



Développement d'outils pour le suivi de la fertilisation des camerisiers

Programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en
région du MAPAQ (PADAAR)

Numéro de dossier : 5011525

Durée du projet : 05-2016/03-2017

Élisabeth Lefrançois, agr. MAPAQ, Montérégie

et

Laurie Brown, agr. Cultur'Innov

**Agriculture, Pêcheries
et Alimentation**

Québec 

**PRIME-
VERT** UN PAS DE PLUS.
POUR VOUS.
POUR VOTRE COLLECTIVITÉ.

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



Crédits

Rédaction

Élisabeth Lefrançois, agronome, MAPAQ, Montérégie

Soutien à la rédaction

Stéphane Demers, biologiste M. Sc., Cultiv'Innov

Laurie Brown, agronome, Cultiv'Innov

Coordination du projet

Élisabeth Lefrançois, agronome, MAPAQ, Montérégie

Laurie Brown, agronome, Cultiv'Innov

Stéphane Demers, biologiste M. Sc., Cultiv'Innov

Comité organisateur

Stéphane Demers, biologiste M. Sc., Cultiv'Innov

Laurie Brown, agronome, Cultiv'Innov

Francis Bernier-Blanchet, Cultiv'Innov

Élisabeth Lefrançois, MAPAQ, Montérégie

Remerciements

Francis Bernier-Blanchet, Cultiv'Innov

Audrey Bléanger, Stagiaire MAPAQ, Montérégie

Marie-Ève Desaulniers, Technologue, Cultiv'Innov

Producteurs participants

Ce projet a été réalisé grâce à une participation financière du programme d'appui au développement de l'agriculture et de l'agroalimentaire en région du MAPAQ.

**Agriculture, Pêcheries
et Alimentation**

Québec 



Table des matières

1. OBJECTIFS	5
2. DESCRIPTION.....	5
3. MÉTHODOLOGIE	6
3.1 Les site du projet.....	7
3.2 Les analyses et l'échantillonnage.....	7
4. RÉSULTATS et DISCUSSION	9
4.1 Les analyses foliaires et les tests de nitrates.....	9
4.1.1 L'azote	10
4.1.2 Le phosphore	12
4.1.3 Le potassium, le calcium et le magnésium	13
4.1.4 Le manganèse	15
4.1.5 Le bore.....	17
5 CONCLUSIONS.....	19
6 RÉFÉRENCES.....	20

Liste des tableaux

Tableau 1. Régie de fertilisation des producteurs de camerises	7
Tableau 2. Analyses de sol pour les 3 sites au printemps et à la fin de l'été - éléments majeurs	13
Tableau 3. Analyses de sol pour les 3 sites au printemps et à la fin de l'été — éléments mineurs.....	16

Liste des graphiques

Graphique 1. Pourcentage d'azote foliaire total moyen pour les trois sites (les points avec une même lettre ne sont pas significativement différents pour un même stade de prélèvement).....	10
Graphique 2. Lecture de nitrate moyenne dans le sol pour les trois sites.....	12
Graphique 3. Pourcentage de phosphore foliaire moyen pour les trois sites (les points avec une même lettre ne sont pas significativement différents pour un même stade de prélèvement).....	12



Graphique 4. Pourcentage de potassium foliaire moyen pour les trois sites (les points avec une même lettre ne sont pas significativement différents pour un même stade de prélèvement).....	14
Graphique 5. Pourcentage de calcium foliaire moyen pour les trois sites (les points avec une même lettre ne sont pas significativement différents pour un même stade de prélèvement).....	15
Graphique 6. Pourcentage de magnésium foliaire moyen pour les trois sites (les points avec une même lettre ne sont pas significativement différents pour un même stade de prélèvement).....	15
Graphique 7. Pourcentage de manganèse foliaire moyen pour les trois sites.....	17
Graphique 8. Pourcentage de bore foliaire moyen pour les trois sites.	18



1. OBJECTIFS

L'objectif principal de ce projet est de développer des outils décisionnels pour mieux suivre et optimiser la fertilisation des camerisiers. Les deux outils qui seront investigués sont l'analyse foliaire et le suivi des nitrates dans le sol. Dans le premier cas, l'objectif est de documenter, tout au long de la saison, des teneurs foliaires en minéraux pour les plants de camerisier en santé et productifs, et aussi de discerner de façon préliminaire le meilleur moment d'échantillonnage foliaire. Dans le second cas, il y aura un suivi des teneurs en nitrates du sol à l'aide de l'outil Nitracheck pour déterminer les valeurs qui concordent avec une croissance saine. Le projet permettra également d'acquérir des connaissances sur la fertilisation des camerises et de suivre le lien entre la teneur du sol en nitrates et la teneur foliaire en azote.

2. DESCRIPTION

La plantation de camerisiers a débuté au Québec en 2007, principalement au Saguenay-Lac-Saint-Jean, où l'on retrouve toujours environ un tiers des superficies de cette culture. Depuis, l'intérêt pour cette culture s'est propagé, et on retrouve de plus en plus de plantations en Montérégie. En 2016, on peut dire qu'il y a un vif intérêt pour cette culture, et qu'elle démontre un fort potentiel pour la diversification de la production horticole en Montérégie.

La plupart des producteurs au Québec et en Montérégie ont implanté sur paillis de plastique. Ainsi, la fertilisation par l'apport de fertilisants à la base de chaque plant est une tâche ardue, et il y a un réel danger d'apporter une trop grande concentration de fertilisants ce qui peut causer des dommages aux plants en raison d'une salinité trop élevée. La fertigation – conventionnelle ou biologique – est la méthode de fertilisation la plus utilisée actuellement, surtout pour les plantations d'envergure. L'application de fertilisants à la base des plants et sur le bord des paillis de plastique sont aussi des techniques utilisées. Des recommandations de base ont été présentées par André Gagnon, agr. et Pierre-Olivier Martel, agr. Les moments d'application recommandés s'échelonnent surtout au printemps, avec la dernière application au début de l'été. Malgré que l'on retrouve la production de camerises dans d'autres provinces canadiennes et dans certains pays européens et asiatiques, il y a peu d'information disponible sur leur fertilisation.

Il n'y a présentement pas de données de suivi pour confirmer ni infirmer la valeur de ces régies de fertilisation. L'analyse foliaire est une technique qui permet d'évaluer efficacement l'impact d'une régie de fertilisation. Pour chaque culture, des valeurs standardisées et un moment optimal d'échantillonnage sont déterminés, ce qui permet de faire le portrait nutritionnel de la culture une fois par année. À ce moment-ci, il n'existe pas de valeur foliaire standardisée pour la camerise. Une autre technique utilisée pour suivre efficacement les cultures fertiguées est la lecture des nitrates du sol au champ. Cette



technique permettraient également de voir l'impact de la fertilisation sur la teneur en nitrates au sol et possiblement faire des liens avec la teneur en azote des feuilles.

Afin de répondre aux objectifs du projets, trois sites en production ont été choisis. Chaque producteur avait une régie de fertilisation distincte. Il n'y a pas eu de modifications à la régie de fertilisation du producteur. Le suivi a été fait par la prise d'échantillons foliaires, d'analyse des nitrates du sol à des moments clés de la saison et d'échantillons de sols en début et en fin de saison. Ces données ont permis de faire le suivi sur l'état nutritionnel des plants tout au long de la saison et d'évaluer la meilleure période pour effectuer un échantillonnage foliaire. Ils nous ont également permis d'évaluer l'évolution des nitrates dans le sol, en fonction des fertilisations effectuées pas les producteurs.

3. MÉTHODOLOGIE

Ce projet a été réalisé sur trois sites et les échantillons ont été prélevés pendant la saison de croissance 2016. Les sites d'essai étaient situés chez des producteurs de camerises en Montérégie. Tous les sites avaient des plants de plus de 3 ans. Les régies de fertilisation ont été celles des producteurs, soit aucune fertilisation, fertigation et fertilisation d'engrais granulaire sur le bord du paillis de plastique (Tableau 1). La période d'échantillonnage s'est échelonnée entre les mois de mai et septembre. La prise des données s'est faite sur les 4 plus beaux plants du cultivar « Berry Blue » de chacun des producteurs et sur le sol à la base de chacun de ces plants.



3.1 Les sites du projet

Tableau 1. Régie de fertilisation des producteurs de camerises

Producteurs	Année d'implantation	Type de sol	Régie
Fertigation	Automne 2012 et printemps 2013	Loam à loam argileux	<ul style="list-style-type: none">• 20-8-20 (5g/plant) — 10 mai, 25 mai et 14 juin;• 8-20-30 (5 g/plant) — mi-juillet• Manganèse chélaté (13 %) – mi-juin et 4 juillet total de 1,3 kg/ha
Aucune fertilisation	2010	Sable	Aucun apport fertilisant
Engrais granulaire	2011	Loam sableux rocheux	<ul style="list-style-type: none">• 20-5-15 (60g/plant) — 30 avril• 20-5-15 (80g/plant) — 2 juin et 8 juillet

3.2 Les analyses et l'échantillonnage

Les analyses suivantes ont été réalisées :

- 1) Analyses foliaires, réalisées par le laboratoire Agriquanta
 - a. À 4 moments distincts de la saison (à l'ouverture des feuilles, fruit vert, récolte et 4 semaines après la récolte) : Quatre échantillons par site, un plant par échantillon.

Les échantillons foliaires ont été prélevés sur les feuilles pleinement développées. Une centaine de feuilles par échantillonnage ont été prélevées sur tout le tour de l'arbuste, à l'exception de l'échantillonnage printanier, pour lequel environ une trentaine de feuilles par plant a été prélevée de la même façon, en raison du faible nombre de feuilles pleinement développées présentes. Les feuilles étaient conservées dans un sac de plastique, maintenues au frais et envoyées le plus rapidement possible au laboratoire.

- 2) Analyses de sol standard, réalisées par le laboratoire Agriquanta
 - a. Au printemps : 1 analyse par producteur, les 4 échantillons de sol prélevés à la base de chacun des 4 plants ont été mélangés ensemble et un sous-échantillon a été prélevé.
 - b. À la fin de l'été : 4 analyses par producteur, 1 échantillon par plant de Berry blue.



3) Analyses de nitrate

- a. À chaque échantillonnage foliaire et échantillonnage de sol : 4 analyses par producteur donc 1 échantillon par plant de Berry blue.

Les échantillons de sol ont été prélevés à la base des plants dans la zone racinaire dans la zone 0-25 cm. Quatre sous-échantillons étaient prélevés par plant et mélangés. L'échantillon a été conservé au frais, et lorsque nécessaire un sous-échantillon a été envoyé le plus rapidement possible au laboratoire. Pour l'analyse de nitrate, si elle n'était pas faite immédiatement, les échantillons ont été conservés au congélateur jusqu'au moment de l'analyse. L'analyse de nitrate a été faite à l'aide d'un Nitratecheck® 404 selon le protocole proposé par Plant Product. Trois sous-échantillons ont été analysés par échantillon.

Les périodes d'échantillonnages ont été les suivantes :

- a. Ouverture des feuilles – mi-mai
- b. fruit vert – première semaine de juin
- c. récolte – première semaine de juillet
- d. poste-récolte – 4 semaines après la récolte, soit première semaine d'août
- e. fin de l'été — fin août-début septembre

Dans le cadre des analyses statistiques, la normalité des résidus et l'égalité des variances n'ont pas été rencontrées pour les données. Des tests non-paramétriques (Kruskal-Wallis) ont donc été utilisés pour comparer les résultats site par site pour évaluer la différence entre les stades de développement ainsi que stade par stade pour évaluer les différences entre les sites. Dans le cas de comparaison post-hoc entre les traitements, une correction a été appliquée pour minimiser les risques d'erreur de type I. La formule de Bonferroni a été utilisée pour déterminer le niveau de confiance corrigé : (corrigé= $\alpha/(k(k-1)/2)$) ou $\alpha=0,05$ et $k=$ le nombre de traitements à comparer (Scherrer 1984).



4. RÉSULTATS et DISCUSSION

Avant toute chose, il faut mentionner que l'échantillonnage effectué dans le cadre de ce projet est quand même limité. Le nombre de données à analyser est petit (3 producteurs, 4 plants par producteurs et 4 stades de prélèvement). Ces données se veulent un point de départ pour amorcer la réflexion sur la fertilisation de la camerise.

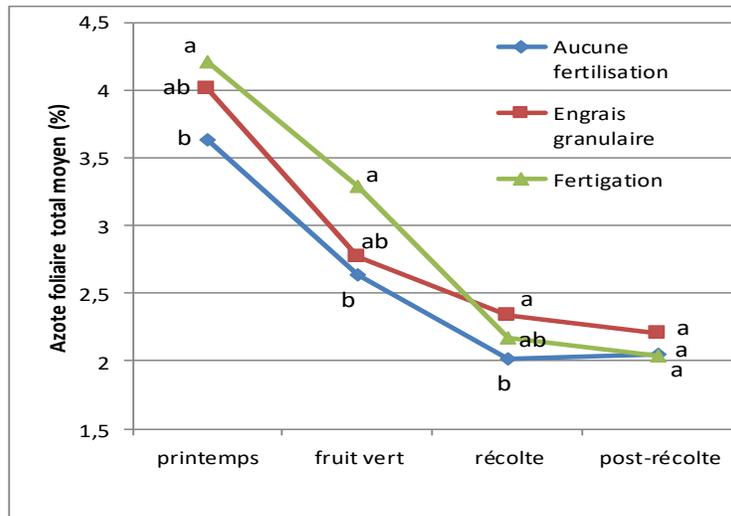
Les analyses statistiques ont révélé qu'il y avait pour tous les éléments des différences significatives entre les sites et entre les stades de prélèvement. Les données n'ont donc pas pu être analysées comme un grand ensemble, mais ont été analysées site par site ou stade par stade.

Les tests de Kruskal-Wallis ont permis de déterminer s'il y avait des différences entre les résultats des différents stades de prélèvement pour un élément et un site donnés. Ils ont permis de démontrer que bien qu'il y ait plusieurs différences entre les sites, les tendances et résultats généraux qui en ressortent sont semblables pour un élément donné. Ainsi, pour tous les éléments présentés dans ce rapport, et pour tous les sites, il n'y a jamais de différences significatives entre les stades de récolte et post-récolte, ainsi qu'entre les stades de nouaison et de récolte. Dans la majorité des cas, on peut aussi dire qu'il n'y a jamais de différences significatives entre la nouaison et la post-récolte. On pourrait en tirer la conclusion qu'il n'y a pas de différences entre faire un échantillonnage foliaire à la récolte ou 4 semaines après la récolte.

4.1 Les analyses foliaires et les tests de nitrates

Afin d'évaluer les résultats obtenus grâce aux analyses foliaires, nous avons regardé s'il y avait des différences entre les niveaux foliaires d'azote (N), de phosphore (P), de potassium (K), de calcium (Ca) et de magnésium (Mg) entre les producteurs pour les différents stades de prélèvement.

4.1.1 L'azote



Graphique 1. Pourcentage d'azote foliaire total moyen pour les trois sites (les points avec une même lettre ne sont pas significativement différents pour un même stade de prélèvement).

Pour l'azote, les trois sites présentent une courbe de pourcentage d'azote foliaire total moyen très semblable. Les niveaux plus élevés à l'ouverture des feuilles diminuent rapidement en raison de la croissance du feuillage et de l'effet de dilution qui en découle (graphique 1). On verra le même phénomène pour la plupart des autres éléments. Les pourcentages d'azote foliaire total pour à l'ouverture des feuilles sont semblables à ce qui a été observé dans le sureau (environ 4 %), par contre, au moment de la récolte, bien que le sureau soit récolté beaucoup plus tard que la camerise, le pourcentage d'azote total est plus faible pour la camerise (environ 2 %) que pour le sureau (environ 3 %) (Byers et al. 2015).

Sans aucune surprise, le site sans fertilisation présente la courbe d'azote foliaire total la plus basse des trois. Par contre, il est surprenant de constater qu'il n'y a pas de différences significatives entre ce site et le site avec engrais granulaire pour les stades de printemps et fruits verts, ainsi qu'entre ce site et le site fertiligué pour la récolte, et aucune différence entre les 3 sites pour le stade de post-récolte.

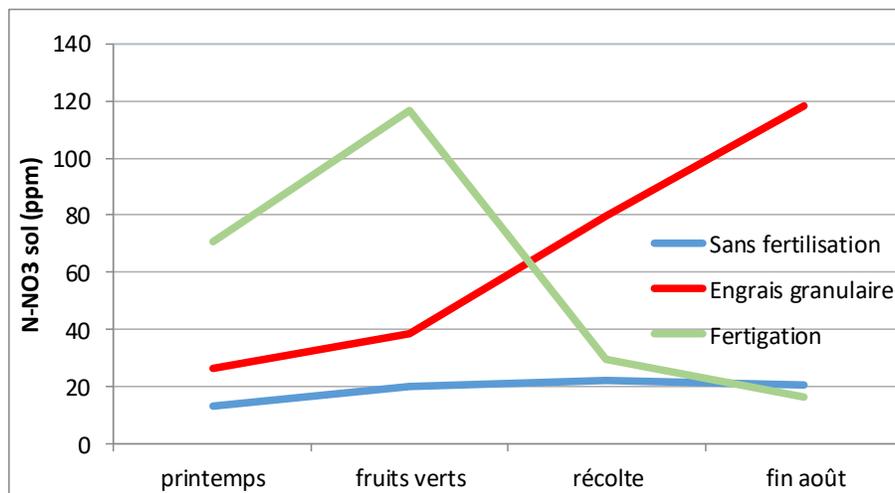
Les applications d'engrais printanières pour le site sous fertigation (4 mai) et fertilisation granulaire (30 avril) ont été faites une dizaine de jours avant les premiers échantillonnages foliaires (13 et 12 mai, respectivement). Les réserves des plants accumulées en 2015 ont sûrement joué un rôle important dans les niveaux d'azote foliaire. La régie de fertilisation de 2015 était semblable à ce qui s'est fait en 2016, pour tous les sites. Par contre, les résultats d'analyse de nitrate (graphique 2) démontrent que, dans le cas de la fertigation, des quantités importantes de nitrate ont été rapidement disponibles en début de saison. L'engrais utilisé pour les premières fertigations, le 20-8-20 contient en effet 12,2 % d'azote



sous forme de nitrate, et la technique de fertigation assure un placement de l'engrais au niveau du système racinaire de la plante. Pour ce site, les niveaux de nitrates baissent au moment de la récolte malgré qu'il y ait eu une fertigation environ 2 semaines avant le prélèvement foliaire. De la mi-juin à la fin juin, les plants ne sont pas en croissance active, ils sont en pleine maturation des fruits. En raison de la régie d'irrigation du site, il semble peu probable que les pertes de nitrate soient dues au lessivage. Les plants de camerises ont peut-être emmagasiné une quantité importante d'azote, mais pas dans leurs feuilles (graphique 1).

Pour ce qui est du site en engrais granulaire, les résultats de nitrate nous permettent d'observer que la disponibilité de l'azote sous forme de nitrate augmente au moment de la récolte et continue d'être élevée à la fin août. L'entreprise a utilisé du 20-5-15, un engrais granulaire contenant différentes formes d'azote, dont une portion en libération lente. De plus, l'application s'est faite sur le bord du paillis de plastique, ce qui a pu retarder la migration de l'engrais vers les racines de camerisiers et aussi occasionner des pertes au niveau des plantes qui composent l'entre-rang. Néanmoins, les résultats des stades récolte et post-récolte nous démontrent que les nitrates de l'engrais finissent par se rendre dans la zone racinaire. Par contre, on peut se demander si c'est au moment le plus adéquat pour la camerise. De plus, les doses appliquées sont très élevées en comparaison avec le site fertigation (tableau 1), et il n'est pas certain que tout cet engrais bénéficie aux plants de camerises.

Les résultats obtenus pour le site sans fertilisation sont conformes avec ce qui était attendu, c'est-à-dire pratiquement aucune variation tout au long de la saison. Ce site présente également un taux de matière organique (du sol) assez bas (sous les 2,5 %) en comparaison aux autres sites, la minéralisation de celle-ci semble avoir été marginale. La prise de rendements des différents plants échantillonnés aurait sûrement permis d'apporter un autre éclairage sur ces résultats. Mais visuellement, le site sans aucune fertilisation semble avoir eu une récolte très satisfaisante, et ne pas avoir souffert de l'absence d'apport supplémentaire en azote. Pour ce projet, nous avons pris les 4 plus beaux plants de « Berry Blue » de chaque producteur. Par contre, il faut mentionner que pour le site sans fertilisation, il n'y avait pas de plants présentant des symptômes de carence, et c'est un site qui n'a reçu pour ainsi dire aucune fertilisation dans les 3 dernières années. De plus, le site a subi de la défoliation importante en 2014 et 2015, ce qui a dû créer des besoins supplémentaires pour les plants. En conclusion, on peut dire que les régies de fertilisation ont eu un impact sur le pourcentage d'azote foliaire total, mais pas autant que l'on aurait pu le prévoir.

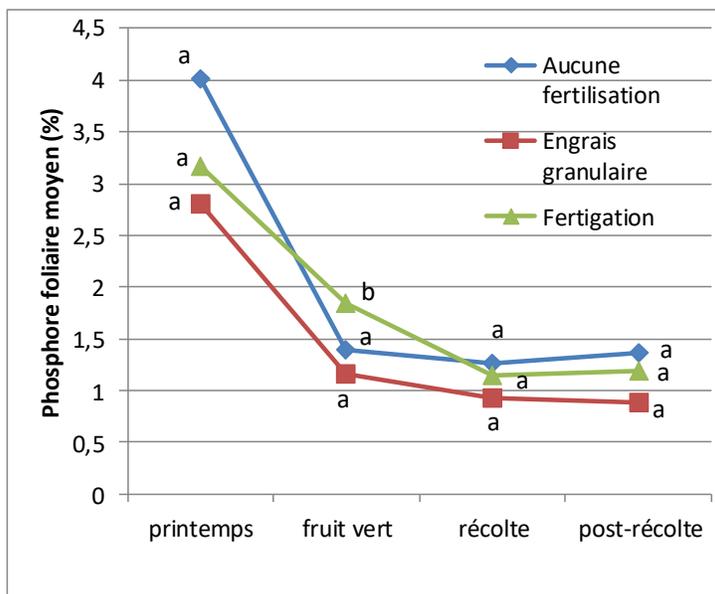


Graphique 2. Lecture de nitrate moyenne dans le sol pour les trois sites.

Compte tenu de ces résultats, on peut se poser plusieurs questions :

- 1) la camérisse a-t-elle réellement besoin d'un apport en azote supplémentaire ?
- 2) Serait-il intéressant d'effectuer des analyses d'azote au niveau des branches des fruits et des racines ?
- 3) L'application d'engrais en bordure de paillis atteint-elle l'objectif souhaité ?

4.1.2 Le phosphore



Graphique 3. Pourcentage de phosphore foliaire moyen pour les trois sites (les points avec une même lettre ne sont pas significativement différents pour un même stade de prélèvement).



Les résultats semblent indiquer que la teneur élevée en phosphore dans le sol du site sans aucune fertilisation (tableau 2) a probablement fortement contribué au niveau supérieur de phosphore foliaire au printemps (graphique 3). Cependant, il n'y a aucune différence significative entre les différents sites pour les différents stades de prélèvement, à l'exception du site en fertigation au stade fruits verts. La régie de fertilisation ne semble pas avoir eu d'impact sur cet élément. C'est d'ailleurs ce qui est observé dans l'argousier et le sureau (Laurie Brown, observations personnelles).

Tableau 2. Analyses de sol pour les 3 sites au printemps et à la fin de l'été - éléments majeurs

Site	Stade*	pH eau	pH tampon	Matière org. (%)	P (kg/ha)	K (kg/ha)	Ca (kg/ha)	Mg (kg/ha)	Al (ppm)	CEC	Satur. en P
Aucune fertilisation	Printemps	6,23	6,83	2,15	1 817	239	2 853	249	1 067	13,60	76,00
Aucune fertilisation	Fin été	6,32	6,68	2,35	1 742	328	3 112	262	1 044	15,70	74,06
Engrais granulaire	Printemps	6,32	6,46	9,40	257	325	5 759	364	1 241	23,94	9,23
Engrais granulaire	Fin été	5,95	6,36	8,90	233	375	5 252	325	1 184	23,62	8,74
Fertigation	Printemps	6,45	6,82	4,13	122	223	6 406	963	1 117	24,25	4,89
Fertigation	Fin été	6,27	6,74	4,72	119	222	6 569	969	1 067	25,41	5,00

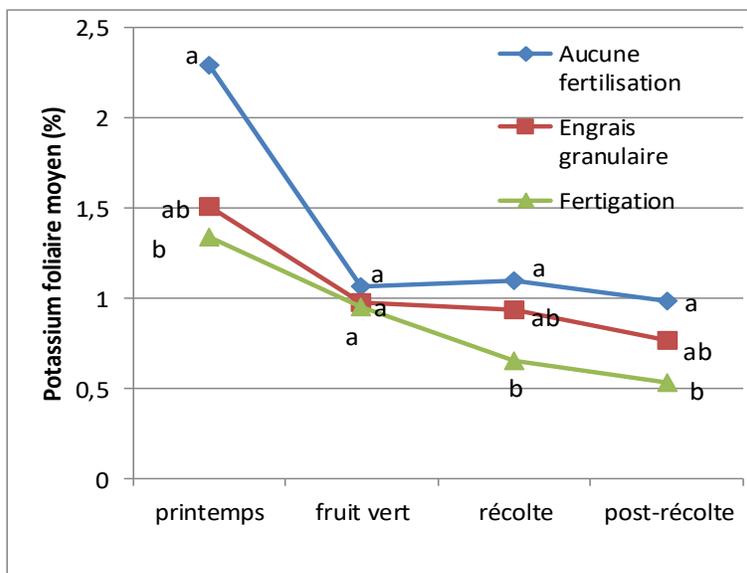
* Les données de la fin de l'été sont une moyenne des 4 échantillons par site envoyé au laboratoire

4.1.3 Le potassium, le calcium et le magnésium

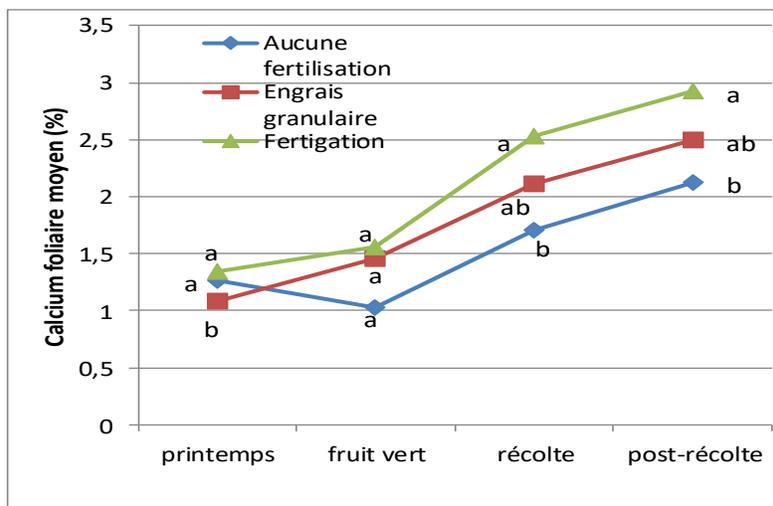
Pour les trois cations, potassium, calcium et magnésium, on obtient des résultats qui ne présentent pas de constance. D'autre part, le calcium et le magnésium présentent des courbes contraires à ce qui est vu pour les autres éléments, c'est-à-dire que les niveaux de calcium et de magnésium sont plus faibles à l'ouverture des feuilles et augmentent par la suite. Ces résultats sont conformes à ce qui a été observé dans le sureau et plusieurs autres petits fruits (Byers et al. 2015). Les niveaux de potassium foliaire du site sans fertilisation sont significativement supérieurs au site sous fertigation, à l'exception du stade de fruits verts (graphique 4). Tandis que pour le calcium, le site sous fertigation a des niveaux de calcium foliaire significativement supérieurs au site sans fertilisation pour les stades récolte et post-récolte (graphique 5). Pour le magnésium, malgré que le site sous fertigation semble présenter des résultats largement supérieurs, il y a seulement des différences significatives avec le site engrais granulaire (graphique 6). Si l'on regarde les résultats pour le sol, les 3 sites ont sensiblement les mêmes niveaux de potassium, tandis que le site sans fertilisation est plus bas que les 2 autres pour le calcium, et que le site sous fertigation présente des niveaux de magnésium dans le sol nettement supérieur aux



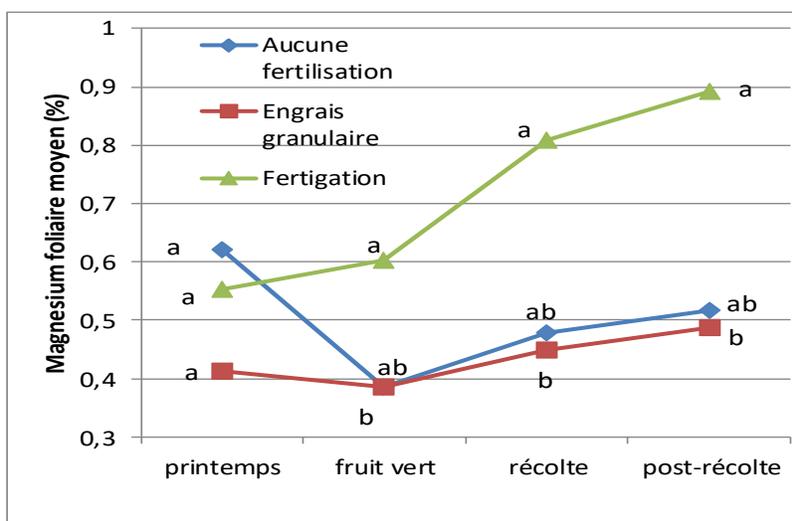
deux autres sites (tableau 2). Les teneurs du sol seules ne permettent pas d'expliquer ces résultats. Et comme les tendances varient d'un élément à l'autre, les différences en CEC n'expliquent pas non plus les résultats. Aussi, les apports d'engrais ne permettent pas d'expliquer ces résultats. Le site sans fertilisation présente le niveau de potassium le plus élevé, le 20-8-20 utilisé pour la fertigation ne fournit pas de calcium, et le 20-5-15 en engrais granulaire contient 1 % de magnésium, et c'est le site qui présente la plus basse moyenne pour cet élément.



Graphique 4. Pourcentage de potassium foliaire moyen pour les trois sites (les points avec une même lettre ne sont pas significativement différents pour un même stade de prélèvement).



Graphique 5. Pourcentage de calcium foliaire moyen pour les trois sites (les points avec une même lettre ne sont pas significativement différents pour un même stade de prélèvement)



Graphique 6. Pourcentage de magnésium foliaire moyen pour les trois sites (les points avec une même lettre ne sont pas significativement différents pour un même stade de prélèvement).

4.1.4 Le manganèse

Certains plants sur le site fertigation présentaient des symptômes de carence en manganèse au printemps 2016 et en 2015. En effet, les analyses de sol démontrent que les niveaux présents sont plus bas que pour les deux autres sites (9-10 mg Mn Mehlich-3/kg) (tableau 3). Par contre, ce niveau se situe dans la zone moyenne des teneurs en manganèse du sol et tout près de la teneur adéquate (>11) (Parent et Gagné, 2010). Des

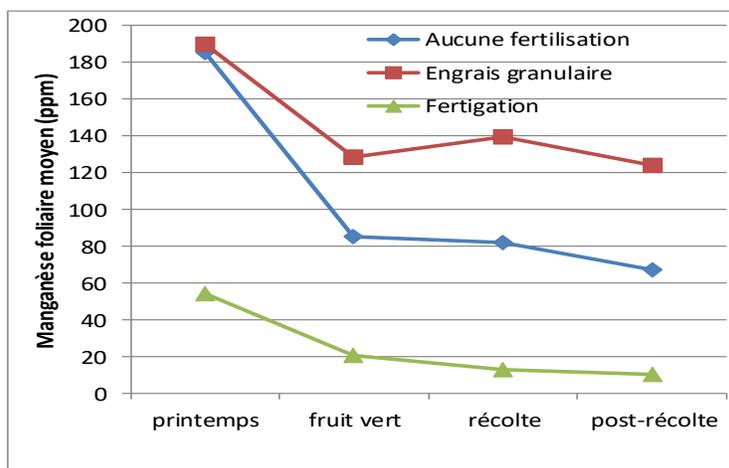


différences de pH localisées peuvent peut-être expliquer les symptômes de carence observés. On remarque aussi des niveaux beaucoup plus bas pour les analyses foliaires (graphique 7), mais au-dessus de 15-20 ppm qui est la teneur inférieure qui indique une carence probable en manganèse pour les cultures en général (Parent et Gagné, 2010). En effet, les plants échantillonnés ne présentaient aucun signe de carence. Les applications de manganèse chélaté (13 %) dans l'eau d'irrigation, à la mi-juin et début juillet, ne semblent pas avoir eu d'impact sur les résultats. Par contre, il est difficile de savoir si la diminution aurait été plus importante sans cette application. De plus, il y a eu moins de symptômes foliaires d'observés en 2016 qu'en 2015. On remarque la même tendance sur les trois sites : niveau plus élevé au printemps et suite à la baisse le pourcentage reste sensiblement stable.

Tableau 3. Analyses de sol pour les 3 sites au printemps et à la fin de l'été — éléments mineurs

Site	Stade*	Cuivre (ppm)	Fer (ppm)	Manganèse (ppm)	Zinc (ppm)	Bore (mehlich ppm)	Soufre (mehlich ppm)	Sodium (ppm)
Aucune fertilisation	Printemps	3,4	323	22,9	16,5	0,5	21,3	14,1
Aucune fertilisation	Fin été	3,2	365	25,7	15,3	1,0	23,8	10,8
Engrais granulaire	Printemps	2,8	270	77,7	28,9	1,2	36,9	17,5
Engrais granulaire	Fin été	2,6	260	75,4	25,8	0,9	37,3	10,0
Fertigation	Printemps	2,8	259	10,7	6,3	0,6	41,5	21,9
Fertigation	Fin été	3,0	246	9,0	6,3	0,8	42,1	24,4

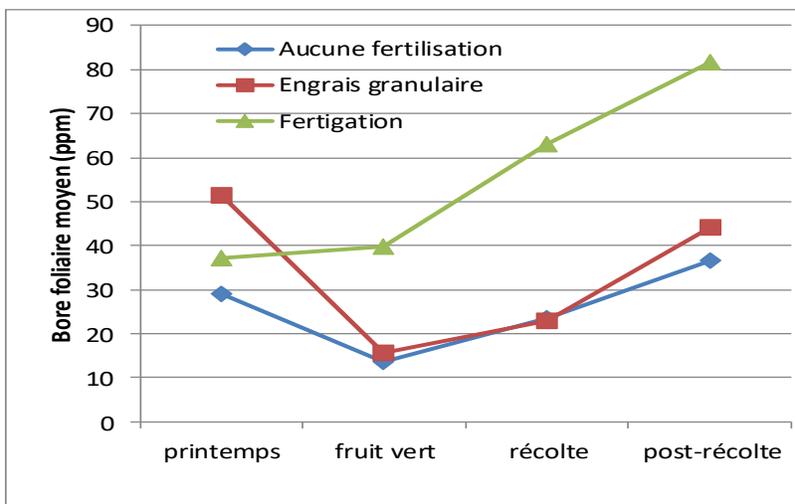
* Les données de la fin de l'été sont une moyenne des 4 échantillons par site envoyé au laboratoire



Graphique 7. Pourcentage de manganèse foliaire moyen pour les trois sites

4.1.5 Le bore

Le bore présente une courbe assez particulière, pour les sites aucune fertilisation et engrais granulaire, en forme de U (graphique 8). Le site fertigation présente une courbe croissante semblable à ce qui a été vu dans le sureau (Byers et al. 2015). C'est le seul site qui recevait un apport constant en bore à chacune des fertigations. Cependant, il est difficile d'utiliser l'analyse de sol pour expliquer les différences entre les sites car l'extraction du bore a été faite selon la technique Mehlich-III. Idéalement, au Québec, il est souhaitable de faire l'extraction à l'eau chaude. Il n'est donc pas possible de comparer les sites plus sableux avec le site de fertigation qui est un loam argileux ayant une forte teneur en calcium. Ainsi, il n'est donc pas clair que la teneur supérieure en bore foliaire du site en fertigation soit due à l'apport en bore des fertilisants utilisés ou bien au sol plus riche en bore. Le bore est un élément important pour les cultures fruitières, notamment au moment de la pollinisation.



Graphique 8. Pourcentage de bore foliaire moyen pour les trois sites.



5 CONCLUSIONS

Ce projet a permis d'étudier la réaction foliaire du camerisier à trois régies de fertilisation et à trois sols différents. Pour plusieurs éléments, dont l'azote, le potassium, le calcium et le bore, les sites fertigation et aucune fertilisation sont en opposition, et le site engrais granulaire se retrouve souvent entre les deux. Par contre, les différences ne sont pas aussi marquantes que ce que l'on aurait pu penser au départ, étant donné les différences importantes entre les éléments fertilisants apportés sur les différents sites. En particulier, pour les analyses foliaires du site sans fertilisation, qui est de plus un site sableux avec peu de matière organique. Cela souligne qu'il y a plusieurs autres facteurs que la fertilisation qui influencent l'état nutritif des plants. Le projet a aussi soulevé quelques questions concernant le prélèvement des éléments nutritifs par les camerisiers. La camerise étant une plante qui produit ses fruits très tôt dans la saison, on peut poser deux hypothèses : 1) les besoins nutritifs sont concentrés dans les premières semaines du printemps; 2) les racines sont actives à l'automne, comme cela est observé dans les pommiers, et la majorité des prélèvements se fait à ce moment. De plus, il serait intéressant de comprendre à quel moment la plante transfère ses ressources vers ses parties hivernantes. L'analyse des branches, des racines et des fruits pourrait peut-être permettre d'obtenir certains éléments de réponse. D'autre part, il aurait peut-être été intéressant de prendre les échantillons foliaires sur les nouvelles pousses de l'année uniquement comme cela est fait dans certaines cultures pérennes (Parent et Gagné, 2010) et tel qu'effectué dans le sureau (Byers et al. 2015). Ce projet ne permet pas de statuer sur le moment idéal pour faire un échantillonnage foliaire, mais il présente un point de départ sur lequel progresser. L'utilisation du Nitracheck permet de mieux comprendre la dynamique de l'azote dans le sol, mais ne semble pas être en relation avec la teneur foliaire en azote. L'exécution des lectures directement au champ ne nous semble pas réaliste, mais il est possible de rapporter les échantillons dans une glacière et de les faire à l'intérieur. L'analyse foliaire est sans contredit un outil très intéressant pour suivre les plants de camerises, et il serait important de poursuivre l'acquisition de connaissances et de données.



6 RÉFÉRENCES

Byers, P.L., A.L. Thomas et M. Nathan. 2015. Effect of genotype, environnement, growth stage and foliage type on american elderberry leaf elemental status. *Acta Hort* : 1061. pp.183-190.

Gagnon, A. 2015. *La camerise: Guide de production*. MAPAQ-Direction régionale du Saguenay-Lac-Saint-Jean. <https://www.agrireseau.net/petitsfruits/documents/89571> (dernier accès 2017-03-07)

Martel, P.-O. 2016. Quoi de neuf dans les pratiques culturales? *Journée d'informations sur la camerise*, 10 mars 2016. <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Regions/SaguenayLacStJean/CameriseDam-en-Terre.pdf> (dernier accès 2017-03-07)

Parent, L.-É. et G. Gagné (Ed.). 2010. Guide de référence en fertilisation 2^e édition. Centre de référence en agriculture et agroalimentaire du Québec. 473 p.

Plant Products. Bulletin d'information : l'analyses des nitrates du sol. 2p. http://www.plantproducts.com/fr/images/Analyse_des_nitrates_du_sol.pdf (dernier accès 2017-02-15)

Scherrer, B. 1984. Biostatistique. Gaëtan Morin Éditeur, Chicoutimi 850