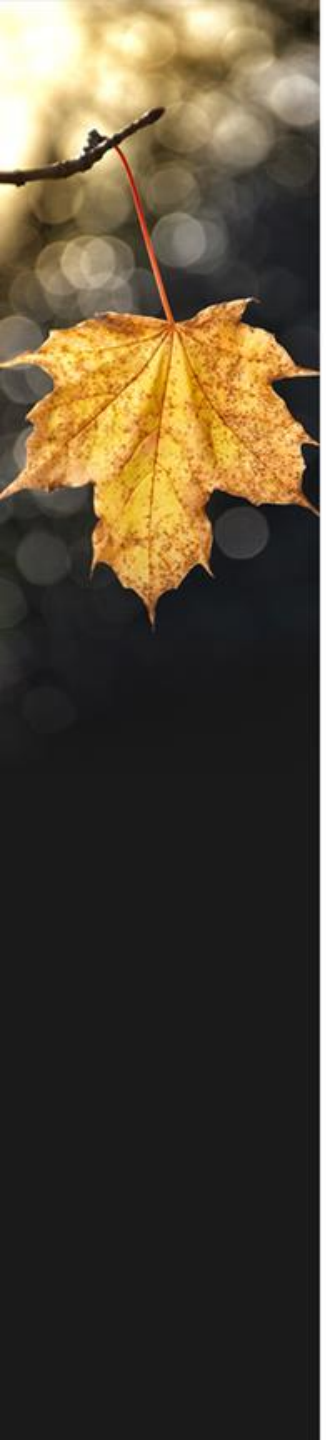
Le test COLORI : développement d'un outil pour les producteurs et les productrices acéricoles

Rendez-vous acéricole 2021 du MAPAQ

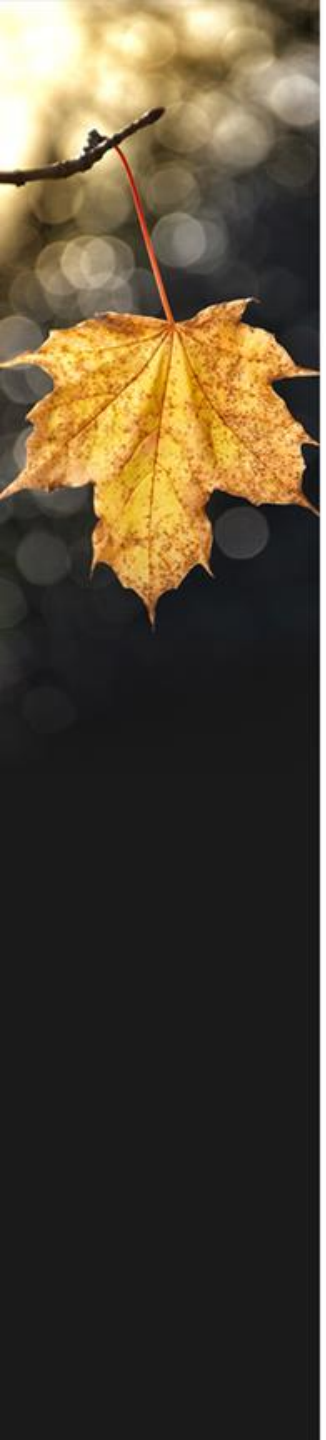
Simon Forest M. Sc. MBA - Conseiller à la recherche
Université de Montréal

Janvier 2021



Plan de la présentation

1. Problématique
2. Principes physico-chimiques du test COLORI
3. Analyses du sirop d’érable avec le test COLORI
4. Utilisation du test COLORI dans les érablières
5. Recherches en cours
6. Remerciements



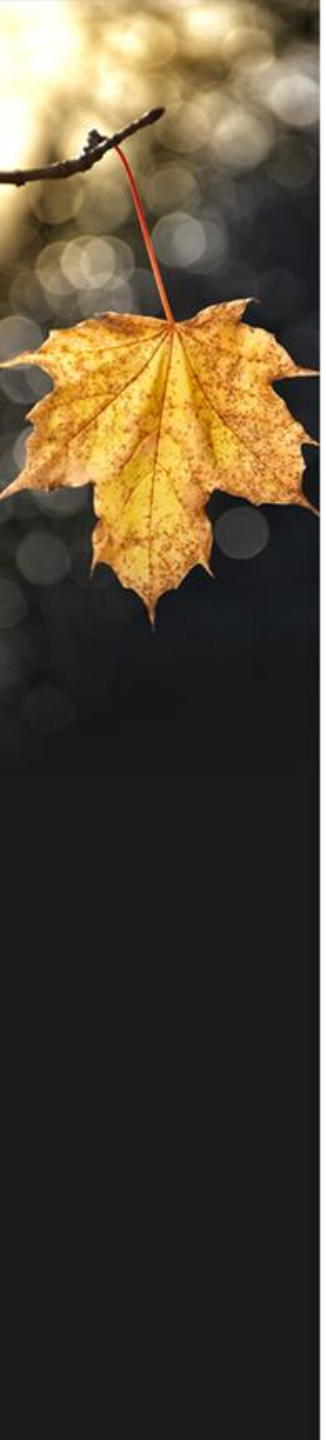
Problématique

En 2017, les PPAQ approchent Jean-François Masson, professeur titulaire à l'Université de Montréal, afin de développer une méthode rapide, simple et peu coûteuse pour aider les producteurs et les productrices acéricoles à détecter, directement dans leur cabane à sucre, la sève et le sirop d'érable qui pourraient goûter le bourgeon.

Problématique : les producteurs et les productrices n'ont pas de moyens efficaces de prédire l'émergence de saveurs hors normes dans le sirop d'érable avant sa production à l'érablière.

Hypothèse de départ : si les sirops d'érable aux saveurs hors normes (sève, bourgeon, etc.) possèdent des caractéristiques physico-chimiques uniques, alors il est possible de **développer un test qui mesure ces propriétés physico-chimiques afin d'outiller les producteurs et les productrices lors de la production de sirop d'érable.**

PRINCIPES PHYSICO-CHIMIQUES DU TEST COLORI

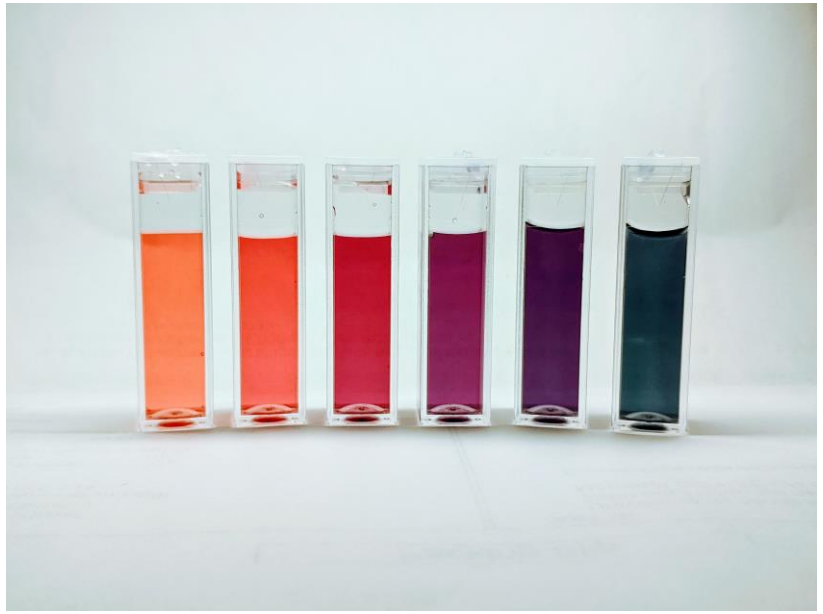


Le développement du réactif du test COLORI

- Le réactif du test COLORI est composé de nanoparticules métalliques en or. Dans leur état initial, la solution de nanoparticules est de couleur rouge.

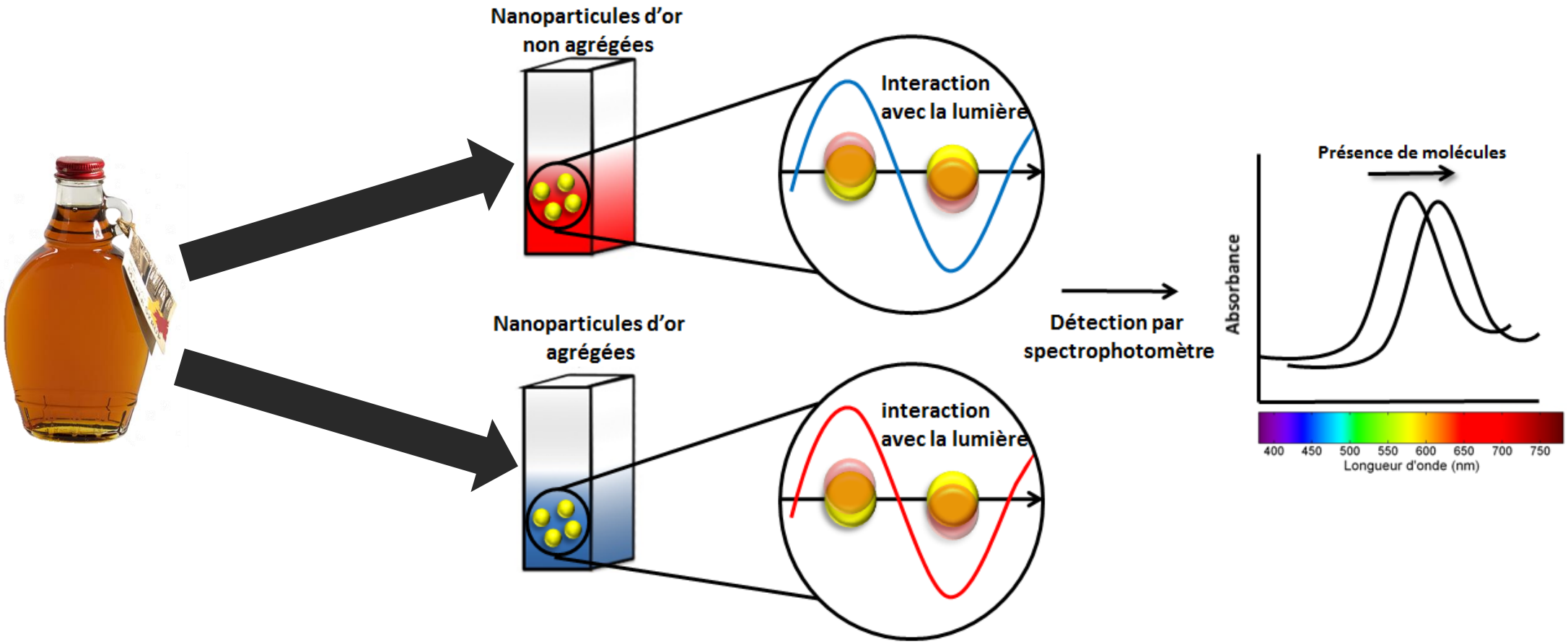
- Lorsque du sirop d'érable régulier est ajouté au réactif, aucun changement de couleur n'est observé. Toutefois, il a été remarqué que dans les sirops d'érable qui ont **certains défauts de saveur, notamment le VR5 (Bourgeon),** la solution change de couleur vers le bleu. Ce changement de couleur est causé par un changement d'état des nanoparticules en solution (agrégation).

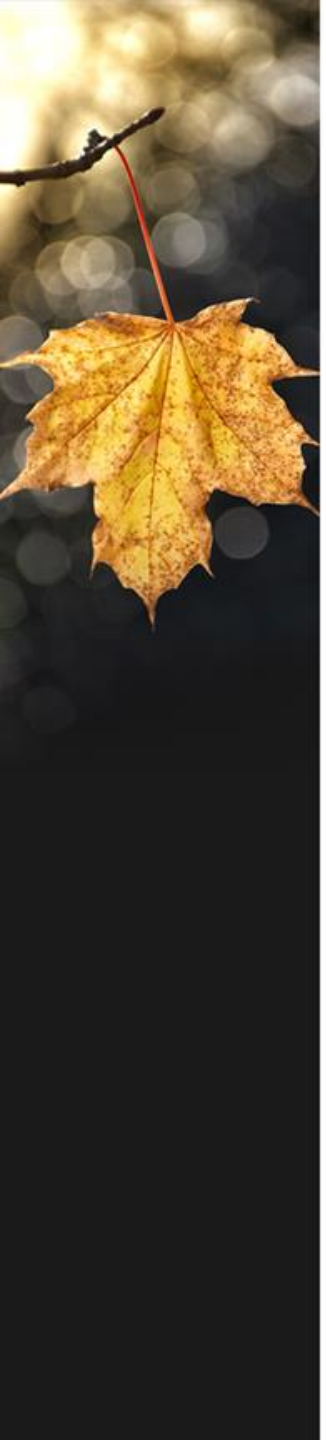
- La ou les causes exactes de cette agrégation des nanoparticules dans certains types de sirops d'érable sont encore méconnues.



Les différentes couleurs du réactif du test COLORI pouvant être obtenues en fonction de la concentration de certaines familles de molécules

Le test COLORI





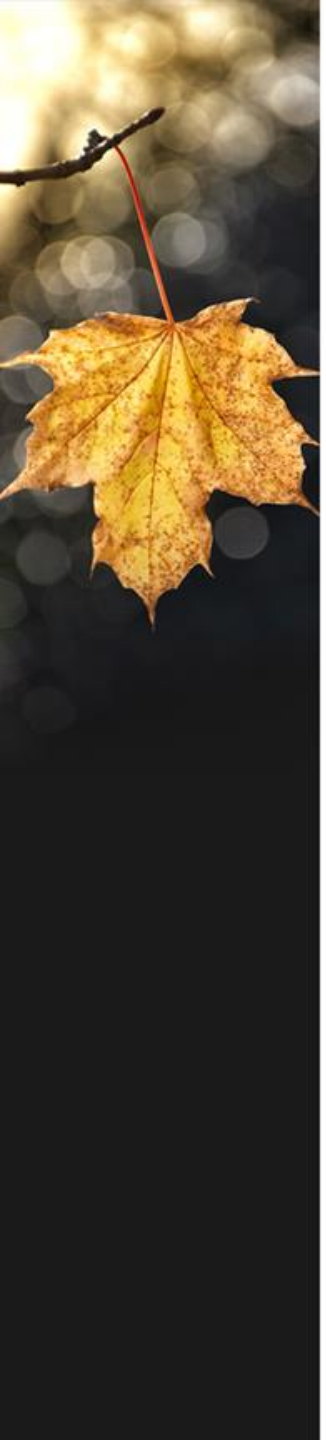
Sirops d'érable réguliers versus VR5

- Une fois le réactif développé, la première étape du projet COLORI fut de valider que le test était en mesure de séparer efficacement les sirops aux extrémités du classement des PPAQ.

- 2 000 sirops d'érable classés REG et VR5 ont été échantillonnés à l'entrepôt de Laurierville pour être analysés à l'Université de Montréal.

- En 2018, le test COLORI a été en mesure de séparer les deux catégories avec **un taux de succès de plus de 98 %.**

Barils de sirop d'érable à
l'entrepôt des PPAQ à Laurierville



Fonctionnement du test COLORI

Maintenant que nous savons que le test COLORI est en mesure de bien séparer les sirops d'érable REG et VR5, une question se pose : comme le test COLORI semble réagir uniquement avec les sirops d'érable VR5, quels sont les facteurs physico-chimiques uniques à ces sirops d'érable?

Et de manière plus large : quels sont les paramètres et les facteurs physico-chimiques pouvant faire réagir le test COLORI?

- **Sucres** : les concentrations de sucrose, de glucose et de fructose (tests entre 0 et 70º Brix) **n'ont pas d'effet sur le test COLORI**;
- **pH** : le pH du sirop d'érable est généralement situé entre 6.2 et 7.8. **Aucun effet sur le test COLORI** n'a été observé dans cette plage de pH;
- **Les sels et minéraux** : plusieurs types de sel ont été testés, et ce, à plusieurs concentrations différentes et **aucun effet sur le test COLORI** n'a été observé ;
- **Molécules organiques** : l'impact de plusieurs familles de molécules organiques sur le test COLORI a été étudié. **Résultat : c'est compliqué!**

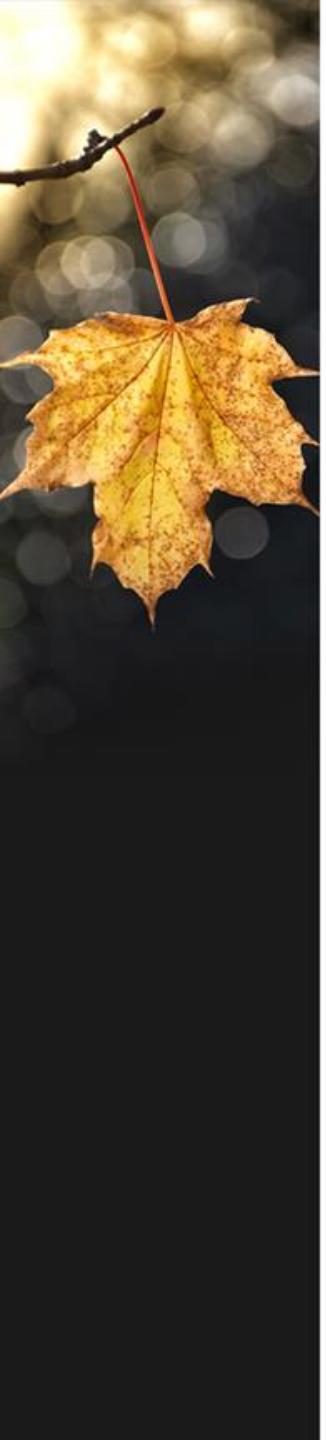
Tests sur les molécules organiques

Molécules	EAU				SUCROSE				SIROP D'ÉRABLE			
	500 uM	50 uM	5 uM	0.5 uM	500 uM	50 uM	5 uM	0.5 uM	500 uM	50 uM	5 uM	0.5 uM
L-Lysine												
Adenine*												
Imidazol												
Nicotinamide												
2-Methylthiophene												
Adenosine*												
4-Aminothiophenol*												
4-Aminophenylacetic acid												
4-Mercaptopyridine												
Triethylamine												
Piperidine												
Pyridine												
DMS												
DMDS												
Propanthiol												
Butanthiol												
L-Methionine												
L-Asparagine												
L-Cysteine												
L-Histidine												
Glycine												
L-Glutamine												
L-Glutamic acid												
L-Tryptophane												

Molécules	EAU				SUCROSE				SIROP D'ÉRABLE			
	500 uM	50 uM	5 uM	0.5 uM	500 uM	50 uM	5 uM	0.5 uM	500 uM	50 uM	5 uM	0.5 uM
L-Phenylalanine												
L-Serine												
S-(+)-Mandelic acid												
D-(+)-Glucose												
Homovanilic acid												
Benzylmalonic acid												
D-Cysteine												
4-Nitrothiophenol*												
Urea												
L-Ascorbic acid												
Pyrazine												
Purine												
Vanillin												
Ninhydrin												
Mercaptosuccinic acid												
DNTB*												
DMSO												
ATP												
Sodium L-lactate												
Thiourea												
Sodium sulfite												
Sodium sulfide nonhydrate												
DMTS												
N-Methyl-D-glucamine												

= Molécules « non-désirables » détectées dans le sirop d'érable et corrélées à des saveurs hors normes

= Molécules « désirables » et détectées dans le sirop d'érable



Le test COLORI, ça mesure quoi !?

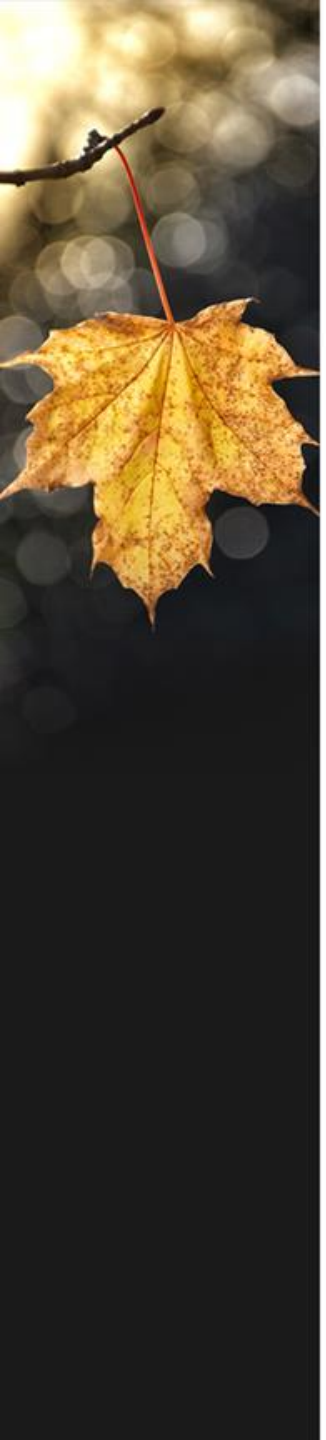
Bien que l'impact de plusieurs facteurs physico-chimiques et molécules organiques sur le test COLORI ait été testé, le portrait n'est pas encore entièrement connu. De plus, malgré plusieurs recherches effectuées, les origines moléculaires de certaines saveurs hors normes, comme le bourgeon, restent en partie méconnues.

- Le sirop d'érable est une matrice complexe possédant des propriétés physico-chimiques complexes et variées, dont certaines qui sont sensibles et qui réagissent avec le réactif;

- On ne connait pas encore l'ensemble des facteurs présents dans le sirop d'érable qui mènent à un changement de couleur du réactif utilisé dans le test COLORI.

- Des questions se posent alors :
  - Existe-t-il une corrélation entre les résultats du test COLORI et les propriétés sensorielles du sirop d'érable ?
  - Est-il possible d'avoir une idée des propriétés sensorielles et du classement d'un échantillon de sirop d'érable à l'aide du test COLORI?

ANALYSES DU SIROP D’ÉRABLE AVEC LE TEST COLORI



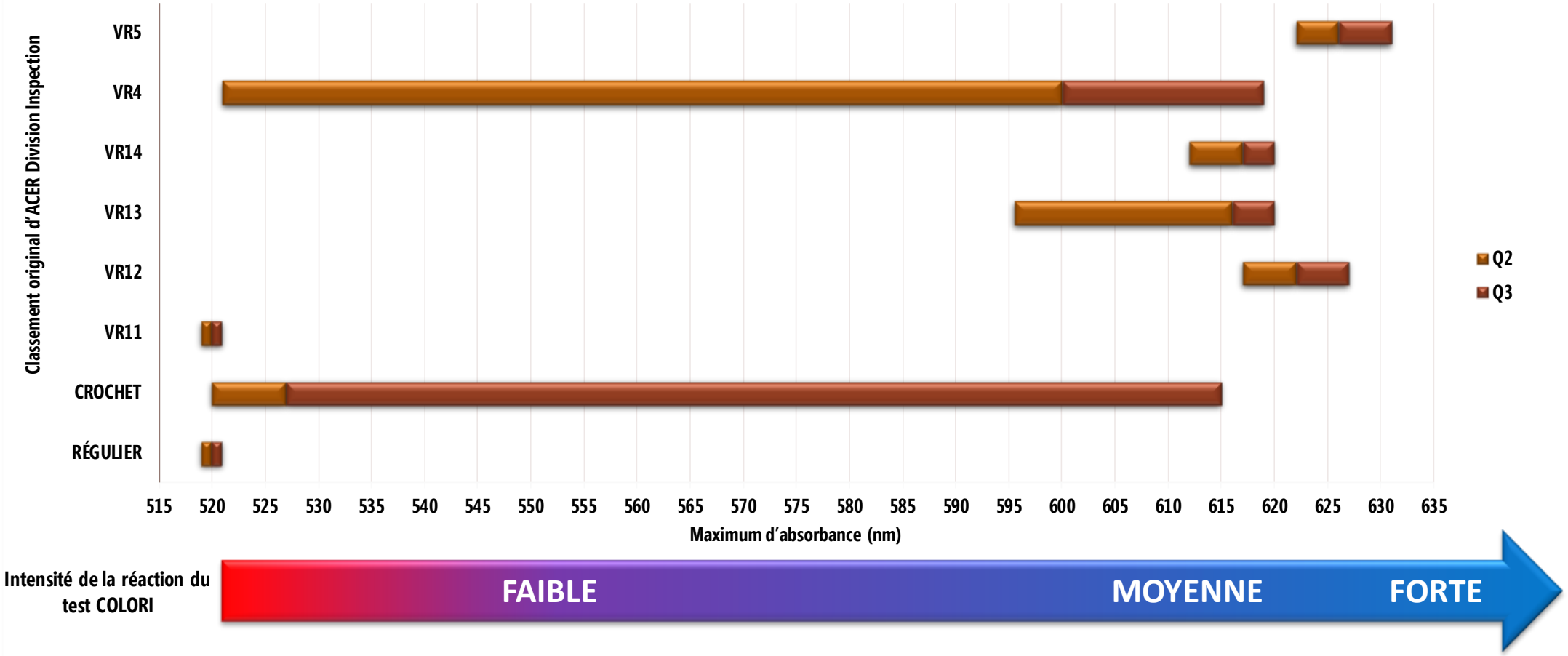
Analyses sur 30 000 échantillons aléatoires

En 2019, 30 000 échantillons de la saison acéricole 2019 provenant de chez Citadelle ont été récoltés par Acer division inspection et envoyés à l'Université de Montréal. De plus, 10 producteurs et productrices acéricoles ont récolté quotidiennement des échantillons de concentré de sève et de sirop d'érable.

Les objectifs de 2019 étaient les suivants :

1. Étudier le comportement du test COLORI sur l'ensemble des catégories de classement utilisées par les PPAQ;
2. Améliorer l'efficacité du test COLORI par rapport aux résultats de 2018 afin de minimiser les faux négatifs et les faux positifs.

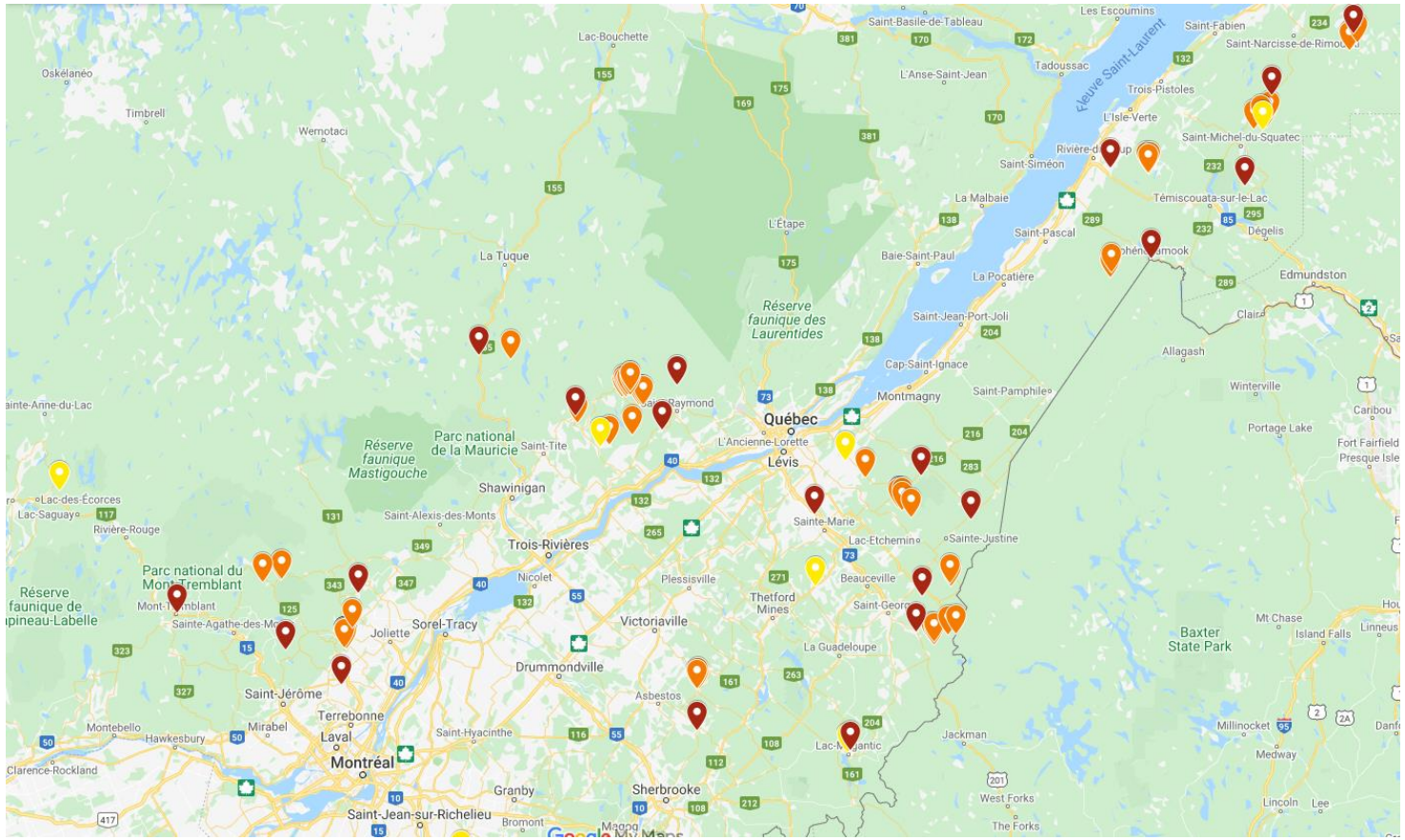
Résultats du test COLORI par catégorie pour 30 000 échantillons de 2019*



*Le graphique « Box-Plot » ci-dessus illustre la répartition des 30 000 tests COLORI effectués avec les échantillons récoltés chez Citadelle lors de la saison 2019. La bande de couleur orange représente les résultats des échantillons du 2e quartile (Q2) et la bande brune, les résultats des échantillons du 3e quartile (Q3). Ensemble, les deux bandes regroupe 50 % de tous les échantillons testés. Les résultats médians de chaque catégorie se trouvent à la rencontre des bandes orange et brune (Q2 et Q3). La longueur des bandes est un indicateur de la variabilité des résultats du test COLORI dans chacune des catégories (plus une bande est longue, plus les résultats sont variables dans cette catégorie).

UTILISATION DU TEST COLORI DANS LES ÉRABLIÈRES

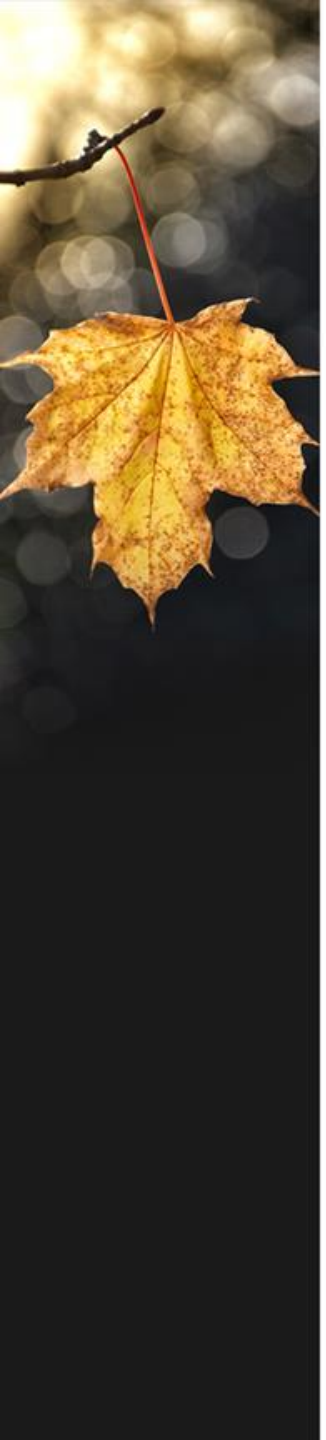
Les entreprises participantes en 2020



Lieux de collecte d'échantillons (Érablières)

Clubs d'encadrement technique en acériculture

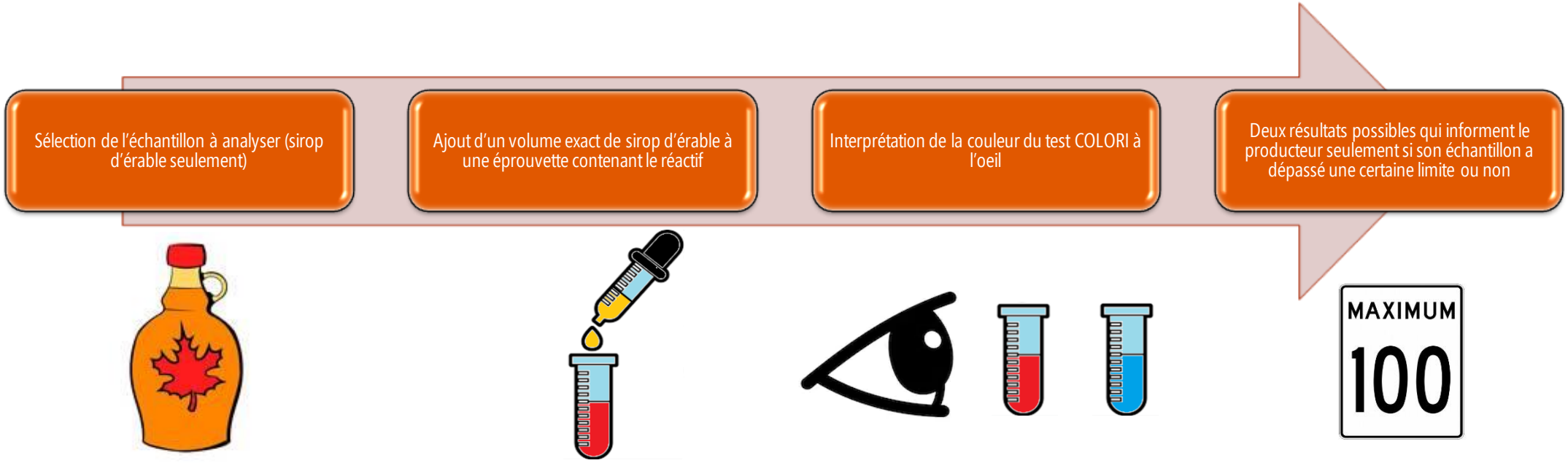
Stations météorologiques suivies

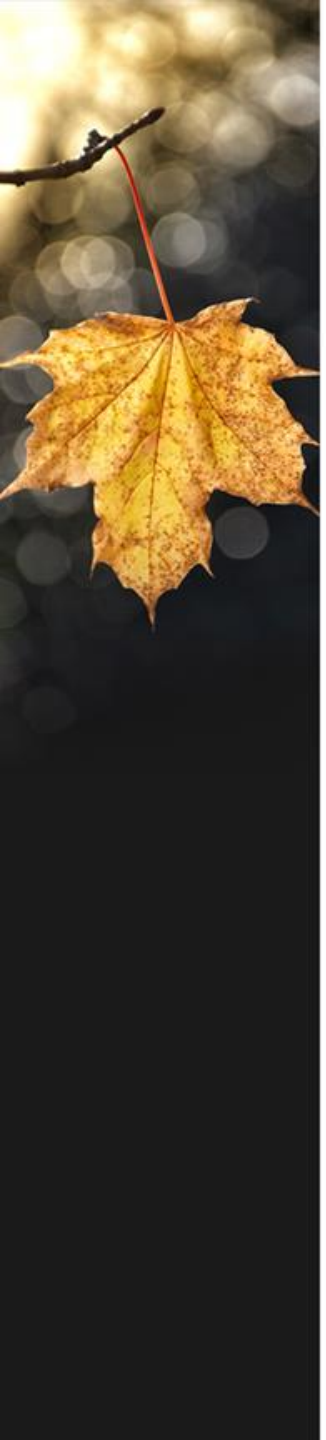


La première version du test COLORI

Problématiques identifiées avec les producteurs et les productrices lors des premiers tests en érablière en 2019 :

- Le test fonctionne uniquement avec le sirop d'érable et non dans la sève.
- L'interprétation des résultats du test est difficile dans la zone de transition (violet).
- Le résultat indique seulement si une certaine limite a été dépassée sans indiquer à quel point celle-ci a été dépassée. ou non.

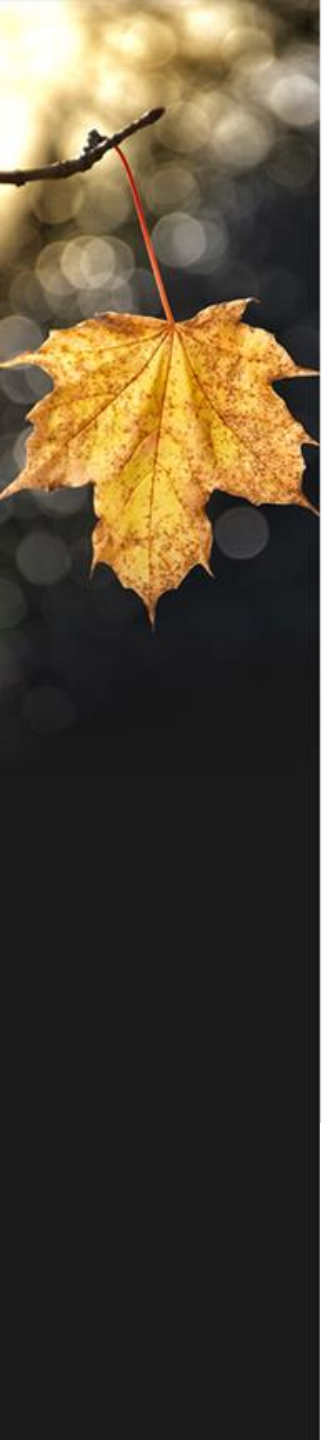




Tests dans la sève d'érable

Hypothèse de départ : si les **propriétés physico-chimiques** qui causent l'émergence de saveurs hors normes (sève, bourgeon, etc.) dans le sirop d'érable sont également **présentes dans la sève et le concentré de sève**, un test COLORI fonctionnant dans ces matrices pourrait être développé afin de prédire l'émergence de ces saveurs dans le sirop d'érable.

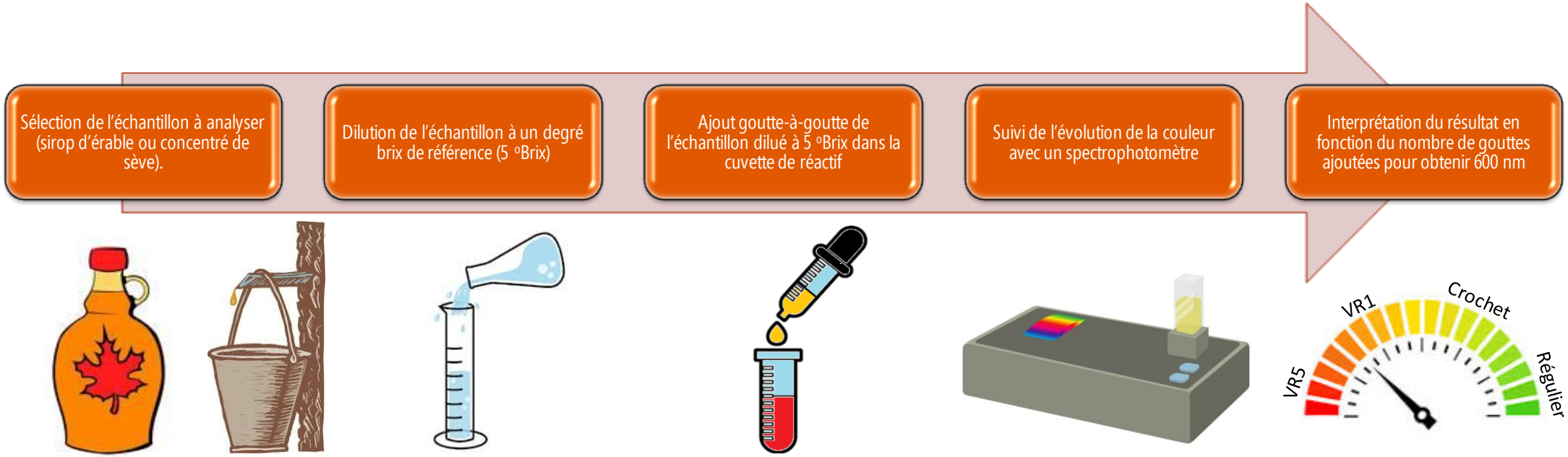
- Est-ce possible de doser les différents éléments du test COLORI (sève, sirop, réactif, eau) afin que les résultats des tests développés dans la sève et le concentré de sève répliquent celui du sirop d'érable correspondant?
- Quelles sont les utilisations possibles d'un test COLORI fonctionnant sur la sève et le concentré de sève pour les producteurs et les productrices (en complémentarité avec le test COLORI dans le sirop d'érable) ?
- Quels sont les designs et les équipements optimaux afin de permettre aux producteurs et aux productrices de profiter au maximum des avantages du test COLORI?



La deuxième version du test COLORI

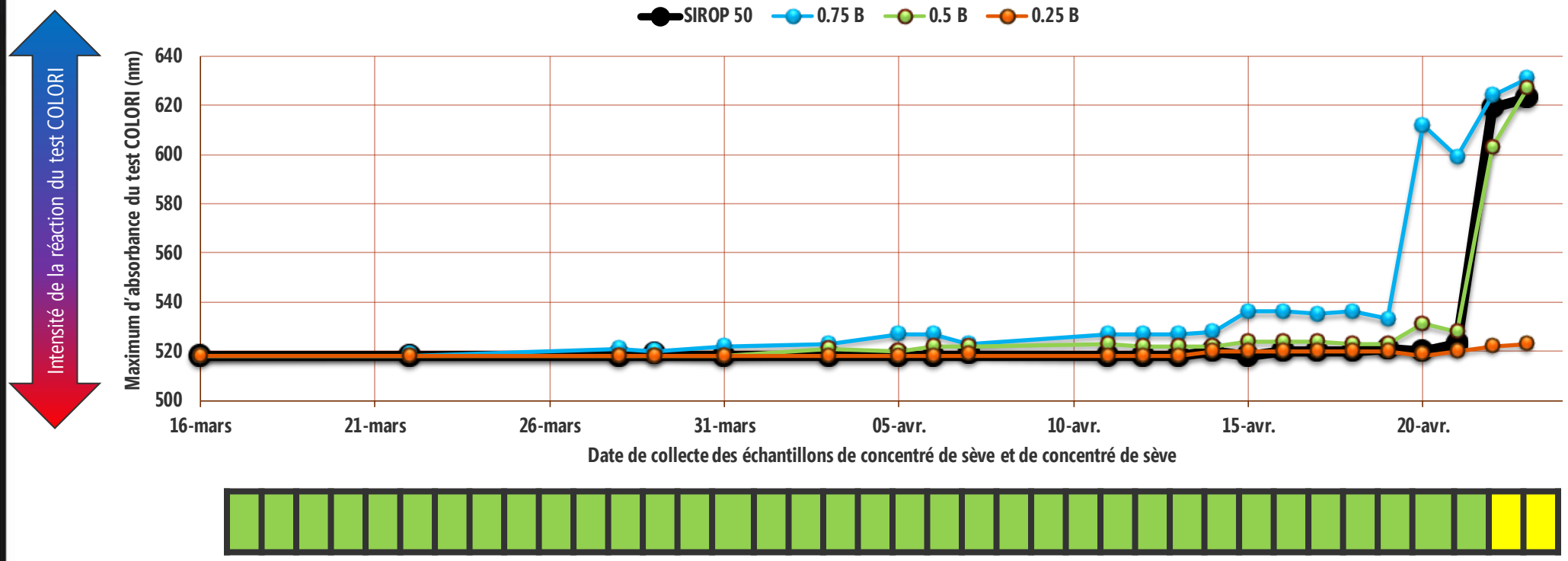
Améliorations :

- Le test COLORI fonctionne dans le sirop d'érable et le concentré de sève de plus de 5 °Brix.
- L'interprétation de la couleur est plus précise grâce à un spectrophotomètre.
- Les résultats donnent une indication de l'intensité du défaut de saveur sur l'échelle allant de régulier à bourgeon en fonction du nombre de gouttes ajoutées (à valider lors de l'étude).

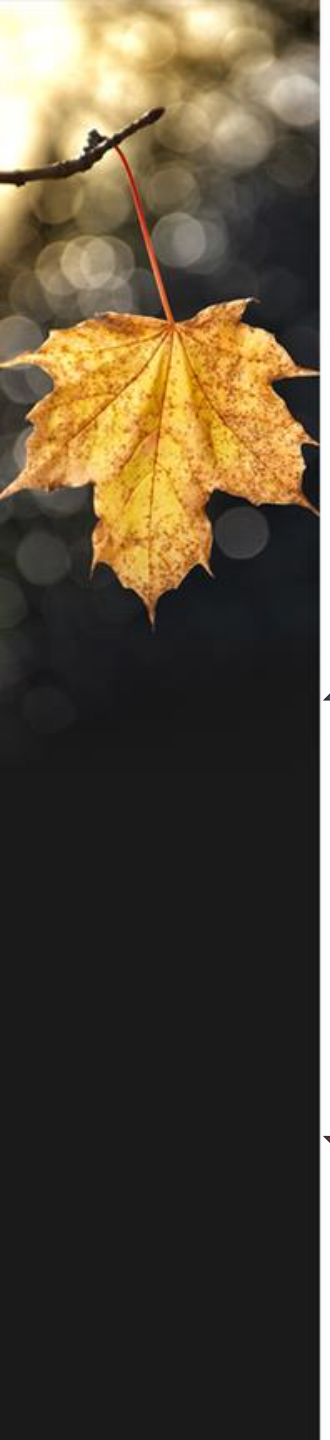


Évolution quotidienne du test COLORI dans le concentré de sève (érablière A)

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution de la réponse quotidienne du test COLORI dans le sirop d'érable (trait noir) et dans le concentré de sève ajusté par dilution à différents ºBrix (0.75 ºBrix en bleu, 0.5 ºBrix en vert et 0.25 ºBrix en orange). Une bande de couleur représentant le classement du sirop d'érable produit avec ce concentré de sève est présente sous le graphique afin de comparer l'évolution du classement à la réponse du test COLORI*. Il est possible de voir que le test COLORI commence à réagir en même temps que l'apparition de classements VR1 ou VR5.

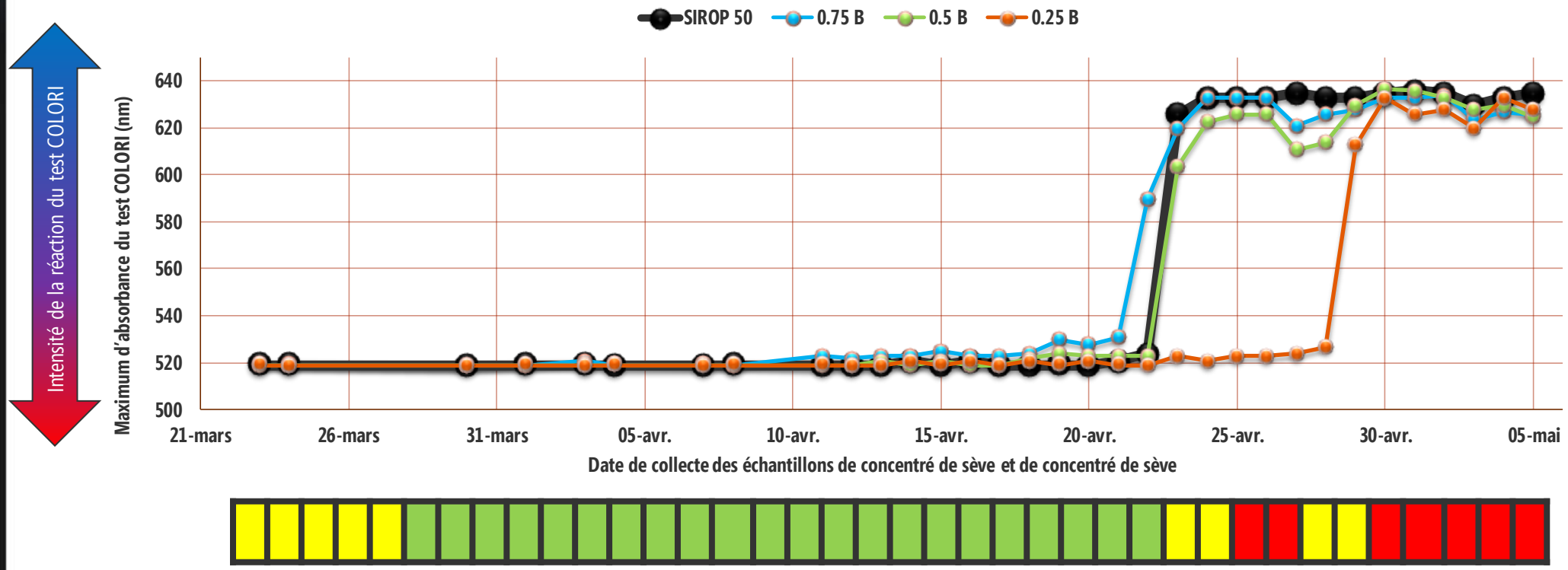


*Classement de l'échantillon (Vert = régulier ou crochet Jaune = VR1, VR12, VR13 et VR14 Rouge = VR5 ou CT5)

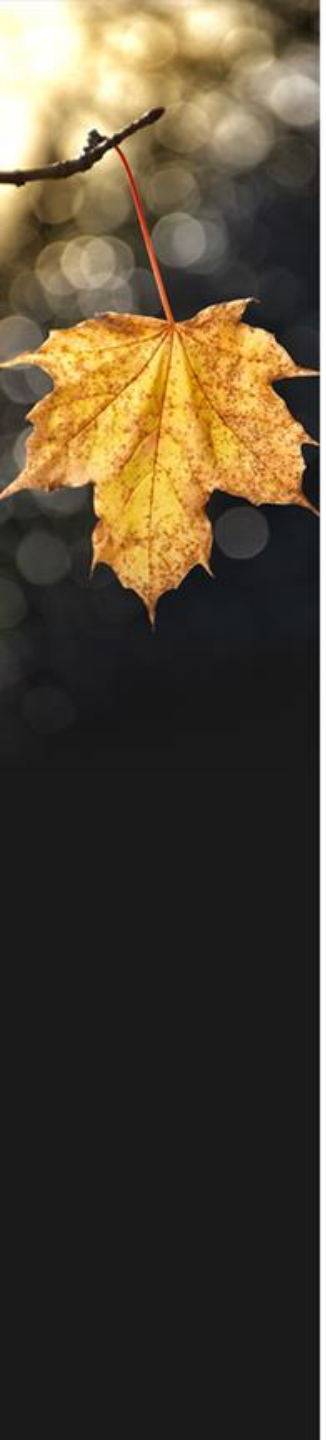


Évolution quotidienne du test COLORI dans le concentré de sève (érablière B)

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution de la réponse quotidienne du test COLORI dans le sirop d'érable (trait noir) et dans le concentré de sève ajusté à différents ºBrix (0.75 ºBrix en bleu, 0.5 ºBrix en vert et 0.25 ºBrix en orange). Une bande de couleur représentant le classement du sirop d'érable produit avec ce concentré de sève est présente sous le graphique afin de comparer l'évolution du classement à la réponse du test COLORI*. Il est possible de voir que le test COLORI commence à réagir en même temps que l'apparition de classements VR1 ou VR5.



*Classement de l'échantillon (Vert = régulier ou crochet Jaune = VR1, VR12, VR13 et VR14 Rouge = VR5 ou CT5)



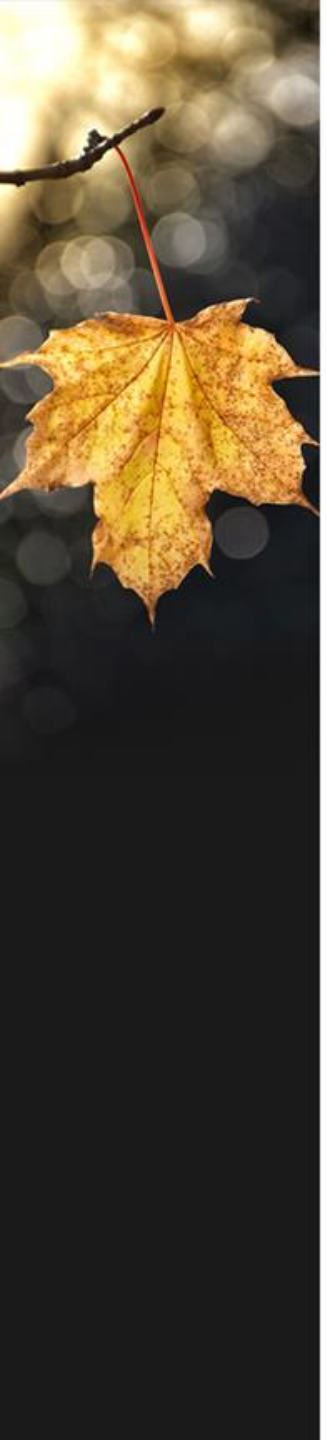
Utilisations possibles à la cabane

Comment utiliser le test COLORI comme outil de production acéricole dans les cabanes à sucre?

Lors de la saison acéricole 2020, les érablières et les clubs d'encadrement technique en acériculture qui ont reçu le test COLORI ont utilisé les résultats du test COLORI de plusieurs façons :

- Ne pas mélanger la sève qui a une forte chance de développer un sirop d'érable hors norme à la sève qui produit du sirop d'érable régulier;
- **Mieux prévoir les transitions** entre sirops d'érable régulier, sirops d'érable hors normes et sirops d'érable au goût de bourgeon;
- **Adapter ou stopper la production** de sirop d'érable en fonction des propriétés physico-chimiques de la sève;
- Faire une **meilleure gestion des intrants de sève** provenant de différentes stations de pompage ou de différents versants.

RECHERCHES EN COURS ET FUTURES



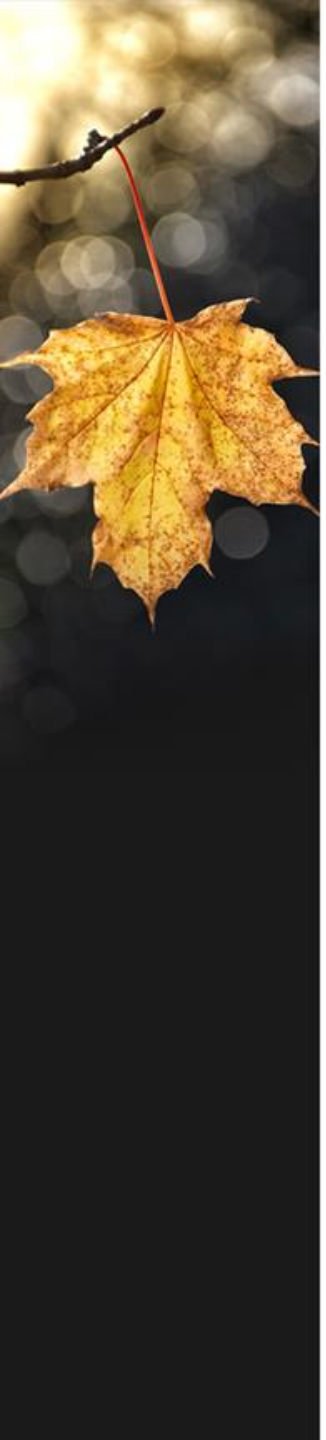
Projets en cours et futurs

1. Identification des composés volatils uniques aux sirops d'érable VR5 afin d'identifier les molécules directement responsables des saveurs comme celles du bourgeon.

2. Analyse des facteurs physico-chimiques de la sève permettant de prédire l'émergence de saveurs hors normes dans le sirop d'érable (pH, Brix, COLORI, acides aminés, sucres, composés azotés, composés soufrés, etc.).

3. Développement d'une nouvelle version du test COLORI fonctionnant sur la sève non concentrée pouvant être utilisée par tous les producteurs et toutes les productrices.

4. Étudier le lien entre l'évolution de certains paramètres physico-chimiques et l'impact des méthodes de production sur l'émergence de saveurs hors normes dans le sirop d'érable afin de mieux conseiller les producteurs et les productrices lors de la production de sirop d'érable.



En conclusion

- Les résultats obtenus lors de la saison 2019 sont très encourageants! Cependant, **il reste encore du développement à faire sur le test afin d'avoir un outil fiable** pour l'ensemble des producteurs et des productrices. Un test pourra être **disponible pour l'ensemble des producteurs et des productrices dans les prochaines années à un prix unitaire abordable**.

- Après l'analyse de 30 000 échantillons de sirop d'érable, on remarque qu'il est **difficile de distinguer, avec assez de confiance, certaines catégories comme le VR12 et le VR5** pour tous les types de catégorie de classement. Il n'est donc pas prévu d'utiliser cet outil pour le classement du sirop d'érable.

- Dans le moment, la **plus value** du test COLORI est surtout présente sur le plan de la production de **sirop d'érable** dans les érablières.

- À partir des résultats obtenus à ce jour, on peut penser que le test COLORI pourrait permettre d'indiquer, **directement à la cabane**, si un ou des défauts de saveur de fin de saison, tel que le goût de bourgeon, sont présents dans la sève ou le concentré **avant même sa transformation**.

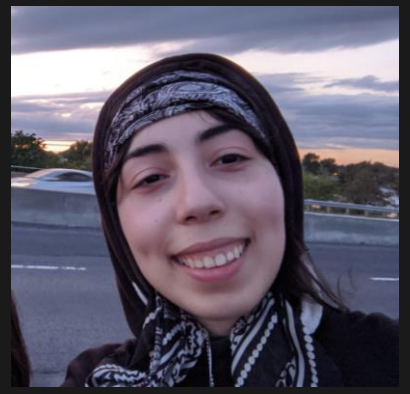
- Davantage de recherche seront nécessaires sur différents aspects.

REMERCIEMENTS

L'équipe de recherche

Jean-François Masson
Professeur titulaire

Simon Forest
Conseiller à la recherche



Issraa Beniani
Étudiante à la maîtrise

Juan Manuel Montiel
Chercheur post-doctorant

Julien Coutu
Assistant de recherche

Subventions et partenaires

CRIBIQ
Consortium de recherche et innovations en bioprocédés industriels au Québec

CRSNG
NSERC

Université de Montréal

Agriculture, Pêcheries et Alimentation Québec

ACER
Centre de recherche, de développement et de transfert technologique acéricole inc.

Producteurs et productrices acéricoles du Québec

Les érablières et les Clubs d'encadrement technique acéricole partenaires

Érablières partenaires :

- Guy Breault et Guillaume Breault
- Alan Bryson
- Nancy Lagacé
- Jeannot Beaulieu et Weena Beaulieu
- Karine Douville
- Alain Gauthier et Anne Gauthier
- Luc Goulet
- Francis Pépin
- Stéphane Deschenes
- Joël Larrivée
- Normand Urbain
- Mathieu Toupin
- Wesley Levasseur

Clubs d'encadrement technique acéricole partenaires :

- Club acéricole des Pays d'en haut
- Club acéricole du Sud du Québec
- Conseiller acéricole Sylvain Mailloux
- Club d'encadrement technique acéricole des Appalaches
- Club acéricole de Portneuf
- Club d'encadrement technique en acériculture de l'Est
- Club de qualité acéricole de Beauce-Appalaches (CQABA)

Merci de votre attention!

Vous avez des questions ?

Vous pouvez me rejoindre par courriel à l'adresse suivante :
simon.forest.2@umontreal.ca