

# PROVANCHERIA

## **AcérUL : dynamique récente et passée d'une érablière du campus de l'Université Laval**

Serge PAYETTE, Vanessa PILON, Mathieu FRÉGEAU, Ann DELWAIDE  
et Kim DAMBOISE

numéro 34 - 2020

## **PROVANCHERIA**

Mémoire de l'Herbier Louis-Marie  
Université Laval

Rédacteur

Serge PAYETTE, conservateur de l'Herbier Louis-Marie  
Courriel : [serge.payette@bio.ulaval.ca](mailto:serge.payette@bio.ulaval.ca)

Conception graphique

Kim DAMBOISE, Herbier Louis-Marie

© 2020 Herbier Louis-Marie

Tous droits réservés. Reproduction interdite sans  
l'autorisation de l'éditeur.

Herbier Louis-Marie  
Pavillon Charles-Eugène-Marchand  
1030, rue de la Médecine, local 0252  
Québec (Québec) G1V 0A6 Canada  
<http://www.herbier.ulaval.com>

[herbier@herbier.ulaval.ca](mailto:herbier@herbier.ulaval.ca)  
Téléphone : 418 656-2131 poste 402544

Provancheria, créé en 1966 et dédié à la mémoire de l'Abbé Léon Provancher (1820-1892), est une série de mémoires paraissant irrégulièrement et consacrés principalement à la floristique, la phytogéographie et la systématique des végétaux.

Cette série de mémoires a pour but de permettre la publication de travaux floristiques sur l'est et le nord du Canada, notamment ceux consacrés aux flores régionales dont l'ampleur empêche la publication dans les périodiques courants. Provancheria veut ainsi mettre à la disposition des phytogéographes et des taxonomistes intéressés à la flore canadienne des données qui autrement devraient rester inédites.

Provancheria est distribué en format numérique PDF sur le site Internet de l'Herbier Louis-Marie ([herbier.ulaval.ca/publications/provancheria/](http://herbier.ulaval.ca/publications/provancheria/)). La version papier de cet ouvrage est disponible auprès du secrétariat de l'Herbier Louis-Marie.

ISSN 0556-2015 (imprimé); 2563-0148 (version numérique PDF)  
Dépôt légal - Bibliothèque nationale du Québec et  
Bibliothèque et archives Canada - 2020

# PROVANCHERIA

## Numéro 34 - 2020

Mémoire de l'Herbier Louis-Marie  
Université Laval

### AcérUL : dynamique récente et passée d'une érablière du campus de l'Université Laval

Serge PAYETTE<sup>1,2,4</sup>, Vanessa PILON<sup>1</sup>, Mathieu FRÉGEAU<sup>1</sup>,  
Ann DELWAIDE<sup>3</sup> et Kim DAMBOISE<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Département de biologie, Université Laval, Québec, Québec  
G1V 0A6 Canada

<sup>2</sup> Herbier Louis-Marie, Université Laval, Québec, Québec  
G1V 0A6 Canada

<sup>3</sup> Département de géographie, Université Laval, Québec,  
Québec G1V 0A6 Canada

<sup>4</sup> Correspondance : [serge.payette@bio.ulaval.ca](mailto:serge.payette@bio.ulaval.ca)

Publié par l'Herbier Louis-Marie, Université Laval





## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ .....	7
ABSTRACT .....	13
MISE EN CONTEXTE	
But du projet AcérUL.....	19
Nature du projet AcérUL.....	19
Station d'étude .....	20
MÉTHODES	
Échantillonnage de la flore et de la végétation.....	23
Échantillonnage des fragments de charbon de bois.....	25
RÉSULTATS	
Propriétés physiques et chimiques du sol.....	28
Spectre biogéographique .....	32
Abondance des espèces végétales .....	43
Diversité des espèces arborescentes en fonction de la structure diamétrale.....	45
Nombre de tiges, surface terrière et hauteur des arbres.....	47
Nombre de tiges .....	47
Surface terrière .....	48
Hauteur des arbres .....	50
Structure diamétrale des espèces arborescentes .....	51
Érable à sucre.....	52
Frêne d'Amérique .....	53
Chêne rouge.....	54
Orme d'Amérique .....	55
Érable rouge .....	56
Ostryer de Virginie.....	56
Tilleul d'Amérique .....	58
Hêtre à grandes feuilles.....	58
Thuya occidental.....	59
Bouleau jaune .....	60
Bouleau à papier.....	61
Peuplier à grandes dents.....	62
Érable de Norvège .....	63
Âge des arbres dominants et âge de l'érablière .....	63
Origine de l'érablière et ascendance écologique.....	69
Répertoire des fragments de charbon de bois .....	70
Âge radiométrique des feux.....	71
DISCUSSION	
Une forêt anthropisée.....	74
Une forêt structurée.....	76
Une forêt de feu.....	78
Remerciements .....	81
Références .....	82
Annexes .....	88



## RÉSUMÉ

**Le projet AcérUL** a pour but principal la reconstitution de la dynamique écologique et biogéographique d'un boisé représentatif du campus de l'Université Laval, et par extension de la colline de Québec. Le projet s'inscrit dans la mouvance du développement durable chère à l'Université Laval, en vue de transmettre à la communauté universitaire et aux amis de la nature, une information inédite et originale sur l'évolution d'une parcelle de terre du campus présentement occupée par une forêt, un vestige du « bois Gomin » tel que nommé au début de la colonie de la Nouvelle-France (1668-1670).

**La station d'étude est une érablière d'érable à sucre (*Acer saccharum*), de frêne d'Amérique (*Fraxinus americana*) et de chêne rouge (*Quercus rubra*).** Elle est située juste au sud du Pavillon Jean-Charles Bonenfant et couvre une superficie de 2,27 hectares (ha). La forêt est établie sur la plateforme du Saint-Laurent constituée de roches appalachiennes plissées où les schistes et les grès prédominent. Le sol d'AcérUL est un podzol humo-ferrique, généralement bien drainé, sauf dans quelques dépressions humides, très acide (pH variant autour de 4,0) et pauvre en éléments nutritifs.

**La forêt renferme 75 espèces végétales**, surtout des plantes vasculaires, quelques bryophytes et un seul lichen. Un plus grand nombre d'espèces pourrait être recensé grâce à un inventaire plus approfondi de l'écosystème. La flore de l'érablière est répartie en 39 familles et 62 genres, dont la plupart rassemblent des plantes vasculaires. La grande majorité des taxons sont d'affinité tempérée, soit plus de 70 % de la flore vasculaire, alors que quelques espèces seulement ont une prédilection pour les habitats boréaux (moins de 20 % de la flore vasculaire). La flore d'AcérUL est représentative de celle du biome de la forêt à feuillage décidu qui couvre la partie orientale tempérée chaude et tempérée froide de l'Amérique du Nord. C'est dire l'importance des taxons endémiques d'AcérUL qui représentent au moins 50 % de la flore. Il n'est donc pas étonnant de ne recenser qu'un très petit nombre d'espèces ayant une répartition circumhémisphérique (6 % de la flore vasculaire). Plusieurs plantes ligneuses (arbres, arbrisseaux et arbustes) sont relativement abondantes, ce qui n'est pas le cas de la plupart des espèces herbacées et muscinales. Malgré l'unicité de la flore forestière d'AcérUL, on rapporte la présence de 6 plantes introduites, dont la plus préoccupante est l'érable de Norvège (*Acer platanoides*) qui pénètre dans la forêt en empruntant les bordures et les sentiers de promeneurs. Malgré une amélioration de la qualité de l'air de la région de Québec qui était désignée « désert lichénique » il y a 30 ans selon des études du département de biologie et de la Faculté d'aménagement de l'Université Laval (études qui toutefois ne comprenaient pas l'inventaire des lichens corticoles forestiers), peu de lichens poussent actuellement sur les arbres d'AcérUL. Plusieurs facteurs autres que la qualité de l'air sont sans doute responsables de la faible diversité de la flore lichénique, dont le degré d'humidité de l'air ambiant, l'ombre et la nature de l'écorce des troncs d'arbre.

**AcérUL se démarque de la plupart des écosystèmes forestiers tempérés et boréaux du Canada** par sa composante biotique des plus inusitées qui est celle des vers de terre détritivores. On le sait, aux latitudes nordiques, on ne trouve aucun ver de terre indigène à l'intérieur des limites du glacier continental (inlandsis) qui a recouvert la partie septentrionale de l'Amérique du Nord au cours de la dernière glaciation. Les vers de terre d'AcérUL sont des organismes exotiques introduits par les Européens venus s'installer en Amérique du Nord au cours des 400 dernières années. L'impact des vers de terre dans l'écosystème d'AcérUL est considérable, d'abord par la transformation des horizons organiques (fibriques et humiques) du sol en un horizon Ah formé d'un mélange intime d'humus (plus de 15 %) et de matières minérales découlant du déplacement et de la consommation de la litière (surtout les feuilles des plantes vasculaires). Surviennent, ensuite, un assèchement du sol causé par l'absence de litière protectrice, une accentuation de l'activité périglaciaire (cycles de gel-dégel) qui expulse à la surface du sol les graviers et les cailloux du solum (hypothèse à tester) et, enfin, une diminution de la diversité et de l'abondance des plantes du sous-bois. Cette dernière découle elle-même de la consommation des graines et des autres diaspores par les lombrics et des changements de la nature des lits de germination que leur activité occasionne.

**Le nombre d'espèces arborescentes** d'AcérUL (17) varie fortement en fonction du diamètre des tiges, soit une diminution progressive de 2 espèces pour chaque hausse de 10 cm de diamètre (mesuré à hauteur de poitrine, à 1,3 m du sol : dhp). Seulement 3 espèces, le frêne d'Amérique, le chêne rouge et l'orme d'Amérique (*Ulmus americana*), dépassent amplement la limite diamétrale des 50 cm, alors que l'érable à sucre et l'érable rouge (*Acer rubrum*) l'atteignent à peine. L'orme d'Amérique est le plus gros des arbres d'AcérUL avec ses 82-84 cm de diamètre, suivi du chêne rouge (76-78 cm) et du frêne d'Amérique (54-56 cm). La surface terrière totale de l'érablière est de 30 m<sup>2</sup>/ha, alors qu'elle est de 28,4 m<sup>2</sup>/ha chez l'ensemble des tiges de ≥ 9 cm. Malgré le fort diamètre de certains individus, la hauteur des plus grands arbres d'AcérUL dépasse rarement 22 m, sans doute pas 25 m, à cause de la moins grande qualité du sol (solum et dépôt sous-jacent peu épais, acide, pauvre en éléments nutritifs et relativement sec) et du climat de la colline de Québec, incluant les grands vents qui peuvent limiter la croissance en hauteur par élagage ou étêtement.

**L'érablière AcérUL s'est établie dans la station du campus il y a 150-170 ans**, d'après l'âge des plus vieux arbres, ce qui rend compte de la structure diamétrale diversifiée de la forêt. La structure de taille, qui consiste en la distribution du nombre de tiges par classe de diamètre, est une mesure indirecte de la condition démographique de chaque espèce arborescente. La population de la plupart des espèces arborescentes d'AcérUL est à l'équilibre démographique, c'est-à-dire en mesure de se régénérer et d'assurer leur survie et leur descendance par la croissance d'arbres reproducteurs. Cet équilibre est maintenu par un taux de survie des individus qui varie en fonction de leur taille (ou indirectement de leur âge) selon le modèle de fonction de puissance qui

répond davantage à la distribution des données diamétrales que le modèle de l'exponentielle négative. Le taux de survie est plus élevé chez les grands arbres qui assurent alors l'effort reproducteur nécessaire au maintien des populations, comme chez l'érable à sucre, le frêne d'Amérique, l'orme d'Amérique et l'ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana*). Par contre, le chêne rouge a un profil démographique marqué par un taux de natalité et un taux de survie plus variables. La survie des espèces arborescentes représentées par un très petit nombre d'individus demeure incertaine, ce qui est la situation vécue par les conifères comme le sapin baumier (*Abies balsamea*), l'épinette rouge (*Picea rubens*) et la pruche du Canada (*Tsuga canadensis*).

**L'érablière AcérUL évolue sous un régime écosystémique caractérisé par la dynamique des trouées** qui est le processus universel de la croissance et du développement des forêts tropicales autant que des forêts tempérées et boréales. L'évolution d'AcérUL se réalise sous le « mode et le tempo » de l'ouverture et de la fermeture du couvert forestier dans l'espace et dans le temps en fonction de la fréquence et de l'ampleur des chablis. Selon les événements perturbateurs comme les forts vents et le verglas qui renversent et déracinent les arbres, de même que la mort des arbres sénescents, les conditions d'éclaircissement du sous-bois changent et favorisent alors la croissance rapide des jeunes pousses du sous-bois, ce que l'on appelle la régénération préétablie, qui accède alors au toit de la forêt pour se reproduire et assurer l'équilibre démographique des populations. Ce passage de l'ombre à la lumière est bien exprimé par la croissance radiale (c'est-à-dire la largeur des cernes de croissance) contrastée de la plupart des espèces arborescentes de l'érablière au cours des 150-170 dernières années.

**La physionomie et la structure d'AcérUL seront profondément altérées au cours des prochaines années** si tant est que la mortalité en masse du frêne d'Amérique, causée par l'agrile du frêne (*Agrilus planipennis*), se réalise. L'éradication complète du frêne d'Amérique du peuplement passera par la « mort annoncée » de ses 585 tiges de plus de 1 cm de diamètre dhp (au sein d'une superficie de 1,6 ha), soit 25 % de toutes les tiges recensées, toutes espèces arborescentes confondues. La transformation de la forêt sera d'autant plus visible à l'observateur des lieux et profonde et peut-être irréversible à l'écologiste et à l'aménagiste forestier que près de 42 % des arbres de la forêt de  $\geq 9$  cm dhp, qui sont des frênes d'Amérique, disparaîtront. Rappelons que l'activité de l'agrile du frêne et la réduction probable de la population de frêne d'Amérique se combinent à la réduction récente de la taille des populations de l'orme d'Amérique causée par la maladie hollandaise de l'orme (*Ophiostoma* spp.). On doit donc s'attendre, dans les prochaines décennies, à un changement draconien de la trajectoire successionnelle d'AcérUL qui favorisera les espèces arborescentes épargnées, dont l'érable à sucre, le chêne rouge, le tilleul d'Amérique (*Tilia americana*) et l'ostryer de Virginie et, peut-être, de nombreuses plantes envahissantes, ligneuses et herbacées, qui profiteront alors de l'ouverture de la voûte forestière.

**AcérUL est une forêt née du passage d'un feu** survenu il y a quelque 150-170 ans à l'occasion d'une tombée de foudre ou d'un acte volontaire ou accidentel de l'Homme. La conflagration a été importante et dévastatrice si l'on tient compte de la grande abondance des fragments de charbon de bois trouvés à la surface et dans le sol d'AcérUL. Cet incendie est le dernier d'une suite presque ininterrompue de feux qui se sont succédé au cours des trois derniers millénaires, suivant un intervalle moyen de plus de 220-280 ans. Au cours du dernier millénaire, toutefois, la fréquence des incendies a fortement augmenté, car 6 à 8 feux sont survenus dans cette partie du bois Gomin, suivant un intervalle de 145-190 ans (d'après la datation au radiocarbone des bois carbonisés et en tenant compte des marges d'erreur). Au cours des 700-800 dernières années, les feux se seraient succédé à des intervalles encore plus courts, soit de 100 à 140 ans, au cours des années calendaires 1850-1870, 1740-1760, 1640-1660, 1520-1580, 1415-1440 et 1310-1380.

**L'historicité de la fondation de la Nouvelle-France concerne au plus haut point la colline de Québec et ses écosystèmes**, dont celui du bois Gomin, qui ont été marqués par la fréquentation assidue par les Amérindiens et les Européens, notamment au cours du dernier millénaire, d'abord par les Iroquoiens, puis les Français et les Anglais. On peut se demander, à cet effet, si la présence amérindienne n'a pas été l'occasion des nombreuses conflagrations enregistrées dans le sol d'AcérUL les siècles précédant l'arrivée des premiers Européens. Les Iroquoiennes de Stadaconé avaient l'habitude de semer des graines de plusieurs cultigènes dans les brûlis qu'elles créaient délibérément. Certains feux « perdus » (échappées de feu) ont pu atteindre le sol d'AcérUL, du moins jusqu'à la venue de Jacques Cartier en 1534 qui observait avec grand intérêt les coutumes de ces peuples semi-sédentaires en harmonie avec la nature laurentienne.

**La fondation de la première colonie française en terre d'Amérique**, qui n'a duré que quelques années, de 1541 à 1543, au détour de la rivière Cap-Rouge et du promontoire de Cap-Rouge, à l'extrémité ouest de la colline de Québec, s'est soldé par la mise à feu des bâtiments dont on possède d'innombrables fragments de charbon de bois. Ce quatrième feu le plus récent de la station d'AcérUL (par rapport à aujourd'hui) survenu au milieu du 16<sup>e</sup> siècle est contemporain de la fondation du fort Cartier-Roberval. Aucune donnée historique, cependant, ne permet de croire que ce feu de la station d'AcérUL ait été allumé par les flammes du fort Cartier-Roberval situé à quelque 7 km du campus de l'Université Laval. Pure coïncidence, sans doute, mais quand même un feu déclaré à la même époque, probablement sous des conditions climatiques plutôt sèches, propices à l'allumage et à la propagation des flammes en forêt.

**Le troisième feu le plus récent** (par rapport à aujourd'hui) **est survenu dans la station d'AcérUL au milieu du 17<sup>e</sup> siècle**, au cours des années 1640-1660, coïncidant avec les toutes premières décennies de la colonie de la Nouvelle-France, peu de temps après la fondation de Québec par Samuel de Champlain en 1608. Aucune donnée historique ne se rap-

porte aux incendies forestiers de l'époque, sauf les mentions à propos des nombreuses maisons, églises et chapelles qui étaient fréquemment la proie des flammes. Les décennies fondatrices de la colonisation de la colline de Québec ont été marquées par les premiers déboisements et la création des terres agricoles autour de la petite agglomération de Québec, sans doute à l'aide de feux d'abattis. L'incendie survenu dans la station d'AcérUL au milieu du 17<sup>e</sup> siècle a-t-il été allumé naturellement ou involontairement par les colons? On ne le sait pas. Mais il l'a été à un moment crucial de la Nouvelle-France alors que les toutes premières perturbations environnementales causées par les premiers Européens ont fait rage.

**Le deuxième feu le plus récent survenu dans la station d'AcérUL date approximativement des années 1740-1760**, coïncidant avec l'une des périodes les plus dramatiques de l'histoire récente de la colline de Québec, celle de la capitulation de Québec et de la Nouvelle-France aux mains des envahisseurs anglais. Les effets collatéraux de la guerre ont été marqués par la destruction, notamment par le feu, des infrastructures et dépendances agricoles et forestières. On ne possède, cependant, aucune donnée historique permettant de relier l'incendie de la station d'AcérUL survenu au milieu du 18<sup>e</sup> siècle aux séquelles des combats qui ont fait rage, non loin, sur les plaines d'Abraham en 1759, de même que ceux de la bataille de Sainte-Foy en 1760, tout près du campus actuel de l'Université Laval. Cet incendie de la station d'AcérUL ne peut être attribué directement aux batailles qui sont survenues à cette époque sur la colline de Québec. Quoiqu'il en soit, la colline de Québec, à ce temps de l'histoire, n'a pas été ménagée par les perturbations reliées aux incendies forestiers.

**Les autres feux**, ceux de toute la période holocène (la période géologique actuelle, depuis les derniers 11 700 ans) ayant touché la parcelle d'AcérUL, n'ont pu être détectés si tant est qu'ils aient existé malgré leur absence notoire dans le registre des fragments de charbon de bois du sol d'AcérUL. L'échantillonnage aléatoire des fragments de charbon de bois datés au radiocarbone n'a peut-être pas permis de prélever les restes de ces feux anciens pourtant enregistrés partout dans la grande région de Québec, autour de la colline de Québec qui formait alors une île il y a plus de 8000 ans à 10 000 ans avant aujourd'hui.

**Le projet AcérUL a permis de scruter, à travers quelques fenêtres écologiques**, l'écosystème vénérable qu'est la parcelle forestière du campus de l'Université Laval appartenant encore au bois Gomin des premières années de la colonie de la Nouvelle-France. Souhaitons que des recherches plus poussées au plan historique permettront de connaître davantage le patrimoine forestier du campus de l'Université Laval et de le sauvegarder, malgré l'avenir incertain qui guette certaines espèces arborescentes.

**Mots-clés** : feu, perturbation, Nouvelle-France, érablière, ville de Québec, colline de Québec, dynamique forestière, croissance radiale, vers de terre, charbon de bois, datation au radiocarbone.



## ABSTRACT

The **AcérUL project's** main objective is to reconstruct the recent and past ecological and biogeographical history of a forest stand that is representative of the Université Laval campus, and, by extension, the promontory of Quebec City. The project is part of the sustainable development process highly valued by Université Laval. It aims to inform the university community and nature lovers on the long-term evolution of a small piece of land on the campus that is presently occupied by a forest, a vestige of the woods known as « Bois Gomin » at the beginning of the colony of New France (1668-1670).

The study site is a **sugar maple (*Acer saccharum*) - white ash (*Fraxinus americana*) - red oak (*Quercus rubra*) stand**. It is located just south of the Jean-Charles-Bonenfant Pavilion and covers an area of 2.27 hectares (ha). The forest established on the St. Lawrence Platform, consisting of folded Appalachian rocks in which schist and sandstone predominate. The soil in AcérUL is a humo-ferric podzol, generally well drained, except in wet depressions, very acidic (pH varying around 4.0) and nutrient poor.

The forest hosts **75 plant species**, mainly vascular plants, a few bryophytes and a single lichen. A far greater number of species could be identified by conducting a more extensive inventory of the ecosystem. The flora of the maple stand is distributed among 39 families and 62 genera, most of which are vascular taxa. The vast majority are temperate-climate sensitive species, more than 70% of the vascular flora, while only a few species prefer boreal habitats (less than 20% of the vascular flora). The flora of AcérUL is representative of that of the deciduous forest biome that covers the warm- and cold-temperate eastern part of North America. This shows the importance of endemic taxa in AcérUL, which represents at least 50% of the flora. It is therefore no surprise that very few species with a circum-hemispheric distribution have been identified (6% of the vascular flora). Several woody plants (trees, bushes and shrubs) are relatively abundant, which is not the case for most herbaceous and moss species. Despite the uniqueness of AcérUL's forest flora, the presence of six introduced plants has been reported, the most worrisome being the Norway maple (*Acer platanoides*), which entered the forest along its borders and trails. Studies conducted 30 years ago by Université Laval's Department of Biology and School of management described the Québec City area as a « lichen desert » and did not include an inventory of corticolous forest lichens. While air quality has improved in the city since, few lichens currently grow on the trees in AcérUL. A number of factors other than air quality are no doubt responsible for the low diversity of the lichen flora, among them the humidity level, shady conditions and the type of bark on the tree trunks.

**AcérUL stands out from most of Canada's temperate and boreal forest ecosystems** because of its highly unusual biotic environment, soil-dwelling earthworms. It is well known that no native earthworms are found in northern latitudes within the boundaries of the ice sheet

that covered the northern part of North America during the last glaciation. The earthworms in AcérUL are exotic organisms introduced by European settlers who came to North America over the last 400 years. The impact of earthworms in the AcérUL ecosystem is considerable, first through the transformation of the organic soil horizons (fibric and humic) into an Ah horizon made up of an intimate mixture of humus (more than 15%) and mineral matter, the product of displacement and consumption of the litter (especially vascular plant leaves). Second, the soil dries out, due to the absence of protective litter, and induces periglacial activity (frost action associated with freeze-thaw cycles) which expels gravel and pebbles from the solum (hypothesis to be tested), and, finally, causes a decline in the diversity and abundance of understory plants. The latter are themselves the product of consumption of seeds and other diaspores by the earthworms, and changes in the nature of the germination beds caused by their activity.

**The number of arborescent species** in AcérUL (17) varies widely depending on stem diameter, with a progressive decline of 2 species per 10 cm increase in diameter (measured at breast height, at 1.3 m above ground level: dbh). Only 3 species, white ash, red oak and American elm (*Ulmus americana*), largely surpass the structural limit of 50 cm, while sugar maple and red maple (*Acer rubrum*) come close. American elm is the largest tree in AcérUL, with a diameter of 82-84 cm, followed by red oak (76-78 cm) and white ash (54-56). The maple stand covers a total basal area of 30 m<sup>2</sup>/ha, while that of all stems  $\geq 9$  cm is 28.4 m<sup>2</sup>/ha. Although some individuals have large diameters, the tallest trees in AcérUL rarely surpass 22 m, definitely not rising above 25 m. This condition is probably due to the relatively poor soil quality (thin, relatively dry deposits, acid and nutrient poor soil) and the climate on the Quebec City promontory, with strong winds that can limit height growth by pruning or cutting off treetops.

**The AcérUL maple stand established on the campus 150-170 years ago**, based on the age of the oldest trees, which illustrates the diversified size (diameter) structure of the forest. The size structure, which consists of the distribution of the number of stems per diameter class, is an indirect measure of the demographic condition of each tree species. The population of most of AcérUL's tree species is at a demographic equilibrium, i.e. able to regenerate and ensure survival and regeneration through the growth of reproducing trees. This balance is maintained by a survival rate that varies depending on size (or, indirectly, age) according to the power function model that corresponds more to the distribution of size data than the negative exponential model. The survival rate is highest among tall trees, which are providing the reproductive effort necessary to maintain the populations, as, for example, in sugar maple, white ash, American elm and ironwood (*Ostrya virginiana*). Conversely, the demographic profile of red oak shows highly variable birth and survival rates. The survival of tree species represented by a very small number of individuals remains uncertain, which

is the case for conifers such as balsam fir (*Abies balsamea*), red spruce (*Picea rubens*) and eastern hemlock (*Tsuga canadensis*).

**The AcérUL maple stand is evolving under a regime of gap-phase dynamics**, which is the universal process of growth and development of tropical, temperate and boreal forests. AcérUL evolves following the “mode and tempo” of the opening and closing of the forest cover in space and time as a function of the frequency and scale of windfalls. Depending on disturbance events such as strong winds and ice storms that blow over and uproot trees, as well as the death of senescent trees, understory lighting conditions change, to favour the rapid growth of young understory shoots, what is called the advance regeneration, which thus reaches the forest canopy, where it reproduces and ensures a demographic equilibrium among populations. This passage from shade to light is well expressed in the contrasting radial growth (i.e. variable width of growth rings) of most tree species over the last 150-170 years.

**The physiognomy and structure of AcérUL will be altered profoundly in the coming years** to the extent that the expected mass mortality of white ash, caused by the emerald ash borer (*Agrilus planipennis*), becomes a reality. The complete eradication of the stand’s white ash would be the death foretold of its 585 stems with a diameter greater than 1 cm (dbh) over an area of 1.6 ha, or 25% of all the stems of the total population of tree species inventoried in the stand. At this point, the transformation of the forest will become very noticeable to the observer, and profound and perhaps irreversible from the perspective of an ecologist or forest manager, as close to 42% of the forest’s trees with a diameter  $\geq 9$  cm (dbh) are white ash, and all are expected to die. Let us remember that the probable reduction of the white ash population adds to the recent reduction of the American elm population caused by the Dutch elm disease (*Ophiostoma* ssp.). In the coming years, we can thus expect a major change in the successional trajectory of AcérUL that would favor tree species that have been spared, among them sugar maple, red oak, basswood (*Tilia americana*), ironwood and, perhaps, numerous exotic, ligneous and herbaceous plants, that will take advantage of the opening of the forest canopy.

**AcérUL is a forest born from the passage of a fire** some 150-170 years ago, following a lightning strike or a voluntary or accidental act by humans. It was a major and devastating conflagration, when considering the great abundance of wood charcoal fragments on the surface and in the soil of AcérUL. This fire is the last of an almost uninterrupted series of fires that followed over the course of the last three millennia, at an average interval of more than 220-280 years. During the last millennium, however, the frequency of fires has increased dramatically, since 6 to 8 fires occurred in this part of the Gomin Wood, at intervals of 145-190 years (according to radiocarbon dating of the charred wood and taking margins of error into account). Over the last 700-800 years, successive fires occurred at even shorter intervals, from 100 to

140 years, during the calendar years 1850-1870, 1740-1760, 1640-1660, 1520-1580, 1415-1440 and 1310-1380.

**The historicity of the foundation of New France is closely tied to the promontory of Quebec City and its ecosystems**, including that of the Gomin wood, which were marked by the regular presence of First Nations and European communities, particularly during the last millennium, first the Iroquoians, then the French and the English. In this regard, one might ask if the First Nations presence did not give rise to the numerous conflagrations recorded in the soil of AcérUL during the centuries preceding the arrival of the first Europeans. The Iroquoians of Stadacona used to sow seeds of several cultigens on sites affected by fires that they set deliberately. Some “lost” or breakaway fires may have affected the site of AcérUL, at least until the arrival of Jacques Cartier, in 1534, who observed the customs of these semi-sedentary peoples living in harmony with the Laurentian nature with great interest.

**The foundation of the first French colony in the Americas**, one that only lasted a few years, from 1541 to 1543, at the Cap Rouge promontory, at the western extremity of the promontory of Quebec City, ended when its buildings were set on fire, leaving only countless fragments of wood charcoal on the site. This fourth most recent fire at the AcérUL site, occurred in the mid-16<sup>th</sup> century, at the time Fort Cartier-Roberval was constructed. However, no historical data suggests that this fire on the AcérUL site had been ignited by the flames from Fort Cartier-Roberval, which is situated some 7 km from the campus of Université Laval. No doubt it is purely coincidental, but it was a fire that broke out at the same period, under what was probably rather dry climatic conditions that would have enabled fires to ignite and spread to the site of AcérUL.

**The third most recent fire occurred on the AcérUL site during the mid-17<sup>th</sup> century**, coinciding with the very first decades of the colony of New France, shortly after Quebec City was founded by Samuel de Champlain in 1608. There is no known historical records of forest fires for this time period, except for mentions of numerous houses, churches and chapels catching fire. The founding decades of the colonization of the Quebec City promontory were marked by the beginning of forest clearing and establishment of agricultural lands around the small agglomeration of Quebec, no doubt with the help of set fires. Was the fire that occurred on the site of AcérUL in the mid-17<sup>th</sup> century of natural origin, or unintentionally caused by colonists? We do not know. But this was a crucial moment for New France, when the very first environmental disturbances caused by the first Europeans were frequent and intense.

**The second most recent fire that occurred on the site of AcérUL dates approximately from 1740-1760**, during the capitulation of Quebec and New France to the English invaders, one of Quebec City's promontory most dramatic periods in recent history. The collateral effects of the war were marked by the destruction of infrastructure and managed agricultural and forest lands, notably by fire. However, we have no his-

torical data linking the fire at the AcérUL site in the mid-18<sup>th</sup> century to the consequences of the conflicts that were raging nearby on the Plains of Abraham, in 1759, or in the battle of Sainte-Foy, in 1760, both very close locations to the current campus of Université Laval. This fire in AcérUL site cannot be attributed directly to battles that occurred at the time on the promontory of Quebec City. In any event, during this historical period, the promontory of Quebec City was not spared by disturbances linked to forest fires.

**Other fires**, such as those of the Holocene period (the current geological period, for the past 11,700 years) were not detected, if they indeed did, despite their absence from the fragments of wood charcoal recovered from the soil. Perhaps random sampling was not enabled to recover ancient fire remains that were registered everywhere in the greater Quebec City region, around the Quebec City promontory which was an island 8000 to 10,000 years ago.

**The AcérUL project has made it possible to examine, across several ecological perspectives**, the venerable ecosystem that is now a forested lot on the campus of Université Laval, and that is still part of the « Gomin Wood » that dates back to the first years of the colony of New France. Let us hope that more advanced historical research will further reveal the forest heritage of the Université Laval campus, and safeguard it, despite the uncertain future that threatens some tree species.

**Keywords** : fire, disturbance, New France, sugar maple stand, Quebec City, promontory of Quebec City, forest dynamics, tree-ring growth, earthworms, wood charcoal, <sup>14</sup>C dating.



crédit photo : Marc Robitaille

## MISE EN CONTEXTE

### But du projet AcérUL

---

Le projet AcérUL (l'acronyme AcérUL correspond à *Acer*, nom latin d'érable, et UL, Université Laval) vise la reconstitution de la dynamique récente et passée, floristique, écologique et biogéographique, d'un boisé du campus de l'Université Laval, une érablière d'érable sucre (*Acer saccharum*), de frêne d'Amérique (*Fraxinus americana*) et de chêne rouge (*Quercus rubra*), représentative des boisés actuels de la colline de Québec (aussi désignée « haute-ville » de Québec). Ce projet se veut aussi une contribution au programme de développement durable de l'Université Laval, grâce aux connaissances scientifiques acquises à propos de l'état actuel et passé de l'environnement forestier du campus.

L'acquisition de telles connaissances est l'occasion de sensibiliser la communauté universitaire à la valeur patrimoniale de l'environnement forestier du campus. Si la forêt actuelle, que nous désignons AcérUL dans le texte qui suit, prend actuellement la forme et la composition d'une érablière d'érable à sucre, cela tient à son ascendance démographique et écologique façonnée au fil du temps, depuis la fin de la dernière période glaciaire, il y a plus de 15 000 ans. La somme des données acquises et l'enseignement que nous pouvons en tirer afin de conserver cet environnement naturel nous font apprécier la valeur sociétale de la forêt du campus qui est complètement intégrée dans la trame urbaine de la ville de Québec.

### Nature du projet AcérUL

---

Le projet AcérUL comprend 2 volets complémentaires. Un bref examen des photographies aériennes prises au cours du 20<sup>e</sup> siècle et du siècle actuel montre l'étendue du couvert forestier sur le campus de l'Université Laval au cours du temps récent (Del Degan, Massé et associés, 2006a,b). Cet examen rétrospectif permet une mise en situation des îlots forestiers résiduels du campus en lien avec le développement agricole, puis urbain, survenu pendant cette période. Cette étude a trait à la description de la structure et du développement actuel de la forêt d'érable à sucre du campus (volet 1) ainsi qu'à son histoire (volet 2). Le premier volet comprend un inventaire floristique et structural (âge et diamètre des arbres) de l'érablière, ainsi qu'une description des sols et de leurs composantes physiques et chimiques. Le deuxième volet a trait à la reconstitution de l'histoire naturelle d'AcérUL (et donc des forêts du campus) sous le prisme des feux qui constituent l'une des plus importantes perturbations locales, naturelle et sans doute anthropique dans le cas d'AcérUL, à part le climat. À cette fin, l'échantillonnage de la surface du sol et du sol proprement dit de l'érablière a été effectué en vue du prélèvement de fragments de charbon de bois macroscopiques. Ces derniers ont été traités en laboratoire aux fins d'identification botanique et de datation au radiocarbone.

**Une contribution au programme de développement durable de l'Université Laval, grâce aux connaissances scientifiques acquises à propos de l'état actuel et passé de l'environnement forestier du campus**

## Station d'étude

La station d'étude d'AcérUL (Figure 1) est située sur le campus de l'Université Laval, immédiatement au sud du Pavillon Jean-Charles-Bonenfant, où est logée la bibliothèque générale. Les coordonnées géographiques de la station sont les suivantes : 46° 46' 45" N, 71° 16' 21" O, à une altitude de 90-95 m au-dessus du niveau actuel de la mer. La forêt s'étend à l'intérieur d'un périmètre de 610 m et se présente sous la forme d'un rectangle irrégulier dont les côtés sont respectivement de 175 m, 129 m, 175 m et 130 m, couvrant ainsi une superficie de 2,27 hectares (ha).

L'assise géologique de l'aire du campus, ainsi que de la grande majorité de la colline de Québec, fait partie des formations appalachiennes composées de roches fortement plissées, notamment des schistes et des grès de couleur variant de rouge à gris et vert (Bhiry, 2011), mise en place lors de différentes orogénies datant de l'ère primaire, de 460 à 380 millions d'années avant aujourd'hui (Thériault, 2013). La région de Québec a été recouverte par le glacier continental lors de la glaciation du Wisconsinien il y a 21 000 ans (Parent et Occhietti, 1988). Lors de la déglaciation, la région a été envahie d'abord par la mer de Goldthwait (Dionne, 1977), puis par la mer de Champlain dont la limite se situait vers 200 m au-dessus du niveau actuel de la mer (Lasalle *et al.*, 1977),



Figure 1. Érablière AcérUL.

notamment au cours de la phase dite de Charlesbourg, vers 14 000-15 000 ans avant aujourd'hui. Toute la colline de Québec était sous les eaux marines à cette époque. À la suite du relèvement isostatique postglaciaire, la colline de Québec a formé une île jusque vers 8000-9000 ans avant aujourd'hui. Les premières forêts se sont installées dans la région au début de la période holocène (vers 11 000 ans avant aujourd'hui). La végétation forestière et les premiers érables à sucre se sont établis vers 9800-9000 ans avant aujourd'hui (Labelle et Richard, 1981; Talon *et al.*, 2005; Fillion *et al.*, 2009). Les premières forêts ont été en partie occupées par l'érable à sucre vers 7000 ans avant aujourd'hui sur l'île d'Orléans (Richard, 1971; Lavoie *et al.*, 2010) et 5500 ans avant aujourd'hui sur la côte de Beaupré (Magnan, 2006). La végétation actuelle et ancienne de la colline de Québec et de ses environs a été décrite à l'occasion de travaux archéologiques révélant l'environnement précédant et suivant la fondation de la ville de Québec (Garneau, 1997; Bouchard-Perron et Bain, 2009; Querrec *et al.*, 2013).

Le climat de la région est de type continental tempéré, mais particulièrement humide en raison de la proximité de l'estuaire du Saint-Laurent. La température moyenne annuelle est environ de 4 °C, juillet étant le mois le plus chaud (environ 19 °C) et janvier le mois le plus froid (environ -13 °C). Pas moins de 1200 à 1300 mm de précipitation tombent annuellement sur Québec et ses environs, dont plus de 25 % sous forme de neige.

La végétation de la colline de Québec fait partie de la zone forestière Grands-Lacs-Saint-Laurent (sous-région L3, Rowe, 1972) et plus particulièrement du domaine de l'érablière laurentienne (Grandtner, 1966) dominée par l'érable à sucre, le tilleul d'Amérique (*Tilia americana*), le frêne d'Amérique, le chêne rouge et plusieurs autres espèces arborescentes relativement thermophiles.

Une analyse sommaire des photographies aériennes présentées dans les rapports de Del Degan *et al.* (2006a,b) permet de situer le développement spatiotemporel d'AcérUL au cours du 20<sup>e</sup> siècle et du 21<sup>e</sup> siècle. Il s'agit du contexte historique, agricole et urbain, de la colline de Québec qui forme un vaste promontoire près du fleuve Saint-Laurent, entre la rivière Saint-Charles à l'est et la rivière Cap-Rouge à l'ouest, délimité par la dépression Cap Rouge - Limoilou au nord et le fleuve Saint-Laurent au sud. Avant la création du campus de l'Université Laval, la forêt AcérUL faisait partie d'une trame agroforestière, entourée de champs agricoles et traversée par une ligne de lot (ancien chemin forestier étroit) maintenant réduite au sentier actuel de la partie est de la forêt (Figures 2 et 3). Un village wendat, ainsi que des maisons, des bâtiments agricoles et un moulin à farine occupaient les terres d'une partie du campus et de l'environnement proximal de la paroisse de Sainte-Foy à la fin du 17<sup>e</sup> siècle (Pelletier et Auger, 2012). AcérUL représente l'un des vestiges du bois Gomin des débuts de la colonie de la Nouvelle-France au détour des années 1660-1670. On reconnaît l'emplacement de la parcelle forestière d'AcérUL à proximité du chemin Gomin au début (Adams, 1822) et au milieu (Sitwell, 1866)

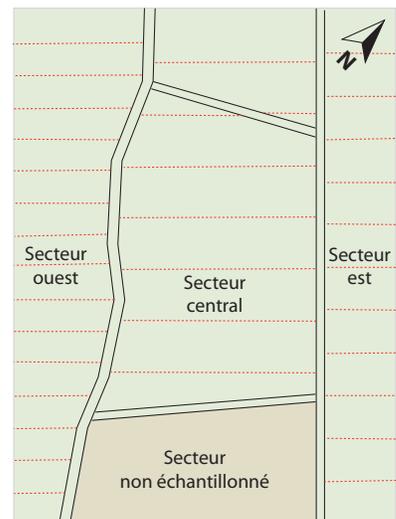


Figure 2. Plan de l'érablière AcérUL divisé en 3 secteurs, ouest, central et est. Les lignes horizontales pointillées délimitent les quadrats d'inventaire de la structure diamétrale du peuplement. En haut, vue aérienne (Google Earth 2019) du campus où se trouve l'érablière AcérUL (rectangle rouge).



- |   |   |  |
|---|---|--|
| 1 - Institut universitaire de cardiologie et de pneumologie de Québec (Hôpital Laval)                                       | 5 - Jardins Jean-Bosco, maison de retraite (anciennement Institut Saint-Jean-Bosco) | — Limite actuelle du campus de l'Université Laval (à l'est de l'autoroute Robert-Bourassa) |
| 2 - Maison provinciale des Frères de Saint-Vincent-de-Paul (anciennement scolasticat des Frères de Saint-Vincent-de-Paul)   | 6 - Maison Gomin, complexe funéraire (anciennement prison pour femmes de Québec)    | — Chemin Gomin   |
| 3 - Pavillon Montcalm, immeuble à logements (anciennement Maison St-Joseph et de Collège des Frères des Écoles Chrétiennes) | 7 - Tourbière de Sillery  | — Tracé actuel des rues du campus  |
| 4 - Pavillon de l'Est, Université Laval (anciennement un bâtiment de la Société des missions étrangères)                    | 8 - Maison Brophy   | — Forêt AcérUL   |

Figure 3. Les environs du campus de l'Université Laval en 1947 où les champs agricoles et les boisés prédominaient à parts égales. On remarque le tracé du Chemin Gomin et l'emplacement de l'érablière AcérUL. L'image fut assemblée à partir d'une mosaïque de photographies aériennes verticales (1947) couvrant la région de Québec. Crédit : Fonds Canadian Pacific Air Lines Limited, BanQ-centre d'archives de Québec, P690.

du 19<sup>e</sup> siècle à proximité de plusieurs champs agricoles. Depuis le début (Scott, 1902) et le milieu (DelDegan *et al.*, 2006a,b) du 20<sup>e</sup> siècle (Figure 3), on constate la diminution progressive du couvert forestier, au profit du développement urbain, et de la valeur patrimoniale des boisés du campus qui représentent maintenant des îlots de biodiversité naturelle en perte d'intégrité, mais encore préservés malgré les nombreux dommages causés au sol et aux arbres.

## MÉTHODES

### Échantillonnage de la flore et de la végétation

La flore vasculaire, c'est-à-dire des plantes possédant des vaisseaux servant à la circulation de la sève (eau et nutriments dissous), a été inventoriée au sein de l'aire de 2,27 ha. Elle comprend autant les ptéridophytes (plantes ne produisant ni fleurs ni graines, mais des spores comme les lycopodes, les prêles et les fougères), les gymnospermes (plantes comme les conifères dont les graines sont portées à nu à partir d'ovules non protégés dans un ovaire) que les angiospermes (comprenant le plus grand nombre d'espèces végétales, souvent dénommées plantes à fleurs, dont les graines sont enfermées dans un ovaire). La dénomination botanique retenue dans ce rapport provient de la liste des taxons figurant dans le site VASCAN (base de données des plantes vasculaires du Canada, <http://data.canadensys.net/vascan/>), dans les ouvrages portant sur les bryophytes (Faubert, 2012; 2013; 2014) et les sites spécialisés sur les lichens. Chaque taxon a été caractérisé quant à son aire de répartition naturelle. Un type d'aire de répartition est défini d'après l'affinité bioclimatique d'un taxon (arctique, boréal, tempéré, etc.) et d'après sa répartition mondiale (nord-américaine, nord-américaine et est-asiatique, circumhémisphérique, cosmopolite, etc.). La détermination du type d'aire de répartition a été établie d'après les travaux de Hultén (1968), Rousseau (1968; 1974), Payette et Lepage (1977) et Payette (2013), ainsi que ceux de Faubert (2012; 2013; 2014).

Trois placettes d'échantillonnage (secteur ouest, secteur central et secteur est) ont été disposées au sein du peuplement dans le but de décrire la structure de la végétation de l'érablière (Figure 2). La végétation se réfère à l'arrangement multidimensionnel des espèces végétales présentes dans un peuplement comme celui d'AcérUL. Le couvert végétal de l'érablière se caractérise par une structure qui comprend trois composantes fondamentales, à savoir la stratification (arrangement vertical des espèces), la répartition spatiale des individus (arrangement horizontal des espèces) et l'abondance de chaque espèce exprimée, par exemple, par le nombre d'individus par unité de surface ou encore par le recouvrement de chacune d'elle au sein d'une surface donnée. Dans la présente étude, on a évalué le recouvrement des espèces dans l'ensemble de l'aire de 2,27 ha en fonction des classes d'abondance suivantes, sans considérer leur répartition verticale (stratification) : 1 = rare, 2 = < 1 %, 3 = 1-10 %, 4 = 10-25 %, 5 = 25-50 %, 6 = 50-75 % et 7 = 75-100 %.

**Le couvert végétal de l'érablière se caractérise par une structure qui comprend trois composantes fondamentales : la stratification, la répartition spatiale des individus et l'abondance de chaque espèce**

La recension du diamètre de tous les individus de toutes les espèces arborescentes présentes dans les trois placettes d'échantillonnage, excluant une surface perturbée de 7000 m<sup>2</sup> située dans la partie sud d'AcérUL, a servi à mesurer la surface terrière et à établir la structure de taille du peuplement au sein d'une superficie de 1,6 ha. La surface terrière (ST), ramenée par convention à 1 ha, qui correspond à la surface d'une section de tige à hauteur de poitrine, est une mesure appliquée surtout aux espèces arborescentes. Elle reflète approximativement le recouvrement ou la portion occupée par une plante sur une surface d'inventaire, étant donné qu'il existe une relation étroite entre le recouvrement d'une plante (projection verticale au sol de la surface foliaire) et son diamètre. La surface terrière répond au degré de compétition des espèces arborescentes au sein de la forêt. Elle fournit également une indication indirecte des conditions d'éclaircissement du sous-bois. On utilise généralement les classes de diamètre mesuré à hauteur de poitrine (dhp à 1,3 m de la surface du sol). La conversion du diamètre en surface terrière par hectare est basée sur la relation suivante :

$$ST (m^2) = 0,0001 * \pi * (dhp/2)^2$$

ou plus simplement

$$ST (m^2) = dhp^2 * 0,00007854$$

Le facteur 0,0001 permet de convertir les cm en m. La surface terrière totale de chaque espèce arborescente est obtenue en additionnant la surface terrière de toutes les tiges répertoriées dans chaque classe de diamètre. La surface terrière totale par hectare d'AcérUL a été calculée de deux manières : en incluant tous les individus ayant un diamètre  $\geq 1$  cm et en n'incluant que les individus  $\geq 9$  cm dhp. Pour des raisons pratiques de temps d'inventaire, on ne recense généralement que les tiges supérieures à 9 cm dhp d'autant que les plus petites tiges affichent un faible taux de survie en raison de la compétition pour la lumière et des conditions de sous-bois ombragées.

La structure diamétrale de chaque espèce arborescente, ramenée par convention à 1 ha, fournit une estimation de la démographie de chacune d'elle, c'est-à-dire leur statut d'espèce en régénération, en progression, en stabilité ou en régression (ou en déclin). Pour des raisons logistiques, l'inventaire des plantules et des gaules (tous les individus non répertoriés à hauteur de poitrine, car trop petits) n'a pas été réalisé, à l'exception du décompte des taxons au sein d'un quadrat de 25 m<sup>2</sup> situé dans le secteur central d'AcérUL. Les données diamétrales fournissent cependant une information indirecte de l'état de la régénération préétablie de toutes les espèces arborescentes. Afin d'évaluer l'état des populations arborescentes à l'aide de modèles démographiques basés sur une estimation du taux de survie, nous avons procédé à la linéarisation des données de la relation existant entre le nombre de tiges et les classes de diamètre (Payette, 2010). L'âge de plusieurs arbres de la forêt AcérUL a été déterminé à l'aide de carottes extraites du tronc en utilisant une sonde de Pressler à 30 cm du sol (Figure 4). Des rondelles de bois ont aussi été prélevées dans la section basale du tronc de



Figure 4. Sonde de Pressler servant à extraire une carotte d'arbre depuis le centre de la tige afin de déterminer son âge en faisant le décompte des cernes annuels de croissance que l'on voit sur l'image du bas.

quelques arbres morts reposant à la surface du sol ou rarement debout en position de vie. L'âge de ces arbres morts est déterminé à quelques années près dans la mesure où la majorité des cernes de croissance sont encore présents. La période de vie de ces arbres peut être obtenue à l'aide de l'interdatation des cernes avec une chronologie de référence déjà disponible, notamment celle de quelques espèces documentées à ce sujet comme le thuya occidental (*Thuja occidentalis*) (Querrec *et al.*, 2009), l'érable à sucre (Payette *et al.*, 1996) et la pruche du Canada (Delwaide et Filion, 1999). La largeur des cernes annuels (précision de  $\pm 0,002$  mm) chez les arbres vivants et chez les arbres morts échantillonnés a été mesurée à l'aide d'un micromètre (Velmex Inc., Bloomfield, New York, USA). Les séries individuelles ont été interdatées et analysées au Laboratoire de dendrochronologie du Département de géographie de l'Université Laval. Le sol de l'érablière a été décrit dans la placette d'échantillonnage du secteur central et analysé selon les normes du système de classification des sols du Canada (SCCS, 2002).

### **Échantillonnage des fragments de charbon de bois**

Au sein d'une placette d'échantillonnage de 20 x 50 m située dans le secteur central d'AcérUL, 50 microstations réparties tous les 5 m le long des lignes délimitant le quadrat et en son centre ont été utilisées pour l'échantillonnage des fragments de charbon de bois. Un échantillon du sol de surface (horizon Ah sous la litière de feuilles ou en affleurement) d'environ 20 x 20 x 2-3 cm, au contact du sol minéral proprement dit, a été prélevé dans chacune des microstations afin d'extraire les fragments de charbon de bois. En plus de l'échantillon de surface Ah, deux échantillons de sol minéral superposés, de 750 cm<sup>3</sup> chacun, furent extraits dans chaque microstation à l'aide d'une sonde pédologique (Figure 5). Ces échantillons sont désignés « A » et « B » et proviennent des carottes de sol prises respectivement à une profondeur de 2-17 cm et de 17-32 cm de la surface du sol minéral.

Les échantillons de surface (correspondant au réservoir de surface) et de sol minéral (correspondant au réservoir minéral de profondeur) ont été tamisés afin d'extraire les fragments de charbon de bois, puis immergés dans une solution de NaOH (2-5 %) pendant 24 h à 48 h afin de disperser les agrégats et d'éliminer la matière organique lors du tamisage. Chaque échantillon a été trié par jet d'eau à l'aide de tamis de 2 mm et de 4 mm. Les fragments de charbon de bois, tous de taille macroscopique supérieure à 2 mm, suggérant qu'ils ont été formés *in situ* et non transportés sur de longues distances (Ohlson et Triterud, 2000), ont ensuite été extraits manuellement sous une loupe binoculaire et séchés à l'air libre. Les fragments de charbon de bois extraits du filtrat des tamis ont été sectionnés selon les trois plans anatomiques du bois (radial, transversal et tangentiel) afin de procéder à l'identification botanique. Les fragments de charbon de bois de surface de  $\geq 2,0$ -2,5 mg et tous les fragments de charbon de bois extraits du sol minéral ont été identifiés à l'aide d'un microscope à lumière incidente (200, 500 et 1000x). Les critères d'identification des pièces de bois décrits par



Figure 5. Sonde pédologique servant à extraire une carotte de sol aux fins de l'analyse des fragments de charbon de bois des sols d'AcérUL.

Hoadley (1990) et Panshin et de Zeeuw (1980), ainsi que la collection de référence de bois brûlé du Centre d'études nordiques (Université Laval, Québec) ont servi à l'identification botanique des fragments de charbon de bois. Ces derniers ont été identifiés au niveau du genre ou de l'espèce lorsque cela s'avérait possible. L'état altéré des pièces de bois (vitrification, bois de réaction, détérioration physique), leur petite taille et les dépôts de couleur orange logés dans la structure du bois sont les principaux facteurs qui ont rendu difficile l'identification des fragments de charbon de bois.

Les fragments de charbon de bois ont été sélectionnés pour la datation au  $^{14}\text{C}$  (méthode de spectrométrie de masse par accélérateur) en fonction des taxons présents et de leur répartition dans les sols de l'érablière. Les pièces de charbon de bois ont été prétraitées et transformées en  $\text{CO}_2$  (particules de graphite) au Laboratoire de radiochronologie du Centre d'études nordiques. Ensuite, elles ont été datées au Laboratoire du *Keck Carbon Cycle AMS Facility* (University of California, Irvine, California, USA). Le logiciel Calib7.02 (Stuiver *et al.*, 1998; 2013) ainsi que les bases de données IntCal13 (Reimer *et al.*, 2013) ont été utilisés pour transformer les années radiométriques  $^{14}\text{C}$  en années étalonnées. Les dates < 71 ans BP ont été étalonnées à l'aide du logiciel CALIBomb ([calib.org/CALIBomb/](http://calib.org/CALIBomb/)). Pour chacune des dates  $^{14}\text{C}$  ( $\pm 2$  écarts-types), on a tenu compte de la distribution des âges étalonnés en fonction des états probabilistes. La distribution des âges étalonnés est généralement fractionnée sous forme d'états probabilistes à cause des variations du contenu en  $^{14}\text{C}$  atmosphérique associées à l'activité solaire (Solanki *et al.*, 2004). L'intervalle d'années étalonnées ayant la plus grande probabilité est utilisé pour la détermination de l'âge des échantillons. L'année moyenne de cet intervalle a été retenue comme étant l'année étalonnée BP de l'échantillon daté et 65 années ont été ajoutées à l'âge étalonné par rapport à l'année de référence BP qui est 1950. Les fragments de charbon de bois, dont les intervalles d'âge étalonné les plus probables sont chevauchants de plus d'une vingtaine d'années, ont été considérés comme étant issus d'un même feu.

La nature particulière de l'environnement forestier est d'être soumis constamment aux chablis qui sont des perturbations reliées aux arbres renversés au sol et déracinés; ces perturbations provoquent souvent le bouleversement mécanique et l'enfouissement de la partie superficielle du sol. Selon l'ampleur des bouleversements mécaniques, la partie supérieure du sol forestier renferme souvent de la litière, de la matière organique de surface, dont des fragments de charbon de bois formés à l'occasion de feux récents et anciens, et des horizons minéraux du solum. La présence de fragments de charbon de bois dans l'environnement forestier est indicatrice du passage de feux. Ainsi, selon la fréquence et l'intensité de feux, récents et anciens, un nombre variable, souvent considérable, de fragments de charbon de bois provenant de la combustion incomplète des bois des espèces arborescentes sont déposés à la surface du sol du peuplement incendié. Toute forêt soumise aux feux renferme des fragments de charbon de bois à la surface du sol qui, sous un régime de chablis et de perturbations biotiques et

physiques, sont éventuellement enfouis plus ou moins profondément dans le sol. De cette façon, la stratigraphie originelle du sol composée de divers horizons organiques et minéraux se trouve perturbée et les fragments de charbon de bois issus des feux survenus au cours du temps sont disposés dans le désordre. Cette situation complique l'échantillonnage des fragments de charbon du sol pour quiconque désire établir une chronologie des feux du site occupé par la forêt. Pour contourner l'absence de stratigraphie naturelle des fragments de charbon de bois dans le sol, il est donc nécessaire de dater un grand nombre de fragments de charbon de bois afin de répertorier la grande majorité des feux survenus au cours du temps. Puisque de nombreuses contraintes empêchent la datation de tous les fragments de charbon de bois extraits du sol, dont le coût de la datation de chaque pièce, il convient d'évaluer par une méthode indirecte le nombre de feux total survenus dans chaque station au cours du temps, ce qui est possible en confectionnant une courbe d'accumulation (de Lafontaine et Payette, 2012). Cette dernière met en relation le nombre de feux identifiés en fonction du nombre de fragments de charbon de bois datés. L'atteinte de l'asymptote de la courbe d'accumulation donne généralement une estimation du nombre total théorique de feux ayant perturbé la station d'échantillonnage au cours du temps. Dans cette recherche, nous avons confectionné la courbe d'accumulation au sein de la station de l'érablière AcérUL à l'aide de la fonction *accumresult* selon la méthode aléatoire de l'extension *BiodiversityR* du logiciel R (Kindt et Coe, 2005, R Development Core Team, 2011). Cette fonction détermine le nombre moyen de feux identifiés en fonction du nombre de fragments de charbon de bois datés à la suite de 100 répétitions aléatoires. Une estimation du nombre total théorique de feux de la station d'échantillonnage est faite à l'aide d'une régression non linéaire,  $F(n) = F(\max) (1 - e^{-kn})$ , où  $F(n)$  est le nombre de feux,  $n$  le nombre de fragments de charbon de bois datés,  $F(\max)$  le nombre de feux réels estimés (asymptote) et  $k$  la constante (Frégeau *et al.*, 2015).

Nous avons aussi estimé le nombre réel de feux survenus dans la station en utilisant des estimateurs non paramétriques (ENP) du nombre de feux non détectés. Il est préférable d'utiliser des ENP lorsque la distribution de la fréquence des espèces n'est pas connue (Chao et Chiu, 2016). L'indice *Homogène* est un estimateur paramétrique de la diversité. Les résultats de cet estimateur sont similaires à ceux obtenus par l'estimation du nombre réel de feux survenus dans la station par la régression d'une courbe d'accumulation. L'indice *Chao1-bc* est un ENP conservateur qui estime la richesse spécifique minimale. Les estimateurs, incluant les écarts-types et les intervalles de confiance à 95 %, ont été calculés avec l'extension *SpadeR* du logiciel R (R Development Core Team, 2011; Chao et Chiu, 2016). Toutes ces données sont mises en perspective avec le répertoire botanique des fragments de charbon de bois de l'érablière AcérUL, dont au moins 61 d'entre eux ont été datés au radiocarbone. De cette façon, on est en mesure de préciser l'âge de l'érablière AcérUL et de connaître son ascendance écologique reliée aux feux.

## RÉSULTATS

### Propriétés physiques et chimiques du sol

Le sol de l'érablière est généralement bien drainé et correspond à la classe de drainage 2 du système canadien de classification des sols (sans signe apparent de mauvais drainage ou de gleyification, causé par un approvisionnement en oxygène déficient exprimé sous la forme de taches de fer à la fois oxydé et réduit). Le sol est cependant plus humide dans le secteur ouest d'AcérUL où de grandes dépressions sont ennoyées au printemps lors de la fonte de la neige, et où se trouvent plusieurs plantes adaptées à des conditions humides, là où la nappe d'eau (ou nappe phréatique) monte périodiquement à la surface du sol. D'après la coloration des horizons du sol et les propriétés chimiques, il s'agit d'un sol acide appartenant à l'ordre podzolique, plus particulièrement un podzol humo-ferrique comme ailleurs sur la colline de Québec, notamment dans le site archéologique Cartier-Roberval (Auger et Payette, 2008). Le pH des horizons est généralement inférieur à 4,0 excepté celui de l'horizon C (matériel originel composé d'argile, de limon et de sable : loam sablo-argileux) qui est légèrement au-dessus de 4,0 (Annexe 1a,b). L'horizon de surface Ah renferme plus de 16 % de carbone organique, alors que les horizons Bf1 et Bf2 (matériel argileux provenant de la météorisation des schistes rouges et verts) en ont moins que 4 %. La matière organique humifiée et les particules fines des horizons Ah et Bf1 assurent une capacité d'échange cationique relativement élevée, mais la saturation en bases est plutôt faible dans l'horizon Ah (de l'ordre de 50 %) et très faible dans les horizons Bf1 et Bf2 (inférieure à 10 %), ce qui explique la nature acide des matériaux du sol.

La surface du sol est généralement recouverte d'une litière de feuilles de moins de 1 cm d'épaisseur et repose directement sur l'horizon Ah, sauf dans quelques dépressions où elle est accumulée parfois sur une épaisseur de 5 cm. Au moins le tiers de la superficie d'AcérUL est actuellement dénudé, où affleure l'horizon organominéral Ah. Quelques plaques de béton et de graviers perturbent la surface du sol, notamment dans le secteur ouest. L'absence de litière à ces endroits ainsi que dans le secteur central est souvent associée à la présence des vers de terre qui consomment les feuilles et les incorporent au solum et même à l'horizon C. Les vers de terre endogés sont responsables de l'incorporation de la matière organique provenant de la litière fraîche dans le sol minéral. La bioturbation par les vers de terre se voit à la présence de turricules à la surface du sol, qui consistent en de petits monticules de déjection sous forme de tortillons à la sortie de nombreuses galeries souterraines (Figure 6).

Les *Lumbricus* sp., dont *Lumbricus terrestris*, les *Octolasion* sp. (Figure 7) et les *Aporrectodea* sp. sont parmi les vers endogés les plus actifs et les plus nombreux dans le sol de l'érablière. En l'absence de litière, la surface dénudée est davantage soumise aux variations de l'humidité

du sol, ce qui se manifeste par la formation de fentes de dessiccation. Ces dernières sont généralement disposées en réseau polygonal (Figure 8), une situation peu commune dans les érablières libres de vers de terre. La nature de l'horizon Ah est redevable en grande partie à l'influence pédogénétique des vers de terre. Parmi les autres organismes



Figure 6. Turricules à la surface du sol perturbé d'AcérUL reliés à l'activité des vers de terre.



Figure 7. L'un des lombrics les plus abondants d'AcérUL.

qui facilitent la décomposition et le recyclage de la matière organique dans l'érablière, on peut mentionner la salamandre cendrée (*Plethodon cinereus*, une variété à dos rouge) (Figure 9), une espèce particulièrement abondante dans les écosystèmes forestiers du nord-est de l'Amérique du Nord (Moore *et al.*, 2012).



Figure 8. Fentes de dessiccation associées à la dénudation du sol résultant de l'activité des vers de terre.



Figure 9. Une salamandre cendrée sur un tronc en voie de décomposition.

Les effets collatéraux de la dénudation du sol forestier par les vers de terre ne se limitent peut-être pas à la polygonation de la surface argileuse (Figure 8). En effet, il est possible que l'élimination des horizons organiques du sol par les vers de terre favorise l'activité périglaciaire par la géliturbation de la partie minérale du solum. Sous l'action du gel-dégel, surtout à l'automne, la formation de glace de ségrégation entourant les particules fines du solum cause le gonflement et le fendillement de la surface du sol. Cette action qui se manifeste aussi sous la forme de pipkrakes (ou aiguilles de glace) provoque la remontée des particules minérales fines, des graviers et des cailloux à la surface du sol. Après la fonte de la glace, les graviers et les cailloux expulsés ne peuvent revenir à leur position initiale dans le solum et s'accumulent donc davantage à la surface du sol, d'où la formation d'un couvert de graviers et de cailloux caractéristique qui se répartissent le plus souvent autour des arbres (Figure 10). Ces affleurements de graviers et de cailloux périglaciaires sont à distinguer des grands couverts de matériaux grossiers formés autour des terriers de marmotte (*Marmota monax* Linnaeus 1758) (Figure 11). On trouve à l'occasion, surtout dans le secteur ouest, des amoncellements de graviers et de béton, ainsi que quelques boulders de nature granitique (de source glaciaire, du Bouclier canadien). Il est possible également que des matériaux caillouteux aient été déposés çà et là par l'activité humaine dans l'environnement du secteur ouest d'AcérUL.



Figure 10. Couverture périglaciaire de graviers et de cailloux entourant des tiges d'érable à sucre et de smilacine à grappes.



Figure 11. Terrier de marmotte entouré d'une couverture de graviers et de cailloux.

## Spectre biogéographique

Chaque taxon possède une histoire de vie unique depuis son apparition dans la biosphère. Le succès écologique et évolutif de chaque taxon au cours du temps se traduit plus ou moins directement dans son aire de répartition, laquelle peut être locale, régionale, transcontinentale, circumhémisphérique ou même mondiale. Ainsi, la nature et l'étendue de l'aire de répartition de chaque taxon servent à définir le groupe biogéographique auquel il appartient, où il est établi naturellement ou artificiellement (introduction reliée à l'influence anthropique), suivant les changements de l'environnement au cours du temps. Chaque aire de répartition comprend 5 composantes principales, dont la localisation, la nature bioclimatique (par exemple, tempéré, boréal, arctique, etc.) et l'étendue de la répartition, la fréquence et le nombre d'apparitions au sein de l'aire, ainsi que l'habitat dans lequel le taxon pousse (Payette, 2013). On trouvera au Tableau 1 la liste de toutes les espèces répertoriées (comprenant le nom des auteurs et le nom français), regroupées selon la forme de croissance (arbres, arbustes et abrisseaux, plantes herbacées, mousses, hépatiques et lichens), et leur répartition dans l'érablière AcérUL (leur type biologique défini selon la classification de Raunkier légèrement modifiée (phanérophyte, chaméphyte, hémicryptophyte, etc.), ainsi que le groupe biogéographique auquel elles appartiennent (pour plus d'information à ce sujet, voir Payette, 2013).

La flore de l'érablière AcérUL est répartie en 39 familles, dont 33 familles de plantes vasculaires, 5 familles de bryophytes et une famille

de lichens. On recense 62 genres, dont 56 chez les plantes vasculaires, 5 chez les bryophytes et un seul chez les lichens. Plus de 75 espèces habitent l'érablière, soit 67 espèces vasculaires, 6 mousses, une hépatique et un lichen. Chez les plantes vasculaires, 48 taxons (72 % de la flore vasculaire) sont d'affinité tempérée, alors que 13 autres (19 % de la flore vasculaire) sont d'affinité boréale. Six taxons (9 % de la flore vasculaire) sont des plantes introduites originaires d'Europe et d'Asie. La grande majorité des taxons vasculaires, soit 60 taxons (90 % de la flore vasculaire), sont endémiques à l'Amérique du Nord. Plus de 52 taxons vasculaires (78 % de la flore vasculaire) sont restreints à la partie orientale, plutôt tempérée, de l'Amérique du Nord. Ces espèces se trouvent dans l'aire de la forêt à feuillage décidu et de la forêt mixte (conifères et feuillus) qui couvrent la région des Grands Lacs, des Appalaches, de la vallée du Saint-Laurent et de la côte atlantique. Seulement 5 taxons vasculaires (7 % de la flore vasculaire) ont une répartition circumhémisphérique, dont 3 taxons tempérés et 2 taxons boréaux. L'aire naturelle de trois taxons vasculaires (4 % de la flore vasculaire) couvre l'Amérique du Nord et l'Asie orientale. Les bryophytes font également partie du domaine tempéré avec une affinité particulière pour les environnements forestiers. Il en est de même du lichen colonisant l'écorce des érables à sucre du peuplement.

Tableau 1. Liste et spectre biogéographique des espèces végétales de l'érablière AcérUL (présenté en ordre alphabétique de genres puis d'espèces).

**Arbres**

***Abies balsamea*** (Linnaeus) Miller, famille des *Pinaceae*. Sapin baumier. Taxon boréal nord-américain, endémique de l'Amérique du Nord, phanérophyte, mais chaméphyte et nanophanérophyte dans AcérUL; seulement 2-3 gaules mais déclinantes, en voie de défoliation avancée, dans le secteur ouest. Espèce caractéristique de la forêt boréale québécoise affectée de manière récurrente par l'insecte le plus ravageur des conifères d'Amérique du Nord, la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* (Clemens)).

***Acer platanoïdes*** Linnaeus, famille des *Sapindaceae*. Érable de Norvège. Taxon introduit, quelques gaules le long des sentiers de la forêt, ainsi qu'en bordure du secteur sud et du secteur central (Figure 12). Un petit arbre en forêt, près de la bordure du secteur ouest. Le tronc a été fendu à la suite de la chute d'un gros arbre chablisé. Il reste quelques branches vivantes, de sorte que la plante survit. Un gros érable en forêt près du sentier menant vers le sud, oblique au Pavillon Desjardins, avec plusieurs rejetons bien établis de part et d'autre du sentier. L'espèce est inscrite au palmarès des plantes envahissantes au Canada et aux États-Unis. Cet érable déplace progressivement l'érable à sucre dans certains boisés en zone urbaine, notamment sur le Mont-Royal, dans la ville de Montréal. Cette espèce fait de plus en plus l'objet d'une éradication, étant donné son caractère envahissant. En forêt naturelle, elle prolifère le long des sentiers, comme c'est le cas dans l'érablière AcérUL. L'érable de Norvège est répandu dans plusieurs érablières de la colline de Québec, comme dans le parc du Bois-de-Coulonge et ailleurs dans l'arrondissement de Sainte-Foy-Sillery-Cap-Rouge. À éradiquer en forêt et dans l'érablière AcérUL.

***Acer rubrum*** Linnaeus, famille des *Sapindaceae*. Érable rouge. Taxon tempéré est nord-américain, endémique de l'est de l'Amérique du Nord, phanérophyte. Fréquent dans l'érablière AcérUL, quelques plantules et gaules, plusieurs arbres matures et, avec l'orme d'Amérique, le frêne d'Amérique et le chêne rouge, fait partie de la confrérie des plus gros arbres de l'érablière, notamment dans le secteur ouest.

***Acer saccharum*** Marshall, famille des *Sapindaceae*. Érable à sucre. Taxon tempéré est nord-américain, endémique de l'est de l'Amérique du Nord, phanérophyte. Domine partout dans AcérUL (Figure 13); innombrables plantules, mais moins de gaules à cause d'une éclaircie du sous-bois datant de plusieurs années. Espèce formant les érablières qui représentent l'un des plus importants types forestiers du Québec.

***Betula alleghaniensis*** Britton, famille des *Betulaceae*. Bouleau jaune, merisier. Taxon tempéré est nord-américain, endémique de l'est de l'Amérique du Nord, phanérophyte. Peu fréquent dans l'érablière AcérUL, presque uniquement présent dans le secteur le plus humide (ouest) avec la pruche du Canada; peu de plantules et de gaules, mais quelques arbres matures dont les racines sont souvent déployées hors terre (Figure 14).



Figure 12. L'érable de Norvège avec ses feuilles à 5 lobes colonisées chaque année par la tache goudronneuse (ici au stade précoce), le *Rhytisma americanum* (Persoon : Fries) Fries.



Figure 13. L'érable à sucre, l'arbre dominant d'AcérUL.



Figure 14. Le bouleau jaune d'AcérUL avec ses nombreuses racines subaériennes déployées dans toutes les directions.

***Betula papyrifera*** Marshall, famille des *Betulaceae*. Bouleau à papier, bouleau blanc. Taxon boréal nord-américain, endémique de l'Amérique du Nord, phanérophyte. Relativement fréquent dans l'érablière AcérUL; quelques arbres matures dans le secteur ouest (face au pavillon Pouliot) et dans les secteurs central et est.

***Fagus grandifolia*** Ehrhart, famille des *Fagaceae*. Hêtre à grandes feuilles. Taxon tempéré est nord-américain, endémique de l'est de l'Amérique du Nord, phanérophyte. Fréquent dans l'érablière AcérUL, dans le secteur central, ainsi que dans le secteur humide du côté ouest (face au pavillon Pouliot), où on y rencontre beaucoup de plantules et de gaules, ainsi que plusieurs arbres matures typiquement entourés de drageons (Figure 15). La maladie corticale affecte quelques hêtres à grandes feuilles (Figure 16), maladie résultant d'une interaction entre un insecte, la cochenille du hêtre (*Cryptococcus fagisuga* Lindenger) et deux champignons pathogènes, *Neonectria faginata* (Lohman *et al.*) Castl. et Rossman (espèce envahissante) et *Neonectria ditissima* (Tul. et C. Tul.) Samuels et Rossman (espèce indigène).

***Fraxinus americana*** Linnaeus, famille des *Oleaceae*. Frêne blanc, frêne d'Amérique. Taxon tempéré est nord-américain, endémique de l'est de l'Amérique du Nord, phanérophyte. Très fréquent dans l'érablière AcérUL, très grand nombre de plantules et de gaules, plusieurs arbres matures, de grande taille, parmi les plus gros (Figure 17). Aucun signe de dépérissement relié à l'agrile du frêne (*Agrilus planipennis* Fairmaire). Espèce au caractère pionnier, envahissant, l'une des plus abondantes dans l'érablière AcérUL. Sa disparition éventuelle, malheureusement prévue au cours des prochaines années, causera sans doute une perturbation de masse, une ouverture au sein de la voûte forestière et dans le sous-bois qui profitera aux autres espèces arborescentes opportunistes.

***Ostrya virginiana*** (Miller) K. Koch, famille des *Betulaceae*. Ostryer de Virginie. Taxon tempéré est nord-américain, endémique de l'est de l'Amérique du Nord, phanérophyte. Très fréquent dans l'érablière AcérUL, plusieurs plantules, gaules et arbres matures (Figure 18), de taille moyenne à grande. Espèce caractéristique de l'érablière laurentienne.

***Picea rubens*** Sargent, famille des *Pinaceae*. Épinette rouge. Taxon appalachien, boréal-montagnard nord-américain à affinité tempérée, endémique de l'est de l'Amérique du Nord, phanérophyte. Rare dans l'érablière AcérUL, un seul petit arbre malingre et aucune plantule observée.

***Populus grandidentata*** Michaux, famille des *Salicaceae*. Peuplier à grandes dents. Taxon tempéré est nord-américain, endémique de l'est de l'Amérique du Nord, phanérophyte. Peu répandu dans l'érablière AcérUL, sauf dans le secteur ouest où l'on trouve plusieurs plantules et petites gaules, de gros arbres matures, ainsi que quelques troncs matures au sol en voie de décomposition.



Figure 15. Hêtre à grandes feuilles mature produisant des drageons, comme on le constate ici sur l'une des racines principales de l'arbre.



Figure 16. Chancre associé à la maladie corticale du hêtre à grandes feuilles (complexe biotique champignon-insecte).



Figure 17. Tige mature d'un frêne d'Amérique, représentatif de ses nombreux congénères d'AcérUL.



Figure 18. Tige mature d'un ostryer de Virginie d'AcérUL.

**Quercus rubra** Linnaeus, famille des *Fagaceae*. Chêne rouge. Taxon tempéré est nord-américain, endémique de l'est et du centre de l'Amérique du Nord, phanérophyte. Très fréquent dans l'érablière AcérUL, relativement petit nombre de plantules et de gaules, mais plusieurs arbres matures (Figure 19), de très grande taille, parfois en bouquet de 2-3 tiges. Parmi les plus gros et les plus grands arbres de l'érablière.



Figure 19. Chênes rouges matures d'AcérUL.

**Thuja occidentalis** Linnaeus, famille des *Cupressaceae*. Cèdre blanc, thuya du Canada. Taxon boréal est nord-américain, à affinité tempérée, endémique de l'est de l'Amérique du Nord, phanérophyte. Très fréquent dans le secteur ouest, humide, surtout face au Pavillon Pouliot, beaucoup de plantules et de gaules, quelques arbres matures de grande taille et quelques grosses tiges mortes en position de vie et au sol (Figure 20).



Figure 20. Tiges de cèdre blanc au sol par chablisement.

**Tilia americana** Linnaeus, famille des *Malvaceae*. Tilleul d'Amérique. Taxon tempéré est nord-américain, endémique de l'est de l'Amérique du Nord, phanérophyte. Peu fréquent dans l'érablière AcérUL, quelques plantules et gaules, quelques arbres matures, notamment dans les secteurs ouest et est. Espèce caractéristique de l'érablière laurentienne.

**Tilia cordata** Miller (incl. *Tilia xeuropaea* Linnaeus), famille des *Malvaceae*. Tilleul à petites feuilles. Taxon introduit, tempéré eurasiatique, phanérophyte. Rare dans l'érablière AcérUL, en bordure du secteur est, parfois en forêt au sous-bois ombragé.

**Tsuga canadensis** (Linnaeus) Carrière, famille des *Pinales*. Pruche du Canada, pruche de l'Est. Taxon tempéré est nord-américain, endémique de l'est de l'Amérique du Nord, phanérophyte. Peu fréquent dans l'érablière AcérUL, secteur ouest, plus humide, face au Pavillon Pouliot, rares plantules et gaules, quelques arbres matures dont un est en voie de chablisement (Figure 21, tronc carotté). Espèce caractéristique de l'érablière laurentienne.



Figure 21. Une pruche du Canada en voie de déracinement, établie dans AcérUL dans la seconde moitié du 19<sup>e</sup> siècle.

**Ulmus americana** Linnaeus, famille des *Ulmaceae*. Orme d'Amérique. Taxon tempéré centre et est nord-américain, endémique de l'est et du centre de l'Amérique du Nord, phanérophyte. Relativement fréquent dans l'érablière AcérUL, sauf dans le secteur humide, peu de plantules et gaules, quelques gaules en voie de dépérissement, plusieurs grands arbres matures, parmi les plus gros et les plus grands (Figure 22) et quelques arbres de plus petite taille. Plusieurs ormes d'Amérique du secteur est (situé dans la partie sud du secteur) affectés par la maladie hollandaise de l'orme ont été coupés, une situation semblable à ce qui se passe ailleurs sur le campus et sur la colline de Québec. La maladie est causée par deux champignons microscopiques (*Ophiostoma ulmi* (Buisman) Nannf. et *Ophiostoma novo-ulmi* Brasier) et son contrôle est particulièrement difficile.



Figure 22. Un orme d'Amérique mature et en santé d'AcérUL.

**Arbustes et arbrisseaux** *Amelanchier arborea* (F. Michaux) Fernald, famille des *Rosaceae*. Amélanchier arborescent. Taxon tempéré est nord-américain, endémique de l'est de l'Amérique du Nord, arbrisseau, phanérophyste et nanophanérophyste. Relativement fréquent dans l'érablière AcérUL.

*Amelanchier cf. laevis* Wiegand, famille des *Rosaceae*. Amélanchier glabre, petites poires. Taxon tempéré est nord-américain, endémique à l'est de l'Amérique du Nord, arbrisseau, nanophanérophyste. Relativement fréquent dans l'érablière AcérUL.

*Acer pensylvanicum* Linnaeus, famille des *Sapindaceae*. Érable de Pennsylvanie, bois barré, bois d'original. Taxon tempéré endémique de l'Est nord-américain, arbrisseau, phanérophyste (plusieurs grosses tiges de 5-7 m de haut), souvent nanophanérophyste et phanérophyste, relativement fréquent dans l'érablière AcérUL.

*Acer spicatum* Lamarck, famille des *Sapindaceae*. Érable à épis. Taxon boréal du centre et de l'est nord-américain, à affinité tempérée, arbuste endémique de l'Amérique du Nord, nanophanérophyste, parfois phanérophyste. Peu fréquent dans l'érablière AcérUL.

*Cornus alternifolia* f. Linnaeus, famille des *Cornaceae*. Cornouiller à feuilles alternes. Taxon tempéré du centre et de l'est de l'Amérique du Nord, arbuste endémique, nanophanérophyste. Rare dans l'érablière AcérUL.

*Corylus cornuta* Marshall, famille des *Betulaceae*. Noisetier à long bec, coudrier à long bec. Taxon tempéré nord-américain, arbuste endémique de l'Amérique du Nord, nanophanérophyste. Peu fréquent dans l'érablière AcérUL.

*Crataegus* Linnaeus, famille des *Rosaceae*. Aubépine. Taxon circumtempéré, arbuste et arbrisseau, nanophanérophyste. Peu fréquent dans l'érablière AcérUL.

*Diervilla lonicera* Miller, famille des *Caprifoliaceae*. Dièreville chèvrefeuille (Figure 23). Taxon tempéré à affinité boréale de l'Est nord-américain, arbuste endémique de l'Amérique du Nord, chaméphyte, géophyte à rhizome. Rare dans l'érablière AcérUL.

*Lonicera canadensis* Bartram ex Marshall, famille des *Caprifoliaceae*. Chèvrefeuille du Canada (Figure 24). Taxon tempéré de l'Est nord-américain, arbuste endémique de l'Amérique du Nord, chaméphyte. Peu fréquent dans l'érablière AcérUL.

*Prunus virginiana var. virginiana*, Linnaeus, famille des *Rosaceae*. Cerisier de Virginie (Figure 25). Taxon tempéré nord-américain, arbuste endémique de l'Amérique du Nord, nanophanérophyste. Fréquent dans l'érablière AcérUL.

*Rhus typhina* Linnaeus, famille des *Anacardiaceae*. Sumac vinaigrier. Taxon tempéré de l'est nord-américain, arbuste endémique de l'Amérique du Nord, nanophanérophyste. Peu fréquent, uniquement en bordure de l'érablière AcérUL.



Figure 23. Dièreville chèvrefeuille.



Figure 24. Chèvrefeuille du Canada.



Figure 25. Cerisier de Virginie.

***Ribes glandulosum*** Grauer, famille des **Grossulariaceae**. Gadellier glanduleux (Figure 26). Taxon boréal nord-américain, arbuste endémique de l'Amérique du Nord, chaméphyte, peu fréquent dans l'érablière AcérUL.



Figure 26. Gadellier glanduleux.

***Ribes triste*** Pallas, famille des **Grossulariaceae**. Gadellier amer. Taxon boréal nord-américain – est-asiatique, chaméphyte. Rare dans l'érablière AcérUL, hormis quelques clones dans le secteur ouest.

***Rubus allegheniensis*** Porter, famille des **Rosaceae**. Ronce des Alléghanis, mûrier. Taxon tempéré centre et est nord-américain, chaméphyte. Peu fréquent, surtout dans le secteur ouest de l'érablière AcérUL.

***Rubus idaeus*** Linnaeus, famille des **Rosaceae**. Framboisier rouge. Taxon boréal nord-américain – est-asiatique à affinité tempérée, chaméphyte. Rare dans l'érablière AcérUL.

***Rubus pubescens*** Rafinesque, famille des **Rosaceae**. Ronce pubescente, catherinette (Figure 27). Taxon boréal nord-américain à affinité tempérée, arbuste forestier endémique de l'Amérique du Nord, chaméphyte. Répandu dans le secteur ouest, mais rare ailleurs dans l'érablière AcérUL.



Figure 27. Ronce pubescente.

***Sambucus racemosa subsp. pubens*** (Michaux) Hultén, famille des **Adoxaceae**. Sureau rouge. Taxon circumtempéré à affinité boréale, arbrisseau, phanérophyte et géophyte à rhizome. Rare dans l'érablière AcérUL.

***Sorbus americana*** Marshall, famille des **Rosaceae**. Sorbier d'Amérique (Figure 28). Taxon tempéré de l'Est nord-américain, arbrisseau endémique d'Amérique du Nord, chaméphyte et phanérophyte ailleurs, seulement quelques petites gaules dans l'érablière AcérUL.



Figure 28. Sorbier d'Amérique.

***Taxus canadensis*** Marshall, famille des **Taxaceae**. If du Canada. Taxon boréal est nord-américain à affinité tempérée, endémique d'Amérique du Nord, chaméphyte. Fréquent dans l'érablière AcérUL, où il forme de grands clones surtout dans le secteur ouest et le secteur central.

***Viburnum lantanoides*** Michaux, famille des **Adoxaceae**. Viorne bois-d'original (Figure 29). Taxon tempéré est nord-américain, endémique à l'est de l'Amérique du Nord, nanophanérophyte. Relativement fréquent dans l'érablière AcérUL.

**Plantes herbacées**

***Aralia nudicaulis*** Linnaeus, famille des **Araliaceae**. Aralie à tige nue, salsepareille. Taxon tempéré nord-américain, à affinité boréale, géophyte à rhizome. Rare dans l'érablière AcérUL.

***Arisaema triphyllum*** (Linnaeus) Schott, famille des **Araceae**. Petit-prêcheur. Taxon tempéré est nord-américain, restreint au biome de la forêt à feuillage décidu de l'est de l'Amérique du Nord, géophyte à rhizome. Fréquent dans le secteur ouest, humide, de l'érablière AcérUL. Espèce caractéristique des érablières du Québec.



Figure 29. Le viorne bois-d'original est particulièrement fréquent dans AcérUL.

***Athyrium filix-femina*** (Linnaeus) Roth ex Mertens, famille des **Athyriaceae**. Athyrie fougère-femelle. Taxon boréal nord-est américain, hémicryptophyte. Rare dans l'érablière AcérUL.

***Carex*** Schweinitz, famille des **Cyperaceae**. Carex. Taxon tempéré est nord-américain, taxon forestier, géophyte à rhizome, hémicryptophyte cespiteux, fréquent dans l'érablière AcérUL sous forme de petites colonies. Probablement quelques taxons présents dans l'érablière, mais à l'état végétatif, donc difficile à distinguer à cause de l'absence d'inflorescences.

***Cinna latifolia*** (Treviranus ex Göppinger) Grisebach, famille des **Poaceae**. Cinna à feuilles larges. Taxon circumboréal, à affinité forestière, hémicryptophyte. En petites colonies clonales, mais peu fréquent dans l'érablière AcérUL.

***Circaea canadensis*** (Linnaeus) Hill **subsp. canadensis**, famille des **Onagraceae**. Circée du Canada. Taxon tempéré de l'est et du centre de l'Amérique du Nord, taxon forestier, géophyte à rhizome tubéreux. Peu fréquent dans l'érablière AcérUL, mais localement abondant le long des sentiers.

***Clintonia borealis*** (Aiton) Rafinesque, famille des **Liliaceae**. Clintonie boréale (Figure 30). Taxon boréal nord-est américain, d'affinité tempérée, géophyte à rhizome. Rare dans l'érablière AcérUL.

***Dryopteris carthusiana*** (Villars) H.P. Fuchs, famille des **Dryopteridaceae**. Dryoptère spinuleuse (Figure 31). Taxon circumtempéré d'affinité boréale, hémicryptophyte cespiteuse. Fréquent dans l'érablière AcérUL.

***Epipactis helleborine*** (Linnaeus) Crantz, famille des **Orchidaceae**. Épipactis petit-helléborine. Taxon introduit, d'affinité tempérée, qui colonise surtout les sols forestiers de la forêt à feuillage décidu et de la forêt mixte de l'est de l'Amérique du Nord, géophyte à rhizome. Peu fréquent dans l'érablière AcérUL.

***Erythronium americanum*** Ker Gawler, famille des **Liliaceae**. Érythron d'Amérique (Figure 32). Taxon tempéré est nord-américain, restreint au biome de la forêt à feuillage décidu de l'est de l'Amérique du Nord, hémicryptophyte à stolon. Rare dans l'érablière AcérUL. Espèce caractéristique des érablières du Québec.

***Eurybia macrophylla*** (Linnaeus) Cassini, famille des **Asteraceae**. Aster à grandes feuilles (Figure 33). Taxon tempéré est nord-américain, géophyte à rhizome et hémicryptophyte. Rare dans l'érablière AcérUL. Espèce caractéristique des érablières et des forêts mixtes du Québec.

***Geum aleppicum*** Jacquin, famille des **Rosaceae**. Benoîte d'Alep. Taxon circumtempéré, géophyte à rhizome. Très fréquent dans l'érablière AcérUL, notamment dans le secteur ouest.



Figure 30. Clintonie boréale.



Figure 31. Dryoptère spinuleuse.



Figure 32. Érythron d'Amérique.



Figure 33. Aster à grandes feuilles.

***Glyceria striata*** (Lamarck) Hitchcock, famille des **Poaceae**. Glycérie striée. Taxon tempéré nord-américain, à affinité boréale, géophyte à rhizome et hémicryptophyte. Rare dans l'érablière AcérUL.

***Hieracium vulgatum*** Fries, famille des **Asteraceae**. Épervière vulgaire. Taxon tempéré nord-américain colonisant les sites perturbés, se trouve aussi en Europe et au Groenland, hémicryptophyte. Rare dans l'érablière AcérUL.

***Maianthemum canadense*** Desfontaines, famille des **Liliaceae**. Maïanthème du Canada (Figure 34). Taxon boréal nord-américain, d'affinité tempérée, géophyte à rhizome. Peu fréquent dans l'érablière AcérUL.

***Maianthemum racemosum*** (Linnaeus) Link, famille des **Liliaceae**. Smilacine à grappes. Taxon tempéré est nord-américain (sous-espèce), restreint au biome de la forêt à feuillage décadu de l'est de l'Amérique du Nord, géophyte à rhizome. Très fréquent dans l'érablière AcérUL. Espèce caractéristique des érablières du Québec.

***Medeola virginiana*** Linnaeus, famille des **Liliaceae**. Médéole de Virginie. Taxon tempéré est nord-américain, restreint au biome de la forêt à feuillage décadu de l'est de l'Amérique du Nord, géophyte à rhizome. Rare dans l'érablière AcérUL. Espèce caractéristique des érablières du Québec.

***Monotropa uniflora*** Linnaeus, famille des **Ericaceae**. Monotrope uniflore (Figure 35). Taxon tempéré nord-américain et est-asiatique, d'affinité boréale, parasite mycohétérotrophe. Rare dans l'érablière AcérUL, secteur central de l'érablière à chêne rouge et à frêne d'Amérique. Les grains de pollen sont dispersés notamment par la vibration causée par le vol des bourdons (*Bombus*), parmi les insectes les plus fréquents visitant les fleurs de cette plante, ainsi que celles de nombreuses espèces de la famille des éricacées dont elle fait partie.

***Nabalus altissimus*** (Linnaeus) Hooker (anc. *Prenanthes altissima* Linnaeus), famille des **Asteraceae**. Prenanthe élevée. Taxon tempéré est nord-américain, géophyte à rhizome et à racine pivotante tubéreuse. Rare dans l'érablière AcérUL. Espèce caractéristique des érablières du Québec.

***Onoclea sensibilis*** Linnaeus, famille des **Onocleaceae**. Onoclée sensible (Figure 36). Taxon tempéré est nord-américain et est-asiatique (répartition comme le chou puant, en Chine orientale, au Japon, en Corée et en Russie), géophyte à rhizome. Peu fréquent dans l'érablière AcérUL.

***Osmundastrum cinnamomeum*** (Linnaeus) C. Presl (anc. *Osmunda cinnamomea* Linnaeus), famille des **Osmundaceae**. Osmonde cannelle (Figure 37). Taxon tempéré est nord-américain et est-asiatique (répartition similaire à celle du chou puant et de l'onoclée sensible), hémicryptophyte cespiteuse. Relativement fréquent dans l'érablière AcérUL. Espèce caractéristique de la zone de la forêt à feuillage décadu dans l'est de l'Amérique du Nord.



Figure 34. Maïanthème du Canada.



Figure 35. Monotrope uniflore.



Figure 36. L'onoclée sensible, une fougère de climat tempéré, est souvent associée au chou puant, une aracée à la biologie unique.



Figure 37. Osmonde cannelle.

***Ranunculus acris*** Linnaeus, famille des *Ranunculaceae*. Renoncule âcre, bouton d'or. Taxon introduit, d'affinité tempérée, mais qui atteint le Nord québécois et le Groenland, originaire d'Europe, hémicryptophyte. Rare dans l'érablière AcérUL.

***Rumex obtusifolius*** Linnaeus, famille des *Polygonaceae*. Patience à feuilles obtuses. Taxon introduit, géophyte à rhizome et à caudex. Secteur central, rare dans l'érablière AcérUL.

***Smilax herbacea*** Linnaeus, famille des *Smilacaceae*. Smilax herbacé. Taxon tempéré est nord-américain, presque strictement réparti dans les Appalaches, hémicryptophyte et vigne. Rare dans l'érablière AcérUL.

***Symplocarpus foetidus*** (Linnaeus) Salisbury ex W.P.C. Barton, famille des *Araceae*. Chou puant (Figure 38). Taxon tempéré est nord-américain, genre endémique restreint à l'est de l'Amérique du Nord et à l'Asie orientale, confiné au biome de la forêt à feuillage décadu de l'est de l'Amérique du Nord, géophyte à rhizome. Très fréquent dans le secteur ouest de l'érablière AcérUL (Figure 21). Espèce caractéristique des érablières à sol humide du Québec.

***Taraxacum officinale*** F.H. Wiggers, famille des *Asteraceae*. Pissenlit officinal. Taxon introduit, cosmopolite, hémicryptophyte, à racine pivotante développée, plutôt héliophyte. Rare dans l'érablière AcérUL.

***Thalictrum dioicum*** Linnaeus, famille des *Ranunculaceae*. Pigamon dioïque. Taxon tempéré est nord-américain, endémique, occupant l'aire de la forêt à feuillage décadu de l'est de l'Amérique du Nord, géophyte à caudex. Rare dans l'érablière AcérUL.

***Trillidium undulatum*** (Willdenow) Floden & E.E. Schilling, famille des *Melanthiaceae*. Trille ondulé (Figure 39). Taxon tempéré est nord-américain, à affinité boréale, endémique, restreint au sud du Québec, au Nouveau-Brunswick et à la Nouvelle-Écosse, et aux états américains appalachiens et atlantiques. Rare dans l'érablière AcérUL.

***Trillium erectum*** Linnaeus, famille des *Melanthiaceae*. Trille rouge (Figure 40). Taxon tempéré est nord-américain, endémique, restreint au biome de la forêt à feuillage décadu de l'est de l'Amérique du Nord, géophyte à rhizome. Peu répandu dans l'érablière AcérUL. Espèce caractéristique des érablières du Québec.

***Veratrum viride*** Aiton **var. *viride***, famille des *Melanthiaceae*. Vêrâtre vert (Figure 41). Taxon tempéré nord-est américain, endémique, hémicryptophyte et géophyte à rhizome. Relativement fréquent dans l'érablière AcérUL.



Figure 38. Chou puant.



Figure 39. Trille ondulé.



Figure 40. Trille rouge.



Figure 41. Vêrâtre vert.

**Mousses (bryophytes)** *Atrichum altecristatum* (Renauld & Cardot) B. B. Smith & L. C. D. Smyth, famille des *Polytrichaceae*. Taxon tempéré est nord-américain, endémique, occupant l'aire de la forêt à feuillage décidu de l'est de l'Amérique du Nord. Sur sol nu au pied d'un érable à sucre, rare dans l'érablière AcérUL.

*Brachythecium curtum* (Lindb.) Limpr. (syn. *Sciuro-hypnum curtum*), famille des *Brachytheciaceae*. Taxon boréal est et centre nord-américain, à affinité tempérée. Relativement fréquent sur sol minéral et tronc en voie de décomposition dans l'érablière AcérUL.

*Brachythecium rotaeantum* De Notaris, famille des *Brachytheciaceae*. Taxon tempéré réparti surtout dans l'Est nord-américain, occupant principalement l'aire de la forêt à feuillage décidu de l'est de l'Amérique du Nord. Sur sol nu au pied des gros troncs d'arbre, peu fréquent dans l'érablière AcérUL. Rare au Québec. Ici, l'une des rares récoltes de l'espèce au Québec.

*Fissidens dubius* P. Beauvois, famille des *Fissidentaceae*. Taxon tempéré réparti surtout dans l'Est nord-américain, occupant principalement l'aire de la forêt à feuillage décidu de l'est de l'Amérique du Nord. Sur sol nu, peu fréquent dans l'érablière AcérUL. Répandu au Québec méridional.

*Fissidens taxifolius* Hedwig., famille des *Fissidentaceae*. Taxon circumtempéré réparti surtout dans l'Est nord-américain, occupant principalement l'aire de la forêt à feuillage décidu de l'est de l'Amérique du Nord. Sur sol nu, peu fréquent dans l'érablière AcérUL. Rare au Québec.

*Plagiomnium medium* (Bruch & Schimper) T. J. Koponen, famille des *Mniaceae*. Taxon circumboréal à affinité tempérée, mais aussi d'affinité subarctique (groenlandaise). Sur sol nu, rare dans l'érablière AcérUL.

**Hépatiques (bryophytes)** *Frullania bolanderi* Austin, famille des *Frullaniaceae*. Taxon tempéré à affinité boréale réparti surtout dans l'Est nord-américain, occupant principalement l'aire de la forêt à feuillage décidu de l'est de l'Amérique du Nord. Sur l'écorce des érables à sucre, surtout du côté est des tiges, souvent en association avec le lichen *Phaeophyscia rubropulchra*, relativement fréquent dans l'érablière AcérUL.

**Lichens (fungi lichénisé)** *Phaeophyscia rubropulchra* (Degel.) Essl., famille des *Physciaceae*. Taxon tempéré surtout réparti dans l'est de l'Amérique du Nord, considéré endémique à cette région (Hinds et Hinds, 2007). Sur l'écorce des érables à sucre, surtout du côté est des tiges, relativement fréquent dans l'érablière AcérUL (Figure 42).



Figure 42. Le lichen *Phaeophyscia rubropulchra* colonise l'écorce de la face est des érables à sucre matures d'AcérUL.

## Abondance des espèces végétales

On trouvera respectivement dans les inventaires floristiques de Baillargeon (1981) et de Bernard (2010) la liste des espèces de la colline de Québec et du campus de l'Université Laval. Quant à celle de l'érablière AcérUL, on peut sans doute affirmer qu'elle est plus longue que les 75 espèces dénombrées à ce jour, une fois dûment identifiés les cypéracées (*Carex*), les cenelliers (ou aubépines) trouvés à l'état végétatif, ainsi que les bryophytes et les lichens corticoles dont l'inventaire détaillé reste à compléter (Tableau 1). De cette liste, 17 taxons sont des espèces arborescentes, dont 13 Angiospermes (plantes à fleurs) et 4 Gymnospermes (Conifères), 20 taxons sont des arbustes (dont un conifère, l'if du Canada) ou des arbrisseaux (dont les amélanchiers, le sorbier, l'érable à épis et l'érable de Pennsylvanie) et 30 taxons sont des plantes herbacées. L'abondance des espèces vasculaires représentées par classe d'abondance (%) décrites précédemment est présentée au Tableau 2. Les espèces arborescentes les plus abondantes sont

Tableau 2. Abondance des espèces vasculaires et des bryophytes.

	Espèces	Classe d'abondance
Arbres	<i>Acer saccharum</i>	7
	<i>Fraxinus americana</i>	5
	<i>Quercus rubra</i>	4
	<i>Fagus grandifolia</i>	3
	<i>Ulmus americana</i>	3
	<i>Ostrya virginiana</i>	3
	<i>Populus grandidentata</i>	3
	<i>Acer rubrum</i>	3
	<i>Thuja occidentalis</i>	3
	<i>Betula alleghaniensis</i>	2
	<i>Betula papyrifera</i>	2
	<i>Tilia americana</i>	2
	<i>Acer platanoides</i>	2
	<i>Tsuga canadensis</i>	2
	<i>Tilia cordata</i>	1
	<i>Abies balsamea</i>	1
	<i>Picea rubens</i>	1
Arbustes et arbrisseaux	<i>Prunus virginiana</i> var. <i>virginiana</i>	4
	<i>Taxus canadensis</i>	3
	<i>Amelanchier cf. laevis</i>	3
	<i>Amelanchier arborea</i>	3
	<i>Acer pensylvanicum</i>	3
	<i>Corylus cornuta</i>	2
	<i>Viburnum lantanoides</i>	2
	<i>Ribes glandulosum</i>	2
	<i>Ribes triste</i>	2
	<i>Acer spicatum</i>	1
	<i>Crataegus</i> sp.	1
	<i>Cornus alternifolia</i>	1
	<i>Diervilla lonicera</i>	1
	<i>Sambucus racemosa</i> subsp. <i>pubens</i>	1
	<i>Lonicera canadensis</i>	1

Tableau 2. Suite.

	<i>Sorbus americana</i>	1
	<i>Rhus typhina</i>	1
	<i>Rubus pubescens</i>	1
	<i>Rubus allegheniensis</i>	1
	<i>Rubus idaeus</i>	1
Plantes herbacées	<i>Geum aleppicum</i>	3
	<i>Maianthemum racemosum</i>	3
	<i>Symplocarpus foetidus</i>	3
	<i>Trillium erectum</i>	2
	<i>Maianthemum canadense</i>	2
	<i>Circaea canadensis</i>	2
	<i>Carex</i> sp.	2
	<i>Dryopteris carthusiana</i>	2
	<i>Cinna latifolia</i>	2
	<i>Veratrum viride</i> var. <i>viride</i>	2
	<i>Onoclea sensibilis</i>	2
	<i>Osmundastrum cinnamomeum</i>	2
	<i>Trillidium undulatum</i>	1
	<i>Erythronium americanum</i>	1
	<i>Arisaema triphyllum</i>	1
	<i>Aralia nudicaulis</i>	1
	<i>Medeola virginiana</i>	1
	<i>Clintonia borealis</i>	1
	<i>Eurybia macrophylla</i>	1
	<i>Epipactis helleborine</i>	1
	<i>Ranunculus acris</i>	1
	<i>Hieracium vulgatum</i>	1
	<i>Rumex obtusifolius</i>	1
<i>Nabalus altissimus</i>	1	
<i>Monotropa uniflora</i>	1	
<i>Smilax herbacea</i>	1	
<i>Thalictrum dioicum</i>	1	
<i>Taraxacum officinale</i>	1	
<i>Athyrium filix-femina</i>	1	
<i>Glyceria striata</i>	1	
Mousses, hépatiques et lichens	<i>Brachythecium curtum</i>	1
	<i>Brachythecium rotaeantum</i>	1
	<i>Atrichum altecristatum</i>	1
	<i>Fissidens taxifolius</i>	1
	<i>Fissidens dubius</i>	1
	<i>Plagiomnium medium</i>	1
	<i>Frullania bolanderi</i>	1
<i>Phaeophyscia rubropulchra</i>	1	

respectivement l'érable à sucre suivi du frêne d'Amérique et du chêne rouge. Chez les arbustes, ce sont surtout les cerisiers de Virginie, les amélanchiers, les érables arbustifs (et arbrisseaux) et l'if du Canada qui dominent le sous-bois. À part le chou puant et la benoîte d'Alep, les plantes herbacées occupent une petite surface dans le sous-bois qui est surtout couvert par une litière de feuilles et un sol dénudé en

grande partie redevable à l'activité des vers de terre et à l'activité anthropique. Quelques bryophytes colonisent la base des gros troncs d'arbres, là où la litière ne peut s'accumuler (Figure 43), et le sol nu de l'érablière. D'après un bref inventaire, un seul lichen foliacé pousse sur l'écorce (la plupart du temps du côté est des troncs) des gros érables à sucre du peuplement (Figure 42). Excepté les lichens poussant sur quelques gros érables à sucre, la grande majorité de l'écorce des arbres des autres espèces n'est pas colonisée par les lichens corticoles. S'agit-il d'une légère amélioration par rapport à la situation décrite dans l'inventaire des lichens corticoles de la région de Québec qui soulignait l'existence d'un désert lichénique régional causé par une forte pollution de l'air (Bérubé, 1987)? Un inventaire semblable fait 30 ans plus tard, en 2016, semble conclure à un retour des lichens corticoles en raison d'une meilleure dépollution de l'air de la conurbation de Québec (Bergeon *et al.*, 2017). Il faut rappeler, cependant, que ces inventaires ne concernaient pas les lichens corticoles forestiers.

### **Diversité des espèces arborescentes en fonction de la structure diamétrale**

L'érablière AcérUL est une forêt diversifiée quant au nombre d'espèces arborescentes qui l'habitent, du moins selon le contexte original des forêts nordiques d'Amérique du Nord. Ces espèces structurent la forêt par leur forme de croissance et par la diversité de leur taille garnissant ainsi l'espace aérien depuis la surface du sol jusqu'à l'extrémité du toit de la végétation. Le nombre d'espèces arborescentes dans AcérUL varie significativement en fonction du diamètre des tiges



Figure 43. Les mousses colonisent surtout la base des gros troncs d'arbre, comme celle de cet érable à sucre aux racines affleurantes.

(Figure 44). On constate une tendance ferme à la diminution progressive du nombre d'espèces avec une augmentation de la taille des individus, soit environ 2 espèces par 10 cm de diamètre.

La distribution semi-logarithmique du nombre d'espèces en fonction du diamètre des tiges suit la tendance de la distribution arithmétique et confirme un taux de survie des tiges constant d'une classe de diamètre à l'autre (Figure 45), une tendance qui s'explique sans doute par l'absence de contrainte écologique à la croissance végétative au cours du temps. Cette distribution met davantage en évidence l'atteinte d'une limite structurale aux alentours de 50 cm de diamètre, alors que seulement 3 espèces la dépassent amplement, à savoir le frêne d'Amérique, le chêne rouge et l'orme d'Amérique. L'érable à sucre et l'érable rouge sont les deux autres espèces produisant de grands diamètres, mais ils

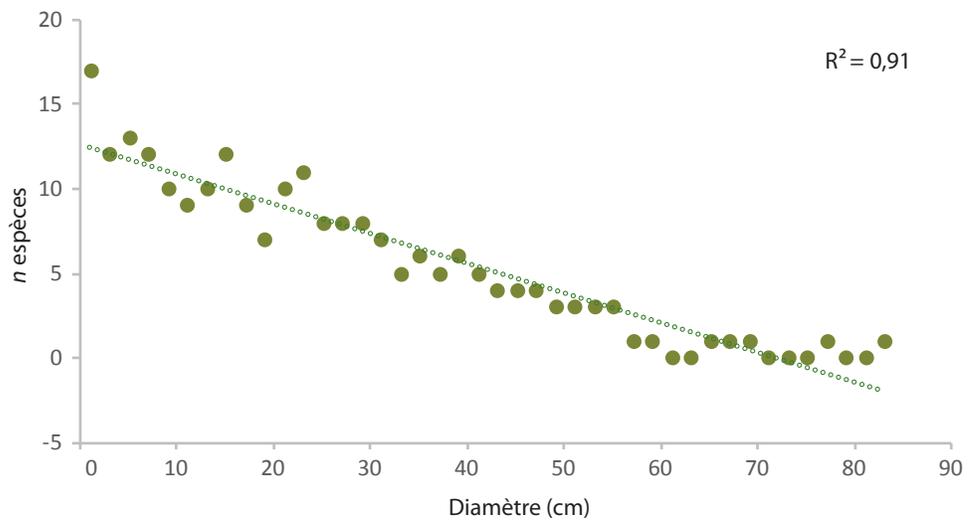


Figure 44. Distribution du nombre d'espèces en fonction du diamètre des tiges.

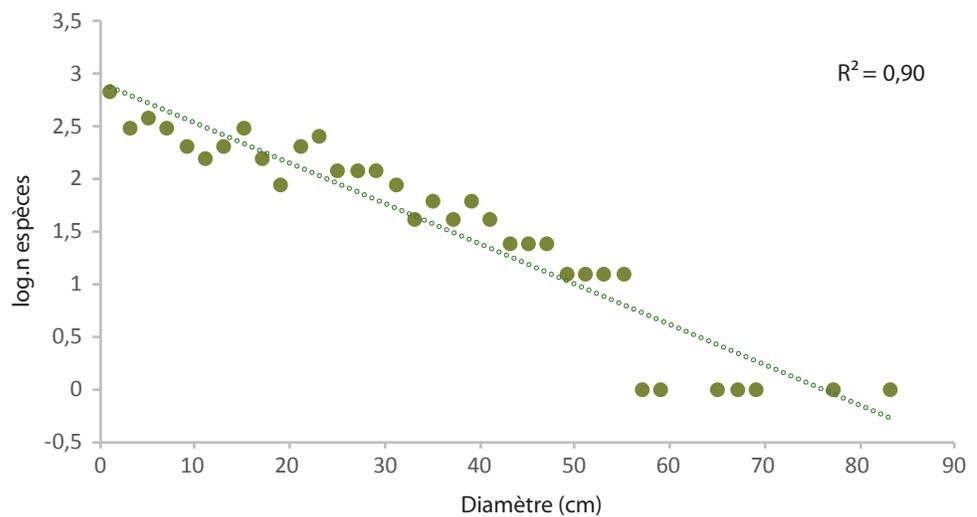


Figure 45. Distribution semi-logarithmique du nombre d'espèces en fonction du diamètre.

atteignent à peine cette limite structurale. Selon l'âge du peuplement et la surface occupée par les arbres au cours de cette période, on constate que ce ne sont pas toutes les espèces arborescentes qui sont capables d'atteindre un grand diamètre à cause de leurs caractéristiques biologiques intrinsèques et de leur statut démographique depuis l'établissement d'AcérUL.

## Nombre de tiges, surface terrière et hauteur des arbres

### Nombre de tiges

On dénombre près de 2300 tiges/ha de plus de 1 cm de diamètre dans l'érablière AcérUL (Figure 46), dont 579 tiges/ha de  $\geq 9$  cm (dhp), soit 25 % de toutes les tiges ligneuses du peuplement (Figure 47). Les quelques tiges d'érable de Norvège et de tilleul à petites feuilles (toutes  $< 9$  cm, dhp), deux espèces introduites d'Europe, ne sont pas comptabilisées dans cet inventaire. L'érable à sucre est l'espèce ayant le plus grand nombre de tiges  $\geq 1$  cm (dhp), suivi de loin par le frêne d'Amérique et le chêne rouge (Figure 46). On observe la même séquence d'abondance des tiges  $\geq 9$  cm (dhp) chez ces trois espèces, également suivie dans le même ordre par l'érable rouge, l'orme d'Amérique, le bouleau à papier et l'ostryer de Virginie (Figure 47). La proportion du nombre de tiges de  $< 9$  cm par rapport au nombre total de tiges, qui donne une estimation de l'importance de la régénération, varie beaucoup selon les

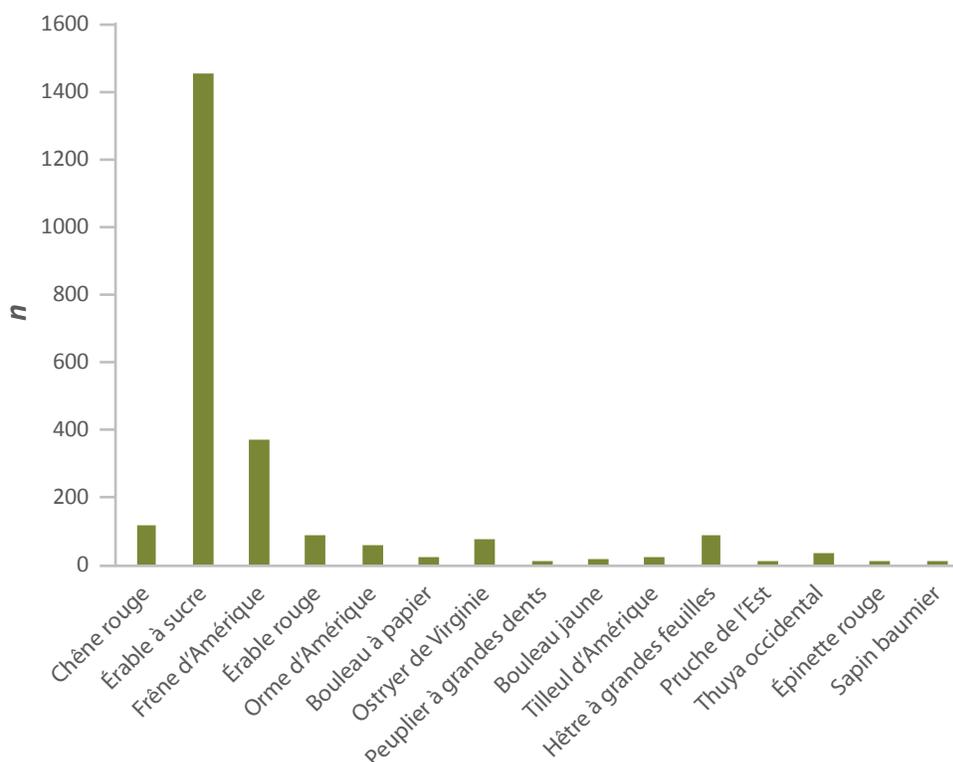


Figure 46. Nombre de tiges  $\geq 1$  cm/ha des espèces arborescentes de l'érablière AcérUL.

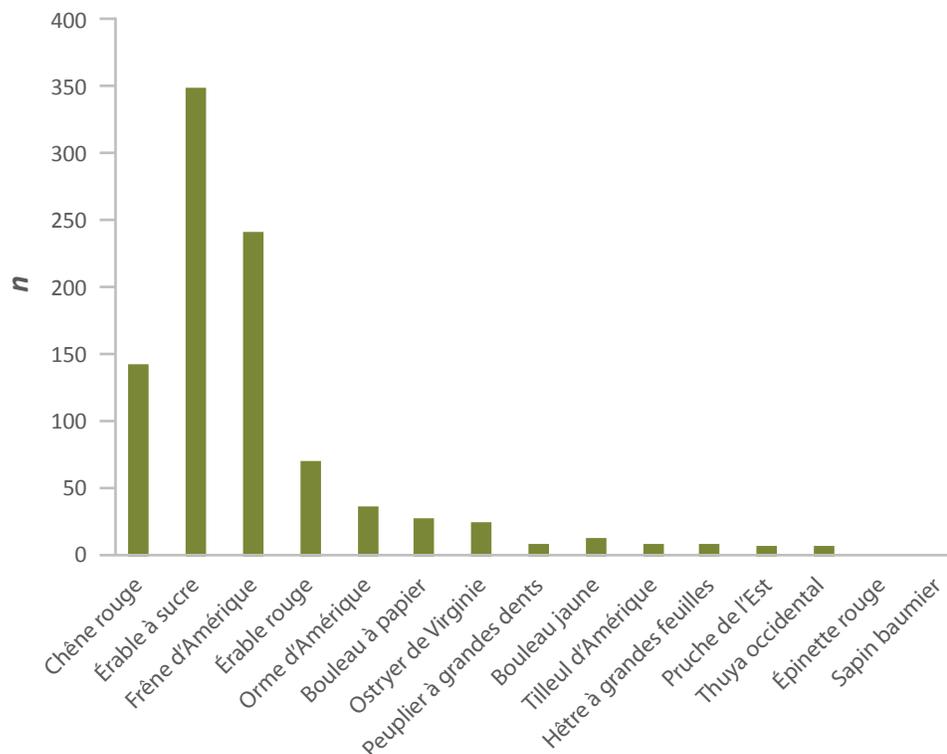


Figure 47. Nombre de tiges  $\geq 9$  cm/ha des espèces arborescentes de l'érablière AcérUL.

espèces. Plusieurs espèces affichent une proportion de tiges de  $\geq 9$  cm (dhp) par rapport au nombre de tiges total variant entre 30 et 40 %, alors qu'un certain nombre d'entre elles varie autour de 20 % comme chez l'érable à sucre, l'ostryer de Virginie, le hêtre à grandes feuilles et le thuya occidental (Figure 48). Il s'agit ici d'espèces qui présentent un plus grand nombre de jeunes individus pouvant assurer leur régénération. Ce rapport suggère que la strate de régénération représentée par les plantules et les petites gaules inférieures à 1 cm (dhp), qui n'ont pas été enregistrées lors de l'inventaire, est relativement importante numériquement. Il faut signaler, cependant, qu'un grand nombre de tiges ayant un diamètre compris entre 1 et 9 cm (dhp) ont été coupées il y a plusieurs années comme mesure d'éclaircissement du sous-bois visant à assurer une circulation plus sécuritaire dans les sentiers de l'érablière.

### Surface terrière

La surface terrière est une mesure indirecte de la structure horizontale de la forêt et elle est également liée de près à sa structure verticale par la taille diamétrale des arbres qui composent principalement les strates supérieures du peuplement. Il existe une relation étroite entre la couverture du houppier et le diamètre à hauteur de poitrine des arbres. À ce sujet, la surface terrière de chaque espèce arborescente de l'érablière AcérUL reflète approximativement leur abondance présentée au Tableau 2. La surface terrière totale de la forêt est de 29,7 m<sup>2</sup>/ha, alors qu'elle est de 28,4 m<sup>2</sup>/ha chez l'ensemble des tiges de  $\geq 9$  cm (Figure 49). La strate de régénération des espèces arbores-

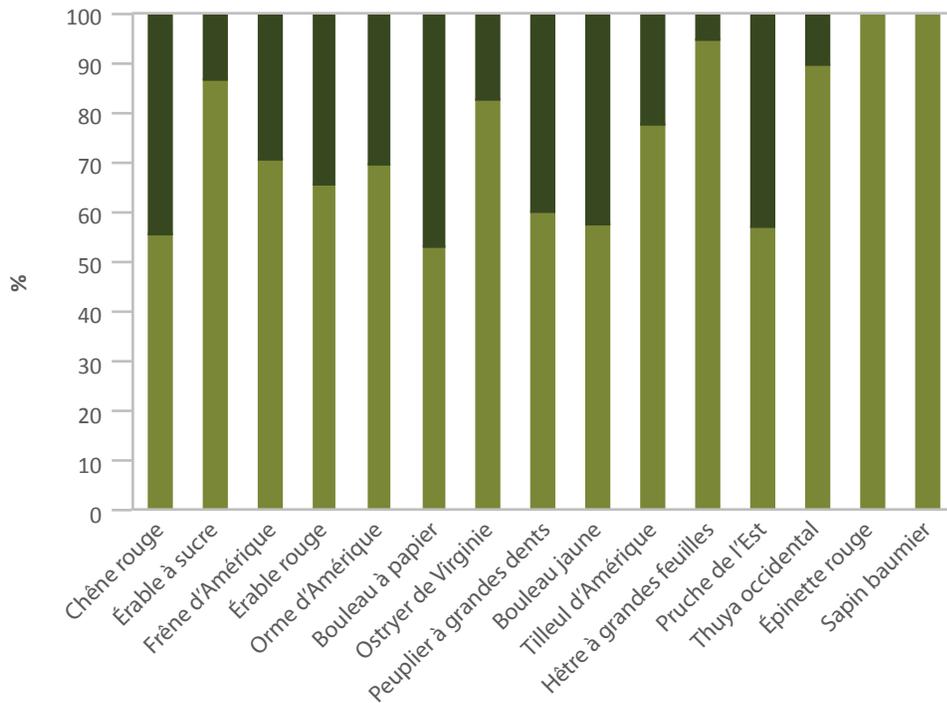


Figure 48. Proportion (%) du nombre de tiges  $\geq 9$  cm/ha (en vert foncé) et du nombre de tiges  $< 9$  cm/ha (en vert pâle) des espèces arborescentes de l'érablière AcérUL.

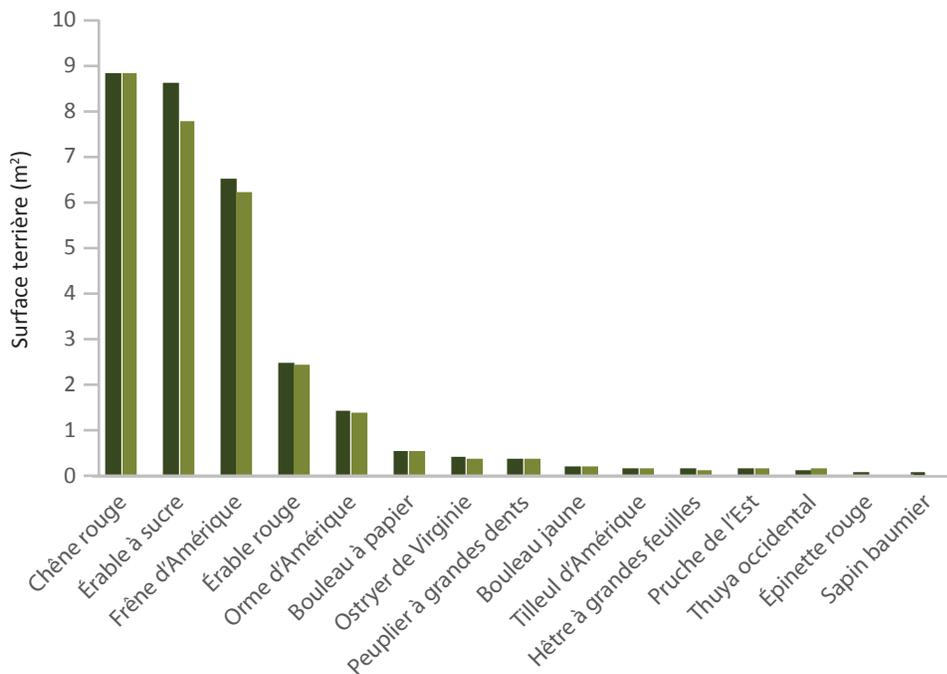


Figure 49. Surface terrière (ST) totale (en vert foncé) et surface terrière  $\geq 9$  cm (dhp) (en vert pâle) des espèces arborescentes de l'érablière AcérUL. La surface terrière a été calculée à partir de l'inventaire des tiges au sein d'une surface de 1,6 ha et ramenée à l'hectare.

centes apparaît donc relativement peu représentée, soit seulement 4 % de la surface terrière totale. Malgré un moins grand nombre de tiges que l'érable à sucre et le frêne d'Amérique, le chêne rouge affiche la surface terrière la plus élevée, une situation due au plus grand nombre de grosses tiges dont l'une d'elles atteint 76-78 cm de diamètre (dhp). C'est l'orme d'Amérique qui possède la plus grosse tige du peuplement, soit 82-84 cm de diamètre (dhp).

### Hauteur des arbres

La hauteur des arbres dominants (déterminée à l'aide d'un clinomètre Suunto Pm-5/360 Pc Opti) de l'érablière dépasse rarement 22 m, et ce, malgré le fort diamètre de certains individus des principales espèces arborescentes comme l'érable à sucre (21,7 m), le chêne rouge (21,1 m), le frêne d'Amérique (20,6 m) et l'orme d'Amérique (18,2 m). En raison de l'erreur de prise de vue inhérente à ce type de mesure en forêt dense, il est possible que la hauteur de plusieurs arbres soit plus grande, mais cette dernière ne dépasse sans doute pas les 25 m (Figure 50). Les données dérivées du capteur LIDAR (Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs du Québec) à propos de l'érablière AcérUL indiquent également que les plus grands arbres atteignent une hauteur moyenne de 19-21 m. La hauteur des arbres dominants est comparable à celle d'autres arbres dominants comme ceux de l'érablière ancienne de la réserve écologique de Tantaré (Saint-Gabriel-de-Valcartier, sise au nord de la ville de Québec). Cependant, les arbres matures des mêmes espèces arborescentes de l'érablière actuelle du campus atteignent



Figure 50. Chêne rouge à l'automne avec ses feuilles marcescentes et son houppier en forme de parasol, à un moment de l'année où il est plus facile d'en mesurer la hauteur.

souvent, ailleurs au Québec, une plus grande hauteur, ce qui est sans doute dû à une meilleure qualité des sites de croissance.

## **Structure diamétrale des espèces arborescentes**

La structure de taille (ou de diamètre) est l'un des paramètres les plus utilisés pour décrire la végétation forestière. Elle correspond à la distribution du diamètre des tiges d'une espèce arborescente mesuré à hauteur de poitrine au sein d'une surface d'échantillonnage donnée, le plus souvent ramenée à l'hectare. À l'échelle locale, la structure de taille résulte des processus de la succession écologique enclenchée par des perturbations naturelles ou anthropiques au cours du temps. Ces perturbations sont de nature allogène (externe au peuplement, comme les feux, les vents causant des chablis, les épidémies d'insectes ravageurs et la coupe forestière) ou autogène (au sein du peuplement, comme la concurrence entre les tiges d'une même espèce ou d'espèces différentes, la sénescence des plantes, etc.). Dans l'érablière AcérUL, la structure diamétrale de toutes les espèces arborescentes a été déterminée sur une grande partie de la superficie occupée par la forêt, soit 1,6 ha, ce qui permet une meilleure appréciation du statut démographique de chacune d'elles.

La distribution arithmétique du nombre de tiges par classe de diamètre des arbres en forêt feuillue tempérée montre généralement une forme en J inverse, ce que les premiers travaux sur le sujet ont souligné (De Liocourt, 1898; Meyer, 1952). Une telle distribution correspond à une courbe de survie des tiges (Hett et Loucks, 1971) en passant d'une classe de diamètre donnée à celle qui la suit. Connue sous la dénomination de loi de Liocourt (1898), le nombre de tiges dans une forêt âgée diminue géométriquement avec une augmentation du diamètre, suggérant un taux de survie des tiges constant d'une classe de diamètre à l'autre. Ce type de distribution est une représentation de la survie des tiges d'arbre en forêt en assumant qu'il existe une relation générale, sans être parfaite, entre l'âge et le diamètre. Cette relation, il est vrai, est moins forte chez les populations inéquiennes (c'est-à-dire, celles dont les individus sont d'âge variable, d'âge juvénile à d'âge adulte) comme c'est d'ailleurs le cas dans la forêt AcérUL. Transformée en une distribution semi-logarithmique du nombre de tiges par classe de diamètre, cette relation est exprimée par une courbe appelée exponentielle négative. Le modèle de l'exponentielle négative assume que le taux de survie des tiges est constant d'une classe de diamètre à l'autre. Mais est-il vrai que le taux de mortalité demeure constant avec l'âge (ici avec le diamètre) chez les populations pérennes comme celles des arbres? On peut remettre en question, en effet, cette prémisse sachant que la mortalité juvénile est généralement plus grande, en conditions naturelles, autant chez les populations animales que chez les populations végétales, tel qu'exprimé par le modèle de fonction de puissance. Ce dernier modèle semble mieux correspondre à cette réalité biologique chez les populations longévives que le modèle de l'exponentielle négative.

Sachant que la plupart des situations écologiques en nature ne peuvent être ramenées à une simple régression linéaire, il faut utiliser, dans certains cas comme chez les populations arborescentes forestières, d'autres modèles de linéarisation des données pour décrire la relation existant entre  $x$  (ici le diamètre des tiges) et  $y$  (le nombre de tiges). Pour déterminer les paramètres de telles régressions, on transforme ainsi les valeurs des paramètres de régression  $x$  et/ou  $y$  afin de ramener les données dans un modèle linéaire. Deux modèles sont utilisés en vue de la linéarisation des données, soit le modèle exponentiel (décrit plus haut) qui se calcule par le logarithme népérien de  $y$ , c'est-à-dire  $y = a.e^{bx}$ , et le modèle de fonction de puissance qui se linéarise en calculant les logarithmes népériens de  $x$  et  $y$ , c'est-à-dire  $y = a.x^b$ . La valeur du coefficient de détermination  $R^2$  de l'équation de la droite de régression évalue le degré d'ajustement des données diamétrales selon le modèle utilisé, soit le modèle semi-logarithmique (modèle de l'exponentielle négative) ou le modèle logarithmique (modèle de fonction de puissance). D'autres modèles démographiques illustrent la distribution des espèces arborescentes par classe de taille ou par classe d'âge, comme le modèle sinusoïdal (en vague, qui représente les résidus de part et d'autre d'une droite de régression) et le modèle sigmoïde inverse (Goff et West, 1975). Ce dernier modèle, relativement utilisé dans les forêts feuillues nordiques d'Amérique du Nord (Leak, 2001), montre en distribution semi-logarithmique une courbe des diamètres épousant une forme sigmoïde inverse divisée en trois parties (lire Payette 2010 pour une illustration du modèle sigmoïde inverse). La première partie comprend les individus du sous-bois, les plantules et les gaules, qui sont affligés d'une forte mortalité, alors que la deuxième partie comprend les arbres dominants formant le couvert de la forêt qui sont affectés par un taux de mortalité moindre. L'aspect focal du modèle se rapporte aux individus dits sénescents formant une partie du toit de la végétation qui affichent une forte mortalité (Goff et West, 1975; Lorimer et Frelich, 1984; Leak, 2001). La structure de taille des espèces arborescentes les plus abondantes dans l'érablière est décrite dans les paragraphes qui suivent, à l'exception de la pruche du Canada, du sapin baumier, de l'épinette rouge et du tilleul à petites feuilles qui sont représentés seulement par un très petit nombre de tiges.

**Érable à sucre** La structure de taille de l'érable à sucre se présente sous la forme de J inverse caractéristique d'une population inéquienne (Figure 51), affichant une tendance décroissante du nombre de tiges avec une augmentation de la taille des individus (et indirectement, de l'âge). Une telle structure suggère le maintien d'une population à l'équilibre sous les conditions actuelles, c'est-à-dire une population en mesure de se régénérer et d'assurer sa survie et sa descendance par la croissance d'arbres matures reproducteurs. La strate de régénération représentée par des plantules et des gaules (individus < 1 cm dhp) est particulièrement bien garnie; à titre d'exemple, au moins 200 plantules et gaules ont été répertoriées au sein d'un quadrat de 25 m<sup>2</sup> dans le secteur central de l'érablière. Par contre, le modèle de fonction de puissance

semble répondre davantage que le modèle de l'exponentielle négative quant à l'ajustement des données à la droite de régression, suggérant que le taux de mortalité des érables à sucre varie en fonction de leur taille (Figures 52 et 53). La distribution semi-logarithmique de la taille des tiges ne suit pas le modèle sigmoïde inverse.

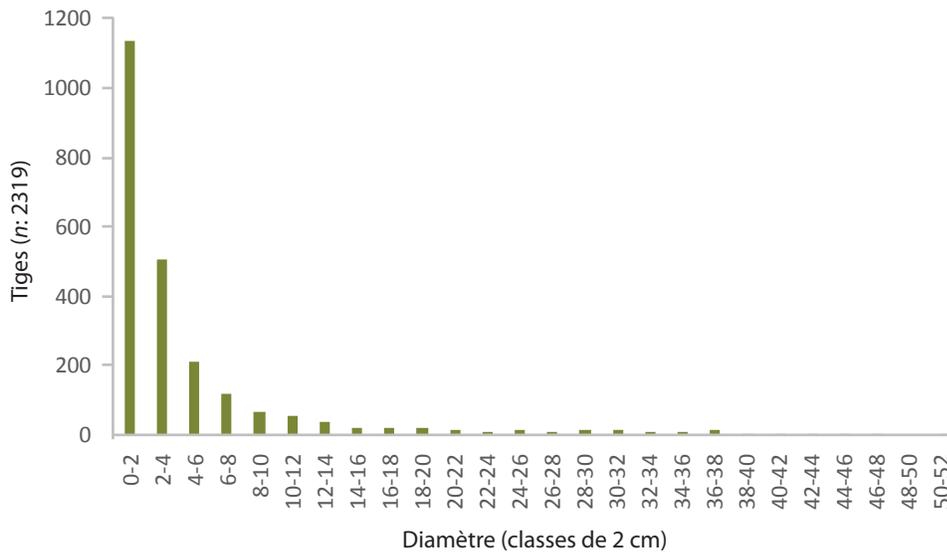


Figure 51. Structure de taille de l'érable à sucre.

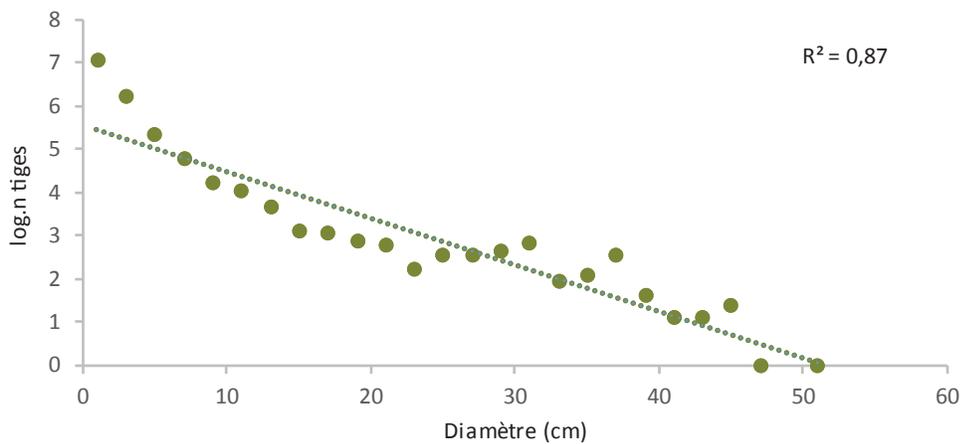


Figure 52. Structure de taille de l'érable à sucre selon le modèle de l'exponentielle négative. Afin de faciliter la lecture du texte, la figure de l'exponentielle négative des autres espèces arborescentes du peuplement se trouve en annexe.

**Frêne d'Amérique** Comme chez l'érable à sucre, la structure de taille du frêne d'Amérique se présente sous la forme de J inverse caractéristique d'une population inéquienne (Figure 54). La strate de régénération représentée par des plantules et des gaules (individus < 1 cm dhp), bien que nettement moindre que celle de l'érable à sucre, est relativement garnie. À titre d'exemple, 5 plantules et gaules ont été

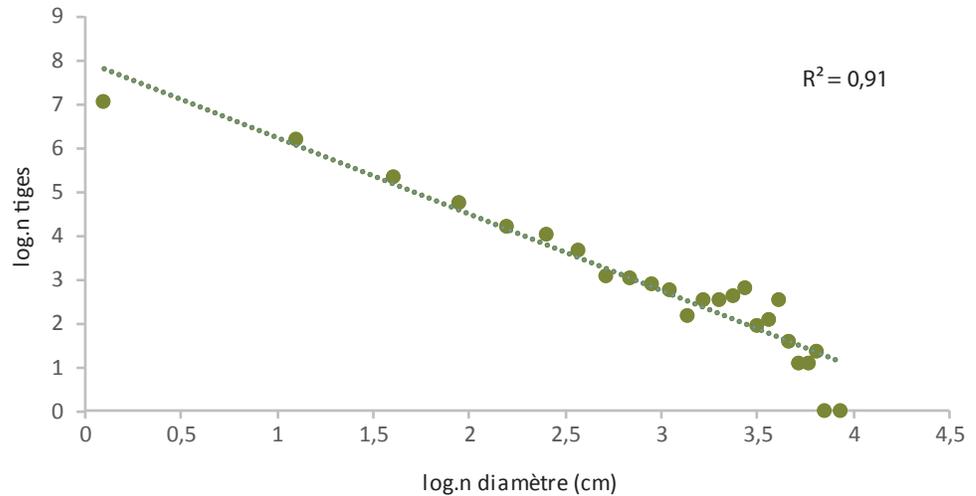


Figure 53. Structure de taille de l'érablé à sucre selon le modèle de fonction de puissance. Afin de faciliter la lecture du texte, la figure de la fonction de puissance des autres espèces arborescentes du peuplement se trouve en annexe.

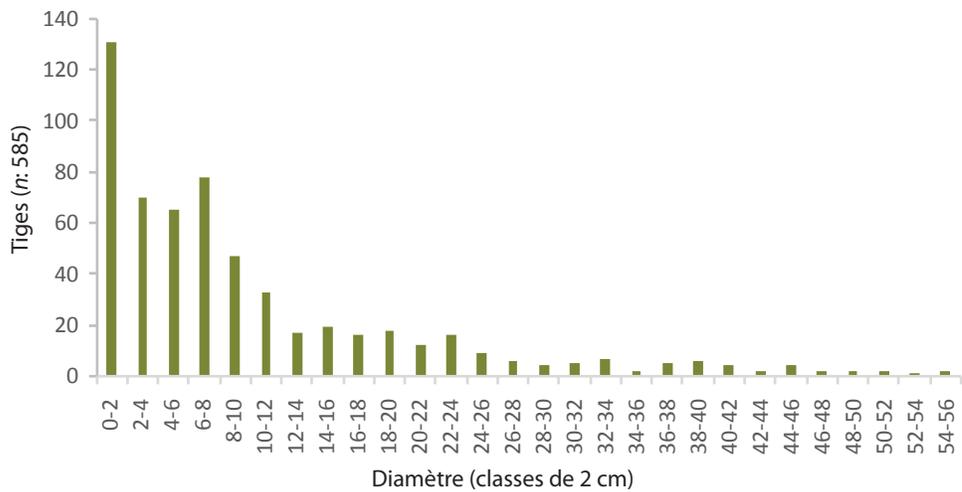


Figure 54. Structure de taille du frêne d'Amérique.

répertoriées au sein d'un quadrat de 25 m<sup>2</sup> dans le secteur central de l'érablière. Le modèle de l'exponentielle négative semble répondre davantage que le modèle de fonction de puissance quant à l'ajustement des données à la droite de régression, suggérant que le taux de mortalité des frênes d'Amérique varie peu en fonction de leur taille (Annexe 2a,b), mais l'écart entre les deux modèles demeure relativement ténue. La distribution semi-logarithmique de la taille des tiges ne suit pas le modèle sigmoïde inverse.

**Chêne rouge** La structure de taille du chêne rouge se présente sous la forme sinusoïdale (Figure 55), affichant une distribution variable du nombre de tiges peu importe la taille des individus. Malgré le petit nombre d'individus dans chaque classe de taille, mais qui se répartissent de façon continue jusqu'à au moins 76-78 cm de diamètre,

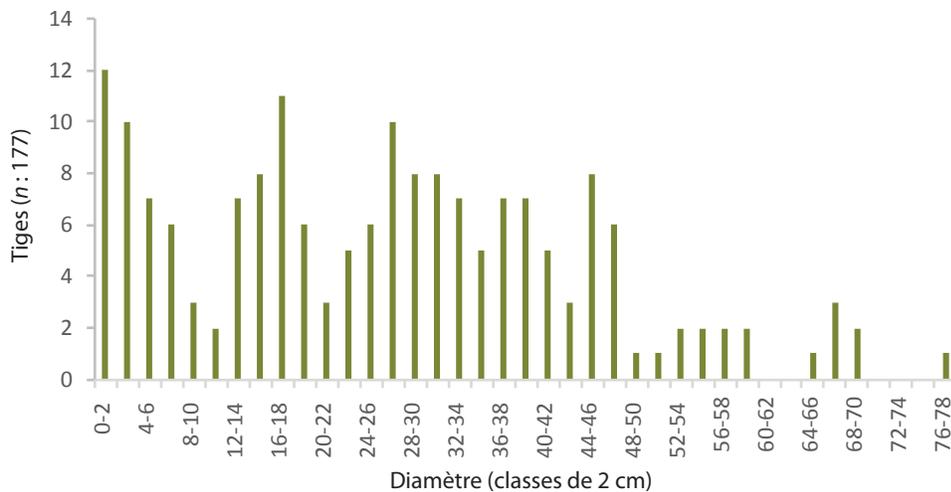


Figure 55. Structure de taille du chêne rouge.

cette structure suggère le maintien d'une population à l'équilibre sous les conditions actuelles. La strate de régénération représentée par des plantules et des gaules (individus < 1 cm dhp) est cependant relativement petite, car seulement 2 plantules ont été répertoriées au sein d'un quadrat de 25 m<sup>2</sup> dans le secteur central de l'érablière. Les données diamétrales linéarisées correspondent moins au modèle de l'exponentielle négative et au modèle de fonction de puissance que celles des deux espèces précédentes (Annexe 3a,b). Les résidus de la régression semi-logarithmique montrent une distribution sinusoidale suggérant une variation du taux de natalité ou du taux de survie qui, à titre d'hypothèse, peut être attribuable à des épisodes de forte régénération suivis par une forte mortalité des semis dont les causes résident, en partie, dans la biologie de l'espèce, ou sont liées à la prédation des graines (les glands, notamment par les écureuils) et à la dynamique naturelle de la forêt se caractérisant par une suite d'ouverture (trouées) et de fermeture de la voûte forestière. La distribution arithmétique des diamètres correspond aussi à une tendance sigmoïde inverse selon laquelle la survie des arbres matures est relativement grande, mais moindre chez les plus gros arbres. Il est possible que cette plus grande survie soit reliée à une régénération plus importante (taux de natalité) dans le passé récent de l'espèce.

**Orme d'Amérique** La structure de taille de l'orme d'Amérique se présente sous la forme d'un J inverse caractéristique d'une population inéquienne (Figure 56). L'espèce maintient une population de faible gabarit, mais à l'équilibre sous les conditions actuelles. En effet, l'orme d'Amérique est en mesure de se régénérer malgré le petit nombre d'individus matures assurant sa descendance par la reproduction sexuée. La grande taille de certains arbres, dont le plus gros de tous les arbres de l'érablière (82-84 cm) montre clairement que l'espèce profite de conditions de croissance des plus favorables. La distribution des données diamétrales est davantage ajustée au modèle de fonction de puissance qu'au modèle de l'exponentielle négative, ce qui suggère

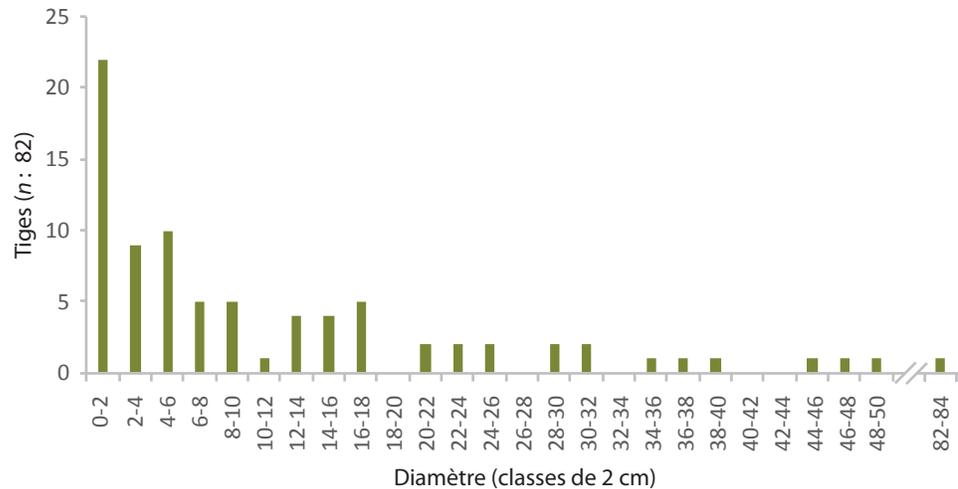


Figure 56. Structure de taille de l'orme d'Amérique.

que le taux de mortalité des ormes d'Amérique varie en fonction de leur taille (Annexe 4a,b). La distribution semi-logarithmique de la taille des tiges ne suit pas le modèle sigmoïde inverse. En dehors des conditions environnementales favorables à sa croissance, la population actuelle est compromise en partie par les fungi causant la maladie hollandaise de l'orme. Plusieurs arbres matures attaqués par ces champignons ont été récemment abattus dans l'érablière AcérUL, une mesure de précaution et de contrôle de la maladie qui sera sans doute appliquée encore ces prochaines années, ici comme dans plusieurs autres boisés du campus.

**Érable rouge** Comme chez l'érable à sucre et le frêne d'Amérique, la structure de l'érable rouge prend la forme d'un J inverse caractéristique d'une population inéquienne (Figure 57) en mesure de se régénérer et de maintenir une population d'arbres matures assurant la régénération de l'espèce. La distribution des données diamétrales est moins bien ajustée aux deux modèles de l'exponentielle négative et de fonction de puissance que celles des espèces précédentes (Annexe 5a,b). La distribution arithmétique des diamètres simule plutôt une tendance sigmoïde inverse où la survie des arbres matures est relativement grande, mais moindre chez les plus gros arbres. Comme chez le chêne rouge, le plus faible ajustement des données diamétrales aux modèles semi-logarithmique et logarithmique chez l'érable rouge semble résulter d'une plus grande survie des arbres matures de 14 à 38 cm de diamètre. Cette plus grande survie peut être attribuable également à une régénération plus importante (taux de natalité) dans le passé récent de l'espèce.

**Ostryer de Virginie** La structure de taille de l'ostryer de Virginie ressemble à celle de l'orme d'Amérique, celle d'une population inéquienne d'après la forme en J inverse de la distribution des diamètres (Figure 58). La strate de régénération représentée par des plan-tules et des gaules (individus <1 cm dhp), bien que nettement moindre que celle de l'érable à sucre, est relativement garnie; à titre d'exemple,

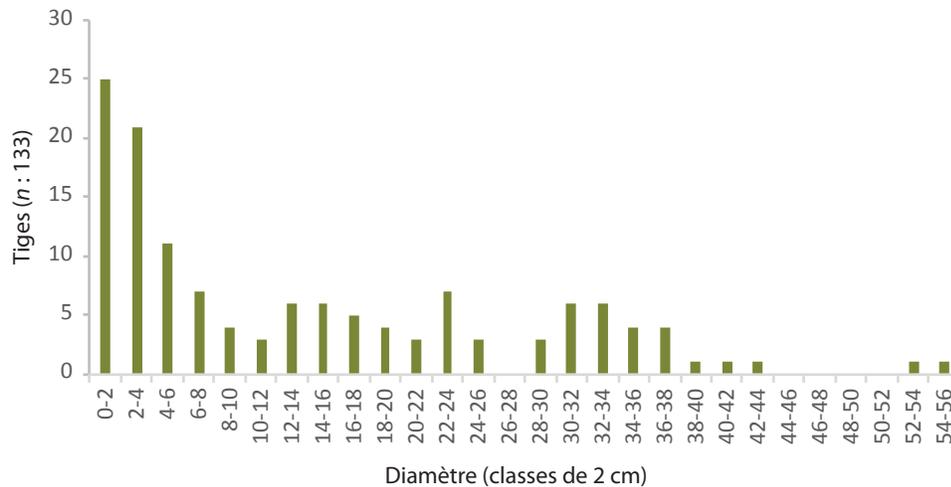


Figure 57. Structure de taille de l'érable rouge.

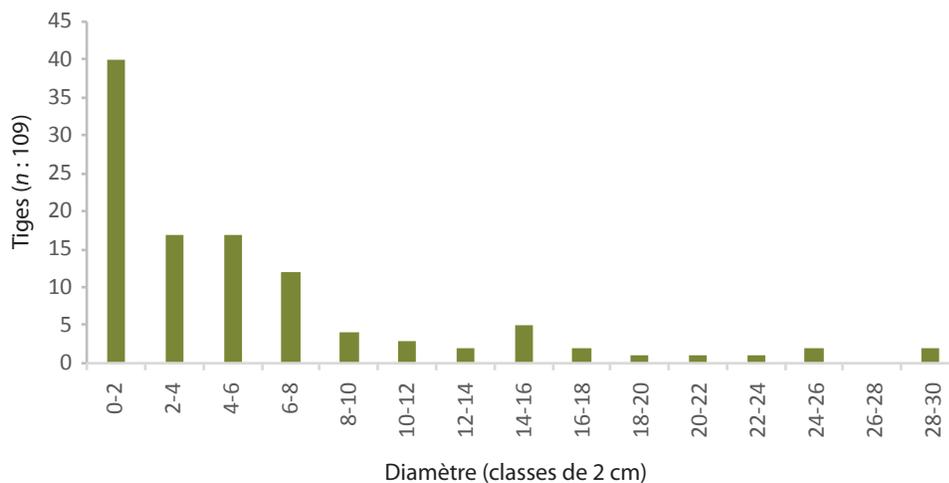


Figure 58. Structure de taille de l'ostryer de Virginie.

9 plantules et gaules ont été répertoriées au sein d'un quadrat de 25 m<sup>2</sup> dans le secteur central de l'érable. L'ostryer de Virginie maintient une population de faible gabarit, mais à l'équilibre sous les conditions actuelles, une caractéristique de l'espèce qui accompagne plutôt que surpasse les espèces dominantes de l'érable AcérUL du campus et d'autres érablières du Québec. À part les petites ostryaies d'Europe, il n'existe pas, en effet, à notre connaissance, d'ostryaie en Amérique du Nord où l'espèce dominerait le toit de la végétation. L'espèce est plutôt en mesure de maintenir de petites populations et de se régénérer de manière constante malgré le petit nombre d'individus matures qui sont pour la plupart de taille relativement petite comparée à celle des espèces qui la côtoient comme l'érable à sucre, le frêne d'Amérique et le chêne rouge. Les plus gros ostryers du peuplement ne dépassent pas les 30 cm de diamètre, ce qui est sans doute la norme pour cet arbre des plus caractéristiques des érablières du Québec. La distribution des données diamétrales est davantage ajustée au modèle de fonction de puissance qu'au modèle de l'exponentielle négative, ce

qui suggère que le taux de mortalité de l'ostryer de Virginie varie en fonction de la taille des individus (Annexe 6a,b). Les distributions arithmétique et semi-logarithmique de la taille des tiges ne suivent pas le modèle sigmoïde inverse.

**Tilleul d'Amérique** La structure de taille du tilleul d'Amérique ressemble à celle de l'orme d'Amérique et de l'ostryer de Virginie, celle d'une population inéquienne de petite taille d'après la forme en J inverse de la distribution des diamètres (Figure 59). Le tilleul d'Amérique entretient une population de très petit gabarit sous les conditions actuelles, une caractéristique des espèces arborescentes compagnes des érablières du campus et du Québec. L'espèce semble se régénérer de manière constante malgré le petit nombre d'individus matures qui sont pour la plupart de petite taille comparée à celle des espèces qui la côtoient. La distribution des données diamétrales est davantage ajustée au modèle de fonction de puissance qu'au modèle de l'exponentielle négative, ce qui suggère que le taux de mortalité du tilleul d'Amérique varie en fonction de la taille des individus (Annexe 7a,b). Les distributions arithmétique et semi-logarithmique de la taille des tiges ne suivent pas le modèle sigmoïde inverse.

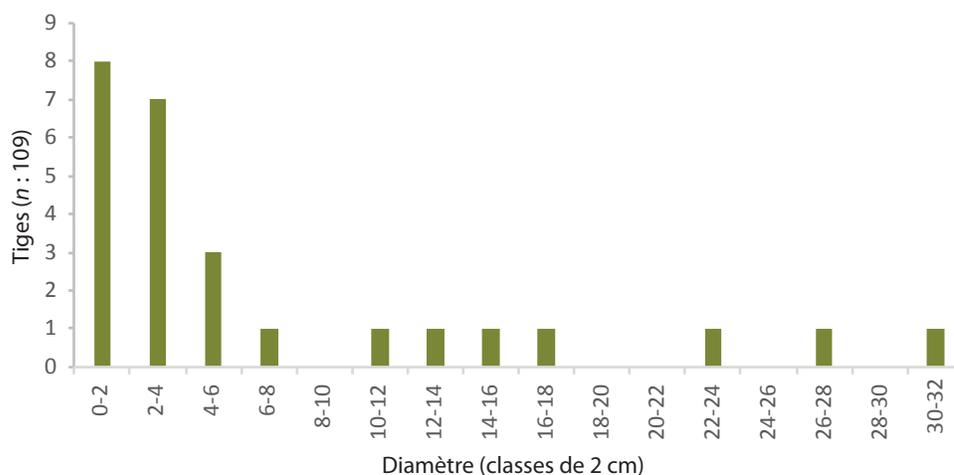


Figure 59. Structure de taille du tilleul d'Amérique.

**Hêtre à grandes feuilles** La structure de taille du hêtre à grandes feuilles montre une distribution des tiges en J inverse indiquant un équilibre générationnel malgré la grande disparité des tiges supérieures à 6 cm de diamètre (Figure 60). La distribution des données diamétrales est davantage ajustée au modèle de fonction de puissance qu'au modèle de l'exponentielle négative, ce qui suggère un taux de mortalité de l'espèce variant en fonction de la taille des individus (Annexe 8a,b). Plusieurs tiges de la classe 0-2 cm sont des drageons formés sur les racines de l'arbre (Figure 15), une multiplication d'origine végétative qui assure le maintien de l'espèce en l'absence de régénération sexuée. Les distributions arithmétique et semi-logarithmique du diamètre des tiges

ne suivent pas le modèle sigmoïde inverse. La petite taille des arbres matures et l'absence de troncs morts debout ou au sol laissent penser que l'espèce s'est établie récemment dans le peuplement.

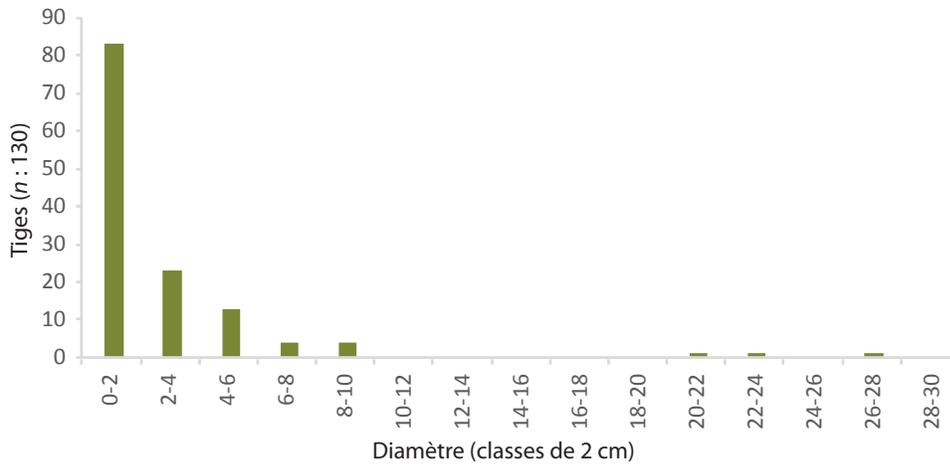


Figure 60. Structure de taille du hêtre à grandes feuilles.

**Thuja occidentalis** La structure de taille du thuya occidental montre une distribution des tiges inégale, indiquant un déséquilibre générationnel mis en évidence par la grande disparité des tiges supérieures à 3 cm de diamètre (Figure 61). La distribution des données diamétrales est davantage ajustée, mais à peine un peu plus de 50 %, au modèle de fonction de puissance qu'au modèle de l'exponentielle négative, ce qui suggère un taux de mortalité de l'espèce variant fortement en fonction de la taille des individus (Annexe 9a,b). Plusieurs tiges de la classe 0-2 cm sont des marcottes formées sur les racines et les branches basses de l'arbre (Figure 62), une multiplication végétative qui assure le maintien de l'espèce en l'absence de régénération sexuée.

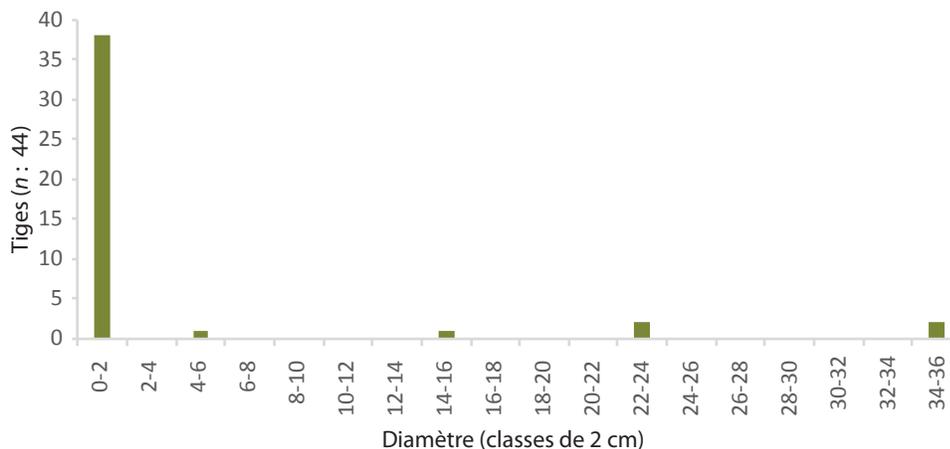


Figure 61. Structure de taille du thuya occidental.



Figure 62. Marcottes de cèdre blanc du secteur ouest d'AcérUL.

Les distributions arithmétique et semi-logarithmique du diamètre des tiges ne suivent pas le modèle sigmoïde inverse. La présence de troncs morts debout ou au sol indique que le thuya occidental est établi depuis longtemps dans le peuplement actuel.

**Bouleau jaune** La structure de taille du bouleau jaune montre une distribution d'un petit nombre de tiges réparties dans plusieurs classes de taille. Ce type de distribution indique un faible taux de natalité de l'espèce et, par hypothèse, un taux de survie relativement élevé (Figure 63). Ainsi, la distribution des données diamétrales ne répond à

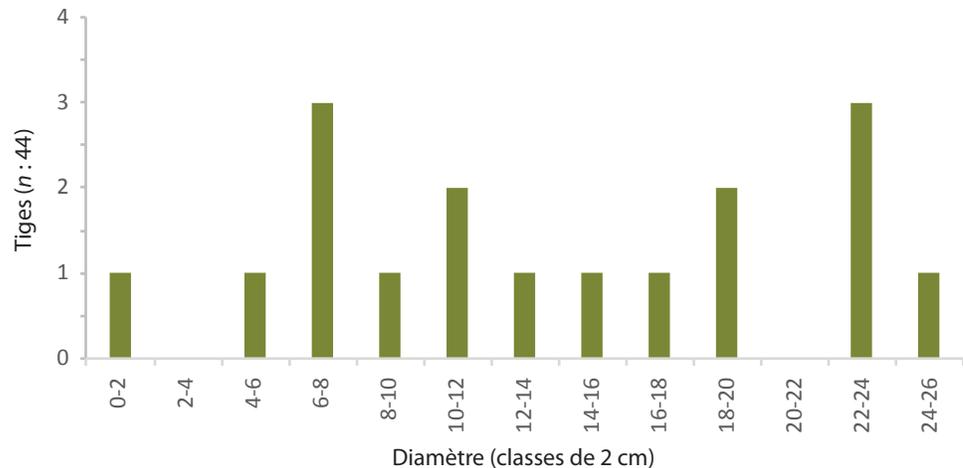


Figure 63. Structure de taille du bouleau jaune.

aucun des deux modèles (Annexe 10a,b). La survie des tiges semble assurée sous les conditions de croissance actuelles, laissant présager un plus grand potentiel de régénération sexuée une fois atteinte la voûte forestière au cours des prochaines années. La survie et l'expansion des populations de l'espèce en forêt tempérée sont avant tout tributaires de la qualité des lits de germination des graines, surtout des troncs d'arbres au sol couverts de mousses qui retiennent les graines, qui favorisent leur germination en micromilieu humide et qui empêchent l'accumulation d'une litière de feuilles que ne peuvent percer les minuscules épicotyles (Payette, 2010). Le bouleau jaune est une espèce caractéristique de ce type de peuplement et sa faible représentation peut être attribuable à plusieurs facteurs dont la coupe sélective dans le passé historique (les derniers siècles de régime agroforestier?) de l'érablière, comme ailleurs au Québec, et à l'élimination de plusieurs troncs d'arbres au sol consécutive à l'aménagement de la forêt pour les promeneurs.

**Bouleau à papier** La structure de taille du bouleau à papier montre une distribution asymétrique du nombre de tiges réparties dans plusieurs classes supérieures à 15 cm de diamètre (Figure 64). Ce type de distribution suggère un taux de natalité variable, mais important à une certaine époque de la croissance du peuplement, du moins d'après le grand nombre de tiges de 15 à 30 cm de diamètre. Il en résulte une distribution diamétrale ne répondant pas aux deux modèles démographiques (Annexe 11a,b). La survie des tiges matures semble assurée sous les conditions de croissance actuelles, mais l'absence de régénération (aucune plantule de l'espèce n'a été répertoriée dans le peuplement) souligne un faible potentiel de régénération et éventuellement un déclin de la population sous les conditions actuelles du peuplement. Le bouleau à papier est une espèce en mesure de s'établir et de se régénérer en début de succession comme en forêt boréale, et les conditions actuelles semblent peu propices à son expansion au sein d'AcérUL, à moins d'une ouverture de la forêt par trouées.

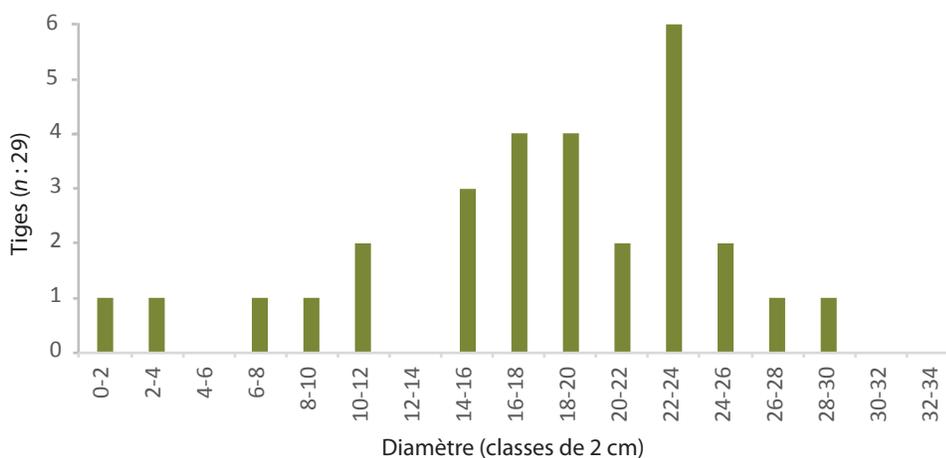


Figure 64. Structure de taille du bouleau à papier.

**Peuplier à grandes dents** La structure de taille du peuplier à grandes dents montre une distribution discontinue du nombre de tiges réparties dans plusieurs classes de diamètre (Figure 65). Cette structure indique un faible taux de natalité, qui a varié dans le temps, mais qui a probablement été plus élevé à une époque ancienne de la croissance du peuplement, ce qui est confirmé par la présence de plusieurs grosses tiges mortes au sol, en début de décomposition (Figure 66). Il en résulte une distribution des données diamétrales ne répondant pas aux deux modèles démographiques (Annexe 12a,b). Le peuplier à grandes dents vit dans une situation précaire sous les conditions de croissance actuelles, mais quelques plantules de l'espèce survivent dans le sous-bois, sans former de grandes gaules, sur les affleurements de graviers et de cailloux mis au jour par les marmottes, l'activité périglaciaire et possiblement l'activité anthropique. Ce peuplier ther-

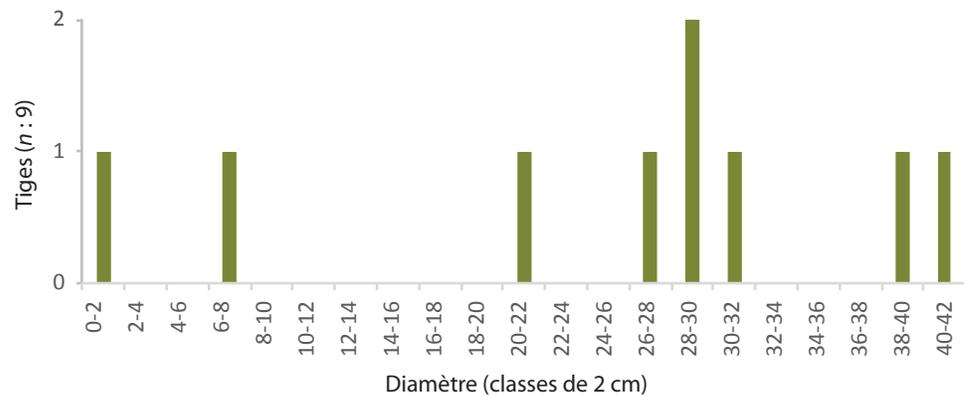


Figure 65. Structure de taille du peuplier à grandes dents.



Figure 66. Tronc de peuplier à grandes dents au sol, prêt à se décomposer.

mophile fait partie de la guildes des espèces pionnières qui prolifèrent après le passage de perturbations destructrices comme les incendies. Les conditions actuelles de l'érablière semblent peu propices à son expansion.

**Érable de Norvège** La structure de taille de l'érable de Norvège montre une distribution des tiges simulant une distribution de Weibull (ou en J inverse tronquée par le manque de plantules) suggérant un certain déséquilibre générationnel dû au moins grand nombre de tiges inférieures à 2-4 cm de diamètre ainsi qu'à l'absence de plantules (Figure 67). La distribution des données diamétrales est davantage ajustée au modèle de l'exponentielle négative qu'au modèle de fonction de puissance, ce qui suggère que le taux de mortalité de l'espèce est constant peu importe la taille des individus (Annexe 13a,b). Les distributions arithmétique et semi-logarithmique du diamètre des tiges ne suivent pas le modèle sigmoïde inverse. La petite taille des arbres matures et l'absence de troncs morts debout ou au sol laissent penser que l'espèce s'est établie récemment dans le peuplement. L'absence de plantules et la rareté des gaules sont une indication que l'érable de Norvège présente un problème de régénération dans le sous-bois, étant donné qu'il colonise surtout les bords de sentier et les bordures de la forêt, plus particulièrement dans la partie méridionale de l'érablière. Le faible taux de natalité plus que le taux de mortalité semble responsable de la situation précaire de cet érable exotique.

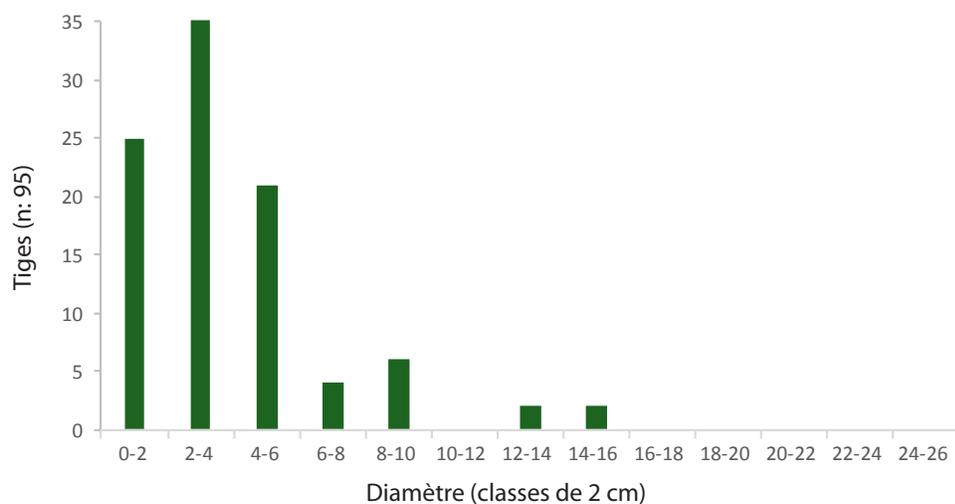


Figure 67. Structure de taille de l'érable de Norvège.

### Âge des arbres dominants et âge de l'érablière

Une forêt est à la fois un milieu de vie et un cimetière des organismes qui l'habitent et qui l'ont habitée. L'érablière AcérUL illustre bien cette intégration écologique complète de la vie et de la mort des organismes d'une phytosociété, notamment par la distribution des individus vivants

et des individus morts de chaque espèce arborescente qui la compose. Ainsi, d'après la structure diamétrale des espèces arborescentes et la distribution des tiges mortes, debout et au sol, l'érablière renferme davantage d'individus vivants que d'individus morts. Rares sont les arbres morts sur pied et seuls quelques volis ont été observés, par exemple chez l'érable à sucre, le frêne d'Amérique, l'orme d'Amérique et le thuya occidental sous forme d'amoncellements de branches. Il en est de même des arbres couchés au sol, c'est-à-dire les quelques charlis relativement récents observés notamment chez l'érable à sucre (Figure 68), le peuplier à grandes dents, la pruche du Canada et le thuya occidental. Plusieurs troncs d'arbre au sol ont été abattus au cours des dernières années (et même depuis plusieurs dizaines d'années), sans doute pour des raisons de sécurité, étant donné la fréquentation des sentiers de ce boisé au cours de la période sans neige (Figure 69). Toutefois, on n'observe pas de troncs morts au sol, en voie de décomposition avancée, comme c'est le cas chez les forêts de grand âge. La composante des bois morts en forêt est particulièrement importante et contribue non seulement au recyclage du carbone des végétaux, mais aussi à la diversité des espèces qui habitent la forêt. À ce chapitre, le vieillissement de la forêt favorisera éventuellement l'établissement de plusieurs espèces cryptogamiques, surtout les mousses et quelques lichens qui sont actuellement en très petit nombre (en fonction aussi de la qualité de l'air d'AcérUL). Ces troncs au sol, éventuellement couverts de mousses au cours du processus de décomposition, vont favoriser l'établissement de plusieurs espèces arborescentes (comme le bouleau jaune) produisant de petites graines peu adaptées à germer et à survivre à travers la litière du sol (Facelli et Pickett, 1991; Payette, 2010). Ces graines sont capables de germer et de former des plantules pou-



Figure 68. Tige d'érable cassée au-dessus du sol, en début de décomposition. La souche est plus décomposée que la tige.

vant survivre sur les troncs moussus dégagés de feuilles mortes pendant la saison de croissance. Les plantules qui survivent sur ces troncs deviennent éventuellement des arbres matures grâce à leur capacité de développer un système racinaire partiellement aérien (Figure 14). L'accumulation de feuilles mortes à l'automne, produisant souvent une épaisse litière au sol, comme c'est le cas dans toutes les érablières du Québec, représente effectivement une contrainte majeure à la survie de telles plantes, autant les plantes à petites graines que les bryophytes et les lichens que l'on trouve en grande abondance dans la plupart des forêts de conifères qui produisent une litière beaucoup moins dense et plus clairsemée.

Les forêts de grand âge représentent des écosystèmes à l'équilibre qui se caractérisent par un rapport démographique relativement égal entre la proportion d'arbres vivants, jeunes et vieux, et la proportion d'individus morts affichant tous les états de décomposition possibles, de nul à complet. Ce n'est décidément pas le cas de l'érablière AcérUL dont le rapport vivant/mort est disproportionné, nettement en défaveur des arbres morts. Cette situation est attribuable en grande partie à l'âge du peuplement estimé à partir de l'âge des plus vieux arbres vivants et morts. La détermination de l'âge de 40 arbres vivants de la forêt a été faite à environ 20-30 cm de la surface du sol. De plus, l'âge de quelques arbres morts a été obtenu en dénombrant les cernes de croissance d'une section du tronc à environ 30-50 cm du collet. Bien qu'il n'a pas toujours été possible d'atteindre le cœur de chaque arbre, les arbres vivants les plus âgés se sont établis vers la fin du 19<sup>e</sup> siècle et au début du 20<sup>e</sup> siècle (Figure 70). Étant donné la distance d'échantillonnage des carottes d'arbre au-dessus du sol, la période d'établissement de ces arbres est probablement un peu plus ancienne. Les rondelles



Figure 69. Souches d'arbres abattus le long d'un sentier d'AcérUL.

des arbres morts confirment cela. En effet, l'âge de la section basale du thuya occidental prélevée à plus de 10 cm du sol est de 147 ans (année d'établissement minimal de 1872), alors que celui des deux sections basales de la pruche du Canada, prélevées entre 10 et 20 cm au-dessus du sol, est respectivement de 141 ans et de 146 ans (années d'établissement minimal de 1873 et de 1878). D'après ces données (Figure 70), l'âge de l'érablière AcérUL serait de 150 à 170 ans, sans doute inférieur à 175 ans. Les plus vieux arbres d'AcérUL ont environ le même âge, ou ils sont à peine plus jeunes, que ceux de plusieurs érablières de la colline de Québec, notamment celle du Parc municipal Cartier-Roberval (Filion et Lafond Desrosiers, 2008).

L'âge de l'érablière explique en partie l'absence de troncs en voie de décomposition avancée. La mort récente de plusieurs arbres en position de vie ainsi que les chablis plutôt fréquents dans le secteur ouest du boisé sont une réponse relativement directe au vieillissement des arbres dont plusieurs seront bientôt rendus au terme de leur durée de vie. Avec une augmentation de la taille des arbres, les perturbations liées à la vélocité des vents et aux précipitations (surenneigement, verglas, etc.) sont susceptibles de sévir davantage et favoriser une plus grande production de biomasse ligneuse au sol. Bref, au stade actuel du développement de l'érablière, la dynamique forestière qui détermine la croissance des espèces arborescentes est celle de la dynamique des trouées qui est avant tout marquée par la compétition pour la lumière, la contrainte écologique la plus importante avec celle de la litière au sol (Pickett et White, 1985; Payette *et al.*, 1990; Facelli et Pickett, 1991).

À titre d'exemple, le patron de croissance radiale (c'est-à-dire celui des cernes de croissance annuels) de plusieurs arbres de l'érablière (Figure 71) illustre le processus écosystémique de la dynamique des trouées. Cette dynamique, au caractère universel, caractérise le développement naturel d'une forêt, qu'elle soit de nature tropicale, tempérée ou boréale, en l'absence de perturbations dévastatrices comme les incendies et la coupe. On constate que le patron de

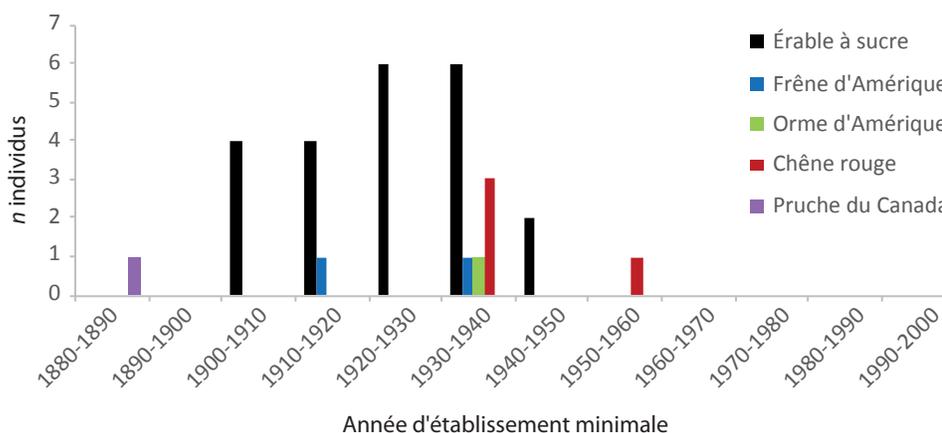


Figure 70. Décennies d'établissement des arbres carottés d'AcérUL.

croissance des arbres, peu importe les espèces, montre des variations importantes de la largeur des cernes annuels en fonction du temps, plus de 10 fois dans bien des cas, soit de moins de 1 mm à plus de 10 mm. Ces variations de croissance radiale mettent en évidence les conditions changeantes du milieu de vie des espèces arborescentes reliées au degré d'ouverture et de fermeture du couvert forestier au fil du

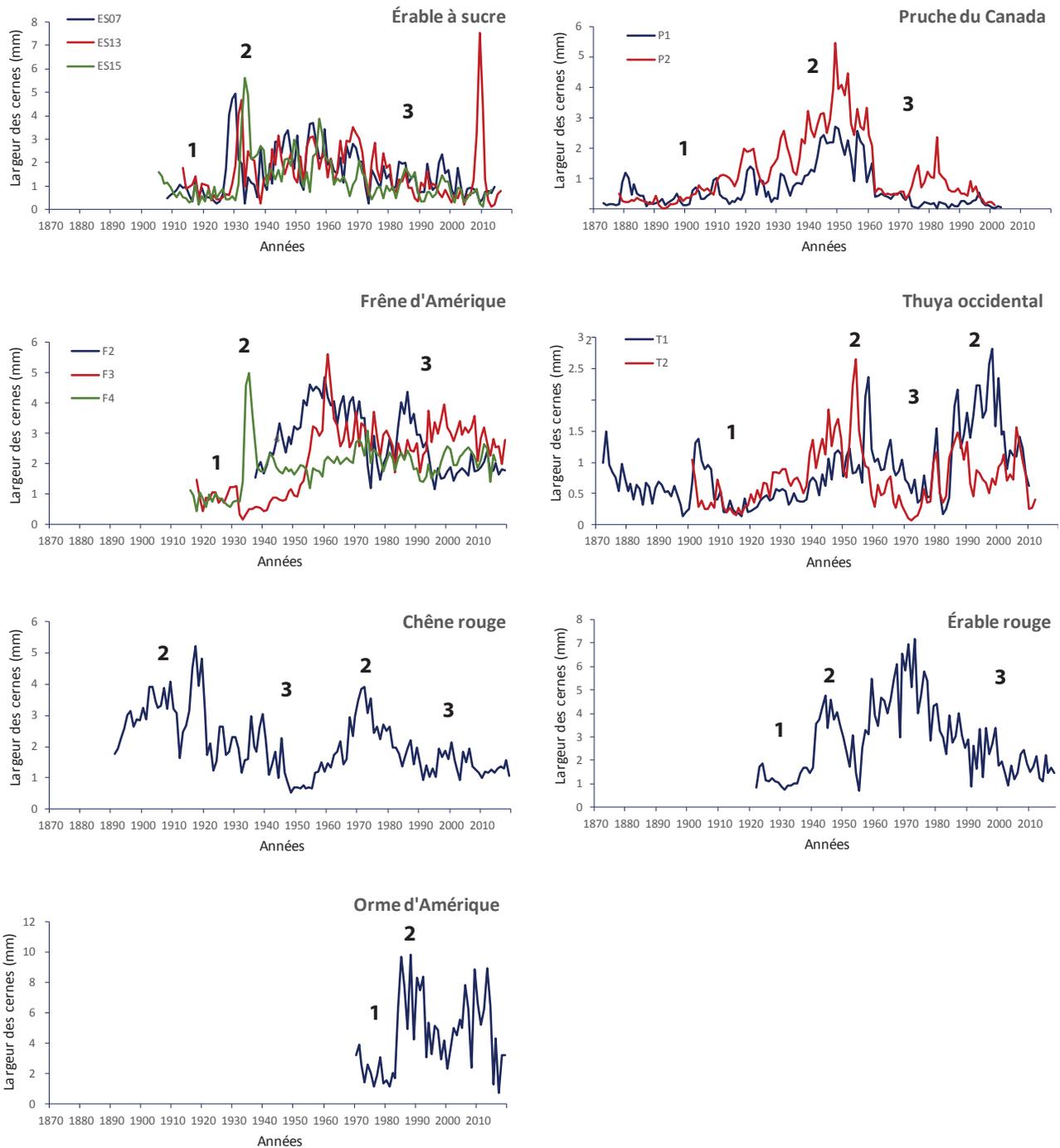


Figure 71. Patrons de croissance de quelques arbres de l'érablière AcérUL associés au processus naturel de la dynamique des trouées. 1. État de surcimage (faible croissance); 2. État de détente (forte croissance); 3. État de croissance postdétente relié à la fermeture plus ou moins progressive du couvert forestier.

temps. La création et la fermeture des trouées forestières déterminent l'importance des conditions de lumière et d'ombre dans le sous-bois où se trouvent la régénération préétablie de la plupart des espèces arborescentes et, indirectement, le taux de survie des individus selon leur position dans la forêt.

À ce sujet, les trois courbes radiales de l'érable à sucre montrent la même tendance, depuis la période d'établissement initiale au cours des années 1900 jusqu'à aujourd'hui (Figure 71). Les 20 premières années, entre les années 1900 et la décennie des années 1920, ont été marquées par une croissance des arbres très faible, moins que 2 mm par année, reliée à la phase d'établissement des plantules et de croissance en sous-bois ombragé (ou sous les arbustes), que l'on réfère à l'état dit de « surcimage ». L'augmentation soudaine de la croissance radiale à la fin des années 1920 correspond, par contre, à l'ouverture du toit de la végétation (reliée à la mort ou à la chute d'un ou de quelques arbres dominants ou au dépassement des gaules au-dessus des arbustes) qui procure alors à ces gaules les conditions de luminosité favorables à une croissance végétative (autant en largeur qu'en hauteur) accélérée, que l'on réfère à l'état dit de « détente ». Ainsi, la croissance rapide des érables à sucre s'est poursuivie pendant plusieurs dizaines d'années pour combler l'espace (la trouée) laissé par les arbres chablisés ou morts sur place. La diminution progressive de la croissance des arbres se fait surtout sentir à partir des années 1970 en raison de la fermeture de la voute forestière, qui provoque alors une plus grande compétition pour les ressources. La résurgence de la croissance rapide de l'un des trois érables à sucre, soudaine, mais brève, illustre la forte sensibilité des arbres à l'environnement de lumière de la forêt.

Le patron de croissance relativement synchrone observé chez les érables à sucre est également manifeste chez les frênes d'Amérique où les arbres passent du statut de plantules et de gaules surcimées au statut d'arbre à croissance rapide, sous conditions de détente, amorcée au cours des années 1940 et 1950 (Figure 71). Comme chez l'érable à sucre, une période de plusieurs dizaines d'années, entre les années 1940 et les années 1970, a été consacrée à colmater les trouées du couvert forestier par le frêne d'Amérique et l'érable rouge, par exemple, ce qui s'est traduit par une croissance plus rapide. Il en est de même de la croissance des autres espèces feuillues qui affichent de fortes variations reliées à l'environnement lumineux de l'érablière.

La croissance de la pruche du Canada et du thuya occidental est également révélatrice des conditions de vie des arbres soumis à la dynamique du couvert forestier, tantôt fermé, tantôt ouvert, selon les époques de développement structural de l'érablière. Les individus des deux espèces, proches l'une de l'autre dans la forêt actuelle, ont d'abord poussé lentement dès l'installation de la forêt, puis ils ont connu de meilleures conditions de croissance au détour du 20<sup>e</sup> siècle. Il semble bien que la période s'échelonnant entre les années 1940 et les années 1960 ait été marquée par une recrudescence de chablis ayant permis une croissance verticale rapide des plantules et des

gaules et leur accession en quelques dizaines d'années au toit de la forêt (Figure 71). Ces quelques exemples de la croissance des arbres, peu importe l'espèce, illustrent le processus écosystémique ainsi que les facteurs responsables de la dynamique forestière, soit celle des arbres dominants dont l'expansion et le déclin au cours du temps déterminent les conditions de surcimage et de détente, à l'origine de la démographie actuelle des espèces et de la diversité spatiotemporelle de l'érablière. On comprendra ici qu'une analyse dendroécologique plus serrée est nécessaire pour interpréter tous les patrons de croissance des arbres les uns par rapport aux autres dans le peuplement actuel si l'on veut rendre compte du développement spatiotemporel complet d'AcérUL.

## **Origine de l'érablière et ascendance écologique**

La structure actuelle de l'érablière est celle d'une forêt formée de plusieurs espèces arborescentes dont la plupart des populations est en équilibre démographique. En effet, la distribution asymétrique marquée de la taille des arbres de la majorité des espèces dominantes, des plus petits aux plus grands, suggère un patron de régénération et de remplacement continu des individus au cours du temps grâce aux arbres semenciers. Une telle distribution, qui répond davantage au modèle de fonction de puissance qu'au modèle de l'exponentielle négative, indique une forte mortalité juvénile et une plus grande survie des individus adultes, ce qui est la tendance démographique généralement observée chez les populations pérennes, populations qui se régénèrent continuellement, semblables à elles-mêmes. D'après la période d'établissement des arbres les plus vieux, vraisemblablement au cours des années 1860-1870, et à en juger par l'absence de troncs morts au sol en voie de décomposition avancée, l'érablière AcérUL se serait construite progressivement à partir du milieu du 19<sup>e</sup> siècle.

Mais quels sont les facteurs qui ont présidé à son établissement, à une époque dominée par une agriculture autarcique? Tout signe d'abatage d'arbres à cette époque est maintenant disparu si tant est que cela fut le cas. La structure de taille de la plupart des espèces arborescentes montre une distribution en J inverse ou presque. Ce type de distribution est différent de celui des espèces régénérées après un événement perturbateur destructif comme une coupe totale et un incendie forestier. Dans de tels cas, la distribution des tiges montre une partie de la cohorte d'origine établie immédiatement après la perturbation. En effet, l'établissement des espèces après de telles perturbations est plutôt massif, en raison de l'absence de compétition pour l'espace libéré par la coupe ou le feu. Toutefois, étant donné l'âge minimal du peuplement qui est de 150-170 ans, les traces de toute cohorte d'origine sont probablement disparues. Que reste-t-il? L'hypothèse d'une coupe totale ancienne qui aurait décimé la forêt d'origine est peu plausible, considérant l'état relativement stable de l'œkoumène agroforestier de la colline de Québec à cette époque. Par contre, le passage d'un feu, léger ou sévère, qui aurait détruit la majorité des arbres de la forêt d'origine est plus qu'une hypothèse à tester, car des traces de ce feu ont été trouvées en

abondance à la surface du sol. L'érablière AcérUL est, en effet, une forêt qui s'est établie après un feu, d'origine naturelle ou anthropique.

### Répertoire des fragments de charbon de bois

L'échantillonnage des fragments de charbon de bois de l'érablière montre que 22 stations de surface, 34 stations « A » et 21 stations « B » provenant des 50 microstations étudiées renferment des fragments de charbon de bois de taille supérieure à 2 mm. Huit microstations du quadrat d'échantillonnage ne renfermaient pas de fragments de charbon de bois. Le nombre et l'identification botanique des fragments de charbon de bois de ces microstations (Tableau 3) confirment sans le moindre doute que la station de l'érablière AcérUL a été soumise à plusieurs feux au cours du temps. Des 1306 fragments de charbon de bois extraits du sol, 584 proviennent du réservoir de surface et 580 du réservoir « A », alors que le réservoir « B » en renfermait quatre fois moins. La

Tableau 3. Nombre de fragments de charbon de bois identifiés dans les 3 réservoirs du sol de l'érablière AcérUL

Strate	Identification	Surface	A	B
Arborescente	<i>Abies balsamea</i>	31	12	1
	<i>Abies / Thuya</i>	1		
	<i>Abies / Tsuga</i>	28	5	
	<i>Tsuga canadensis</i>	1	12	
	<i>Picea / Tsuga</i>			4
	<i>Picea</i> sp.	4 <sup>a</sup>	5	3
	<i>Betula</i> sp.	47	239	42
	<i>Populus</i> sp.	7		
	<i>Fagus grandifolia</i>	37	51	5
	<i>Fraxinus</i> sp.	49	4	
	Feuillus zone poreuse	28	5	
	<i>Quercus</i> sp.	71	3	1
	<i>Acer saccharum</i>	1	7	
	<i>Acer</i> sp. <sup>b</sup>	28	12	7
	<i>Ostrya virginiana</i>		1	
Arbustive	<i>Taxus canadensis</i>	4	19	12
	<i>Corylus cornuta</i>	9	25	
	<i>Alnus</i> sp.	7	2	
	<i>Betulaceae</i> <sup>c</sup>	9	1	
	<i>Cornus / Viburnum</i>	1		
	<i>Prunus</i> sp.	1		
	<i>Rosaceae</i>	10		
Inconnu	Feuillu	101	88	23
	Conifère	92	60	22
	Non identifié	9	16	4
	Moelle ou écorce	8	12	18
	<b>Total</b>	<b>584</b>	<b>580</b>	<b>142</b>

<sup>a</sup> comprend 2 pièces de *Picea-Larix*

<sup>b</sup> peut inclure des fragments de charbon de branches ou de gaules d'*Acer saccharum*, ainsi que des charbons d'*Acer rubrum* et d'*Acer* sp. arbustifs.

<sup>c</sup> Peut inclure des fragments de charbon de *Betula* arborescents détériorés.

plupart des fragments ont été identifiés à la famille, au genre et parfois à l'espèce, soit près de 65 % de l'inventaire. Seulement 67 fragments de charbon de bois (5 %) n'ont pu être identifiés botaniquement, alors que 386 d'entre eux (30 %) l'ont été uniquement au niveau du type de bois (bois d'une espèce d'arbre ou d'arbuste feuillus et bois d'une espèce de conifère). Les fragments de charbon de bois de la famille des *Betulaceae* sont les plus nombreux, au nombre de 382 (29 %). La présence de fragments de charbon de bois du genre *Alnus* (famille des *Betulaceae*, proche des *Betula* sur le plan phylogénétique) peut surprendre étant donné son absence dans l'érablière actuelle. Par contre, le noisetier à long bec est bien représenté dans l'assemblage des fragments de charbon de bois (3 %), comme il l'est actuellement dans l'érablière. Il n'est pas possible de distinguer les différentes espèces de bouleau à l'aide des caractères anatomiques du bois. C'est pourquoi on ne peut connaître pour le moment la part prise respectivement par le bouleau jaune et le bouleau à papier parmi les 328 fragments de charbon de bois inventoriés (est exclu ici le bouleau gris, *Betula populifolia* Marshall, qui pousse actuellement à l'orée d'autres boisés du campus; cette espèce n'a sans doute pas occupé le site de l'AcérUL dans le passé). Dans un cas comme dans l'autre, ces deux espèces poussent souvent ensemble dans les érablières jeunes et âgées de la région. L'ostryer de Virginie est représenté par un seul fragment de charbon dans cet inventaire, ce qui n'est pas le cas des érables, dont l'érable à sucre, du hêtre à grandes feuilles, du chêne rouge et du frêne d'Amérique. En comparaison avec leur abondance actuelle dans l'érablière, les conifères sont plus nombreux dans l'assemblage macrofossile de la station, notamment le groupe des sapins-thuyas, les épinettes et la pruche du Canada. Les fragments de charbon de bois de conifères (identifiés ou non identifiés) représentent près de 24 % de tous les fragments extraits du sol, une représentation macrofossile beaucoup plus importante que celle des conifères poussant actuellement dans l'érablière. À l'échelle du quadrat d'échantillonnage, ce sont les espèces de feuillus qui se rencontrent le plus souvent dans les microstations, mais, parmi les conifères, le sapin baumier se trouve dans près du quart des microstations (Figure 72). Est-ce que les conifères occupaient une plus grande place dans le passé ou est-ce que les conifères produisent davantage de fragments de charbon de bois que les espèces de feuillus? Des questions qui méritent plus d'attention dans le contexte de l'évolution des forêts qui recouvraient le campus au cours du temps.

### Âge radiométrique des feux

D'après les 61 dates au radiocarbone obtenues des fragments de charbon de bois, 10 à 13 feux seraient survenus dans la station de l'érablière AcérUL au cours des derniers 3000 ans (Figure 73 et Annexe 14). Les indices *Chao1-bc* et *Homogène* donnent à peu près le même résultat, soit de 10-11 feux (minimum) à 13-15 feux (maximum). Suivant le scénario du nombre minimal ou du nombre maximal de feux (Figures 73 et 74, Annexe 14), l'intervalle de feu moyen au cours des trois derniers millénaires aurait été respectivement de 280 ans et de

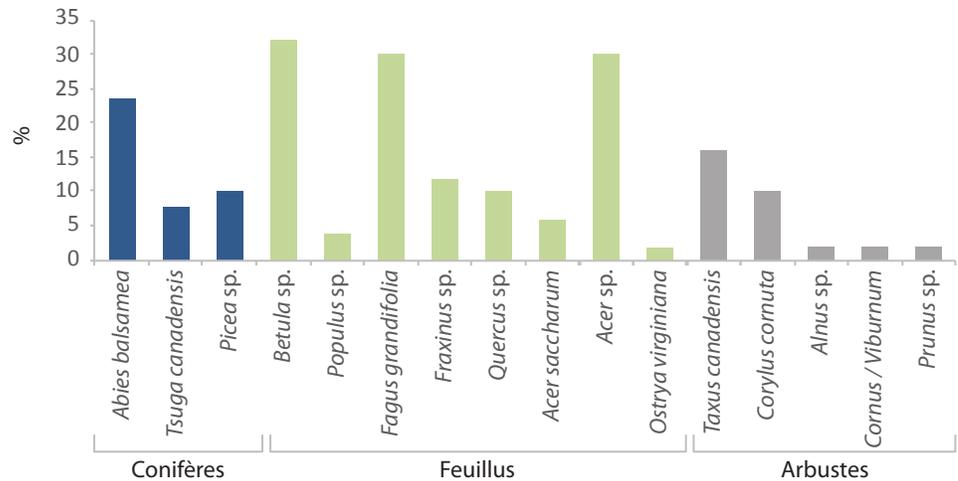


Figure 72. Occurrence (%) de fragments de charbon de bois des principaux taxons répertoriés parmi les 50 microstations d'échantillonnage de l'érablière AcérUL.

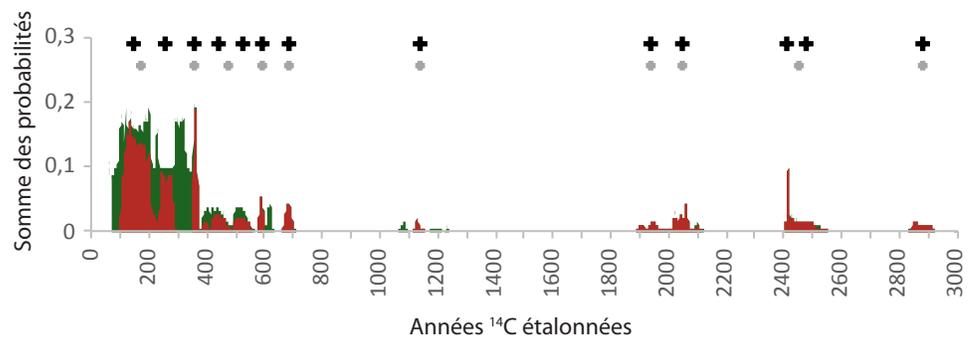


Figure 73. Somme de toutes les probabilités des âges  $^{14}\text{C}$  transformés en années étalonnées en vert et somme des probabilités des âges  $^{14}\text{C}$  transformés en années étalonnées des meilleurs intervalles en rouge. Scénario du nombre de feu maximal : croix noires; scénario du nombre de feu minimal : points gris. Les dates de 71 années  $^{14}\text{C}$  BP et moins ne sont pas incluses dans la somme des probabilités. L'année de référence est 2017.

220 ans. Les feux ont été particulièrement fréquents au cours du dernier millénaire, puisque 5 à 7 feux sont survenus selon les deux scénarios, et ce, à un intervalle moyen de 200 ans et de 145 ans. C'est au cours des derniers 700 ans, cependant, que les feux se sont succédé à de plus courts intervalles, soit 140 ans (scénario maximal) et 100 ans (scénario minimal). Transformées en années calendaires, les principales périodes de feux (selon 2 écarts-types des états probabilistes les plus élevés, âge moyen ou date moyenne) survenues au cours des derniers siècles sont les suivantes : 1850-1870, 1740-1760, 1640-1660, 1520-1580, 1415-1440 et 1310-1380. On le constate, ces dates sont approximatives, étant donné la concentration en  $^{14}\text{C}$  variable au cours du dernier millénaire (Solanki *et al.*, 2004), mais réelles, et correspondent à des événements perturbateurs d'importance dans l'histoire relativement récente de la station AcérUL.

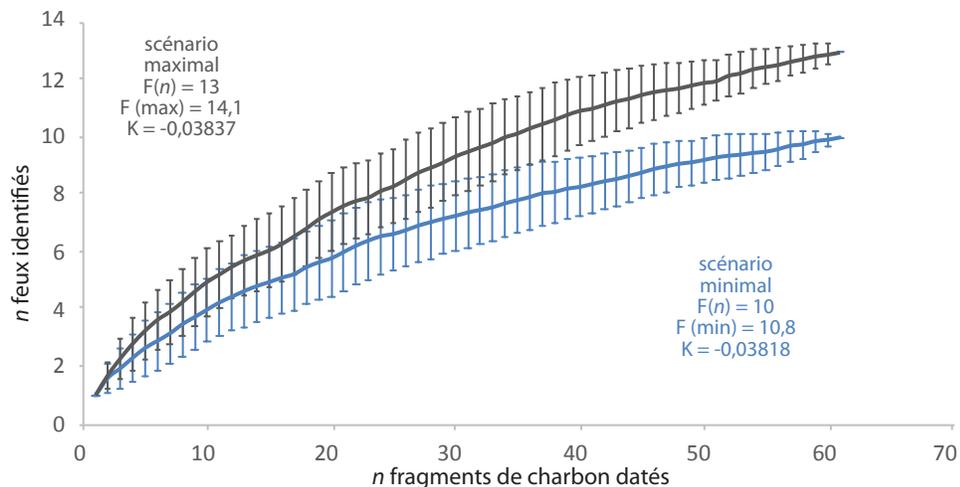


Figure 74. Courbe d'accumulation du nombre de feux identifiés en fonction du nombre de fragments de charbon datés. Courbe moyenne de 100 itérations.  $F(n)$  est le nombre de feux identifiés et  $F(\text{max})$  et  $F(\text{min})$  sont le nombre de feux estimés. Le nombre de feux minimal et le nombre de feux maximal estimés sont respectivement de 11 et 14.

Le choix aléatoire des échantillons datés au radiocarbone montre que 40 des 61 fragments de charbon de bois datés proviennent de deux feux récents, ceux des 250 dernières années. Le très grand nombre de fragments de charbon de bois dans le réservoir de surface et dans le réservoir « A » provenant de ces deux feux a donc causé un effet de « dilution » des fragments de charbon de bois plus anciens, empêchant ainsi de répertorier les feux très anciens, si tant est qu'ils aient existé, et qui ne seraient représentés que par quelques fragments épars dans le solum. La sélection aléatoire des échantillons rend compte également du fait que le plus vieux charbon de bois du réservoir de surface, âgé de 2040 ans, est l'un des plus vieux fragments datés. Le répertoire des feux survenus au cours de la période holocène dans la grande région de Québec, ce qui comprend à l'ouest la région de Lotbinière (Payette *et al.*, 2016) et au nord celle de St-Gabriel de Valcartier (Talon *et al.*, 2005), montre clairement l'incidence d'une période de feux au début de l'Holocène, entre 10 000 et 7000 ans avant aujourd'hui, avec l'arrivée et l'expansion des forêts de conifères. Cette période coïncide avec la fonte graduelle de l'inlandsis laurentidien au nord de la ville de Québec qui, encore par sa masse énorme, favorisait un climat sec et venteux (Filion, 1987). Il est possible que de tels feux aient parcouru la colline de Québec à cette époque, mais les preuves restent à trouver parmi la multitude de fragments de charbon de bois extraits des sols d'AcérUL. La colline de Québec formait une île à l'Holocène inférieur, ce qui diminuait les chances de tombée de foudre par rapport à la terre ferme et la propagation des feux allumés sur le continent. Elle a été réunie au continent à la suite du relèvement isostatique postglaciaire et du retrait de la mer vers 9000-8000 ans avant aujourd'hui. Il en est de même de la période intermédiaire, dite de l'Holocène moyen, entre l'arrivée des premières forêts et l'installation des forêts modernes, qui reste à décrypter,

où les feux auraient exercé moins d'influence sur la végétation de la colline de Québec.

L'altération d'un grand nombre de fragments de charbon de bois n'a pas permis de connaître adéquatement la composition forestière de la station au cours de la période couverte par les âges radiométriques. Les conifères, dont le sapin baumier, l'épinette et la pruche du Canada, et les feuillus comme le hêtre à grandes feuilles, le bouleau, l'érable et le frêne ont habité les forêts de la station au cours des 400-500 dernières années. Le hêtre à grandes feuilles et le bouleau sont présents dans la station depuis au moins 2000-3000 ans. Bien qu'il ne soit pas possible de confirmer le maintien d'une érablière comme AcérUL au cours des derniers millénaires, l'assemblage général des fragments de charbon de bois laisse croire à l'existence d'une forêt feuillue tempérée pendant cette longue période.

## DISCUSSION

### Une forêt anthropisée

Riche de ses 150-170 années de croissance, l'érablière AcérUL est une forêt légèrement anthropisée, mais rendue au stade de maturité démographique caractérisé par le maintien à l'équilibre générationnel de la majorité des espèces arborescentes qui la composent. La forêt actuelle comprend près de 75 espèces végétales dont 17 espèces arborescentes et quelques plantes introduites, envahissantes, dont certaines méritent sans doute une attention pour un contrôle de l'intégrité écologique de la forêt. En raison de sa fréquentation assidue par les promeneurs du campus, la forêt a fait l'objet, au cours des dernières décennies, d'un aménagement particulier. Une coupe d'éclaircissement du sous-bois (coupe sélective des gaules et des petites tiges d'arbres) a été pratiquée, ainsi que l'abattage de quelques arbres moribonds, morts ou en voie de dépérissement naturel ou causé par des fungi (champignons) et des insectes. Les raisons principales de ces interventions étaient, et sont toujours, d'assurer la sécurité des promeneurs et de prévenir ou ralentir la propagation de certaines maladies létales comme la maladie hollandaise de l'orme.

À part quelques plaques de béton et de gravier déposées dans le secteur ouest de l'érablière, la surface du sol de l'érablière est relativement libre de toute autre intervention humaine directe ou indirecte, à l'exception, remarquable, mais involontaire, de l'invasion des vers de terre. Introduits par les Européens dès le 17<sup>e</sup> siècle, en Nouvelle-France et en Nouvelle-Angleterre, les vers de terre ont connu une expansion sans précédent au point d'envahir les forêts tempérées et les forêts boréales d'Amérique du Nord (Reynolds, 1976; Moore *et al.*, 2009). On le sait, les vers de terre indigènes, d'origine nord-américaine, se trouvent uniquement au sud des régions qui furent englacées au cours du Pléistocène (Bohlen *et al.*, 2004; Moore *et al.*, 2018). Les forêts québécoises étaient donc libres de vers de terre à l'arrivée de Jacques Cartier en 1534. Déjà,

entre 1541 et 1543, les horticulteurs de l'expédition de Jacques Cartier et de Jean-François de La Rocque, seigneur de Roberval, ont semé et planté un grand nombre de végétaux sur le promontoire de Cap Rouge où a été implantée la première colonie française d'Amérique, à quelque 7 kilomètres du campus. Il est possible que certaines plantes aient été transportées dans des pots remplis de terre et renfermant des vers de terre qui auraient « essaimé » plus tard, pendant des siècles sur la colline de Québec. Le sol de l'érablière AcérUL n'a pas échappé à cette expansion, favorisée par l'entretien des sols agricoles entourant la forêt pendant plusieurs centaines d'années, depuis la fondation de la ville en 1608 jusqu'à la création du campus de l'Université Laval au milieu du 20<sup>e</sup> siècle.

Envahisseurs discrets, sous la surface du sol, les vers de terre forment sans doute la plus importante partie de la pédofaune actuelle de l'érablière. Ces derniers contribuent activement à la chaîne détritifique, accélérant la décomposition de la litière, dont le recyclage des éléments nutritifs, notamment le carbone et l'azote (Phillips *et al.*, 2019). Les vers de terre ont aussi modifié de manière significative le cours de la pédogenèse par le brassage et le mélange intime des horizons organiques et des horizons minéraux. La formation de l'horizon Ah est directement reliée à l'activité des vers de terre qui empêchent l'accumulation de la litière au sol et sa transformation en horizon organique fibrique et humique. L'horizon Ah de l'érablière AcérUL est un horizon anthropique, comme c'est probablement le cas chez les sols de plusieurs autres érablières du Québec.

Un autre effet collatéral de l'activité des vers de terre en forêt découlant de l'absence de litière est celui de l'altération du bilan hydrique causant l'assèchement de la partie superficielle du sol, d'où la formation de fentes de dessiccation qui endommagent la structure du sol et la rhizosphère. À cela s'ajoute une perte de diversité, difficile à évaluer pour le moment, exprimée par la rareté et la faible abondance des plantes herbacées du sous-bois, elle-même causée par le bouleversement de la surface du sol et la transformation des lits de germination (Hale *et al.*, 2006; Drouin *et al.*, 2016). Soulignons toutefois que l'abondante régénération préétablie de l'érable à sucre, l'espèce arborescente dominante du peuplement, semble relativement peu affectée par l'activité des vers de terre.

Les plantes envahissantes sont présentes dans l'érablière, mais peu nombreuses et peu abondantes. Seul l'érable de Norvège est à surveiller, étant donné sa présence dans au moins trois endroits au sein de l'érablière, surtout dans la partie sud-est où il prolifère discrètement depuis le sentier qui l'a favorisé. Cet érable exotique profite des ouvertures en forêt causées par l'activité anthropique (Lapointe et Brisson, 2012). Il devrait être complètement éliminé d'AcérUL pour préserver le caractère indigène de l'érablière. Il a davantage sa place comme arbre d'ornement le long des rues et des trottoirs du campus et de la ville de Québec. Introduite vers 1778 au Canada (Lavoie, 2019) et vers le milieu du 19<sup>e</sup> siècle dans la région de Québec (Garneau, 2008), l'espèce a pris

une telle expansion qu'elle est maintenant naturalisée. À part l'érable de Norvège parmi la guildes des espèces ligneuses envahissantes en forêt, nuisible à la flore indigène, le nerprun cathartique (*Rhamnus cathartica* Linnaeus, famille des *Rhamnaceae*) représente un défi à l'intégrité des forêts (Lavoie, 2019; Hélène Godmaire, comm. pers.), notamment sur le campus où l'espèce a été vue dans quelques boisés (Claude Lavoie, comm. pers.). Aucun nerprun cathartique n'a été observé dans l'érablière AcérUL, mais il est possible que sa présence, sans doute discrète, nous ait échappé. Pour assurer le développement futur d'AcérUL, la forêt devrait évoluer sous un régime d'aménagement écosystémique qui repose essentiellement sur la régénération et le maintien des espèces indigènes.

### Une forêt structurée

L'érablière AcérUL évolue dans un contexte urbain dynamique où le couvert forestier d'antan de la colline de Québec est maintenant réduit pratiquement comme une peau de chagrin. Malgré l'introduction discrète des plantes envahissantes et plutôt agressive des vers de terre, AcérUL constitue une forêt presque naturelle avec ses grands arbres, de toutes les tailles qui, au fil du temps, ont construit un système structural complexe. AcérUL fonctionne comme une forêt mature selon les processus écosystémiques propres aux forêts âgées qui entretiennent la flore et la végétation indigène sous le régime des trouées. Les arbres atteignent de forts diamètres, surtout les ormes d'Amérique, les chênes rouges, les frênes d'Amérique et, dans une bonne mesure, les érables à sucre et les érables rouges, sans limites évidentes. Ce ne semble pas être le cas en ce qui a trait à la hauteur des tiges qui ne dépasse pas les 22 m, sans doute pour des raisons reliées à la qualité des sols de la station et au climat relativement frais de la colline de Québec, notamment les grands vents.

La majorité des espèces arborescentes entretiennent des populations à l'équilibre où la survie des individus varie en fonction de leur taille, d'après le modèle de fonction de puissance. Le taux de survie est meilleur chez les individus de grande taille (et de grand âge) qui assurent alors l'effort reproducteur nécessaire au maintien des populations, qu'elles soient grandes comme chez l'érable à sucre et le frêne d'Amérique ou petites comme chez l'orme d'Amérique et l'ostryer de Virginie. Certaines espèces comme le chêne rouge ont un profil démographique plutôt changeant, peut-être relié à de fortes variations de la natalité et de la mortalité. Quelques espèces arborescentes représentées par un petit nombre d'individus ont cependant la capacité de se maintenir actuellement sur place, mais leur survie, comme chez certains conifères (sapin baumier et épinette rouge), est loin d'être assurée.

La survie des espèces arborescentes d'AcérUL dépend en partie de leur adaptation aux conditions changeantes de l'environnement forestier. Ces dernières sont déterminées par la croissance différentielle des arbres dominants au cours du temps, c'est-à-dire des 150-170 dernières années, et des perturbations qui les affectent, notamment celles

qui sont reliées au régime forestier des chablis locaux. Un échantillon de la croissance radiale de quelques arbres de l'érablière a permis d'illustrer le « mode et le tempo » caractéristique du fonctionnement d'une forêt âgée comme AcérUL. En effet, la dynamique de l'ouverture et de la fermeture de la voûte forestière, révélée par les patrons de croissance radiale des arbres, détermine en grande partie le succès reproducteur des espèces arborescentes. L'accession des arbres au sommet de la voûte forestière constitue l'une des étapes essentielles menant à la reproduction et à la survie des espèces arborescentes au cours du temps. La plupart des arbres reproducteurs de l'érablière ont tous vécu sous des conditions de surcimage (croissance à l'ombre, sous la cime des arbres dominants ou sous un couvert arbustif) avant de parvenir au toit de la forêt sous des conditions de détente causées par les chablis locaux et la mort sur place d'arbres sénescents ou moribonds.

En l'absence de changements importants du climat et de perturbations destructrices comme les feux et la coupe totale, les diverses populations arborescentes de l'érablière se maintiendront à l'équilibre démographique, semblables à ce qu'elles sont aujourd'hui. La surface terrière de la forêt demeurera sans doute la même, malgré la mort attendue de plusieurs gros arbres qui seront remplacés par d'autres. Toutefois, l'évolution de la forêt, comme elle est actuellement, risque de changer si l'activité de plusieurs organismes pathogènes ou ravageurs se poursuit et augmente. La vitalité et la taille des populations de l'orme d'Amérique, éventuellement celles du hêtre à grandes feuilles aux prises avec la maladie corticale et surtout celles du frêne d'Amérique risquent de diminuer considérablement. Déjà plusieurs ormes d'Amérique ont été éliminés dans AcérUL et ailleurs sur le campus pour restreindre la progression de la maladie hollandaise de l'orme. Les tiges du hêtre à grandes feuilles sont actuellement peu affectées par la maladie corticale qui provoque, cependant, une mortalité réduite des populations, contrairement à la maladie hollandaise de l'orme. Que dire maintenant de l'arrivée récente de l'agrile du frêne en Amérique du Nord, un insecte ravageur dont l'hôte principal est le frêne, peu importe les espèces réparties en Eurasie et en Amérique du Nord (Poland *et al.*, 2015). L'insecte aurait été introduit accidentellement en 2002 dans la région de Détroit (État du Michigan, États-Unis) et de Windsor (Ontario, Canada), et même plus tôt au cours des années 1990 d'après des données dendrochronologiques (Siegert *et al.*, 2014). Depuis ce temps, les populations de ce coléoptère pullulent à un rythme sans précédent à travers l'est du continent nord-américain (Poland *et al.*, 2015). Cet insecte peut détruire la grande majorité des frênes d'une forêt, ce qui a des conséquences majeures sur la composition floristique du peuplement et la succession écologique. On comprendra que la structure et le fonctionnement de l'érablière AcérUL risquent d'être complètement modifiés, étant donné la place prise par les frênes d'Amérique dans le peuplement actuel, au nombre de 585 tiges dont 241 tiges de  $\geq 9$  cm dhp, soit 42 % de tous les arbres du peuplement, sans compter les nombreuses plantules et gaules qui garnissent le sous-bois. Advenant la mort de la majorité des frênes adultes, le couvert forestier sera plus

ouvert que jamais et favorisera la croissance des tiges surcimées des autres espèces arborescentes. L'abattage des arbres morts s'ensuivra avec son cortège de perturbations mécaniques infligées au sous-bois et au sol, de quoi faciliter l'établissement voire l'invasion du parterre par plusieurs espèces envahissantes, dont l'érable de Norvège qui survit et croit bien en sous-bois et à découvert (Lapointe et Brisson, 2012) qu'il faudra éliminer... tout un salmigondis écologique en perspective!

## Une forêt de feu

AcérUL est une forêt née du passage d'un feu survenu il y a quelque 150-170 ans, dont l'origine est inconnue, anthropique ou naturelle, à la suite d'une tombée de foudre, qui sait! Les feux déclarés en milieu agricole, de surcroît agroforestier, sont fréquents. Ils étaient même très fréquents à l'époque de la colonisation en Nouvelle-France et plus récemment autour de la grande région de Québec, notamment dans le comté de Lotbinière des années 1920-1930 où la terre était « libérée » à des fins agricoles grâce aux feux d'abattis (Bureau, 1968). Vivre en société, c'est aussi vivre avec le feu. Les événements catastrophiques de ce genre ont été particulièrement nombreux dans la région de Québec, depuis sa fondation jusqu'à nos jours, et plus particulièrement au 19<sup>e</sup> siècle (Lebel, 2008). À part AcérUL, tous les sols examinés des érablières de la colline de Québec, incluant le parc du Bois-de-Coulonge et le boisé Marly, renferment des fragments de charbon de bois, preuves indiscutables du passage des feux qui ont sévi dans un passé récent ou ancien. À un moment ou à un autre de l'histoire de la colline de Québec, les forêts naturelles ont passé au feu, sans doute plus d'une fois, et elles ont pu se régénérer, semble-t-il, comme on les connaît aujourd'hui.

La colline de Québec dont fait partie le campus de l'Université Laval est d'une grande historicité non seulement par la présence des plus vieux établissements français en Amérique du Nord, mais aussi par l'occupation des lieux par les Iroquoiens que Jacques Cartier a connu en 1535. Ces derniers regroupaient plusieurs nations qui ont habité, entre les années 1200 et les années 1600, les basses-terres du Saint-Laurent depuis l'embouchure du lac Ontario jusqu'à Québec (Gagné, 2015). Lorsque les Français sont revenus à Québec en 1603, les Iroquoiens étaient disparus (Auger, 2008; Gagné, 2015). Le village de Stadaconé qu'a connu Jacques Cartier était habité par plusieurs centaines de personnes qui s'adonnaient à la culture de plusieurs cultigènes, dont le maïs, le haricot, la courge et le tournesol. L'occupation des lieux, dont celui de Place Royale, date de quelques milliers d'années, du moins d'après les restes de maïs trouvés sous forme de phytolithes dans les céramiques enfouies dans les sols de Place Royale (St-Pierre et Thompson, 2015). Pour ce faire, les « hortultrices » ensemençaient les champs en brûlant la forêt. De cette façon, des feux auraient pu parcourir la colline de Québec dont certains se seraient répandus au-delà des aires prévues pour l'ensemencement. Lors de son voyage au Canada en 1749, Pehr Kalm a souvent noté l'habitude des Autochtones

d'allumer, souvent avec précaution, des feux à l'occasion de leurs expéditions de chasse et de l'installation des sites de campement. Il est donc possible qu'un ou quelques feux enregistrés dans le sol d'AcérUL au cours du dernier millénaire aient été causés par l'activité agricole et sylvicole des Amérindiens.

Le deuxième feu le plus récent survenu dans la station occupée par AcérUL date approximativement des années 1740-1760. Ce feu coïncide avec l'une des périodes les plus dramatiques de l'histoire récente de la colline de Québec, celle de la capitulation de Québec et de la Nouvelle-France aux mains des envahisseurs anglais (Lacoursière, 2013). Le siège de Québec et le saccage des environs agroforestiers qui s'ensuivit ont été marqués par la destruction, lors des innombrables bombardements et surtout par le feu, des maisons, des fermes et de leurs dépendances agricoles et forestières. On ne possède, cependant, aucune donnée historique permettant de relier l'incendie de la station d'AcérUL aux séquelles des combats survenus, non loin, sur les plaines d'Abraham en 1759, de même que ceux de l'année suivante, 1760, reliées à la bataille de Sainte-Foy, la dernière bataille gagnée par les troupes françaises en Amérique du Nord. Ces troupes dirigées par le général François Gaston de Lévis ont emprunté la route de la Suète et le chemin Sainte-Foy, tout près du campus actuel de l'Université Laval, pour contrer les forces anglaises (Lebel, 2008; Quimper, 2009; Lacoursière, 2013), mais on ne sait pas si les combats qui ont suivi ont été prolongés par l'incendie des forêts avoisinantes. Bref, l'incendie de la station d'AcérUL en 1740-1760 ne peut être attribué de manière certaine aux batailles qui sont survenues à cette époque sur la colline de Québec. Quoiqu'il en soit, la colline de Québec, à ce temps de l'histoire, n'a pas été ménagée par les perturbations reliées aux incendies forestiers.

Le troisième feu le plus récent est survenu dans la station d'AcérUL au cours des années 1640-1660, coïncidant avec les toutes premières années de la colonie de la Nouvelle-France (Lacoursière, 2013). Aucune donnée historique ne se rapporte aux incendies forestiers de l'époque, sauf les mentions de Lebel (2008) à propos des nombreuses maisons, églises et chapelles qui étaient fréquemment la proie des flammes. Les décennies fondatrices de la colonisation de la colline de Québec ont sans doute été marquées par les premiers déboisements et la création des terres agricoles autour de la ville de Québec. On ne sait pas si cette appropriation de l'espace forestier en cours de défrichage pour l'agriculture s'est faite à l'aide de feux d'abattis comme ce fut le cas encore récemment au Québec (Bureau, 1968). Quoiqu'il en soit, l'incendie forestier ayant brûlé la station d'AcérUL a été allumé naturellement ou involontairement par les colons, à un moment crucial de l'histoire de la Nouvelle-France où les toutes premières perturbations environnementales sur la colline de Québec causées par les Européens ont fait rage.

Le quatrième feu le plus récent de la station d'AcérUL est contemporain de la construction du fort Cartier-Roberval en 1541, à l'embouchure de la rivière Cap-Rouge et sur le promontoire qui la surplombe à l'est. L'abandon du fort du promontoire de Cap Rouge par Roberval

en 1543 s'est soldé par la mise à feu des bâtiments dont on possède d'innombrables fragments de charbon de bois (Samson et Fiset, 2013; Samson *et al.*, 2013). Ces fragments proviennent surtout des bois des espèces arborescentes dominantes de l'érablière laurentienne où était érigé le fort (Godbout *et al.*, 2008). L'âge radiométrique étalonné d'un fragment de cette collection de pièces carbonisées est de  $360 \pm 60$  BP et correspond, avec la marge d'erreur associée à ce type de datation, à la période d'occupation européenne du site vers l'an 1544 (âge médian) (Samson et Fiset, 2013), allant de l'an 1443 à l'an 1645. Cet âge  $^{14}\text{C}$  étalonné en années calendaires coïncide également avec celui du quatrième feu (1520-1580) survenu dans AcérUL au cours du dernier millénaire. Aucune donnée historique ne permet de croire que ce feu de la station d'AcérUL ait été allumé par les flammes du fort Cartier-Roberval situé à quelque 7 km du campus de l'Université Laval. Pure coïncidence, sans doute, mais ce feu a été déclaré à la même époque, probablement sous des conditions climatiques plutôt sèches propices à l'allumage et à la propagation des flammes en forêt.

Les trois premiers feux du dernier millénaire, ceux des années 855-965, 1310-1380 et 1415-1440 sont certainement survenus à des moments où les conditions climatiques étaient favorables à leur ignition et à leur propagation. On ne connaît pas la nature ni l'importance de l'occupation de la colline de Québec par les Iroquoiens à cette époque. En effet, on ne possède aucun indice d'une éventuelle occupation amérindienne dans les environs du campus de l'Université Laval et de celui du fort de Cartier-Roberval où un charbon de bois daté  $1020 \pm 50$  BP (Samson et Fiset, 2013), et correspondant aux années calendaires de 900-1160 ans, témoigne d'un incendie préhistorique, naturel ou pas, comme celui de la station d'AcérUL.

Tous les feux enregistrés dans la station d'AcérUL datent des derniers 3000 ans. Il s'agit de la période de l'Holocène supérieur caractérisé par une recrudescence des incendies forestiers dans la vallée du Saint-Laurent (Payette *et al.*, 2016; 2017) après la période relativement longue de quiétude écologique de l'Holocène moyen. Aucun feu datant de l'Holocène moyen ou de l'Holocène inférieur (entre 11 700 ans et 4000 ans) n'a été détecté dans les assemblages de fragments de charbon de bois des sols d'AcérUL. L'absence de tels fragments de charbon de bois ne signifie pas nécessairement l'absence de feux ayant sévi au cours de ces deux longues périodes, car il est probable que l'échantillonnage aléatoire de tels fragments n'ait pas permis de les répertorier, contrairement à ce que l'on observe ailleurs, au nord de la colline de Québec, où de vieux feux holocènes ont brûlé des forêts de conifères quelques milliers d'années après le retrait du glacier wisconsinien (Talon *et al.*, 2005).

## Remerciements

La réalisation de ce projet a été rendue possible grâce à la Fondation de l'Université Laval et plus particulièrement Éric Bauce, alors vice-recteur exécutif de l'Université Laval. Grand forestier et entomologiste de renom, Monsieur Bauce a appuyé sans réserve le projet AcérUL afin de mieux connaître l'environnement forestier actuel et ancien du campus de notre université, notamment dans un contexte de développement durable. Ce projet n'aurait pu se réaliser sans l'appui de plusieurs collègues et membres actifs de l'Université Laval et d'ailleurs. Nous remercions bien sincèrement Jean-David Moore (Direction de la recherche forestière, Ministère des forêts, de la faune et des parcs du Québec) de nous avoir transmis ses connaissances de l'écologie des vers de terre, ainsi que Catherine Boudreault, Michelle Garneau et Annie St-Louis de l'Herbier Louis-Marie, et Denis Bastien, pour leur aide dans l'identification de quelques spécimens botaniques. Étienne Chabot du comité CAMEO de l'Université Laval nous a transmis certains documents historiques d'intérêt à propos de la période de croissance du campus. Marco Bussière et Sylvain Préfontaine du Service des immeubles de l'Université Laval ont permis et assuré le prélèvement de rondelles de bois d'arbres morts d'AcérUL. Un merci bien sincère à notre collègue Réginald Auger, archéologue de l'Université Laval, pour ses commentaires instructifs à propos des peuples autochtones qui ont habité le Québec méridional au cours des périodes préhistorique et historique. Nous remercions de manière particulière Louise Filion, géographe de l'Université Laval, pour ses commentaires avisés et ses suggestions lors de la révision du manuscrit. Pierre Morisset, collègue retraité du Département de biologie, a mis à notre disposition les précieux inventaires de la flore des lichens corticoles de la grande région de Québec. Claude Lavoie a également transmis des informations sur la flore des lichens corticoles de la même région établie par les étudiants de l'École supérieure d'aménagement du territoire et de développement régional de l'Université Laval. Un merci spécial à notre estimé collègue botaniste Marcel Blondeau pour avoir permis la reproduction de certaines photographies de plantes trouvées dans l'érablière AcérUL (Figures 23, 25, 30, 33, 37 et 38). Enfin, nous souhaitons vivement que l'Université Laval, par l'intermédiaire de sa Fondation, puisse dorénavant donner un nom officiel à l'érablière AcérUL. Nous suggérons le nom de « Boisé Gomin » pour rappeler sa belle ascendance française et québécoise.

## RÉFÉRENCES

- Adams, J., 1822. Map of Quebec and its environs, from actual and original survey. Carte à l'échelle de 1:31 680.
- Auger, R., 2008. L'espace amérindien avant l'arrivée des Européens à Québec. Pages 57-100 in Vallières, M., Y. Desloges, F. Harvey, A. Héroux, R. Auger, S.-L. Lamontagne (éditeurs). Histoire de Québec et de sa région. Boîtier de 3 tomes. Les Presses de l'Université Laval et les Éditions de l'IQRC. [Collection : Les régions du Québec]. Québec, Québec, Canada.
- Auger, S. et S. Payette, 2008. Le site archéologique Cartier-Roberval à Québec : Cadre géographique et écologique, volet pédologique. 38 pages in Rapport final remis à la Commission de la Capitale Nationale du Québec. Québec, Québec, Canada.
- Baillargeon, G., 1981. Zonation et modification de la composition de la flore vasculaire dans une région urbaine : la colline de Québec. Mémoire de maîtrise, Université Laval. Québec, Québec, Canada.
- Bergeron, C., G. Denis, R. J. Racine et M. Leblanc, 2017. Les lichens à la reconquête de Québec. *Perspecto* : 8-13. École supérieure d'aménagement du territoire et de développement régional, Université Laval. Québec, Québec, Canada.
- Bernard, J.-P., 2010. Portrait de la flore du campus de l'Université Laval en 1985. Mémoire de l'Herbier Louis-Marie, Université Laval. *Provancheria*, 32: 1-195.
- Bérubé, J., 1987. Les lichens corticoles comme indicateurs de la pollution atmosphérique dans la région de Québec. Mémoire de maîtrise. Département de biologie, Université Laval. Québec, Québec, Canada.
- Bhiry, N., 2011. Sédimentologie, minéralogie et micromorphologie des sédiments du site Cartier-Roberval (Cap-Rouge, Québec) et données microscopiques de poteries trouvées sur le site. Rapport de recherche remis à la Commission de la Capitale Nationale du Québec. Québec, Québec, Canada.
- Bohlen, P. J., S. Scheu, C. M. Hale, M. A. McLean, S. Migge, P. M. Groffman et D. Parkinson, 2004. Non-native invasive earthworms as agents of change in northern temperate forests. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2: 427-435.
- Bouchard-Perron, J.-A. et A. Bain, 2009. Du mythe vers la réalité : l'archéobotanique sur le site du fort d'en Haut Cartier-Roberval. *Archéologiques*, 22: 71-89.
- Bureau, L., 1968. Les solitudes de Lotbinière. Mémoire de maîtrise. Département de géographie, Université Laval. Québec, Québec, Canada.
- Chao, A. et C.-H. Chiu, 2016. Nonparametric estimation and comparison of species richness in eLS. John Wiley & Sons, Ltd. Chichester, United Kingdom.
- de Lafontaine, G. et S. Payette., 2012. Long-term fire and forest history of subalpine balsam fir (*Abies balsamea*) and white spruce (*Picea glauca*) stands in eastern Canada inferred from soil charcoal analysis. *The Holocene*, 22: 191-201.

- Del Degan, Massé et associés, 2006a. Historique des boisés. Comité d'aménagement et de mise en œuvre, Université Laval. Québec, Québec, Canada.
- Del Degan, Massé et associés, 2006b. Inventaire et caractérisation des espaces boisés du campus de l'Université Laval. Volume 1. Rapport d'expertise Myrand. Comité d'aménagement et de mise en œuvre, Université Laval. Québec, Québec, Canada.
- De Liocourt, F., 1898. De l'aménagement des sapinières. Société Forestière de Franche-Comté. Bulletin no. 6: 369-405.
- Delwaide, A. et L. Filion, 1999. Dendroséries du pin blanc (*Pinus strobus* L.) et de la pruche de l'Est (*Tsuga canadensis* L. [Carr.] dans la région de Québec. Géographie physique et Quaternaire, 53: 265-275.
- Dionne, J.-C., 1977. La mer de Goldthwait au Québec. Géographie physique et Quaternaire, 31: 61-80.
- Drouin, M., R. Bradley et L. Lapointe, 2016. Linkage between exotic earthworms, understory vegetation and soil properties in sugar maple forests. *Forest Ecology and Management*, 364: 113-121.
- Facelli, J. M. et S. T. A. Pickett, 1991. Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. *Botanical Review*, 57: 1-32.
- Faubert, J., 2012. Flore des bryophytes du Québec-Labrador. Volume 1 : Anthocérotes et hépatiques. Société québécoise de bryologie, Saint-Valérien, Québec, Canada.
- Faubert, J., 2013. Flore des bryophytes du Québec-Labrador. Volume 2 : Mousses, première partie. Société québécoise de bryologie, Saint-Valérien, Québec, Canada.
- Faubert, J., 2014. Flore des bryophytes du Québec-Labrador. Volume 3 : Mousses, deuxième partie. Société québécoise de bryologie, Saint-Valérien, Québec, Canada.
- Filion, L. 1987. Holocene development of parabolic dunes in the central St. Lawrence Lowland, Quebec. *Quaternary Research*, 28: 196-209.
- Filion, L., M. Lavoie et L. Querrec, 2009. The natural environment of the Québec City region during the Holocene. *Post-Medieval Archaeology*, 43: 13-29.
- Filion, L. et M. Lafond Desrosiers, 2008. Le site archéologique Cartier-Roberval à Québec : Cadre géographique et écologique, volet dendroécologique. 32 pages *in* Rapport final remis à la Commission de la Capitale Nationale du Québec. Québec, Québec, Canada.
- Frégeau, M., S. Payette et P. Grondin, 2015. Fire history of the central boreal forest in eastern North America reveals stability since the mid-Holocene. *The Holocene*, 25: 1912-1922.
- Gagné, M., 2015. Iroquoiens du Saint-Laurent. <https://www.thecanadianencyclopedia.ca>
- Garneau, M. (MG de l'Herbier Louis-Marie), 2008. Le site archéologique Cartier-Roberval à Québec : Cadre géographique et écologique, volet floristique. 70 pages *in* Rapport final remis à la Commission de la Capitale Nationale du Québec. Québec, Québec, Canada.

- Garneau, M. (MG de l'UQAM), 1997. Paléoécologie d'un secteur riverain de la rivière Saint-Charles : analyse macrofossile du site archéologique de la Grande Place, à Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 51: 211-220.
- Godbout, B., L. Filion et M. Lavoie, 2008. Le site archéologique Cartier-Roberval à Québec : Cadre géographique et écologique, volet anthracologique. 35 pages *in* Rapport final remis à la Commission de la Capitale Nationale du Québec. Québec, Québec, Canada.
- Goff, F. G. et D. West, 1975. Canopy-understory interaction effects on forest population structure. *Forest Science*, 21: 98-108.
- Grandtner, M. M., 1966. La végétation du Québec méridional. Les Presses de l'Université Laval, Québec, Québec, Canada.
- Hale, C. M., L. E. Frelich et P. B. Reich, 2006. Changes in hardwood forest understory plant communities in response to European earthworm invasions. *Ecology*, 87: 1637-1649.
- Hett, J. M. et O. L. Loucks, 1971. Sugar maple (*Acer saccharum* Marsh.) seedling mortality. *Journal of Ecology*, 59: 507-520.
- Hinds, J. W. et P. L. Hinds, 2007. The macrolichens of New England. *Memoirs of the New York Botanical Garden*, Volume 96. The New York Botanical Garden Press. New York, New York, USA.
- Hoadley, R. B., 1990. *Identifying Wood: Accurate Results with Simple Tools*. Taunton Press, Newtown, Connecticut.
- Hultén, E., 1968. *Flora of Alaska and Neighboring Territories*. Stanford University Press, Stanford, California, USA.
- Kalm, P., 1749. *Voyage de Pehr Kalm au Canada en 1749*. Traduction annotée du journal de route par Jacques Rousseau, Guy Béthune et Pierre Morisset. Pierre Tisseyre. Le Cercle du Livre de France Ltée.
- Kindt, R. et R. Coe, 2005. *Tree Diversity Analysis: A Manual and Software for Common Statistical Methods for Ecological and Biodiversity Studies*. World Agroforestry Centre (ICRAF).
- Labelle, C. et P. J. H. Richard, 1981. Végétation tardiglaciaire et post-glaciaire au sud-est du Parc des Laurentides, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 35: 345-359.
- Lacoursière, J., 2013. *Histoire populaire du Québec. I. Des origines à 1791*. Les éditions du Septentrion. Québec, Québec, Canada.
- Lapointe, M. et J. Brisson, 2012. A comparison of invasive *Acer platanoides* and native *A. saccharum* first-year seedlings: Growth, biomass distribution and the influence of ecological factors in a forest understory. *Forests*, 3: 190-206.
- Lasalle, P., G. Martineau et L. Chauvin, 1977. Dépôts morainiques et stries glaciaires dans la région de Beauce - Monts Notre-Dame - Parc des Laurentides. Rapport DPV-515. 22 pages. Ministère des richesses naturelles, Québec, Québec, Canada.
- Lavoie, C., 2019. *50 plantes envahissantes : protéger la nature et l'agriculture*. Les Publications du Québec. Québec, Québec, Canada.

- Lavoie, M., G. Magnan et J. Colpron-Tremblay, 2010. Le couvert végétal de la région de Québec : une histoire plurimillénaire. *Naturaliste canadien*, 134: 5-12.
- Leak, W. B., 2001. Origin of sigmoid diameter distributions. United States Department of Agriculture. Forest Service. Northeastern Research Station. Research Paper NE-718.
- Lebel, J.-M., 2008. Québec 1608-2008. Les chroniques de la capitale. Les Presses de l'Université Laval. Québec, Québec, Canada.
- Lorimer, C. G. et L. E. Frelich, 1984. A simulation of equilibrium diameter distributions of sugar maple (*Acer saccharum*). *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 111: 193-199.
- Magnan, G., 2006. Dynamique holocène de la végétation régionale à Beaupré, Québec, par l'analyse sporopollinique. Mémoire de baccalauréat. Département de géographie, Université Laval. Québec, Québec, Canada.
- Meyer, H. A., 1952. Structure, growth, and drain in balanced, uneven-aged forests. *Journal of Forestry*, 52: 85-92.
- Moore, J.-D., J. Gilhen et M. Ouellet, 2012. Phénotypes de la salamandre cendrée (*Plethodon cinereus*) dans le nord-est de l'Amérique du Nord. *Naturaliste canadien*, 136: 69-72.
- Moore, J.-D., J. H. Görres et J. W. Reynolds, 2018. Exotic Asian pheretimoid earthworms (*Amyntas* spp., *Metaphire* spp.): Potential for colonization of south-eastern Canada and effects on forest ecosystems. *Environmental Reviews*, 26: 113-120.
- Moore, J.-D., R. Ouimet et J. W. Reynolds, 2009. Premières mentions de vers de terre dans trois écosystèmes forestiers du Bouclier canadien. *Naturaliste canadien*, 133: 31- 37.
- Ohlson, M. et E. Tryterud, 2000. Interpretation of the charcoal record in forest soils: Forest fires and their production and deposition of macroscopic charcoal. *The Holocene* 10, 519-525.
- Panshin, A. J. et C. de Zeeuw, 1980. *Textbook of Wood Technology*. 4<sup>e</sup> édition. McGraw-Hill. New York, New York, USA.
- Parent, M. et S. Occhietti, 1988. Late Wisconsinian deglaciation and Champlain sea invasion in the St. Lawrence valley, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, 42: 215-246.
- Payette, S., 2010. Dendroécologie des forêts. Pages 351-413 in *La dendroécologie : Principes, méthodes et applications*. S. Payette et L. Filion, dir. Les Presses de l'Université Laval. Québec, Québec, Canada.
- Payette, S. (éd.), 2013. *Flore nordique du Québec et du Labrador*. Volume 1. Les Presses de l'Université Laval. Québec, Québec, Canada.
- Payette, S., L. Filion et A. Delwaide, 1990. Disturbance regime of a cold temperate forest as deduced from tree-ring patterns: The Tantaré Ecological Reserve, Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 20: 1228-1241.

- Payette, S., M.-J. Fortin et C. Morneau, 1996. The recent sugar maple decline in southern Quebec: Probable causes deduced from tree rings. *Canadian Journal of Forest Research*, 26: 1069-1078.
- Payette, S. et E. Lepage, 1977. La flore vasculaire du Golfe de Richmond, baie d'Hudson, Nouveau-Québec. Mémoire de l'Herbier Louis-Marie, Université Laval. *Provancheria*, 7: 1-68.
- Payette, S., V. Pilon, P.-L. Couillard et M. Frégeau, 2016. Long-term fire history of maple (*Acer*) sites in the central St. Lawrence Lowland, Quebec. *Canadian Journal of Forest Research*, 46: 822-831.
- Payette, S., V. Pilon, P.-L. Couillard et J. Laflamme, 2017. Fire history of Appalachian forests of the Lower St-Lawrence region (southern Quebec). *Forests*, 8: 120.
- Pelletier, T. S. et R. Auger, 2012. Étude du potentiel archéologique du terrain situé à l'angle sud-est du croisement du chemin des Quatre-Bourgeois et de l'autoroute Robert-Bourassa. Laboratoire d'archéologie historique, Université Laval. Québec, Québec, Canada.
- Phillips, H. R. P., C. A. Guerra, M. L. C. Barts et plus de 140 autres auteurs, 2019. Global distribution of earthworm diversity. *Science*, 366: 480-485.
- Pickett, S. T. A. et P. S. White (éditeurs), 1985. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press. New York, New York, U.S.A.
- Poland, T. M., Y. Chen, J. Koch et D. Pureswaran, 2015. Review of the emerald ash borer (*Coleoptera: Buprestidae*), life history, and host resistance. *Canadian Entomologist*, 147: 252-262.
- Querrec, L., L. Filion, R. Auger et D. Arseneault, 2009. Tree-ring analysis of white cedar (*Thuja occidentalis* L.) archaeological and historical wood in Québec City (Québec, Canada). *Dendrochronologia*, 27: 199-212.
- Querrec, L., L. Filion et R. Auger, 2013. Pre-European settlement paleoenvironments along the lower Saint-Charles River, Québec City (Canada). *Écoscience*, 20: 65-84.
- Quimper, H., 2009. Les trois batailles de Québec. *Cap-aux-Diamants*, 99: 28-32.
- R Development Core Team, 2011. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Reimer, P. J., E. Bard, A. Bayliss *et al.*, 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50000 years cal. *B.P. Radiocarbon*, 55: 1869-1887.
- Reynolds, J. W., 1976. Catalogue et clé d'identification des Lombricidés du Québec. *Naturaliste canadien*, 103: 21-27.
- Richard, P., 1971. Two pollen diagrams from the Quebec City area, Canada. *Pollen et Spores*, 13: 523-559.
- Rousseau, C., 1968. Histoire, habitat et distribution de 220 plantes introduites au Québec. *Naturaliste canadien*, 95: 49-171.

- Rousseau, C., 1974. Géographie floristique du Québec-Labrador. Distribution des principales espèces vasculaires. Travaux et documents du Centre d'études nordiques. Presses de l'Université Laval, Québec, Québec, Canada.
- Rowe, J. S., 1972. Forest regions of Canada. Information Canada. Ottawa, Ontario, Canada.
- Samson, G. et R. Fiset (éd.), 2013. Chantier archéologique Cartier-Roberval. Rapport synthèse des fouilles 2007-2008. Commission de la Capitale Nationale du Québec et Ministère de la Culture et des Communications. Québec, Québec, Canada.
- Samson, G., R. Fiset, B. Allaire, C. Niess et N. Giroux, 2013. Roberval, Cartier et la première colonie française d'Amérique 1541-1543. Cap-aux-Diamants, 114: 39-42.
- Scott, H.-A., 1902. St-Félix, Ste-Foy, St-Colomb-de-Sillery, banlieue St-Sauveur et St-Roch Nord. Carte à l'échelle de 1: 31 680.
- Siegert, N. W., D. G. McCullough, A. M. Leibhold et F. W. Telewski, 2014. Dendrochronological reconstruction of the epicentre and early spread of emerald ash borer in North America. Diversity and Distributions, 20: 847-858.
- Sitwell, H. S., 1866. Quebec, Canada, Sheet III, Plan XVI. Carte à l'échelle 1 : 2500.
- Solanki, S. K., I. G. Usoskin, B. Kromer, M. Schüssler et J. Beer, 2004. Unusual activity of the sun during recent decades compared to the previous 11,000 years. Nature, 431: 1084-1087.
- St-Pierre, C. G. et R. G. Thompson, 2015. Phytolith evidence for the early presence of maize in southern Quebec. American Antiquity, 80: 408-415.
- Stuiver, M., P. J. Reimer et T. F. Braziunas, 1998. High-precision radiocarbon age calibration for terrestrial and marine samples. Radiocarbon, 40: 1127-1151.
- Stuiver, M., P. J. Reimer et R. W. Reimer, 2013. CALIB 7.02. <http://radiocarbon.pa.qub.ac.uk/calib/>
- Système canadien de classification des sols, 2002. Groupe de travail sur la classification des sols. 3<sup>e</sup> édition. Direction générale de la recherche, Agriculture et Agro-Alimentaire Canada, Publication 1646. Presses scientifiques du CNRC. Ottawa, Ontario, Canada.
- Talon, B., S. Payette, L. Filion et A. Delwaide, 2005. Reconstruction of the long-term fire history of an old-growth deciduous forest in southern Québec, Canada, from charred wood in mineral soils. Quaternary Research, 64: 36-43.
- Thériault, R., 2013. Les provinces géologiques du Québec. Québec Mines. Ministère des ressources naturelles du Québec. Québec, Québec, Canada.

## ANNEXES

### Annexe 1a. Description du pédon de l'érablière AcérUL

Horizon	Épaisseur	Description
L	< 1 cm	
FH	0 - 4 cm	Parfois des traces de matière organique fibrique
Aej	6 - 12 cm	Gris rougeâtre Parfois mêlé au FH et/ou B Transition graduelle entre les horizons A et B Loam argileux
Bf	0 - 23 cm	Orangé, rouille Discontinu, en plaque Loam argileux
C		Présence de plaquettes anguleuses de taille variable Moins orangé que le B Profondeur des racines = 48 cm

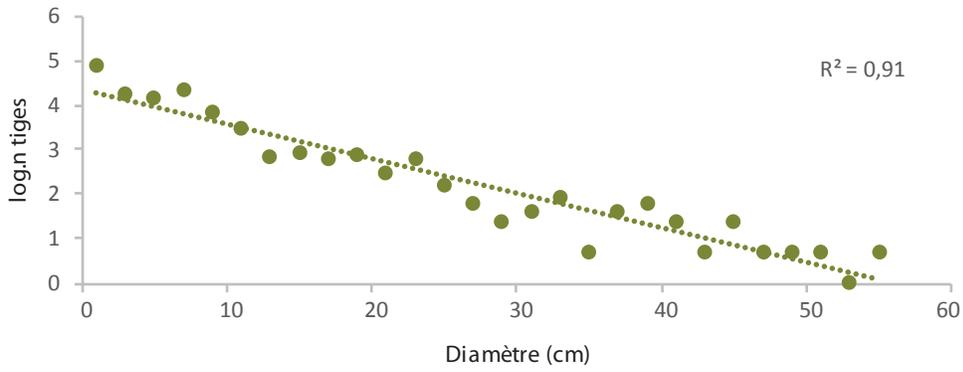
### Annexe 1b. Propriétés physico-chimiques des horizons de sol de l'érablière AcérUL.

Propriétés	Horizon			
	Ah	Bf1	Bf2	C
Ca (cmol(+)/kg)	55,975	0,4879	0,3053	0,2417
Mg (cmol(+)/kg)	12,229	0,2262	0,0919	0,0501
K (cmol(+)/kg)	0,4823	0,1164	0,1184	0,0386
Na (cmol(+)/kg)	0,2751	0,1433	0,1506	0,1513
Acidité (cmol(+)/kg)	80,518	120,939	61,644	17,909
CEC <sup>1</sup> (cmol(+)/kg)	156,296	130,677	68,306	22,726
S.B. <sup>2</sup> (%)	48,5	7,5	9,8	21,2
pH (H <sub>2</sub> O)	3,99	3,77	3,99	4,20
pH (CaCl <sub>2</sub> )	3,25	3,08	3,40	3,63
Al (pyro) (ppm)	3630 (0,36 %)	4015 (0,40 %)	7147 (0,71 %)	3074 (0,31 %)
Fe (pyro) (ppm)	5802 (0,58 %)	6419 (0,64 %)	10863 (1,09 %)	2419 (0,24 %)
C.O. <sup>3</sup> (%)	16,2	4,2	3,1	0,7
Sable (%)	41,6	19,0	26,3	62,8
Limon				
médian (%)	4,9	1,0	2,0	1,0
Limon fin (%)	32,5	29,0	19,2	10,1
Argile (%)	21,1	51,0	52,5	26,2
Classe texturale	Loam	Argile	Argile	Loam sablo-argileux

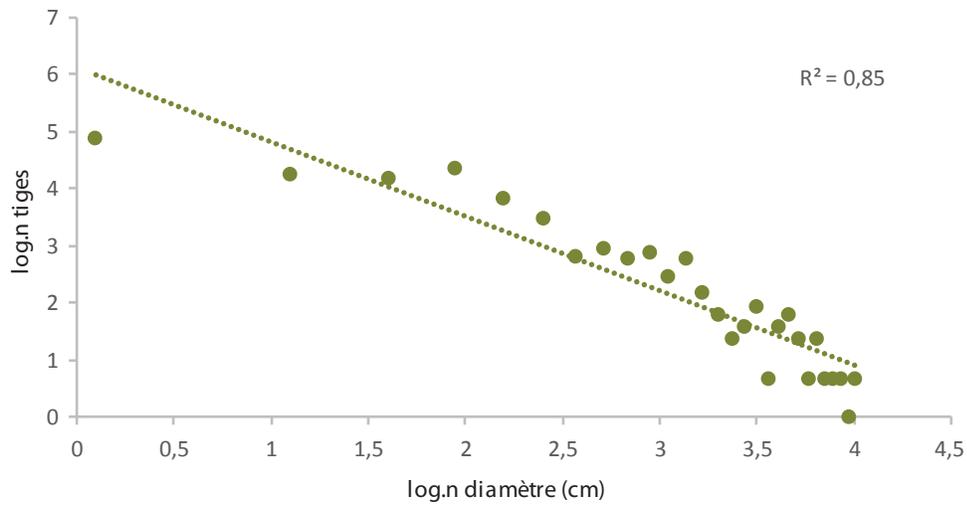
<sup>1</sup> capacité d'échange cationique

<sup>2</sup> saturation en bases

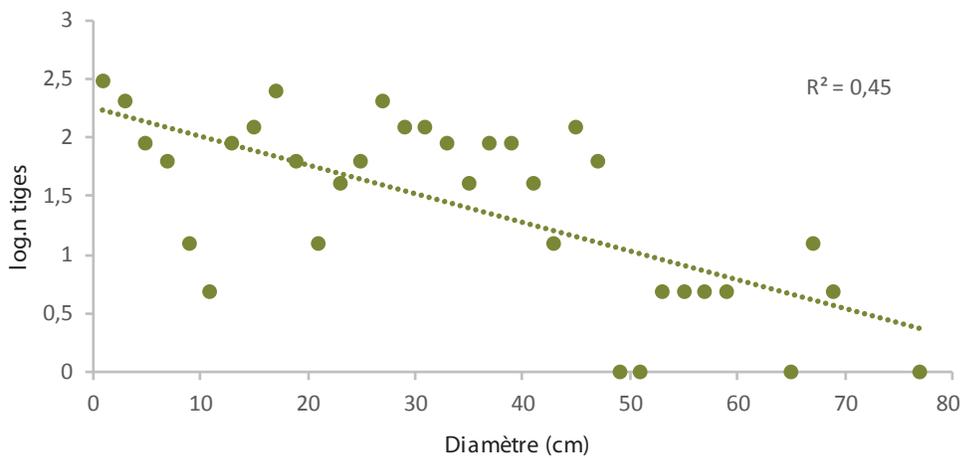
<sup>3</sup> carbone organique



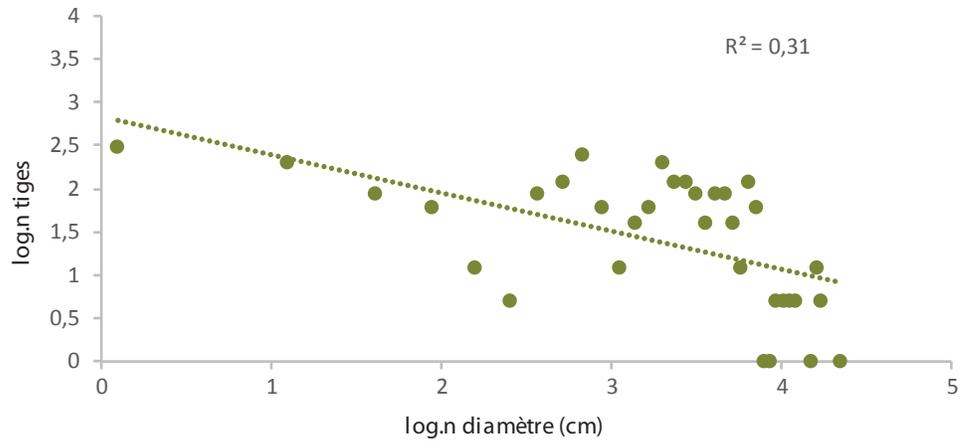
Annexe 2a. Structure de taille du frêne d'Amérique selon le modèle de l'exponentielle négative.



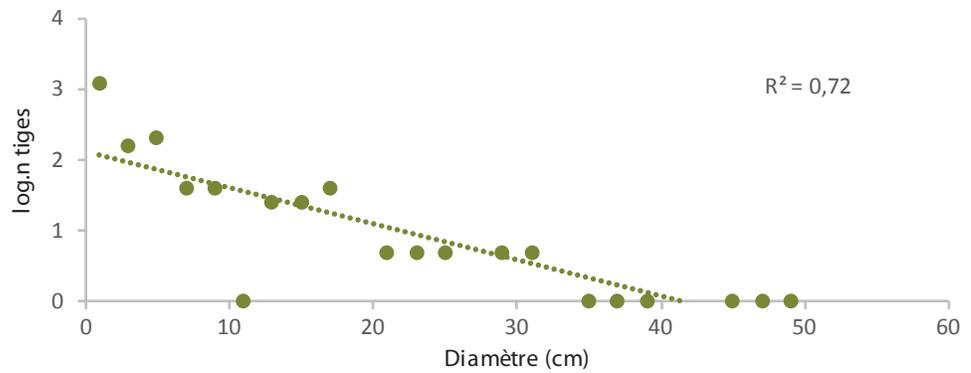
Annexe 2b. Structure de taille du frêne d'Amérique selon le modèle de fonction de puissance.



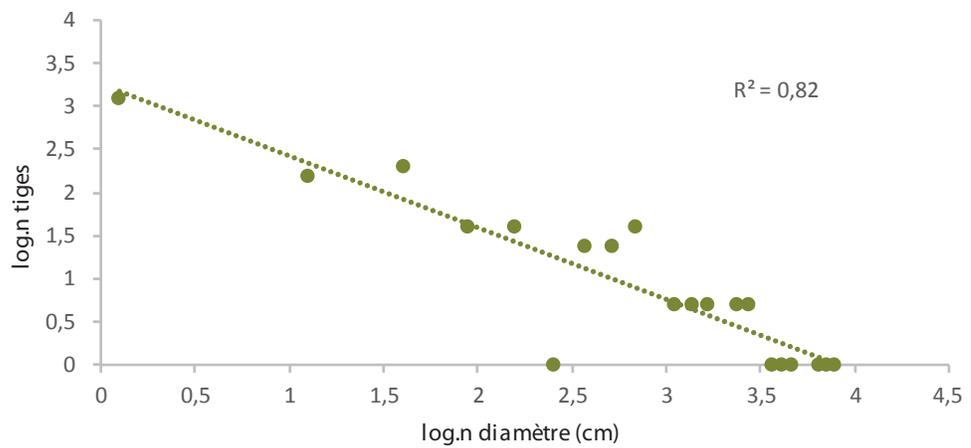
Annexe 3a. Structure de taille du chêne rouge selon le modèle de l'exponentielle négative.



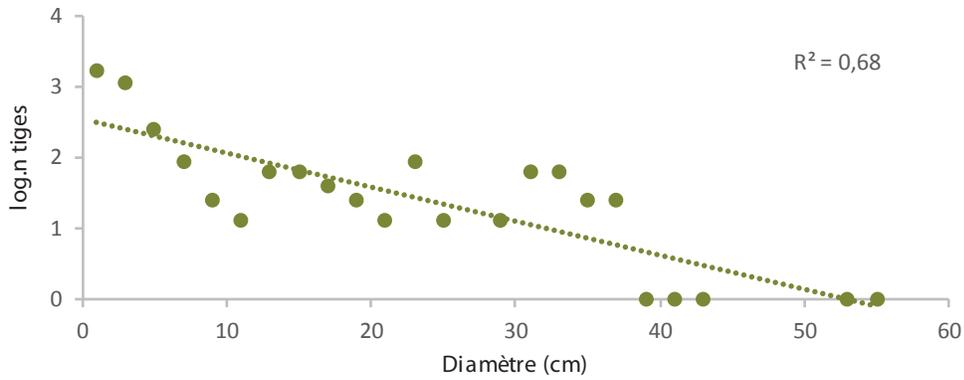
Annexe 3b. Structure de taille du chêne rouge selon le modèle de fonction de puissance.



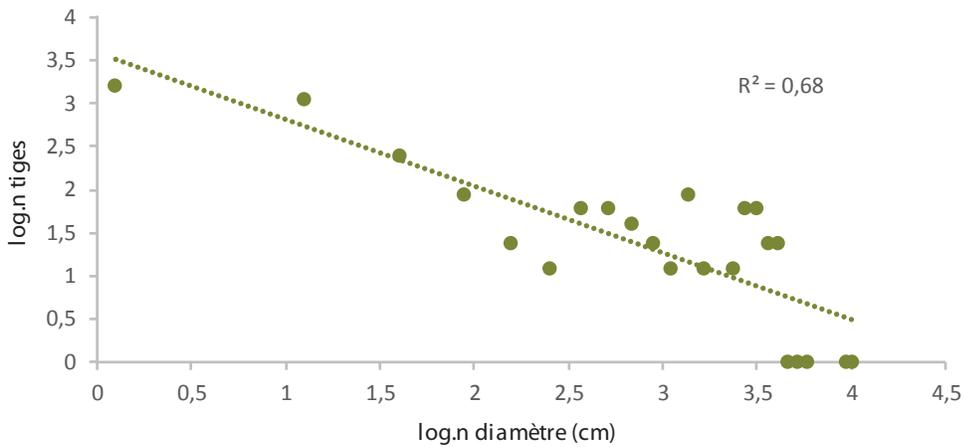
Annexe 4a. Structure de taille de l'orme d'Amérique selon le modèle de l'exponentielle négative.



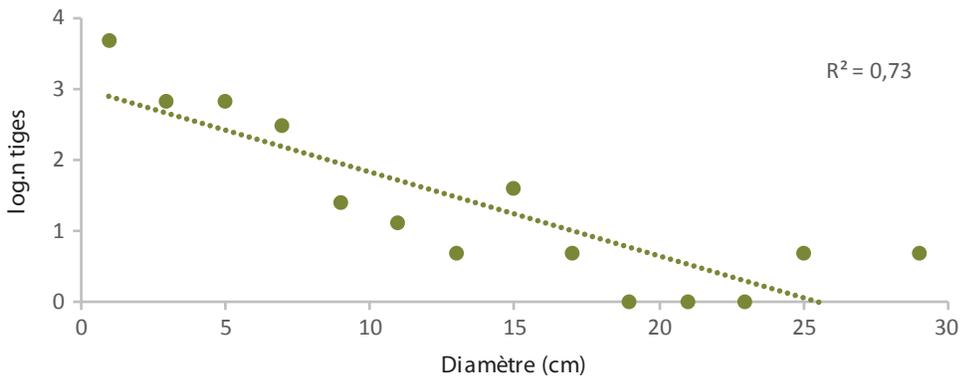
Annexe 4b. Structure de taille de l'orme d'Amérique selon le modèle de fonction de puissance.



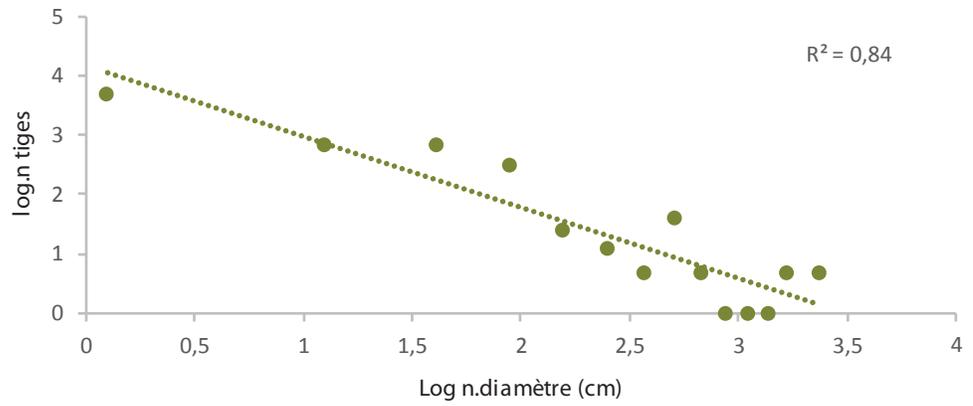
Annexe 5a. Structure de taille de l'érable rouge selon le modèle de l'exponentielle négative.



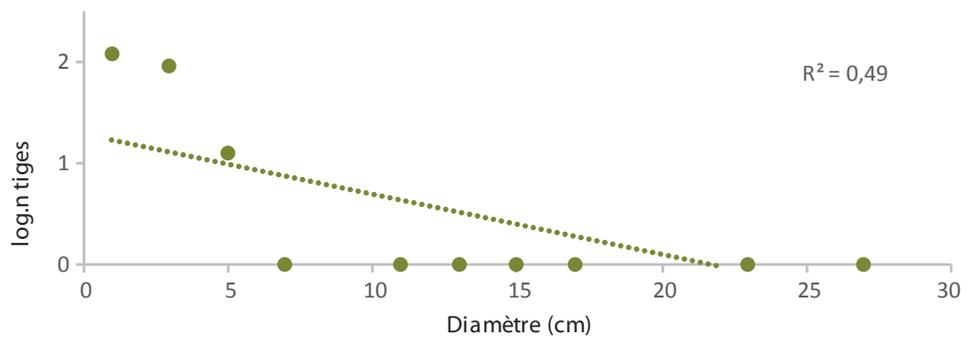
Annexe 5b. Structure de taille de l'érable rouge selon le modèle de fonction de puissance.



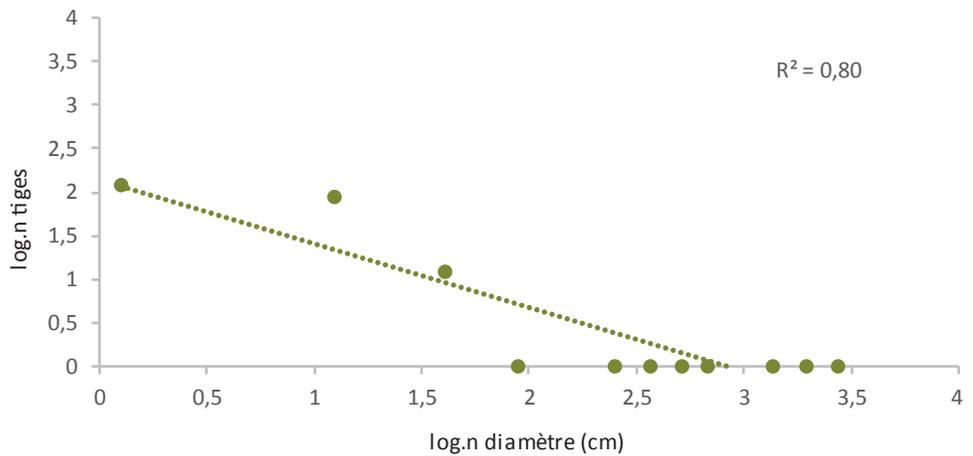
Annexe 6a. Structure de taille de l'ostryer de Virginie selon le modèle de l'exponentielle négative.



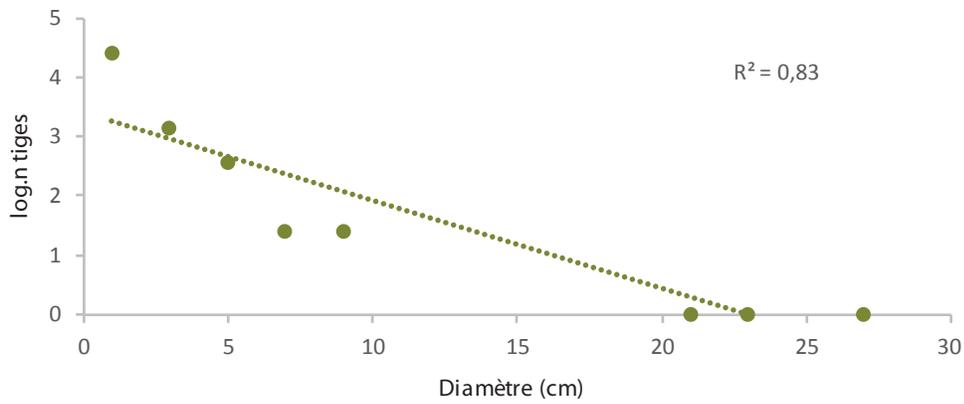
Annexe 6b. Structure de taille de l'ostryer de Virginie selon le modèle de fonction de puissance.



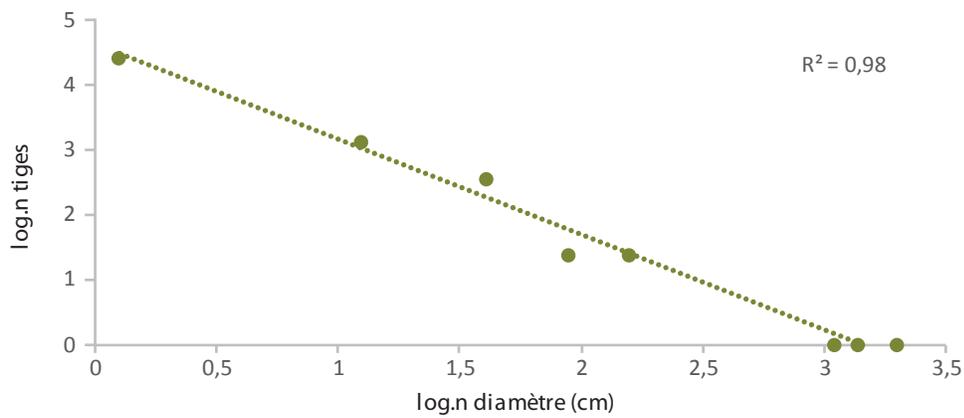
Annexe 7a. Structure de taille du tilleul d'Amérique selon le modèle de l'exponentielle négative.



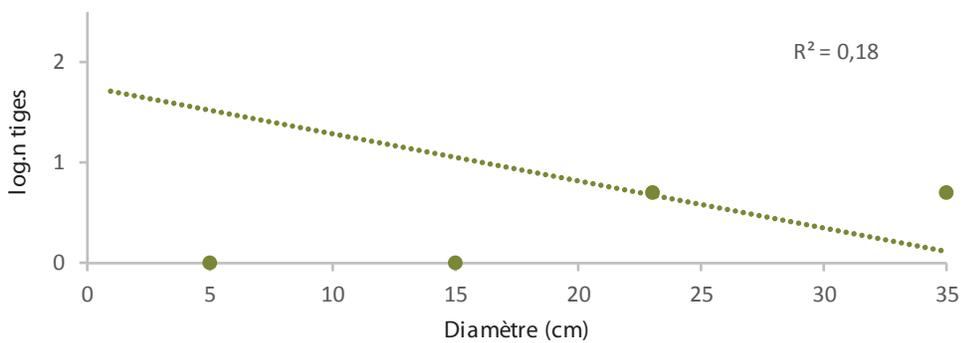
Annexe 7b. Structure de taille du tilleul d'Amérique selon le modèle de fonction de puissance.



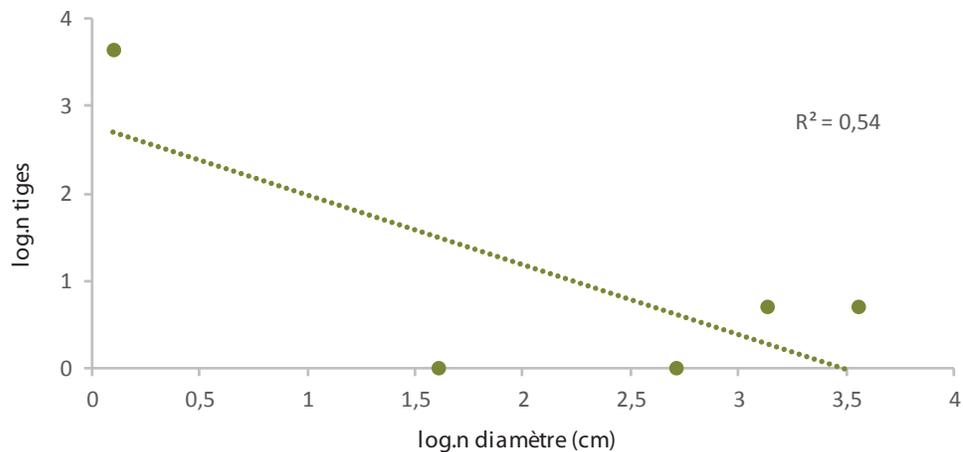
Annexe 8a. Structure de taille du hêtre à grandes feuilles selon le modèle de l'exponentielle négative.



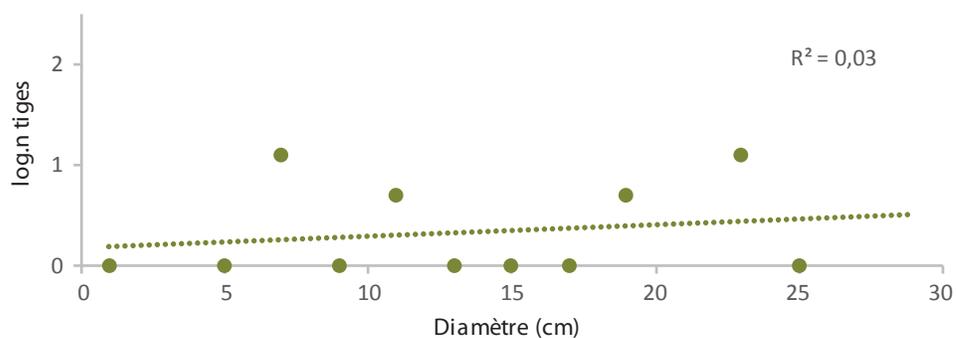
Annexe 8b. Structure de taille du hêtre à grandes feuilles selon le modèle de fonction de puissance.



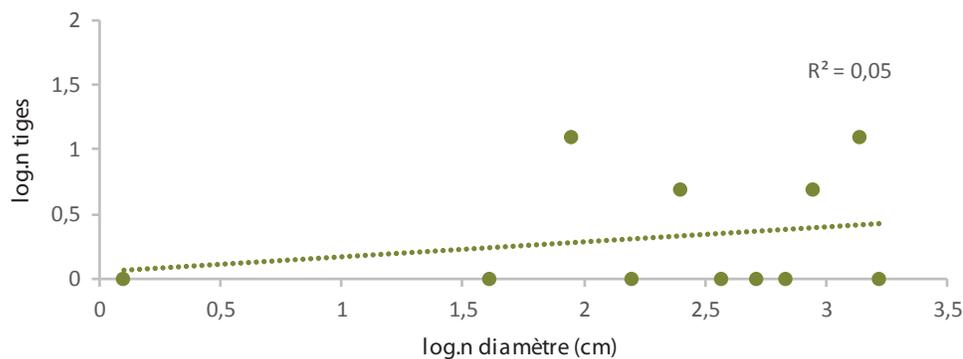
Annexe 9a. Structure de taille du thuya occidental selon le modèle de l'exponentielle négative.



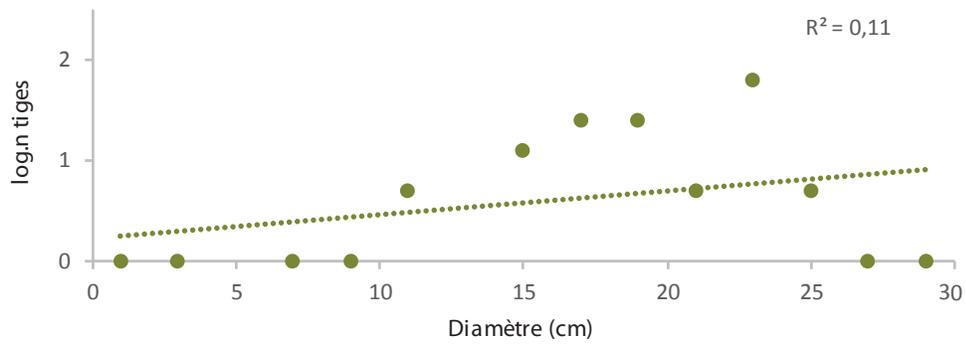
Annexe 9b. Structure de taille du thuya occidental selon le modèle de fonction de puissance.



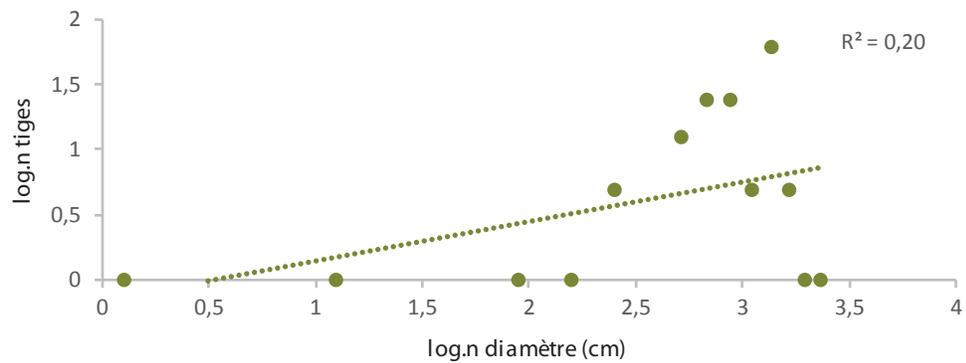
Annexe 10a. Structure de taille du bouleau jaune selon le modèle de l'exponentielle négative.



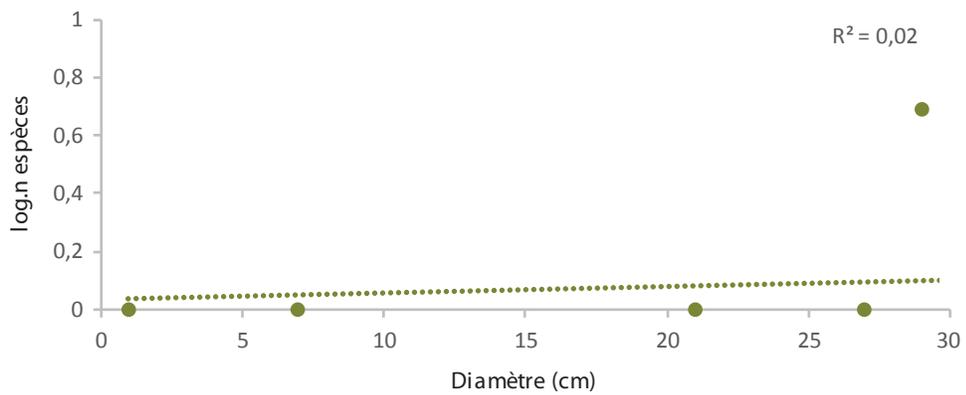
Annexe 10b. Structure de taille du bouleau jaune selon le modèle de fonction de puissance.



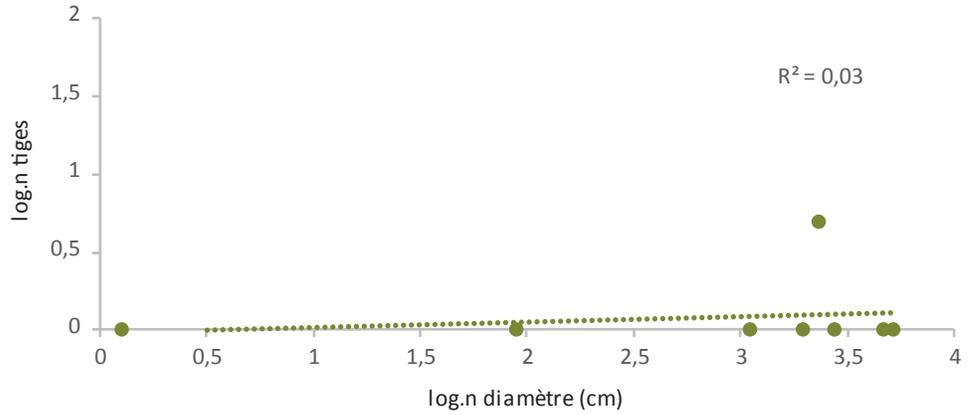
Annexe 11a. Structure de taille du bouleau à papier selon le modèle de l'exponentielle négative.



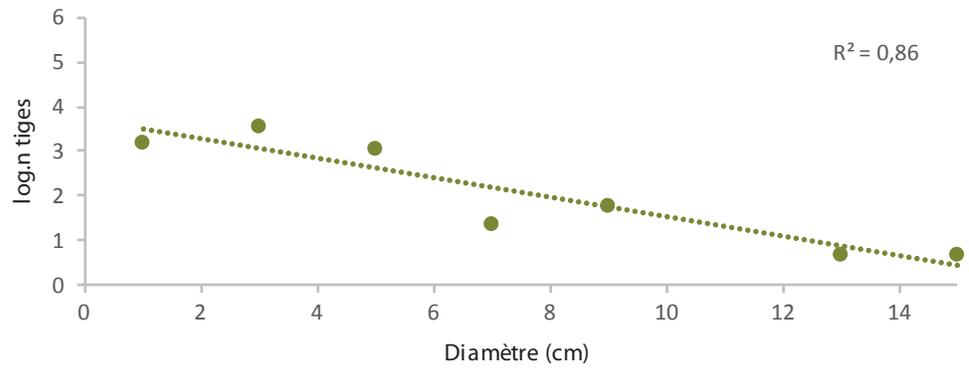
Annexe 11b. Structure de taille du bouleau à papier selon le modèle de fonction de puissance.



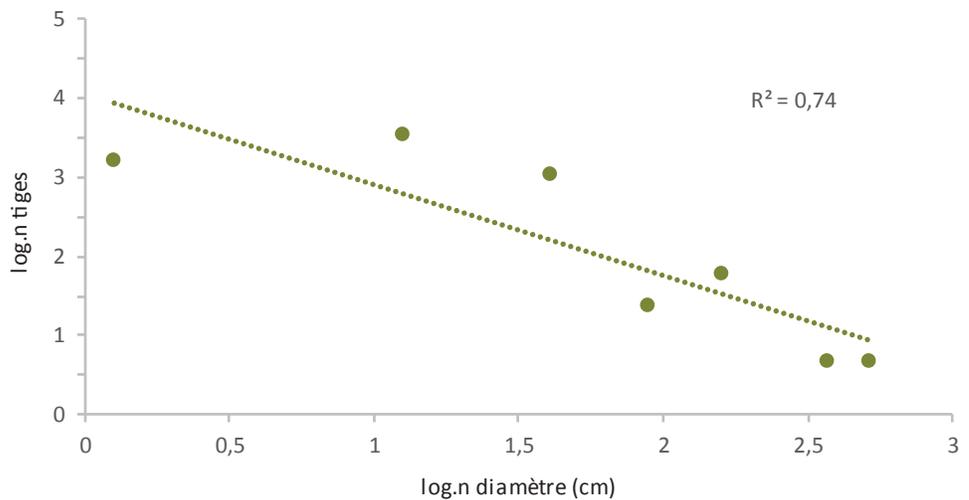
Annexe 12a. Structure de taille du peuplier à grandes dents selon le modèle de l'exponentielle négative.



Annexe 12b. Structure de taille du peuplier à grandes dents selon le modèle de fonction de puissance.



Annexe 13a. Structure de taille de l'érable de Norvège selon le modèle de l'exponentielle négative.



Annexe 13b. Structure de taille de l'érable de Norvège selon le modèle de fonction de puissance.

Annexe 14. Dates <sup>14</sup>C et âge étalonné des fragments de charbon de bois, identification botanique des fragments de charbon de bois et nombre (minimal et maximal) de feux survenus dans la station de l'érablière AcérUL. Toutes les dates sont en années avant 2017 arrondies à la demie de 10. Les dates plus récentes que 71 BP ont été étalonnées à l'aide de la courbe UWSingleYear98.

UCIAMS #	Identification	Localisation	Microstation	<sup>14</sup> C âge (BP)	Meilleur intervalle	Probabilité	Année centrale	n feux (min)	n feux (max)
174273	<i>Acer saccharum</i>	A	6	15 ± 15	60-65	0,63	60	1	1
174286	<i>Acer</i> sp.	A	42	40 ± 20	100-130	0,62	115	1	1
175630	<i>Populus</i> sp.	S	19	60 ± 15	100-130	0,57	115	1	1
175632	<i>Abies balsamea</i> (rougeâtre)	S	43	45 ± 15	105-125	0,69	115	1	1
186655	Non identifié	B	6	70 ± 15	100-140	0,55	120	1	1
170184	<i>Acer saccharum</i>	S	17	80 ± 15	100-140	0,54	120	1	1
175622	Conifère vitrifié	B	40	85 ± 15	100-150	0,49	125	1	1
174282	<i>Abies balsamea</i>	A	15	90 ± 15	100-150	0,44	125	1	1
174278	<i>Acer saccharum</i>	A	20	90 ± 15	100-150	0,44	125	1	1
170186	cf. <i>Fraxinus</i> sp.	S	44	80 ± 20	100-150	0,49	125	1	1
174275	<i>Acer</i> sp.	A	13	90 ± 20	100-205	0,73	150	1	1
170191	cf. <i>Populus</i> sp.	S	20	95 ± 20	95-205	0,73	150	1	1
168602	<i>Fagus grandifolia</i>	S	1	95 ± 20	95-205	0,73	150	1	1
170189	Conifère	S	47	130 ± 15	125-185	0,39	155	1	1
174268	Conifère vitrifié	A	16	135 ± 20	125-185	0,31	155	1	1
186656	Non identifié vitrifié, minéralisé	A	42	135 ± 20	125-185	0,31	155	1	1
174277	<i>Alnus</i> sp.	A	19	100 ± 15	120-205	0,58	165	1	1
174270	<i>Quercus</i> sp.	A	44	105 ± 15	120-205	0,60	165	1	1
174814	Conifère	B	6	110 ± 20	120-210	0,58	165	1	1
170187	<i>Abies balsamea</i>	S	40	110 ± 15	125-210	0,61	165	1	1
174281	<i>Acer</i> sp.	A	29	110 ± 15	125-210	0,61	165	1	1
174274	<i>Fraxinus</i> sp.	A	13	110 ± 15	125-210	0,61	165	1	1
175623	<i>Abies balsamea</i>	B	41	115 ± 15	125-210	0,61	165	1	1
170190	<i>Picea</i> sp.	S	13	115 ± 20	120-210	0,57	165	1	1
174811	<i>Quercus</i> sp.	A	47	115 ± 15	125-210	0,61	165	1	1
170188	<i>Tsuga canadensis</i>	S	13	115 ± 15	125-210	0,61	165	1	1
174815	Feuillu vitrifié	B	7	120 ± 20	125-215	0,56	170	1	1
175633	<i>Acer</i> sp.	A	16	120 ± 15	125-210	0,60	170	1	1
168592	<i>Quercus</i> sp.	S	19	120 ± 15	125-210	0,60	170	1	1
174285	<i>Picea</i> sp.	A	35	120 ± 15	125-210	0,60	170	1	1
174808	<i>Fagus grandifolia</i>	A	39	190 ± 20	210-280	0,61	245	1	2
174284	<i>Tsuga canadensis</i>	A	38	195 ± 20	210-280	0,60	245	1	2
174810	cf. <i>Abies balsamea</i>	A	45	180 ± 20	210-285	0,62	245	1	2
175620	<i>Fagus grandifolia</i>	B	29	175 ± 15	235-285	0,54	260	1	2
174283	<i>Fagus grandifolia</i>	A	33	170 ± 15	235-285	0,55	260	1	2
170185	<i>Acer</i> sp.	S	46	165 ± 15	235-285	0,55	260	1	2
186694	Conifère vitrifié	A	7	165 ± 25	230-290	0,44	260	1	2
175621	<i>Fagus grandifolia</i>	B	32	160 ± 15	235-290	0,53	265	1	2
175624	<i>Picea</i> sp.	B	46	150 ± 15	235-290	0,43	265	1	2
186687	Conifère vitrifié	A	38	140 ± 20	240-300	0,29	270	1	2
174817	<i>Acer</i> sp.	B	19	225 ± 20	340-370	0,52	355	2	3

UCIAMS #	Identification	Localisation	Microstation	<sup>14</sup> C âge (BP)	Meilleur intervalle	Probabilité	Année centrale	n feux (min)	n feux (max)
175631	<i>cf. Abies balsamea</i>	A	6	230 ± 15	350-370	0,62	360	2	3
174269	<i>Tsuga canadensis</i>	A	48	230 ± 15	350-370	0,62	360	2	3
174271	<i>Picea</i> sp.	B	7	235 ± 15	350-370	0,70	360	2	3
174813	<i>Fraxinus</i> sp. ou <i>Rhus</i> sp.	B	4	245 ± 20	350-375	0,77	370	2	3
175605	<i>Abies balsamea</i>	A	33	340 ± 15	385-465	0,64	425	3	4
174809	<i>Fagus grandifolia</i>	A	44	340 ± 20	380-480	0,65	430	3	4
174267	<i>Betula</i> sp.	A	9	325 ± 15	415-505	0,75	460	3	4
173574	<i>Tsuga canadensis</i>	A	5	360 ± 15	495-560	0,58	525	3	5
174816	Conifère	B	19	360 ± 20	495-560	0,54	525	3	5
174279	<i>Betula</i> sp.	A	21	490 ± 15	575-600	1,00	590	4	6
174280	<i>Betula</i> sp.	A	26	575 ± 15	665-700	0,64	680	5	7
174272	Non identifié	B	28	570 ± 20	660-705	0,60	680	5	7
173575	Feuille vitrifié	A	10	1155 ± 15	1115-1160	0,43	1140	6	8
187656	Feuille minéralisé	A	31	1925 ± 25	1890-1995	1	1940	7	9
168603	<i>Betula</i> sp.	S	31	2035 ± 15	2000-2075	0,91	2040	8	10
174276	<i>Fagus grandifolia</i>	A	14	2040 ± 20	1995-2125	1,00	2060	8	10
186654	Non identifié vitrifié, minéralisé	B	24	2330 ± 15	2405-2420	1,00	2410	9	11
174812	<i>Betula</i> sp.	B	2	2390 ± 15	2420-2510	0,94	2465	9	12
175625	Feuille	B	21	2420 ± 15	2425-2555	0,97	2490	9	12
174818	<i>Betula</i> sp.	B	24	2715 ± 20	2835-2920	1,00	2875	10	13



