

# Avis technique

## SGEF-26

Direction de la recherche forestière

<b>Titre :</b>	<b>Analyse des propositions des Producteurs et productrices acéricoles du Québec (PPAQ) concernant le diamètre minimal d'entaillage et les modifications à la période d'entaillage sur les terres publiques</b>
<b>Auteur(s) :</b>	<b>Louis Duchesne, Steve Bédard, François Guillemette, Jean-David Moore, Rock Ouimet et Stéphane Tremblay</b>
<b>Date :</b>	<b>Février 2022</b>

**Le Règlement sur les permis d'intervention prévoit une modification des normes d'entaillage sur les terres publiques à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2023. Les Producteurs et productrices acéricoles du Québec (PPAQ) souhaitent que le diamètre à hauteur de poitrine minimal à partir duquel l'entaillage est autorisé soit réduit par rapport à ce que prévoit ce règlement. Ils désirent aussi voir modifiée la réglementation entourant la période d'entaillage et le délai autorisé pour retirer les chalumeaux. La Direction de la recherche forestière a été mandatée pour analyser et commenter les documents soumis par les PPAQ en soutien à leur demande et pour évaluer la possibilité de définir différentes périodes d'entaillage selon les régions.**

### 1. Contexte

Le *Règlement sur les permis d'intervention* (A-18.1, r. 8.1; Québec 2021) de la *Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier* prévoit des normes d'entaillage dans le cadre des dispositions relatives aux permis d'intervention pour la culture et l'exploitation d'une érablière du domaine de l'État à des fins acéricoles. Depuis son entrée en vigueur en 2018, l'article 24 de ce règlement précise que « l'entaillage ne peut être réalisé que sur des érables dont les troncs atteignent au moins 23,1 cm de diamètre à une hauteur de 1,30 m au-dessus du niveau le plus élevé du sol » (Québec 2021, art. 24, alinéa 2). Le même article précise aussi le nombre maximal d'entailles qui peuvent être faites sur un même érable en fonction du diamètre du tronc (1 entaille pour les arbres ayant un diamètre à hauteur de poitrine [DHP] de 23,1 cm et plus; 2 entailles pour les arbres ayant un DHP de 39,1 cm et plus), la profondeur maximale de l'entaille (5 cm en comptant l'épaisseur de l'écorce) et la période pendant laquelle l'entaillage peut être réalisé (du 1<sup>er</sup> janvier au 30 avril de chaque année). L'article 58 du même règlement précise toutefois que ces normes n'entreront en vigueur que le 1<sup>er</sup> janvier 2023, et que jusqu'au 31 décembre 2022, l'entaillage peut être réalisé sur des arbres ayant un DHP de plus de 19,1 cm, avec un maximum de 4 entailles par arbre (selon le DHP du tronc) faites à une profondeur pouvant atteindre 6 cm en comptant l'épaisseur de l'écorce.

On peut citer tout ou partie de ce texte en indiquant la référence  
Gouvernement du Québec

ISBN : 978-2-550-91077-0

Les normes d'entaillage qui entreront prochainement en vigueur ont été définies en 2018 pour actualiser les normes désuètes de l'époque. Elles reflètent la volonté du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) de jouer un rôle exemplaire dans la gestion, la protection et la conservation des ressources forestières, de même que son engagement dans le contexte de la *Loi sur le développement durable* (MFFP 2018). Elles visent à ce que les pratiques d'entaillage soient « moins dommageables pour les arbres et en harmonie avec les règles pratiquées en Amérique du Nord » (MFFP 2018, p. 6). Ainsi, « ces modifications permettront d'assurer davantage la pérennité des érablières exploitées sur les terres publiques et de pratiquer l'aménagement durable de ces érablières, comme la Loi le prévoit » (MFFP 2018, p. 6). Dans cet esprit, les normes d'entaillage ont été « révisées et établies à partir d'études fiables et actuelles, ainsi qu'en fonction des pratiques actuellement utilisées dans les autres provinces canadiennes et aux États-Unis » (MFFP 2018, p. 5).

La modification du DHP minimal des érables pouvant être entaillés repose principalement sur les connaissances issues d'études réalisées en 2008 par le Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc. (Centre ACER; Grenier 2008a, 2008b). Ces études avaient démontré que la croissance des érables au Québec était insuffisante pour « supporter la pratique actuelle qui permet d'entailler les érables à sucre dès qu'ils ont atteint un DHP de 20 cm, sans entraîner de pertes de rendement à long terme dues au compartimentage » (Grenier 2008a, p. ii). La réduction du nombre d'entailles par arbre repose principalement sur les mêmes analyses du Centre ACER, qui révèlent que « même si les arbres sont très gros, l'ajout d'une quatrième ou même d'une troisième entaille n'est pas justifié », car celles-ci n'amènent pas de rendement supplémentaire (Grenier 2008b, p. i) et peuvent représenter un risque accru de dommages pour l'arbre. Cette nouvelle norme vise ainsi à réduire le risque de propagation de microorganismes associés au surentaillage, qui favoriserait la coloration de l'aubier et le développement de la carie. Finalement, la réduction de la profondeur d'entaillage pour passer de 6 cm à 5 cm vise à réduire le volume de bois qui sera compartimenté à la suite de l'entaillage. Selon le MFFP (2018), cette pratique permettrait de conserver plus de bois sain sans réduire significativement la production acéricole.

En raison de la baisse anticipée du nombre d'entailles découlant de ces nouvelles normes, les PPAQ se sont montrés préoccupés par cette modification réglementaire et ont demandé au MFFP de revoir sa position sur la norme d'entaillage pour y inclure la possibilité d'exploiter des entailles sur les arbres de la classe de 22 cm de DHP. Pour justifier leur position, ils disent s'appuyer sur un rapport présenté par le Centre ACER (Pelletier 2020).

Par ailleurs, les PPAQ désirent aussi modifier la réglementation sur la période d'entaillage, qui est actuellement autorisé du 1<sup>er</sup> janvier au 30 avril, ainsi que la date limite autorisée pour l'enlèvement des chalumeaux, qui est actuellement fixée au 1<sup>er</sup> juin. Ils souhaitent que la période d'entaillage puisse commencer dès le 15 décembre et que le désentaillage des érables puisse être retardé jusqu'à 60 jours après la dernière coulée de l'année. Afin d'appuyer leur demande, les PPAQ ont déposé auprès du MFFP

des rapports du consortium de recherche Ouranos (Houle *et al.* 2015a, Legault *et al.* 2018) et des données brutes sur la coulée des érables depuis 1999, par région (voir la section 2.3).

Dans ce contexte, à la demande du Secteur des opérations régionales (SOR), le sous-ministre associé aux Forêts a mandaté la Direction de la recherche forestière (DRF) pour analyser et commenter 1) le rapport produit par le Centre ACER analysant la durabilité de l'entailage et les répercussions financières des changements proposées par le MFFP (Pelletier 2020); 2) la demande des PPAQ sur les dates d'entailage et de désentailage en forêt publique; 3) la possibilité de moduler les périodes d'entailage et de désentailage selon les régions (par exemple, en définissant 4 zones distinctes au Québec).

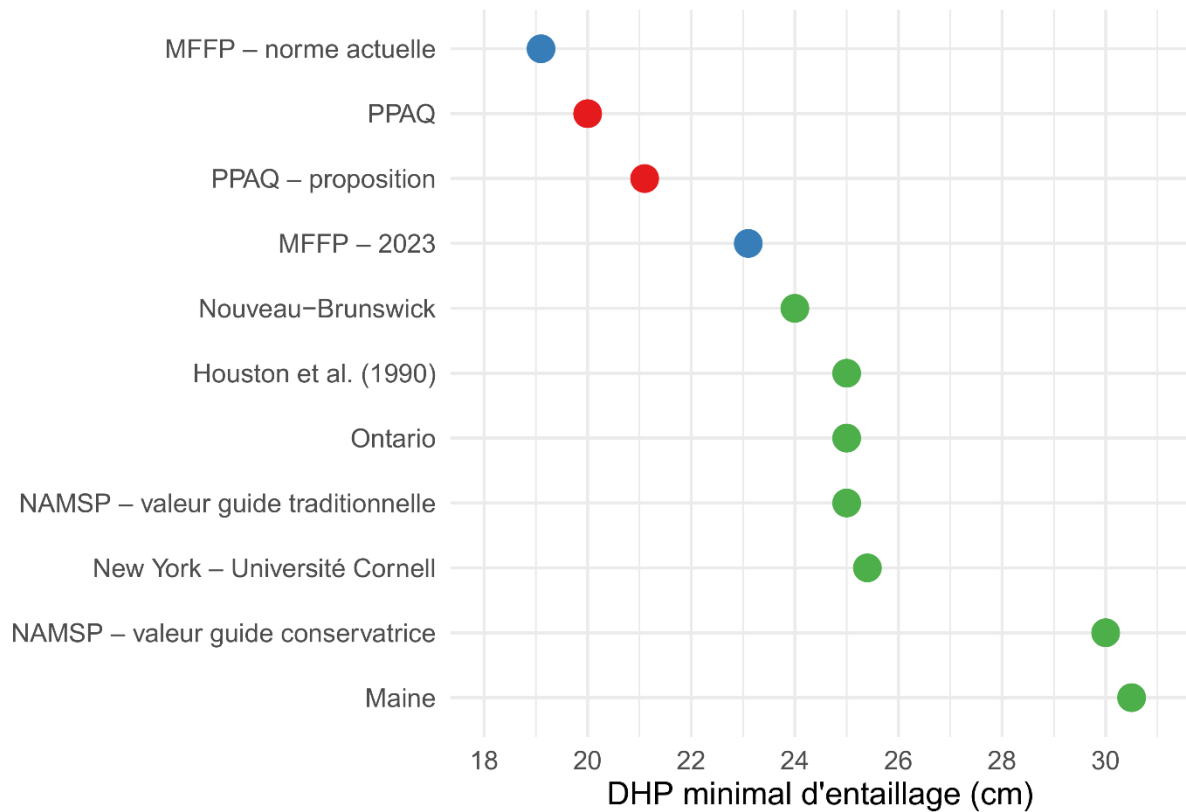
## **2. Analyse et commentaires**

### *2.1 Analyse du rapport du Centre ACER*

À la demande des PPAQ, le Centre ACER a produit un rapport intitulé *Modifications des normes d'entailage sur terre publique : analyse de la durabilité de l'entailage et des impacts financiers des changements proposés par le MFFP* (Pelletier 2020). Ce rapport présente d'abord une brève revue de littérature des règles d'entailage pour la production acéricole et des effets de l'entailage sur la santé des érables. Il présente ensuite une analyse, à l'aide d'un modèle mathématique, de la durabilité des paramètres d'entailage et des méthodes d'exploitation en fonction de l'utilisation du périmètre et de l'accroissement radial du tronc. Pour finir, il présente une analyse sommaire des répercussions financières que la modification des règles d'entailage pourrait avoir pour les producteurs.

#### *2.1.1 Revue de littérature sur les règles d'entailage et sur les effets sur la santé des érables*

Concernant les règles d'entailage, le rapport du Centre ACER conclut « que la règle s'appliquant actuellement sur les terres publiques québécoises est très permissive si on la compare à d'autres normes appliquées au Québec ou ailleurs » (tableau 1 dans Pelletier 2020, p. 75). Par exemple, la règle conservatrice du *Manuel des producteurs de sirop d'érable d'Amérique du Nord* (NAMSP : *North American maple syrup producer manual*; Heiligmann *et al.* 2006) recommande un DHP minimal de 30 cm pour l'entailage, alors qu'au Québec, l'entailage est actuellement autorisé à partir d'un DHP de 19,1 cm (figure 1).



**Figure 1.** Diamètre à hauteur de poitrine (DHP) minimal d'entailage associé aux différentes normes et valeurs guides (Pelletier 2020). Les points bleus représentent les deux normes du règlement du MFFP, les points rouges représentent les deux seuils proposés par les PPAQ et les points verts représentent des normes et valeurs guides en vigueur dans d'autres territoires que le Québec.

Pelletier (2020) souligne ensuite que, selon la littérature, l'entailage est une blessure qui constitue une source de stress pour les érables. Les effets de l'entailage touchent 3 phénomènes : la formation de bois compartimenté, la formation de bois pourri à la suite d'une infection par des pathogènes et le stress diminuant la vigueur de l'arbre. L'arbre forme du bois compartimenté en réaction à une blessure, pour isoler les tissus malsains ou menacés. Cette compartimentation se développe progressivement à la suite de l'entailage et engendre une colonne de bois « mort » coloré autour de l'entaille. Cette colonne de bois, qui s'étend principalement le long du tronc de part et d'autre de l'entaille, conserve son intégrité structurale, mais ne transporte plus la sève. Le volume de bois compartimenté (correspondant au produit de la hauteur, de la largeur et de la profondeur de la zone en question) dépend notamment du DHP de l'arbre et de la profondeur de l'entaille. Selon l'auteur, la formation de bois compartimenté constitue un enjeu de durabilité, car « il faut s'assurer de maintenir l'accès à du bois sain (non compartimenté et conduisant la sève) durant toute la vie utile des arbres exploités pour assurer une production acéricole durable » (Pelletier 2020, p. 12). La littérature semble claire, à savoir que la durabilité des exploitations acéricoles ne peut être assurée que par la détermination d'une règle d'entailage qui prend compte des pratiques et des équipements utilisés en plus des caractéristiques des arbres exploités. De plus, au-delà de la zone de bois compartimenté, de la carie peut se développer dans l'arbre entaillé à la suite de l'infestation par des pathogènes. Les risques

de propagation de cette carie sont notamment fonction de la taille de la blessure (diamètre de l'entaille) et de la vigueur des arbres. Le bois pourri ne conduit pas la sève et perd son intégrité structurelle, ce qui augmente les risques de rupture du tronc. Pelletier (2020, p. 14) conclut que « les pratiques d'exploitation acéricole doivent être faites de manière à minimiser la formation de bois pourri; ainsi, toute pratique permettant de favoriser une cicatrisation rapide est souhaitable ». Il termine sa revue de littérature en interprétant les résultats d'une étude produite par des chercheurs de la DRF (Ouimet *et al.* 2021) afin de documenter le stress résultant de l'entaillage et pouvant diminuer la vigueur des érables (voir la section 2.1.4 ci-dessous).

#### 2.1.2. Analyse de la durabilité des paramètres d'entaillage et des méthodes d'exploitation en fonction de l'utilisation du périmètre et de l'accroissement radial du tronc

Cette partie du rapport de Pelletier (2020) analyse la durabilité des paramètres d'entaillage et des méthodes d'exploitation en fonction du périmètre et de l'accroissement radial du tronc des érables. L'auteur a élaboré un modèle mathématique pour analyser les effets des différentes pratiques d'exploitation et des différents types d'équipements sur la présence de bois compartimenté dans les arbres et conséquemment, sur la possibilité d'entailler les érables dans du bois sain durant toute leur vie utile. Le modèle tient compte de la longueur de tronc qui est accessible pour y positionner les entailles. Cette dimension dépend de la longueur de chute (section de tubulure reliant le chalumeau au réseau collecteur), de la possibilité de la doubler pour accroître la longueur du tronc accessible, et d'un facteur associé aux fluctuations du couvert de neige pour permettre aux exploitants de zones très enneigées d'exploiter une plus grande zone du tronc. Le modèle tient compte aussi de la taille de l'entaille (diamètre et profondeur), de celle de la zone de bois compartimenté créée par l'entaille (marges verticale et horizontale), du DHP de l'arbre et de son accroissement annuel radial moyen.

Parmi les scénarios analysés, les seuls qualifiés de « durables » par Pelletier (2020, p. 76) sont ceux qui supposent une croissance « rapide » des érables (accroissement radial moyen de 2 mm/an) et la possibilité de doubler la portion de la zone d'entaillage attribuable à la longueur de la chute (avec la possibilité d'entailler sous le tube collecteur latéral), de même que celui qui suppose l'utilisation d'un chalumeau ayant un diamètre plus petit ( $\frac{1}{4}$  de pouce, ou 6,35 mm) sur des arbres ayant un accroissement radial (largeur du cerne annuel) qualifié de « moyen » (1 mm/an). Les analyses révèlent que cette qualification de la durabilité des différents scénarios analysés n'est pas influencée par le DHP de mise en production des érables, qu'il soit de 23,1 cm, conformément au *Règlement sur les permis d'intervention*, ou de 20,0 cm, selon le scénario proposé par les PPAQ. Pour ce qui est des érables à croissance « lente » (accroissement radial de 0,5 mm/an), seule l'utilisation d'un chalumeau plus petit ( $\frac{1}{4}$  de pouce) combinée à la réduction de la profondeur d'entaillage à 2,5 cm permettrait d'atteindre le seuil de durabilité pour les érables ayant un DHP d'au moins 20,0 cm. L'auteur conclut que « le frein le plus important à une exploitation constante et durable reste la disponibilité de l'espace à la surface du tronc de l'arbre pour y mettre les entailles : on fait vite le tour de l'arbre et, dans les cas où l'accroissement est lent, l'entaillage devient impossible par-dessus la première entaille lorsque vient le temps d'y revenir. » (Pelletier 2020, p. 75.)

### 2.1.3. Analyse sommaire des répercussions financières de la modification des règles d'entaillage

La troisième section du rapport de Pelletier (2020) présente une analyse sommaire des répercussions financières de la modification des règles d'entaillage sur les producteurs forestiers. L'auteur remet en question les paramètres et la méthode de calcul utilisés par le MFFP pour analyser la valeur des pertes encourues dans le cadre de l'analyse d'impact réglementaire (MFFP 2018), qui, selon lui, mèneraient à une sous-estimation des pertes de revenus pour les producteurs. Il remet notamment en question la productivité par entaille prévue pour les érables de petit DHP ainsi que la méthode de calcul pour évaluer la baisse anticipée du nombre d'entailles à la suite de l'augmentation du DHP minimal d'entaillage de 19,1 cm à 23,1 cm (passage de la classe de 20 cm à celle de 24 cm). Selon lui, « il apparaît plus représentatif de considérer l'ensemble des entailles contenues dans les classes 20 et 22 cm comme perdues à perpétuité si l'application du règlement tel que décrit dans l'AIR [analyse d'impact réglementaire] allait de l'avant en 2023 » (Pelletier 2020, p. 72). L'auteur remet aussi en question la réduction envisagée par le MFFP des coûts d'exploitation et des équipements associés à la perte d'entailles pour les arbres des classes de DHP de 20 cm et de 22 cm. Selon son analyse d'impact, le passage du DHP minimal d'entaillage de 19,1 cm à 23,1 cm engendrera une perte de valeur à perpétuité d'un peu moins de 175 M\$ pour les titulaires de permis d'intervention pour la culture et l'exploitation d'une érablière à des fins acéricoles.

### 2.1.4. Commentaires sur le rapport du Centre ACER

D'abord, nous sommes d'avis que les résultats et les conclusions du rapport du Centre ACER (Pelletier 2020) contiennent de nombreuses nuances importantes à relever. Le rapport du Centre ACER démontre que l'entaillage des arbres des classes de DHP de 20 cm et de 22 cm est une pratique durable dans seulement 5 des 12 scénarios présentés (42 %). Selon ces scénarios, pour des érables ayant un DHP de 20,0 cm, seuls les arbres à croissance « rapide » (accroissement radial moyen de 2 mm/an) peuvent être exploités de façon durable. Pour assurer la durabilité de l'exploitation des érables à croissance « moyenne » (accroissement radial de 1 mm/an), l'utilisation de chalumeaux de diamètre réduit (¼ de pouce) s'avère nécessaire. De plus, pour les arbres à croissance « lente » (accroissement radial de 0,5 mm/an), la profondeur d'entaillage ne doit pas dépasser 2,5 cm.

L'analyse que fait Pelletier (2020) des différents scénarios repose sur un modèle mathématique qu'il a développé spécifiquement pour évaluer la durabilité des paramètres d'entaillage et des méthodes d'exploitation en fonction de l'utilisation du périmètre et de l'accroissement radial du tronc. Cette approche a été utilisée dans le passé pour atteindre les mêmes objectifs (Grenier 2008a, 2008b, Guay 2020, Morrow 1963, van den Berg et Perkins 2014). La modification réglementaire visant à augmenter le DHP minimal d'entaillage (MFFP 2018) s'appuie notamment sur les conclusions de certaines de ces études. Celles-ci ont révélé qu'en raison des faibles accroissements des érables, le patron linéaire d'entaillage (sur un seul niveau autour du périmètre du tronc de l'arbre) n'est pas durable, peu importe le scénario étudié (Grenier 2008a, 2008b; Guay 2020). Par exemple, avec un tel patron, si l'on espace les entailles de 5 cm les unes des autres pour éviter la fusion des zones de compartimentage dans l'arbre, il faudrait 12 ans pour faire le

tour de la zone d'entaillage d'un arbre ayant un DHP de 20 cm et un accroissement radial de 1,2 mm/an (Guay 2020). Avec une profondeur d'entaillage de 5 cm, l'accroissement radial de l'arbre devrait dépasser 4 mm/an pour que l'entaillage dans du bois sain soit très probable après 12 ans. Dans les mêmes conditions, le fait d'augmenter le DHP minimal d'entaillage à 25 cm allongerait de seulement 3 ans la période requise pour faire le tour de l'arbre, de sorte que l'accroissement de l'arbre pendant cette période ne permettrait toujours pas d'entailler dans du bois sain. Même en utilisant tout le périmètre de l'arbre, sans espacement entre les entailles, le tour d'un arbre serait complété en 27 ans pour un arbre ayant un DHP de 20 cm (Grenier 2008a, 2008b). Cette période serait allongée à 38 ans pour un arbre ayant un DHP de 23,1 cm, mais même dans ce cas, la quantité de nouveau bois sain n'aurait pas atteint l'épaisseur requise de 5 cm ( $38 \text{ ans} \times 1,2 \text{ mm/an} = 46 \text{ mm}$  ou 4,6 cm) pour assurer que la nouvelle entaille se fasse dans du bois sain recouvrant une ancienne entaille. Ainsi, pour les arbres de petit DHP, les seuls scénarios pouvant être qualifiés de durables sont ceux qui impliquent d'exploiter une plus grande surface du tronc, sur deux ou trois niveaux, de manière à allonger la période nécessaire pour faire le tour de l'arbre (Guay 2020, Pelletier 2020). L'accroissement de l'arbre durant cette période permettrait, le temps venu, d'entailler à nouveau dans du bois sain. Il est à noter que l'entaillage sous la tubulure latérale ne semble pas affecter le rendement à l'entaille lorsque celle-ci est sous vide, ce qui permet d'exploiter une plus grande zone sur l'arbre (Perkins 2016).

Cette évaluation de la durabilité des paramètres d'entaillage et des méthodes d'exploitation à l'aide de modèles mathématiques (Grenier 2008a, 2008b, Guay 2020, Morrow 1963, Pelletier 2020, van den Berg et Perkins 2014) suppose toutefois que les acériculteurs suivent rigoureusement un protocole d'entaillage systématique, ce qui n'est probablement pas toujours le cas. Selon ces analyses, seul un suivi rigoureux d'un protocole d'entaillage, selon un patron déterminé, permettrait d'assurer l'exploitation durable des érables pour la production acéricole. De plus, ce protocole d'entaillage nécessite que la longueur des chutes soit suffisante pour permettre d'entailler sur toute la section d'entaillage ou sur la section du tronc prévue pour l'entaillage au cours de la durée de vie utile de la tubulure. Ces modèles supposent aussi qu'aucun défaut sur l'arbre ne nuit à l'entaillage. Certaines années, le couvert de neige pourrait limiter l'accès à la partie inférieure du tronc qui doit être entaillé. À l'inverse, lorsque le couvert de neige est mince, la section supérieure de la zone d'entaillage pourrait être difficile d'accès (Grenier 2008b).

L'accroissement annuel moyen d'un érable est un facteur déterminant pour l'évaluation de la durabilité d'un protocole d'entaillage. Ce taux d'accroissement varie selon le DHP, la position sociale et la vigueur de l'arbre, de même que selon la compétition dans le peuplement, les conditions climatiques, les caractéristiques du sol, etc. D'après notre compilation des données d'inventaires forestiers pour le Québec, la valeur médiane des largeurs des cernes annuels de croissance de l'érable à sucre est de 1,0 mm, la moyenne est de 1,2 mm, et l'intervalle interquartile (du 25<sup>e</sup> au 75<sup>e</sup> percentile de la distribution) va de 0,6 mm à 1,7 mm. Conséquemment, seulement 16 % des érables échantillonnés croissent en moyenne de 2 mm/an ou plus; c'est pourtant l'une des prémisses considérées dans la majorité des scénarios jugés durables par Pelletier (2020). Même en suivant le protocole à 3 niveaux proposé par Guay (2020), il ne semble pas possible d'exploiter de manière durable les érables ayant un DHP de 19,1 cm et un

accroissement radial inférieur à 0,8 mm/an. Ce seuil baisse à 0,6 mm/an pour les arbres de 23,1 cm. Ainsi, l'augmentation du DHP minimal d'entailage proposée dans le *Règlement sur les permis d'intervention* (Québec, 2021) nous semble nécessaire pour assurer que la proportion des érables pouvant être exploités de façon durable augmente de manière notable.

La profondeur d'entailage est un autre facteur déterminant pour l'évaluation de la durabilité d'un protocole d'échantillonnage, car elle détermine l'épaisseur de bois nécessaire pour qu'une prochaine entaille puisse être faite dans du bois sain. L'expérience montre que plus l'entaille est profonde, plus le rendement en sève est élevé (Allard *et al.* s. d., Morrow 1963, Wilmot 2014). Selon le *Règlement sur les permis d'intervention*, la profondeur de l'entaille ne doit pas excéder 5 cm (6 cm avant le 1<sup>er</sup> janvier 2023), en comptant l'épaisseur de l'écorce (Québec, 2021). Aux États-Unis, van den Berg *et al.* (2013) ont recommandé de réduire la profondeur d'entailage à 4 cm (1,5 po, y compris l'écorce). Le seul scénario jugé durable pour les arbres à croissance « lente » (accroissement radial de 0,5 mm/an) implique que l'entaille n'excède pas 2,5 cm de profondeur. Or, une telle réduction de la profondeur d'entailage réduirait le rendement en sève de l'ordre de 55 % (Allard *et al.* s. d., Wilmot 2014).

Les longueurs horizontale et verticale (dimensions de la zone autour d'une entaille sur laquelle on évitera d'en positionner une autre les années suivantes) sont un autre facteur déterminant lors de l'évaluation de la durabilité d'un protocole d'échantillonnage. La longueur horizontale influence directement le nombre d'entailles qu'il est possible de faire en faisant le tour du tronc, alors que la longueur verticale influence la longueur du tronc qui doit être exploitée pour assurer un rendement durable. Les scénarios analysés par Pelletier (2020) considèrent une longueur horizontale de 8 cm (4 cm de chaque côté de l'entaille) et une longueur verticale de 50 cm (25 cm de chaque côté de l'entaille) pour les chalumeaux de petit diamètre (¼ de pouce), alors que ces longueurs correspondent respectivement à 10 cm et à 60 cm pour les chalumeaux de diamètre standard. De même, Guay (2020) suggère d'espacer horizontalement les entailles de 5 cm (longueur horizontale : 10 cm) pour éviter la fusion des zones de compartimentage dans l'arbre. Il recommande aussi d'espacer verticalement les entailles de 40 cm (longueur verticale : 80 cm) pour éviter d'entailer dans du bois compartimenté associé aux entailles précédentes. La dimension de la zone de bois compartimenté créée par l'entailage et le phénomène de fusion des zones de compartimentage reposent sur une documentation limitée; notamment sur les travaux de Houston *et al.* (1990), qui ont suggéré que la zone improductive serait d'environ 40 à 50 cm de part et d'autre de l'entaille dans l'axe vertical. Il existe toutefois peu d'information sur la variabilité associée aux arbres et aux méthodes d'entailage.

En plus de l'analyse de la durabilité des paramètres d'entailage et des méthodes d'exploitation, le rapport de Pelletier (2020) inclut une brève revue de littérature des effets de l'entailage sur la santé des érables. L'auteur conclut en interprétant les résultats d'une étude produite par des chercheurs de la DRF (Ouimet *et al.* 2021) afin de documenter le stress résultant de l'entailage et qui pourrait diminuer la vigueur des érables. Pelletier (2020, p. 15) suggère que, selon les conclusions d'Ouimet *et al.* (2021), « l'exploitation acéricole n'impacte négativement la croissance que lorsque les érables sont sur des sites très déficients en calcium; problème qu'un chaulage bien exécuté peut généralement corriger ». Or, les conclusions



d'Ouimet *et al.* (2021) sont plus nuancées. Dans cet article, ils concluent plutôt que la baisse de croissance associée à l'entaillage a été observée à un seul site et ne s'explique pas seulement par la faible fertilité du sol. Ils précisent que, bien qu'un bilan de distribution de la biomasse des arbres indique que la production de sirop d'érable ne représente que 4 à 6 % du carbone alloué annuellement à la production primaire nette, la relation à long terme entre la production de sirop d'érable et la croissance des arbres ne pourrait être précisée sans des études plus approfondies. Dans l'ensemble, les effets de l'entaillage sur la vigueur des érables demeurent peu documentés.

La dernière section du rapport de Pelletier (2020) présente une analyse sommaire des répercussions financières de la modification des règles d'entaillage sur les producteurs acéricoles. Cette analyse remet en question les paramètres et la méthode de calcul utilisés par le MFFP pour analyser la valeur des pertes encourues dans le cadre de l'analyse d'impact réglementaire (MFFP 2018). Nous partageons l'avis de Pelletier (2020), à savoir qu'il serait plus approprié de considérer l'ensemble des entailles sur des arbres ayant un DHP de 20 cm et de 22 cm comme perdues à perpétuité pour évaluer les répercussions financières des mesures réglementaires. Dans l'AIR, on suggère que « les arbres dans les classes de diamètre de 20 et 22 cm en 2018 grossiront en diamètre durant la période transitoire et pourraient atteindre la nouvelle classe de 24 cm en 2023. Une certaine perte pourrait toucher une partie des arbres ayant des diamètres dans la classe de 20 cm, en 2018, et qui ne pourront pas être entaillés en 2023, puisqu'ils n'auront pas atteint le diamètre minimal de 24 cm » (MFFP 2018, p. 8). Pour obtenir une estimation plus précise de la démographie des tiges dans les classes de diamètre de 20 et de 22 cm, il faudrait inclure non seulement leur croissance en diamètre, mais également l'influence des processus de recrutement et de mortalité qui assurent le maintien d'une structure inéquienne du peuplement. Pour ce qui est de l'évaluation par le MFFP de la réduction des coûts d'exploitation et des équipements associés à la perte d'entailles pour les arbres des classes de DHP de 20 et de 22 cm, nous n'avons pas l'expertise pour la commenter. Finalement, pour l'évaluation des valeurs à perpétuité, nous sommes d'avis qu'il serait informatif de relativiser la perte des entailles pour les arbres des classes de DHP de 20 cm et de 22 cm en proportion de l'ensemble des entailles. De plus, il faudrait considérer le fait que les entailles ne donnent pas toutes le même rendement en sirop, puisque le rendement moyen augmente avec le DHP de l'arbre (Isselhardt *et al.* 2018). Ainsi, la perte d'une proportion des entailles parmi les arbres de plus petit DHP entraîne une diminution moindre de la proportion du sirop produit.

## 2.2. Analyse de la demande des PPAQ concernant la période d'entaillage

Les PPAQ ont demandé de modifier la réglementation sur la période d'entaillage (actuellement autorisée du 1<sup>er</sup> janvier au 30 avril) de même que celle d'augmenter le délai autorisé pour retirer les chalumeaux (actuellement fixé au 1<sup>er</sup> juin). Ils désirent que le début de la période d'entaillage soit avancé au 15 décembre et que le désentaillage des érables soit permis jusqu'à 60 jours après la dernière coulée de l'année. Pour appuyer cette demande, ils avancent que :

- La période des sucres au Québec varie dans le temps selon les régions.

- Lorsque le printemps est tardif et que la main-d'œuvre est rare, la date du 1<sup>er</sup> juin peut s'avérer contraignante pour les entreprises acéricoles.
- Selon la norme biologique canadienne, les producteurs doivent désentailler leurs érables au plus tard 60 jours après la dernière coulée de l'année.
- Les premières coulées ont parfois lieu tôt dans la saison.
- La rareté de la main-d'œuvre occasionne des défis pour le secteur acéricole, tout comme pour le secteur agricole.

### 2.2.1. Début de la période d'entaillage

À première vue, nous ne voyons pas de contre-indication, du point de vue de l'intérêt public, à autoriser l'entaillage des érables plus tôt en saison. Toutefois, les producteurs doivent être au fait que le développement rapide des microorganismes et l'enclenchement des processus de compartimentation associés à un entaillage hâtif peuvent nuire au rendement durant la saison. Conséquemment, le devancement de l'entaillage pourrait aller à l'encontre de l'intérêt de l'acériculteur lui-même.

### 2.2.2. Fin de la période de désentaillage

Pour ce qui est du délai autorisé pour le désentaillage, nous sommes d'avis que les chalumeaux doivent être retirés le plus tôt possible après la fin de la saison d'exploitation. Le rapport du Centre ACER (Pelletier 2020) souligne l'importance d'adopter des pratiques d'exploitation acéricole qui favorisent une cicatrisation rapide des entailles, afin de minimiser la colonisation de la plaie par les microorganismes et la formation de bois pourri. De plus, les observations démontrent que les processus physiologiques comme la réhydratation des tissus ligneux s'amorcent tôt au printemps, dès les premiers dégels. Aussi, bien que le début de la saison de croissance de l'érable à sucre varie selon le climat local, on enregistre en moyenne 8 % de l'accroissement annuel en DHP avant le 1<sup>er</sup> juin dans la région de Québec (Duchesne et Ouimet 2008). Le maximum de croissance en diamètre coïncide approximativement avec le solstice d'été (entre le 20 et le 22 juin), et la majorité de la croissance saisonnière est complétée en quelques semaines. Or, un retrait tardif des chalumeaux risque de favoriser le développement de microorganismes en plus de priver l'arbre d'une partie de la saison de croissance pour cicatriser la plaie d'entaillage. En outre, dans un contexte de changements climatiques, on anticipe que le début de la saison de croissance, tout comme celui de la saison de production acéricole, sera devancé. Cette réalité devrait donc aussi être considérée dans l'analyse. De 1999 à 2021, la fin de la saison de coulée n'a jamais dépassé la première semaine de mai, et ce, pour l'ensemble des régions (voir la section 2.3). De plus, les études citées au soutien de la demande des PPAQ anticipent un devancement de la saison de coulée d'une dizaine de jours par rapport à la période 1971-2000 pour l'horizon 2046-2065, et de 15 à 20 jours pour l'horizon 2080-2100 (Duchesne *et al.* 2009, Houle *et al.* 2015a, 2015b, Legault *et al.* 2018). La date du 1<sup>er</sup> juin (environ 30 jours après la date de coulée la plus tardive enregistrée au cours de la dernière décennie dans l'ensemble des régions) pourrait être contraignante pour les très grandes entreprises, mais ce délai nous semble raisonnable pour la grande majorité des producteurs, d'autant plus qu'un devancement de la fin de la saison de la coulée est

anticipé. Nous sommes conscients que cette contrainte du 1<sup>er</sup> juin pourrait forcer certaines entreprises à écourter la fin de leur saison de production, mais il est connu que le risque de produire un sirop ayant un goût de bourgeon augmente à la fin de la saison, lequel sirop a une valeur nettement moindre que celui sans défaut de saveur.

### 2.3. Analyse de la possibilité de moduler les périodes d'entaillage et de désentaillage selon les régions

Tel que nous l'avons mentionné précédemment, nous ne voyons pas de contre-indication à autoriser l'entaillage des érables à partir du 15 décembre, comme le demandent les PPAQ. En ce qui concerne la date prescrite pour le retrait des chalumeaux, nous avons analysé les données issues des sondages hebdomadaires réalisés par les PPAQ pour la période 1999-2021. Ces données représentent 2 850 relevés hebdomadaires de l'évolution de la production dans les différentes régions acéricoles du Québec. Les données de coulées hebdomadaires pour la période 1999-2012 étaient accessibles aux chercheurs de la DRF, qui les avaient analysées dans le cadre d'études passées (Houle *et al.* 2015b). Les données non numérisées pour la période 2013-2021 ont été transmises par les PPAQ et analysées après avoir été saisies dans un tableur.

Nous avons défini deux dates de fin de la saison de la coulée par région, soit celles auxquelles 90 % et 95 % du rendement total annuel régional avaient été atteints, respectivement. Considérant le fait que la carte des régions acéricoles a été modifiée par les PPAQ en 2013, notre analyse a considéré uniquement les données depuis 2013 pour les nouvelles régions (Appalaches-Beauce-Lotbinière et Québec-Rive-Nord) et celles d'avant 2013 pour la défunte région de Québec. Ceci explique pourquoi 13 régions acéricoles sont représentées les pages suivantes, alors qu'il en existe actuellement 12. De plus, les régions Montérégie-Ouest et Montérégie-Est correspondent respectivement aux anciennes régions de Saint-Jean-Valleyfield et de Saint-Hyacinthe. Nous avons examiné la variabilité régionale du jour de l'année correspondant à la fin de la saison de la coulée pour la période 1999-2021 selon le jour de l'année (365 ou 366 jours par an). Ensuite, nous avons représenté la densité de distribution de cette variable graphiquement et en miroir, sous la forme d'un diagramme en violon.

À l'échelle de la province, la date la plus tardive a été le jour 121 (1<sup>er</sup> mai) en 2015 ou le jour 123 (3 mai) en 2003, selon qu'on utilise le seuil de 90 % ou de 95 % du rendement total annuel pour évaluer la fin de la saison de la coulée (tableau 1). À l'échelle régionale, moins d'une journée, en moyenne, différencie la fin de la saison la plus tardive selon les deux seuils retenus.

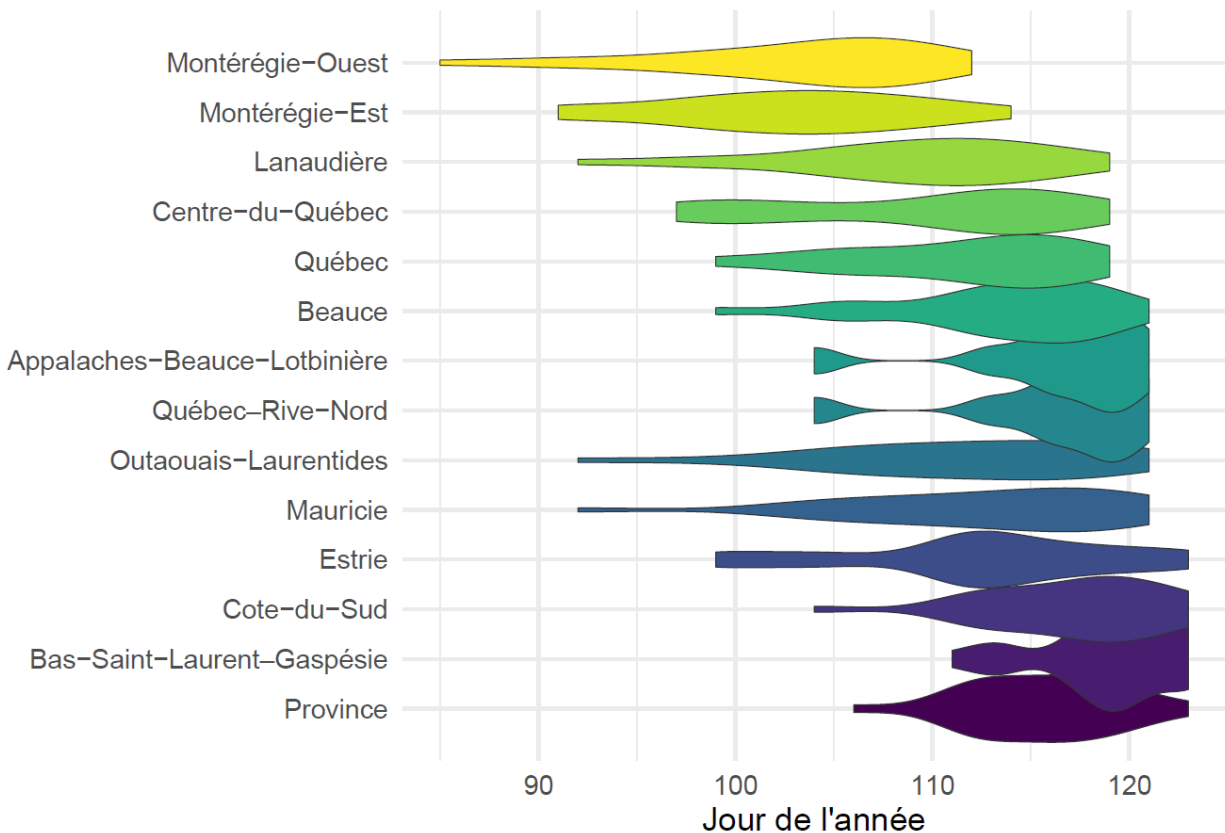
**Tableau 1.** Variabilité interrégionale de la fin de la saison de la coulée la plus tardive au cours des années 1999 à 2021 selon le seuil retenu (atteinte de 90 % ou de 95 % du rendement total annuel). À titre de référence, le 1<sup>er</sup> mai correspond au jour 121 ou 122, selon l'année.

Région acéricole	Jour d'atteinte de 90 % du rendement total annuel (jour de l'année)	Jour d'atteinte de 95 % du rendement total annuel (jour de l'année)
Bas-Saint-Laurent–Gaspésie	123	123
Cote-du-Sud	123	123
Estrie	121	123
Mauricie	121	121
Outaouais-Laurentides	121	121
Québec–Rive-Nord	121	121
Appalaches-Beauce-Lotbinière	121	121
Beauce	121	121
Québec	119	119
Centre-du-Québec	119	119
Lanaudière	118	119
Montérégie-Est	110	114
Montérégie-Ouest	110	112
<b>Province</b>	<b>121</b>	<b>123</b>

Notre analyse révèle que la date de la fin de saison de la coulée varie beaucoup au cours de la période étudiée (figure 2). En moyenne, cette date est plus hâtive dans les régions caractérisées par un climat plus chaud (Montérégie-Est et Montérégie-Ouest) que dans celle caractérisée par le climat le plus froid (Bas-Saint-Laurent–Gaspésie).

En se référant au seuil de 95 %, on observe une différence de seulement 11 jours (tableau 1, figure 2) entre la fin de la saison de la coulée la plus tardive dans la région caractérisée par le climat le plus chaud (Montérégie-Ouest, jour 112, 22 avril 2018) et dans celle caractérisée par le climat le plus froid (Bas-Saint-Laurent–Gaspésie, jour 123, 2 ou 3 mai en 2002, 2003, 2008, 2013 et 2014). Si l'on exclut les régions de Montérégie-Ouest et Montérégie-Est, la variabilité interrégionale de la saison de la coulée la plus tardive n'est que de 4 jours, soit du jour 123 pour la région Bas-Saint-Laurent–Gaspésie au jour 119 pour les régions du Centre-du-Québec (29 avril 2011) et de Lanaudière (28 avril 2020). Ainsi, les régions les plus froides ne se distinguent pas nettement des autres.

L'analyse avec le seuil de 90 % de la production annuelle pour déterminer la fin de la saison de la coulée donne des résultats similaires, avec une différence de seulement 5 jours pour l'ensemble des régions (jour 118 à 123, tableau 1), si l'on exclut les 2 régions les plus chaudes.



**Figure 2.** Variabilité interrégionale du jour de l'année correspondant à la fin de la saison de la coulée (95 % de la saison complétée) pour les années 1999-2021. À titre de référence, le 1<sup>er</sup> mai correspond au jour 121 ou 122, selon l'année. Ce diagramme en violon permet de visualiser, pour chaque région acéricole et pour la province, la densité en miroir de la distribution de la variable à l'étude.

Devant ce constat, nous sommes d'avis que la faible variabilité interrégionale des dates de fin de coulée les plus tardives au cours des 23 dernières années ne justifie pas de définir différentes périodes de désentaillage selon les régions.

D'après ces analyses, la date prescrite du 1<sup>er</sup> juin pour le retrait des chalumeaux se situe 29 jours après la date de coulée la plus tardive des 23 dernières années pour toutes les régions. Le 1<sup>er</sup> juin se situe en moyenne 37 jours après la fin de la saison de la coulée à l'échelle de la province, et de 34 à 49 jours après celle-ci à l'échelle des régions. Selon la date de fin de la saison la plus hâtive, les producteurs de la province bénéficieraient en moyenne jusqu'à 47 jours pour retirer les chalumeaux, et ce délai pourrait varier de 41 à 67 jours selon la région.

Cette analyse régionale de la fin de la saison de coulée suggère que la croissance s’amorce plus tôt en Montérégie que dans les autres régions. Or, cette région contient très peu d’érablières exploitées à des fins acéricoles dans les forêts du domaine de l’État. Néanmoins, nous rappelons que les producteurs de cette région, tout comme les autres, ont tout intérêt à retirer les chalumeaux le plus rapidement possible après la fin de la saison d’exploitation. Notons aussi que d’ici la fin du siècle, le devancement anticipé de la saison de la coulée en réponse au réchauffement du climat allongera vraisemblablement le temps entre la fin de la saison et la date prescrite pour le retrait des chalumeaux de 2 à 3 semaines en moyenne (Duchesne *et al.* 2009, Houle *et al.* 2015b).

### **3. Conclusion et recommandations**

À la demande du SOR, nous avons analysé et commenté 1) le rapport produit par le Centre ACER, 2) la demande des PPAQ concernant les dates d’entaillage et de désentaillage en forêt publique et 3) la possibilité de créer des périodes d’entaillage/désentaillage différentes par région.

Dans l’ensemble, les analyses présentées dans le rapport du Centre ACER (Pelletier 2020) et les exercices similaires d’évaluation de la durabilité de l’exploitation acéricole (Grenier 2008a, 2008b, Guay 2020, Morrow 1963, van den Berg et Perkins 2014) indiquent que l’exploitation durable des érables de petits diamètres n’est possible que si l’acériculteur met en œuvre un protocole d’entaillage systématique sur tout le périmètre de l’arbre et sur une plus longue section du tronc. Cette façon de faire permet d’allonger le temps de retour sur les entailles précédentes, au-dessus desquelles suffisamment de bois aura été accumulé pour permettre d’entailler à nouveau dans du bois sain. Toutefois, la durabilité de l’exploitation acéricole d’un érable est largement tributaire du taux d’accroissement radial des arbres. En effet, cette variable influence directement le temps nécessaire pour que du bois sain se crée au-dessus des vieilles entailles et donc, la période minimale de retour à cette nouvelle entaille. Ainsi, la surface du tronc qu’il est possible d’entailler, elle-même déterminée par le diamètre de l’arbre et la longueur du tronc accessible, doit permettre d’accueillir toutes les entailles nécessaires pour couvrir cette période de retour avant d’entailler de nouveau sur les anciennes entailles.

Ces évaluations de la durabilité des méthodes d’entaillage ont été réalisées en considérant des accroissements annuels qualifiés de « moyens ». Ainsi, même dans un scénario jugé durable pour la moyenne des arbres, il restera toujours une fraction de la population des arbres entaillés dont l’accroissement sera insuffisant pour que leur exploitation soit possible de manière durable. Le fait d’augmenter le DHP minimal d’entaillage permet d’augmenter la surface disponible à l’entaillage, et donc, le temps de retour sur la nouvelle entaille. L’augmentation du DHP de 19,1 cm à 23,1 cm allonge cette période de façon variable selon le protocole d’entaillage. Elle permettra d’accroître la proportion de la population d’érables qui peuvent être exploités de façon durable selon les protocoles établis. De plus, l’augmentation du DHP minimal d’entaillage permettra de retarder le moment où les jeunes érables subissent les premières plaies d’entaillage, propices à l’invasion de microorganismes et au développement de carie.

En théorie, les normes d'entaillage pourraient être adaptées régionalement en fonction de la variabilité régionale de l'accroissement radial annuel moyen des arbres. Dans le même ordre d'idées, le risque d'exploiter les érablières de manière non durable pourrait être évalué régionalement en fonction de la distribution des accroissements radiaux, sachant que pour une fraction de la population d'érables, le taux d'accroissement demeurera toujours en deçà de ce qui est requis pour une exploitation durable. La structure diamétrale des forêts varie elle aussi régionalement, notamment en fonction de l'historique des perturbations ou de l'aménagement. Ainsi, les conséquences de la modification règlementaire pourraient aussi être évaluées régionalement.

Ces évaluations de la durabilité de l'exploitation acéricole reposent sur certaines hypothèses ou certains phénomènes qui mériteraient d'être mieux documentés, comme le processus de compartimentage du bois et les facteurs qui influencent celui-ci. En effet, l'établissement de protocole d'entaillage durable, qui dépend largement des hypothèses sur le développement de la zone de bois compartimenté, s'appuie sur ces connaissances encore limitées. Nous tenons à rappeler que pour que ces scénarios se concrétisent sur le terrain, il est essentiel que les producteurs se conforment à un protocole rigoureux d'entaillage comme ceux définis dans les analyses. Pour les guider en ce sens, la production de guides ou d'autres activités de formation pourrait être envisagée. De plus, les contraintes opérationnelles comme la longueur des chutes et la variabilité du couvert de neige doivent impérativement être considérées dans l'établissement de ces protocoles. Une mise à jour des connaissances sur l'ensemble de ces paramètres et la variabilité qui leur est associée devrait aussi viser à développer un protocole d'entaillage optimal permettant de maximiser le potentiel acéricole, tout en minimisant les risques associés au surentaillage. Cela permettrait de préciser et de relativiser le modèle d'entaillage à 3 niveaux proposé par Guay (2020) qui constitue déjà une avancée importante à cet égard.

Concernant la période d'entaillage, nous ne voyons pas de contre-indication à entailler les érables à partir du 15 décembre, comme le demandent les PPAQ. Toutefois, la date du 1<sup>er</sup> juin (soit environ 30 jours après la date de coulée la plus tardive enregistrée au cours de la dernière décennie pour toutes les régions) nous semble raisonnable pour la majorité des producteurs, d'autant plus qu'un devancement de cette fin de coulée est anticipé en raison des changements climatiques. Le fait que la croissance ait déjà débuté au 1<sup>er</sup> juin est un incitatif, sinon un prérequis, à désentailler avant cette date afin d'assurer une bonne cicatrisation de l'entaille. Finalement, la faible variabilité interrégionale des dates de fin de coulée les plus tardives enregistrées au cours des 23 dernières années ne semble pas justifier la prescription de différentes dates selon les régions pour le retrait des chalumeaux, particulièrement en ce qui concerne les érablières du domaine de l'État.

#### 4. Références

- Allard, G., G. Boudreault et J.P. Renaud, s. d. *Modèle de simulation du rendement d'une entaille en fonction de différents paramètres physiques et physiologiques associés à l'entailage*. Centre ACER. 20 p. [http://gestion.centreacer.gc.ca/fr/UserFiles/publications/146\\_fr.pdf](http://gestion.centreacer.gc.ca/fr/UserFiles/publications/146_fr.pdf)
- Duchesne, L. et R. Ouimet, 2008. *Population dynamics of tree species in southern Quebec, Canada: 1970–2005*. For. Ecol. Manage. 255: 3001-3012. doi:10.1016/j.foreco.2008.02.008
- Duchesne, L., D. Houle, M. A. Côté et T. Logan, 2009. *Modelling the effect of climate on maple syrup production in Québec, Canada*. For. Ecol. Manage. 258 : 2683-2689.  
<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.09.035>.
- Grenier, Y., 2008a. *Vers la formulation de nouvelles normes d'entailage pour conserver la production acéricole à long terme — Volet A : détermination de la quantité de bois sains basée sur les taux de croissance régionaux*. Centre ACER. Rapport n° 742-FIN-0608. 50 p.  
[https://gestion.centreacer.gc.ca/fr/UserFiles/publications/14\\_Fr.pdf](https://gestion.centreacer.gc.ca/fr/UserFiles/publications/14_Fr.pdf).
- Grenier, Y., 2008b. *Vers la formulation de nouvelles normes d'entailage pour conserver la production acéricole à long terme — Volet B : détermination du nombre d'entailles par arbre*. Centre ACER. Rapport n° 741-FIN-0608. 27 p.  
[https://gestion.centreacer.gc.ca/fr/UserFiles/publications/15\\_Fr.pdf](https://gestion.centreacer.gc.ca/fr/UserFiles/publications/15_Fr.pdf).
- Guay, S., 2020. *L'entailage à 3 niveaux pour un rendement optimal et soutenu dans le temps*. Blogue de l'entreprise Lapierre. 3 novembre 2020. <https://elapierre.com/blog/lentailage-a-3-niveaux/>.
- Heiligmann, R.B., M.R. Koelling et T.D. Perkins (éds), 2006. *North American maple syrup producers manual, second edition*. Ohio State University Extension. Bulletin No. 856. Columbus, OH (États-Unis). 349 p.  
[https://holmes.osu.edu/sites/holmes/files/imce/Program\\_Pages/Maple/North%20American%20Maple%20Syrup%20Producers%20Manual%20full%20pdf.pdf](https://holmes.osu.edu/sites/holmes/files/imce/Program_Pages/Maple/North%20American%20Maple%20Syrup%20Producers%20Manual%20full%20pdf.pdf)
- Houle, D., B. Côté, H. Power, T. Logan, L. Duchesne et I. Charron, 2015a. *Analyse des impacts des changements climatiques sur la production de sirop d'érable au Québec et solutions d'adaptation*. Ouranos. Montréal, QC. 37 p. <https://agriclimat.ca/wp-content/uploads/2018/10/2.-Rapport-sirop-%C3%A9rable.pdf>
- Houle, D., A. Paquette, B. Côté, T. Logan, H. Power, I. Charron et L. Duchesne, 2015b. *Impacts of climate change on the timing of the production season of maple syrup in Eastern Canada*. PLoS ONE 10: e0144844. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144844>
- Houston, D.R., D.C. Allen et D. Lachance, 1990. *Sugarbush management: A guide to maintaining tree health*. U.S.Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station. Gen. Tech. Rep. NE-129. Broomall, PA (États-Unis). 55 p. <https://doi.org/10.2737/NE-GTR-129>



- Isselhardt, M., T. Perkins et A. van den Berg, 2018. *Tree size and maple production*. New England Society of American Foresters News Quarterly 79(2): 5-6. <https://mapleresearch.org/wp-content/uploads/treesize.pdf>
- Legault, S., A. Plouffe-Leboeuf, D. Houle, A. Blondlot, L. Chase, D. Kuehn et T. Perkins, 2018. *Production de sirop d'érable face aux changements climatiques : Perceptions des acériculteurs du Canada et des États-Unis*. Ouranos. Montréal, QC. 34 p. <https://www.ouranos.ca/wp-content/uploads/RapportSirop2018.pdf>
- [MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2018. *Analyse d'impact réglementaire. Projet de règlement sur les permis d'intervention*. Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs. Juin 2018. 17 p. <https://cdn-contenu.quebec.ca/cdn-contenu/adm/min/forets-faune-parcs/publications-adm/lois-reglements/allegement/AIR-reglement-permis-intervention-MFFP.pdf?1544558496>
- Morrow, R.R., 1963. *Influence of number and depth of tapholes on maple sap flow*. Cornell University Agricultural Experiment Station. New York State College. Agr. Exp. Sta. Bull. 982 : 12 p.
- Quimet, R., F. Guillemette, L. Duchesne et J.-D. Moore, 2021. *Effect of tapping for syrup production on sugar maple tree growth in the Quebec Appalachians*. *Trees* (2021) 35: 1-13. <https://doi.org/10.1007/s00468-020-02001-x>
- Pelletier, M., 2020. *Modifications des normes d'entailage sur terre publique : Analyse de la durabilité de l'entailage et des impacts financiers des changements proposés par le MFFP*. Centre ACER, rapport n° 2080256-FIN-0916. 77 p.
- Perkins, T., 2016. *Is tapping below the lateral line a good idea?* *Maple Syrup Digest* 55(4): 9-16. <https://www.uvm.edu/sites/default/files/Tapping-Below-Lateral-MapleSyrupDigest.pdf>
- Québec, 2021. *Règlement sur les permis d'intervention — Loi sur l'aménagement durable du territoire forestier, chapitre A-18.1, r. 8.1, par. 1 à 4 et 6*. À jour au 15 juin 2021, Éditeur officiel du Québec. <http://www.legisquebec.gouv.qc.ca/fr/document/rc/A-18.1,%20r.%208.1>
- van den Berg, A.K. et T.D. Perkins, 2014. *A model of the tapping zone*. *Maple Syrup Digest* 26A(1): 18-27. <http://www.maplesyrupdigest.org/?p=587>

van den Berg, A.K., T.D. Perkins, T. Wilmot et M. Isselhard, 2013. *Tapping guidelines for current sap collection practices*. University of Vermont, Proctor Maple Research Center. Technical Research Note. 3 p. [https://mapleresearch.org/wp-content/uploads/tapping\\_guidelines.pdf](https://mapleresearch.org/wp-content/uploads/tapping_guidelines.pdf)

Wilmot, T., 2014. *Testing tapping depth vs. sap yield*. The Maple News 13(9): 9-11.  
<https://www.themaplenews.com/story/testing-tapping-depth-vs-sap-yield/69/>

Louis Duchesne, ing.f., M. Sc.

Steve Bédard, ing.f., M. Sc.

François Guillemette, ing.f., M. Sc.

Jean-David Moore, ing.f., M. Sc.

Rock Ouimet, ing.f., M. Sc., *Ph. D.*

Stéphane Tremblay, ing.f., M. Sc.

Service de la génétique et de l'écologie forestière  
Service de la sylviculture et du rendement des forêts

**Correspondance :**

Louis Duchesne  
Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs  
Direction de la recherche forestière  
2700, rue Einstein  
Québec (Québec) G1P 3W8  
Tél. : 418 643-7994 poste 706537  
Courriel : [louis.duchesne@mffp.gouv.qc.ca](mailto:louis.duchesne@mffp.gouv.qc.ca)