

Titre :	Premiers constats de mortalité importante de l'érable à sucre dans des érablières de la région de Lanaudière et de Mirabel
Auteurs :	Rock Ouimet et Guillaume Drolet
Date :	24 avril 2019

1. Contexte

Des producteurs acéricoles du Québec sont inquiets des conséquences de l'épidémie actuelle de la livrée des forêts (*Malacosoma disstria Hübner*), un insecte indigène au Québec. La conseillère du Club acéricole des Pays d'en haut, Mme Andrée Gagnon, ing.f., a contacté la Direction de la recherche forestière (DRF) du ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs (MFFP) pour faire part de ses inquiétudes quant à la mortalité inhabituelle et subite dans de grands secteurs d'érablières sucrières dans les régions de Lanaudière et de Mirabel. Cette mortalité a provoqué la perte de plusieurs centaines d'entailles. Un phénomène similaire de mortalité importante à la suite d'une épidémie de livrée des forêts a déjà été rapporté en Pennsylvanie en 1995 (Hall *et al.* 1999). Mme Gagnon a donc organisé une rencontre sur le terrain pour tenter de déterminer l'étiologie de ce phénomène de même que les solutions appropriées à apporter pour éviter qu'il se reproduise dans d'autres secteurs.

Ce bref rapport fait le compte rendu de cette visite sur le terrain, de l'expertise que nous y avons réalisée et de notre analyse des facteurs qui pourraient expliquer le phénomène.

2. Méthode

2.1. Peuplements

Les érablières touchées sont situées dans les sous-régions écologiques 1aT et 2bT (respectivement Plaine du bas Outaouais et de l'archipel de Montréal et Plaine du Saint-Laurent), sur des dépôts de till (1A) ou marins (5A) (tableau 1; figure 1). Les végétations potentielles sont classées comme érablières à caryer cordiforme ou érablières à tilleul. Nous avons aussi visité une érablière de la région (site n° 4) qui a été arrosée à l'insecticide biologique *Bacillus thuringiensis* (BT) en 2017 pour contrer l'épidémie de livrée des forêts, et où aucune mortalité anormale n'a été constatée en 2018.

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

© Gouvernement du Québec

Tableau 1. Caractéristiques des peuplements touchés par la mortalité en 2018. Les informations proviennent de la carte écoforestière, selon les normes du 3^e ou du 4^e inventaire écoforestier, ce dernier utilisant la nouvelle approche d'inventaire forestier par peuplement (NAIPF).

	Site			
	1	2	3	4
Région	Lanaudière	Mirabel	Mirabel	Mirabel
Mortalité observée	Oui	Oui	Oui	Non
Essences*	ES90 FT10	ES FT	ES FX	ES FT
Classe de densité [†]	A	B	A	A
Hauteur (m)	25	≥ 22	≥ 22	≥ 22
Classe d'âge [‡]	120	VIN	VIR	VIR
Dépôt [§]	5A	1A	1A	1A
Classe de drainage	30	30	40	30
Type écologique cartographié [#]	FE23	FE12	FE15	FE12
Superficie (ha)	35,1	21,3	24	22,4

* ES : érable à sucre; FX : feuillus indéterminés; FT : feuillus tolérants.

† A : ≥ 80 %; B : 60 à 79 %.

‡ VIR : vieux (> 80 ans) irrégulier; VIN : vieux (> 80 ans) inéquienne.

§ 1A : till glaciaire; 5A : sédiment marin.

|| 30 : modéré; 40 : imparfait.

FE15 : érablière à caryer cordiforme sur dépôt minéral de mince à épais, de texture moyenne et de drainage subhydrique; FE12 : érablière à caryer cordiforme sur dépôt minéral de mince à épais, de texture moyenne et de drainage mésique; FE23 : érablière à tilleul sur dépôt minéral de mince à épais, de texture fine et de drainage mésique.

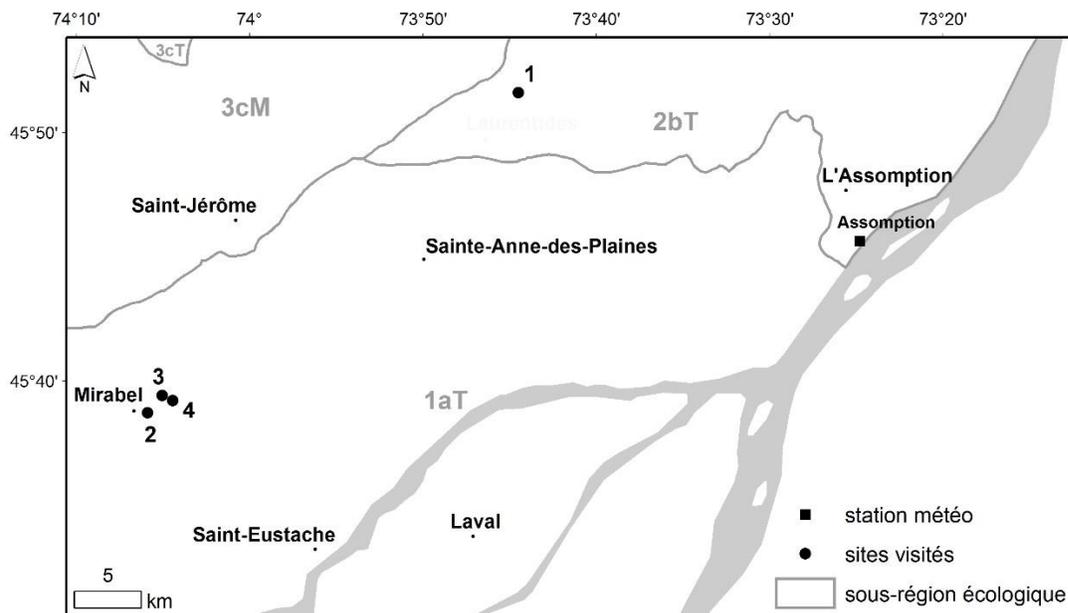


Figure 1. Emplacement des érablières visitées à l'automne 2018, ainsi que de la station météorologique de l'Assomption.

Lors de nos observations sur le terrain à l'automne 2018, nous avons constaté l'ampleur de la mortalité, qui couvrait de 1 à 3 ha d'un seul tenant dans chaque peuplement visité (figure 2). Par exemple, sur le site n° 2, le propriétaire a évalué qu'un nombre d'arbres représentant 32 % des 4 000 entailles de l'érablière étaient défoliés à plus de 15 % en 2018, et que la mortalité des arbres avait entraîné la perte de 270 entailles (figure 3). Les propriétaires des érablières n'ont constaté la mort des arbres qu'au printemps 2018, au débourrement des bourgeons.



Figure 2. Aperçu du secteur mort en 2018 sur le site n° 3. Photo : Éric Fillion.

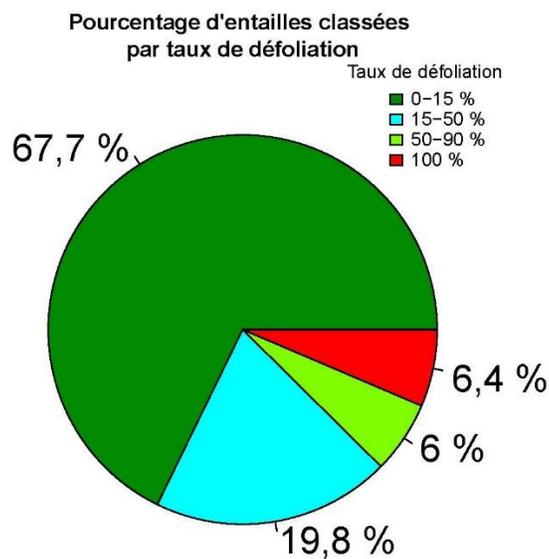


Figure 3. Répartition des entailles sur les érables à sucre en fonction des classes de défoliation observées au site n° 2 en 2018.

Au site n° 1, nous avons aussi noté l'abondance, au sein de la régénération, d'espèces végétales indicatrices d'un drainage imparfait à mauvais : prêle d'hiver (*Equisetum hyemale* L.), onoclée sensible (*Onoclea sensibilis* L.), envahissement par le sureau rouge (*Sambucus racemosa* subsp. *Pubens* [Michaux] Hultén) et présence d'orme d'Amérique (*Ulmus americana* L.) et de frêne blanc et noir (*Fraxinus americana* L. et *Fraxinus nigra* Marsh). Au site n° 2, nous avons aussi noté la présence d'onoclée sensible dans le secteur affecté par la mortalité. Au site n° 3, le sous-bois a été totalement envahi par le sureau, sans doute en réaction à l'ouverture du couvert, qui a laissé passer la lumière, et possiblement aussi à l'augmentation des ressources nutritives du sol, attribuable aux déjections de la livrée des forêts (Rozendaal et Kobe 2016).

Ainsi, dans les trois érablières où nous avons noté de la mortalité importante, la présence d'espèces indicatrices suggère que le régime hydrique était plutôt subhydrique à hydrique que mésique. Le site n° 4, situé dans le même secteur que les sites n°s 2 et 3, avait sensiblement les mêmes caractéristiques édaphiques, mais une topographie plus accidentée que dans les autres peuplements. Sur les sites n° 1 à 3, nous avons constaté l'absence totale de jeune régénération en érable à sucre; selon les propriétaires des sites, celle-ci était pourtant présente avant les épisodes de défoliation.

2.2. Échantillonnage des arbres

Lors de la visite terrain à l'automne 2018, nous avons prélevé, aux sites n°s 1 à 3, des carottes de sondage à environ 50 cm du sol dans 5 arbres morts en 2017 et dans 5 arbres encore vivants. Sur site n° 4, nous n'avons prélevé des carottes de sondage que sur 5 arbres vivants, puisqu'il n'y avait pas eu de mortalité en 2017. Au site n° 1, nous avons aussi ramassé une section transversale du tronc d'un érable qui venait d'être abattu. La section était d'un diamètre de 36 cm et avait 93 ans. Le tableau 2 présente les diamètres des arbres échantillonnés.

Tableau 2. Caractéristiques des érables à sucre échantillonnés pour l'analyse dendrochronologique.

Site	État en 2018	Diamètre à hauteur de poitrine (DHP, en cm)		
		moyen	minimal	maximal
1	Vivant	29,3	20,8	33,5
	Mort	31,8	27,9	36,0
2	Vivant	26,6	19,2	31,7
	Mort	35,4	22,5	54,5
3	Vivant	37,6	32,3	43,3
	Mort	37,0	30,3	42,1
4	Vivant	39,3	34,3	46,5

2.3. Données dendrochronologiques

Les carottes de sondage ont été séchées à l'air ambiant, puis collées sur un gabarit et sablées afin de bien faire apparaître les cernes annuels. Les cernes annuels des 20 dernières années (1998-2017 ou 2018) ont été détectés à la loupe binoculaire, et leur largeur a été mesurée avec le logiciel *Windendro* (Regent Instruments inc.). L'accroissement en surface terrière (AST) a ensuite été calculé à l'aide de la fonction

bai.out du module *dpIR* (Bunn *et al.* 2013) dans l'environnement R (R Core Team 2018, version 3.5.1), puisque nous connaissons le diamètre des arbres au moment de l'échantillonnage.

2.4. Inventaire aérien de défoliation

Pour étudier l'ampleur des épidémies de livrée des forêts à l'échelle régionale et l'effet du drainage sur l'intensité de défoliation, nous avons utilisé les polygones de dommages causés par la livrée des forêts produits à partir des inventaires aériens annuels de la Direction de la protection des forêts du MFFP (MFFP 2018). Pour effectuer cette analyse, nous avons extrait tous les polygones de défoliation compris dans les unités de paysage régional (Robitaille et Saucier 1998) de Montréal, de Saint-Jérôme et de Trois-Rivières, pour la période de 1985 à 2018. Chaque polygone contient de l'information sur le degré d'intensité de la défoliation et sur la superficie affectée. Pour la même région, nous avons également extrait de la carte écoforestière du 4^e inventaire écoforestier (MFFP 2015) tous les polygones correspondant à des érablières à érable à sucre (ES) matures (> 80 ans) à structure inéquienne ou irrégulière (n = 2 390, superficie totale : 20 000 ha, figure 4). Seules la classe de drainage et la superficie des érablières sélectionnées ont été conservées pour analyse.

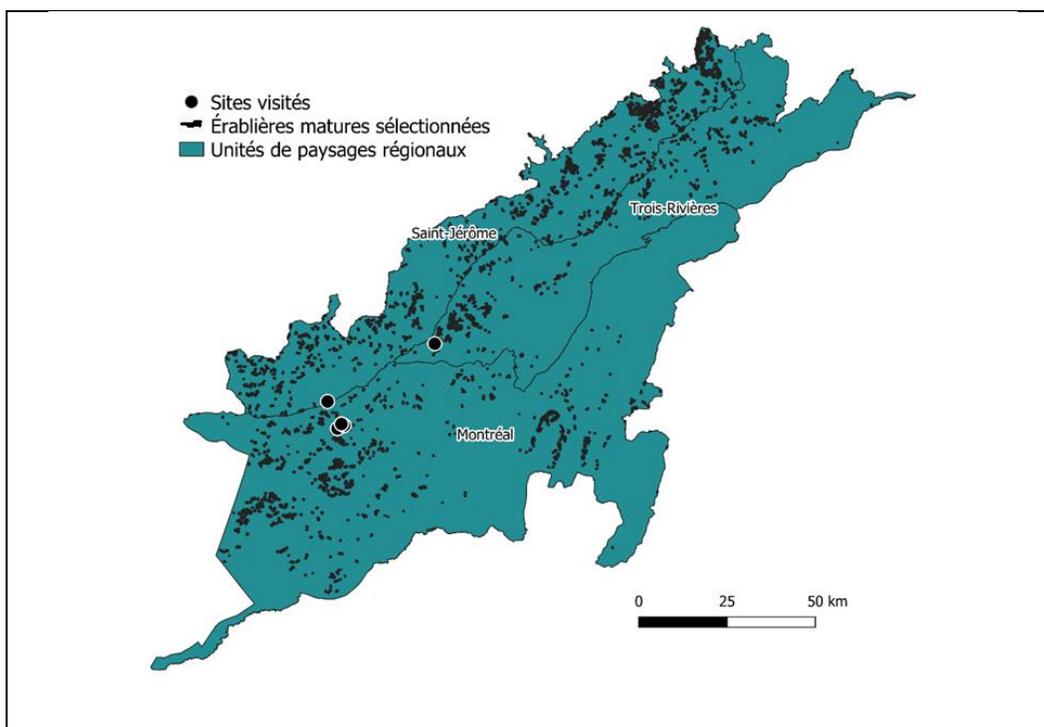


Figure 4. Distribution des polygones écoforestiers correspondant à des érablières à sucre matures, et limites géographiques des unités de paysages régionaux de Saint-Jérôme, de Trois-Rivières et de Montréal.

2.5. Données météorologiques

Nous avons recherché les données historiques des stations météorologiques d'Environnement Canada à proximité des sites de mortalité dans les régions de Lanaudière et de Mirabel. Parmi les stations encore actives, seule la station météorologique de l'Assomption (figure 1; id : 5237) possédait des séries d'observations journalières presque complètes pour les dernières années (2015-2018). Pour des raisons

qui nous sont inconnues, les observations journalières des autres stations de cette région étaient lacunaires, particulièrement pour l'année 2017.

À partir des observations météorologiques journalières des précipitations et des températures minimales et maximales de la station de l'Assomption, nous avons calculé 27 indices climatiques dans le but de vérifier les conséquences éventuelles d'extrêmes climatiques qui seraient survenus avant ou durant l'épisode de mortalité observé en 2017. Ces indices reflètent la durée et l'amplitude de vagues de chaleur, d'épisodes de sécheresse ou d'humidité, d'extrêmes dans l'intensité et la fréquence des précipitations, de même que dans la mesure d'épisodes de chaleur ou de froid extrême (Zhang *et al.* 2011). Les indices ont été calculés à l'aide du module *climPACT2* (Herold *et al.* 2018) dans l'environnement R.

3. Résultats et discussion

3.1. Dommages par la livrée des forêts

Selon l'inventaire aérien de la défoliation liée à la livrée des forêts, les dommages ont commencé à apparaître en 2016 dans la région de Mirabel (sites n^{os} 2, 3 et 4; figure 5). Dans la région de Mirabel, tous les sites ont subi des dommages modérés en 2016. L'année suivante, l'arrosage au BT au site n^o 4 a permis d'éviter la défoliation, alors que les autres sites du secteur ont subi une seconde défoliation modérée. Dans la région de Lanaudière (site n^o 1), les arbres ont connu deux épisodes de défoliation grave, soit en 2010 et en 2017.

Le moment où est survenue la défoliation en 2017 a probablement joué un rôle majeur dans le taux de mortalité des arbres. Cette année-là, la saison de végétation^a a commencé tôt (le 9 avril, d'après la station météorologique de l'Assomption), et d'après nos informations, la défoliation serait survenue au début juin. Or, il a été démontré que la défoliation la plus dommageable est justement celle qui se produit au moment où les feuilles ont atteint leur dimension maximale, car c'est le moment où les réserves d'amidon accumulées dans la tige et les racines sont le plus faibles, ce qui réduit au minimum la capacité des bourgeons axillaires de débourrer ou de survivre à un tel stress (Gregory et Wargo 1986).

Le propriétaire de l'érablière au site n^o 1 nous a rapporté qu'en 2017, après la défoliation, les arbres n'ont pas refait de feuillage, ce qui indique que la saison de végétation était déjà avancée et que les arbres n'avaient probablement pas assez de réserves d'amidon pour former de nouveaux bourgeons axillaires ou adventifs, ce qui a entraîné leur mort. Par ailleurs, comme nous l'avons mentionné, le secteur où nous avons observé la plus forte concentration d'arbres morts après la défoliation de 2017 au site n^o 1 comportait plusieurs espèces indicatrices d'un mauvais drainage, ce qui pourrait avoir contribué indirectement à l'incapacité des arbres défoliés à produire une deuxième feuillaison.

^a La saison de végétation débute au moment où la température moyenne journalière est d'au moins 5 °C pendant au moins 6 jours.

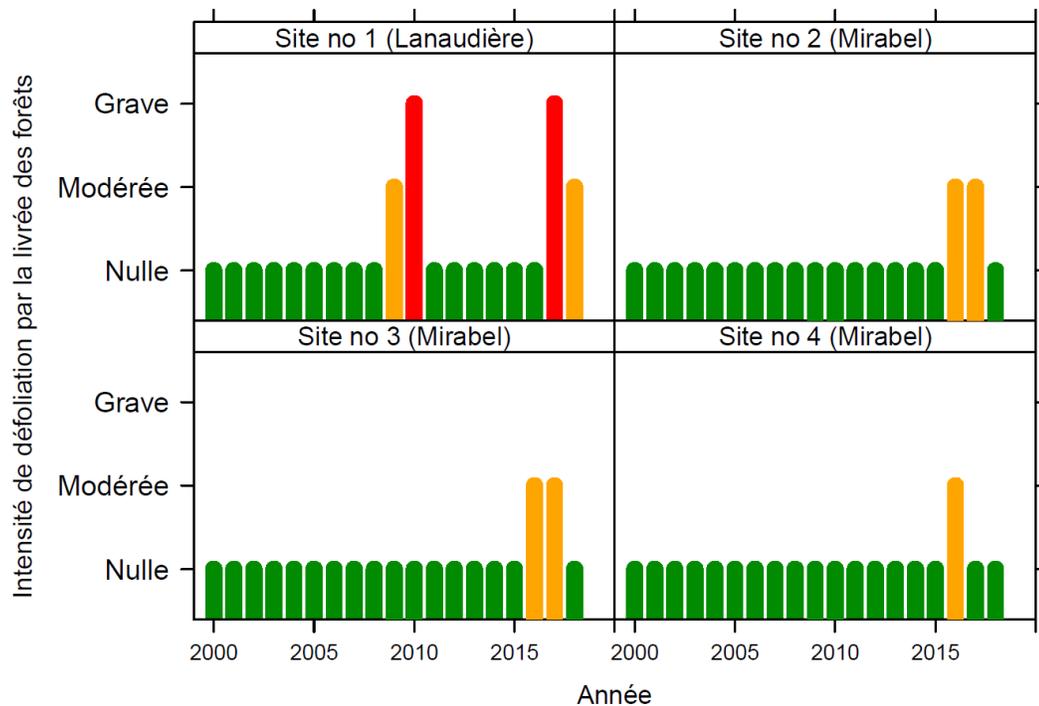


Figure 5. Variations annuelles du degré de défoliation causée par la livrée des forêts dans les érablières des sites n^{os} 1 à 4, selon les relevés aériens du MFFP (MFFP 2018).

Intensité de défoliation : **Nulle** : aucune perte de feuillage dans le houppier des arbres; **Modérée** : perte de feuillage dans les deux tiers supérieurs du houppier de la majorité des arbres; **Grave** : perte de feuillage sur toute la longueur du houppier de la majorité des arbres.

Le portrait régional des superficies affectées par la livrée depuis 1985 a permis d'identifier 3 périodes d'épidémies centrées autour des années 1988, 2010 et 2017. En 2017, la proportion des superficies d'érablières défoliées (21 %, tous degrés d'intensité de défoliation confondus), était de loin supérieure à celles des épidémies précédentes (2 % en 2010 et < 1 % en 1988). En 2018, le taux de défoliation a diminué (17 %), ce qui suggère que la présente épidémie est en déclin.

Le tableau 3 présente la distribution des superficies défoliées, par classe de drainage et par niveau d'intensité de défoliation, lors des 2 dernières épidémies. Aucune défoliation n'a été inventoriée dans les érablières sur sols rapidement drainés (classe 10) ni dans ceux possédant un drainage allant de bon à modéré, mais avec présence de drainage latéral (classes 21 et 31). De plus, lors de l'épidémie de 2010, la majorité des peuplements affectés par la livrée étaient gravement défoliés, alors qu'en 2017, la plupart des peuplements touchés n'ont subi qu'une défoliation modérée ou légère (11 et 6 %, respectivement, sur un total de 20 % de superficie défoliée). Lors des 2 épidémies, la proportion des superficies défoliées était plus grande dans les peuplements ayant un drainage de modéré (30) à imparfait (40). En 2017, environ 13 % des peuplements bien drainés (classe 20) ont également été affectés par la livrée, alors qu'en 2010, la défoliation dans ceux-ci était quasiment nulle.

Tableau 3. Superficies défoliées par la livrée des forêts en 2010 et en 2017 dans les érablières matures des unités de paysages de Montréal (3), de Saint-Jérôme (25) et de Trois-Rivières (7), par classe de défoliation et par classe de drainage. Les nombres entre parenthèses représentent la proportion des superficies défoliées par rapport à la superficie totale des érablières sélectionnées, par classe de drainage et par année d'épidémie. Seules les proportions supérieures ou égales à 1 % sont présentées.

Classe de drainage	Superficie (ha)	Superficie défoliée (ha)					
		2010			2017		
		Défoliation légère	Défoliation modérée	Défoliation grave	Défoliation légère	Défoliation modérée	Défoliation grave
10 (rapide)	93,9	–	–	–	–	–	–
20 (bon)	5 644,9	10,6	6,8	7,8	343,5 (6 %)	412,5 (7 %)	31,6
21 (bon + latéral)	58,0	–	–	–	–	–	–
30 (modéré)	13 242,9	66,7	117,3 (1 %)	226,8 (2 %)	883,9 (7 %)	1 710,0 (13 %)	612,1 (5 %)
31 (modéré + latéral)	399,8	–	–	–	–	–	–
40 (mauvais)	555,0	–	–	6,9 (1 %)	31,7 (6 %)	70,4 (13 %)	12,9 (2 %)
50 (très mauvais)	6,7	–	–	–	–	–	–
Superficie totale (ha)	20 001,1	77,3	124,1	241,5 (1 %)	1 259,1 (6 %)	2 192,9 (11 %)	656,6 (3 %)

3.2. Historique de croissance

Les fortes baisses de croissance observées durant les 20 dernières années dans les 4 érablières visitées coïncident avec les épisodes de défoliation par la livrée des forêts (figure 6). Les arbres encore vivants en 2018 ont crû davantage en 2017 que ceux morts en 2018. Ce résultat suggère que les arbres plus vigoureux résistent mieux à la défoliation. L'arrosage au BT de l'érablière au site n° 4 à l'été 2017 a permis aux arbres de récupérer, de sorte que leur croissance a augmenté en 2018. Mis à part les années 2017 et 2018, nous n'avons noté aucune différence dans l'AST des arbres morts et de ceux encore vivants au cours des 20 dernières années ($P = 0,59$). Le site n° 3 fait cependant exception : il semble que les arbres encore vivants en 2018 aient eu un AST plus grand (que ceux morts en 2017) durant les années précédant l'épidémie de livrée des forêts en 2016-2017 ($P = 0,13$ de 2011 à 2017).

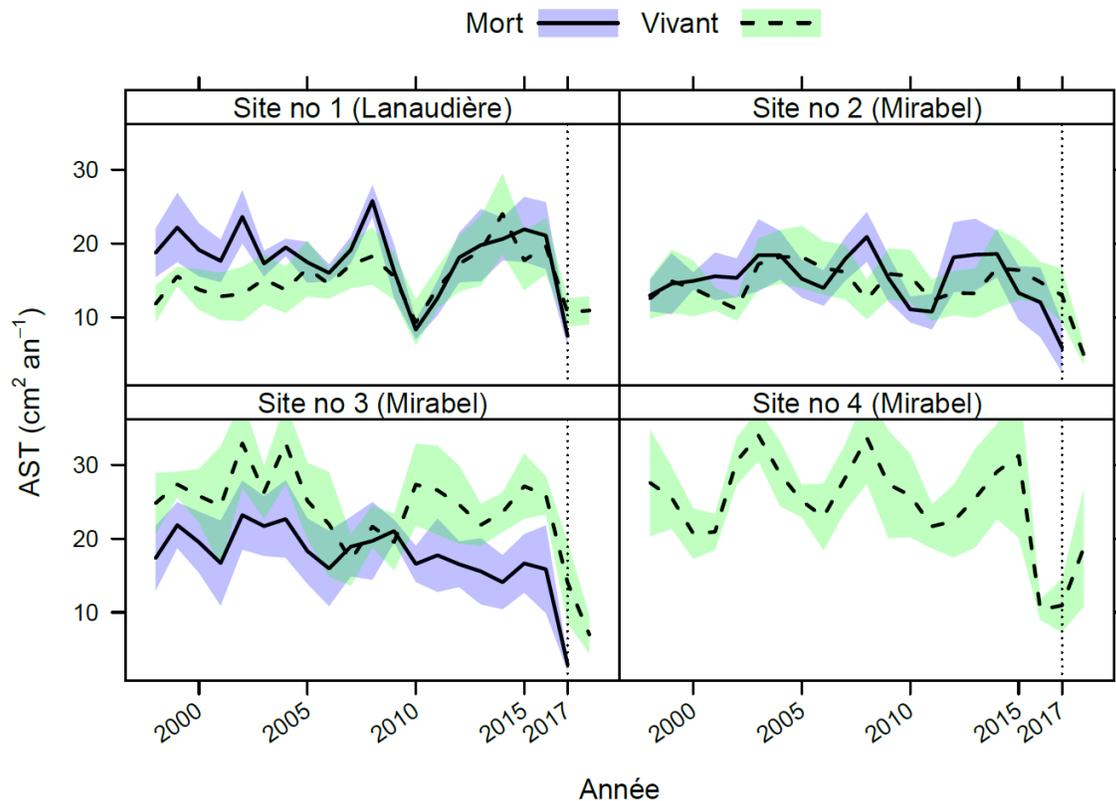


Figure 6. Accroissement en surface terrière (AST) annuel moyen des arbres morts et de ceux encore vivants en octobre 2018 sur les 4 sites visités. Les bandes colorées délimitent l'intervalle de ± 1 erreur type autour de la moyenne.

3.3. Indices d'extrêmes climatiques

Les indices d'extrêmes climatiques calculés à la station de l'Assomption, située dans la région de Lanaudière, indiquent les faits suivants (figure 7) :

- L'été 2017 fait partie des périodes où l'on a connu le plus grand nombre de jours de canicule (21 jours), après les années 1946 (31 jours) et 2010 (27 jours).
- L'année 2017 est celle où l'on a connu la plus longue canicule depuis 1930 (14 jours); l'année 1988 vient ensuite (11 jours).
- Les années 2017 et 2016 font partie de celles comprenant le plus grand nombre de jours (c.-à-d. qu'elles se situent dans le 95^e percentile) où il est tombé 20 mm et plus de précipitations (respectivement 18 et 19 jours).
- L'année 2016 est celle où il est tombé le plus de précipitations en 5 jours consécutifs depuis 1930 (166 mm).
- L'année 2017 fait partie de celles où l'amplitude de la canicule était la plus importante (75 °C²), après les années 1965 (81 °C²) et 2001 (95 °C²).
- L'année 2017 fait partie de celles qui comprennent le plus grand le nombre de degrés-jours de croissance^b (c.-à-d. qu'elles se situent dans le 95^e percentile; 2 207 °C-jours).
- Les années 2017 et 2016 font partie de celles qui comprennent les précipitations totales annuelles les plus abondantes (c.-à-d. qu'elles se situent dans le 90^e percentile; respectivement 1 170 et 1 233 mm).
- L'année 2017 est celle où l'indice de précipitations-évapotranspiration (SPEI : *Standardized precipitation-evapotranspiration index*) a atteint son maximum (+3,4 unités en juillet 2017) dans toute l'histoire de la station météorologique de l'Assomption (1930-2017). De même, les épisodes de sécheresse tendent à devenir de moins en moins fréquents, et les périodes de surplus d'eau, de plus en plus fréquentes au cours des 88 dernières années. Le SPEI (en particulier celui calculé sur 12 mois) est très étroitement corrélé à l'indice de sévérité de sécheresse de Palmer (Vicente-Serrano *et al.* 2010), et tient donc compte des réserves en eau accumulées dans le sol. Ces observations correspondent avec la tendance positive dans la hauteur de la nappe phréatique mesurée par les satellites GRACE^c pour les régions visées.

^b Nombre de degrés-jours de croissance : mesure empirique utilisée pour calculer l'accumulation de chaleur qui sert à estimer la durée d'un développement biologique en tenant compte de la température (p. ex. la croissance d'un arbre).

^c <https://gracefo.jpl.nasa.gov> (données non présentées)

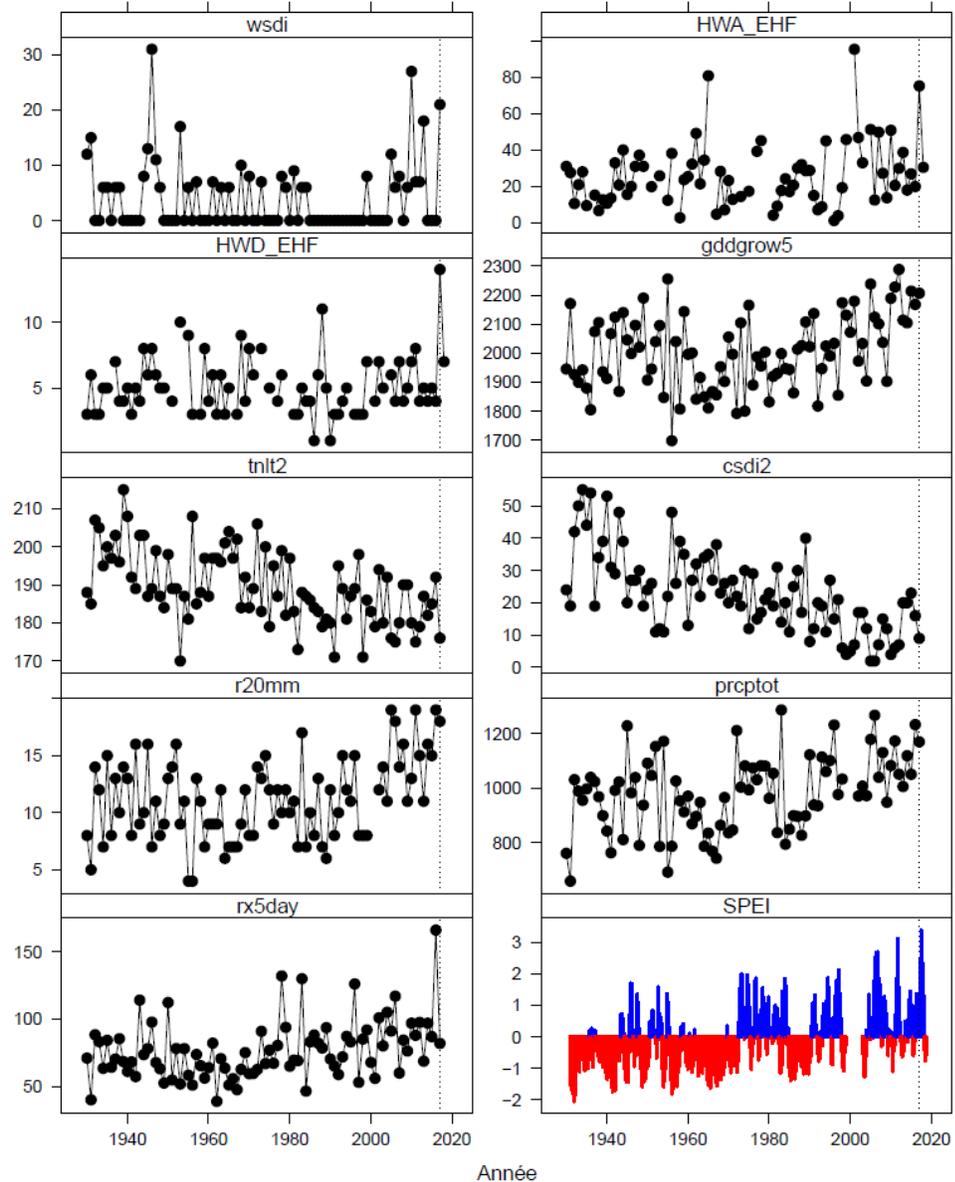


Figure 7. Évolution du climat de janvier 1930 à octobre 2018 à la station météorologique de l'Assomption, dans la plaine du Saint-Laurent (id : 5 237, altitude : 21 m). La ligne verticale pointillée indique l'année 2017 (01-juil-2017). Les données de précipitations sont incomplètes de 1999 à 2001.

wsdi : nombre de jours de canicule (jours); **HWA_EHF** : amplitude de la vague de chaleur la plus chaude ($^{\circ}\text{C}^2$); **HWD_EHF** : durée de la vague de chaleur la plus chaude (jours); **gddgrow5** : nombre de degrés-jours de croissance ($\text{DJC} > 5^{\circ}\text{C}$, degrés-jours); **tnlt2** : nombre de jours où la température minimum journalière est $< 2^{\circ}\text{C}$ (jours); **csdi2** : Nombre de jours (≥ 2 jours consécutifs) contribuant à une période froide dans l'année ($T_{\text{min}} < -18,2^{\circ}\text{C}$, jours); **r20mm** : nombre de jours lorsque les précipitations sont ≥ 20 mm (jours); **prcptot** : précipitations totales annuelles (éq. eau, mm); **rx5day** : quantité maximum de précipitations durant 5 jours (mm); **SPEI** : indice de précipitations-évapotranspiration standardisé de 12 mois (*Standardized precipitation-evapotranspiration index 12 months*) (unité relative). Une valeur négative de l'indice (en rouge) indique un épisode de sécheresse, tandis qu'une valeur positive (en bleu) indique un épisode de surplus d'eau.

- On observe certaines tendances à long terme associées au changement du climat à cette station météorologique : baisse du nombre de jours dans l'année où la température minimale journalière est $< 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, baisse du nombre de jours contribuant à une période froide dans l'année, augmentation des précipitations totales annuelles, augmentation de la quantité maximale de précipitations durant 5 jours, augmentation du nombre de jours lorsque les précipitations sont $\geq 20\text{ mm}$, augmentation du nombre de degrés-jours à partir des années 1980 et augmentation du SPEI.

On considère généralement que le dépérissement et la mortalité importante dans les érablières sont causés par un ou plusieurs facteurs de stress survenus dans l'écosystème. Suivant l'ordonnement des facteurs de stress par Manion (1991), la conjonction de facteurs dits prédisposants (p. ex. : régime de drainage des sols plutôt subhydrique [Wood *et al.* 2009], l'érable à sucre étant très sensible aux inondations durant la saison de croissance [Burns et Honkala 1990]), déclenchants (épidémie de livrée des forêts [Wood *et al.* 2009]) et aggravants (2016 et 2017 en particulier sont des années riches en extrêmes climatiques) semblent avoir joué un rôle significatif dans l'apparition de cette mortalité importante dans les peuplements. La météo en 2017 a été particulièrement exceptionnelle quant aux vagues de chaleur et à la quantité des précipitations, des conditions qui peuvent accroître la mortalité dans les forêts (Allen *et al.* 2015). Cependant, les arbres dont on a constaté la mort au printemps 2018 n'avaient pas une croissance historique plus faible que ceux demeurés vivants en 2018 — sauf au site n° 3 — ce qui est pourtant généralement le cas lors de l'apparition de dépérissement (Duchesne *et al.* 2003) ou de mortalité (Gonzalez *et al.* 2016).

4. Recommandations

Nous recommandons aux propriétaires d'érablières touchées par la mortalité de trouver le moyen d'améliorer le régime hydrique du sol et ainsi de favoriser l'aération et la croissance des racines et des radicelles. Si la tendance à la hausse de l'indice SPEI se maintient et que celui-ci devient de plus en plus positif, les surplus d'eau deviendront de plus en plus fréquents. La hauteur de la nappe phréatique est un facteur de site important qui influence la sévérité de la mortalité liée aux dommages faits par la livrée des forêts (tableau 3; Perrette *et al.* 2014). Dans de telles conditions de site, il serait bon de favoriser l'érable rouge (*Acer rubrum* L.), car cette essence tolère mieux les sols au régime subhydrique à hydrique. De plus, l'érable rouge est moins prisé par la livrée des forêts (Nicol *et al.* 2012), en raison de la présence de certains composés polyphénoliques dans son feuillage (Abou Zaid *et al.* 2001). L'insecte préfère d'abord le peuplier (*Populus* sp.), puis l'érable à sucre.

Advenant un retour de la livrée des forêts en 2019, nous recommandons de traiter les érablières au BT afin de réduire le risque de mortalité supplémentaire. En effet, la défoliation semble bien avoir joué un rôle majeur dans ce phénomène de mortalité subite, et les arbres encore vivants n'ont pas repris une croissance importante en 2018. Il suffit d'appliquer du BT tôt au printemps, dès que le feuillage atteint sa taille maximale et que les chenilles mesurent encore moins de 3 cm de longueur.

Ces actions devraient augmenter la résilience des peuplements aux stress environnementaux à court, à moyen et à long terme. Le cycle de retour de la livrée est régulier et varie de 9 à 13 ans au Québec (Cooke et Lorenzetti 2006). Ainsi, les propriétaires d'érablières sucrières peuvent profiter de cet intervalle pour améliorer la résilience de leurs peuplements d'érable à sucre avant le retour de la prochaine épidémie.

Les arbres dans les secteurs touchés par la mortalité devraient être récoltés sans attendre pour éviter que leur bois se détériore. La récolte forestière ne cause généralement pas de mortalité supplémentaire dans ce cas (Hartmann et Messier 2008).

Dans les secteurs touchés par la mortalité et envahis par le sureau, nous recommandons de protéger les jeunes tiges d'avenir lors de la récolte et de les dégager, sinon de planter des érables après la récolte, puis de les dégager. Il est à noter que les baies du sureau sont prisées pour leurs propriétés nutritives et médicinales (Nile et Park 2014), et pourraient donc représenter une source additionnelle de revenu.

En ce qui concerne les arbres survivants qui ont été défoliés à divers degrés, nous recommandons d'éviter d'entailler ceux de faible diamètre ou de ne pas excéder une entaille par arbre. La réduction de la croissance radiale a un effet sur la cicatrisation des entailles et sur la capacité de l'arbre à se faire entailler plusieurs fois.

5. Conclusion

Dans la plupart des cas, les épidémies de livrée des forêts causent une certaine mortalité chez les arbres opprimés (Gross 1991). La situation des trois secteurs d'érablières touchés par la mortalité au printemps 2018 nous paraît exceptionnelle. Il est fort probable que la conjonction des conditions humides de site, de la défoliation grave par la livrée des forêts deux mois après le début de la saison de végétation et d'extrêmes climatiques en 2017 ait joué un rôle majeur dans le taux de mortalité observé dans trois des quatre sites visités.

6. Références

- Abou Zaid, M.M., B.V. Helson, C. Nozzolillo et J.T. Arnason, 2001. *Ethyl m-digallate from red maple, Acer rubrum L., as the major resistance factor to forest tent caterpillar, Malacosoma disstria Hbn.* J. Chem. Ecol. 27(12): 2517-2527.
[<https://doi.org/10.1023/a:1013683600211>]
- Allen, C.D., D.D. Breshears et N.G. McDowell, 2015. *On underestimation of global vulnerability to tree mortality and forest die-off from hotter drought in the Anthropocene.* Ecosphere 6(8): art129. [<https://doi.org/10.1890/ES15-00203.1>]
- Bunn, A., M. Korpela, F. Biondi, F. Campelo, P. Mérian, M. Mudelsee, F. Qeadan, M. Schulz et C. Zang, 2013. *dplR: Dendrochronology Program Library in R.* R package version 1.5.7.
- Burns, R.M. et B.H. Honkala, 1990. *Silvics of North America: Volume 2. Hardwoods.* United States Department of Agriculture (USDA), Forest Service. Agriculture Handbook n° 654. 876 p.
[<https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/1548>]
- Cooke, B.J. et F. Lorenzetti, 2006. *The dynamics of forest tent caterpillar outbreaks in Québec, Canada.* For. Ecol. Manage. 226(1): 110-121.
[<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.01.034>]
- Duchesne, L., R. Ouimet et C. Morneau, 2003. *Assessment of sugar maple health based on basal area growth pattern.* Can. J. For. Res. 33: 2074-2080. [<https://doi.org/10.1139/X03-141>]
- Gonzalez-Akre, E., V. Meakem, C.-Y Eng, A.J. Tepley, N.A. Bourg, W. McShea, S.J. Davies et K. Anderson-Teixeira, 2016. *Patterns of tree mortality in a temperate deciduous forest derived from a large forest dynamics plot.* Ecosphere 7(12): e01595.
[<https://doi.org/10.1002/ecs2.1595>]
- Gregory, R.A. et P.M. Wargo, 1986. *Timing of defoliation and its effect on bud development, starch reserves, and sap sugar concentration in sugar maple.* Can. J. For. Res. 16(1): 10-17.
[<https://doi.org/10.1139/x86-003>]
- Gross, H.L., 1991. *Dieback and growth loss of sugar maple associated with defoliation by the forest tent caterpillar.* For. Chron. 67(1): 33-42. [<https://doi.org/10.5558/tfc67033-1>]
- Hall, T.J., J.D. Unger, T.C. Bast et B.S. Regester, 1999. *Factors associated with rapid mortality of sugar maple in Pennsylvania.* Dans : Horsley, S.B. et R.P. Long (éds.). *Sugar maple ecology and health: proceedings of an international symposium.* U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Research Station. Radnor, PA (États-Unis). Gen. Tech. Rep. NE-261: 51-54. [<https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/13137>]

- Hartmann, H. et C. Messier, 2008. *The role of forest tent caterpillar defoliations and partial harvest in the decline and death of sugar maple*. Ann. Bot. 102(3): 377-387.
[\[https://doi.org/10.1093/aob/mcn104\]](https://doi.org/10.1093/aob/mcn104)
- Herold, N., J. Goldie, L. Alexander, E. Aguilar, M. Prohom, The Pacific Climate Impacts Consortium (D. Bronaugh & J. Hiebert), H. Yang, Y. Feng et Y. Ouyang, 2018. *climPACT2: A downloadable R-software package developed by ET-SCI that calculates a wide range of sector-specific climate indices*. Supervision : Alexander, L. et N. Herold. Expert Team on Sector-specific Climate Indices (ET-SCI). World Meteorological Organisation.
- Manion, P.D., 1991. *Tree disease concepts*, 2nd edition. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, NJ (États-Unis). 402 p.
- [MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2015. *Norme de stratification écoforestière — Quatrième inventaire écoforestier du Québec méridional* (réédition de septembre 2015). Gouvernement du Québec, ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, Direction des inventaires forestiers. Québec, QC. 111 p.
[\[https://mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/norme-stratification.pdf\]](https://mffp.gouv.qc.ca/forets/inventaire/pdf/norme-stratification.pdf)
- [MFFP] Ministère des Forêts, de la Faune et des Parcs, 2018. *Relevés aériens des dommages causés par les insectes : Livrée des forêts*.
[\[http://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/fimaq/insectes/fimaq-insectes-portrait-relevés.jsp\]](http://www.mffp.gouv.qc.ca/forets/fimaq/insectes/fimaq-insectes-portrait-relevés.jsp)
- Nicol, R.W., J.T. Arnason, B. Helson et M.M. Abou-Zaid, 2012. *Effect of host and nonhost trees on the growth and development of the forest tent caterpillar, Malacosoma disstria (Lepidoptera: Lasiocampidae)*. Can. Entomo. 129(6): 991-999. [\[https://doi.org/10.4039/Ent129991-6\]](https://doi.org/10.4039/Ent129991-6)
- Nile, S.H. et S.W. Park, 2014. *Edible berries: Bioactive components and their effect on human health*. Nutrition. 30(2): 134-144. [\[https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.04.007\]](https://doi.org/10.1016/j.nut.2013.04.007)
- Perrette, G., F. Lorenzetti, J. Moulinier et Y. Bergeron, 2014. *Site factors contribute to aspen decline and stand vulnerability following a forest tent caterpillar outbreak in the Canadian Clay Belt*. For. Ecol. Manage. 323: 126-137. [\[https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.03.013\]](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.03.013)
- R Core Team, 2018. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria.
- Robitaille, A. et J.-P. Saucier, 1998. *Paysages régionaux du Québec méridional*. Les Publications du Québec. Québec, QC. 213 p.
- Rozendaal, D.M.A. et R.K. Kobe, 2016. *A forest tent caterpillar outbreak increased resource levels and seedling growth in a northern hardwood forest*. PLoS ONE 11(11): e0167139.
[\[https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167139\]](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0167139)

- Vicente-Serrano, S.M., S. Beguería et J.I. López-Moreno, 2010. *A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evapotranspiration index*. J. Clim. 23(7): 1696-1718. [<https://doi.org/10.1175/2009JCLI2909.1>].
- Wood, D., R. Yanai, D. Allen et S. Wilmot, 2009. *Sugar maple decline after defoliation by forest tent caterpillar*. J. For. 107(1): 29-37.
- Zhang, X., L. Alexander, G.C. Hegerl, P. Jones, A.K. Tank, T.C. Peterson, B. Trewin et F.W. Zwiers, 2011. *Indices for monitoring changes in extremes based on daily temperature and precipitation data*. Clim. Change 2(6): 851-870. [<https://doi.org/10.1002/wcc.147>]

Rock Ouimet
Service de la génétique reproduction et écologie

Guillaume Drolet
Service de la sylviculture et rendement des forêts