

L'influence du climat et de la fertilisation sur les stades phénologiques du camerisier - État de la situation

Automne 2019



**CULTUR'
INNOV**

[CULTIVONS L'INNOVATION]



Crédits

Rédaction

Laurie Brown, agr., Culteur'Innov

Soutien à la rédaction

Élisabeth Lefrançois, MAPAQ

Caroline Turcotte, MAPAQ

Stéphane Demers, Culteur'Innov

Francis Bernier-Blanchet, Culteur'Innov

Marie-Ève Desaulniers, Culteur'Innov

Recherche

Laurie Nadeau, Culteur'Innov

Coordination du projet

Stéphane Demers, Culteur'Innov

Élisabeth Lefrançois, MAPAQ

Photos

Culteur'Innov, sauf avis contraire

Partenaire

Ce projet a été financé par le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation dans le cadre du Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région.



Les résultats, opinions et recommandations exprimés dans ce rapport émanent de l'auteur ou des auteurs et n'engagent aucunement le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation (MAPAQ).

Coopérative de solidarité Culteur'Innov

136, Miquelon, Saint-Camille (Qc) J0A 1G0

819-340-1836

info@culturinnov.qc.ca

www.culturinnov.qc.ca

Remerciements

L’auteure remercie en premier lieu les producteurs de camerises du Québec dont la détermination et la générosité sont très inspirantes. Leurs essais, leurs observations et leurs questionnements ont grandement contribué à l’accumulation collective de connaissances sur cette nouvelle culture fruitière. Les agronomes du MAPAQ qui travaillent dans les petits fruits émergents ont aussi joué un rôle important dans la genèse et la réalisation de ce rapport. Je remercie particulièrement Élisabeth Lefrançois, Caroline Turcotte et Pierre-Olivier Martel. Finalement, je remercie toute l’équipe de Cultur’Innov pour leur assistance, et en particulier Laurie Nadeau.

Résumé

Les stades phénologiques du camerisier (*Lonicera caerulea*) et les facteurs qui contrôlent ces stades sont décrits. Différents phénomènes de dérèglement de la phénologie des camerisiers sont observés au Québec et ailleurs. Certains dérèglements sont sans conséquence graves, mais d’autres sont à surveiller, surtout en lien avec les prévisions de changements climatiques. Sous le climat actuel, cette culture semble bien adaptée à l’ensemble des régions agricoles de la province.

L’influence de divers éléments nutritifs sur la nouaison et l’initiation florale a été bien étudiée pour de nombreuses cultures fruitières. Ces connaissances ont permis le développement de pratiques de fertilisation ciblées ou adaptées à des stades phénologiques spécifiques de ces cultures. Dans le cas du camerisier, il serait pertinent d’explorer le potentiel de cette approche. Des pistes de recherche sont suggérées pour augmenter la productivité et la valeur nutritive des baies de camerise.

English abstract

The phenology and the factors that control the phenology of blue honeysuckle or haskap (*Lonicera caerulea*) are reviewed. Different phenological deviations have been observed on blue honeysuckle in Quebec and elsewhere. Some of these deviations have only benign consequences, but others should be monitored, especially with regards to coming climate change. Under the current climate, this berry crop seems well adapted to all the agricultural regions of the province.

The influence of different plant nutrients on fruit set and fruit bud initiation has been studied extensively for many established fruit crops. These studies have led to the development of fertilisation practices that target or adapt to specific phenological stages. It would be pertinent to apply a similar approach to blue honeysuckle. Suggestions are made for research to increase the productivity and nutritional value of blue honeysuckle berries.

Table des matières

1. Introduction.....	8
1.1. La culture de la camerise au Québec.....	8
1.2. Constats sur les principaux enjeux de la culture	9
2. Phénologie et adaptation climatique.....	12
2.1. Les stades phénologiques du camerisier et leurs facteurs de déclenchement	13
2.1.1. Le débourrement des bourgeons	13
2.1.2. La floraison	15
2.1.3. La véraison et la maturation des fruits	16
2.1.4. La fin de la croissance des pousses.....	18
2.1.5. L’initiation des bourgeons floraux.....	20
2.1.6. La paradormance estivale	21
2.1.7. L’aoûtement et la chute des feuilles.....	22
2.2. Les limites d’adaptation des camerisiers au climat québécois	22
2.2.1. Risques liés aux températures estivales élevées	23
2.2.2. Risques liés au bris de la paradormance	26
2.2.3. Risques liés au bris prématuré de l’écodormance.....	29
2.2.4. Risques liés à un nombre insuffisant d’heures de froid	31
2.2.5. Évaluation globale des risques climatiques pour la production québécoise	32
3. L’influence des éléments nutritifs sur la nouaison et l’initiation florale.....	33
3.1. Les pratiques actuelles en fertilisation de la camerise au Québec.....	33
3.2. La répartition saisonnière des nutriments	39
3.3. L’influence des éléments nutritifs sur la nouaison des fruits	43
3.4. L’influence de la fertilisation sur l’initiation des bourgeons floraux	48
4. Pistes de recherche.....	52
4.1. Optimisation de la floraison et de la nouaison	52
4.2. Atténuation des impacts climatiques négatifs	54
4.3. Autres pistes de recherche.....	56
5. Conclusion.....	58
6. Références	59

Liste des figures

Figure 1. Localisation des entreprises membres de Camerise Québec qui produisent la camerise (Camerise Québec, 2021).	8
Figure 2. Les pousses sont issues du rameau qui entame sa 2e année. Les fleurs et les fruits se trouvent à la base des pousses.	12
Figure 3: Rameau en débourrement, avec certains boutons floraux déjà visibles	13
Figure 4: Exemple d'une carte des heures de froid pour les États-Unis (Gregory, 2017)	14
Figure 5: Fleurs et boutons floraux à différents stades de leur développement.....	15
Figure 6: Baie de camerise en début de véraison.....	17
Figure 7: Baies de camerise à pleine maturité	17
Figure 8: Formation du bourgeon terminal d'une pousse primaire.	18
Figure 9: Développement des bourgeons latéraux en même temps que le grossissement des fruits, au Québec.	20
Figure 10: Structures florales embryonnaires dans un bourgeon à la mi-juillet en Montérégie	20
Figure 11: Embryons floraux à l'aisselle d'embryons foliaires	21
Figure 12: Pousses primaires en processus de lignification.....	22
Figure 13: Exemple de dommages probables d'insolation. Aucun pathogène n'a été détecté par le laboratoire de phytopathologie.	25
Figure 14: Floraison d'un camerisier le 13 octobre.....	26
Figure 15: Fruit tardif en formation	27
Figure 16 : Pousse primaire et secondaire sur un jeune camerisier à la fin de juillet. Le point de transition est indiqué par la flèche.	27
Figure 17 : Point de transition avec les écailles du bourgeon apical visibles	28
Figure 18. Cultivar Berry Blue avec collier de serrage (Tie-Wrap) au printemps.	28
Figure 19. Cultivar Indigo Treat avec collier de serrage à la fin juillet. Présence de pousses (feuillage plus pâle) dans le haut du plant.	29
Figure 20: Croissance faible d'un plant de Berry Blue, possiblement affecté par le gel ..	30
Figure 21: Rusticité des bourgeons du même cépage de vigne dans un climat froid (New York) et un climat chaud (Virginie) (Zabadal et al., 2007).	31
Figure 22: Jeune camerisier vigoureux en sol acide	34
Figure 23: Symptômes foliaires d'une carence en potassium sur le cultivar Indigo Gem. La teneur foliaire en K était de 0,59%.	35
Figure 24: Symptômes foliaires d'une carence en manganèse sur le cultivar Indigo Gem. La teneur foliaire en Mn des plants affectés était de 6,5ppm.	36
Figure 25: Fruits avortés dans un verger du Lac-Saint-Jean, où les sols sont souvent faibles en bore. Photo Pierre-Olivier Martel, MAPAQ	36
Figure 26: Programme de fertilisation de la camerise selon les stades phénologiques, tel que proposé par la compagnie Yara en Pologne.	38
Figure 27 Dynamique de croissance des principales parties d'un cep de vigne. (Goutouly, 2018), cité par (Williams et Matthews, 1990).	39
Figure 28 Dynamique de la teneur en azote des différentes parties d'un cep, au cours de deux ans (Goutouly, 2018).....	40
Figure 29: Floraison printanière d'un camerisier qui fut complètement déraciné l'automne précédent et laissé au champ.....	41

Figure 30: Absorption de nutriments par les camerisiers selon le stade de croissance et le mois de l'année. Cité par (Grenda, 2015)..... 42

Figure 31: Teneur foliaire moyenne en N, P, K, Ca et Mg pour les cultivars Berry Blue (BB), Indigo Gem (IG) et Tundra (T). (Iheshiulo, 2018) 45

Liste des tableaux

Tableau 1: Origines génétiques des principaux cultivars de camerisier cultivés au Québec (Bors, 2019; One Green World, 2019)..... 9

Tableau 2: Écart entre le débourrement et la floraison selon l'origine génétique des camerisiers pour un site à Chilliwack, Colombie-Britannique (Gerbrandt et al., 2018b) 16

Tableau 3: Écarts entre la floraison et la véraison (Gerbrandt et al., 2017). 18

Tableau 4: Valeurs moyennes recherchées lors de l'implantation d'un verger de camerisiers (Gagnon, 2015)..... 33

Tableau 5: Floraison: avortement et rendement par plant pour le cassis avec différents moments de fertilisation (Sønstebya et al., 2017)..... 50

1. Introduction

1.1. La culture de la camerise au Québec

Les camerisiers sont implantés pour la production commerciale dans la majorité des régions habitées du Québec (Figure 1). On retrouvait en 2017 plus de 700,000 plants implantés sur 328 hectares. 58% des superficies se trouvent dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (Données non publiées provenant des fiches d'enregistrement du MAPAQ et d'un sondage interne des conseillers)



Figure 1. Localisation des entreprises membres de Camerise Québec qui produisent la camerise (Camerise Québec, 2021).

On retrouve des camerisières dans plusieurs textures de sol comme les sols sablonneux et les sols argileux. La culture de la camerise au Québec se fait généralement sous un paillis de plastique ou de géotextile, avec parfois un système d'irrigation de type goutte à goutte.

Sauf de rares exceptions, les mêmes cultivars sont implantés dans les différentes régions. Les premiers cultivars plantés en grand nombre au Québec étaient Indigo Gem, Indigo Treat et Tundra. Ces cultivars ont été implantés avec le cultivar « Berry Blue » pour assurer la pollinisation. Les cultivars « Borealis » et « Indigo Yum » ont aussi été plantés en moins grand nombre. À partir de 2014, les cultivars « Honey Bee » et surtout « Aurora » ont commencé à remplacer les premiers cultivars. Plus récemment, le cultivar « Boreal Blizzard » et les deux cultivars tardifs « Boreal Beauty » et « Boreal Beast » ont

été implantés en quantité significative. Quelques autres cultivars ont été implantés en plus petites quantités. Les origines du bagage génétique des cultivars principaux sont variables (Tableau 1).

Tableau 1: Origines génétiques des principaux cultivars de camerisier cultivés au Québec (Bors, 2019; One Green World, 2019)

Cultivar	Origines génétiques
Aurora	Russie continentale (50%), Japon (50%)
Berry Blue	Russie continentale (100%)
Borealis, Tundra et la série Indigo	Russie continentale (50%), Îles Kouriles* (50%)
Boreal Blizzard	Russie continentale (50%), Japon (50%)
Boreal Beauty	Russie continentale (37,5%), Japon (37,5%), Îles Kouriles (25%)
Boreal Beast	Russie continentale (25%), Japon (50%), Îles Kouriles (25%)
Honey Bee	Russie continentale (50%), Îles Kouriles (50%)

* Le territoire des îles Kouriles est revendiqué par la Russie et le Japon.

Sur les grandes superficies, les camerises sont récoltées à l'aide de récolteuses mécaniques. Les récolteuses développées pour la récolte de bleuets en corymbe, de cassis ou d'autres petits fruits conviennent généralement. Les producteurs de camerises qui cultivent de plus petites superficies ont également développé des méthodes de récolte semi-mécanisées à l'aide de plateformes et d'outils vibrants. À la suite d'une récolte mécanisée ou semi-mécanisée, même dans les meilleures conditions, les camerises sont généralement trop abîmées pour le marché des fruits frais. Les fruits pour le marché frais doivent être cueillis à la main.

1.2. Constats sur les principaux enjeux de la culture

Lorsque les conditions de croissance sont bonnes, les camerisiers poussent vigoureusement au Québec. Même lorsque les conditions laissent à désirer, le taux de survie des plants - mais pas nécessairement leur taux de croissance - est élevé comparé à d'autres fruitiers. Jusqu'ici, il y a eu relativement peu de problèmes phytosanitaires importants, ce qui facilite la régie de la culture. Les filets se sont avérés obligatoires pour un contrôle adéquat de la prédation par les oiseaux.

D'une entreprise à l'autre, la qualité et les méthodes de préparation de terrain ont été très variables. Selon le cas, certaines entreprises sont confrontées à diverses problématiques liées à la préparation du sol. Ainsi, on note régulièrement un enracinement superficiel des plants, entraînant une gestion plus laborieuse de l'irrigation, une faible croissance et parfois la présence de maladies racinaires. Le contrôle des mauvaises herbes est également un problème majeur sur certains sites.

La pollinisation est un autre enjeu important. Les producteurs doivent assurer la présence d'insectes pollinisateurs durant la floraison et il doit avoir une bonne proximité entre des cultivars compatibles et non apparentés pour assurer un bon échange de pollen. Selon les observations de plusieurs producteurs, les abeilles domestiques et les insectes pollinisateurs indigènes semblent être des pollinisateurs plus performants que les bourdons de commerce.

Les meilleures pratiques de taille n'ont pas encore été établies, mais une taille de renouvellement, semblable à celle du bleuets en corymbe, semble être indiquée. La taille de Tundra, Borealis et la série Indigo s'est avérée ardue en raison du port évasé ou globulaire de ces cultivars. La taille des plants destinés à une récolte mécanisée exige une méthode adaptée à la récolteuse prévue.

Jusqu'ici, le principal enjeu de la culture de la camerise, et de loin, a été la difficulté d'atteindre les rendements prédits au départ, soit 4 kg pour un plant mature de Tundra ou de la série Indigo, et de 6667 kg/ha (Gagnon, 2015). Pour les premiers cultivars implantés dans de bonnes conditions de culture, seuls les plants matures de Berry Blue ont atteint des rendements de plus de 3 kg/plant et, plus rarement, 4 kg/plant. Les rendements de Tundra et la série Indigo n'ont probablement jamais dépassé 2 kg/plant. Les rendements moyens au champ se situent généralement entre 0,5 et 1,3 kg/plant pour Indigo Treat et Indigo Yum. Pourtant, ces cultivars affichent une bonne croissance, peu de dommages hivernaux apparents et une floraison bien synchronisée avec Berry Blue, leur pollinisateur habituel. Une partie du problème peut être due à leur plus petite stature, mais il pourrait y avoir d'autres facteurs en jeu. La question est importante en raison du nombre important de plants de ces cultivars en culture actuellement.

Les cultivars plus récents ne sont pas encore rendus à maturité, mais leurs rendements semblent beaucoup plus encourageants, par exemple 2,3 kg/plant pour un plant d'Aurora de 5 ans (Gosselin, communication personnelle, 2019). Les plus récents budgets de la camerise, qui recommandent l'utilisation de cultivars performants et un espacement plus serré des rangées, estiment un rendement moyen (avant pertes lors de la récolte) de 2,5 kg/plant pour un plant mature et un rendement par hectare de 5000 à 7000 kg/ha (CRAAQ, 2019a; CRAAQ, 2019b). En comparaison, le budget québécois de la culture du bleuets en corymbe estime une production de 8000 kg/ha à maturité (CRAAQ, 2007). Du côté de la framboise, la production moyenne du budget commercial est de 3800 kg/ha pour une densité de 7400 plants/ha (CRAAQ, 2007). Donc, les rendements probables avec les cultivars de camerisier plus performants et un espacement plus serré entre les rangées sont comparables à ceux de ces deux autres cultures fruitières.

La fragilité des baies de camerise et leur durée de conservation relativement courte sont des freins majeurs à l'essor de la popularité auprès des consommateurs. En ce moment, la mise en marché de fruits frais se fait en grande partie par des circuits courts. Pour percer d'autres marchés, il faudrait développer les pratiques appropriées.

Ce rapport est une revue de la littérature et une réflexion sur les points suivants :

- Les facteurs de déclenchement des stades phénologiques du camerisier.

- Les limites d'adaptation des camerisiers au climat québécois et en particulier les régions les plus au sud de la province.
- L'influence des éléments nutritifs – l'apport et le moment d'application – sur la nouaison, l'avortement et l'initiation florale.
- Les pistes de recherche aptes à augmenter de manière significative la productivité des camerisiers.

Dans l'historique de la production des canneberges et des bleuets nains au Québec, il a été possible d'augmenter considérablement le rendement moyen par plant lorsque la recherche a permis de cibler des gestes de régie critiques. Il est à espérer que nous pourrions faire de même pour la culture de la camerise.

2. Phénologie et adaptation climatique

La phénologie est l'étude de l'évolution de phénomènes périodiques comme la floraison qui est régie par les variations saisonnières du climat (ex. chaleur, froid, longueur des journées, etc.). Ces phénomènes définissent le cycle biologique des êtres vivants. Les phénomènes périodiques sont nommés *stades phénologiques*. Chaque être vivant possède de multiples mécanismes afin de bien synchroniser sa phénologie de croissance et de reproduction.

Chez les arbres et arbustes fruitiers, les stades phénologiques typiques sont le débourrement des bourgeons, la floraison, la véraison, la maturation des fruits, l'initiation des bourgeons floraux, l'aoûtement et la dormance. Fait plutôt unique parmi les fruitiers, le camerisier accomplit l'essentiel de son cycle vital, du débourrement à la récolte et l'initiation florale, dans à peine plus de deux mois.

Souvent, pour des raisons techniques, ces stades sont divisés en sous-stades comme la division du stade de débourrement en plusieurs sous-stades. Ces sous-stades permettent de bien synchroniser les interventions de taille, de fertilisation ou de protection. Une charte détaillée des stades phénologiques permet également aux intervenants techniques et scientifiques de mieux se comprendre. Une telle charte est actuellement en développement pour la camerise au Québec (Turcotte *et al.*, 2021).

La section suivante présente les connaissances actuelles des facteurs climatiques qui régissent la phénologie du camerisier. Les stades considérés sont les stades observables sur un rameau durant sa deuxième année de vie. Durant cette année, le rameau produit de nouvelles branches appelées ici «pousses», qui portent les fleurs et les fruits à leur base (Figure 2).



Figure 2. Les pousses sont issues du rameau qui entame sa 2e année. Les fleurs et les fruits se trouvent à la base des pousses.

2.1. Les stades phénologiques du camerisier et leurs facteurs de déclenchement

2.1.1. Le débourrement des bourgeons

Le débourrement est le premier stade au printemps durant lequel les bourgeons gonflent et les écailles s'ouvrent laissant apparaître une partie des premières feuilles (Figure 3). Sur un camerisier en production, la plupart des bourgeons sont mixtes et contiennent l'embryon de la pousse qui va croître et les embryons floraux qui sont rattachés à cette pousse.



Figure 3: Rameau en débourrement, avec certains boutons floraux déjà visibles

Comme les autres arbustes qui survivent en état de dormance durant des périodes hivernales sous zéro, le réveil printanier du camerisier ne peut pas avoir lieu avant qu'il ait subi assez de froid pour lever son exigence de refroidissement (ER).

Les camerisiers originaires de la Russie continentale et du nord de la Chine requièrent un nombre relativement faible d'heures de froid pour combler leur ER (Thompson et Chaovanalikit, 2003) (Gerbrandt *et al.*, 2017). La durée de l'ER est plus longue pour les camerisiers provenant des îles Kouriles ou du Japon, là où les redoux hivernaux sont plus fréquents. Lorsque les camerisiers de provenances différentes sont croisés pour former des cultivars commerciaux, la durée de l'ER est déterminée par celle des parents et la dominance/récessivité des gènes concernées (Gerbrandt *et al.*, 2017). Le calcul de l'ER pour un cultivar de camerisier est assez complexe et n'a pas encore été effectué (Gerbrandt, communication personnelle, 2019).

L'exigence de refroidissement (ER) d'un arbuste ligneux représente la période minimale d'exposition aux basses températures nécessaires pour lever l'**endodormance** (dormance profonde sous contrôle hormonal) et permettre le déroulement normal du débourrement et de la floraison. L'endodormance est un mécanisme important pour éviter le débourrement des fruitiers à l'automne et durant des redoux hivernaux. L'ER est calculée en "heures de froid", en additionnant le temps total passé dans un certain intervalle de températures froides. Le débourrement normal peut débuter seulement quand l'exigence de refroidissement est atteinte. Un plant ne recevant pas l'ER nécessaire éprouvera des problèmes de croissance ou de floraison le printemps suivant.

Il est très important de noter que ce sont les heures d'exposition à des températures entre 0 et 7,2 °C qui comptent, et non les heures sous le point de congélation (Green, 2016). Ainsi, un hiver sous le climat frais, mais non glacial de l'Oregon contient plus d'heures de froid qu'un hiver au Maine (Figure 4). Il n'existe pas de carte des heures de froid pour le Québec, car les heures de refroidissement ont rarement été un enjeu jusqu'ici.

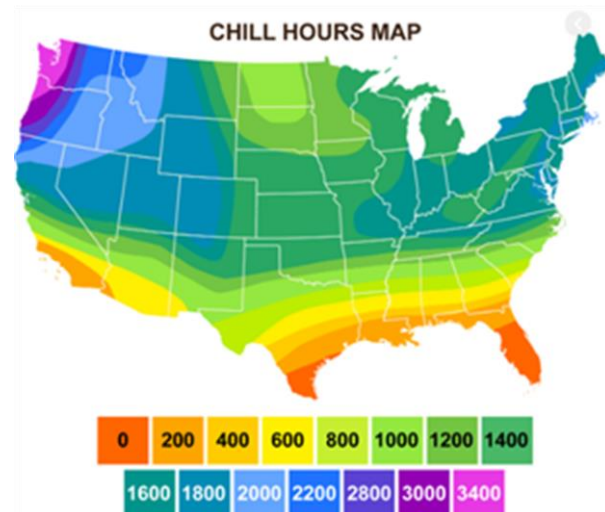


Figure 4: Exemple d'une carte des heures de froid pour les États-Unis (Gregory, 2017)

Lorsqu'un arbuste a subi le nombre nécessaire d'heures de froid, on dit que sa période d'endodormance est terminée. Pourtant, l'arbuste ne débourne pas nécessairement aussitôt. Un autre élément déclencheur est nécessaire pour le sortir de son état d'**écodormance** (dormance imposée par les conditions climatiques). À partir de la fin de l'endodormance, le débournement a lieu lorsque l'arbuste a reçu un certain stimulus de chaleur, exprimé en *degrés-jours*. Comme pour les heures de froid, les degrés-jours permettent de mesurer le nombre d'heures écoulées en haut de la température minimale nécessaire pour la croissance de l'espèce végétale en question. La température minimale qui permet la croissance des camerisiers se situe autour de 3°C (Plekhanova, 1989; Turcotte *et al.*, 2021).

Le nombre de degrés-jours nécessaires pour provoquer la levée de l'écodormance et le débourrement d'un camerisier varie également selon ses origines génétiques (Gerbrandt *et al.*, 2017). Ainsi, les camerisiers d'origine russe continentale débourrent avec le nombre le plus faible de degrés-jours, suivi des camerisiers d'origine japonaise et ensuite d'origine kouriles. Comme pour l'ER, le nombre de degrés-jours nécessaire pour le débourrement des cultivars commerciaux est déterminé par celui des parents, de la dominance et de la récessivité des gènes concernées (Gerbrandt *et al.*, 2017).

2.1.2. La floraison

La floraison est la période durant laquelle les organes reproducteurs des plantes s'épanouissent (Figure 5). Le pollen est relâché et les étamines sont réceptives, rendant possibles la reproduction sexuée et la formation de graines et de fruits. Fait inusité, les fleurs du camerisier ont l'admirable capacité de tolérer des températures de -8°C et possiblement plus froid, sans que la nouaison du fruit soit affectée (Thompson et Chaovanalikit, 2003).



Figure 5: Fleurs et boutons floraux à différents stades de leur développement

Comme les bourgeons floraux sont rattachés à la base de la nouvelle pousse, le début de la floraison est lié en partie au moment de débourrement. L'écart entre le débourrement et la floraison a été mesuré pour des camerisiers d'origines parentales différentes, tous cultivés sur le même site au sud de la Colombie-Britannique (Gerbrandt *et al.*, 2018b). Sous un même climat, on observe des écarts légèrement différents selon l'origine parentale des cultivars (Tableau 2). Par exemple, les cultivars d'origine japonaise ou kouriles débourrent plus tardivement, mais prennent aussi plus de temps entre le débourrement et la floraison.

Tableau 2: Écart entre le débourrement et la floraison selon l'origine génétique des camerisiers pour un site à Chilliwack, Colombie-Britannique (Gerbrandt *et al.*, 2018b)

Origine génétique des camerisiers	Date médiane 50% débourrement	Date médiane 30% floraison	Écart entre les deux stades (jours)
Russie continentale	8-févr	21-mars	41
Japon	16-févr	06-avr	49
Îles Kouriles	7-mars	18-avr	44

Donc, le moment de floraison, comme le moment de débourrement, est surtout sous la gouverne des degrés-jours. La chaleur augmente de façon globale le taux de croissance et de développement des plantes (Jagadish *et al.*, 2016). Si on compare les travaux de (Gerbrandt *et al.*, 2018b) avec les observations réalisées au Québec (Turcotte *et al.*, 2021), on remarque un déplacement dans le calendrier des dates lors desquelles les stades ont été atteints en fonction de la région. Ces résultats tendent à démontrer que la différence de température a un impact plus important que la longueur du jour. L'hybrideur Bob Bors a remarqué que le début de la floraison en Saskatchewan pouvait varier jusqu'à deux semaines d'une année à l'autre, pour le même cultivar, selon les conditions météorologiques (Dawson, 2017).

2.1.3. La véraison et la maturation des fruits

La *véraison* est la période où les fruits commencent à prendre la couleur associée avec leur pleine maturité (Figure 6).



Figure 6: Baie de camerise en début de véraison

La *maturation* est un stade quelque peu subjectif, où la couleur, les saveurs et la texture des fruits sont jugées optimales pour la récolte (Figure 7). La synthèse et l'accumulation d'éléments nutritifs comme les sucres et les antioxydants (pigments pourpres) dans les baies de camerises permettent le développement des couleurs et saveurs que nous associons avec la maturité des fruits.



Figure 7: Baies de camerise à pleine maturité

L'accumulation de degrés-jours est perçue comme le facteur principal qui influence le moment de véraison et de maturation des baies de camerise (Prischepina, 2000;

Gerbrandt *et al.*, 2018b). Dans une expérience en Colombie-Britannique dans la vallée du Fraser, les fruits des camerisiers russes se sont colorés avant ceux des camerisiers japonais et kouriles, mais l'écart était moins grand que lors du bourgeonnement et de la floraison (Tableau 3).

Tableau 3: Écarts entre la floraison et la véraison (Gerbrandt *et al.*, 2017).

Provenance des camerisiers	Date médiane 30% floraison	Date moyenne 50% fruits bleus	Date moyenne 100% fruits bleus	Écart entre floraison et 50% fruits bleus (jours)	Écart entre floraison et 100% fruits bleus (jours)	Écart entre 50% fruits bleus et 100% fruits bleus (jours)
Russe	25-mars	16-mai	23-mai	52	59	7
Japonais	06-avr	30-mai	11-juin	54	66	12
Kourile	19-avr	07-juin	16-juin	49	58	9

2.1.4. La fin de la croissance des pousses

Lors de ce stade, les pousses, en croissance depuis le début du printemps, terminent leur croissance annuelle (Figure 8). Un bourgeon se forme à l'extrémité de chaque pousse, suivi de bourgeons latéraux vis-à-vis des feuilles de la pousse.



Figure 8: Formation du bourgeon terminal d'une pousse primaire.

En Russie, après le débourrement, une période d'élongation rapide des pousses a été observée en même temps que la floraison. La croissance a ralenti et a subi des démarrages et des arrêts épisodiques avant de cesser à peu près au même moment que la véraison (Plekhanova M., 2000).

Une étude de la Colombie Britannique corrobore celle de la Russie (Gerbrandt *et al.*, 2018a): la croissance des pousses s'est terminée environ en même temps que la véraison. Comme lors du débourrement et de la floraison, les plants russes ont cessé la croissance en premier, suivi des japonais et ensuite du groupe kouriles. Donc, la fin de la croissance varie en fonction de l'origine génétique du camerisier. Toutefois, les écarts entre les groupes étaient beaucoup moins distincts que lors de la floraison et il y a un chevauchement considérable entre eux.

Toujours en Colombie-Britannique, il a été observé que le moment de fin de croissance varie peu d'une année à l'autre pour le même plant sur le même site. Ils suggèrent que la longueur des jours ait un rôle important à jouer comme signal de la cessation de la croissance des camerisiers. La photopériode nécessaire pour déclencher ce stade phénologique varie selon la latitude du lieu d'origine de leur bagage génétique.

D'importantes variations entre les trois sites en Colombie-Britannique pour la date de la fin de croissance du même clone de camerisier ont été observées. Les trois sites étaient pourtant assez rapprochés dans la vallée du Fraser. La vigueur végétative du plant, qui était variable selon le sol et la régie de chaque site, est venue moduler un peu la réponse du plant au signal de la longueur des jours (Gerbrandt, communication personnelle, 2020). Il est documenté dans la culture du cassis que la fertilisation puisse prolonger un peu la période d'élongation des pousses et retarder ainsi l'initiation florale, même si, en principe, ces stades sont sous la gouverne de la photopériode (Sønstebya *et al.*, 2017).

Dans l'ouest du Canada comme en Russie, il a aussi été observé que la fin de la croissance végétative avait lieu environ au même moment que la véraison. Toutefois, il n'a pas été intimé qu'il y avait une relation de cause à effet entre ces deux stades. Au contraire, la véraison semblait dépendre des degrés-jours, alors que la fin de la croissance serait régie par la longueur des journées (Gerbrandt *et al.*, 2018a; Plekhanova, 1989). Des observations effectuées sur des vergers québécois ont permis d'établir que la fin de la croissance a lieu avant la véraison, au moins certaines années (Figure 9). Des observations plus ciblées permettraient de mieux documenter la concordance de ces stades. Sous le climat plus doux de la Colombie-Britannique, les fruits mûrissent plus tôt en saison qu'au Québec. Cela dit, le sud de la Colombie-Britannique et le Québec se trouvent à des latitudes similaires (45-49 ° N). Donc, il serait logique que la fin de la croissance puisse arriver plus tôt que la véraison au Québec.



Figure 9: Développement des bourgeons latéraux en même temps que le grossissement des fruits, au Québec.

2.1.5. L'initiation des bourgeons floraux

L'initiation des bourgeons floraux est le stade durant lequel les embryons floraux pour l'année suivante se développent à l'intérieur des bourgeons latéraux et apicaux (Figures 10 et 11). Ils passeront l'hiver sous forme embryonnaire avant de compléter leur développement au printemps suivant.



Figure 10: Structures florales embryonnaires dans un bourgeon à la mi-juillet en Montérégie

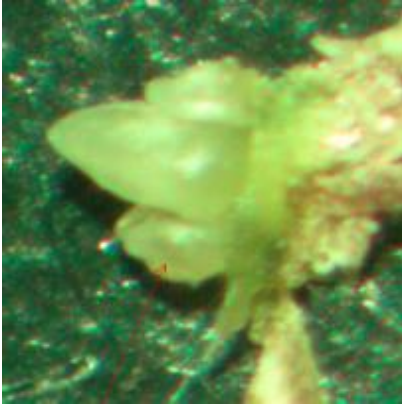


Figure 11: Embryons floraux à l'aisselle d'embryons foliaires

Chez le camerisier, la formation de bourgeons latéraux survient rapidement après la fin de la croissance apicale de la pousse et de la formation du bourgeon apical. L'initiation d'embryons floraux dans certains de ces bourgeons survient par la suite, vraisemblablement sans le besoin d'un autre facteur de déclenchement (Plekhanova, 1989; Gerbrandt *et al.*, 2018a).

Lors d'observations faites durant deux ans (Cultur'Innov, résultats non publiés), le début et la durée de l'initiation florale étaient similaires chaque année pour le même cultivar. L'initiation débute plus tôt chez les cultivars ayant plus de bagages génétiques russes.

Comme pour tous les fruitiers, la radiation solaire joue un rôle important dans l'initiation florale. La température interne des bourgeons exposés à la lumière du soleil est plus élevée et augmente la concentration des régulateurs de croissance, principalement la gibbérelline, ce qui stimule la floraison (Kozłowski *et al.*, 1991). Ainsi, les bourgeons à l'intérieur du plant et moins exposés au soleil ont tendance à moins se développer.

2.1.6. La paradormance estivale

Donc, vers la fin du printemps ou au début de l'été, les pousses primaires des camerisiers cessent leur croissance. Cet arrêt de croissance a lieu malgré des conditions de luminosité, de pluviométrie et de chaleur qui sembleraient assez propices à la croissance. Au Québec, après l'arrêt de la croissance, les camerisiers demeurent dans un état relativement passif durant des semaines, sinon des mois, avant la chute des feuilles à

La paradormance est l'inhibition de la croissance d'une partie d'une plante par une autre partie de la plante. Cette inhibition est exercée par des organes ou tissus plus ou moins éloignés de la partie inhibée. Il peut s'agir d'une dominance apicale ou une inhibition imposée par les feuilles ou les bourgeons. Les parties dominantes produisent des hormones de croissance – principalement des auxines – qui entraîne l'arrêt de croissance (Horvath, 2003; Olsen, 2003). Malgré l'arrêt de la croissance des parties aériennes, l'activité physiologique ne disparaît pas complètement.

Il peut sembler étrange qu'un arbre ou un arbuste puisse entrer en dormance si tôt en saison, mais un état semblable, parfois nommé la paradormance d'été ou la dormance d'été, existe chez d'autres arbres et arbustes, par exemple les frênes, les chênes et les érables (Cline et Deppong, 1999). La paradormance permettrait à la plante d'allouer ses ressources à la reproduction et de contrôler son architecture (Lang *et al.*, 1987).

l'automne. L'activité des racines durant cette période n'est pas connue. Il s'agit d'une période de *paradormance*. La croissance des camerisiers peut parfois reprendre après cette période. Ce dérèglement phénologique est discuté plus loin dans ce texte.

2.1.7. L'aoûtement et la chute des feuilles

L'aoûtement regroupe l'ensemble des nombreux processus physiologiques et biochimiques par lesquels une plante se prépare à affronter des températures froides. Il inclut plusieurs changements indispensables pour la survie hivernale des branches, des pousses et des bourgeons. Les signes visibles de l'aoûtement sont la lignification des pousses de l'année, la maturation des bourgeons et la chute des feuilles (Figure 12).



Figure 12: Pousses primaires en processus de lignification

La longueur des jours aurait un rôle important à jouer dans la perte des feuilles, en combinaison avec une diminution de la température. Il a été possible d'induire la dormance à des camerisiers en serre à la suite d'un traitement de jours courts (Gerbrandt *et al.*, 2018a).

2.2. Les limites d'adaptation des camerisiers au climat québécois

Une plante ligneuse peut faire face à sa limite climatique de différentes façons. Au Québec, nous pensons spontanément au froid hivernal comme la limite climatique ultime, ou bien à une période de croissance trop courte. À cet égard, le camerisier est adapté au froid et aux saisons courtes du Québec comme peu d'autres fruitiers commerciaux, et ceci

représente une opportunité de développement dans les régions nordiques. Les limites climatiques de la culture du camerisier sont d'une autre nature.

La limite sud de la zone d'adaptation des camerisiers non cultivés serait déterminée par la chaleur excessive et la sécheresse (Sheyko, 2009). En effet, plusieurs chercheurs ont observé des anomalies de croissance lorsque les camerisiers sont cultivés dans un climat beaucoup plus doux que leur climat d'origine. Cette section contient une discussion des problèmes observés ou potentiels liés à la culture de la camerise sous le climat québécois, et également une évaluation des risques.

2.2.1. Risques liés aux températures estivales élevées

2.2.1.1. Inhibition de l'initiation florale

Chez les bleuetiers de type *œil de lapin* (*Vaccinium ashei*), des températures élevées peuvent retarder l'initiation florale ou réduire les dimensions des bourgeons (Williamson *et al.*, 2018). Pour cette culture fruitière, la conversion de bourgeons végétatifs en bourgeons floraux est déclenchée par un signal de jours courts. Des températures élevées peuvent réduire l'initiation florale alors que la photopériode y est propice. La validation d'un tel phénomène chez le camerisier ne semble pas avoir été faite.

2.2.1.2. Le dessèchement des feuilles

En Oregon, le feuillage des cultivars russes devenait brun et sec sous la chaleur du mois d'août, alors que le feuillage des cultivars japonais et kouriles n'en souffrait pas (Thompson et Chaovanalikit, 2003). Au Québec, lorsque les conditions de culture sont bonnes et que les camerisiers sont irrigués convenablement, cette dégradation importante du feuillage des camerisiers, en l'absence d'insectes et de maladies, n'a pas été observée.

2.2.1.3. L'épuisement des réserves de glucides

La chaleur estivale pourrait incommoder les camerisiers sans qu'ils aient de symptômes physiques. En tant que fruitiers issus d'un climat maritime ou continental aux étés frais, leur métabolisme pourrait être moins bien adapté à la chaleur estivale. La température chaude durant le jour est parmi les facteurs qui réduisent la photosynthèse et augmentent la photorespiration par les feuilles (Dusenge *et al.*, 2018). La photorespiration représente une perte de glucides pour la plante et donc potentiellement une perte d'énergie pour l'aoûtement et le développement des bourgeons. Aucune recherche spécifique à la camerise n'a été trouvée sur ce sujet. Les cultivars de camerisier avec plus de bagages génétiques japonais ou kouriles ont possiblement un métabolisme mieux adapté aux étés chauds. Ce point est à valider.

2.2.1.4. La dégradation des bourgeons après leur formation

Une étude québécoise menée en 2018 dans sept régions différentes et sur trois cultivars démontre que les bourgeons de camerisier, formés en début d'été, meurent parfois en nombre appréciable avant même l'arrivée de l'hiver (Brown *et al.*, 2020). Des taux moyens de mortalité de 5-28% ont été observés à l'automne. Les résultats ont été semblables pour le cultivar russe (Berry Blue) et les cultivars russo-kouriles (Indigo Treat et Indigo Gem).

Il y a eu des canicules importantes dans toutes les régions du Québec en 2018, et nous ne pouvons pas écarter un impact possible de la température élevée sur la viabilité des bourgeons à la suite de leur formation. Toutefois, des facteurs propres aux sites, entre autres l'absence ou l'insuffisance d'irrigation, seraient possiblement à l'origine de la mortalité observée (Brown *et al.*, 2020).

Cependant, une autre étude québécoise rapporte que la camerise serait une culture peu sensible aux stress hydriques (Boivin *et al.*, 2019). Toutefois, la mortalité automnale des bourgeons observés en 2018 est significative. En ce sens, l'hypothèse que ces bourgeons ont manqué d'eau mérite d'être vérifiée, car des années chaudes et sèches comme 2018 vont avoir lieu plus régulièrement. Une meilleure régie d'irrigation estivale pourrait avoir un impact positif notable sur la viabilité automnale et printanière des bourgeons floraux.

2.2.1.5. La dégradation de la qualité des fruits

Il est bien connu que les températures chaudes lors de la récolte des camerises compliquent la gestion de la récolte. Les camerises mûres ramollissent à mesure que la température du jour augmente. La durée totale de la période de récolte est raccourcie lorsque la météo est généralement plus chaude, car les degrés-jours s'accumulent plus rapidement. Au-delà de ces complications d'ordre pratique, des températures élevées avant ou durant la récolte pourraient aussi diminuer la qualité intrinsèque des fruits.

La chaleur et l'insolation excessives sont probablement les causes de dommages abiotiques observés sur les baies de camerises. On observe alors des plaques brunes sur le côté des fruits exposées au soleil (Figure 13). De tels fruits peuvent être aptes à la consommation (absence de pourriture), mais ils sont généralement déclassés.

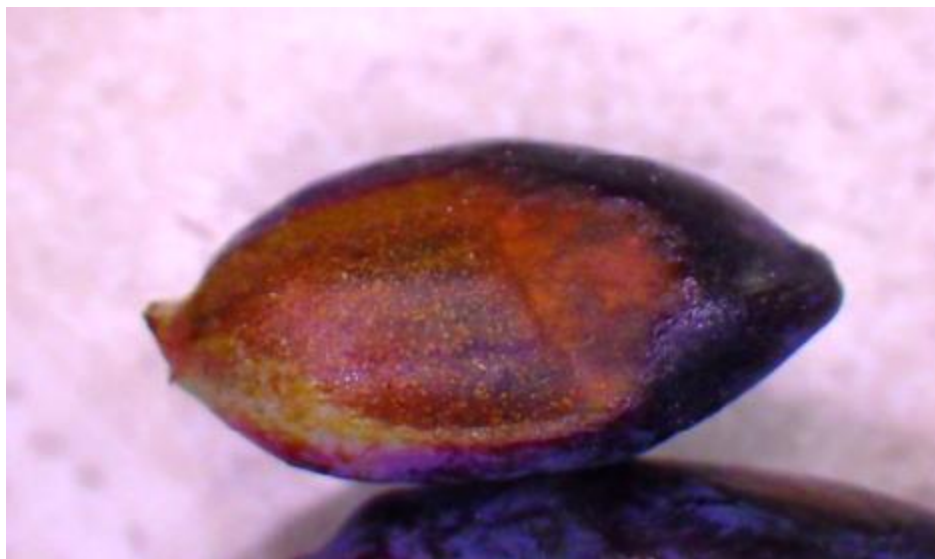


Figure 13: Exemple de dommages probables d'insolation. Aucun pathogène n'a été détecté par le laboratoire de phytopathologie.

Les dommages d'insolation sont bien connus pour d'autres petits fruits et semblent être plus ou moins importants selon la régie d'irrigation, la couverture des fruits par les feuilles, le développement du système racinaire et le cultivar (Lambert, 2007). Des dommages de ce type ne semblent pas être un problème majeur pour les camerises à ce jour, possiblement en raison de la bonne couverture des fruits par le feuillage.

En plus de dommages d'insolation, la chaleur pourrait affecter la valeur nutritive. Le cyanidin-3-glucoside (C3G) est, de loin, la principale anthocyane des camerises, comptant pour 80-90% du total (Auzanneau *et al.*, 2018). Le C3G a des propriétés intéressantes pour la santé humaine (Pace *et al.*, 2018). La synthèse et la dégradation d'anthocyanes incluant le C3G en conditions de température élevée ont été étudiées en détail chez la prune (Niu *et al.*, 2017). La synthèse d'anthocyanes ne semble pas être inhibée par des températures de 35°C, mais il y a plus de dégradation enzymatique et non enzymatique d'anthocyanes à cette température. La faible stabilité thermique du C3G durant la transformation et l'entreposage est bien documentée (Pace *et al.*, 2018), ce qui crée un doute sur sa stabilité au champ. Il s'agit d'un point important à vérifier. Dans une étude polonaise d'une durée de deux ans, il y avait une baisse significative de la teneur totale des anthocyanes dans les camerises lors de l'année la plus chaude de l'étude (Szot et Wieniarska, 2012).

Au Québec, des températures élevées surviennent assez régulièrement lors de la période de la récolte de la camerise. Cette situation va probablement se présenter plus fréquemment en raison des changements climatiques et de l'implantation de cultivars plus tardifs. Il y a donc un danger potentiel de perte de qualité nutritive des baies de camerise. Il n'existe pas beaucoup de moyens pratiques d'atténuer les températures chaudes lors de la récolte, mais la température n'est pas le seul facteur influençant la valeur nutritive des camerisiers. Comme chez d'autres fruitiers, la génétique du cultivar a une influence importante (Szot et Wieniarska, 2012; Wang *et al.*, 2018), ainsi que la régie

d'irrigation (Auzanneau *et al.*, 2018). Chez d'autres petits fruits comme le cassis, le moment de fertilisation a également un impact important sur la composition des fruits (Sønstebya *et al.*, 2017). Ainsi, il pourrait être possible de minimiser l'impact des hautes températures sur la valeur nutritive des baies de camerise par le choix du cultivar et l'optimisation de la régie d'irrigation et de fertilisation.

2.2.2. Risques liés au bris de la paradormance

2.2.2.1. La floraison automnale

Des chercheurs dans plusieurs pays ont observé une floraison automnale chez les camerisiers. Lors de cette floraison, les bourgeons ne contiennent que des fleurs et non des pousses végétatives (Figure 14).



Figure 14: Floraison d'un camerisier le 13 octobre

Cette floraison, somme toute banale, aurait lieu pour des camerisiers de provenance génétique variée lorsque des conditions environnementales comme l'eau, la disponibilité de nutriments et la lumière initient le relâchement de la paradormance (Gerbrandt *et al.*, 2018a).

Au Québec, la floraison automnale observée sur le cultivar Berry Blue, mais aussi sur d'autres cultivars correspond bien à la description faite par ces chercheurs. Même lors des automnes à floraison plus abondante et même dans le sud extrême de la province, cette floraison est restreinte aux bourgeons apicaux et ne semble pas assez significative pour nuire au potentiel de rendement de l'année suivante.

Plus rarement, on peut observer une floraison semblable durant l'été, et même une production de fruits tardifs solitaires de petit calibre (Figure 15). Lorsque les bourgeons ne sont pas mixtes (végétatif et fructifère), il s'agit du même phénomène que la floraison automnale. Cette situation s'observe surtout durant l'année de l'implantation ou dans des situations de très forte croissance.



Figure 15: Fruit tardif en formation

2.2.2.2. La croissance secondaire

On observe chaque année un certain niveau de *croissance secondaire* sur les cameroisiers. Il s'agit d'une reprise de la croissance de la pousse primaire après la formation du bourgeon terminal et à partir de celui-ci. Cette nouvelle *pousse secondaire* peut débourrer peu après la fin de la croissance ou plus tard durant l'été. Les *pousses secondaires* sont assez faciles à reconnaître par la couleur plus pâle de leur feuillage et par la présence de vestiges de la structure du bourgeon terminal qui a été « défoncé » (Figure 16 et 17).



Figure 16 : Pousse primaire et secondaire sur un jeune cameroisier à la fin de juillet. Le point de transition est indiqué par la flèche.



Figure 17 : Point de transition avec les écailles du bourgeon apical visibles

La croissance secondaire, comme la floraison secondaire, résulte d'un relâchement de la paradormance (lire paradormance) (Gerbrandt *et al.*, 2018a). Les pousses tardives peuvent contenir des bourgeons viables (Brown *et al.*, 2020), mais elles sont généralement considérées comme indésirables. Les pousses secondaires sont assez communes sur les plants de 1-2 ans et sur les camerisiers conduits en petits arbres multitruncs à l'aide de colliers de serrage (Figure 18 et 19). Sur les plants plus vieux, même ceux situés dans le sud du Québec, le nombre de pousses secondaires est généralement assez faible et ne semble pas constituer une perte importante du potentiel de rendement. Il serait intéressant de mieux comprendre les facteurs qui augmentent la croissance de pousses tardives – possiblement une irrigation ou une fertilisation trop généreuse ou une taille trop forte.

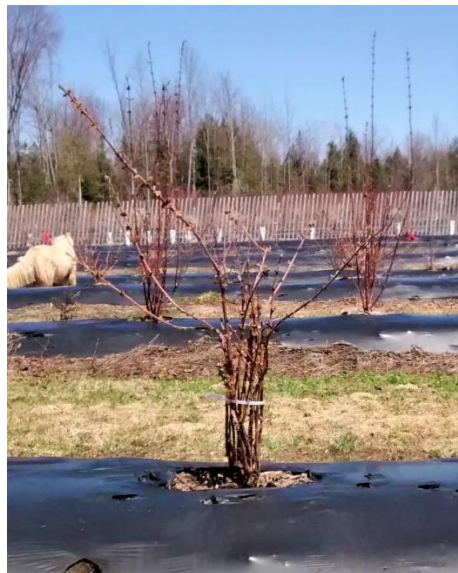


Figure 18. Cultivar Berry Blue avec collier de serrage (Tie-Wrap) au printemps.



Figure 19. Cultivar Indigo Treat avec collier de serrage à la fin juillet. Présence de pousses (feuillage plus pâle) dans le haut du plant.

2.2.3. Risques liés au bris prématuré de l'écodormance

Nous avons vu que pour la plupart des camerisiers d'origine russe, l'endodormance se termine tôt en hiver. À partir de la fin de l'endodormance, le bris de l'écodormance durant un redoux hivernal peut causer un réveil précoce, suivi de dommages importants lorsque les températures chutent de nouveau. Rappelons que le bris de l'écodormance et le début du débourrement ont lieu lorsqu'un camerisier subit un nombre suffisant d'heures au-dessus de +3°C. Le nombre d'heures nécessaire est déterminé par l'origine génétique.

De tels dommages hivernaux ont été observés à plusieurs occasions sous des climats où il y a une longue période fraîche à l'automne, suivi d'un hiver doux (Plekhanova, 1989; Thompson et Chaovanalikit, 2003; Kirina, 2009; Kuklina, 2009; Vinogradov et Arus, 2020), mais surtout chez les camerisiers russes. Par exemple, en Oregon en février, une floraison hivernale importante sur les cultivars russes a été observée en plus de sérieux dommages de gel, allant du gel quasi total de la pousse de l'année précédente au « débourrement retardé suivi de nouvelles pousses chétives et sans fleurs ». De tels dommages, parfois alors que la température hivernale minimale n'était pas plus froide que -3°C, ont intrigué ces chercheuses (Thompson et Chaovanalikit, 2003). En Estonie, des dommages de gel hivernal ont été observés alors que la température mensuelle

moyenne en janvier et février variait de -2 à -2,65°C (Vinogradov et Arus, 2020). Les camerisiers japonais et kouriles n'ont pas subi ce type de dommage en Oregon.

En Russie, la fluctuation des températures empêcherait les bourgeons éveillés de se développer (Plekhanova, 1989). Les réserves en glucides des bourgeons sont épuisées et ils perdent leur capacité de survivre les périodes subséquentes de froid. Ainsi, et ironiquement, la chaleur « excessive » qui limite la production des cultivars russe semble avoir lieu durant l'hiver et non l'été.

Au Québec, le seul cultivar populaire en culture qui est purement russe est Berry Blue. Si ce cultivar est souvent parmi les plus productifs, il y a quand même eu des problématiques importantes observées (Cultur'Innov, données non publiées). Lors de tels cas, les plants de Berry Blue affectés étaient nettement moins vigoureux que l'année précédente, avec un débourrement tardif, une faible production de nouvelles pousses et une réduction marquée du calibre des fruits (Figure 20). Quoique non diagnostiqués à l'époque, ces symptômes ressemblent beaucoup à ceux qui sont associés au gel hivernal chez le bleuet en corymbe (Lambert, 2007). Les sites impliqués n'étaient pas dans la Montérégie, la région la plus au sud de la province. Le facteur commun entre les sites affectés était la présence d'un sol nettement sableux. Un sol sableux se réchauffe plus rapidement au printemps. Des températures de sol plus chaudes pourraient accélérer l'éveil des camerisiers, comme c'est le cas pour les pommiers (Greer *et al.*, 2005) et les vignes (Trought *et al.*, 2008). Considérant que les hivers québécois vont s'adoucir considérablement et que d'autres cultivars pourraient être touchés, le rôle de la température du sol dans le réveil des camerisiers doit être mieux compris.



Figure 20: Croissance faible d'un plant de Berry Blue, possiblement affecté par le gel

À l'heure actuelle, tous les cultivars de camerisiers populaires au Québec ont un bagage génétique d'origine russe à 50%, sauf Berry Blue (100%), Boreal Beauty (37%) et Boreal Beast (25%). Pour chaque cultivar, le nombre de degrés-jours nécessaire pour le débourrement est déterminé par la dominance et la récessivité des gènes reçues de leurs parents respectifs. Certains de ces cultivars pourraient être plus à risque que d'autres. Les observations de dates de débourrement dans le projet du MAPAQ devraient nous éclairer sur cette question (Turcotte *et al.*, 2021).

2.2.4. Risques liés à un nombre insuffisant d'heures de froid

Chez la vigne, la résistance au froid des bourgeons d'un cultivar sera moins grande sous un climat plus chaud (Figure 21) (Zabadal *et al.*, 2007). En comparant la température létale pour le même cultivar de vigne à New York et en Virginie, l'auteur attribue la plus faible température létale en Virginie à une accumulation insuffisante d'heures de froid à l'automne.

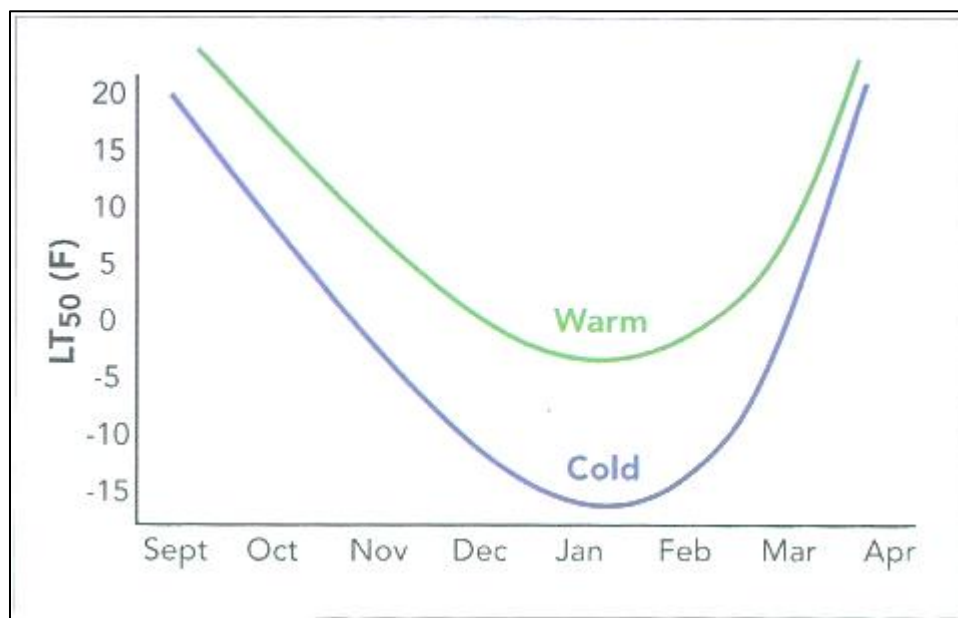


Figure 21: Rusticité des bourgeons du même cépage de vigne dans un climat froid (New York) et un climat chaud (Virginie) (Zabadal *et al.*, 2007).

Au Québec, la camerise est parfois cultivée dans un climat plus chaud que son climat d'origine, donc un phénomène semblable pourrait avoir lieu. Toutefois, il n'y a pas de carte d'heures de refroidissement pour le Québec ni de données sur le besoin en ER pour les cultivars de camerise. Il est donc difficile d'évaluer le risque réel. Si de tels dommages ont lieu, il y en aurait logiquement plus après un automne chaud ou dans les régions plus chaudes de la province. Il n'y a pas eu assez de documentation d'un

débourrement « normal » pour pouvoir évaluer s'il y a réellement un problème. La situation pourrait toutefois s'aggraver avec les changements climatiques prévus.

2.2.5. Évaluation globale des risques climatiques pour la production québécoise

Au Québec, la reprise annuelle généralement vigoureuse des différents cultivars de camerisier, leur croissance et leur floraison malgré le froid et le gel de nos printemps, sont des signes encourageants d'adaptation de cette culture à notre climat. De plus, certaines mésadaptations évidentes, comme la floraison automnale et la croissance secondaire, sont finalement sans conséquence graves pour la productivité. La performance décevante du cultivar Indigo Treat ne semble pas être liée directement à un facteur climatique évident (Brown *et al.*, 2020). Il reste que nos connaissances de la physiologie du camerisier sont limitées, et nous avons beaucoup à apprendre sur les mécanismes d'adaptation de cette culture nordique.

Le facteur climatique qui détermine la limite sud de la culture commerciale de la camerise est l'occurrence régulière de conditions hivernales qui favorisent le réveil trop hâtif des camerisiers. Ainsi, les cultivars avec un bagage génétique russe sont mésadaptés aux hivers doux de l'Oregon. Au Québec, le climat hivernal des régions les plus chaudes de la province ne semble pas pour le moment, à lui seul, limiter la culture des cultivars populaires. Par prévoyance face aux changements climatiques, les producteurs dans le sud de la province auraient probablement intérêt à éviter les cultivars qui débourrent très tôt. Bob Bors, l'hybrideur du populaire cultivar Aurora, estime que ce cultivar « aurait des difficultés certaines années » dans la Zone 6 (Bors, 2019), ce qui n'est qu'une demi-zone plus chaude que le sud de la province.

L'occurrence occasionnelle de dommages hivernaux sur le cultivar russe Berry Blue en sol sableux est significative. Elle représente possiblement un cas d'interaction sol-climat qui favorise le réveil hâtif. Considérant que les hivers québécois vont s'adoucir considérablement, des dommages sur les sites sableux pourraient devenir plus communs et affecter plus de cultivars.

Pour le moment, il n'y a rien qui indique que les températures chaudes durant la récolte puissent nuire directement aux rendements de l'année en cours, pourvu que l'irrigation soit suffisante. Il serait toutefois important de vérifier si de telles températures peuvent diminuer la qualité de l'initiation florale et ainsi nuire à la récolte de l'année suivante.

Dans le souci d'offrir aux consommateurs des baies de la meilleure qualité nutritionnelle possible, il serait important d'évaluer l'impact des températures chaudes en juin et juillet sur la teneur des fruits en antioxydants. Si l'impact s'avère important, il faudrait tenter de le minimiser par la régie ou le choix de cultivars moins sensibles à la chaleur.

3. L'influence des éléments nutritifs sur la nouaison et l'initiation florale

3.1. Les pratiques actuelles en fertilisation de la camerise au Québec

Plusieurs camerisères ont été établis sans préparation de terrain appropriée. Idéalement, il devrait avoir une fertilisation de fond durant la préparation du sol avant la plantation, pour favoriser des teneurs adéquates de nutriments et un bon équilibre entre eux. Lors de la fertilisation de fond, les valeurs moyennes recherchées pour d'autres petits fruits non acidophiles conviennent bien à la camerise (Tableau 4).

Tableau 4: Valeurs moyennes recherchées lors de l'implantation d'un verger de camerisiers (Gagnon, 2015)

Paramètre	Unité	Analyse sol moyen (loam)	Valeur moyenne recherchée (fruitiers)
pH			6,0-7,0
N	kg/ha		20-40 kg/ha *
P	kg/ha		100-200 kg/ha
K	kg/ha		300-500 kg/ha
Mg	kg/ha		225-560 kg/ha
Ca	kg/ha		2 240-11 200 kg/ha
Saturation Ca	%		65-85 %
Saturation Mg	%		6-12 %
Saturation K	%		2-5 %
CEC	meq/100 g		10-25 (sol moyen)
M.O.	%		4-8 %

Cependant, des valeurs cibles spécifiques à la camerise n'ont pas été déterminées. Des camerisiers vigoureux et productifs ont été observés par l'auteure de cette revue de littérature dans un sol avec un pH de 4.8 (Figure 22). Les besoins spécifiques des camerisiers en oligoéléments ne sont pas connus.



Figure 22: Jeune camerisier vigoureux en sol acide

L'utilisation de cultures de couverture durant la préparation du sol n'est pas généralisée, mais est généralement bénéfique. La grande majorité des camerisières au Québec sont sous paillis de plastique ou, plus récemment, sous paillis de géotextile tissé. À la suite de la plantation, les camerisières sont généralement fertilisées avec des engrais solubles – de synthèse ou biologique - en 3 à 8 applications par année, surtout jusqu'à la récolte. La quantité totale d'azote appliquée par plant mature varie généralement de 3-5 g. Si nous considérons qu'un plant mature occupe environ 1m² de sol, ce taux équivaut à 30-50 kg/ha d'azote. Le calendrier de fertilisation est ajusté selon la croissance, la productivité observée, les analyses de sol et, idéalement, l'analyse foliaire. Quelques producteurs utilisent des engrais de synthèse granulaires ou des granules de fumier séché de volaille au lieu d'engrais solubles. L'azote libéré par certains types de fertilisants granulaires semble perdurer beaucoup plus longtemps que la période de croissance du camerisier (Lefrançois et Brown, 2017; Tremblay et Martel, 2017).

3.1.1. Problèmes de nutrition et carences observés au Québec

Généralement, les problèmes nutritionnels des fruitiers peuvent être détectés par l'observation de symptômes (ex. diminution de la croissance, anomalies foliaires, avortement des fruits) qui ont déjà été associés à la carence ou à l'excès d'un nutriment. On peut également déceler de tels problèmes par la comparaison d'analyses de tissus végétaux – souvent les feuilles – avec des valeurs d'analyse qui sont considérées comme normales pour la culture. Un moment d'échantillonnage et des instructions quant à l'âge et l'emplacement des feuilles à échantillonner sont déterminés pour chaque culture. Les analyses foliaires permettent de détecter des problèmes dans l'absence de symptômes évidents et aident à peaufiner la fertilisation.

Pour les camerisiers, les valeurs optimales spécifiques à la culture n'ont pas encore été déterminées avec précision. Il en va de même pour le moment et la méthode d'échantillonnage. Au Québec, les conseillers utilisent typiquement l'analyse de feuilles matures récoltées après la récolte des fruits, en juillet ou en août selon les régions. Les résultats sont généralement comparés avec les normes établies pour la framboise (MAAARO, 2018).

Les symptômes visuels de déséquilibre nutritionnel qui sont observés le plus fréquemment dans les camerisiers sont associés à des carences en azote ou en potassium (Figure 23). Ces symptômes ressemblent à ceux observés chez d'autres cultures fruitières en manque d'azote ou de potassium.



Figure 23: Symptômes foliaires d'une carence en potassium sur le cultivar Indigo Gem. La teneur foliaire en K était de 0,59%.

Les teneurs foliaires en manganèse sont assez régulièrement en bas de la teneur minimale de 20 ppm recommandée pour la framboise. Lorsque les niveaux sont en bas de 15ppm, on peut souvent observer des symptômes foliaires (Figure 24).

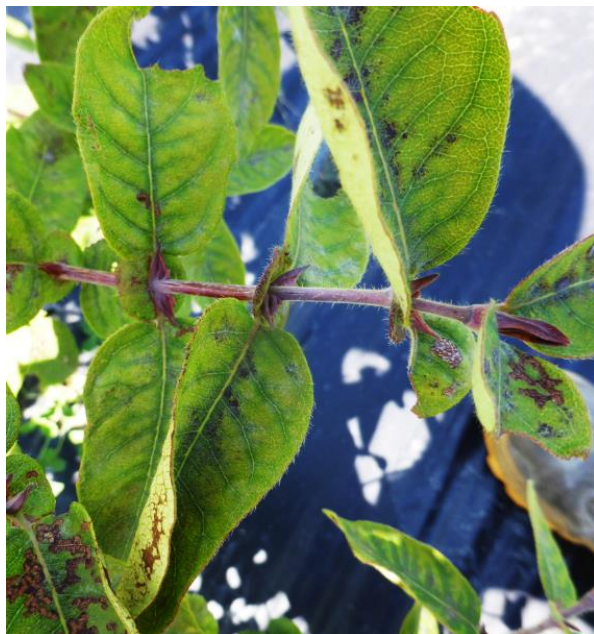


Figure 24: Symptômes foliaires d'une carence en manganèse sur le cultivar Indigo Gem. La teneur foliaire en Mn des plants affectés était de 6,5ppm.

Le niveau de bore dans le feuillage des camerisiers est parfois sous le seuil minimal recommandé pour la framboise (20 ppm). Ce phénomène a surtout été observé pour des sites avec un sol sableux ou dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Dans cette région, les producteurs ont observé un assez fort taux d'avortement de fruits sur des plants qui avaient un faible niveau foliaire de bore (Figure 25). Cette situation semblait s'améliorer à la suite de l'application foliaire de cet élément, mais il n'y a pas eu d'essais formels comparatifs pour confirmer cette tendance (Martel, MAPAQ, communication personnelle, 2019).



Figure 25: Fruits avortés dans un verger du Lac-Saint-Jean, où les sols sont souvent faibles en bore. Photo Pierre-Olivier Martel, MAPAQ

Les analyses foliaires des camerisiers suggèrent de fortes interactions entre le potassium (K), le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) (Iheshiulo, 2018). Comme chez d'autres cultures, ces éléments sont en compétition pour être absorbés par les racines. De fortes teneurs foliaires en K ou en Mg sont souvent accompagnées de plus faibles teneurs en calcium. Jusqu'à ce jour, ces faibles teneurs foliaires en calcium n'ont pas été associées à des symptômes visibles ou à des problèmes quelconques.

En ce qui a trait spécifiquement à l'initiation florale, la nouaison ou l'avortement, le bore est le seul élément, à ce jour, qui a été directement associé à un problème dans la culture de la camerise au Québec.

3.1.2. Constats sur la fertilisation de la camerise

Jusqu'ici, la recherche sur la fertilisation de la camerise au Québec a été beaucoup axée sur l'impact des fertilisants, surtout azotés, sur la croissance végétative ou le rendement en fruits. Grâce à ces recherches, et à l'expérience acquise par les producteurs et les conseillers, nous pensons maintenant que le camérisier n'est pas une plante très gourmande en azote. Les apports typiques de 30-50 kg/ha de N semblent permettre une bonne production de fruits et de nouvelles pousses chez les plants matures, quoiqu'il faille beaucoup s'adapter au sol et à la régie. Par exemple, si un producteur adoptait une régie de taille plus sévère, le besoin en azote pourrait être plus grand, pour remplacer les branches éliminées. L'apport annuel typique en azote est présentement moindre que celui des arbustes fruitiers qui renouvellent leurs tiges plus fréquemment, comme le framboisier et le sureau. Pour ces cultures, les apports annuels recommandés d'azote sont de 55-90 kg/ha (CRAAQ, 2010) et de 80 kg de N/ha ou plus, respectivement (Byers, 2019). Il est toutefois important de souligner les opinions divergentes au sujet de la fertilisation azotée des camerisiers. La ligne directrice actuelle provenant de l'Ontario, basée sur la fertilisation recommandée pour d'autres petits fruits, va jusqu'à 85 kg/ha (Elford, 2019).

Une approche de fertilisation assez simple, par exemple des apports successifs de 20-8-20, fonctionne assez bien pour les camerisiers en établissement et en préproduction, alors qu'on vise surtout une croissance végétative. Une telle méthode simple peut également être utilisée pour des plants matures, avec un certain succès. Toutefois, d'autres cultures fruitières qui ont également des besoins modestes en azote, comme le pommier ou la vigne, l'approche de fertilisation des plants matures est différente. Grâce à des décennies de recherche pomicole et viticole, on recommande aujourd'hui des apports en fertilisants plus ciblés et qui visent un stade phénologique particulier. Cette approche moderne de fertilisation pour ces cultures vise, de concert avec la régie de taille et d'irrigation, à optimiser certains stades phénologiques (ex. la floraison, la nouaison, le grossissement des fruits) qui ont été identifiés comme des moments où la culture avait des besoins plus importants ou des besoins particuliers pour certains nutriments. La même tendance de fertilisation ciblée se dessine à un moindre degré chez le bleuétier en corymbe (Retamales et Hancock, 2018). Ces applications ciblées sont parfois foliaires (Yelle,

2014), car il peut être difficile d'estimer le laps de temps entre l'application d'un fertilisant au sol et son absorption par la plante.

Dans le cas de la camerise, il n'y a pas encore eu de recherche ni d'essais de fertilisation ciblée au Québec pour identifier les stades phénologiques qui seraient critiques pour la production de baies. Pourtant, dans la succession frénétique des stades phénologiques du camerisier, il pourrait bien avoir des moments où les besoins pour certains éléments seraient assez intenses. En Pologne, la compagnie Yara fait la promotion d'un programme complet de fertilisants qui cible la floraison, la nouaison et l'initiation florale du camerisier (Yara, 2019) (Figure 26). Il n'a pas été possible de connaître les travaux de recherche derrière ces recommandations.



Figure 26: Programme de fertilisation de la camerise selon les stades phénologiques, tel que proposé par la compagnie Yara en Pologne.

Faute de recherche spécifique à la camerise, les sections suivantes jettent un regard sur ce qui se fait chez d'autres fruitiers lorsqu'on a privilégié une approche de fertilisation plus ciblée pour soutenir des stades phénologiques jugés plus critiques pour la productivité. Les quelques recherches effectuées en ce sens sur les camerisiers seront décrites. Il y aura en premier lieu une introduction sur le flux de nutriments au fil des saisons, et ensuite une revue des pratiques de fertilisation qui visent à soutenir et optimiser la nouaison et l'initiation florale. Il est souhaité que cette réflexion apporte de nouvelles pistes pour optimiser la fertilisation du camerisier.

3.2. La répartition saisonnière des nutriments

Chaque élément nutritif à l'intérieur d'un fruitier subit un flux annuel. Le nutriment peut être relocalisé à différents endroits au cours de la saison. Il peut être perdu par la récolte ou la taille. Il peut être absorbé en plus grande quantité du sol ou de l'atmosphère.

La dynamique du carbone et de l'azote dans la vigne a été étudiée (Goutouly, 2018). Comme le carbone est la matière première de tous les tissus végétaux, l'étude de sa répartition au cours d'une saison de croissance montre comment la vigne priorise tour à tour la croissance des rameaux, des racines, des grappes et du tronc (Figure 27).

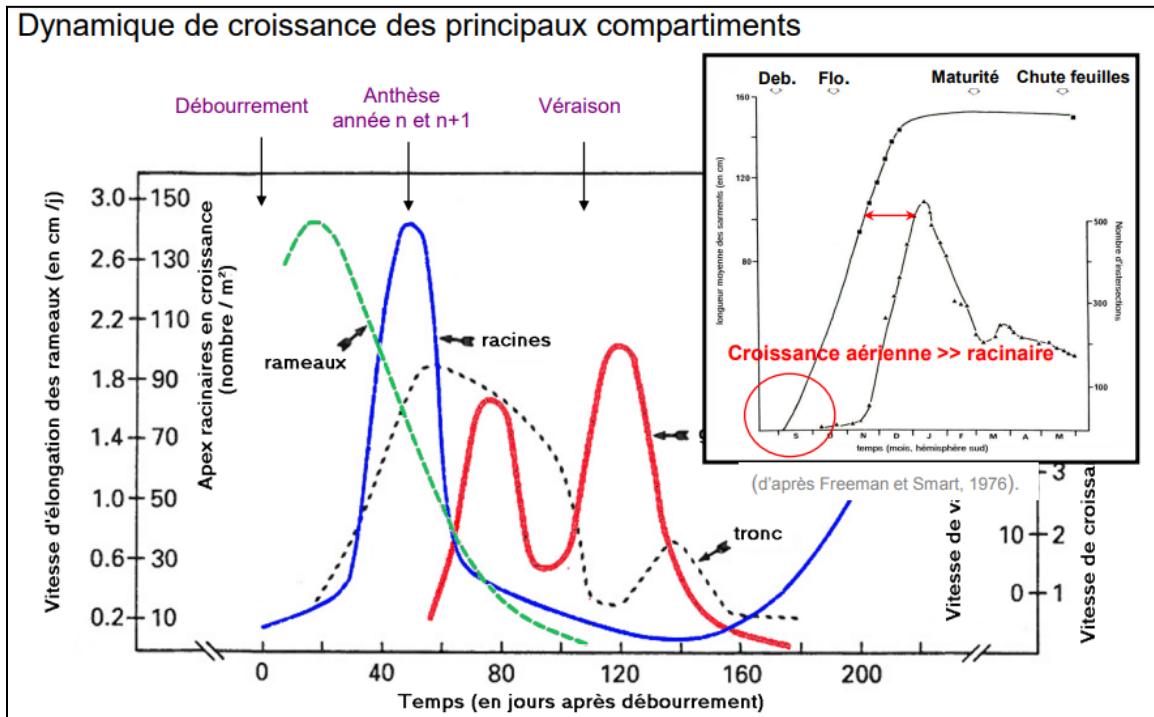
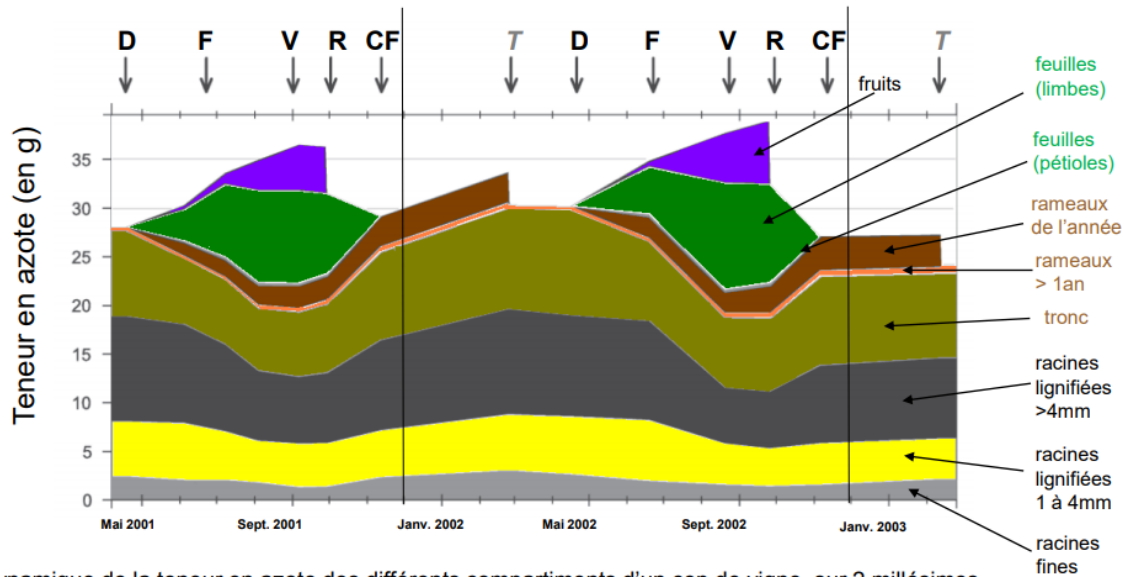


Figure 27 Dynamique de croissance des principales parties d'un cep de vigne. (Goutouly, 2018), cité par (Williams et Matthews, 1990).

À partir du débourrement au printemps, la vigne assure en même temps le développement et la croissance de ses tiges, de ses feuilles et de ses fleurs. Au départ, le carbone nécessaire provient des réserves d'amidon entreposées l'automne précédent dans les racines et le tronc. Les feuilles s'affranchissent de cette dépendance lorsqu'elles atteignent environ la moitié de leur taille finale. Ensuite, leur carbone provient de la photosynthèse qui leur permet de fournir du carbone aux autres parties du cep. Le développement des grappes a nettement priorité sur celui des racines et des rameaux (si ces derniers sont bien contrôlés par la taille), surtout à partir de la véraison. Les racines doivent donc se développer surtout avant ou après les grappes.

Quant à l'azote, également très essentiel pour la construction de tissus végétaux, le scénario est semblable (Figure 28). L'azote est principalement stocké sous forme d'acides aminés et il est d'abord utilisé pour la croissance des feuilles. Les réserves d'azote dans les racines et le tronc décroissent jusqu'à la véraison et se reconstituent en fin de saison grâce à l'absorption d'azote par les racines et le retour de l'azote des feuilles sénescentes. L'absorption maximale d'azote du sol a lieu de la fin de la floraison à la véraison, principalement pour approvisionner les feuilles, les rameaux et les grappes. L'alimentation azotée de la grappe dépend donc en bonne partie de l'azote absorbé par les racines pendant cette phase de maturation. Il y a également un deuxième pic d'absorption d'azote après la récolte.



Dynamique de la teneur en azote des différents compartiments d'un cep de vigne, sur 2 millésimes

Figure 28 Dynamique de la teneur en azote des différentes parties d'un cep, au cours de deux ans (Goutouly, 2018)

D : débourrement; F : floraison; V : véraison; R : récolte; CF : chute des feuilles ; T : taille

Des constats semblables ont été faits pour les pommiers. Le développement des pommes accapare les ressources du pommier et réduit la croissance des racines. L'initiation des bourgeons floraux (sur les bourses) pour l'année suivante a lieu 3-6 semaines après la pleine floraison. «La période allant de la pleine floraison à l'avortement des fruits mal noués en juin est donc une période de compétition intense entre la nouaison, la croissance des rameaux et l'initiation des bourgeons floraux pour l'année suivante (Oliveira et Priestley, 1988). »

3.2.1. Implications pour la culture de la camerise

Comme pour les autres fruitiers, les camerisiers doivent certainement recycler beaucoup de nutriments d'année en année. Également, les camerisiers utilisent leurs réserves de glucides, d'acides aminés et de minéraux lors de leur énergie début de saison, là où le débourrement des feuilles et la floraison ont lieu en même temps. Preuve anecdotique, des plants matures de camerisiers qui avaient été totalement déracinés à l'automne et laissés à la surface du sol tout l'hiver ont fleuri le printemps suivant (Figure 29).



Figure 29: Floraison printanière d'un camerisier qui fut complètement déraciné l'automne précédent et laissé au champ

En suivant la logique des autres fruits, les racines des camerisiers devraient être en mode d'absorption au moment de la floraison ou la nouaison, pour soutenir ces stades et ensuite, nourrir les fruits en formation. Une étude polonaise sur la camerise, citée lors d'une présentation (Grenda, 2015), indique que l'absorption du N, P, K, Ca, Mg et S a lieu surtout de la fin de la floraison à la récolte (Figure 30). Il n'a toutefois pas été possible de connaître l'auteur de cette étude, ni la méthodologie, ni les unités de l'axe vertical du graphique.

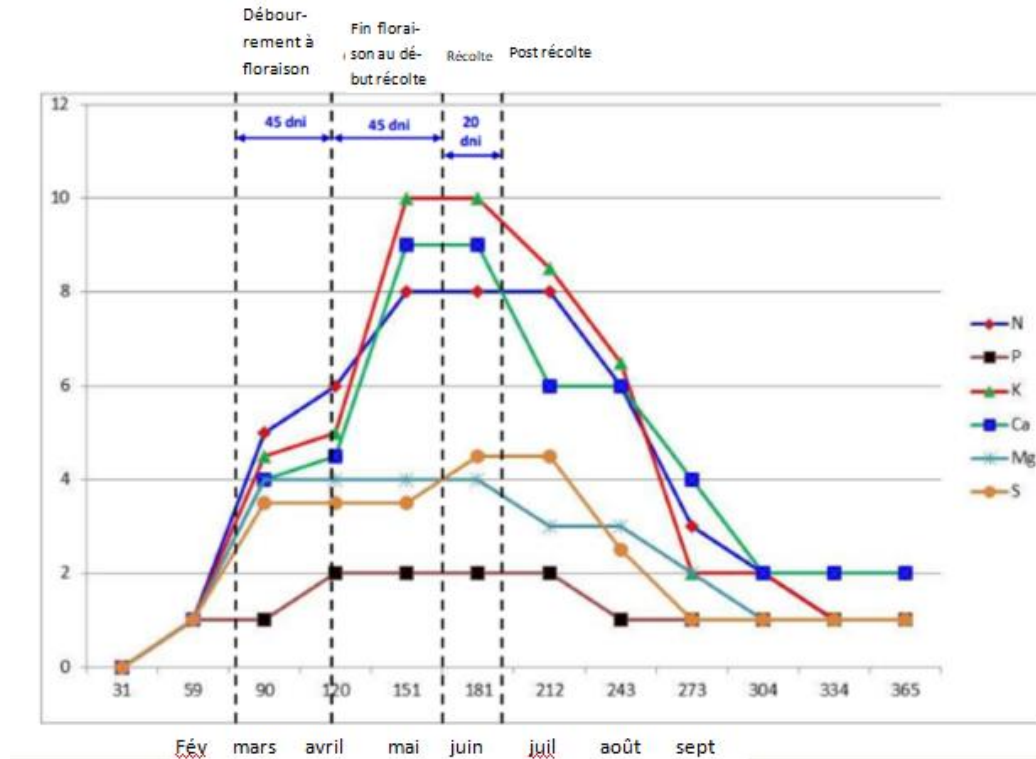


Figure 30: Absorption de nutriments par les camerisiers selon le stade de croissance et le mois de l'année. Cité par (Grenda, 2015)

Chez la vigne et la pomme, la période d'absorption racinaire de minéraux reprend de l'intensité après la récolte et continue jusqu'à la chute des feuilles, ce qui correspond avec l'entrée en dormance. La période entre la récolte et la chute des feuilles est beaucoup moins longue pour ces cultures que pour la camerise. L'absorption post-récolte de minéraux par les camerisiers, durant la paradormance et l'entrée en endodormance, n'a pas été étudiée, à part l'aperçu donné par l'étude polonaise (Figure 30). Toutefois, il est connu que les camerisiers en paradormance absorbent des quantités importantes d'eau (Desaulniers et Brown, 2016). Si jamais la croissance des radicelles et des poils absorbants est active durant cette période, il y a probablement une entrée passive de nutriments comme le K, Ca et Mg en fonction de la disponibilité de l'eau. Il pourrait également y avoir une recherche active des autres éléments par les racines.

Le flux de carbone du camerisier ne semble pas avoir été étudié. Les camerisiers semblent moins sensibles que les pommiers ou les bleuets en corymbe à des troubles d'aoûtement liés à l'azote (Cultur'Innov, observations chez les producteurs).

3.3. L'influence des éléments nutritifs sur la nouaison des fruits

3.3.1. Le calcium

Le calcium (Ca) joue un rôle important dans la production fruitière. Son rôle est bien documenté pour la culture des pommes (Yelle, 2014) et des bleuets en corymbe (Gerbrandt *et al.*, 2019), entre autres. Le premier stade de développement d'un fruit est caractérisé par une division cellulaire intense et le calcium est un élément clé pour la division cellulaire et la nouaison (Yelle, 2014). Le Ca est également un constituant important des parois cellulaires et peut contribuer à la fermeté des fruits, quoique les résultats des projets de recherche ne sont pas toujours concluants à cet égard (Gerbrandt *et al.*, 2019). Le niveau de Ca dans les fruits est plus critique et plus révélateur de la suffisance que le niveau dans les feuilles (Retamales et Hancock, 2018).

En début de saison, les réserves de calcium de la plante peuvent être remobilisées, par exemple à partir de l'écorce des pommiers, vers les tissus en croissance (Saure, 2005). Le calcium du sol, sous forme d'ions Ca^{++} , est absorbé par l'extrémité des racines et transporté avec l'eau par le xylème grâce au phénomène de l'évapotranspiration. Il en résulte que les parties du fruitier qui transpirent le plus reçoivent le plus de Ca du sol. Ainsi, les pousses vigoureuses et les feuilles en reçoivent beaucoup (Yelle, 2014). Quant aux fruits, les pommes, les kiwis, et probablement bien d'autres accumulent du Ca surtout durant la première moitié de leur développement (Yelle, 2014; Montanaro *et al.*, 2015). Une fois rendu dans les feuilles, le Ca est plutôt immobile durant la maturation des fruits et peu transporté vers d'autres parties de la plante par le phloème. Le calcium doit donc être constamment absorbé pour qu'il s'en accumule davantage dans les fruits.

Plusieurs facteurs peuvent réduire le niveau de Ca dans les fruits. Les sols déficients en Ca sont relativement rares. Toutefois, le manque d'irrigation ou le surplus de magnésium ou de potassium - des ions positifs qui sont absorbés par le même processus racinaire - peuvent réduire l'absorption du Ca (Yelle, 2014). Tout ce qui réduit le taux d'évapotranspiration – météo nuageuse et fraîche, humidité atmosphérique élevée, sol très humide – réduit forcément l'absorption du Ca (Gerbrandt *et al.*, 2019; Retamales et Hancock, 2018). Si la croissance racinaire est faible, l'absorption du calcium est réduite, car il n'est absorbé que par les racines en croissance (McLaughlin et Wimmer, 1999). Une croissance vigoureuse en raison d'une fertilisation azotée trop forte ou une réaction à une taille trop importante peut réduire indirectement le Ca dans les fruits en favorisant plus le feuillage qui attire davantage le Ca. Finalement, les fruits avec moins de graines contiennent moins de Ca que les fruits qui ont été pollinisés de façon optimale (Retamales et Hancock, 2018).

Chez le bleuet en corymbe, le calcium peut avoir un impact sur les rendements de ce petit fruit. Le cultivar de bleuet en corymbe 'Draper' est très performant en Oregon, où il a été hybridé. Il s'agit d'un cultivar plus feuillu que la moyenne. Toutefois, dans d'autres régions comme la Colombie-Britannique, le nord-ouest de Washington et l'est des Amériques, il y a parfois un problème d'avortement de fruits peu avant la véraison, tellement qu'on a baptisé ce phénomène le « Draper Drop ». Parfois, jusqu'à 50% des fruits avortent. Il a été démontré que plusieurs applications de calcium, directement sur

les fruits en formation et à partir de la floraison, pouvaient diminuer ou même éliminer l'avortement chez ce cultivar. Il semblerait que, lorsque les conditions météorologiques ne favorisent pas l'évapotranspiration, le feuillage volumineux de ce cultivar détourne en quelque sorte le calcium, au détriment des fruits. Ainsi, on observe le « Draper Drop » plus fréquemment sous les climats printaniers frais et nuageux que sous le climat plus ensoleillé de l'est de l'Oregon. Il est intéressant de noter que le « Draper Drop » peut être observé même lorsque le sol est riche en calcium ou lorsque les fruits contiennent un nombre normal de graines, donc il s'agit d'une carence induite en calcium (Gerbrandt *et al.*, 2019). Il est également intéressant de noter que, dans une autre étude de plusieurs cultivars de bleuet en corymbe (Strik et Vance, 2015), le cultivar 'Draper' avait la teneur foliaire la plus élevée en Ca, mais la teneur de Ca dans ses fruits était parmi les plus bas des cultivars en essai. Ce phénomène serait une « mésadaptation environnementale » de ce cultivar. Leurs tentatives d'augmenter les réserves de calcium de ce cultivar par des applications de Ca au sol à l'automne n'ont pas eu de succès (Gerbrandt *et al.*, 2019).

3.3.1.1. Pratiques pour optimiser le niveau de calcium dans les fruits

Il est avantageux de bien équilibrer les niveaux de calcium, de potassium et de magnésium dans le sol pour éviter une compétition excessive entre ces éléments. Idéalement, les amendements nécessaires (chaux, gypse, etc.) sont ajoutés lors de la préparation du champ. Les bonnes pratiques d'irrigation sont également importantes pour favoriser la croissance racinaire et ainsi l'absorption du Ca.

À la suite de l'implantation, il faut bien gérer la fertilisation potassique pour éviter d'entraver l'entrée du calcium dans les fruits en formation. Certaines sources d'information sur la pomiculture recommandent d'éviter les excès de potassium (Yelle, 2014). Certaines spécifient de les éviter au printemps (BC Tree Fruit Production Guide, 2019).

La plupart des producteurs de pommes, au Québec et ailleurs, font des applications répétées de calcium chaque année. Le but n'est pas tant de favoriser la nouaison ni d'éviter l'avortement, mais plutôt d'éviter des désordres physiologiques du fruit (Yelle, 2014). Ces applications dites « foliaires » visent en fait l'absorption directe du Ca par les fruits en formation. Le chlorure de calcium est la forme la plus efficace. La période d'application s'étend de la nouaison à la récolte. Chez la canneberge, des suppléments de calcium sont parfois utilisés lors de la floraison pour soutenir la nouaison (The Cranberry Station, 2010).

Chez les producteurs de bleuets en corymbe, les applications de calcium n'étaient pas chose courante. Récemment, pour prévenir le « Draper Drop », on a recommandé de faire au moins trois applications foliaires de chlorure de calcium à partir de la pleine floraison (Gerbrandt *et al.*, 2019). Ces auteurs recommandent d'utiliser un agent mouillant et d'appliquer jusqu'au point de ruissellement lorsque la température permet un séchage lent pour favoriser l'absorption du Ca.

3.3.1.2. Implications pour la culture de la camerise

Il est tentant de faire des rapprochements entre le « Draper Drop » et les rendements décevants des cultivars de camerisier Indigo Treat et Indigo Yum. Ces deux cultivars ont une plus forte vigueur et plus de feuillage que les autres. De plus, le cultivar Indigo Gem, qui est très apparenté génétiquement, mais avec un feuillage moins imposant, donne des rendements beaucoup plus stables. Toute la série Indigo a été hybridée sous les cieux bleus de la Saskatchewan pour ensuite être cultivée sous le climat québécois plus nuageux. Il semble donc y avoir plusieurs similitudes.

Les données du projet phénologique au Québec n'appuient pas l'hypothèse d'un « Draper Drop » chez Indigo Treat. Ces données, prises sur 3 ans dans 6 régions, permettent de calculer les taux d'avortement entre la pleine nouaison et la véraison pour Indigo Treat, Indigo Gem et Berry Blue. Indigo Treat a un taux d'avortement d'environ 16% sur trois ans et sur 6 sites, comparé à environ 10% pour Indigo Gem et 18% pour Berry Blue (Turcotte *et al.*, 2021). Donc, selon ces données, le phénomène du « Draper Drop » ne semble pas avoir lieu pour Indigo Treat.

Les problèmes de déficience des fruits en Ca seraient plus importants lorsque les fruits et les pousses végétatives sont séparés, comme chez la pomme et le bleuët en corymbe (Saure, 2005). Inversement, ce problème serait moins important lorsque les fruits se trouvent à la base de la nouvelle pousse végétative, comme chez le camerisier et l'argousier. Le camerisier n'est pas un fruitier calcifuge comme le bleuëtier, donc le flux de calcium pourrait être différent.

Lors d'un projet dans l'est du Canada, la teneur foliaire en calcium était significativement plus élevée pour le cultivar Indigo Gem, par rapport à Tundra et Berry Blue (Figure 31) (Iheshiulo, 2018).

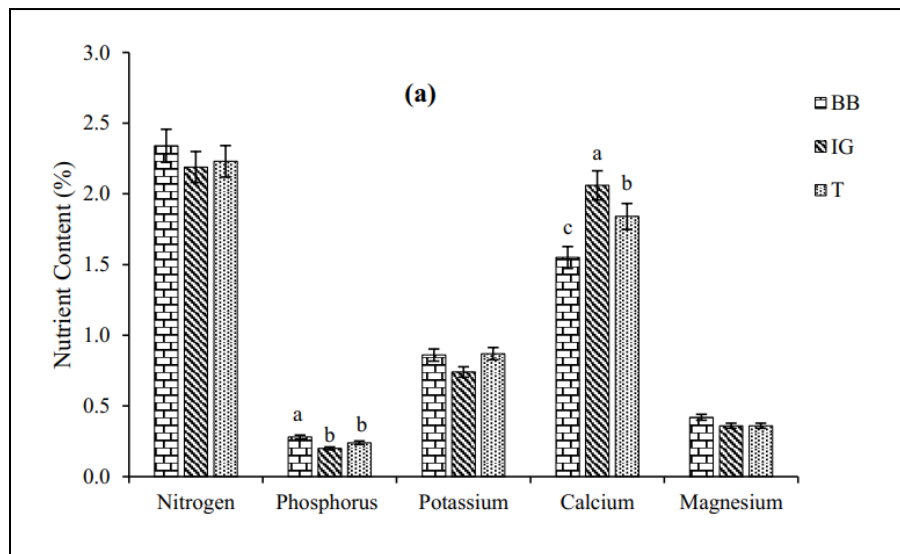


Figure 31: Teneur foliaire moyenne en N, P, K, Ca et Mg pour les cultivars Berry Blue (BB), Indigo Gem (IG) et Tundra (T). (Iheshiulo, 2018)

Ces résultats indiquent que certains cultivars de camerisier semblent accumuler plus de calcium dans leur feuillage que d'autres. Il serait intéressant d'évaluer si les différences observées pour le feuillage ont une corrélation – positive ou négative – avec les teneurs de Ca des fruits.

3.3.2. Le bore

Chez les fruitiers, les enjeux du bore et du calcium ont plusieurs ressemblances. Les deux éléments sont absorbés du sol de façon semblable, et tous deux sont plutôt immobiles dans la plante après leur transport initial par le xylème. Comme le Ca, le B est impliqué dans la multiplication cellulaire et la structure des membranes cellulaires (Yelle, 2014). Le B et le Ca agissent en synergie pour favoriser l'accumulation des sucres et de l'amidon dans les pommes (Lu *et al.*, 2013). Les teneurs des fruits ou des fleurs sont plus indicatives d'une déficience que la teneur des feuilles ou du sol (Peryea, 2018).

Quelques points importants différencient le bore du calcium chez les plantes. Premièrement, le bore est un oligo-élément présent en faible quantité dans le sol et les plantes. Les carences de bore sont relativement communes chez les fruitiers. Aussi, le bore joue un rôle particulier dans la germination du pollen et la fécondation (Ganie *et al.*, 2013).

La disponibilité du bore pour les plants est moindre dans les conditions suivantes: une faible teneur du sol en bore, une forte teneur du sol en matière organique, en argile (adsorption) ou en chaux, un pH du sol au-delà de 6.5, en sols très humides ou très secs, en sols lessivés ou froids (Peryea, 2018).

Au moins au Saguenay-Lac-Saint-Jean, la teneur foliaire en bore des camerisiers est parfois en dessous du seuil pour la framboise. Tel que mentionné précédemment (voir Problèmes de nutrition et carences observés au Québec), il semble y avoir un lien entre ces faibles teneurs et un phénomène d'avortement des fruits.

Pourtant, dans une expérience de quatre ans, des chercheurs polonais ont appliqué du bore à trois reprises par année (deux fois à la floraison et une fois après la récolte) sur deux cultivars de camerise, avec ou sans application de nitrate de calcium comme fertilisant. Le bore, à lui seul, n'a pas eu d'impact sur les rendements des deux cultivars. Les auteurs mentionnent que 70% des sols en Pologne sont déficients en bore, mais la teneur en bore du sol des parcelles n'est pas indiquée (Szot et Lipa, 2012). Les teneurs en bore des feuilles et des fruits et les taux de nouaison n'ont pas été mesurés.

3.3.2.1. Pratiques pour optimiser le niveau de bore

Il faut toujours valider la présence réelle d'une déficience en bore avant d'en rajouter, car des quantités assez modestes de cet élément peuvent transformer une carence en toxicité. Les corrections de bore sont communes chez les producteurs de pommes (Yelle, 2014).

Si des applications au sol ou par le système d'irrigation sont parfois utiles, il est souvent nécessaire de faire des applications foliaires complémentaires. Il est possible que le besoin de bore lors de la nouaison excède la capacité des plantes de s'en procurer dans le sol (Borax Inc., sans date). Pour la pomme au Québec, des applications d'acide borique ou de Solubor® sont faites avant et après la floraison, au stade calice et au cours de l'été (Yelle, 2014). Des conditions de séchage lent sont nécessaires pour assurer une bonne absorption et pour éviter les brûlures. Les carences de bore sont moins fréquentes, mais parfois traitées chez les fruits à noyau (MAAARO , 2018), les bleuets en corymbe (Retamales et Hancock, 2018) et les canneberges (The Cranberry Station, 2010).

Au Québec, les conseillers de la camérisse recommandent généralement des applications de bore par des applications foliaires ou la fertigation lorsque les teneurs foliaires de l'année précédente en cet élément sont inférieures à 20ppm.

3.3.2.2. Implications pour la culture de la camérisse

Il serait prudent d'investiguer davantage le lien entre le bore et l'avortement des fruits chez le camérisier. Dans le cadre d'une telle investigation, il ne faudrait pas écarter la possibilité de carences localisées dans les fruits alors que les feuilles ont des teneurs suffisantes.

3.3.3. *Le potassium*

Le potassium est un fertilisant peu dispendieux et qui a bonne presse chez les producteurs fruitiers, incluant les producteurs de camérisse. Selon la principale référence québécoise sur les carences d'éléments nutritifs chez les petits fruits, le potassium est « l'élément nutritif le plus important dans les cultures de petits fruits » (Lambert, 2007). Il peut ainsi être tentant pour un producteur d'en appliquer plus que moins.

Le potassium n'est pas directement impliqué dans les processus de nouaison. Cependant, si le calcium s'avère être un nutriment clé pour la nouaison de la camérisse, il faudrait porter beaucoup plus d'attention aux apports et aux moments d'application de potassium, pour éviter une carence induite en calcium. Le bon rapport Ca/K, surtout lors du premier stade de développement des baies de camérisse, n'est pas connu.

3.3.4. *L'azote*

L'azote est impliqué positivement dans quasiment tous les stades développementaux des fruitiers et sa nécessité lors de la nouaison ne fait pas exception (Carranca *et al.*, 2018). Selon ces mêmes auteurs, la nouaison des fruitiers a généralement lieu tôt en saison, et l'azote nécessaire pour la nouaison provient en bonne partie des réserves du fruitier.

Un niveau trop élevé d'azote chez un fruitier peut avoir un impact négatif sur la nouaison, surtout de façon indirecte. Trop d'azote peut bloquer l'absorption d'éléments importants pour la nouaison, dont le calcium et le bore, ou bien en dérégler la répartition dans la plante (Lambert, 2007). Notamment, l'azote peut favoriser trop de croissance végétative qui va accaparer le calcium et le bore aux dépens des fruits en formation, tel que noté pour les bleuets en corymbe (Gerbrandt *et al.*, 2019; Retamales et Hancock, 2018). L'azote trop tard en saison peut nuire à la nouaison de l'année suivante (Pedersen *et al.*, 1997), au moins chez les griottes.

3.3.4.1. Pratiques pour optimiser le niveau d'azote

Pour s'assurer que les fruitiers ont la dose optimale d'azote pour la nouaison, il importe de limiter les excès de cet élément tout en s'assurant que les réserves peuvent se maintenir et se renflouer chaque année. Pour les cultures comme la pomme, la cerise et le bleuets en corymbe, l'azote en trop grande quantité ou au mauvais moment risque également de compromettre l'aoûtement et d'augmenter les risques de dommages hivernaux. Pour ces cultures, la régie de l'azote requiert beaucoup de doigté.

L'application foliaire d'urée est recommandée en début de saison sur les pommiers au Québec, « pour stimuler une vigueur hâtive et une meilleure nouaison » (Yelle, 2014). Selon une autre référence (Carranca *et al.*, 2018), cette pratique devrait être réservée à des fruitiers en déficience d'azote. Chez la canneberge, cette pratique n'a pas eu d'impact sur la nouaison (Smith, 2011). Des applications d'azote au sol peuvent également cibler la nouaison, mais avec plus ou moins de précision selon la forme d'azote utilisée et sa rapidité d'action (Yelle, 2014).

3.3.4.2. Implications pour la culture de la camerise

Comme pour d'autres cultures, des applications ciblées d'azote lors de la nouaison seraient bénéfiques pour les camerisiers qui n'ont pas pu refaire leurs réserves d'azote l'année précédente. De tels apports, *bien dosés*, pourraient également être bénéfiques pour les camerisiers en bon état, ce point est à valider. Pour bien cibler ce moment, les meilleures options semblent être une fertilisation foliaire ou une fertigation.

3.4. L'influence de la fertilisation sur l'initiation des bourgeons floraux

Des chercheurs norvégiens ont réalisé une étude de l'impact du moment de la fertilisation sur différentes composantes du rendement, incluant l'initiation florale, chez le cassis (Sønstebya *et al.*, 2017). Ces chercheurs avaient deux prémisses au départ. Premièrement, que le potentiel de rendement des cassissiers était essentiellement déterminé l'année avant la récolte, mais que la réalisation de ce potentiel était dépendante des conditions prévalentes durant l'année de développement des fruits. Deuxièmement, qu'il y a une

relation étroite entre la croissance des nouvelles pousses et le rendement de l'année subséquente, car la floraison et la production de fruits chez les cassis ont lieu principalement sur les tiges de l'année précédente.

Ces chercheurs ont cultivé des plants d'un seul cultivar de cassis qu'ils ont conduit en tige unique. Les plants ont crû durant la première année dans des pots, sous un grand tunnel et avec irrigation et fertigation goutte à goutte. Un mélange de fertilisants avec oligoéléments a été utilisé. Le but était d'étudier l'impact du moment de fertilisation et non l'impact d'un nutriment en particulier. Durant la première année, tous les plants ont été fertilisés de manière identique jusqu'au 7 juillet. À partir de cette date, il y avait un contrôle sans autre fertilisation, un traitement avec une continuation de la fertilisation jusqu'au 15 septembre et 5 traitements avec une semaine de fertilisation intense (« pulsing ») débutant à différents moments entre le 4 août et le 1er septembre. Le but de ces traitements était de soutenir l'initiation florale, qui a lieu en fin d'été sous l'influence des jours courts. À l'automne, les plants ont été plantés au champ. La deuxième année, tous les plants ont eu la même régie. Plusieurs données sur le nombre de fleurs et d'inflorescences, le rendement et l'avortement des fleurs ont alors été prises.

Aucun traitement de première année n'a eu d'impact sur le niveau de dommages hivernaux et ils n'ont eu que très peu d'impact sur le déroulement de la phénologie printanière l'année suivante. Tous les traitements de fertilisation après le 7 juillet ont prolongé la période d'élongation des pousses de l'année, par rapport au contrôle. À un moindre degré, ils ont tous également retardé l'initiation florale - avec un report maximal d'une semaine – également la sénescence et la chute des feuilles. Avec des pousses plus longues, les plants de ces traitements ont produit plus d'inflorescences et plus de fleurs au total que le contrôle (Tableau 5). Les plants de tous les traitements de fertilisation après le 7 juillet avaient aussi plus de fleurs et d'inflorescence et un plus faible taux d'avortement que le contrôle, quoique la différence ne fût pas significative dans tous les cas. Ceci indique une amélioration de la qualité de l'initiation florale, et non seulement de la quantité.

Tableau 5: Floraison: avortement et rendement par plant pour le cassis avec différents moments de fertilisation (Sønstebya *et al.*, 2017)

Effects of fertilization regimes during floral initiation and differentiation on flowering and fruiting performance of the black currant cultivar 'Ben Tron'.							
Time of fertilization	Tot. no. of infloresc. ^a	Tot. no. of flowers	Flowers per infloresc.	Aborted flowers (%)	Fruit yield (g/plant)	Number of berries	Mean fruit weight (g)
1. Until 7 Jul.	34.7 bc	404.8 c	11.8 c	29.5 a	202.1 c	284.7 b	0.7
2. Until 7 Jul. + 4 Aug. – 11 Aug.	37.3 abc	473.9 ab	12.7 ab	25.0 ab	273.1 ab	355.4 a	0.8
3. Until 14 Jul. + 11 Aug. – 18 Aug.	34.0 c	444.2 bc	13.1 a	25.6 ab	243.9 bc	329.8 ab	0.7
4. Until 21 Jul. + 18 Aug. – 25 Aug.	38.0 abc	473.4 ab	12.4 abc	26.9 a	264.0 ab	340.1 a	0.8
5. Until 28 Jul. + 25 Aug. – 1 Sep.	38.2 abc	449.1 bc	11.8 c	19.3 b	299.7 a	361.1 a	0.8
6. Until 4 Aug. + 1 Sep. – 8 Sep.	40.4 a	485.3 ab	12.0 bc	27.0 a	282.2 ab	351.8 a	0.8
7. Until 15 Sep.	38.9 ab	496.9 a	12.8 ab	23.8 ab	304.8 a	376.7 a	0.8
Mean	37.4	461.1	12.4	25.3	267.1	342.8	0.8
P-value	0.05	0.02	0.03	0.05	0.02	0.05	n.s.

The data are means of three replicate plots, each with 3 plants per plot of each cultivar.
n.s. – not significant.
^a Mean values within each column followed by different letters are significantly different at $P < 0.05$ by Tukey's test.

Ces chercheurs concluent qu'«une fertilisation modérée juste avant la photopériode critique pour l'initiation florale rend la plante plus sensible aux jours courts, et que l'approvisionnement adéquat de fertilisants, surtout l'azote, durant l'initiation florale elle-même, renforce l'effet des jours courts en augmentant le nombre et la taille des inflorescences. »

Dans la camérisation au Québec, le nombre de fleurs par bourgeon sur Indigo Treat était faible sur certains sites au Québec. Dans cette étude, chaque site avait sa propre régulation de l'irrigation et de la fertilisation. Il n'est donc pas possible de lier le faible nombre de fleurs à un élément nutritif précis (Turcotte *et al.*, 2021).

Certains éléments nutritifs jouent un rôle plus important dans l'initiation florale. Ainsi, le bore est essentiel à la formation des bourgeons pour l'année suivante pour les pommiers (Phillon, 2018). Le phosphore est critique à l'initiation florale des canneberges, car il régularise l'équilibre hormonal (The Cranberry Station, 2010). Des applications d'azote au moment de l'initiation florale sont recommandées par ces mêmes auteurs. Chez le bleuet en corymbe, autant les carences que les excès d'azote peuvent nuire à l'initiation florale (Laforge, sans date).

Une fois formés, les bourgeons fruitiers doivent s'endurcir correctement pour résister au froid hivernal. Les nutriments les plus essentiels à ce processus sont les glucides élaborés par la plante elle-même pour fournir l'énergie et aussi les molécules organiques de base nécessaires pour tous les changements métaboliques associés à l'endurcissement (ex. la lignification) (Schupp *et al.*, 2001). Il en découle que tous les éléments et pratiques qui favorisent la photosynthèse et le métabolisme des glucides favorisent la résistance au froid, d'où l'adage « Les plantes qui passent un bel été passent un bel hiver. »

Certains éléments minéraux jouent des rôles plus spécifiques dans la résistance au froid des bourgeons fruitiers. Le potassium est souvent cité. À part l'influence énorme de cet élément sur le transport des glucides, il active des enzymes impliquées dans la résistance au froid et peut abaisser le point de congélation dans la cellule (Wang *et al.*, 2013). Ainsi, les bourgeons de pommiers déficients en potassium sont plus sensibles au froid hivernal et aussi aux gels printaniers (Yelle, 2014). Aussi, le calcium est un composant important des membranes cellulaires, et des concentrations adéquates de calcium sont impliquées dans la résistance systémique acquise au froid (Yamazaki *et al.*, 2009).

3.4.1. Pratiques de fertilisation favorisant la qualité des bourgeons floraux et leur résistance au froid

Au Québec, l'application de potassium en août sur les bleuetiers en corymbe est assez courante, malgré le fait qu'un impact positif sur l'aoûtement soit incertain (Lacroix, 2019). La fertilisation « automnale » (en réalité à la fin de l'été) est pratiquée par certains producteurs de cassis en Norvège (Sønstebya *et al.*, 2017). Les recommandations ontariennes d'applications d'azote pour les producteurs de pommes et de fruits à noyau sont très nuancées et font ressortir le rôle complexe de l'azote dans le renforcement des boutons et leur résistance à l'hiver (Huffman et Carter, 2013).

3.4.2. Implications pour la culture de la camerise

Les camerisiers produisent uniquement sur le bois de l'année précédente. Le rendement potentiel du camerisier est donc intimement lié à la croissance végétative de l'année précédente et à la qualité de l'initiation florale, encore plus que chez le cassissier. Fondamentalement, les bons producteurs de baies de camerises devraient être aussi des producteurs attentionnés de pousses et de bourgeons floraux, pour assurer chaque année la production fruitière de l'année suivante.

Au moment de la nouaison, le camerisier peut généralement compter sur ces réserves de l'année précédente. Toutefois, lors de l'initiation florale, ces réserves sont épuisées et les feuilles et les fruits sont souvent en compétition avec les bourgeons en formation pour les nutriments. Ainsi, l'idée de favoriser des pousses primaires plus longues et de soutenir l'initiation florale par la fertilisation semble prometteuse. Toutefois, il faudrait trouver comment soutenir ce processus sans nuire à la récolte en cours et sans provoquer trop de croissance secondaire ni de dommages hivernaux.

Présentement au Québec, nous n'avons pas de cas documentés d'un élément nutritif précis qui a nui, directement ou indirectement, à l'initiation florale des camerisiers. Il n'y a pas non plus eu d'études à ce sujet. Toutefois, quelques éléments semblent plus aptes à jouer un tel rôle. Au champ en été, des camerisiers en déficience évidente d'azote ou de potassium sont assez communs. Il est plausible que ces camerisiers n'avaient pas des teneurs optimales en N et K lors de l'initiation florale quelques semaines auparavant. Le manganèse, élément clé de la photosynthèse, est régulièrement présent à un faible niveau

dans le feuillage des camerisiers, et parfois en déficience. Les bas niveaux de Mn pourraient avoir un impact indirect sur l'initiation florale ou l'aoûtement, en raison d'une baisse de la photosynthèse. Il y a également le bore à considérer. Lorsque les producteurs de camerises appliquent du bore en début de saison pour soutenir la nouaison, le niveau de bore dans les feuilles en été est effectivement plus élevé (Cultur'Innov, résultats non publiés). Mais cet élément est peu mobile et il pourrait avoir une carence localisée dans les bourgeons en développement. Dans le cas du Mn et du B, les analyses foliaires ne donnent pas toujours un portrait juste, car ces éléments peuvent être présents dans les feuilles sans que la plante soit en mesure de les transporter aux bourgeons.

4. Pistes de recherche

Cette revue de littérature a fait ressortir le cycle de production particulièrement court et intense des camerisiers. Il met également en lumière ceci : la vigueur des pousses et la qualité des bourgeons floraux qui s'y trouvent sont critiques pour les rendements de l'année suivante. Ce constat et les constats sur les limites d'adaptation climatique sont les deux thèmes qui ont guidé le choix de la plupart des pistes de recherche proposées ci-dessous.

Les camerisiers peuvent afficher de bons taux de croissance et de vigueur sous des climats différents et dans des sols très différents. L'utilisation des bonnes pratiques communes à la culture de tous les petits fruits, autant durant la préparation du sol que lors de la plantation et l'implantation, est *déterminante* pour l'obtention de jeunes plants vigoureux et pour assurer la longévité de la plantation. Il serait redondant de faire de la recherche pour prouver ce point, mais il ne faut jamais l'oublier.

Les pistes suivantes sont aptes à augmenter de manière significative la productivité des camerisiers ou à avoir un impact significatif sur l'essor de la culture. La recherche plus fondamentale semble nécessaire pour éclaircir certains points.

4.1. Optimisation de la floraison et de la nouaison

4.1.1. Détermination des dates moyennes d'initiation florale pour les principaux cultivars

Pour pouvoir cibler ce stade, il faut pouvoir prédire quand il va avoir lieu. Actuellement, il n'y a pas assez de données sur les principaux cultivars. Il faudrait valider les moments d'initiation florale pour les autres cultivars d'importance, durant quelques années et à différentes latitudes dans la province.

Des bienfaits possibles de cette piste :

- Permettre la mise en œuvre précise d'un programme de fertilisation ciblée.

- Faciliter une irrigation plus attentionnée durant la période d'initiation florale
- 4.1.2. Évaluation de l'impact d'une fertilisation plus soutenue au moment de la fin de la croissance des pousses et de l'initiation florale sur la qualité et la quantité des fruits de l'année subséquente

Cette piste est fortement inspirée de l'étude norvégienne sur le cassis (Sønstebya *et al.*, 2017) qui est décrite dans ce rapport. Des bienfaits possibles de cette piste :

- Augmenter le rendement par plant :
 - En repoussant, même légèrement, la fin de la croissance de la pousse printanière pour obtenir des pousses plus longues et logiquement plus de bourgeons floraux.
 - En augmentant le nombre de fleurs par inflorescence.
 - En améliorant le taux de mise à fruits.
- Optimiser la qualité nutritive des fruits.

Pour les cassissiers, la fin de la croissance et l'initiation florale ont toujours lieu après la récolte, alors que chez les camerisiers, ces stades ont lieu en bonne partie avant la récolte, selon la météo printanière. Cette différence entre les deux cultures n'est pas nécessairement un obstacle insurmontable à l'application des méthodes mises de l'avant par l'étude norvégienne. Il faudrait toutefois s'assurer qu'une fertilisation plus soutenue durant la maturation des fruits ne nuise pas à ceux-ci. Aussi, le type et le dosage des nutriments appliqués pourraient être différents.

4.1.3. Impact du bore et du calcium sur l'initiation florale, la nouaison et la fermeté des fruits

La résolution de l'énigme du « Draper Drop » par l'application foliaire de calcium (Gerbrandt *et al.*, 2019) lance certainement une réflexion sur l'importance que le calcium pourrait avoir pour la culture de la camerise. Il serait bon de valider l'impact du calcium - et également du bore, qui agit souvent de concert avec le calcium - sur les différents paramètres de la productivité.

Des bienfaits possibles de cette piste :

- Prévenir l'avortement des fruits en raison d'une carence de bore ou en calcium.
- Améliorer le nombre de fleurs par inflorescence et le taux de mise à fruits.
- Déterminer les bonnes pratiques spécifiques à la camerise pour optimiser les applications de bore. Comme chez les autres fruitiers, la marge d'erreur est probablement faible entre la déficience et l'excès.
- Réduire le nombre de fruits déclassés par une augmentation possible de la fermeté des fruits.
- Uniformiser la maturation des camerises et ainsi rétrécir la fenêtre de récolte et diminuer le pourcentage de fruits immatures lors de la récolte.

Il serait important lors de cette exploration de déterminer la teneur en B et Ca des fruits et non seulement des feuilles. Il faudrait un bon contrôle expérimental sur l'irrigation et sur les niveaux de potassium et de magnésium, car ces facteurs ont beaucoup d'influence sur l'absorption de ces éléments. Certaines formes chélatées de calcium et de bore pourraient être plus mobiles dans le phloème, donc le choix des amendements et le mode d'application seraient importants.

4.1.4. Étude de la courbe saisonnière d'absorption des éléments nutritifs

Comme pour les vignes et les pommes, il serait bon de savoir en quelle mesure les camerisiers absorbent les différents nutriments, selon le stade de croissance. La question de l'absorption durant la paradormance est particulièrement intrigante.

Des bienfaits possibles de cette piste :

- Une augmentation des rendements par l'optimisation des moments de fertilisation selon les besoins de la culture
- En réduisant la fertilisation durant des stades non réceptifs, le coût de la fertilisation pourrait baisser, ainsi que la perte de fertilisants non absorbés par lessivage

4.2. Atténuation des impacts climatiques négatifs

4.2.1. Évaluation plus rigoureuse des dommages hivernaux lors de l'évaluation de nouveaux cultivars

Des symptômes comme un débourrement plus tardif que d'habitude, une faible production de nouvelles pousses et une réduction marquée du calibre des fruits peuvent indiquer des dommages hivernaux. Il serait important d'évaluer les nouveaux cultivars en sol léger et en sol lourd.

Des bienfaits possibles de cette piste

- Il serait possible d'écarter les cultivars plus sensibles ou de les recommander seulement en sol lourd ou dans les régions de la province qui ont des hivers plus stables.

4.2.2. Détermination du rôle de la température du sol dans le réveil des camerisiers

Au plus simple, il s'agirait de comparer les dommages hivernaux et la date de bourgeonnement de camerisiers en sol sableux, entre des parcelles sous paillis de plastique et des parcelles sous paillis de plastique recouvert de copeaux. Il faudrait des

données précises sur la température aérienne et la température du sol. Inclure le cultivar Berry Blue, mais aussi d'autres.

Des bienfaits possibles de cette piste :

- Un gain de productivité sur les sites à sol léger, en recouvrant le paillis de plastique noir de peinture blanche ou de copeaux.
- Un gain de productivité par le remplacement partiel ou total de Berry Blue comme cultivar pollinisateur principal, si ce cultivar se révèle particulièrement sensible aux dommages en sol léger

4.2.3. Impact de températures élevées sur l'initiation florale des cultivars de camerises

Il serait bon de savoir si des températures élevées, dans l'absence de stress hydrique, pourraient nuire à l'initiation florale de certains cultivars.

Des bienfaits possibles de cette piste :

- Identification des cultivars mieux adaptés au réchauffement climatique et aux régions plus chaudes du Québec
- Aperçu des avantages possibles de la culture de la camerise en culture intercalaire et partiellement à l'ombre

Il serait possible d'effectuer cette recherche avec des camerisiers en pot qui pourraient être placés en serre sous température contrôlée durant l'initiation florale.

4.2.4. Impact des températures élevées sur la teneur en antioxydants des camerises

Il serait pertinent de valider la fragilité du C3G *avant* la récolte, avec des camerisiers en pot placés en serre ou pas lors de la maturation. La perte lors du délai entre la récolte et la mise au réfrigérateur pourrait également être mesurée. S'il y a une perte importante d'antioxydants, il faudrait alors chercher à atténuer cette perte (ex. par la fertilisation, l'irrigation, l'utilisation de protecteurs foliaires, etc.) ou à identifier les cultivars moins sensibles.

Des bienfaits possibles de cette piste :

- Augmentation de la qualité nutritive des camerises livrées sur le marché.
- Argument de vente pour les vendeurs de camerises dans les régions plus fraîches.

4.2.5. Impact des températures élevées sur le métabolisme durant la paradormance

Pour évaluer l'hypothèse que certains cultivars seraient mieux adaptés aux températures chaudes durant la paradormance, il faudrait d'abord documenter le niveau d'activité photosynthétique de leur feuillage durant la paradormance sous des températures normales et aussi déterminer ce que ces camerisiers font avec les glucides produits durant l'été. Ensuite, il serait possible de comparer ces données avec celles obtenues durant une paradormance en conditions chaudes.

Des bienfaits possibles de cette piste :

- Augmentation des rendements dans le sud de la province par le choix de cultivars mieux adaptés à la chaleur estivale.

4.3. Autres pistes de recherche

4.3.1. Étude de la capacité de compensation suite à la perte de bourgeons floraux

Il s'agit de déterminer quelle proportion des bourgeons viables peut être perdue sans impact sur le rendement par plant. Déterminer comment le camerisier compense une perte de bourgeons (nombre de fruits ou poids moyen du fruit).

Des bienfaits possibles de cette piste :

- Augmentation de la productivité des plants par des recommandations de taille qui respectent la capacité de compensation.
- Des estimations plus précises de la récolte à prévoir

4.3.2. Détermination des facteurs qui influencent la viabilité des bourgeons floraux à la suite de leur formation

Si des efforts sont consacrés à la formation de bourgeons floraux de qualité, il est simplement conséquent de s'assurer que ces bourgeons survivent en bonne partie jusqu'au printemps. L'influence des températures élevées (sans pénurie d'eau), de stress hydrique et de certains éléments nutritifs impliqués dans l'aoûtement pourrait être validée.

La pertinence de cette piste dépend en partie de la capacité de compensation des camerisiers face à la perte d'un nombre important de bourgeons floraux. Plus cette capacité est grande, moins cette piste est prioritaire.

Des bienfaits possibles de cette piste :

- Augmentation des rendements par l'augmentation du nombre de bourgeons fruitiers viables.
- Détermination des bonnes pratiques d'irrigation post-récolte.
- Optimisation de l'eau d'irrigation disponible (et souvent limitée en été) en irrigant aux moments les plus critiques.

4.3.3. Détermination des conditions permettant la récolte mécanisée ou semi-mécanisée de camerises pour le marché frais en gros volume

Les meilleures pratiques actuelles pour la récolte mécanisée ou semi-mécanisée incluent une récolte au stade de maturité optimale et lorsque la température est fraîche, l'utilisation de cultivars à fruits fermes, la manutention minimale et une réfrigération rapide après la récolte. Il serait important de comparer la durée de conservation (apparente et gustative) de camerises récoltées mécaniquement et à la main dans de telles bonnes conditions, et de déterminer dans quelle mesure la durée de conservation est réellement défailante. Par la suite, il devrait être possible, en utilisant des méthodes développées pour d'autres fruits fragiles (ex. la framboise).

Des bienfaits possibles de cette piste :

- Augmentation des ventes de fruits frais par la pénétration des marchés de masse au Québec et éventuellement ailleurs.
- Augmentation des revenus des producteurs, car le prix payé pour le marché frais est généralement plus élevé que le prix payé pour des fruits de transformation.

4.3.4. Essai de la culture de la camerise comme plante acidophile

Les camerisiers croissent et produisent bien à des pH de 6,0-7,0, comme la majorité des fruitiers. Toutefois, leur croissance vigoureuse à un pH de 4,8 mérite qu'on s'y attarde. Les baies de camerise sont riches en fer et en manganèse, et ces éléments sont plus disponibles dans un sol acide. Il serait intéressant d'explorer les avantages potentiels de cultiver ce petit fruit à un pH plus bas.

Des bienfaits possibles de cette piste :

- Mise en valeur de champs dont le sol est acide.
- Augmentation des rendements par une meilleure nutrition des plants.
- Meilleure compréhension des besoins des camerisiers en fer, en soufre et en manganèse.

Cette piste ne mène pas nécessairement à une grande économie lors de la préparation du champ.

5. Conclusion

Le Québec est un des berceaux de la culture commerciale de la camerise. Ces baies nordiques possèdent amplement d'atouts culinaires et nutritifs pour devenir un petit fruit très apprécié d'un grand nombre de consommateurs, particulièrement à l'état frais.

Il reste toutefois beaucoup à faire pour améliorer la rentabilité de cette culture. Il est espéré que cette revue de littérature et les pistes de recherche suggérées vont aider les producteurs de camerises du Québec à devenir plus prospères et à produire des fruits délicieux et nourrissants pour tous ceux qui désirent s'en délecter.

6. Références

- AUZANNEAU, N., P. WEBER, A. KOSIŃSKA-CAGNAZZO et W. ANDLAUER. 2018. Bioactive compounds and antioxidant capacity of *Lonicera caerulea* berries: Comparison of seven cultivars over three harvesting years. *Journal of Food Composition and Analysis*, 66: 81-89.
- BC TREE FRUIT PRODUCTION GUIDE. Sans date. Fruit Tree Nutrition, [En ligne]. <https://www.bctfpg.ca/horticulture/fruit-tree-nutrition/> (Page consultée le 12 février 2021).
- BOIVIN, C., J. VALLÉE et A. LAMONTAGNE. 2019. Stratégies culturales pour la camerise : intervenir afin d'améliorer la productivité des vergers. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), [En ligne]. https://irda.blob.core.windows.net/media/5586/boivin-et-al-2019-strategies_culturales_pour_la_camerise-intervenir_afin_dameliorer_la_productivite_des_vergers_rapport.pdf (Page consultée le 12 février 2021).
- BORAX INC. Sans date. Solubor. Soluble borate powder for crop nutrient sprays and solutions. Product Profile, [En ligne]. <https://norganics.com/wp-content/uploads/2014/05/Solubor.Profile1.pdf> (Page consultée le 12 février 2021).
- BORS, B. 2016. Haskap - 'Boreal Beast'. University of Saskatchewan Fruit Program, [En ligne]. <https://research-groups.usask.ca/fruit/documents/haskap/Boreal-Beast-May-2016.pdf> (Page consultée le 12 février 2021).
- BORS, B. 2019. Aurora Haskap. University of Saskatchewan Fruit Program, [En ligne]. <https://research-groups.usask.ca/fruit/documents/haskap/Aurora2019.pdf> (Page consultée le 12 février 2021).
- BORS, B. 2019. Haskap (*Lonicera caerulea*). University of Saskatchewan Fruit Program, [En ligne]. <https://research-groups.usask.ca/fruit/Fruit%20crops/haskap.php> (Page consultée le 12 février 2021).
- BROWN, L., É. LEFRANÇOIS et M-È. DESAULNIERS. 2020. Étude sur la survie et la productivité des bourgeons de camerisiers. ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec et Cultur'Innov, [En ligne]. <http://culturinnov.qc.ca/documents/rapports-de-projets> (Page consultée le 12 février 2021).

- BYERS, P. 2019. Elderberries: How to get that yield!, Cultur'Innov, [En ligne]. http://culturinnov.qc.ca/sites/culturinnov.qc.ca/files/fichiers-attaches/patrick_byers_-_elderberryproductivity.pdf (Page consultée le 12 février 2021).
- CAMERISE QUÉBEC. 2021. Ou s'en procurer?: Producteurs - L'offre de nos producteurs, [Carte en ligne]. <http://www.camerisequebec.com/producteurs.php> (Page consultée le 12 février 2021).
- CARRANCA, C., G. BRUNETTO et M. TAGLIAVINI. 2018. Nitrogen Nutrition of Fruit Trees to Reconcile Productivity and Environmental Concerns. *Plants* (Basel), [En ligne]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5874593/> (Page consultée le 12 février 2021).
- CLINE, M. G et D. O. DEPPONG. 1999. The Role of Apical Dominance in Paradormancy of Temperate Woody Plants: A Reappraisal. *Journal of Plant Physiology*, 155(3): 350-356.
- CRAAQ. 2007. Références économiques - Bleuets en Corymbe Budget d'entreprise Agdex 238/821a. Québec: Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec .
- CRAAQ. 2007. Références économiques. Framboises - budget AGDEX 237/821. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.
- CRAAQ. 2010. Guide de référence en fertilisation, 2e édition. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. Québec. 473 p.
- CRAAQ. 2019. Camerise, récolte mécanisée. Budget d'entreprise. AGDEX 238/821c2019. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.
- CRAAQ. 2019. Camerise, récolte manuelle. Budget d'entreprise. AGDEX 238/821d2019. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec.
- DAWSON, J. K. 2017. Concentration and Content of Secondary Metabolites in Fruit and Leaves of Haskap (*Lonicera caerulea* L.). Thèse de doctorat. Saskatoon: University of Saskatchewan. 227 p.

- DESAULNIERS, M.-È. et L. BROWN. 2016. Sensibilisation et accompagnement pour une meilleure gestion de l'eau dans la culture de la camerise. ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec et Cultur'Innov, [En ligne]. http://culturinnov.qc.ca/sites/culturinnov.qc.ca/files/imagecache/rapport_fin_al_paar_tensiometre.pdf (Page consultée le 15 février 2021).
- DUSENGE, M. E., A. GALVAO DUARTE et D. A WAY. 2018. Plant carbon metabolism and climate change: elevated CO₂ and temperature impacts on photosynthesis, photorespiration and respiration. *New Phytologist*, [En ligne]. <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/nph.15283> (Page consultée le 15 février 2021).
- ELFORD, E. 2019. Fertility Guidelines for Haskap Grown in Ontario. ON Specialty Crops, [En ligne]. <https://onspecialtycrops.wordpress.com/2019/05/22/fertility-guidelines-for-haskap-grown-in-ontario/> (Page consultée le 15 février 2021).
- GAGNON, A. 2015. La camerise - Guide de production. Ministère de l'agriculture des pêcheries et de l'alimentation du Québec. Alma, 132 p.
- GANIE, M., F. AKHTER, M. BHAT, A. MALIK, J. JUNAID, M. A. SHAH et T. BHAT. 2013. Boron – a critical nutrient element for plant growth and productivity with reference to temperate fruits. *Current Science*, 104: 76–85.
- GERBRANDT, E. M., R. H. BORS, R.N. CHIBBAR et T. E. BAUMANN. 2018a. Blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) vegetative growth cessation and leaf drop phenological adaptation to a temperate climate. *Genet Resour Crop Evol*: 1471–1484.
- GERBRANDT, E. M., R. H. BORS, R. N. CHIBBAR et T. E. BAUMANN. 2018b. Spring phenological adaptation of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) foundation germplasm in a temperate climate. *Can. J. Plant Sci.* (98): 569-581.
- GERBRANDT, E. M., MOURITZEN, C., SWEENEY, M. 2019. Foliar Calcium Corrects a Deficiency Causing Green Fruit Drop in 'Draper' Highbush Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Agriculture*, 9(63). 23 p.

- GOUTOULY, J.-P. 2018. L'azote chez la vigne, dynamique des besoins, de l'assimilation, du stockage dans la plante et de la redistribution vers les fruits. Institut français de la vigne et du vin, Occitanie, [En ligne]. <https://www.vignevin-occitanie.com/wp-content/uploads/2018/08/JPG-azote.pdf> (Page consultée le 15 février 2021).
- GREEN, A. 2016. Dormance et unités de refroidissement. Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et des affaires rurales de l'Ontario (MAAARO), [En ligne]. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/hort/news/orchnews/2016/on-0216a2.htm> (Page consultée le 15 février 2021).
- GREER, D. H., J. N. WÜNSCHE, C. L. NORLING et H. N. WIGGINS. 2005. Root-zone temperatures affect phenology of bud break, flower cluster development, shoot extension growth and gas exchange of 'Braeburn' (*Malus domestica*) apple trees. *Tree Physiology*, 26: 105–111.
- GREUDA, A. 2015. Optymalne nawożenie jagody kamczackiej, [En ligne]. http://www.konferencjakamczacka.pl/wp-content/uploads/2015/11/Nawozenie_jagody_kamczackiej_Andrzej_Greuda.pdf (Page consultée le 15 février 2021).
- HORVATH DP, A. N. 2003. Knowing when to grow: Signais regulating bud dormancy. *Plant Science*, 8: 534-540.
- HUFFMAN, L et K. CARTER. 2013. Risques liés aux conditions climatiques: Stratégies pour atténuer les risques de dommages hivernaux. Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et des affaires rurales de l'Ontario (MAAARO), [En ligne]. <http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/facts/weather-wet.htm> (Page consultée le 15 février 2021).
- IHESHIULO, E. M.-A. 2018. Determination of Soil and Plant Nutrient Sufficiency Levels for Haskap (*Lonicera caerulea* L.). Dalhousie University, [En ligne]. <https://dalspace.library.dal.ca/xmlui/bitstream/handle/10222/73917/Iheshiulo-Ekene-MSc-AGR-April-2018.pdf?sequence=5&isAllowed=y> (Page consultée le 15 février 2021).
- JAGADISH, S., R. BAHUGUNA, M. DJANAGUIRAMAN, R. GAMUYAO, P. PRASAD et P. CRAUFURD. 2016. Implications of high temperature and elevated CO₂ on flowering time in plants. *Frontiers in Plant Science*. 7(913). 11 p.

- KIRINA, E.V. 2009. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕКОТОРЫХ СОПТОВ ЖИМОЛОСТИ В ЦЧР (Caractéristiques biologiques de certaines variétés de chèvrefeuille du Tsar). Université agraire d'Etat de Michurinsk, Russie. 3 p.
- KUKLINA, A.G. 2009. КУЛЬТУРА ЖИМОЛОСТИ СИНЕЙ В РОССИИ (La culture du chèvrefeuille bleu en Russie). N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences, Moscou, Russie, (495)977-90-55.
- KOZLOWSKI, T. T, P. J. KRAMER et S. G. PALLARDY. 1991. The physiological ecology of woody plant. Academic Press Inc. California, 657 p.
- LACROIX, C. 2019. Régie de production du bleuet en corymbe, [En ligne]. <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/Mauricie/RegieBleuetCorymbeCLacroixLight.pdf> (Page consultée le 15 février 2021).
- LAFORGE, F. Sans date. Un bleuet de taille, [En ligne]. <https://www.agrireseau.net/petitsfruits/documents/bleuet.pdf> (Page consultée le 15 février 2021).
- LAMBERT, L. 2007. Carences, désordres et problèmes de phytotoxicité du fraisier, du framboisier et du bleuet. Centre de référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec (CRAAQ). Québec, 210 p.
- LANG, G., J. EARLY, G. MARTIN et R. DAMELL. 1987. Endo-, para-, and ecodormancy: Physiological terminology and classification for dormancy research. HortScience, 22: 371-377.
- LEFRANÇOIS, É. et L. BROWN. 2017. Développement d'outils pour le suivi de la fertilisation des camerisiers. ministère de l'Agriculture des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ) et Cultur'Innov, [En ligne]. http://culturinnov.qc.ca/sites/culturinnov.qc.ca/files/padaar2016_fertilisation_camerisera_pport_6e.pdf (Page consultée le 15 février 2021).
- LU, Y., H. LIU et Y.E. WANG. 2013. Synergistic roles of leaf boron and calcium during the growing season in affecting sugar and starch accumulation in ripening apple fruit. Acta Physiol Plant 35: 2483.

- MAAARO . 2018. Gestion du sol, fertilisation, nutrition des cultures et cultures de couverture, [En ligne]. http://www.omafra.gov.on.ca/french/crops/hort/soil_fruit.htm (Page consultée le 15 février 2021)
- MCLAUGHLIN, S. B. et R. WIMMER. 1999. Tansley Review No. 104. Calcium physiology and terrestrial ecosystem processes. *New Phytologist* 142: 373–417.
- MONTANARO, G., B. DICHIO, A. LANG, A. MININNI et C. XILOYANNIS. 2015. Fruit calcium accumulation coupled and uncoupled from its transpiration in kiwifruit. *Journal of Plant Physiology* 181: 67-74.
- NIU, J., G. ZHANG, W. ZHANG, V. GOLTSEV, S. SUN, J. WANG et M. FENGWANG. 2017. Anthocyanin concentration depends on the counterbalance between its synthesis and degradation in plum fruit at high temperature. *Scientific Reports* . , 7(7684):1-16.
- OLIVEIRA, C. M. et C. A. PRIESTLEY. 1988. Carbohydrate Reserves in Deciduous Fruit Trees. *Horticultural Reviews* 10: 403-430.
- OLSEN, J. 2003. Molecular and physiological mechanisms of bud dormancy regulation. *Acta Horticulturae* 618: 437-45.
- ONE GREEN WORLD. 2019. Berry Blue Honeyberry - Early Blooming, [En ligne]. <https://onegreenworld.com/product-category/berries/honeyberry/> (Page consultée le 15 février 2021).
- PACE, E., J. YUANYUAN, A. CLEMENS, T. CROSSMAN et V. RUPASINGHE. 2018. Impact of Thermal Degradation of Cyanidin-3-O-Glucoside of Haskap Berry on Cytotoxicity of Hepatocellular Carcinoma HepG2 and Breast Cancer MDA-MB-231 Cells. *Antioxidants (Basel)*, 7(2), [En ligne]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5836014/> (Page consultée le 15 février 2021).
- PEDERSEN, H. L. et P. HANSEN. 1997. Effect of timing of nitrogen supply on growth, bud, flower and fruit development of young sour cherries (*Prunus cerasus* L.). *Scientia Horticulturae*, 69(3-4): 181-188.

- PERYEA, F. J. 2018. Boron Nutrition in Deciduous Tree Fruit Orchards. Washington State University, [En ligne]. <http://treefruit.wsu.edu/boron/> (Page consultée le 15 février 2021)
- PHILION, V. 2020. La fertilisation sans nuire à la phytoprotection. Institut de recherche et développement en agroenvironnement (IRDA), [En ligne]. <https://reseaupommier.irda.qc.ca/?p=19671> (Page consultée le 15 février 2021).
- PLEKHANOVA, M. 2000. Blue Honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) - A new commercial berry crop for temperate climate: Genetic resources and breeding. *Acta Horticulturae*, 538: 159-164.
- PLEKHANOVA, M. N. 1989. Actinidia, Schizandra and Blue Honeysuckle. Agropromizdat. Leningrad.
- PRISCHEPINA, G. 2000. Culture of Altai honeysuckle (*Lonicera altaica* Pall.) in the forest-steppe zone of the Altai territory. Thèse de doctorat, Altai State Agrarian University. Altai, Russia
- RETAMALES, J. B., et J.F. HANCOCK. 2018. Blueberries. CABI, Michigan State University, Michigan, 352 p.
- ROBERT, N G. 2017. Chill hours app helps fruit growers assess conditions. Mississippi State University Extension, [En ligne]. <http://extension.msstate.edu/news/feature-story/2017/chill-hours-app-helps-fruit-growers-assess-conditions#:~:text=The%20Mississippi%20State%20University%20Extension,for%20the%20upcoming%20growing%20season> (Page consultée le 15 février 2021).
- SAURE, M. 2005. Calcium translocation to fleshy fruit: its mechanism and endogenous control. *Scientia Horticulturae* (105): 65–89.
- SCHUPP, J. R., L. CHENG, W. C. STILES, E. STOVER et K. IUNGERMAN. 2001. Mineral Nutrition as a Factor in Cold Tolerance of Apple Trees. *New York Fruit Quarterly*, 9(3): 9-12.
- SHEYKO, V. V. 2009. Honeysuckle response (*Lonicera caerulea* L.) to excessively wet and cold temperate climate. Proc. 1st Virtual International Scientific Conference on *Lonicera caerulea* L.p.75–83.

- SMITH, J. D. 2011. Nitrogen fertilization of cranberries: what type should i use, how should i apply it, and where is my nitrogen from last season?, Wisconsin Fruit, [En ligne]. [https://fruit.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/36/2011/05/ Nitrogen-Fertilization-of-Cranberries-What-type-should-I-use-How-should-I-apply-it-and-Where-is-my-Nitrogen-from-last-season.pdf](https://fruit.wisc.edu/wp-content/uploads/sites/36/2011/05/Nitrogen-Fertilization-of-Cranberries-What-type-should-I-use-How-should-I-apply-it-and-Where-is-my-Nitrogen-from-last-season.pdf) (Page consultée le 15 février 2021).
- SØNSTEBYA, A., U. M. ROOSA et O. M. HEIDE. 2017. Influence of controlled nutrient feeding during floral initiation and berry development on shoot growth, flowering and berry yield and quality in black currant (*Ribes nigrum* L.). *Scientia Horticulturae*, 225: 638-645.
- STRIK, B. et A. VANCE. 2015. Seasonal variation in leaf nutrient concentration of northern highbush blueberry cultivars grown in conventional and organic production systems. *Hort Science* , 50: 1453–1466.
- SZOT, I. et T. LIPA. 2012. Influence of Betokson Super and fertilizers on chemical composition of fruits and leaves of Blue Honeysuckle. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 11(5): 113-125.
- SZOT, I. et J. WIENIARSKA. 2012. Effect of foliar applications of Goëmar® BM 86 and soil applied calcium nitrate on yield and berry quality of two blue honeysuckle cultivars. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 11(1): 133-144.
- THE CRANBERRY STATION. 2010. Nutrient Management in Cranberry Production. Dans *Best Management Practices Guide for Massachusetts Cranberry Production*. Amherst: University of Massachusetts, [En ligne]. [https:// ag.umass.edu/cranberry/publications-resources/best-management-practices](https://ag.umass.edu/cranberry/publications-resources/best-management-practices) (Page consultée le 15 février 2021)
- THOMPSON, M. et A. CHAOVANALIKIT. 2003. Preliminary Observations on Adaptation and Nutraceutical Values of Blue Honeysuckle (*Lonicera caerulea*) in Oregon, USA. *Acta Hortic.* 626: 65-72.
- TREMBLAY, F. et P. MARTEL. 2018. Mise à l'essai d'une stratégie de fertilisation à l'engrais à libération contrôlée dans la culture de la camerise en plasticulture. Rapport final. Agrinova, Alma, 43 p.

- TROUGHT, M., R. DIXON, T. MILLS, M. GREVEN, R. AGNEW, J. MAUK et J.-P. PRAAT. 2008. The impact of differences in soil texture within a vineyard on vine vigour, vine earliness and juice composition. *J. Int. Sci. Vigne Vin*, 42(2): 62-72.
- TURCOTTE, C. et collègues. 2021. Suivi du développement du camerisier : désignation des stades phénologiques et élaboration de modèles bioclimatiques pour le Québec. MAPAQ et AAC. 12 p. (À paraître)
- VINOGRADOV, M et L. ARUS. 2020. Suitability of blue honeysuckle (*Lonicera caerulea* L.) cultivars of different origin for cultivation in the Nordic-Baltic climate. *Agronomy Research*, 18(S4): 2785-2796.
- WANG, M., Q. ZHENG, Q. SHEN et S. GUO. 2013. The Critical Role of Potassium in Plant Stress Response. *International Journal of Molecular Sciences* (14): 7370-7390.
- WANG, Y., X. XIE, X. RAN, S. CHOU, X. JIAO, E. LI et B. LI. 2018. Comparative analysis of the polyphenols profiles and the antioxidant and cytotoxicity properties of various blue honeysuckle varieties. *Open Chemistry*, 16(1), [En ligne]. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/chem-2018-0072/html> (Page consultée le 15 février 2021)
- WILLIAMS, L. et M. MATTHEWS. 1990. Irrigation of Agricultural Crops - *Agronomy Monograph No. 30*, B. Stewart, D. Nielsen, & Eds, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and The Soil Science of America, Wisconsin. 1246 p.
- WILLIAMSON, J. G., J. W. OLMSTEAD et P. M. LYRENE. 2018. Reproductive Growth and Development of Blueberry. University of Florida IFAS Extension, [En ligne]. <https://edis.ifas.ufl.edu/hs220> (Page consultée le 15 février 2021)
- YAMAZAKI, T., Y. KAWAMURA et M. UEMURA. 2009. Extracellular freezing-induced mechanical stress and surface area regulation on the plasma membrane in cold-acclimated plant cells. *Plant Signaling and Behavior* 4(3): 231-233.
- YARA. 2019. YaraTera: fertygacja jagody kamczackiej. Yara Poland, [En ligne]. https://www.yara.pl/siteassets/broszury/horti/nawozenie_jagody_kamczackiej.pdf / (Page consultée le 15 février 2021)

YELLE, P.-É. 2020. Apports en éléments nutritifs. Fiche 37. Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA), [En ligne]. <https://reseau.pommier.irda.qc.ca/?p=5941> (Page consultée le 15 février 2021)

ZABADAL, T. J., I. E. DAMI et M. C. GOFFINET. 2007. Winter Injury to Grapevines and Methods of Protection. Michigan State University, [En ligne]. https://www.traubenshow.de/images/stories/CCCC_2010/15_Hans_Peter_Pfeifer_Ontario_Canada/Presentation/Winter%20Injury%20to%20Grapevines%20and%20Methods%20of%20Protection.pdf (Page consultée le 15 février 2021).