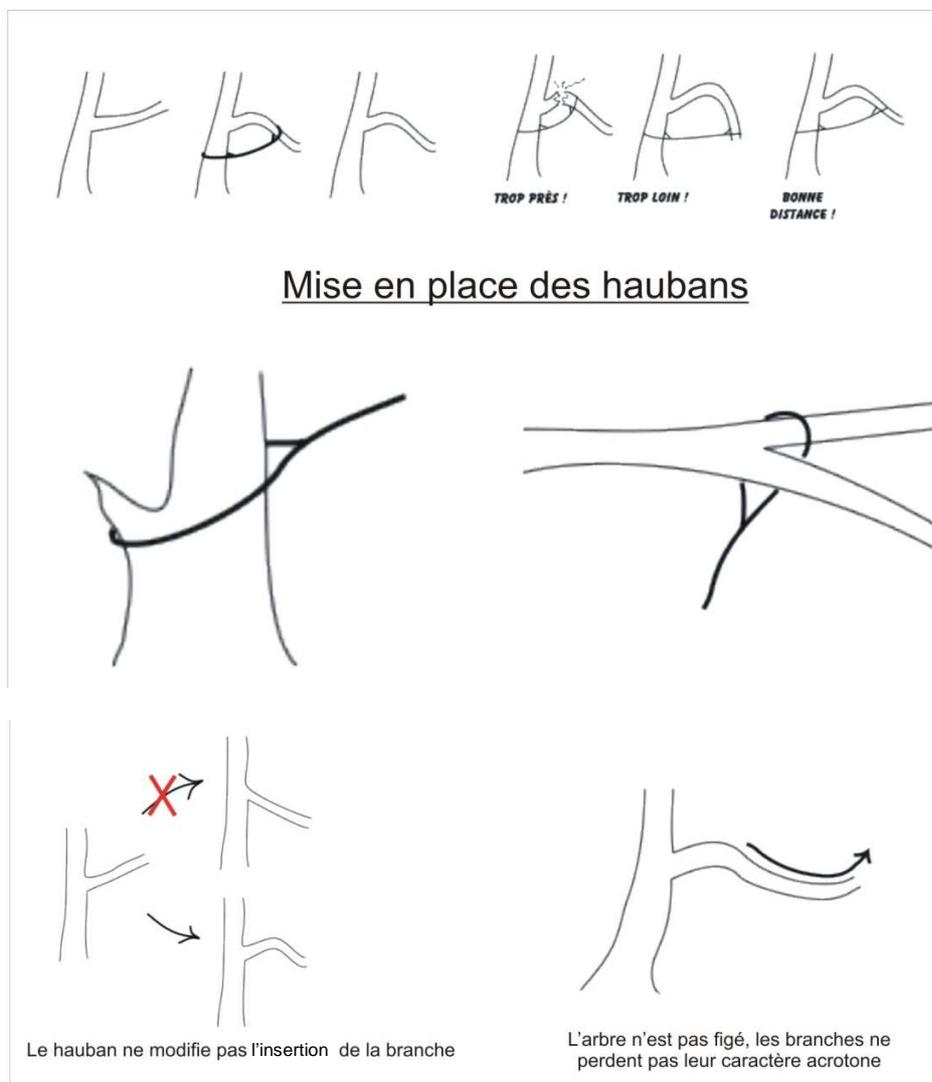


Figure 7. Quelques notions à connaître sur l'installation de haubans visant à modifier la direction d'une branche lignifiée (tiré de Bridel 2009).

II.B.3.b. Les tord-troncs

Il existe une autre technique issue de l'art du bonsaï qui utilise des tord-troncs (*branch benders*) (Bridel 2009). Il s'agit d'un petit appareil destiné à tordre les troncs des bonsaïs (Figure 8).



Figure 8. Exemple de tord-tronc et de sa mise en place

Cet outil semble adapté à l'orientation de la fourche d'un arbre car il ne crée pas de tension au niveau de celle-ci. De plus il est discret et facile à installer. Pour la formation de morphologies compatibles avec le réseau électrique chez de jeunes arbres, il serait possible d'utiliser cette technique en suivant le schéma de la Figure 9.

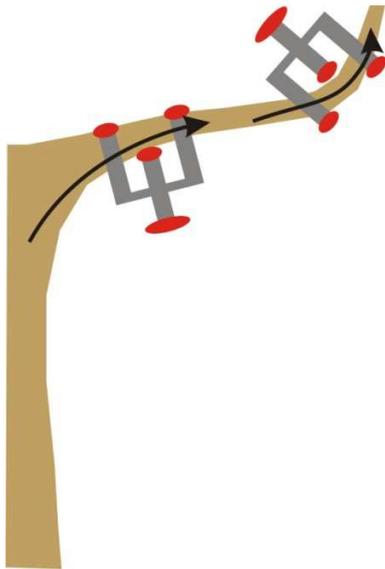


Figure 9. Schéma de l'utilisation de tord-tronc afin de modifier l'orientation d'une charpentièrre avec un minimum d'interventions de tailles.

On notera que pour faciliter la mise en place d'un tord-tronc, il existe des leviers tord-troncs qui permettent de donner l'angle souhaité à la branche avant d'installer le tord-tronc. Cependant, il peut être nécessaire de réaliser plusieurs fois ces étapes (sur plusieurs années) avant d'atteindre l'angle souhaité si celui-ci est trop obtus. Le tord-tronc serait donc adapté à la modification d'une branche lignifiée de taille suffisamment importante pour supporter le poids de l'appareil. Sur un arbre de rue soumis à des contraintes de vent, et particulièrement sur de petites branches, il faudrait supporter le tord-tronc de façon autonome, ce qui demeure une contrainte importante.

III. Présentation de l'expérimentation

III.A. Choix de la méthode

L'objectif de la méthode retenue est de modifier la structure de la cime en formant, à long terme, deux branches charpentières maîtresses qui devront passer sous les fils à la distance prescrite (selon la norme B.46.1-06 ; Annexe A), l'une côté rue et l'autre côté immeuble. Du côté rue spécialement, le dégagement au sol devra aussi être suffisant pour permettre le passage sécuritaire des véhicules. La technique retenue doit donc permettre (i) la sélection de deux axes et (ii) la conduite de la croissance de ces axes. Cette méthode doit donc s'appliquer sur de jeune arbre ayant une structure encore modifiable sans trop d'impacts sanitaires et n'ayant encore jamais subi de taille importante².

Certaines contraintes devront aussi être considérées, notamment :

- Minimiser la réaction de production de rejet suite à la taille.
- Favoriser la santé à long terme des arbres (notamment en minimisant, voire en éliminant, la taille de grosses branches)
- Favoriser la sécurité du public circulant près des arbres.

Évidemment, l'objectif principal de cette étude est de développer une technique d'entretien qui maximisera la santé des arbres tout en minimisant les coûts d'entretien. Ceci pourra se faire en réduisant la taille de grosses branches, ce qui aura aussi pour effet d'augmenter les qualités esthétiques des arbres et de diminuer les plaintes des citoyens relatives à l'élagage.

² À noter que d'autres projets sont en cours sur des arbres de tailles différentes, et qu'une éventuelle Chaire de recherche Hydro-Québec - UQAM s'intéressera à toutes les phases de développement des arbres sous les réseaux de distribution d'électricité.

Dans le but d'adapter les arbres au réseau électrique en milieu urbain, la taille de formation est tout à fait appropriée afin de préparer une croissance dirigée de la cime vers la création d'une cime double. En fait, il s'agit probablement de la technique la plus efficace pour son coût. Il s'avère primordial de contrecarrer l'aptitude naturelle de l'arbre à développer des branches orthotropes (à croissance verticale), surtout dans un milieu ouvert comme celui des arbres urbains. Pour cela, le palissage classique ou l'haubanage seraient d'excellentes techniques, mais doivent être rejetées à cause de l'encombrement sur la voie publique. Dans le cas du palissage, plusieurs interventions et modifications seraient aussi nécessaires avant de laisser la cime de l'arbre libre de croître, ce qui rendrait ce traitement très coûteux. Ainsi, l'installation de tuteurs de branche s'avère être un compromis offrant à la fois la direction souhaitée et une permanence suffisante le temps d'écarter les branches du réseau. Aussi, ces tuteurs présentent l'avantage de ne pas encombrer la voie publique. La solution choisie passe par la mise en place de charpentières opposées et décalées qui permettront aux arbres de s'adapter aussi bien à une ligne électrique placée juste à leur aplomb qu'à un réseau décalé par rapport à leur base (Figure 10). De plus, elle devrait offrir une meilleure tenue mécanique sans affecter l'équilibre de l'arbre et donnera un aspect plus naturel à celui-ci.

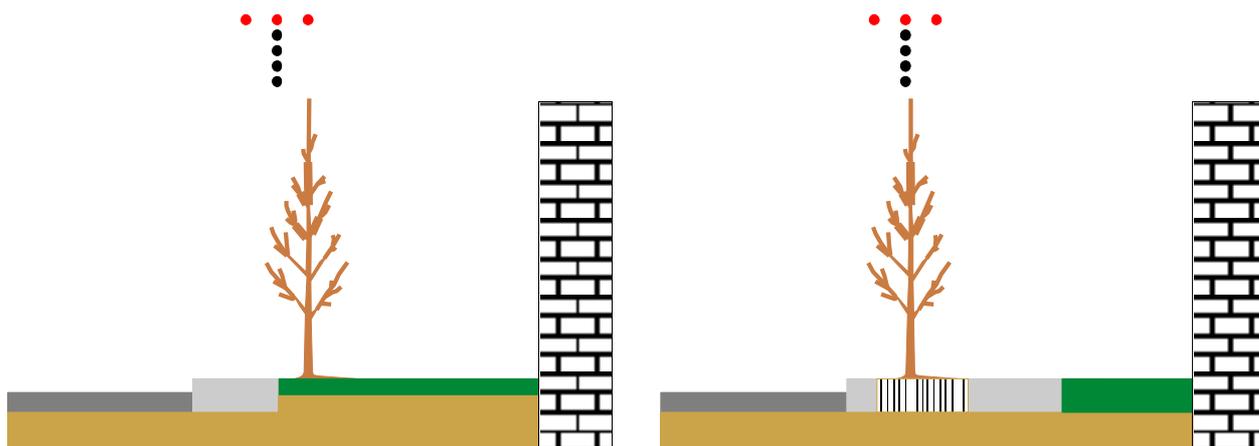


Figure 10 : Emplacement des arbres par rapport aux conducteurs électriques (en rouge), au trottoir et à la rue, de même qu'aux immeubles.

III.B. Présentation de la structure métallique

La structure testée (Figure 11) est entièrement faite d'acier galvanisé après soudure. L'acier a été choisi pour sa solidité, mais aussi pour diminuer les risques de vol comparativement à l'aluminium. Une première tige de 120 cm est enfoncée de 90 cm dans le sol et sert d'ancrage sur lequel est fixée la tige principale de 490 cm. Cette tige pré-percée sert à positionner correctement les supports télescopiques latéraux qui peuvent être allongés suivant la croissance de l'arbre jusqu'à près de 480 cm ce qui permettra aux branches maîtresses de passer à la distance prescrite des fils avec un angle d'insertion optimal de 45°. Cet angle est naturellement observé et utilisé dans les simulations de croissance (e.g. LIGNUM) par exemple pour l'érable à sucre (*Acer saccharum*) (Goulet et al. 2000, Perttunen et al. 2000).

La technique de tuteurage semble donc la mieux adaptée. Avec cette structure peu encombrante et rigide, elle est facilement applicable et à faible coût. De plus, ce guide offre la possibilité de contrôler de façon précise l'angle des charpentières. Cependant quelques précautions doivent être prises, telles que l'utilisation d'un point d'ancrage solide dans le sol et l'utilisation de liens adaptés pour fixer les branches au guide sans risque de blessure.

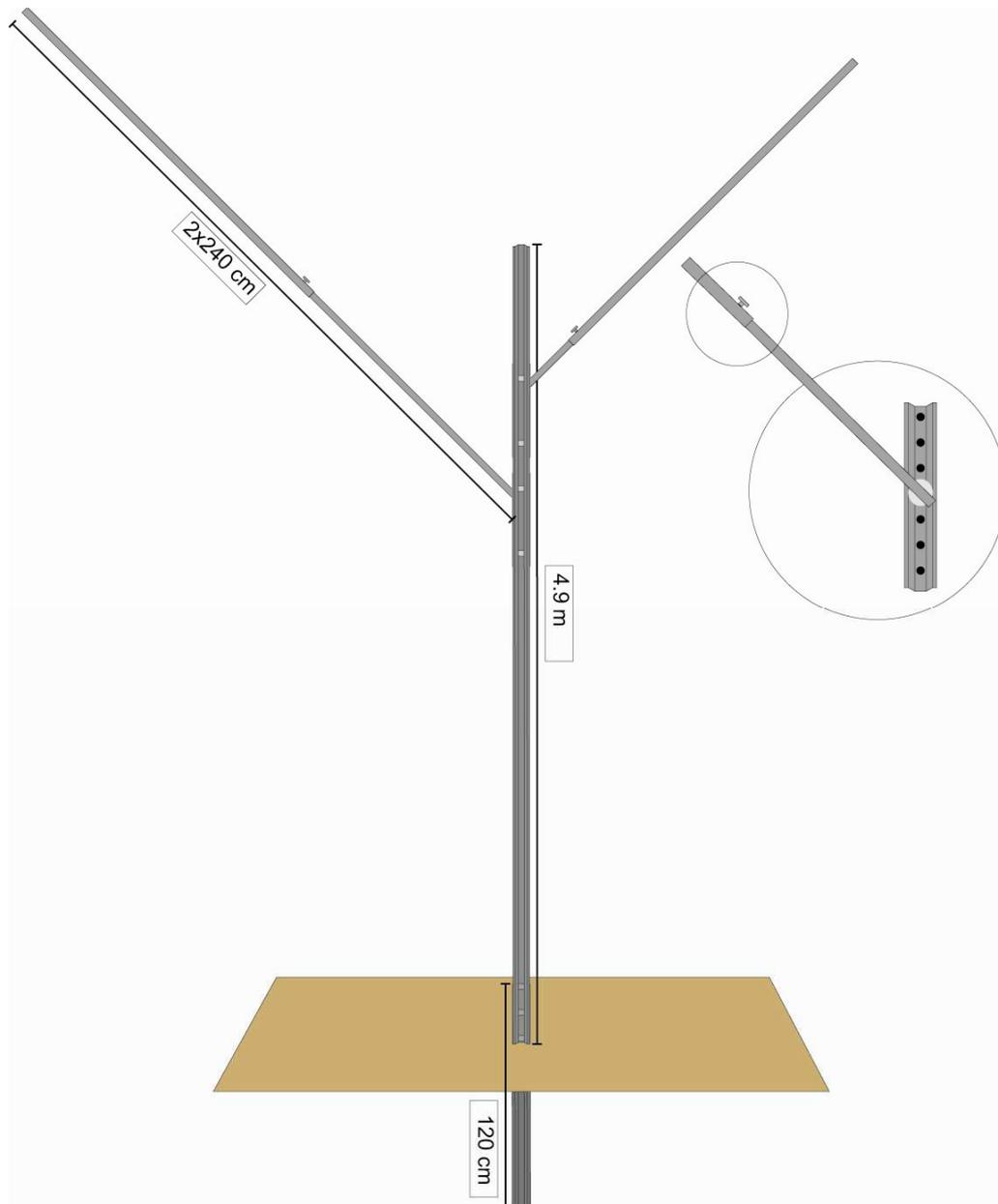


Figure 11 : Structure guide en acier galvanisé de 490 cm à deux branches télescopiques ajustables en hauteur (agrandissement).

II.C. Installation et fonctionnement de la structure guide

ÉTAPE 1.

La première étape (Figure 12 - première année) consiste à tailler l'arbre, au besoin, pour créer une ramification décalée d'une ou plusieurs unités de croissance qui formera les futures charpentières qui est soit A) une ramification alterne, soit B) une branche et la pousse terminale de l'arbre redirigée (Figure 12 - première année). Cette première étape permet également de supprimer les branches qui pourraient poser un problème de codominance ou de frottement. Il faut toutefois respecter les règles de la taille de formation à savoir de ne pas retirer plus de 30% de la masse foliaire par intervention.

Les futures charpentières sont soit des branches sélectionnées sur l'arbre (bonne orientation, bon état sanitaire et absence de risque de développer des défauts mécaniques), soit des rameaux créés par la taille (par suppression du bourgeon apical par exemple). Il est également nécessaire de faire attention à ce que la hauteur des charpentières permette une circulation aisée sous les arbres.

ÉTAPE 2.

Une fois les futures charpentières sélectionnées, il est nécessaire de leur donner une forme (un angle) en adéquation avec le réseau électrique. La structure guide métallique est donc posée sur l'arbre et ses branches latérales fixées à la hauteur correspondant aux axes maîtres choisis à l'étape 1 (Figure 12 - première année). Les branches de l'arbre sont alors fixées au tuteur à l'aide de fils métalliques et boyaux d'arrosage (pour éviter le frottement de la branche sur la structure). Les axes latéraux peuvent être allongés au besoin.

FUTURES ETAPES.

Cette technique devrait, à terme, réduire considérablement l'entretien des arbres si ces règles sont correctement respectées. Cependant, une taille régulière devra être réalisée afin que les rejets dus à l'apport de lumière au centre de la cime soient éliminés et ne risquent pas de rentrer en contact avec les conducteurs (Figure 12 - ~3 ans). Un suivi devra aussi être fait au niveau sanitaire afin de voir la réaction à ce double stress chez des individus ayant été plantés récemment. Les branches latérales de la structure devront aussi être allongées suivant la croissance de l'arbre. Nous prévoyons que les structures seront nécessaires de 3 à 5 ans. Une fois la cime double bien formée, les structures seront retirées et pourront être réutilisées sur d'autres arbres. L'objectif est de former une cime reposant sur deux solides branches maîtresses présentant un profil optimal vis-à-vis de l'entretien du réseau de distribution et de sa santé, minimisant ainsi le nombre et la sévérité des tailles d'entretien subséquentes sur l'arbre adulte (Figure 12 - ~20 ans).

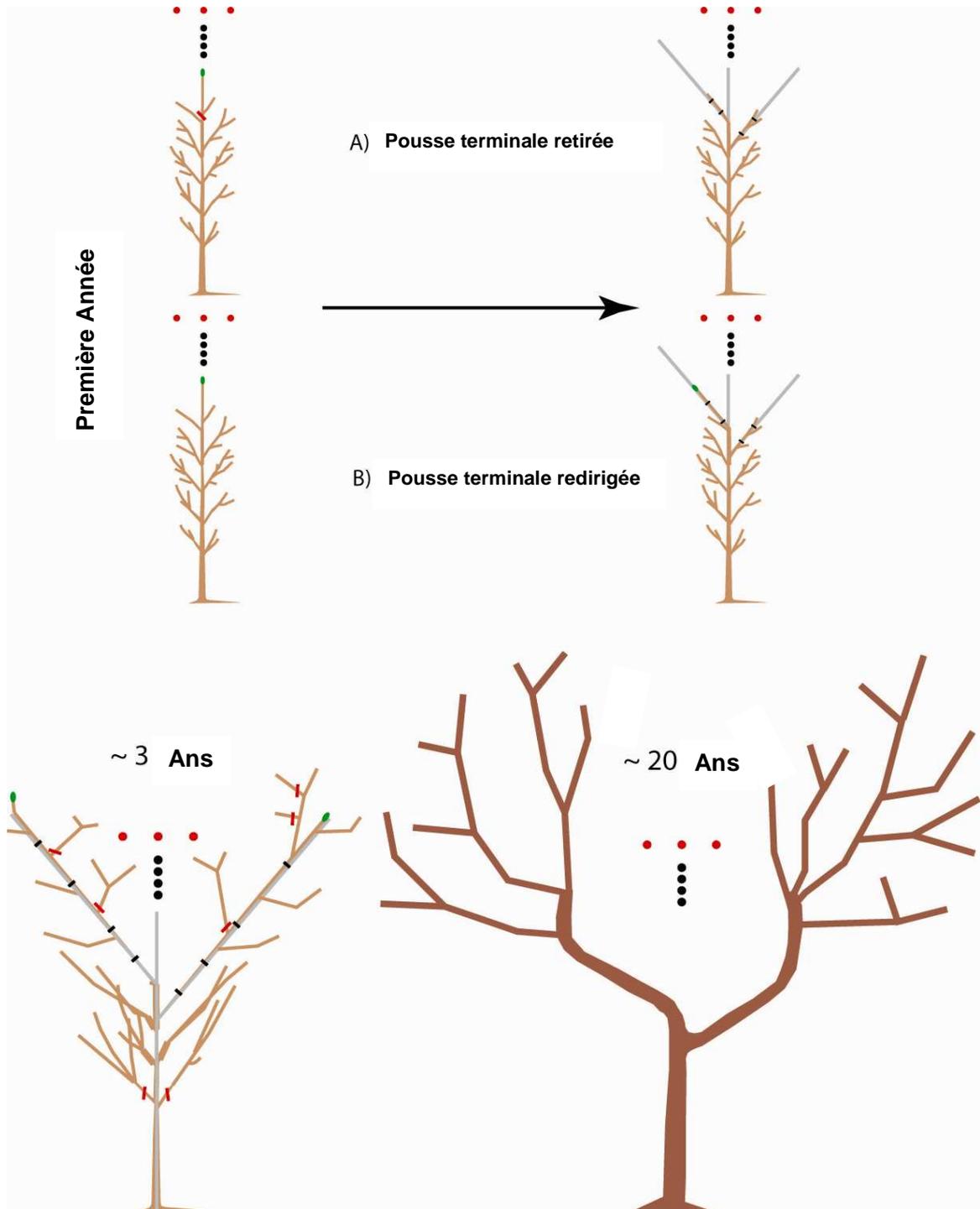


Figure 12. Schéma de mise en place et des premières années de suivi du procédé expérimental.

III.D. Choix du quartier et des espèces

Le parc arboré de l'arrondissement de Rosemont – La Petite-Patrie (Annexe B) a été désigné afin de mener cette étude. En effet, il dispose de toutes les caractéristiques nécessaires à l'élaboration de procédés expérimentaux permettant d'adapter les arbres aux réseaux aériens :

- Présence d'arbres jeunes de taille adéquate
- Des réseaux électriques aériens présents sur l'ensemble de l'arrondissement
- Deux espèces dominantes présentant des caractéristiques de croissance différentes

Les deux espèces retenues pour cette étude sont l'Erable de Norvège (*Acer platanoides*) et le frêne de Pennsylvanie (*Fraxinus pennsylvanica*). Plusieurs cultivars existent pour chaque espèce. Ainsi, dans l'arrondissement on peut trouver principalement :

- *Acer platanoides* « Deborah »
- *Acer platanoides* « Emerald queen »
- *Acer platanoides* sp.
- *Fraxinus pennsylvanica* « Summit »
- *Fraxinus pennsylvanica* « Patmore »

L'étude sera menée sur ces deux espèces dans la mesure où elles sont les plus plantées sous les lignes électriques actuellement. L'érable argenté (*Acer saccharinum*), très présent dans l'arrondissement, n'y est plus planté aujourd'hui sous les réseaux électriques.

IV. Mesures et conclusions sur l'année d'installation

IV.A. Effectifs de l'expérimentation

Pour les besoins de cette expérimentation, nous avons choisi parmi les arbres disponibles dans l'Arrondissement ceux qui correspondaient au profil recherché, d'abord à l'aide des bases de données existantes :

- Taille inférieure à la hauteur aux câbles les plus bas. Il s'agit donc d'arbres récemment plantés qui ne sont pas encore en conflit avec le réseau de distribution et n'ont pas été taillés (autres que les tailles effectuées en pépinière, ou l'élagage visant simplement à dégager la base de la cime).
- Leur situation sous des conducteurs électriques sur des rues résidentielles (axes nord-sud). Des arbres témoins en situation hors-conducteurs (e.g. de l'autre côté de la rue) ont aussi été retenus.
- La présence des caractéristiques de leur espèce.
- Leur bonne santé, notamment de la base du tronc. Beaucoup (au moins 50%) des frênes ont en effet été rejetés de l'étude à cause de leur mauvais état, principalement à cause des vélos.
- Offrir la possibilité de créer une ramification alterne (présence de branches bien orientées le long d'un axe vertical)

Cependant, une fois sur le terrain, nous avons constaté que la base de données présentait de nombreuses erreurs. De plus, un grand nombre d'arbres correspondant à nos critères étaient blessés, souvent par les vélos, ou présentaient des contraintes importantes à l'étude (immeuble trop près par exemple). Un nombre important d'arbres étaient également morts ou simplement absents. Nous avons poursuivi les recherches sur le terrain en sillonnant les rues pour augmenter les effectifs. Au final, tous les arbres disponibles de l'arrondissement ont été inclus dans l'étude (Tableau 2).

Tableau 2 : Table des effectifs de l'étude et des valeurs moyennes.

	Effectif		DHP initial (cm)		Hauteur initiale (m)		Accroissement en DHP		Accroissement en hauteur	
	ERO	FRP	ERO	FRP	ERO	FRP	ERO	FRP	ERO	FRP
Structure guide	11	4	4.6	5.4	4.7	5.3	0.25	0.13	0.16	-0.16
Témoin sous- conducteurs	9	4	5.2	6.1	4.7	6.0	0.47	0.78	-0.17	0.26
Témoins hors- conducteurs	7	3	5.2	5.9	5.0	5.5	0.90	0.33	-0.13	0.09
Total / Moyenne	27	11	4.9	5.8	4.8	5.6	0.49	0.42	-0.02	0.06

Notes : ERO : érable de Norvège ; FRP : frêne de Pennsylvanie. Les accroissements sont calculés sur la croissance de l'été 2009 (i.e. la différence entre les mesures de printemps et d'automne).

IV.B. Effet de l'installation du dispositif

Nous avons ventilé au hasard les arbres disponibles selon trois traitements pour fin de comparaison. Onze arbres ont reçu une structure guide selon le scénario prévu (Figure 3). Neuf autres arbres ont composé le groupe témoin sous-conducteurs, soit des arbres situés sous des lignes de distribution, souvent sur les mêmes rues et qui seront élagués selon le programme d'entretien habituel. Le dernier groupe est composé de 7 arbres comparables mais en situation hors-conducteurs, par exemple situés de

l'autre côté de ces mêmes rues. À noter qu'aucune différence significative entre les arbres d'une même espèce n'a pu être détectée dans les mesures initiales (ANOVA ; $p > 0.05$). Les arbres étaient donc comparables au début de l'étude et pourront servir de point de comparaison à l'avenir.

Bien que non significatif au seuil de 5%, il semble qu'en moyenne les érables de Norvège « hors-fils » aient connu des accroissements en diamètre plus importants. Mais cela n'est pas corroboré par un accroissement supérieur des arbres témoins « sous-fils » auquel on devrait s'attendre si cela avait été l'effet de la taille. En fait, il s'agirait plutôt d'une erreur de mesure sur un seul arbre (accroissement de 2.3cm, nettement plus grand que la moyenne). Aucune différence statistique n'a pu être mise en évidence chez le frêne rouge en ce qui concerne la croissance des 3 groupes.

Règle générale, les arbres de l'étude ne semblent donc pas avoir visiblement souffert de la taille préalable à l'installation des structures ni de la présence de cette structure.

Une inspection minutieuse des arbres a été faite à trois reprises pendant l'été 2009. Ces évaluations n'ont d'ailleurs révélé aucune blessure causée par les structures. Ces dernières ont aussi très bien résisté à ce premier été dans les rues de l'Arrondissement et n'ont nécessité aucun ajustement. Aucun vol ou vandalisme n'a même été noté. Nous avons cependant déjà noté la présence de fortes branches de reprise qu'il faudra contrôler dès l'été prochain.

En plus des mesures initiales et de fin de saison de croissance (Tableau 2), nous avons qualifié l'emplacement des arbres par rapport aux conducteurs (Figure 10), le type de traitement effectué selon que la pousse terminale était conservée ou pas (Figure 12). Nous avons aussi commencé à prendre les mesures de croissance plus fines qui seront nécessaires à la calibration et à l'évaluation des modèles de croissance,

notamment le diamètre des branches maîtresses et du tronc au dessus et directement sous ces branches. Les ratios « sur/sous » et « branche/tronc » sont en effet de bons indicateurs de vigueur des branches, ce qui dans notre cas nous permettra de vérifier que les branches choisies sont à même de remplir leur rôle.

V- Plan de communication

Il s'avère important de bien informer les citoyens des activités d'entretien préventif réalisées sur des arbres proche des réseaux de distribution d'électricité (Kuhns et Reiter 2007). Ainsi, un programme de communication a été mis en place pour informer les citoyens des travaux en cours dans leur arrondissement et les sensibiliser à l'importance de ces travaux. Ce programme était constitué de deux composantes, soit un panneau d'information et un site web.

Des panneaux d'information (Annexe C) ont été attachés directement aux structures pour informer les passants et résidents des travaux effectués sur les arbres-études. Les structures étant assez importantes, les panneaux visaient trois objectifs : i) informer sur le projet en cours et ses objectifs à long terme, ii) informer les citoyens de la nature temporaire des structures, et iii) renvoyer les personnes intéressées à un site web sur lequel plus de détails étaient donnés sur le projet, de même que les noms et coordonnées des personnes responsables. Nous croyons que la présence de ces panneaux d'information a largement contribué à limiter les dégâts dus au vandalisme et au vol. Au cours des nombreuses visites sur le terrain à l'été 2009, nous avons pu constater l'intérêt des résidents pour le projet et pour les panneaux d'information.

Un site web était hébergé par l'IQAFF³ en appui à l'information disponible sur le panneau. De plus amples détails concernant les objectifs du projet y sont donnés, de même que les coordonnées des chercheurs responsables. Le site web a été visité à de nombreuses reprises durant l'été, et nous avons aussi répondu à un grand nombre de courriels adressés aux responsables du projet de la part de citoyens.

³ http://www.igaff.qc.ca/Projets_cimeurbain.html

Références

- Appleton, Bonnie L., Touchette, Barbara M., French, Susan C., and Niemiera, Alex X. 1997. Developing a utility line arboretum. *Journal of Arboriculture* 23(6): 219-224.
- Arron, G. P., S. de Becker, H. A. Stubbs, and E. W. Szeto. 1997. An Evaluation of the Efficacy of Tree Growth Regulators Paclobutrazol, Flurprimidol, Dikegulac, and Uniconazole for Utility Line Clearance. *Journal of Arboriculture* 23(1):8-16.
- Barthélémy, D. and Caraglio, Y. 2007. Plant architecture: a dynamic, multilevel and comprehensive approach to plant form, structure and ontogeny. *Ann. Bot.* 99: 375-407
- Bonnardot, Augustin. 2003. La taille des arbres. Société française d'arboriculture.
- Boutaud, Jac. 2003. La taille de formation des arbres d'ornement. Société française d'arboriculture.
- Bridel, Frédéric. 2009. La technique du haubannage.
<http://artbonsai.org/fiches/haubanage.php>
- Côté, J.-F., Widlowskib, J.-L., Fournier, R., and Verstraete, M.M. 2009. The structural and radiative consistency of three-dimensional tree reconstructions from terrestrial lidar. *Remote Sens. Environ.* 113: 1067-1081.
- Delagrangé, S., Montpied, P., Dreyer, E., Messier, C., and Sinoquet, H. 2006. Does shade improve light interception efficiency? A comparison among seedlings from shade-tolerant and -intolerant temperate deciduous tree species. *New Phytol.* 172: 293-304
- De Leval. 2007. La tailles des arbres : démonstration de taille douce. Rapport de l'Association pour la Sauvegarde et le Respect de l'Environnement du Pays de Herve. Union des Villes Communes de Wallonie. Accessibilité via Internet (Nov-2009): <http://www.uvcw.be/articles/33,128,227,227,2001.htm>
- Edelin C. 1981. Quelques aspects de l'architecture végétative des Conifères. *Bulletin de la Société Botanique de France, Lettres Botaniques* 128: 177–188.

- Du Breuil A. 1846. Cours élémentaire théorique et pratique d'arboriculture. Ed Masson, France. 613p.
- Fisher K.H. 2005. Taille et palissage : leurs effets sur le rendement et la qualité du raisin. AGRI-VISION 2002-2005. 12p.
- Gardner J. 2005a. Planter un verger de pommiers haute densité avec tuteurage. Chapitre 3. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales de l'Ontario. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/hdappch5.htm>
- Gardner J. 2005b. Planter un verger de pommiers haute densité avec tuteurage. Chapitre 5. Ministère de l'agriculture, de l'alimentation et des affaires rurales de l'Ontario. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/hdappch5.htm>
- Goulet, J., C. Messier et E. Nikinmaa. 2000. Effect of branch position and light availability on shoot growth of understory sugar maple and yellow birch saplings. Canadian Journal of Botany 78: 1077-1085.
- Hallé, Francis. 1999. Éloge de la plante. Ed. du Seuil. Paris. 347p.
- Hallé F, Oldeman RAA. 1970. Essai sur l'architecture et la dynamique de croissance des arbres tropicaux. Paris: Masson.
- Hallé,F., Oldeman,R.A.A., and Tomlinson,P.B. 1978. Tropical trees and forests. Springer-Verlag, New York, NY
- Hubert,M. and Courreau,R. 1987. Elagage et taille de formation des arbres forestiers. Inst. p. l. dévelop. forest. ed. Paris. 288 p.
- Hydro-Québec. 2000. Le bon arbre au bon endroit. Le réseau électrique aérien. Quelques conseils lorsque vous plantez. ISBN 2-550-35431-1.Hydro-Québec 4^{ème} Ed. 7 p.
- Kuhns, Mike and Reiter, Douglas K. 2007. Knowledge of and Attitudes About Utility Pruning and How Education Can Help. Arboriculture & Urban Forestry 33(4):264–274.
- Lesnino, Georges et Wessoly, Lothar. 2006. Nouvelles directives pour le haubanage des arbres en Allemagne. Présenté à l'occasion de la Journée technique «

- Haubanage des arbres et résistance mécanique du matériel ». FUSAGx – Gembloux, 10 octobre 2006.
- Meinzer, F.C. 2003. Functional convergence in plant responses to the environment. *Oecologia* 134: 1-11.
- Millet J., Bouchard A., and Edelin C. 1999. Relationship between architecture and successional status of trees in the temperate deciduous forest. *Ecoscience* 6: 187-203.
- Nicolini E. 1998. Architecture et gradients morphogénéétiques chez de jeunes hêtres (*Fagus sylvatica* L. Fagaceae) en milieu forestier. *Canadian Journal of Botany* 76: 1232–1244.
- Oldeman RAA. 1974. L'architecture de la forêt guyanaise. Mémoire no., 73. Paris: O.R.S.T.O.M.
- Pearcy, R.W., Muraoka, H., and Valladares, F. 2005. Crown architecture in sun and shade environments: assessing function and trade-offs with a three-dimensional simulation model. *New Phytol.* 166: 791-800.
- Pennsylvania Urban and Community Forestry (PUCF). 2007a. Pruning for Utility Line Clearance. Pennsylvania Urban and Community Forestry Program, School of Forest Resources, The Pennsylvania State University.
- Pennsylvania Urban and Community Forestry (PUCF). 2007b. Questions about Trees and Utilities. Pennsylvania Urban and Community Forestry Program, School of Forest Resources, The Pennsylvania State University.
- Perttunen, J., E. Nikinmaa, R. Sievänen, C. Messier et M. J. Lechowicz. 2000. Application of functional-structural tree model LIGNUM to sugar maple saplings (*Acer saccharum* Marsh.) growing in forest gaps. *Accepté dans Annals of Botany.*
- Rochette O. 2009. Élagage et soins aux arbres, le site des grimpeurs élagueurs. www.allo-olivier.com/Elagage/LaTaille4.htm
- Schutz, J.-P. 1990. Sylviculture 1. Principes d'éducation des forêts. Presses polytechniques et universitaires Romandes ed. 254 p.

- Soutrenon A. 1990. Élagage artificiel et problèmes phytosanitaires chez les feuillus. La forêt privée. Num : 195 p 23-33.
- Shinozaki, K., Yoda, K., Hozumi, K., Kira, T., 1964. A quantitative analysis of plant form: the pipe model theory. I. Basic analyses. Japanese Journal of Ecology. 14, 97-105.
- Sinoquet H. and Rivet P. 1997. Measurement and visualization of the architecture of an adult tree based on a three-dimensional digitising device. Trees 11: 265-270.
- Soutrenon A. 1991. Elagage artificiel et risques phytosanitaires chez les feuillus 1ère Edition. Ed. CEMAGREF-DICOVA. Groupement de Grenoble. France. 103p.
- Turcotte D. 2007. Faits et mythes sur l'haubanage des arbres. Colloque « L'Haubanage ! ». Société international d'arboriculture Québec Inc. (SIAQ) - 15 mars 2007. www.siaq.org/_conference/haubanage_TurcotteD2007.pdf
- Valladares, F., Chico, J.M., Aranda, I., Balaguer, L., Dizengremel, P., Manrique, E., and Dreyer, E. 2002. The greater seedling high-light tolerance of *Quercus robur* over *Fagus sylvatica* is linked to greater physiological plasticity. Trees 16: 395-403.
- Wikipedia (contributeurs à). Taille des arbres fruitiers. (2008, septembre 6). Wikipédia, l'encyclopédie libre.
http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Taille_des_arbres_fruitiers&oldid=33180217.

Annexes

A : Distances critiques et de dégagement (norme B.46.1-06 Hydro-Québec)

B : Carte de l'arrondissement de Rosemont – La Petite-Patrie

C : Panneaux d'information

Annexe A – Distances critiques et de dégagement



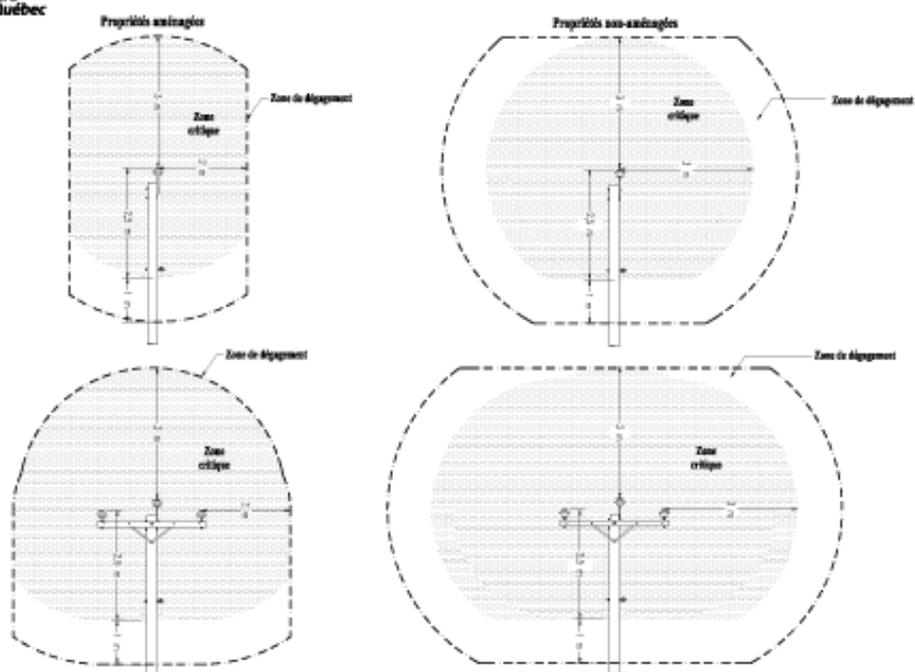
politique directive norme méthode

corporative sectorielle

numéro	B.46.1-06	
page	21	de 21



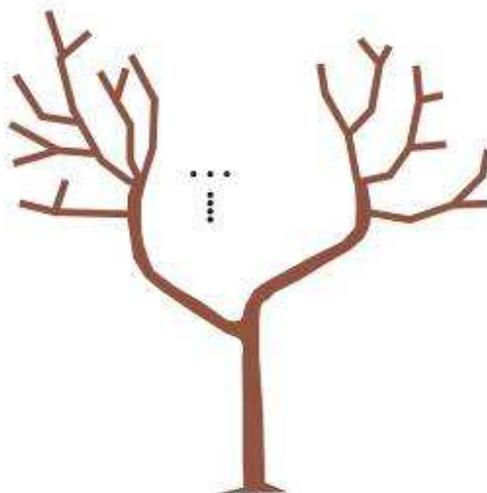
DISTANCES CRITIQUES ET DE DÉGAGEMENT





Projet de recherche en cours sur la conduite des arbres en milieu urbain

L'Institut québécois d'aménagement de la forêt feuillue (IQAFF), en collaboration avec la Ville de Montréal et Hydro-Québec, effectue présentement des travaux de recherche dans l'arrondissement de Rosemont–La Petite-Patrie sur la gestion des arbres en milieu urbain. L'objectif de ces travaux est d'orienter la croissance de la cime de l'arbre de façon à ce quelle soit plus compatible avec le réseau électrique.



Cet arbre fait partie de l'étude en cours

La structure métallique est temporaire (environ 3 ans) et ne sert qu'à guider l'arbre dans l'établissement de sa cime. L'étude porte également sur d'autres phases du développement des arbres en milieu urbain, de la pépinière jusqu'à l'arbre adulte. Pour toutes questions relatives à ces travaux de recherche, veuillez visiter le site Internet de l'IQAFF (www.iqaff.qc.ca).



**Institut québécois d'Aménagement
de la Forêt feuillue**