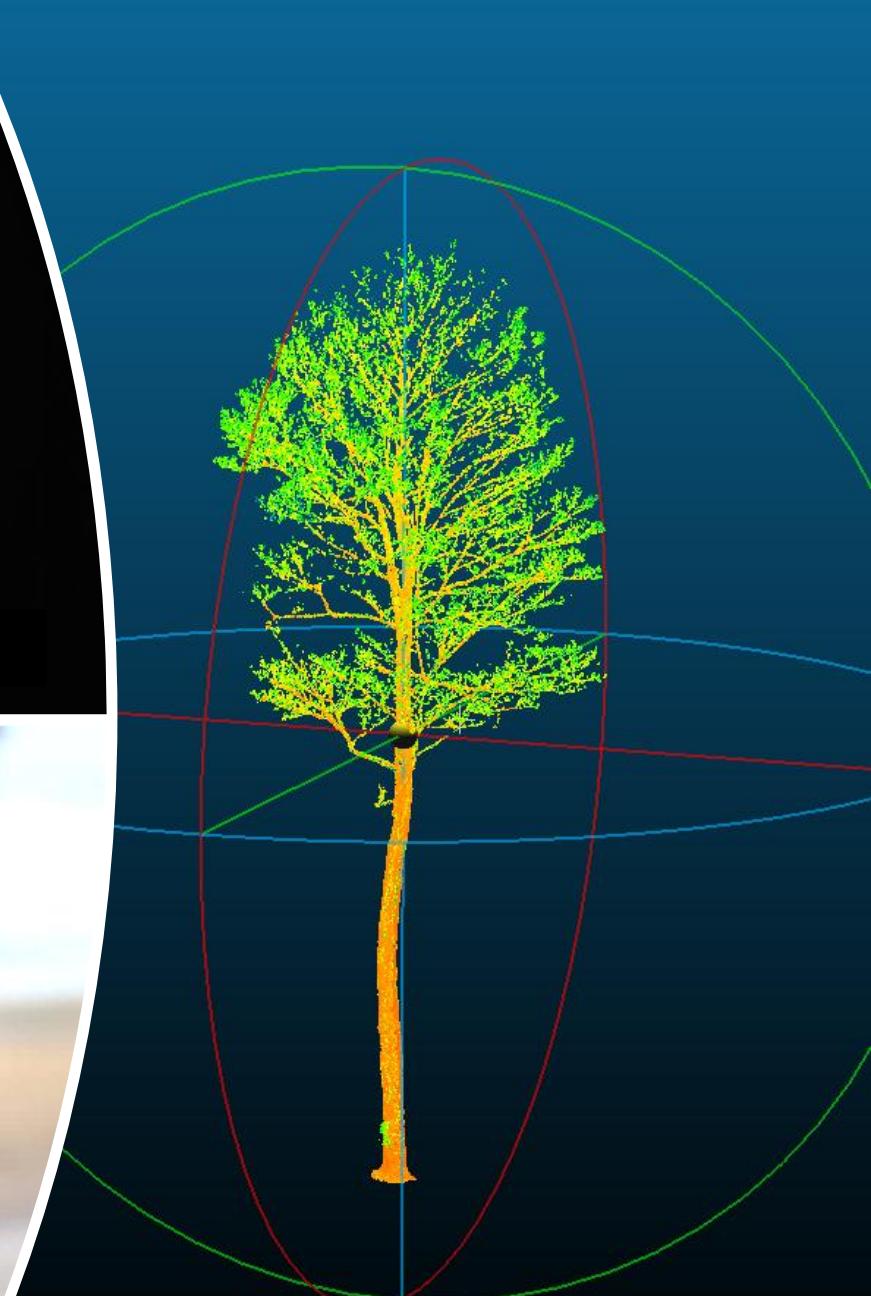


D'où vient la sève d'érable et qu'est-ce qui influence sa coulée?

Par Élise Bouchard, ing. f.,
M.sc.

Présenté dans le cadre des
journées acéricoles 2026



La coulée d'eau d'érable et la météo

Des ingrédients simples:

- **Air**
- **Eau**
- **Glace**
- **Sucres**

Mais une recette assez compliquée... !



Mes recherches: une échelle accessible pour le producteur ou la productrice

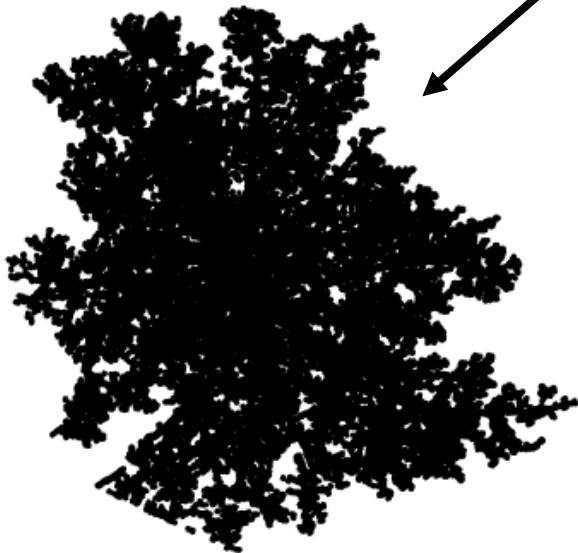
Expériences passées et en cours

- Compétition Écologie
- Architecture Physiologie
- Sources d'eau
- Mouvements d'eau
- Gel interne
- Réhydratation
- Défauts de saveur Phénologie

Mes recherches

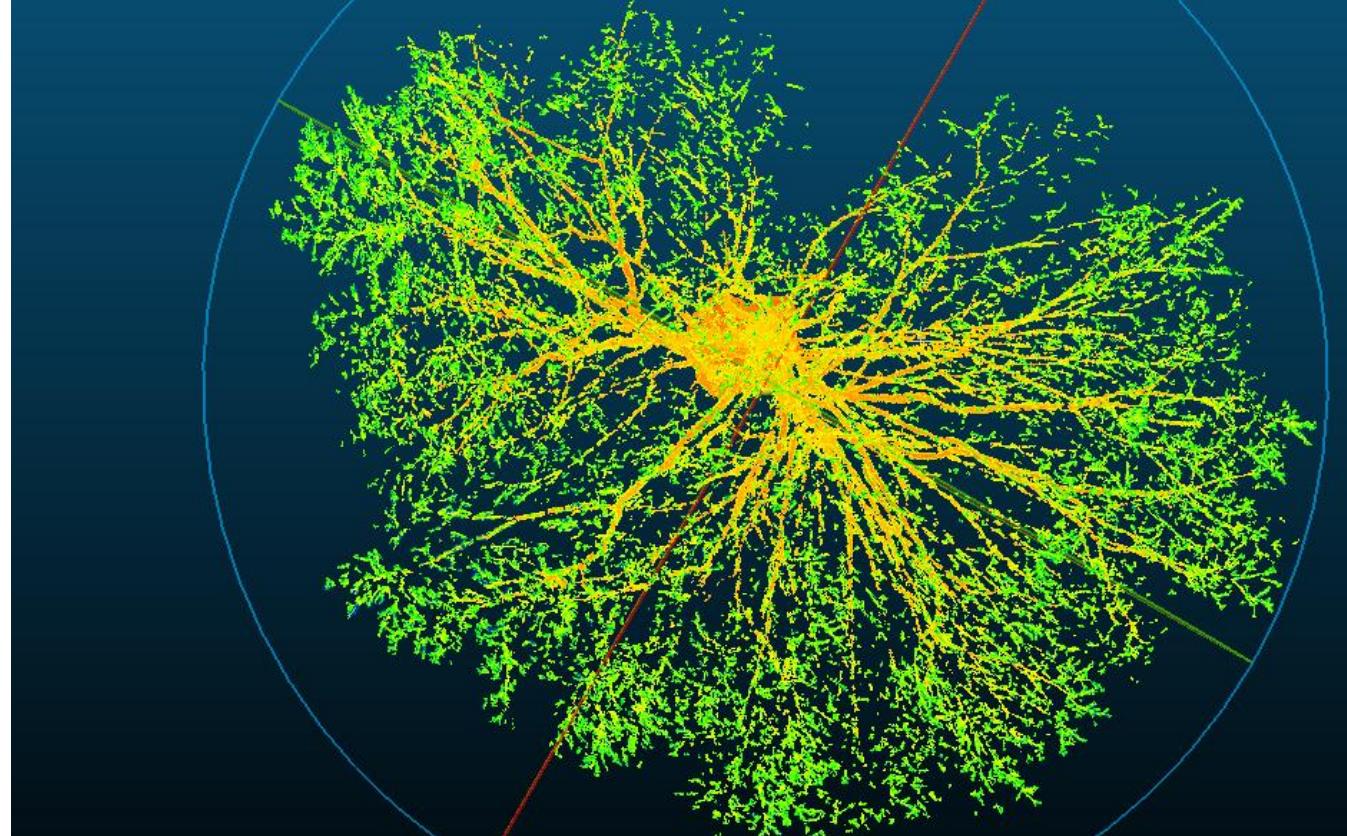
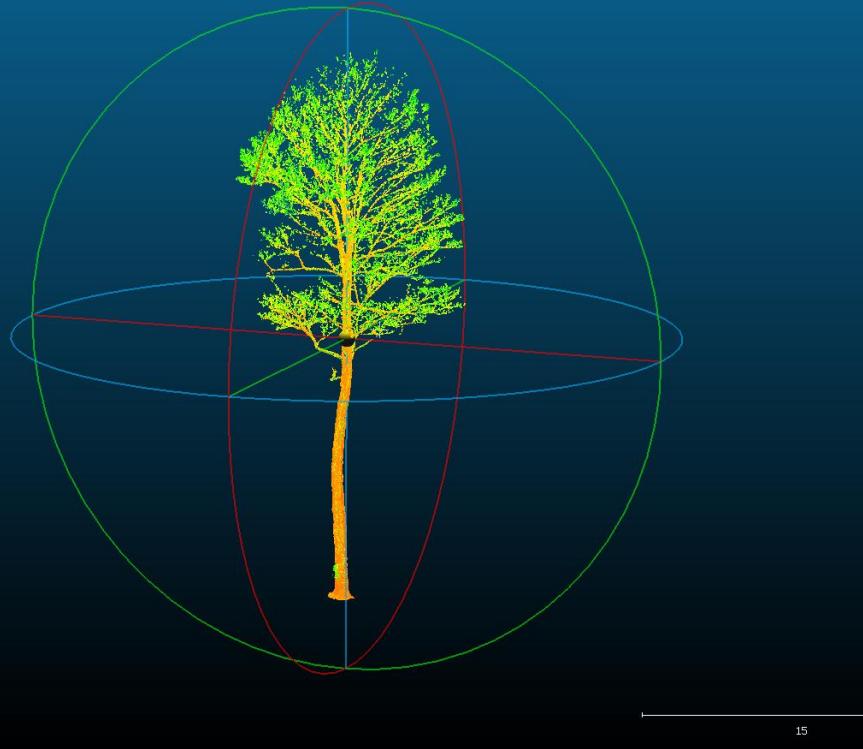
Expériences passées et en cours

- Compétition
- Architecture
- Sources d'eau
- Mouvements d'eau
- Gel interne
- Réhydratation
- Défauts de saveur



Vue aérienne de
la cime





L'architecture des érables et son influence sur la production de sirop

Collaborateurs et collaboratrice

- Annie Deslauriers (UQAC)
- Luc Lagacé (centre Acer)
- Gauthier Lapa (stagiaire post-doctoral)
- Bastien Lecigne (Jakarto)
- Dominique Gravel (UdeS)
- Christian messier (UQO et UQÀM)

Rendements en sirop d'érable

Une équation à 2 variables



+



→



Rendements en sirop d'érable

- Systèmes de récolte



© Élise Bouchard



© MRC de l'Érable

Dans la littérature

CIME

Taille cime

- USDA 1971
- Grenier 2007

Dépérissement cime

- Wilmot et al., 1995
- Noland et al., 2006

TRONC

Diamètre à hauteur de poitrine (DHP)

- Leaf and Watterston, 1964
- Moore et al., 2020
- Rademacher et al., 2023
- Larochelle 1998
- Wilmot et al., 1995
- Grenier 2007
- USDA 1971

Taux de croissance

- Moore et al., 2020
- Laing and Howard 1990
- Grenier 2007
- USDA 1971

Littérature

- **Études en système sous-vide**
 - Forest service 1971
 - **Grenier 2007**
 - **Moore et al., 2020**
 - Laing and Howard 1990
 - Leaf and Watterston, 1964
 - Rademacher et al., 2023
 - Larochelle 1998
 - Wilmot et al., 1995
 - Noland et al., 2006



Conclusion revue des connaissances actuelles

- Principalement basé sur le **tronc (DHP)** peu d'études regardent la cime
- Celles qui regardent la **cime** trouvent **peu d'effets ou des effets contradictoires**
- Quantité **limitée** d'études réalisées en conditions commerciales avec un **système sous-vide**
- Seul consensus: Il y a généralement un **effet positif du DHP** positif sur le **volume d'eau** d'éable mais...
- Le **taux de sucre** de la sève printanière reste **inexpliqué**

Hypothèses et prédictions

La **CIME** devrait être un meilleur indicateur de la coulée que le tronc :

- Capacité photosynthétique
- Bassin de sucres
- Gel-dégel fréquent
- Indicateur de vigueur
- Offre et demande des bourgeons



© Simon Lefebvre

Méthodes: Site

- Saint-Norbert-D'Arthabaska
- 40 arbres dominants ou co-dominants
- Architecture et taux de croissance variés
- DHP 40 à 62 cm
- Hauteur 23 à 28,5 m



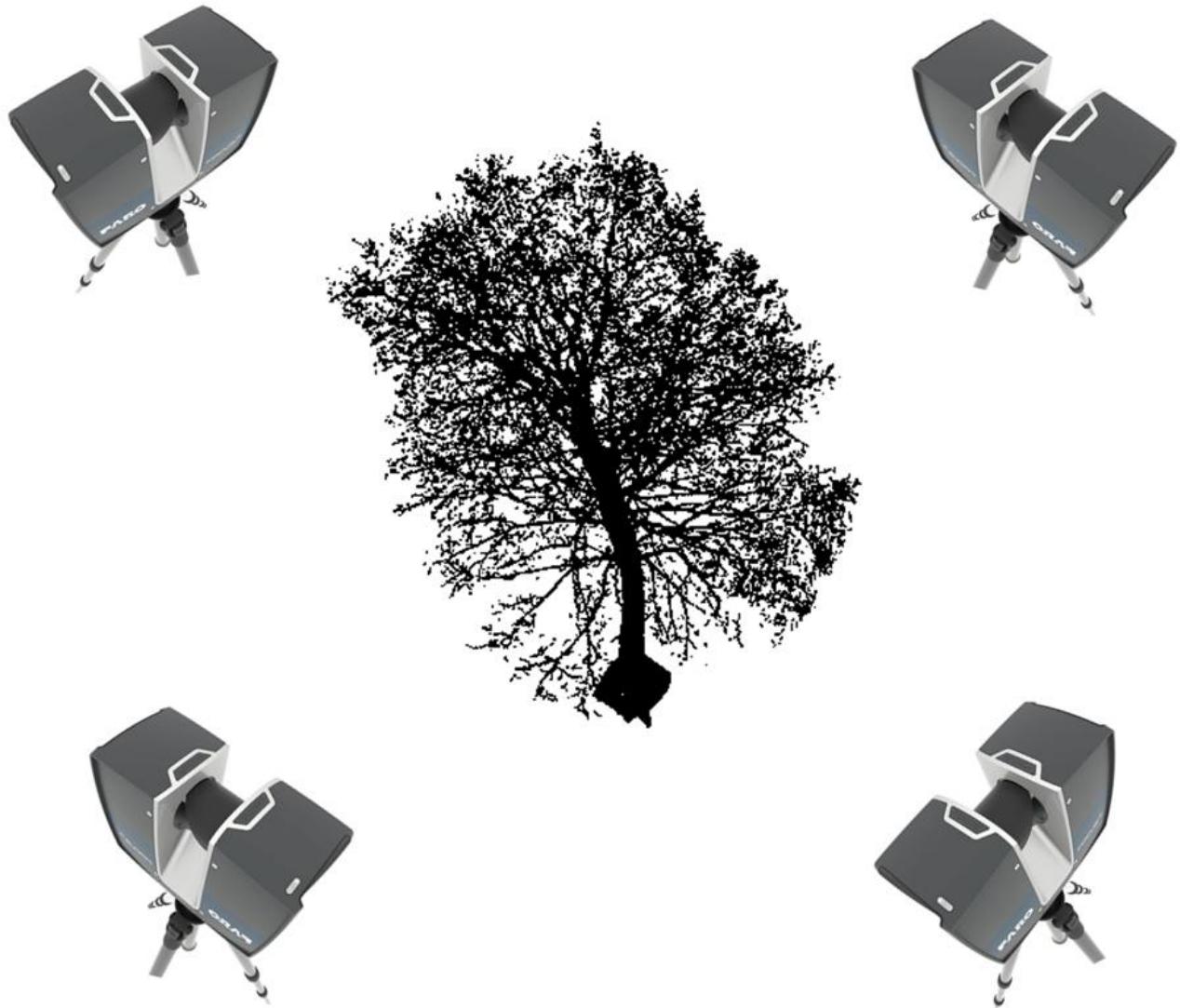
Méthodes: Rendements des érables

- Barils connectés au vacuum
- Poids en fin de saison
- Taux de sucre
- Équation de conversion en sirop potentiel



Méthodes: LIDAR terrestre

- Automne 2019
- Scanner laser terrestre FARO Focus X130
- Scans 3 à 4 positions
- Cibles sur le terrain
- Assemblage des scans
- Nettoyage des nuages de points



Nuages de points en 3D

- Quelques exemples d'arbres sur notre site



LIDAR terrestre: Dendrométrie

CIME

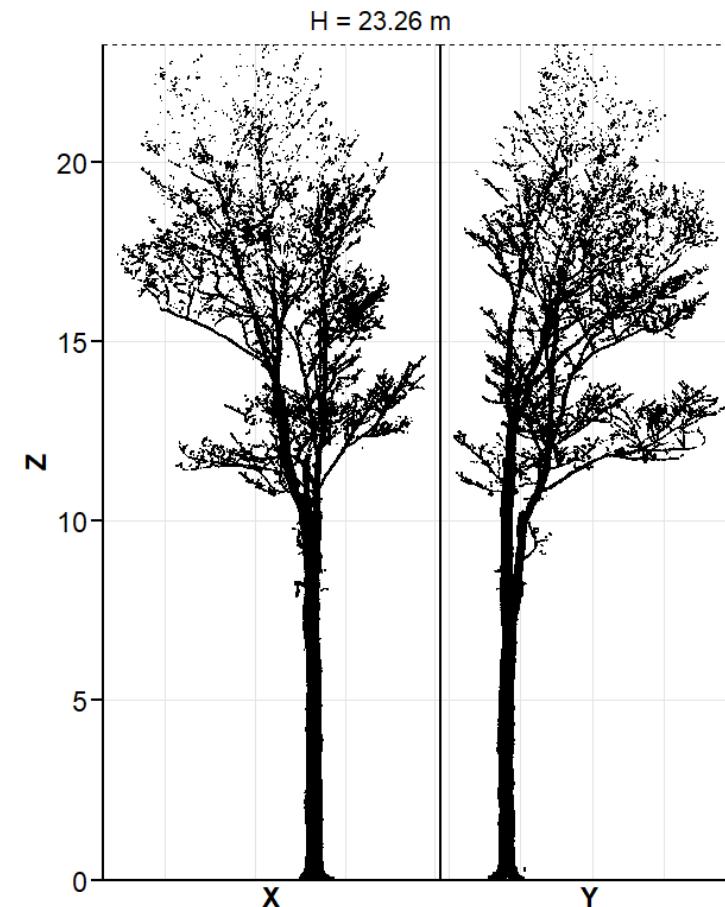
- Diamètre
- Surface projetée
- Volume
- Surface de bois

ARCHITECTURE

- Nombre de fourches
- Inclinaison de l'arbre
- Symétrie de la cime

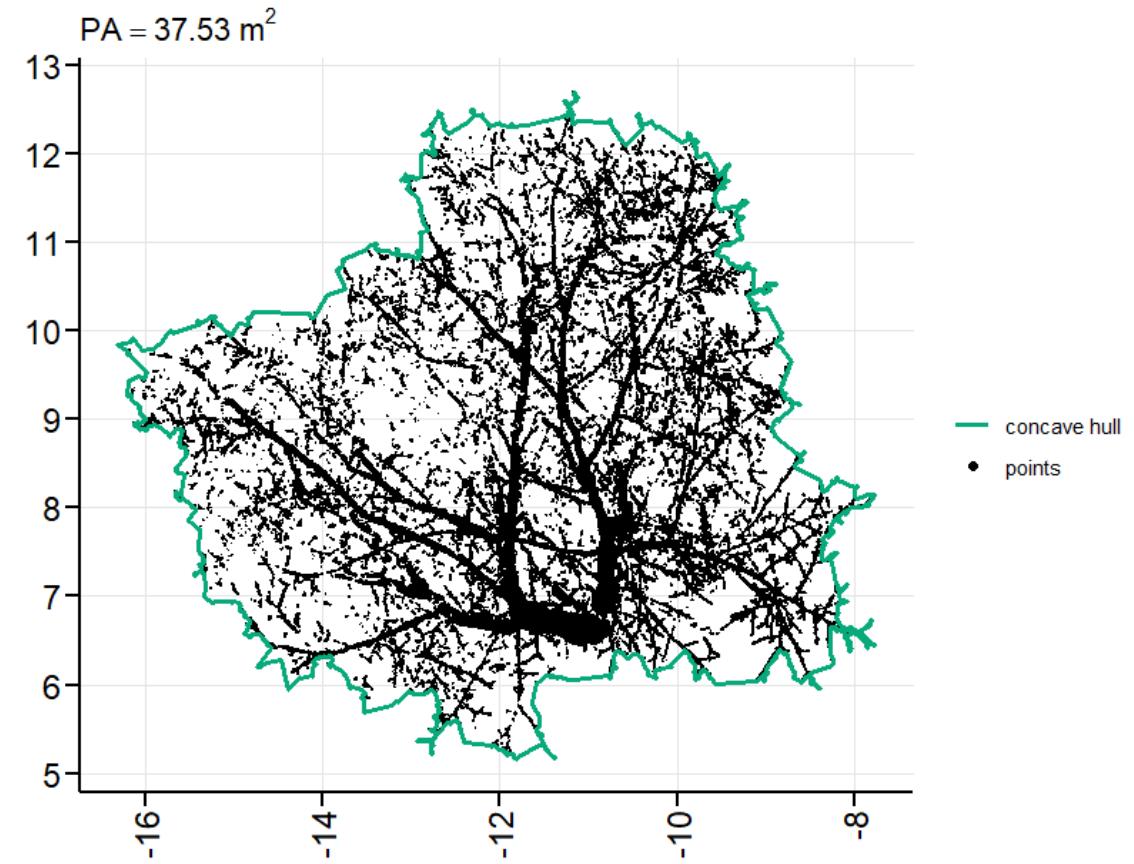
BIOMASSE

- Volume de bois dans le tronc
- Volume de bois dans les branches



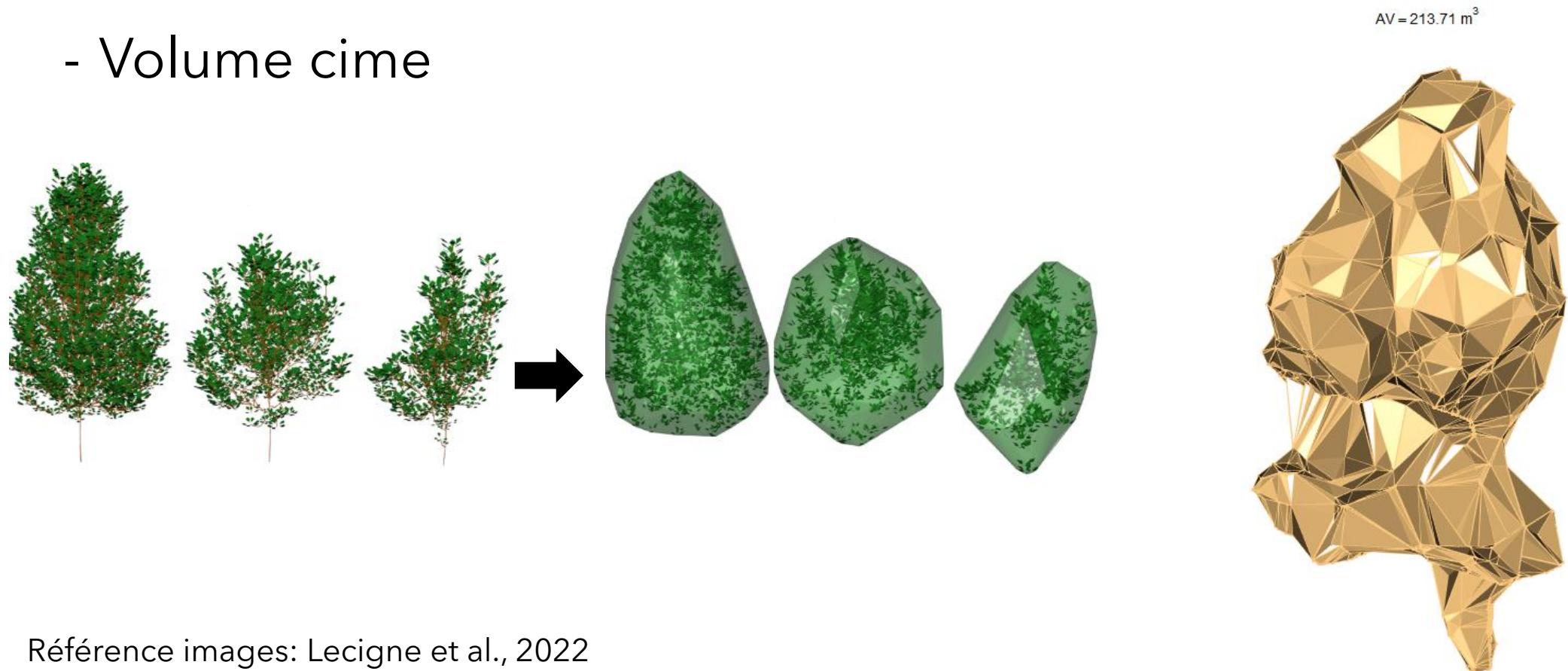
LIDAR terrestre: Dendrométrie

- Surface projetée cime



LIDAR terrestre: Dendrométrie

- Volume cime

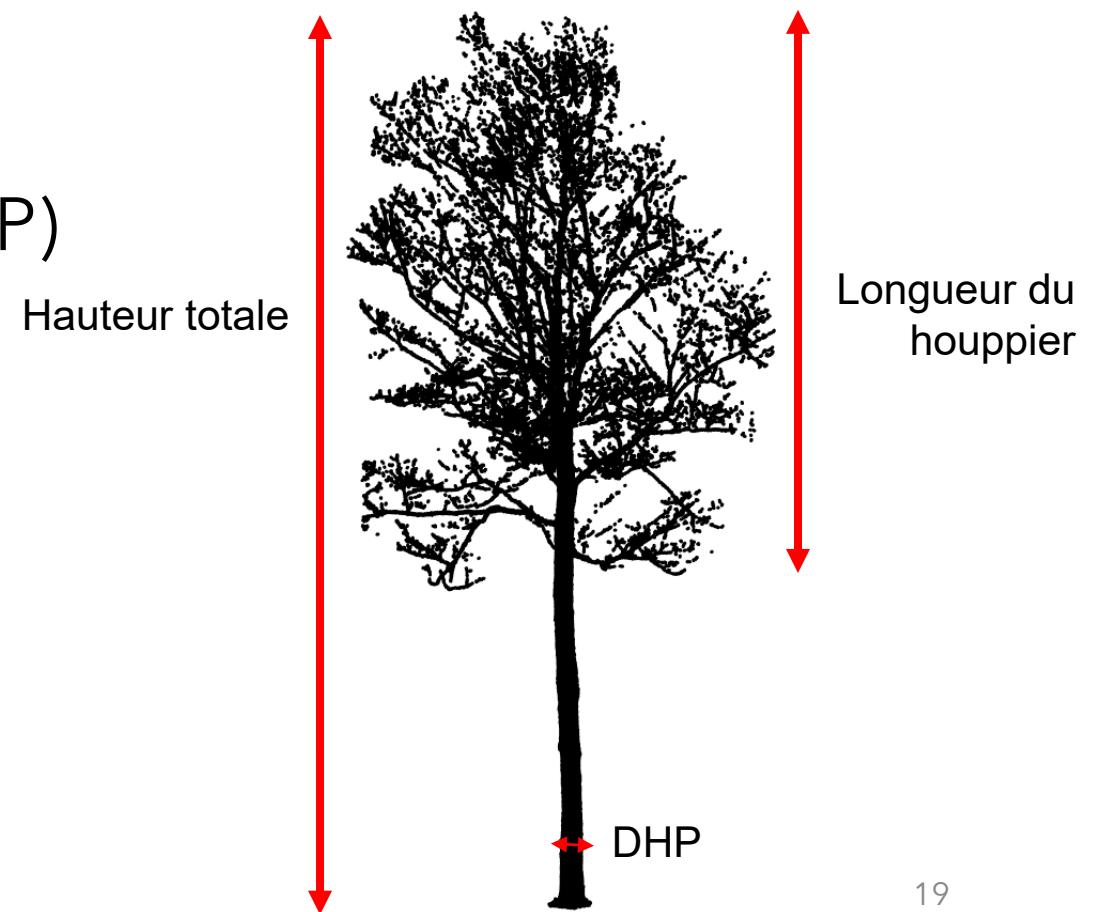


Référence images: Lecigne et al., 2022

LIDAR terrestre: Dendrométrie

Autres mesures plus traditionnelles:

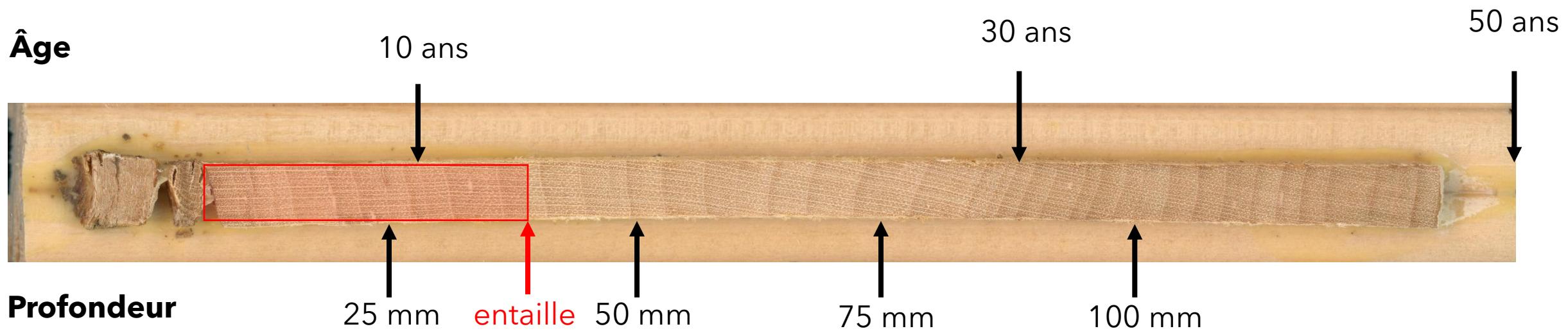
- Diamètre à hauteur de poitrine (DHP)
- Hauteur totale
- Longueur du houppier
- Croissance



LIDAR terrestre: Dendrométrie

Croissance:

1. Zone d'influence de l'entaille (profondeur)
2. Vigueur (âge)



Résultats

TAUX DE SUCRE

VOLUME DE SÈVE

- Le taux de sucre et les volumes de sève ne sont pas liés:
 - Un érable qui donne plus de sève n'as pas nécessairement un taux de sucre plus élevé
- Ce ne sont pas les mêmes facteurs qui expliquent les taux de sucres que ceux qui expliquent les volumes de sève.

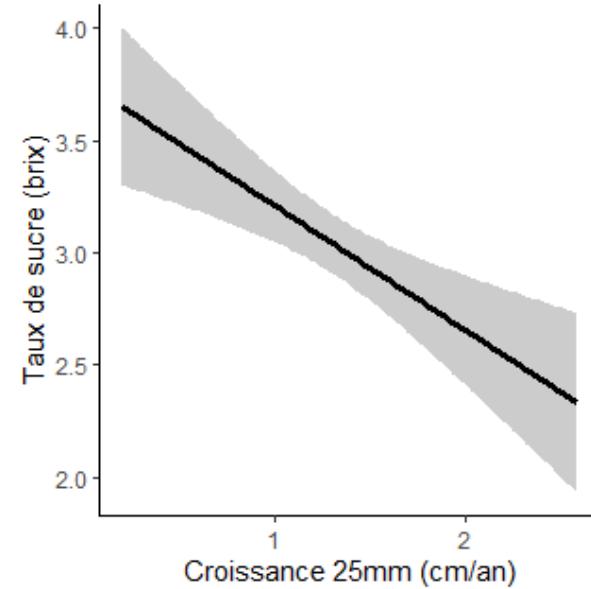
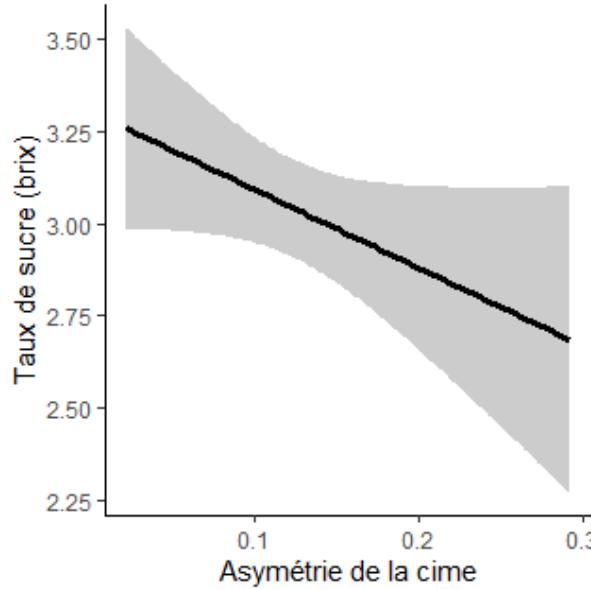
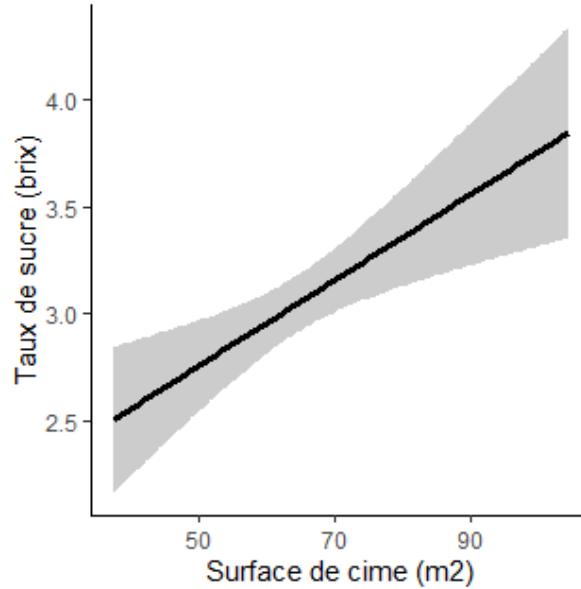
Résultats

TAUX DE SUCRE

Taux de sucre

CIME et **STRESS**

56% de la variation en taux de sucre est expliquée par notre modèle



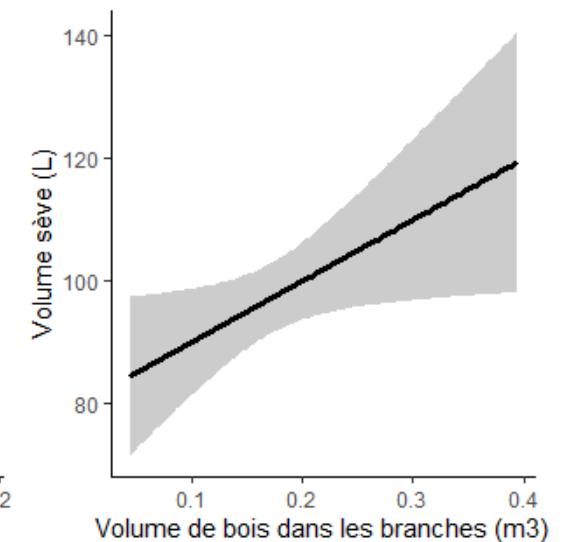
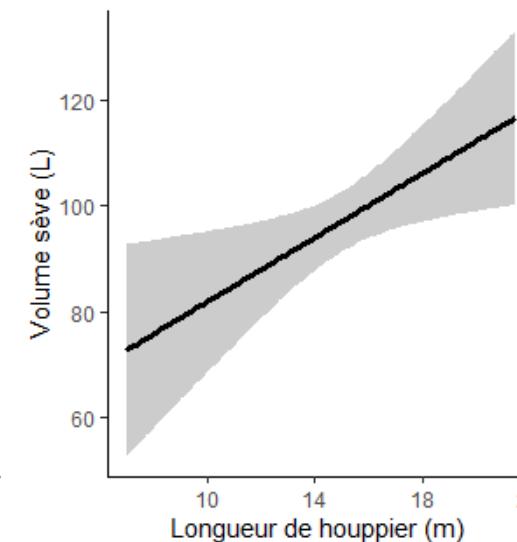
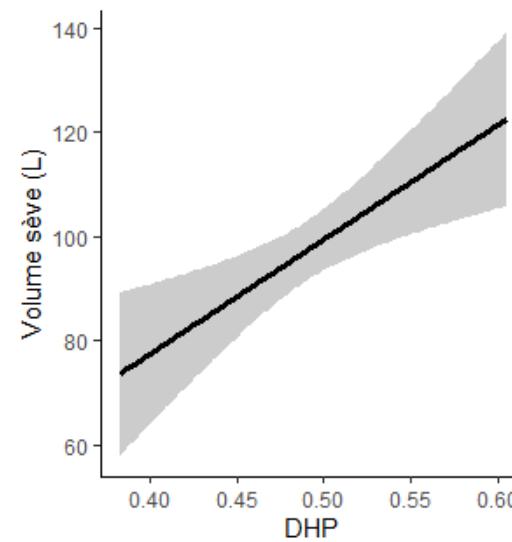
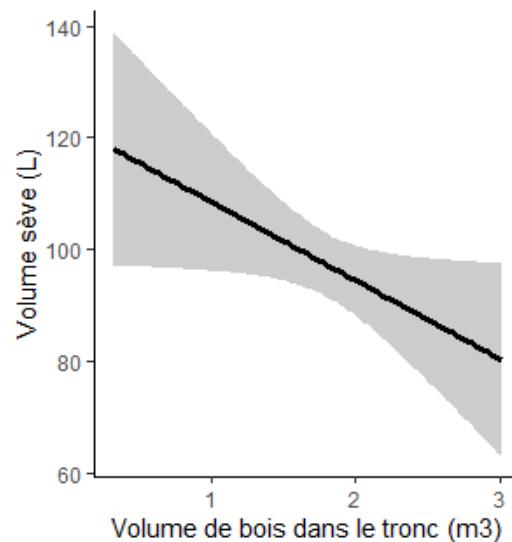
Ça prend: Une cime large et symétrique
Le stress dans les années récentes peut aussi influencer le taux de sucre

Résultats

VOLUME DE SÈVE

Volume de sève BIOMASSE

46% de la variation en volume de sève est expliquée par notre modèle



« Un gros arbre branchu »

Un tronc large, mais avec beaucoup de volume de bois dans les branches par rapport au tronc, et une cime longue

Résultats

Nos champions

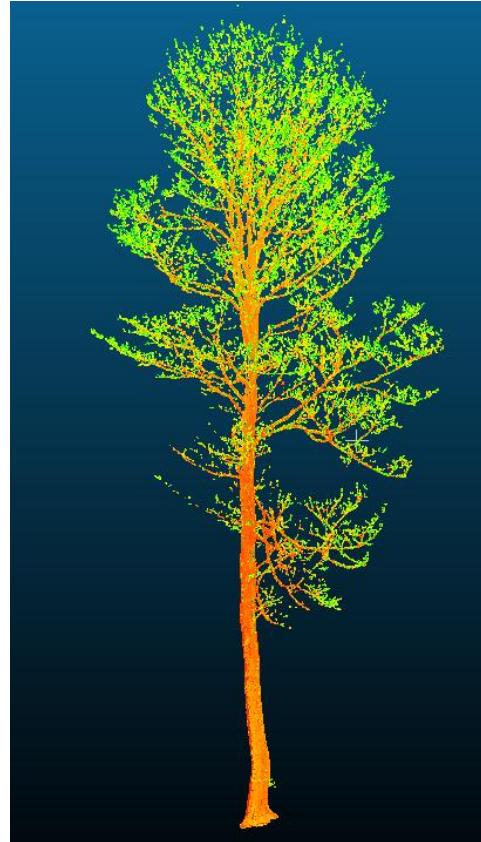
Taux de sucre (4 brix et +)



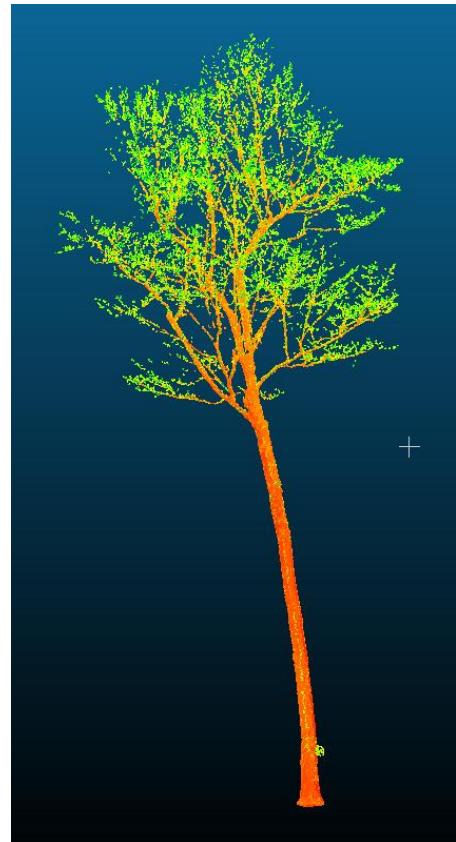
DHP

49cm

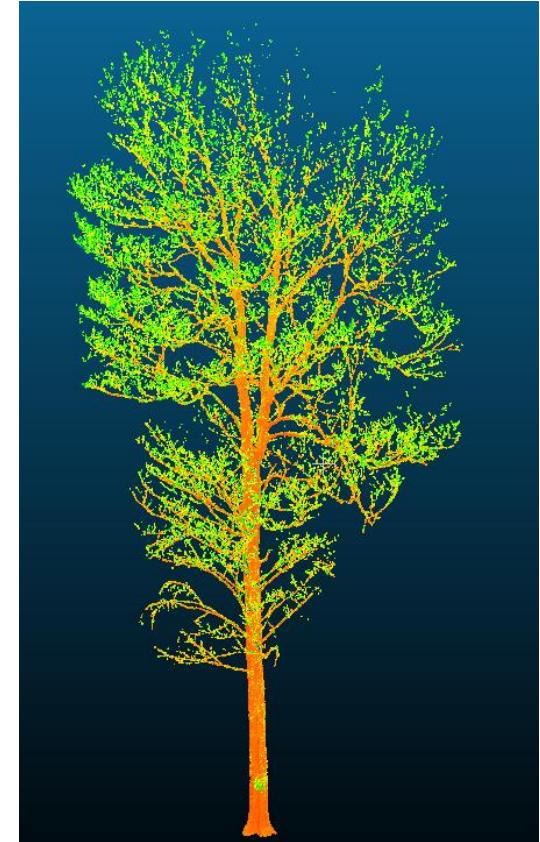
Volume de sève (146 L et +)



60cm



52cm



49cm

24

Résultats

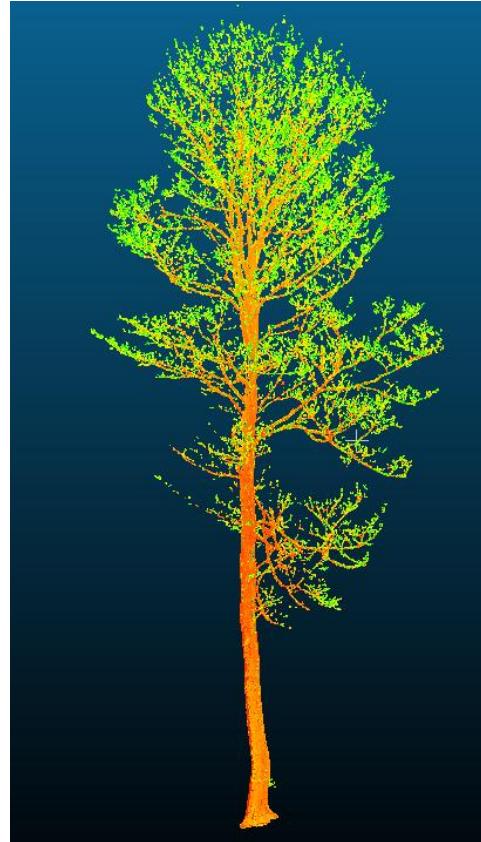
Nos champions

Taux de sucre (4 brix et +)

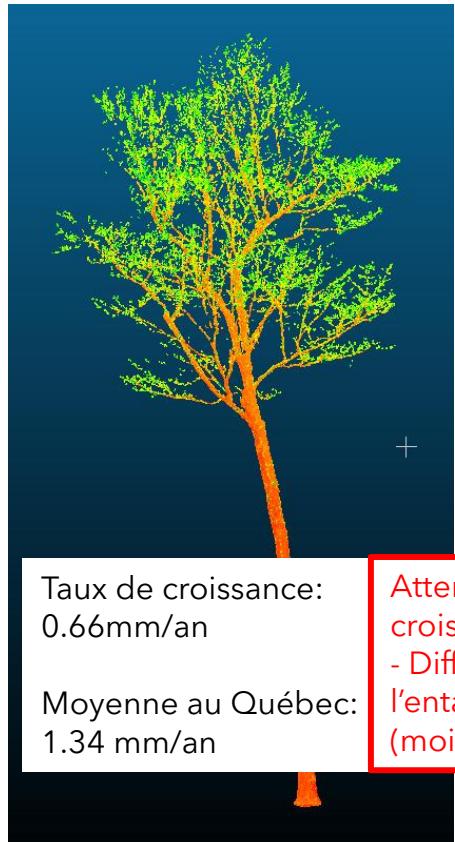


49cm

Volume de sève (146 L et +)



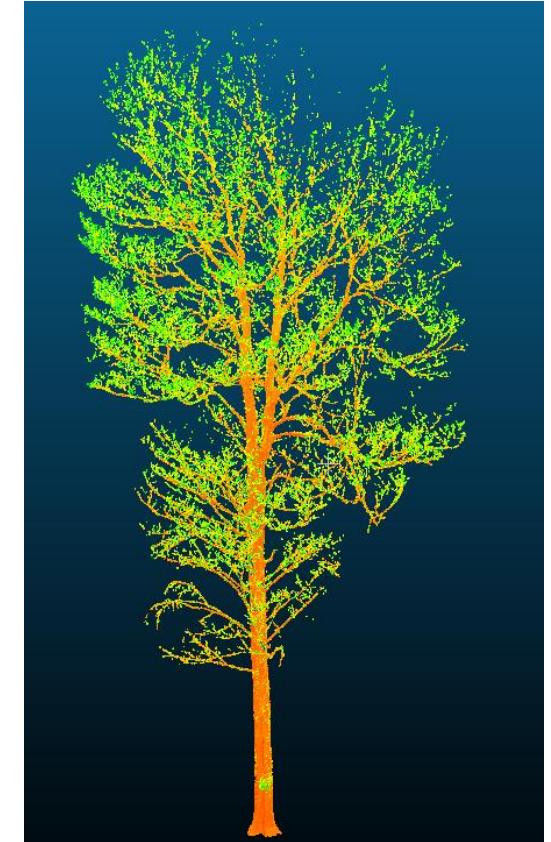
60cm



Taux de croissance:
0.66mm/an

Moyenne au Québec:
1.34 mm/an

Attention si mauvaise
croissance:
- Difficile de maintenir
l'entaillage dans le temps
(moins de bois sain)

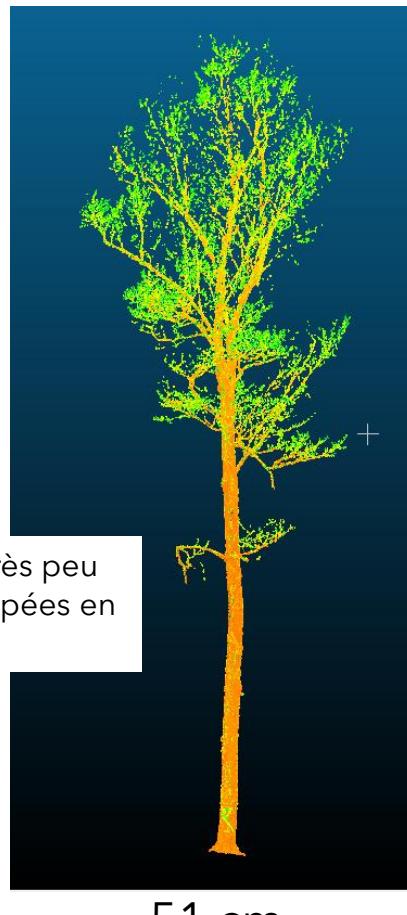
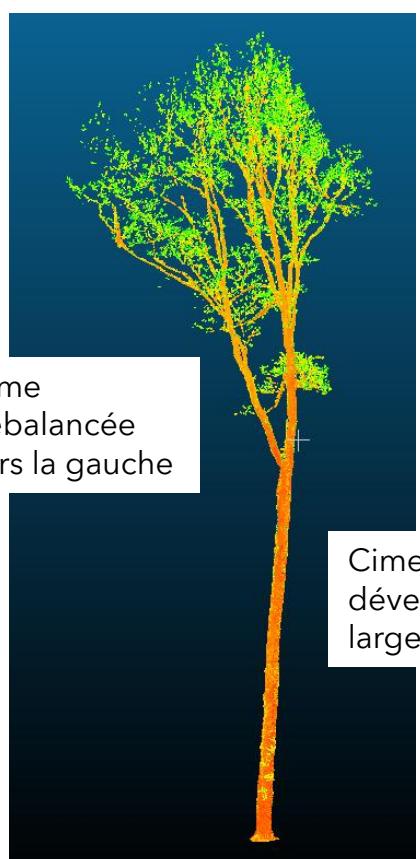


25

Résultats

Nos perdants

Taux de sucre (2.3 brix et -)



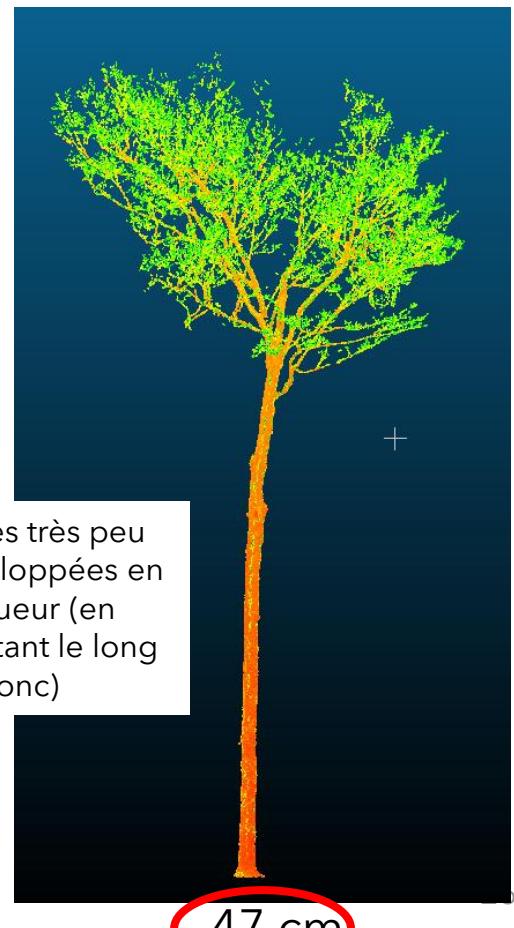
DHP

48 cm

Volume de sève (52 L et -)



48 cm

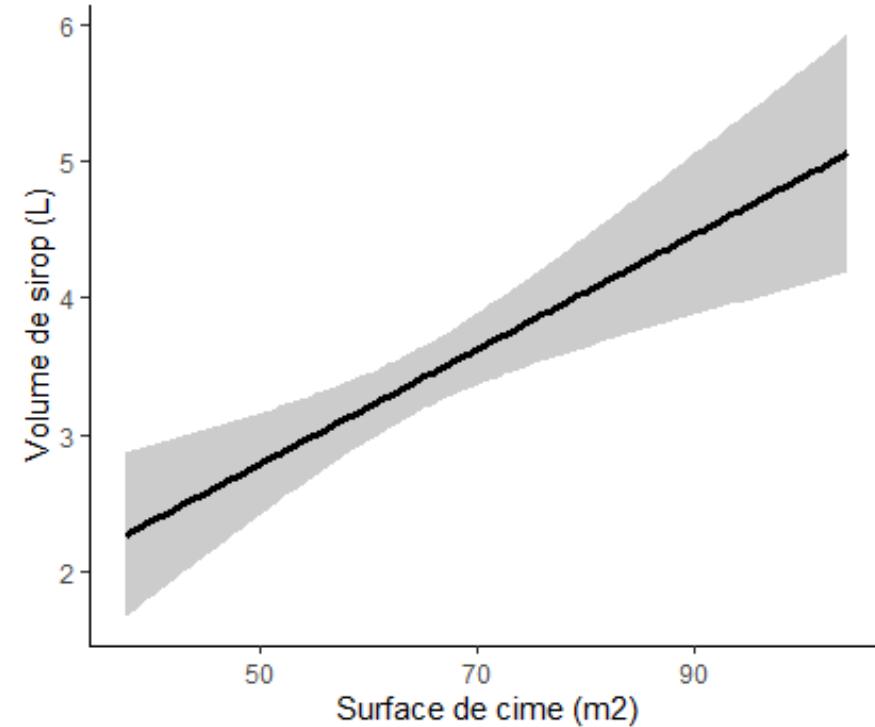


47 cm

Résultats

SIROP POTENTIEL

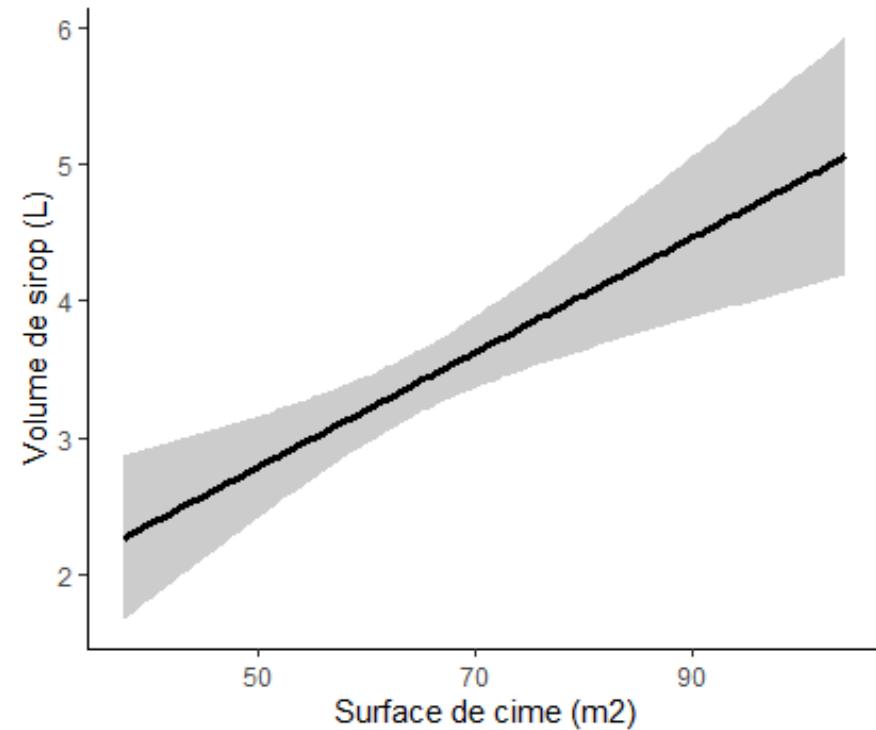
- **Surface de la cime** (explique **47%** des variations dans les rendements sirop)
- On peut ajouter le diamètre du tronc (DHP) pour augmenter légèrement la performance à 49%



Résultats

SIROP POTENTIEL

➤ La **surface de cime** est la seule variable qui explique assez bien à la fois le taux de sucre (17%) et le volume (21%), expliquant sa **bonne performance pour les rendements en sirop!**

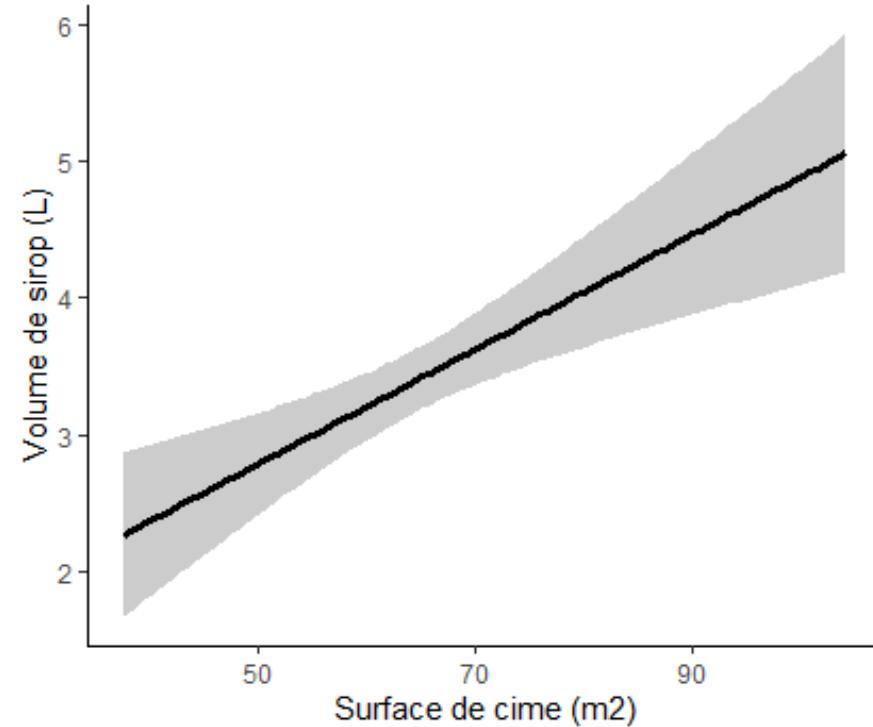


Résultats

SIROP POTENTIEL

- **Surface de la cime (~47%)**

- Pour gagner **250 ml de sirop**, cela prend environ **6m² de surface de cime** supplémentaire.



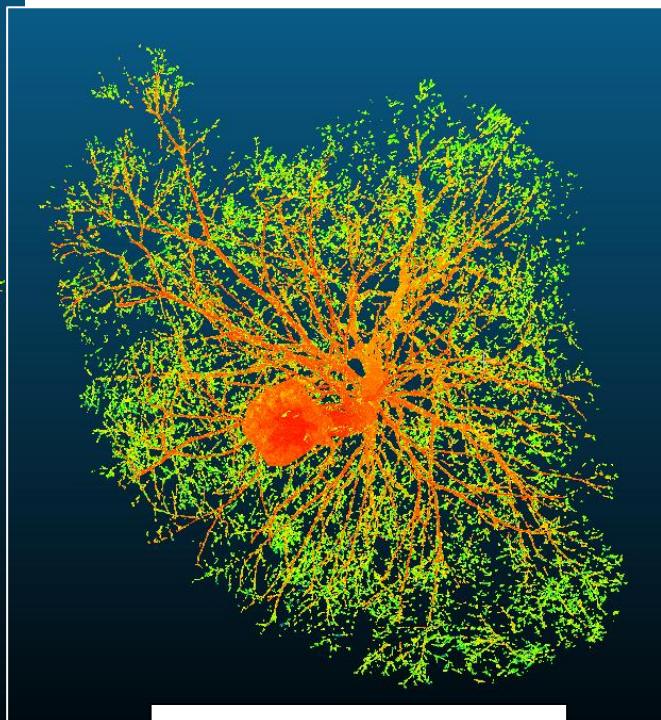
Résultats

Les champions

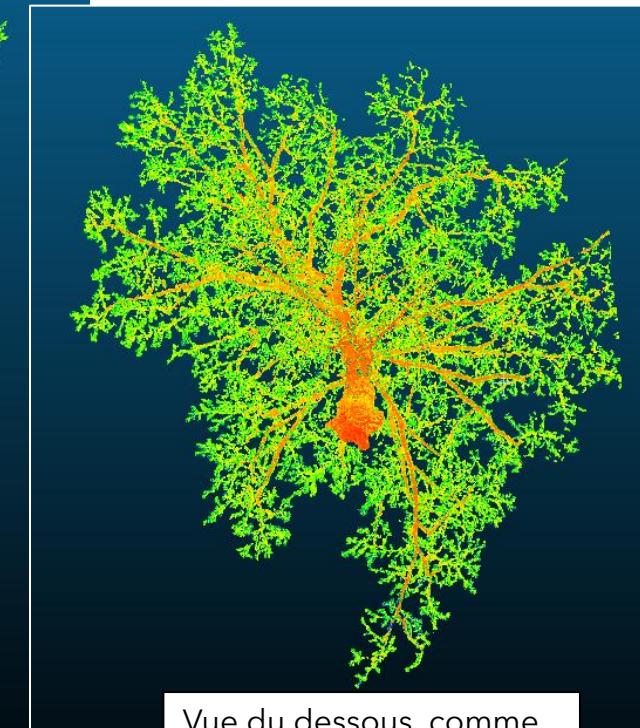
Rendements en sirop: 5 Litres (1.3 gallon) et +



Cimes bien développées en largeur.
Elles couvrent une grande surface



Vue du dessous, comme
on voit les cimes en forêt



Vue du dessous, comme
on voit les cimes en forêt

Messages à ramener à la maison

- **Meilleur indicateur** des rendements en sirop en système sous-vide
 - **SURFACE PROJETÉE DE LA CIME**
- Aménagement pour **maximiser la performance d'arbres individuels**
 - Viser des cimes développées latéralement

Limitations

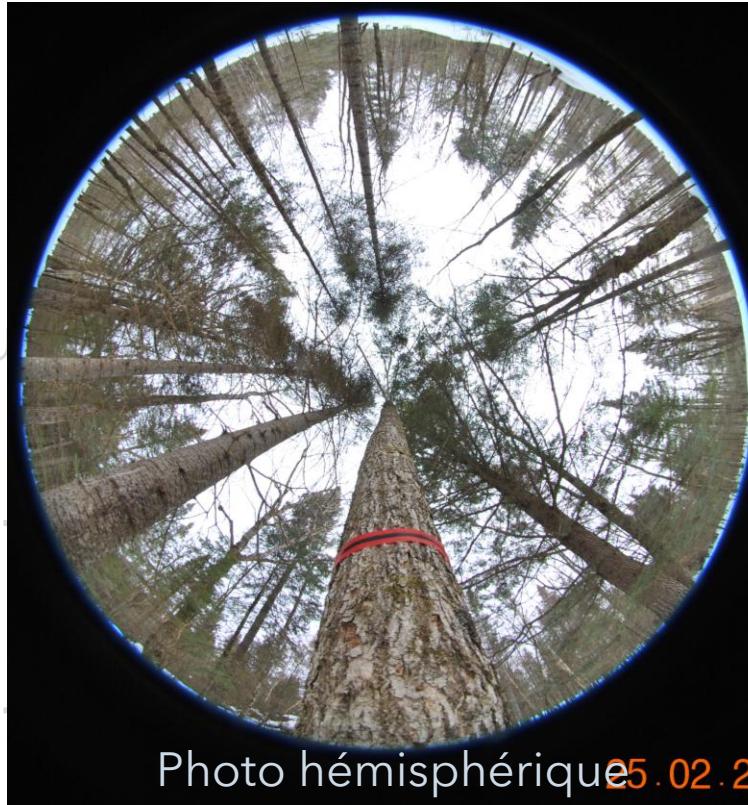
- Petit échantillon (1 année, 40 arbres, 1 site)
- Exclut les arbres plus jeunes (20 à 40 cm de DHP)

Donc il reste du travail à faire!

Mes recherches

Expériences passées et en cours

- Compétition
- Architecture
- Sources d'eau
- Mouvements d'eau
- Gel interne
- Réhydratation
- Défauts de saveur





© Romain Vanderheyden



© Gauthier Lapa



© Élise Bouchard

Impact de la compétition sur les rendements acéricoles

Collaborateurs et collaboratrices

- Annie Deslauriers (UQAC)
- Romain Vanderheyden
- Benoît Gendreau-Berthiaume (ISFORT)
- Charlotte Langlois
- Christian messier (UQO et UQÀM)

Méthodes

- 60 érables de tailles variées (20 à 46 cm DHP)
- Érablière mixte 40 hectares
- Rendements quotidiens à la chaudière
- 2 années (2020-2021)
- Surface terrière des compétiteurs
- Dimensions des arbres
- Analyses de sol
- Photo hémisphérique (lumière au tronc)
- Croissance (carottage)
- Indice de dépérissement de la cime



25.02.2020 10:07



Résultats préliminaires

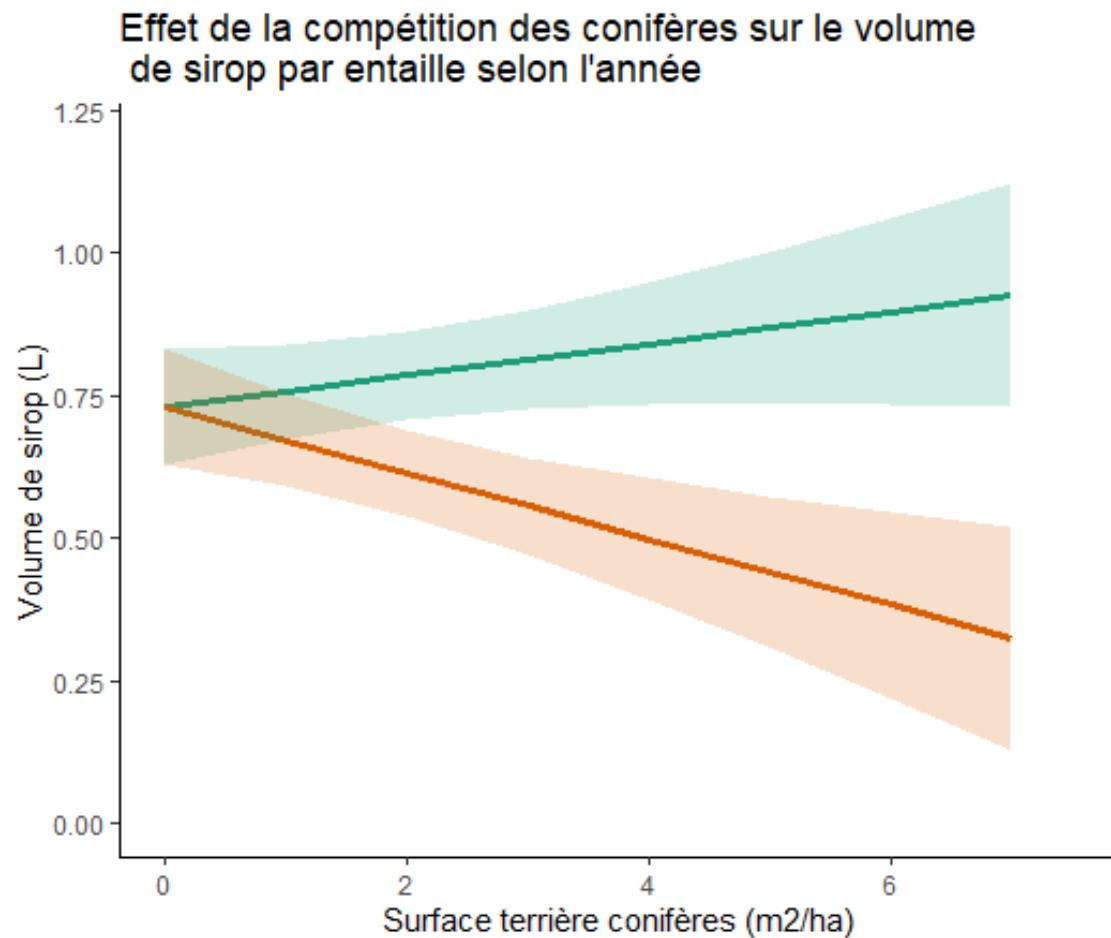
Q: Est-ce que les érables entourés de conifères ont une production différente?

R: **Oui**, la présence de conifères explique une partie de la variation dans les rendements (10%), mais leur effet sur la coulée peut être **soit positif ou négatif selon les années**

Résultats préliminaires

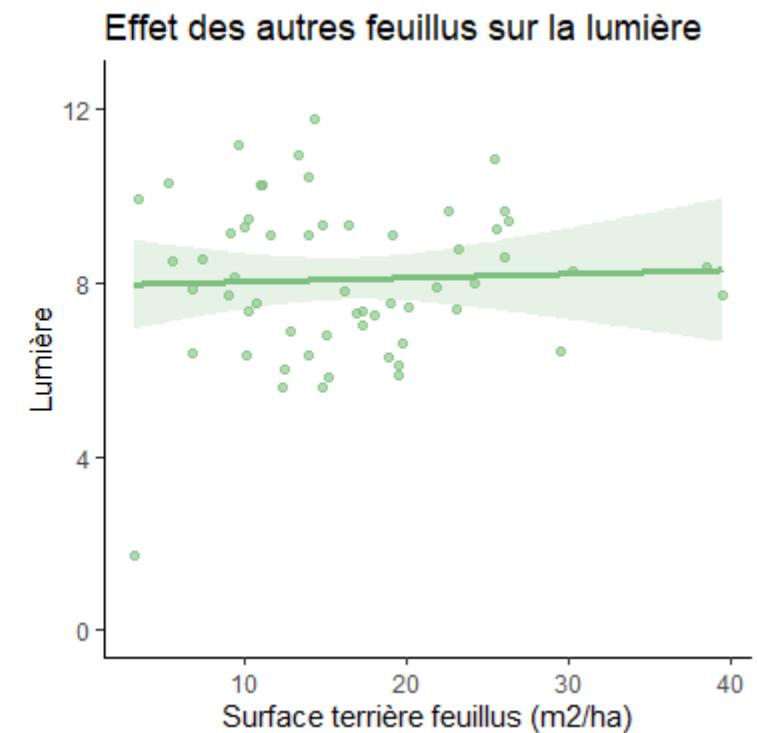
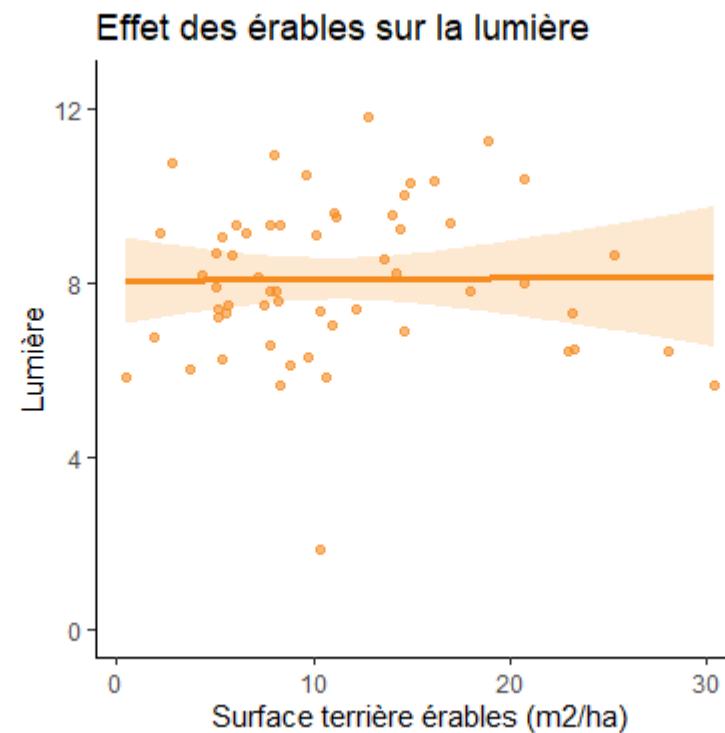
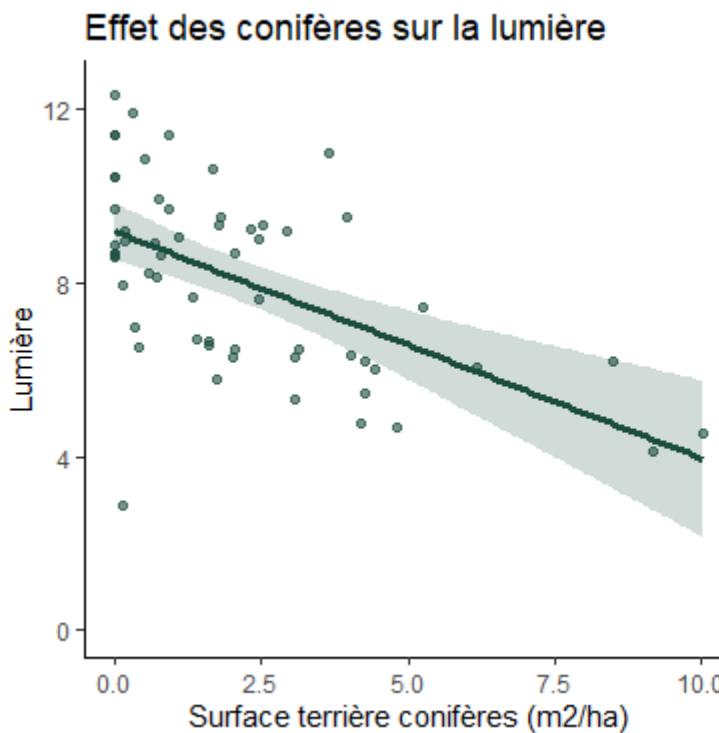
2020: Saison typique

2021: Saison atypique
(très chaude)



Résultats préliminaires

La compétition explique 28% de la variation dans la lumière qui atteint le tronc, mais seul l'effet des conifères est significatif

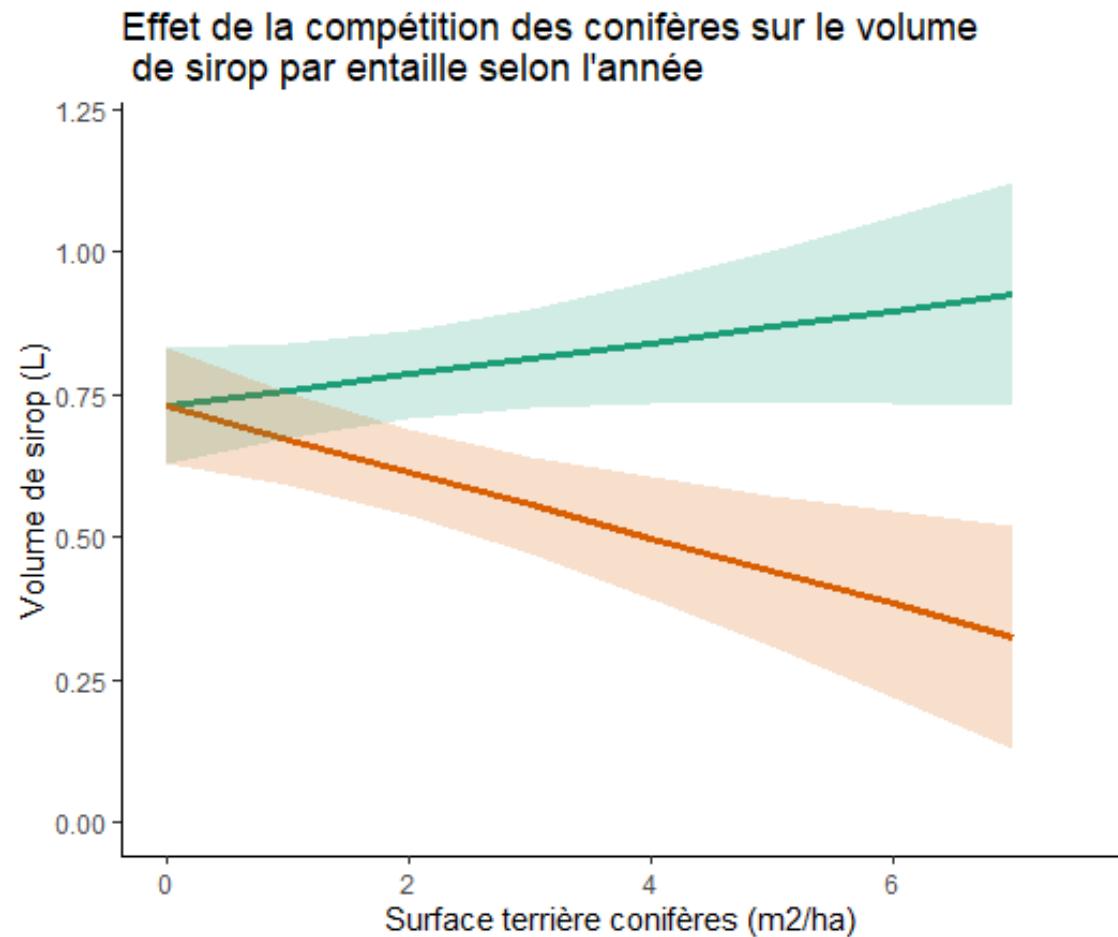


Résultats préliminaires

Comme les conifères interceptent la lumière, l'effet bénéfique lors de saisons longues (2020) pourrait s'expliquer par:

- *Une meilleure production en fin de saison*
- *Une meilleure qualité de dégel (le tronc dégèle plus graduellement)*

Toutefois si la saison est très courte (2021), on passe à côté de cet effet bénéfique de fin de saison



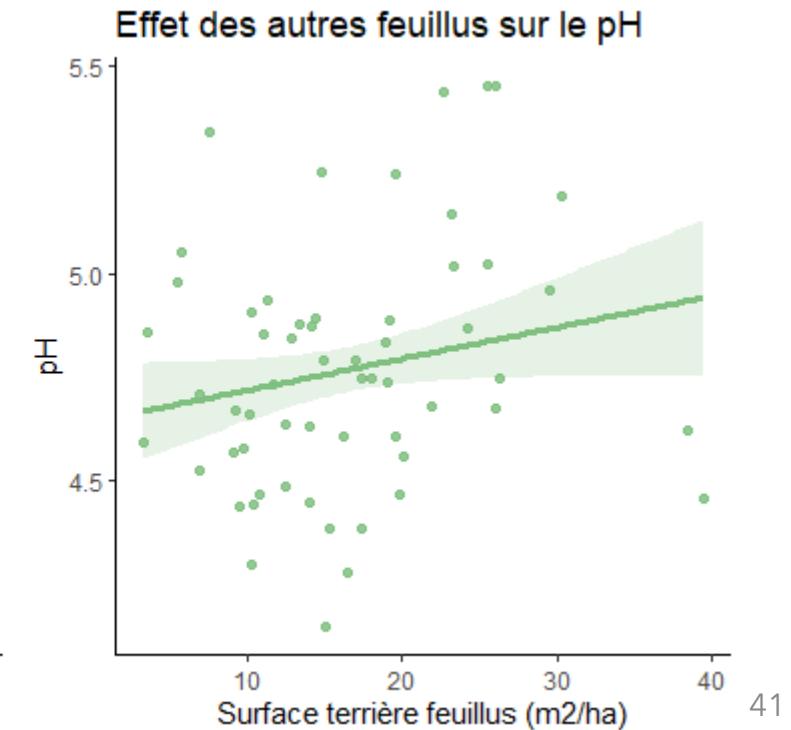
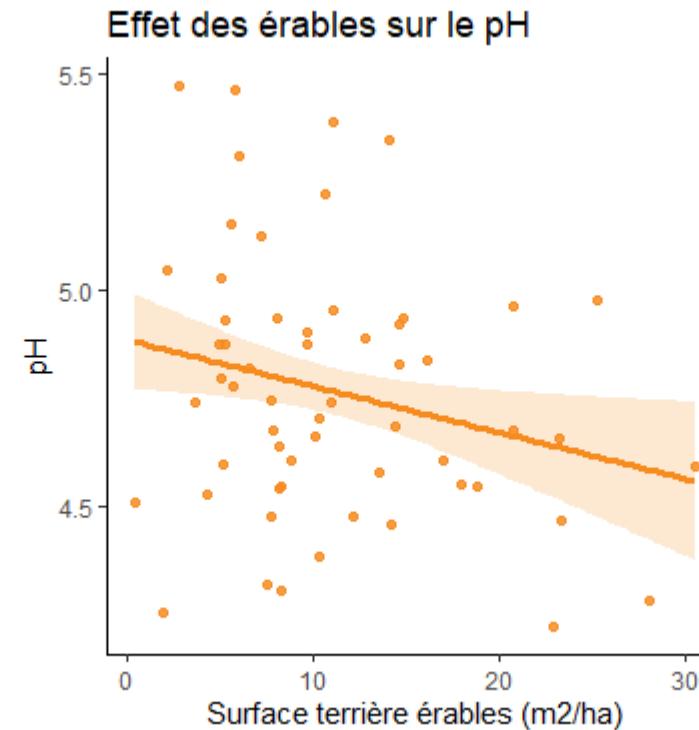
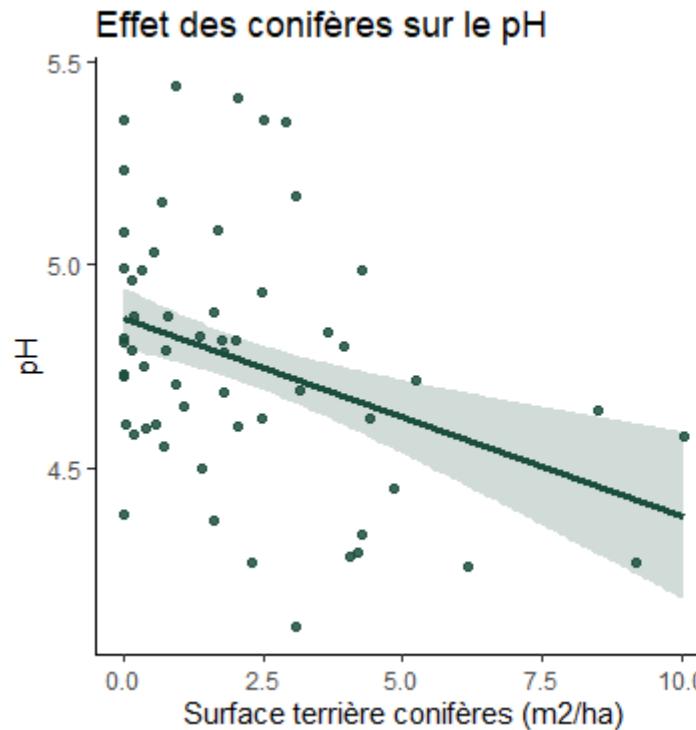
Résultats préliminaires

Q: La compétition influence-t-elle le pH au pied des érables?

R: Oui, les conifères et les érables acidifient. Les autres espèces feuillues améliorent le pH

Résultats préliminaires

La compétition explique 14% de la variation dans le pH de l'humus au pieds des érables



Résultats préliminaires

Q: Est-ce que la croissance varie selon le pH?

R: Un peu, mais seulement après avoir considéré l'état de la cime

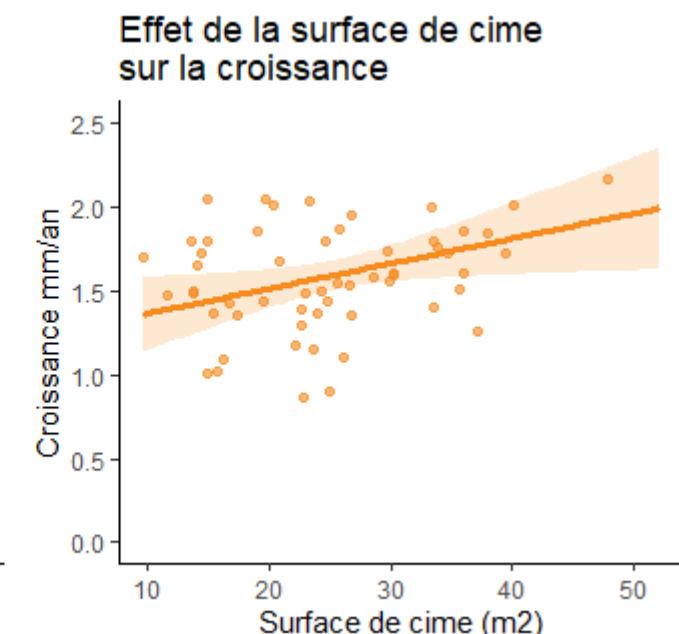
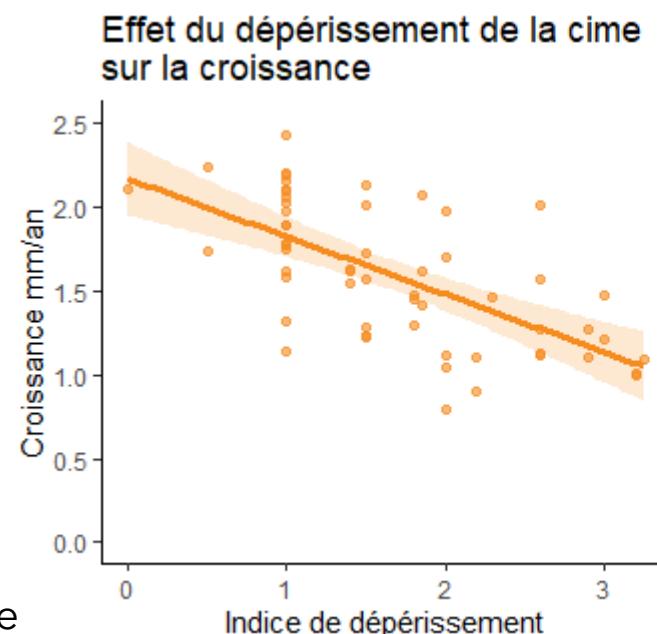
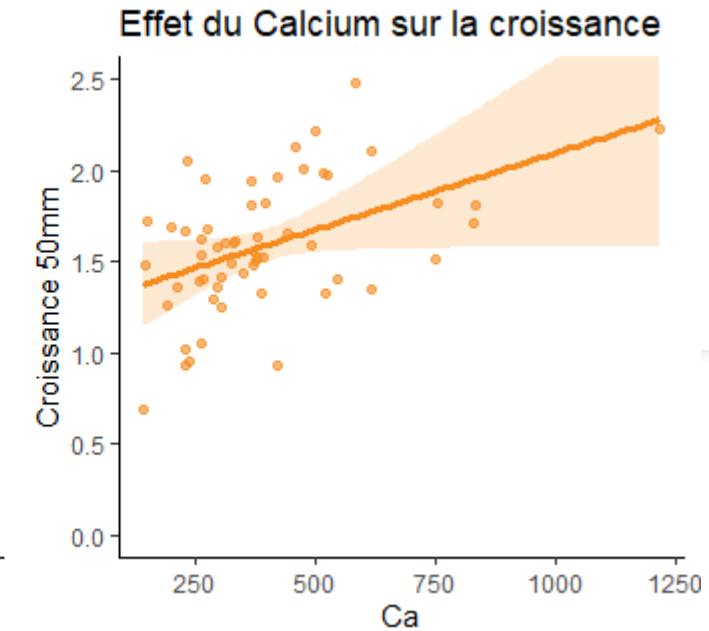
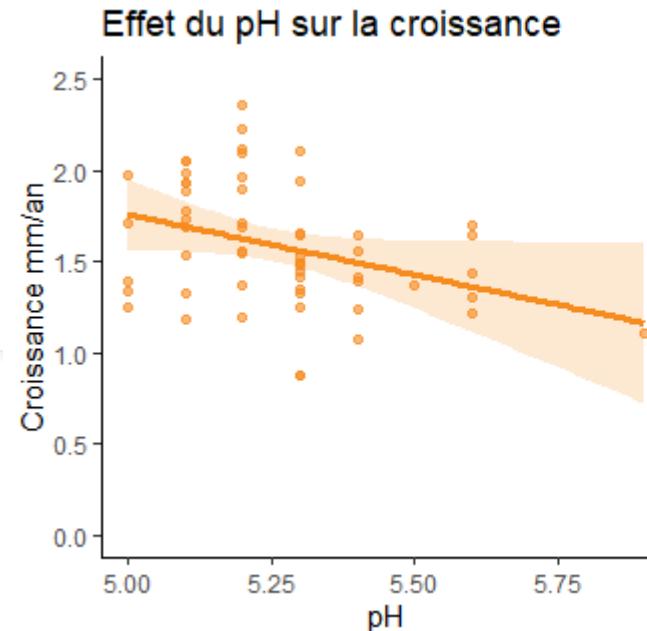
Résultats

Ce qui influence le plus la croissance:

- Surface de cime
- Dépérissement de la cime

Le pH et le calcium ont un faible impact supplémentaire

40% de variance expliquée par le modèle



Messages à ramener à la maison

- Les conifères peuvent avoir un effet positif ou négatif selon les années
 - Effet bénéfique saison plus longue
 - Effet négatif saison très courte

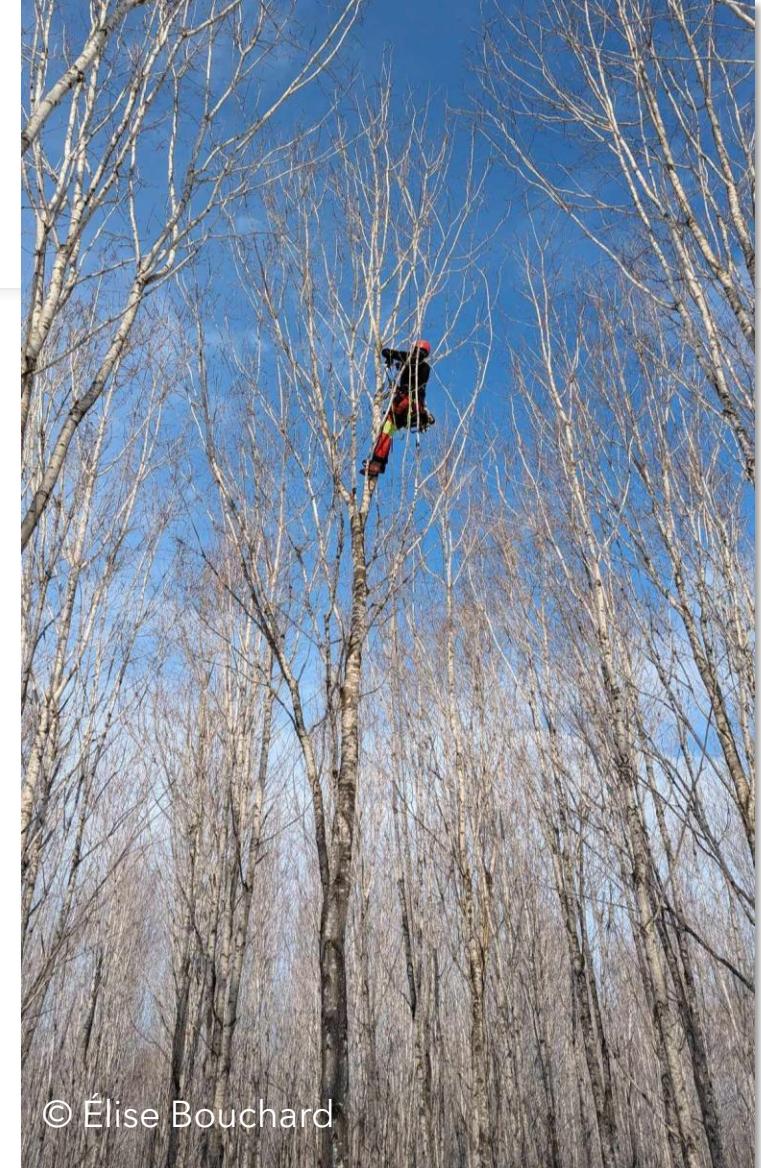
Il faudrait toutefois tester plus d'années pour en avoir le cœur net!

- La présence d'autres espèces feuillues semblent bénéfiques pour le pH
- Favoriser une diversité d'espèces dans l'érablière a d'autres effets bénéfiques que les rendements, notamment pour la **RÉSILIENCE**

Mes recherches

Expériences passées et en cours

- Compétition
- Architecture
- Sources d'eau
- Mouvements
- Gel interne
- Réhydratation
- Défauts de sa





© Élise Bouchard

Le voyage de l'eau d'érable: de la neige à votre sirop

Par Élise Bouchard

UQÀM

- Daniel Houle
- Sylvain Jutras
- Annie Deslauriers
- Christian Messier



UQAC

UQO



NSERC
CRSNG

cef
Centre d'étude de la forêt

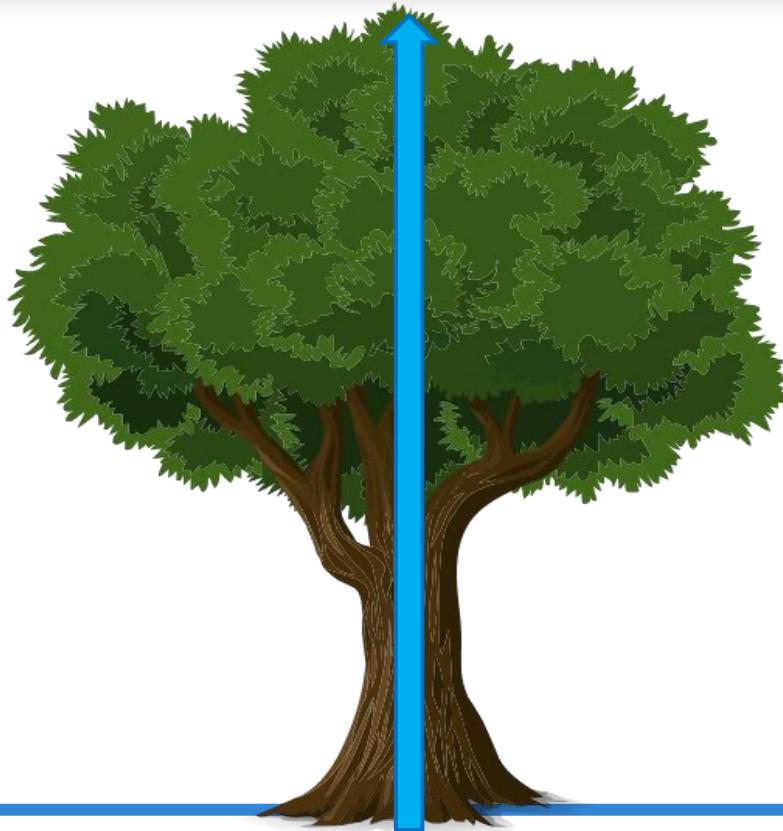
La magie des sucres qui opère

Percer un trou dans un arbre
et la sève s'écoule... un
processus « normal » ?



Circulation de l'eau dans l'érable

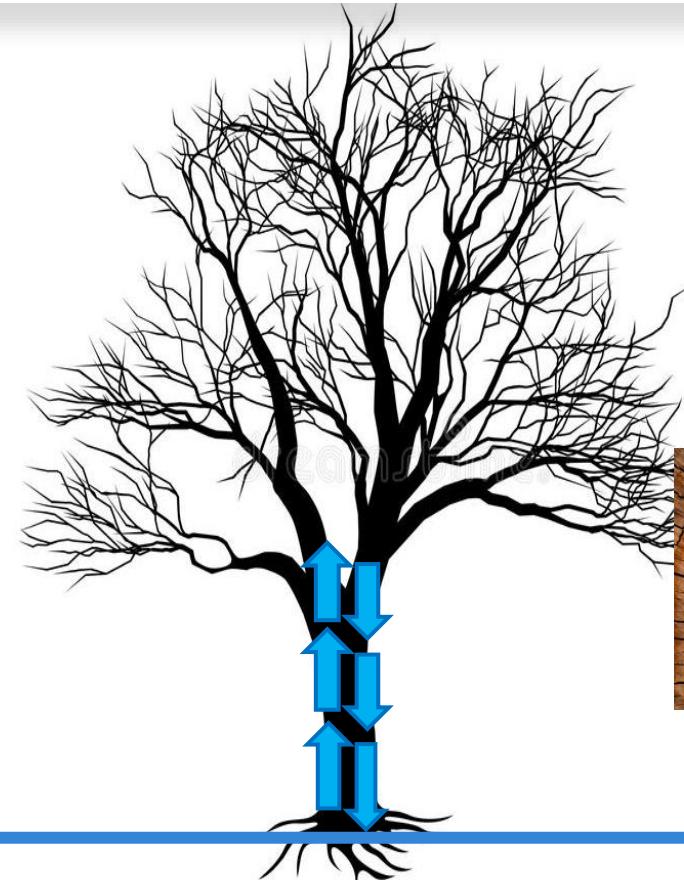
Avec feuilles



Mécanisme



Sans feuille



Mécanisme





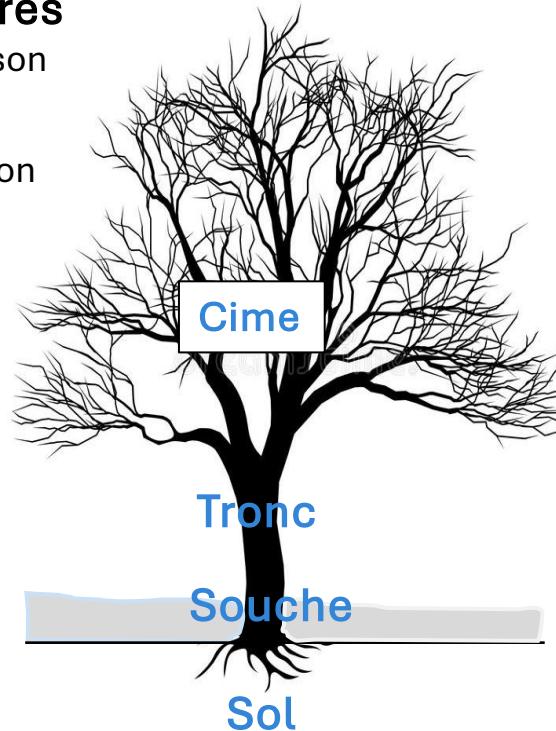
D'où vient l'eau d'érable?

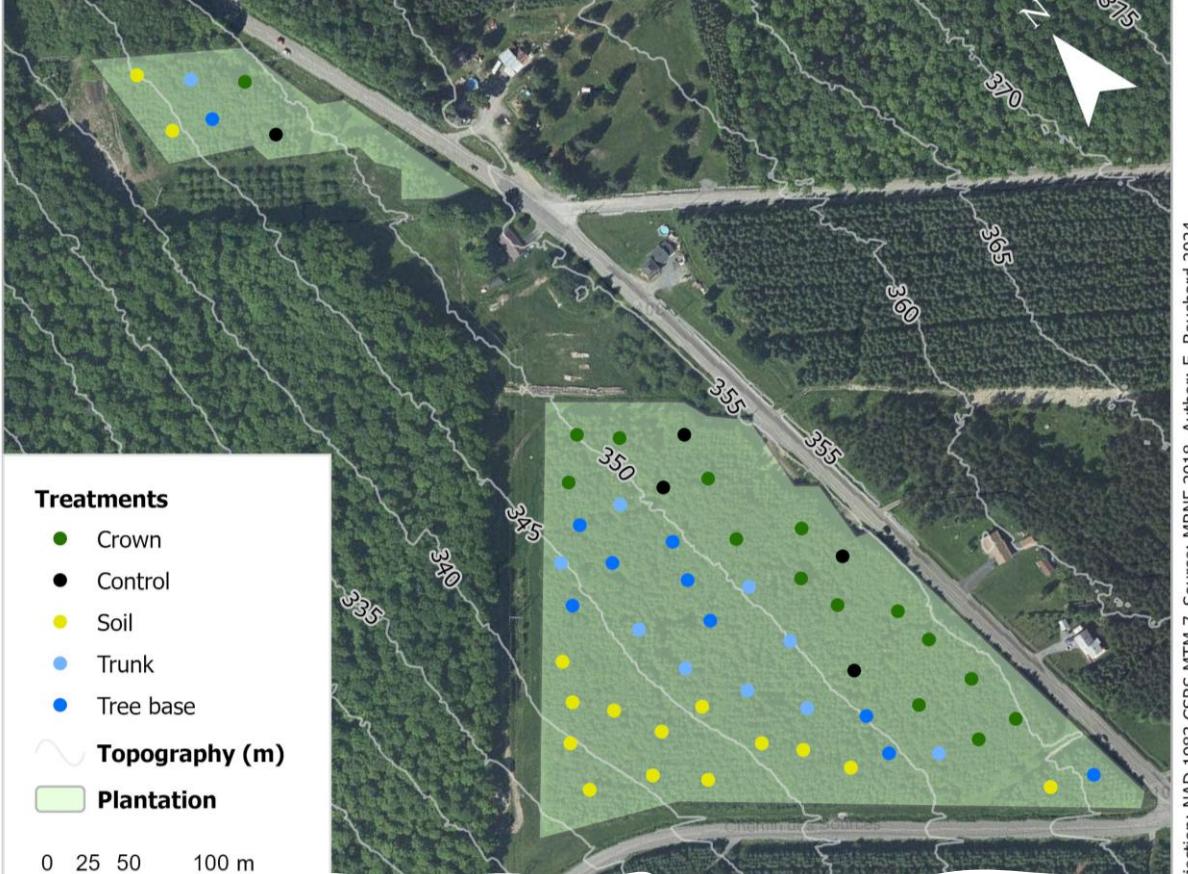
Méthodes

Traçage isotopique

Eau lourde

- **Injections dans les arbres**
 - Une fois en début de saison
- **Injections dans le sol**
 - 3 fois au cours de la saison





Projection: NAD 1983 CSRS MTM 7, Source: MRNF 2018, Author: E. Bouchard 2024



MÉTHODES

SITE

- Saint-Romain
- Plantation d'érables à sucre 1991-1994
- 55 arbres

TRAITEMENTS

- Cime (15 arbres)
- Tronc (10 arbres)
- Souche (10 arbres)
- Sol (15 arbres)

TÉMOIN (5 arbres)



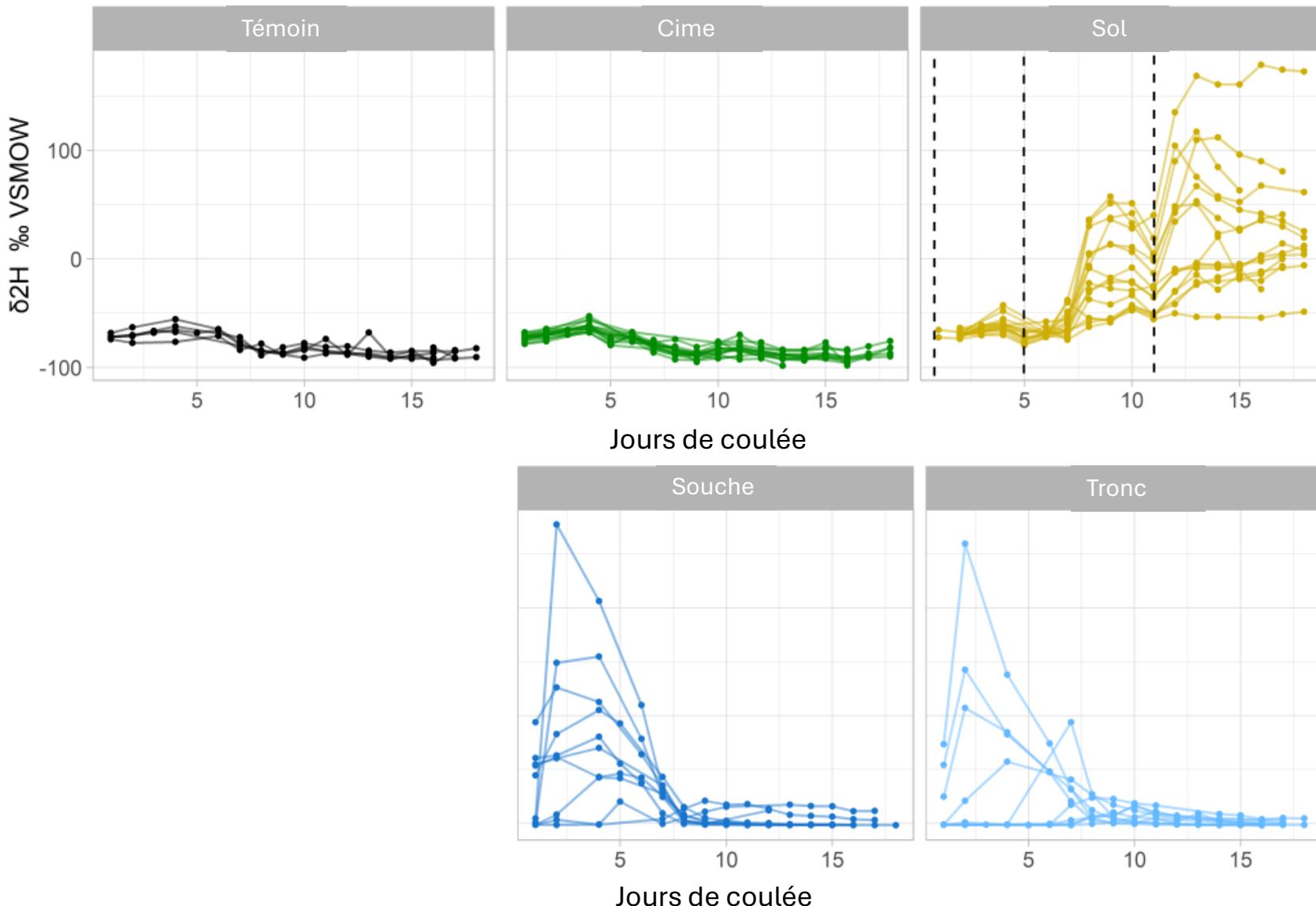
Échantillonnage



- Échantillons de 30 mL
- Mesures de rendements
 - Volume
 - Taux de sucre
- Analyses de labo: Spectrométrie de masse à double entrée

Résultats

- Aucune eau provenant de la cime
- Arrivée de l'eau du sol après environ **6-7 gel-dégel**
- **Transport lent**

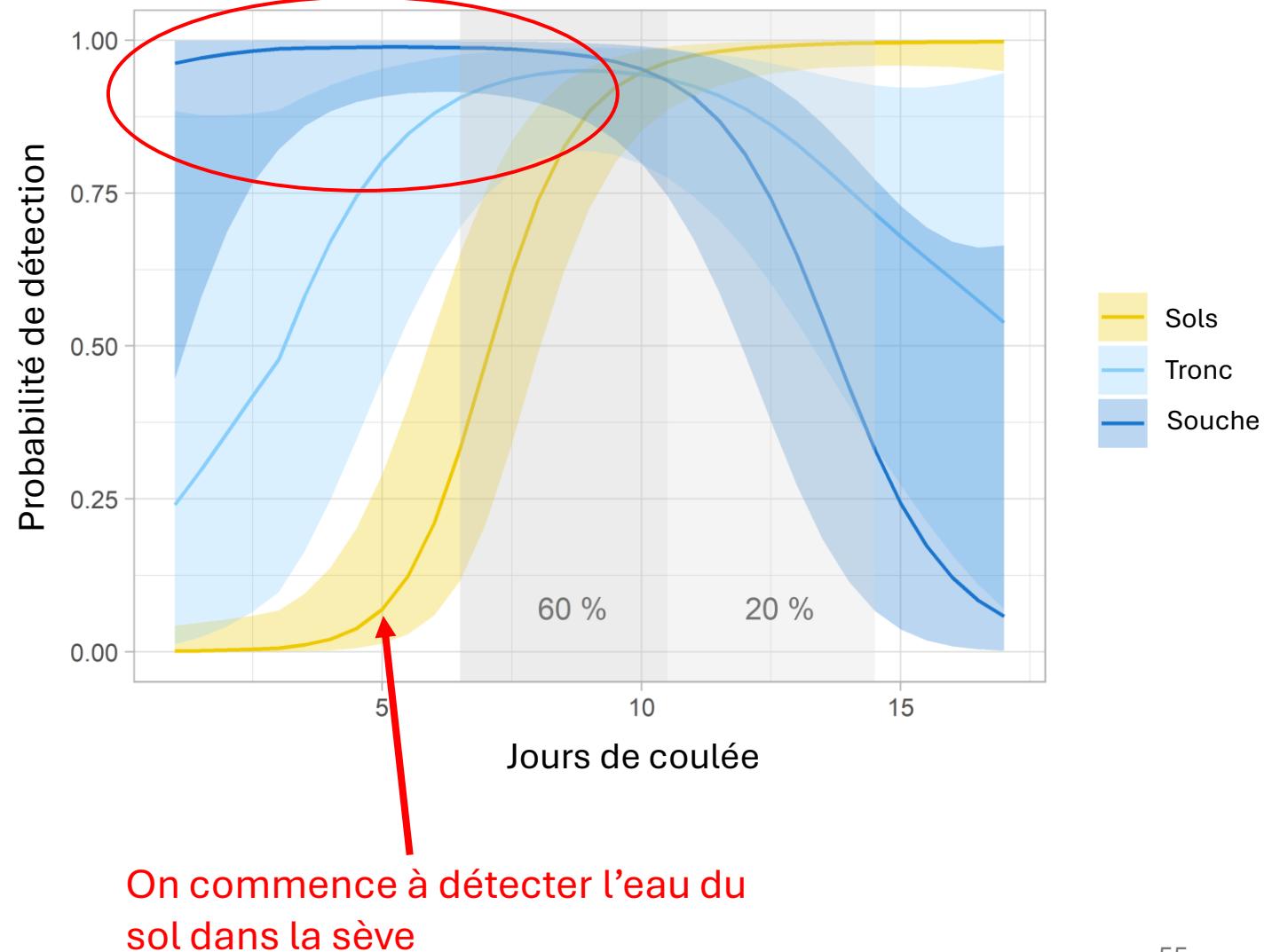


Dynamique des sources d'eau

Résultats

Début de saison

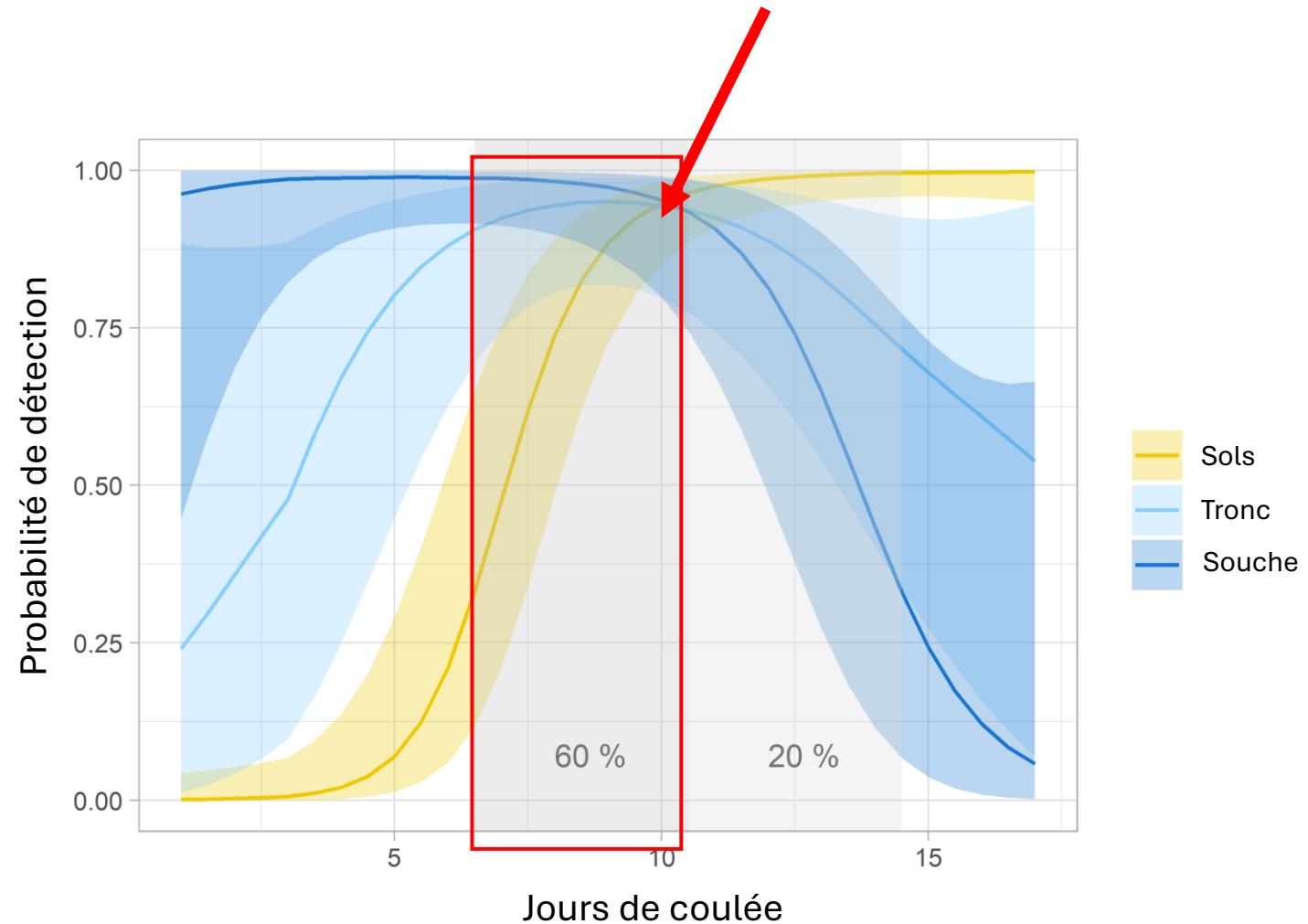
- Eau de la souche
- Arrivée eau racinaire jour 6



Résultats

Deuxième quart et mi-saison:

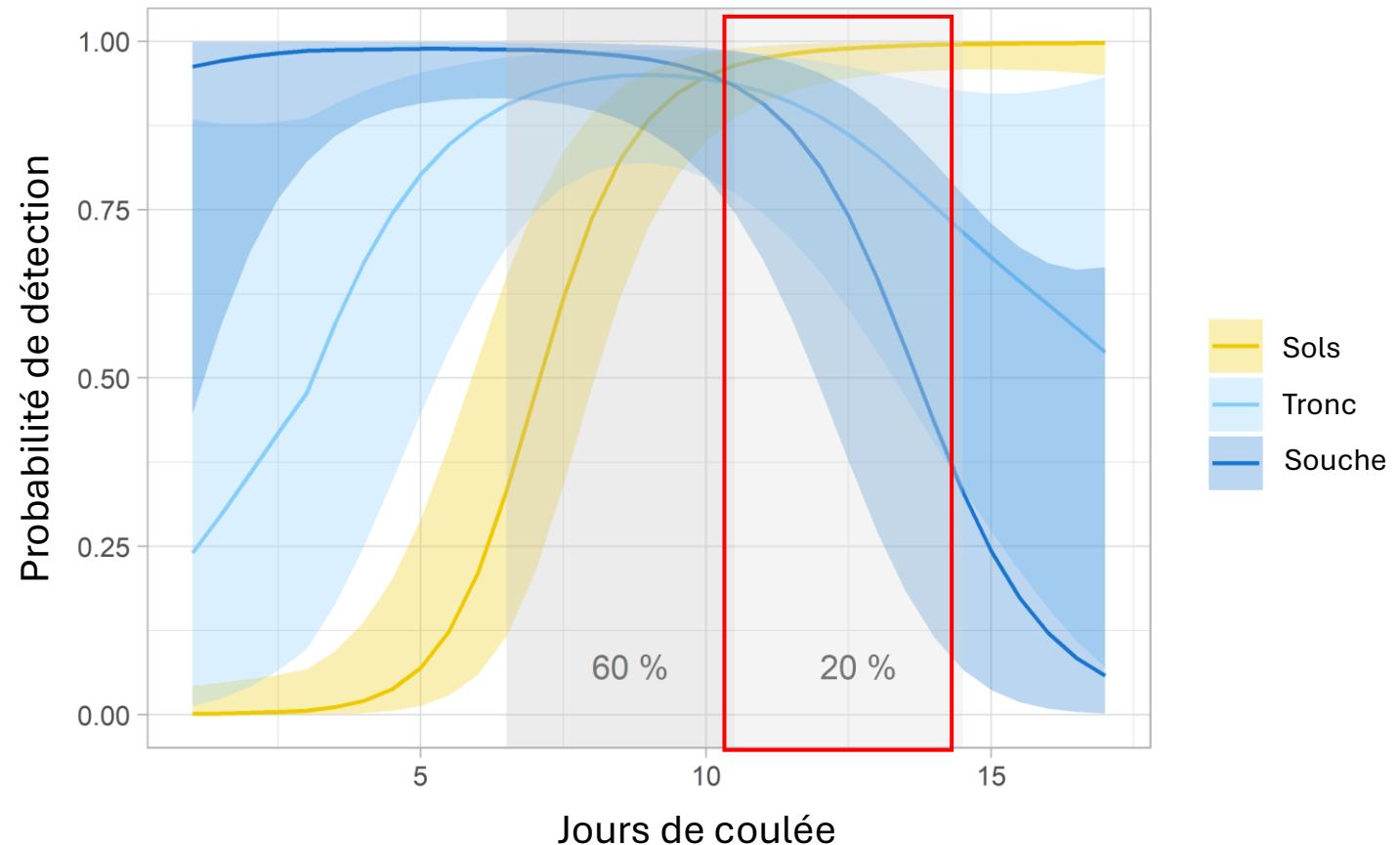
- **Augmentation eau racinaire**
- Période la plus productive:
60% des rendements en 4 jours!



Résultats

Troisième quart de saison:

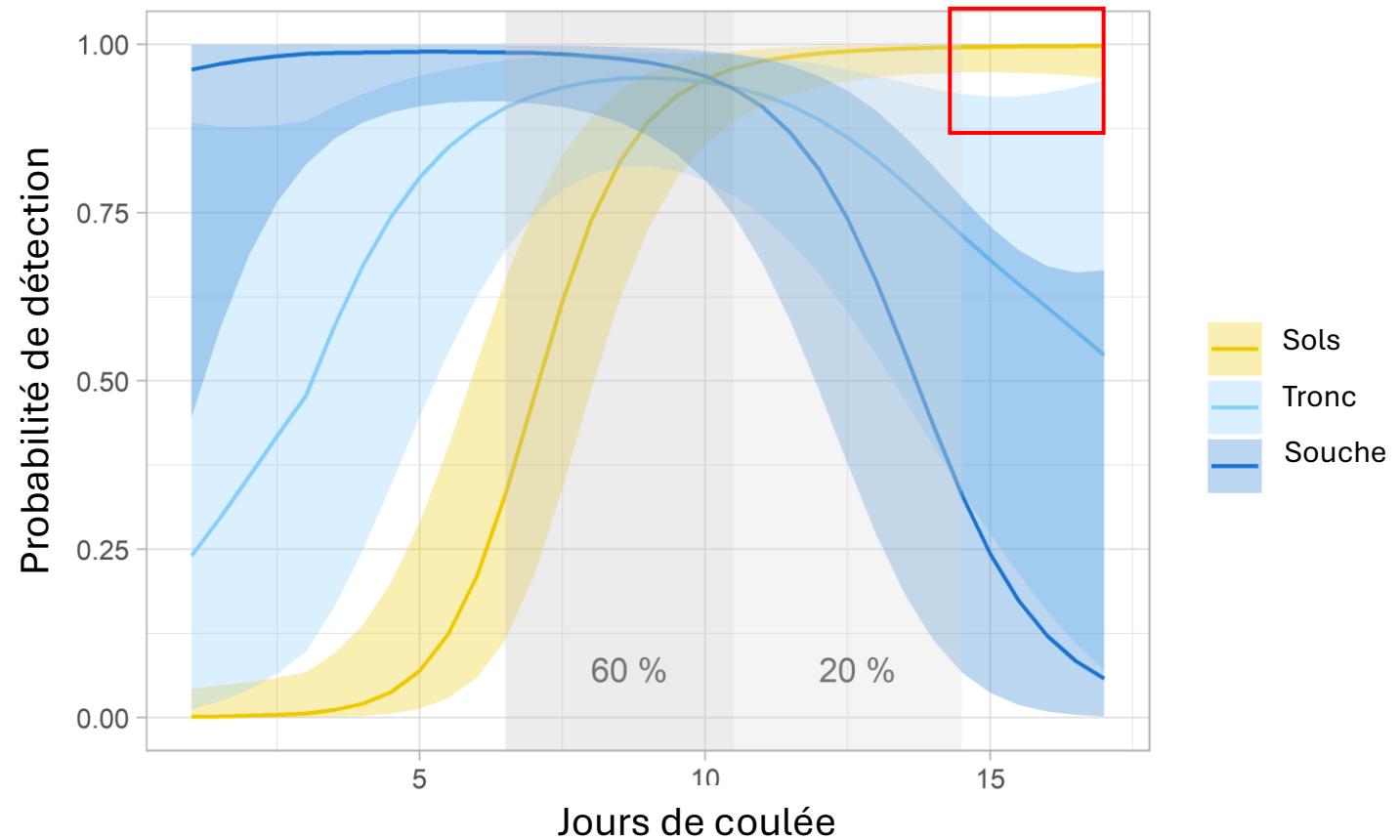
- Déclin des sources d'eau liées au tronc
- 20 % additionnel des rendements



Résultats

Fin de saison:

- Probabilité de détection de l'eau racinaire 100%
- Période peu productive

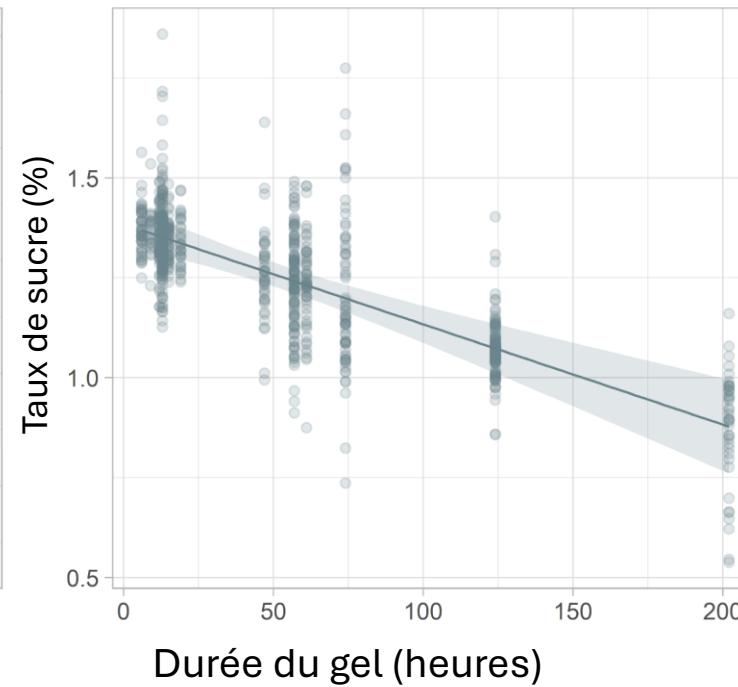
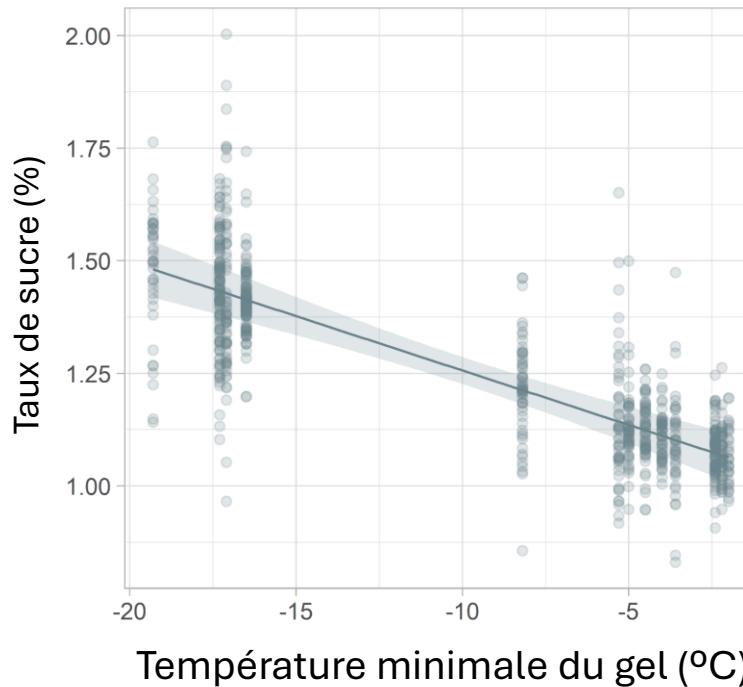


Rendements et météo

Résultats



Les taux de sucre ne changent pas avec l'arrivée de l'eau racinaire
Meilleurs taux de sucre quotidiens: **Épisodes de gel COURTS et FROIDS**



Les températures basses au-dessus de zéro favorisent:

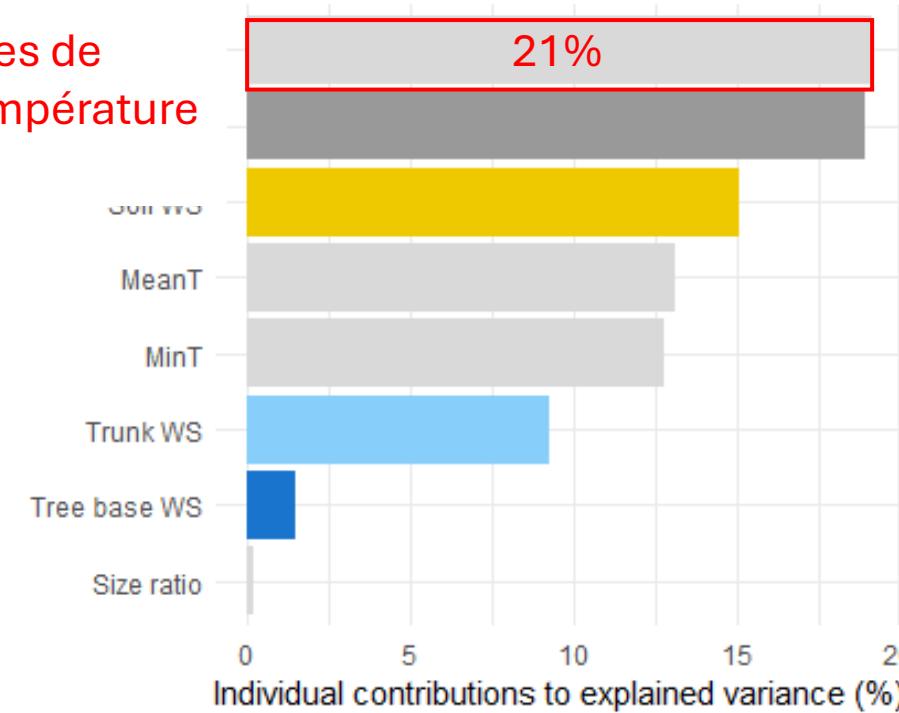
- Libération des sucres dans les cellules du bois
- La conversion des sucres de réserve en sucres mobiles dans la sève

Rendements en sève

Le classement des meilleures variables pour expliquer les rendements quotidiens de sève:
1^{ère} POSITION



Nombre d'heures de dégel et leur température maximale



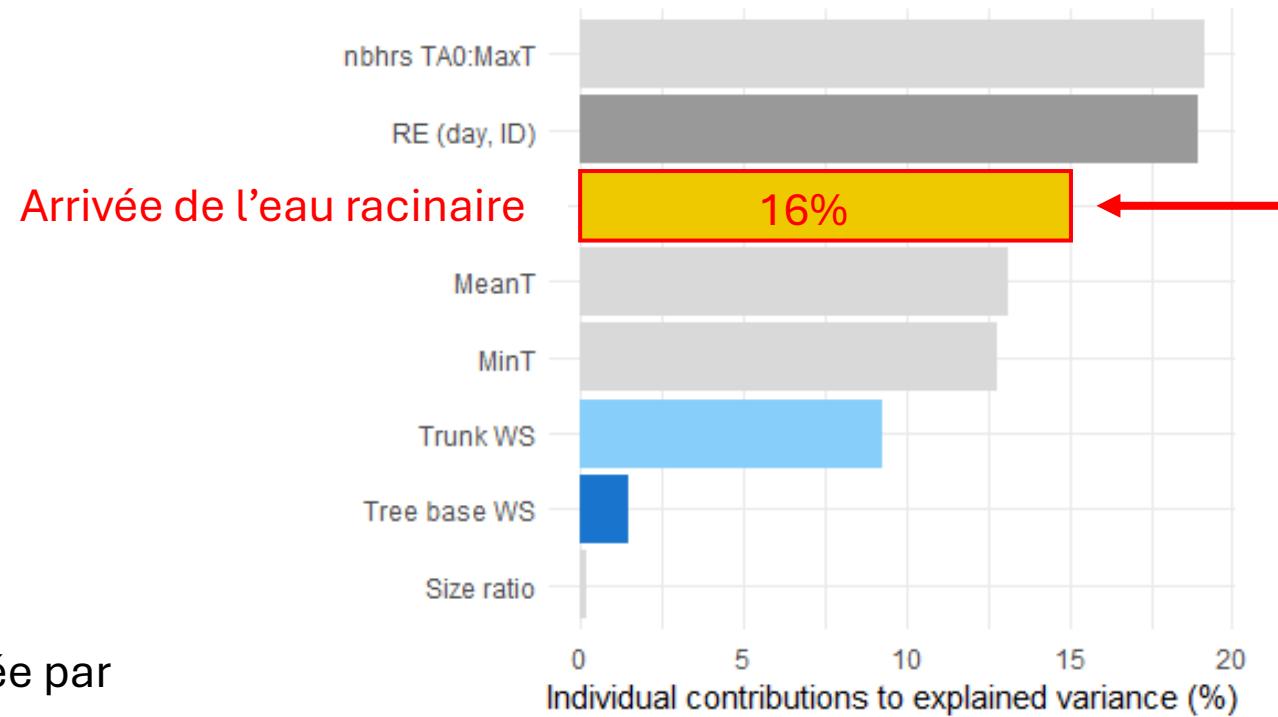
Meilleurs rendements:

- Long dégel à température modérée (3 à 5 °C)

Variance expliquée par toutes les variables:
69%

Rendements en sève

Le classement des meilleures variables pour expliquer les rendements quotidiens de sève:
3ème POSITION



Les rendements sont meilleurs à l'arrivée de l'eau du sol

Variance expliquée par toutes les variables:
69%

Conclusion

OBJECTIF 1

- Transport lent, ascension graduelle de la sève, mixage des sources d'eau

OBJECTIF 2

- Arrivée de l'eau racinaire -> Période clé pour la réhydratation printanière et les rendements

OBJECTIF 3

- **Gels courts et froids pour les taux de sucre**, suivis de **dégels prolongés à des températures modérées (3-5 °C)** pour les volumes

Mes recherches

Expériences passées

- Compétition
- Architecture
- Sources d'eau
- Mouvements d'eau
- Gel interne
- Réhydratation
- Défauts de saveur



Mes recherches

Expériences passées

- Compétition
- Architecture
- Sources d'eau
- Mouvements d'eau
- Gel interne
- Réhydratation
- Défauts de saveur



Pour aller plus loin

Avis scientifique

- Avis scientifique sur les recommandations d'entailage souhaitable au Québec dans l'optique d'assurer la durabilité de la production acéricole (2022). Auteurs: Messier C., Lapa G., Bouchard E.

Moteur de recherche, Radio-Canada, OHADIO:

- Audio 18 mars 2021: [Pourquoi récolte-t-on de l'eau sucrée lorsque l'on entaille un érable?](#)
- Audio 11 avril 2024: [Le sirop d'automne peut-il endommager les érables?](#)
- Audio 7 mars 2024: [Un système sous-vide pour retirer l'eau d'érable est-il dommageable?](#)



**NSERC
CRSNG**



Yan Martelet
Jonathan Vincent

Centre
ACER



Alain Blais et Mario Audet

- Marie-Claude Guénette
- Maïkan Bruel-Pilon
- François Rousseu
- Daniel Schönig,
- Mélanie Desrochers
- Matt Follett
- David Lapointe
- Lucie Günther

cef
Centre d'étude de la forêt

Remerciements

geotop

Et vous, qu'en
pensez-vous?



Court sondage en ligne sur les besoins de la recherche en acériculture