

AGRI-FUTURES NOVA SCOTIA

Projet NS0146

Rapport final

juin 2009

Élaboration d'un indice de maturation des bleuets sauvages pour les champs commerciaux

Leonard J. Eaton Ph.D.

**Département des Sciences de l'environnement
Collège d'Agriculture de la Nouvelle-Écosse
Truro Nouvelle-Écosse**

Sommaire

Les champs commerciaux de bleuet sauvage (*Vaccinium angustifolium* Ait.) font preuve d'une diversité génétique remarquable en raison du développement aléatoire et naturel de clones. La plupart des variations liées à la production des bleuets sont caractérisées par la variabilité, notamment de la floraison et du développement du fruit. D'autres variations liées au développement et au mûrissement du fruit dépendent de la position du fruit sur la tige ou dans une grappe de fleurs et de la condition locale des champs, surtout de la météo. Les fruits faisant partie d'une récolte dans un même champ mûrissent donc de façon quelque peu irrégulière, même s'ils suivent tous le même schème de développement de la floraison à la maturité.

Les champs de bleuets sauvages ne sont récoltés qu'une fois par cycle de production, peu importe la variabilité du mûrissement. Le moment propice pour procéder à la récolte est basé sur une « estimation devinée ». Le but de cette étude était d'étudier la possibilité d'élaborer un « indice de maturation » pour les champs de bleuet sauvage à partir de données météorologiques, et plus spécifiquement du nombre de degrés-jours de croissance (unité thermique). Nous avons également évalué les changements chimiques de fruits mûrs récoltés au cours des deux semaines précédant la récolte pour voir s'il existait des différences.

Des enregistreurs de données météorologiques ont été installés dans 10 champs commerciaux le 1^{er} mai 2007 et 2008. À partir de deux semaines précédant les dates habituelles de récolte, nous avons prélevé dans chacun des champs, des échantillons de fruits (quatre échantillons par champs) à trois différentes dates précédant la date de récolte. Pour chacun des échantillons, les fruits ont été séparés en fruits verts, partiellement mûrs (rouges), mûrs et blets afin d'arriver à un pourcentage basé sur le poids. Les fruits mûrs ont subi une analyse pour déterminer le poids solide total, le pH, l'acidité totale ainsi que la teneur totale d'anthocyanines et de phénoliques. Les données météorologiques ont été utilisées pour faire le calcul des degrés-jours de croissance (DJC), que l'on a ensuite utilisés pour élaborer les modèles de mûrissement. Nous avons été forcés d'utiliser des modèles élaborés à partir d'études antérieures étant donné que les données obtenues des champs lors des trois dates d'échantillonnage étaient insuffisantes pour construire des modèles uniquement à partir de la présente étude. Nous avons également obtenu des données météorologiques de trois stations météorologiques d'Environnement Canada qui nous ont permis d'élaborer des modèles de mûrissement sur une période de trois ans.

Des analyses ont été effectuées sur les fruits mûrs des deux années pour déterminer le pH, le total de solides solubles (CSS ou Brix) au moyen de simples épreuves de laboratoire. Celles-ci ont révélé très peu de variations au niveau du pH ou du CSS au cours des deux années de l'étude, ce qui laisse croire que les propriétés d'un fruit mûr demeurent stables pendant toute la saison. Les épreuves plus complexes portant sur la teneur totale d'acidité, d'anthocyanines et de phénoliques ont seulement été faites sur la récolte de 2008. Celles-ci ont révélé une teneur uniforme d'acidité dans tous les champs, une

différence dans le niveau d'anthocyanines dans deux des 10 champs échantillonnés et une différence du niveau de phénoliques dans un champ seulement.

Les valeurs R^2 attribuées aux modèles que nous avons élaborés étaient invariablement plus élevées que les données obtenues des stations météorologiques d'Environnement Canada; par conséquent, des modèles de trois années ont été élaborés pour cinq champs à partir des données météorologiques d'Environnement Canada. Les modèles indiquent que la plupart des champs sont prêts pour la récolte après une accumulation de 1000 à 1100 degrés-jours de croissance (base, 5° C), calculés à partir du 1^{er} mai. Les modèles prédisent également des champs récoltables entre 400 et 500 degrés-jours de croissance à partir du jour des premières observations de fruits mûrs dans les champs. Dès qu'un champ devient récoltable, la récolte devrait se faire à l'intérieur des deux semaines qui suivent. Après ces deux semaines, la présence de fruits blets réduira le pourcentage des fruits mûrs de la récolte.

Les résultats de cette étude permettent de conclure que les producteurs sont en mesure d'estimer les périodes de récolte optimales de champs individuels en utilisant leurs connaissances de la croissance des fruits et l'information sur les degrés obtenue de la station météorologique la plus proche d'Environnement Canada. Afin d'appliquer cette procédure, il sera nécessaire de connaître l'emplacement de chaque champ par rapport aux stations météorologiques établies d'Environnement Canada et de connaître les différences pouvant caractériser les zones climatiques en jeu.

Titre : Élaboration d'un indice de maturation des bleuets sauvages pour les champs commerciaux

Chef de projet : Leonard Eaton Ph.D.

Coordonnateurs de projet : Vasantha Rupasinghe Ph.D., Charles Forney Ph.D., Raj Lada Ph.D., David Percival Ph.D., Gary Brown, Graham Wood, Doug Wyllie, Jason Stewart

Introduction et toile de fond

Les champs de bleuets commerciaux sont issus de terrains agricoles abandonnés qui se sont graduellement couverts de clones de bleuets, ou par la croissance de bleuets du sous-étage de terrains boisés (Hall et al 1979; Eaton 1988). Les plants de semis issus des fruits transportés par des animaux et des oiseaux se sont développés en clones importants aux tiges génétiquement semblables qui poussent de rhizomes souterrains. La récolte est unique en raison de sa diversité génétique distinctive (Heplar et Yarborough 1991; Kalt et al 2001) et en raison du développement des champs commerciaux à partir de plantes indigènes plutôt qu'à partir de cultivars plantés par les producteurs (Kinsman 1993). Le bleuet demeure la plante dominante des champs commerciaux soumis à un émondage soutenu et à l'application d'herbicides choisis, ces champs atteignant une récolte maximale au cours de la deuxième saison de croissance après l'émondage (Hall et al 1979; Kinsman 1993).

À l'heure actuelle, les champs de bleuet commerciaux sont généralement récoltés lorsque les producteurs jugent qu'un pourcentage suffisant de fruits est mûr et que la qualité du fruit est reconnue par le transformateur. Les seules méthodes servant à déterminer le moment le plus propice pour la récolte sont basées sur l'observation visuelle du champ et sur une estimation du pourcentage de fruits mûrs. Ces méthodes sont très subjectives et par conséquent elles sont sujettes à caution.

Le processus précis selon lequel le fruit du bleuet sauvage se pollinise, se développe et mûrit en août est bien connu. Au moment de la pollinisation, les grains de pollen atteignent le placenta et fertilisent l'œuf, stimulant ainsi le mur ovarien du fruit à croître rapidement. (Bell et Burchell 1955; Eck 1988). Il en résulte une « baie nouée », petite, verte et dure. La baie nouée connaît ensuite une période d'inactivité relative s'étendant sur plusieurs semaines, sa taille change peu et elle demeure dure et verte (Ismail et Kender 1974). À la fin de cette période d'inactivité, la baie entame une deuxième phase de croissance caractérisée par une expansion rapide des cellules, et au cours de deux à quatre jours, la couleur de la baie évolue de vert à rose et rouge, et enfin elle prend la couleur bleue du bleuet mûr (Young 1952; Kalt et al 1995). La baie mûre (bleue) a une taille considérablement plus grosse que la baie de la phase verte et elle est aussi plus molle. Les changements chimiques suivants se produisent pendant le mûrissement : une diminution du taux d'acidité, une augmentation de la teneur de glucides, des solides solubles totaux, des phénoliques et des anthocyanines (Kalt et al 1995, 2001). À la fin de ce processus, la baie est parvenue à maturité et elle est prête pour la récolte. Si la baie

n'est pas récoltée immédiatement au terme de sa maturation, elle subit le phénomène de la sénescence; les baies mûries qui demeurent sur la tige peuvent retenir pendant un certain temps leurs qualités désirables (la durée pouvant varier de quelques jours à quelques semaines) avant de ramollir et de se détacher de la tige (Kinsman 1993).

Même si chaque bleuet individuel subit le processus de développement et de mûrissement que nous venons de décrire, les baies qui se trouvent dans une grappe, sur des tiges individuelles, à l'intérieur de clones séparés ou dans différents champs ne mûrissent pas de manière uniforme; en fait, il existe des variations importantes parmi les baies qui font partie des populations de tiges, de clones et de champs. Un certain nombre de facteurs incluant l'efficacité de la pollinisation (Barker et al 1963), la position de la tige et de la grappe, les différences génétiques parmi les clones et les variations de microclimats peuvent expliquer les variations. De façon générale, les bourgeons qui reçoivent un taux plus élevé de pollen produisent des fruits plus gros comparativement à ceux qui reçoivent moins de pollen; également, les plus grosses baies se développent et mûrissent plus rapidement que les plus petites baies (Ismail et Kender 1974). Il semblerait aussi que certains fruits varient selon leur position sur la tige; ceux qui se trouvent sur le dessus des grappes situées sur la partie supérieure d'une tige atteignent leur maturité plus rapidement que ceux qui se trouvent plus bas sur la tige. Dans le même ordre d'idées, l'éclosion des bourgeons floraux se fait à différents moments; ceux qui éclosent d'abord ont été l'objet d'une pollinisation et d'un développement précoces par rapport au développement des bourgeons de la grappe qui éclosent plus tard (Ismail et Kender 1974).

Conséquemment, les fruits à l'intérieur de chaque champ mûrissent et se développent de façon non uniforme. Étant donné que, pour des raisons économiques, la récolte des champs de bleuets ne se fait qu'une fois, et que les bleuets demeurent sur la tige pendant un certain moment après leur mûrissement (Kinsman 1993), les producteurs attendent que les plants aient suffisamment de fruits mûrs (selon une estimation jugée supérieure à 80 pour cent) avant de procéder à la récolte. Néanmoins, même si les champs semblent être complètement mûrs il y a toujours des bleuets qui ne le sont pas. Lorsque la récolte est faite, il y a toujours des fruits verts, partiellement mûrs et blets qui sont mélangés aux fruits mûrs et ils doivent être enlevés.

La lumière et la température sont des facteurs environnementaux importants qui influent sur le développement des plants pendant toute la période de croissance. La température est un facteur d'une telle importance que plusieurs producteurs prévoient le moment de la maturation de leurs cultures agricoles en utilisant un mécanisme de « degrés-jours » qui leur permet de faire une estimation précise de la maturation de leurs récoltes (Fallon et al 2005; Zavalloni et al 2006). Le calcul des degrés-jours se fait en additionnant chaque jour les températures minimales et maximales, en divisant la somme par deux et en soustrayant une température minimale spécifiée pour chaque culture. Le calcul de degrés-jours n'a pas été établi pour la culture de petits fruits; leur développement est plutôt estimé en fonction du nombre de jours depuis le début de la saison de croissance (Ballinger et Kushnan 1970; Eck 1988). Par exemple, le bleuet en corymbe (*highbush*) atteint sa maturation entre les jours 120 et 160 suivant le début de sa croissance, cependant cette estimation ne tient pas compte de variabilités saisonnières et de

l'environnement des plants pendant leur croissance (Eck 1988). À l'heure actuelle, il n'existe pas de méthode permettant d'associer le développement des fruits du bleuet sauvage à l'accumulation des degrés-jours.

Il est nécessaire de trouver une méthode plus fiable permettant de mieux estimer les périodes optimales pour faire la récolte des champs de bleuets spécifiques. L'objectif de ce projet est de consolider les connaissances acquises dans le cadre du projet de maîtrise en sciences de Lara Gibson portant sur les effets des conditions météorologiques sur la constitution physique et chimique des fruits du bleuet durant la saison de croissance. Son projet a étudié les paramètres physiques suivants : la couleur [vert, partiellement mûri (rose, rouge) mûri (bleu ferme) et blet (bleu, mais mou ou ratatiné)], le poids frais, la taille en mm et la fermeté des fruits mûrs. Les paramètres chimiques du projet incluaient le total des solides solubles, le total de glucides, l'acidité, la teneur de phénoliques et la teneur d'anthocyanines spécifiques. Pour chaque champ, on a prélevé, au moyen d'enregistreurs situés dans les champs, des données sur les conditions météorologiques locales (l'air, la température du sol, l'énergie solaire et les précipitations). L'étude a été conçue pour dégager les constantes qui se manifestent au niveau du développement fruitier des bleuets dans des champs situés dans différentes zones climatiques et pour déterminer si certains régimes climatiques ont une influence mesurable sur le développement du fruit.

L'objectif de cette étude est de fournir une méthode permettant de prédire le moment optimal d'une récolte en utilisant un indice de prévision de la maturation des bleuets sauvages calculé à partir de données sur la météorologie et sur la qualité du fruit.

Matériaux et méthodes

Pour mener l'étude, un choix de dix champs commerciaux a été fait basé sur leurs temps de récolte habituels. Cinq des champs choisis avaient été utilisés dans le cadre du projet de maîtrise de Lara Gibson qui avait comme but d'évaluer la relation entre les conditions météorologiques et le mûrissement. Les cinq autres champs ont été choisis dans le but de représenter autant de variation possible au niveau du mûrissement « habituel » et du temps de récolte. Les caractéristiques de chaque site sont indiquées au tableau 1. Les caractéristiques du sol ont été puisées des travaux de Webb et al (1991) pour le champ de Debert, de Webb (1990) pour Mt. Thom, et de Nowland et MacDougall (1973) pour tous les autres champs.

Les stations météorologiques ont été mises sur pied pour mesurer la température de l'air (ou du couvert) des 10 champs, plus spécifiquement les températures maximales et minimales. Les données météorologiques ont été téléchargées mensuellement à partir du 1^{er} mai jusqu'au moment précédant la récolte. Les températures maximales et minimales quotidiennes de chaque champ ont été utilisées pour faire le calcul des degrés-jours de croissance (DJC) et des DJC accumulés à partir du 1^{er} mai selon la formule $DJC = (Max\ ^\circ C + Min\ ^\circ C / 2 - 5\ ^\circ C)$. Les valeurs négatives ont été enregistrées à 0 DJC. Ces données ont été utilisées comme élément comparatif relativement aux données physiques de mûrissement (% du poids des quatre groupes) et aux données chimiques ci-dessous.

Trois jeux d'échantillons de fruits ont été obtenus de chacun des champs à partir d'environ deux semaines précédant la date historique de la récolte pour chacun des champs. Quatre transects ont été délimités dans chacun des champs et des échantillons de fruits (environ 700 g) ont été prélevés avec un râteau à main le long de la ligne de transect et transportés au laboratoire. Le débris d'un sous-échantillon de 500 g a été nettoyé et le fruit a été séparé selon sa couleur en groupes : vert, partiellement mûri, mûri (bleu) et blet (bleu, mou). Chaque groupe a été pesé. Quelques fruits mûrs ont été sauvés pour fins d'analyses du pH et du contenu solide soluble; le reste a été congelé pour analyses subséquentes.

Des échantillons de fruits mûrs frais ont été extraits pour déterminer l'acidité (pH) et le contenu solide soluble (les glucides principalement). Les fruits mûrs ont été pressés avec un presse-ail recouvert d'une étamine afin d'obtenir une quantité suffisante de jus, environ 50 ml. Le pH a été établi en utilisant un compteur Acumet de modèle 10 (Denver Instruments Co., Co). Le contenu solide soluble a été mesuré en utilisant un réfractomètre numérique (le modèle 300016 de Spear Scientific) selon la méthode (Kushman 1963). Les échantillons congelés ont été décongelés pendant quatre heures, pressés selon la méthode ci-dessus et l'acidité de titration a été mesurée avec un Titrimètre Metrahalm 785 DMP.

Un choix d'échantillons congelés a été décongelé et pressé selon la méthode décrite ci-dessus et le jus a été utilisé pour évaluer certains phénoliques et anthocyanines. La teneur de phénoliques totaux a été estimée par le biotest Folin-Ciocalteu tel que décrit par Singleton et al (1999). Les phénoliques ont été extraits du tissu végétal déshydraté au moyen de méthanol acidifié. Le mélange a été soumis à une sonification par une température inférieure à 30 °C. La matière brute extraite a été centrifugée à 3000 tr/min et chacun des sous-produits par catégorie ont été extraits et analysés par LC-MS/MS. Les anthocyanines totales ont été analysées par couplage de chromatographie en phase liquide et spectrométrie de masse. Le système de CLHP est constitué d'un *Waters Alliance 2695 Separations Module* qui comprend une pompe quaternaire et un échantillonneur automatique utilisant une colonne Phenomenex Luna C18 (150 mm x 2,1 mm, 5 µm) de pair avec une colonne de garde Waters X-Terra MS C18, selon Vrhovsek et al (2004).

Les données ont été soumises à une analyse en utilisant le logiciel Systat (Wilkinson et al 1999) et Sigmatat® (Jandel 1995). La séparation moyenne a été faite par test de Tukey fondé sur une variance de $P \leq 0,05$. Les données sur le mûrissement des bleuets ont été soumises à des essais de concordance par rapport aux degrés-jours saisonniers accumulés (Wikipedia 2008) en utilisant le logiciel SAS (SAS Institute, 1999).

Résultats et discussion

Le mûrissement du fruit

Des échantillons de fruits ont été prélevés de chacun des 10 champs à trois différentes dates à partir d'environ deux semaines précédant la date historique de récolte de chacun des champs. Le pourcentage des fruits mûrs (selon le poids) des 10 champs est indiqué au

tableau 2 avec détails à l'annexe 1. Au moment du dernier échantillonnage, immédiatement avant la date historique de récolte, l'écart du pourcentage des fruits mûrs (selon le poids) variait de 62,9 % à Southampton (2007) à 87 % à Parrsboro (Airport) en 2008. Les résultats corroborent les études antérieures (Lara Gibson M.Sc.) selon lesquelles le fruit récolté contient toujours des fruits non mûrs (verts ou rouges), ce qui explique le pourcentage inférieur à 100 % de fruits mûrs (tableau 2). D'après cette étude, le pourcentage de fruits mûrs augmente graduellement au cours d'une période approximative de deux semaines jusqu'à son point le plus élevé avant que la présence de blets entraîne une décroissance. Il semblerait alors que la récolte peut se faire à tout moment pendant cette période de deux semaines.

Les degrés-jours de croissance accumulés (DJC) pour chaque champ (établis par les stations météorologiques sur les lieux) et représentant les données des dernières dates d'échantillonnage, sont indiqués au tableau 2. À l'exception de Debert, les degrés-jours de croissance accumulés à partir du 1^{er} mai jusqu'au dernier échantillonnage ont dépassé 1000 DJC et ils se sont trouvés à l'intérieur des écarts estimés par nos modèles météorologiques (voir ci-dessous). La valeur très inférieure de DJC enregistrée à Debert semble relever d'une défectuosité d'équipement.

Pendant la durée de la présente étude, la plupart des échantillons semblaient se situer dans une catégorie « récoltable » à l'exception de quelques dates de premières récoltes (annexe 1). Par exemple, en 2007, Southampton et Diligent River, et en 2008, Athol, Fern Walker et Mt. Thom ont enregistré un pourcentage considérablement faible de fruits mûrs lors de la première récolte comparativement aux deux récoltes ultérieures. De la même façon, le pourcentage de fruits verts de ces récoltes était invariablement plus élevé qu'aux dates de récolte ultérieures (annexe 1). Les variations indiquées dans les pourcentages de fruits mûrs sont conformes aux caractéristiques de la diversité génétique des champs de bleuets sauvages (Hepler et Yarborough, 1991).

L'état chimique des fruits mûrs

Des fruits mûrs de tous les échantillons ont été soumis à des analyses pour déterminer le pH et le contenu de solides solubles (CSS ou Brix); il s'agissait d'essais simples pouvant se faire facilement dans la plupart des laboratoires. Le pH des échantillons de fruits prélevés à l'intérieur d'un même champ au cours des trois dates de prélèvements ne variait pas dans 9 et 8 des 10 champs d'essai en 2007 et 2008, respectivement. Dans les champs où des différences ont été observées, le pH était invariablement moins élevé lors des premières dates de prélèvements, le taux d'acidité augmentant graduellement par la suite (annexe 1). De façon similaire, le contenu solide soluble (CSS) était semblable pour les trois dates d'échantillonnage dans 9 des 10 champs en 2007 et dans 6 des 10 champs en 2008. Les différences observées ont démontré que le CSS des fruits était plus élevé pour la date la plus avancée dans trois des quatre champs.

Trois paramètres chimiques du fruit ont été prélevés des fruits mûrs en 2008 : le pourcentage total d'acidité, les anthocyanines totales, et les phénoliques totaux. À l'intérieur de chacun des champs, aucune différence du pourcentage d'acidité n'a été

observée dans les 10 champs au cours des trois dates d'échantillonnage (annexe 2). Des différences dans les anthocyanines totales ont été observées dans 2 des 10 champs, la valeur la plus élevée ayant été enregistrée à la date la plus récente. Des différences dans les phénoliques totaux des trois dates d'échantillonnages ont seulement été observées dans le champ McCormick (annexe 2).

Lorsque le calcul des données sommaires a été terminé en vue de comparer les valeurs moyennes du pourcentage des teneurs d'acidité, d'anthocyanines et de phénoliques, des différences ont été observées parmi les 10 champs (tableau 3). Les différences observées au niveau du pourcentage d'acidité étaient minimes, seuls Kennel et Mt. Thom ayant des niveaux plus élevés que le champ Airport. De façon similaire, les niveaux totaux d'anthocyanines étaient plus élevés que ceux d'Athol et de Mt. Thom pour le champ de Debert seulement. Finalement, la teneur totale de phénoliques dans les fruits mûrs de Kennel et de Diligent River était plus élevée que dans les champs d'Athol et de Mt. Thom, mais pas plus élevée que dans les autres champs.

Les variations observées dans la présente étude semblaient moins grandes que celles observées par Kalt et McDonald (1996) dans une étude étendue sur deux ans basée sur des cultivars sélectionnés. Le mélange de fruits prélevés à partir de différents clones dans les champs aurait pu contribuer aux données moyennées des variations clonales étudiées par Kalt et McDonald (1996). Il est cependant important de noter que la composition chimique des fruits mûrs semble demeurer constante pendant toute la saison. Cela semblerait indiquer que la qualité des fruits mûrs dépend plus d'une variation génétique que du moment de leur récolte.

Données météorologiques et mûrissement du fruit

Les données sur la température prélevées pour les 10 champs au cours des années 2007 et 2008, ont été utilisées pour faire le calcul des degrés-jours de croissance (DJC) que nous avons ensuite comparés aux données sur le pourcentage de mûrissement. Nous avons conclu que les données obtenues de nos trois jours d'échantillonnage étaient insuffisantes pour constituer un modèle de travail. Par conséquent, nos modèles ont été établis à partir des données sur le pourcentage de mûrissement prélevées de 2005 à 2008 dans le cadre du travail de maîtrise de Lara Gibson. Nous avons, en plus, obtenu des données météorologiques de trois stations d'Environnement Canada pour fins de comparaison avec les stations météorologiques sur les lieux.

Nous avons seulement été en mesure d'établir des comparaisons directes entre les stations météorologiques des sites et celles d'Environnement Canada pour les années 2006 et 2007 (figure 1) étant donné que les stations des sites n'ont été mises en place que le 23 juin 2005 (étude pilote). Nous avons observé des différences minimes entre les deux stations d'Athol (2006) et de Southhampton (2007) (figure 1b). La station de Nappan est située à environ 10 km du champ d'Athol et 20 km du champ de Southhampton, mais elle se trouve dans la même zone climatique, à peu près au niveau de la mer (Kinsman 1993). À Diligent River, les valeurs R^2 et les courbes étaient très semblables en 2006, mais en 2007, les valeurs R^2 étaient assez différentes, les valeurs R^2 étant considérablement plus

élevées à la station météorologique de Parrsboro comparativement à la station sur le site (figure 1, c, d). Diligent River est situé à 10 km à l'ouest de Parrsboro dans la zone climatique côtière de la baie de Fundy (Kinsman 1993). En ce qui concerne le champ Farmington (figure 1, e, f), les valeurs R^2 et les courbes étaient similaires pour les deux années, même si la station d'Environnement Canada à Nappan est située à quelque 30 km du champ Farmington, et même si elle est plus près du niveau de la mer. Par rapport à Mt. Thom, les valeurs R^2 de la station d'Environnement Canada à Debert étaient invariablement plus élevées que celles de la station sur le site de Mt. Thom, même si les courbes paraissent similaires (figure 1, g, h). La station météorologique de Débert se trouve à environ 16 km de Mt. Thom et elle est plus près du niveau de la mer à proximité de la baie de Cobequid. Nous n'avons pas réussi à obtenir des données météorologiques du site de Debert en raison d'un fonctionnement défectueux des appareils.

Les valeurs R^2 des stations météorologiques d'Environnement Canada étaient invariablement plus élevées que celles des stations situées sur les sites (figure 1) à l'exception des champs de Southampton et de Farmington en 2007. Nous avons été en mesure d'obtenir des données météorologiques complètes des stations d'Environnement Canada à partir du 1^{er} mai jusqu'à la fin de la saison. Pour cette raison, nous avons élaboré des modèles de travail de trois ans pour les cinq champs situés le plus près des stations météorologiques d'Environnement Canada (figure 2). Les écarts des valeurs se situaient entre la valeur la plus élevée $R^2 = 0,769$ à Diligent River (figure 2 b) et la valeur la moins élevée $R^2 = 0,6423$ à Debert. La variation au niveau du pourcentage de fruits mûrs était considérable pour tous les sites, ce qui est prévisible lorsqu'il s'agit de champs de bleuets sauvages génétiquement diversifiés (Hepler et Yarborough 1991). Toutefois, en même temps, le graphique des courbes démontrait une similitude pour tous les champs, s'élevant graduellement à partir de l'absence de fruits mûrs entre 400 à 600 degrés-jours de croissance (DJC) jusqu'au point le plus élevé de la courbe entre 1000 et 1100 DJC (à l'exception de Mt. Thom), suivi par la suite d'une décroissance dans le pourcentage de fruits mûrs à environ 300 DJC (figure 2), alors qu'augmente le pourcentage de fruits blets. Nous avons également pu constater qu'une première observation de fruits mûrs correspond à un nombre de DJC se situant entre 400 et 500 (figure 2).

Les données obtenues dans le cadre de ces études semblent indiquer que les stations météorologiques établies fournissent des renseignements utiles liés au calcul des degrés-jours de croissance, une information qui s'avère pertinente pour les producteurs désirant estimer un temps précis pour la récolte de leurs champs. De telles prévisions seront possibles, même si les champs se trouvent à une certaine distance des stations météorologiques, mais elles pourraient nécessiter quelques modifications basées sur la distance entre les champs et la station et sur l'influence que pourrait avoir un microclimat particulier sur chacun des champs.

Nous estimons que chaque champ connaît une période de récolte optimale d'une durée approximative de deux semaines pendant lesquelles il est possible de récolter une quantité de fruits mûrs de qualité optimale. Avant la période optimale, la récolte aura une quantité excessive de fruits verts et après la période, la quantité de fruits blets augmentera

rapidement. Notre modèle estime que la période optimale de récolte commence entre 1000 et 1100 DJC à partir du 1^{er} mai (ou entre 400 et 500 DJC à partir d'une observation des premiers fruits mûrs dans chaque champ individuel), et qu'elle persiste pendant approximativement 200 DJC, soit environ deux semaines, avant que se manifeste une augmentation significative de fruits blets.

Sommaire

Les bleuets sauvages sont très diversifiés en raison d'une variation génétique prononcée parmi les clones. Cette variation, ainsi que la position du fruit sur la tige ou dans la grappe de fleurs, contribuent largement au mûrissement irrégulier des fruits observé dans les champs. Cela explique le fait qu'au moment de la récolte, le pourcentage de fruits mûrs est toujours inférieur à 100 %; les récoltes contiennent un mélange de fruits mûrs ainsi qu'une variété de fruits verts, partiellement mûrs et blets. Nos études démontrent qu'il existe pour chaque champ, une période d'environ deux semaines pendant laquelle une récolte produira un pourcentage maximal de fruits mûrs. Pendant cette période, la composition chimique et la qualité du fruit (c.-à-d. le pH, le contenu de solides solubles, l'acidité totale, ainsi que les anthocyanines et les phénoliques totaux) demeurent relativement constantes. La période optimale de récolte pour chaque champ commence entre 1000 et 1100 degrés-jours de croissance (DJC) à partir du 1^{er} mai. Les producteurs pourraient utiliser des données obtenues des stations météorologiques d'Environnement Canada pour faire le calcul des degrés-jours de croissance dans le but de les aider à prédire le moment le plus propice pour faire leurs récoltes.

Remerciements :

Nous désirons remercier tout particulièrement Lara Gibson et tous les stagiaires d'été du Canada et de la Chine qui ont participé à cette étude en travaillant à la séparation, à la saisie des poids et à l'évaluation des échantillons de bleuets. Merci à Rupasinghe et Forney et à leur personnel pour leur contribution aux analyses chimiques, à Lada et à Aru Thiagarajan pour leur modèle de travail basé sur les données météorologiques; à Percival et son personnel pour leur travail de laboratoire, et aux chefs de chantiers de Bragg Lumber Company pour leur aide dans le travail effectué dans les champs. Nous sommes très reconnaissants envers le soutien financier reçu de Oxford Frozen Foods Ltd. et de Bragg Lumber Company. Une partie du financement de ce projet a été obtenu d'Agriculture et Agroalimentaire Canada par l'entremise d'Agri-Futures Nova Scotia, Agri-Adapt Council Inc., le Conseil pour le développement de l'agriculture du Québec (CDAQ), le Conseil agricole du Nouveau-Brunswick et le Adapt Council de l'Île-du-Prince-Édouard.

Références

- Barker, W. G., Wood, F. A., et Collins, W. B. (1963). Sugar-levels in fruits of the lowbush blueberry estimated at four physiological ages. *Nature*. 198: 810.
- Bell, P. et J. Burchell 1955. Flower development in the lowbush blueberry. *Can. J. Bot.* 33:251-258.

- Eaton, L.J. 1988. Nitrogen cycling in lowbush blueberry stands. Thèse de doctorat, Dalhousie University. 170 p.
- Eck, P. 1986. Blueberry. In Monselise, S. P. (ed.) 1986. CRC Handbook of fruit set and development. CRC Press Inc. Florida. p. 75-85.
- Eck, P. 1988. Blueberry Science. Rutgers University Press. 284 p.
- Fallon, E., Tremblay, N., et Desjardins, Y. 2006. Relationships among growing degree days, tenderness, other harvest attributes and market value of processing pea (*Pisum sativum* L.) cultivars grown in Quebec. Can. J. Plant Sci. 86: 525-537
- Hall, I.V., L.E. Aalders, N.L. Nickerson et S.P. Vander Kloet 1979. The biological flora of Canada. I. *Vaccinium angustifolium* Ait., sweet lowbush blueberry. Can. Field Nat. 93:415-430.
- Hepler, P.R. et D.E. Yarborough 1991. Natural variability in yield of lowbush blueberries. HortScience 26:245-246.
- Ismail, A.A., 1974. Preharvest application of ethephon and SADH on ripening and quality of lowbush blueberry fruit. Hort Sci. 9(3):205-206.
- Ismail, A. A., et Kender, W. J. (1974). Physical and chemical changes associated with the development of the lowbush blueberry fruit *Vaccinium angustifolium* Ait. Technical Bulletin Agricultural Experiment Station, Orno Maine. (70): 1-10.
- Kalt, W., McRae, B., et Hamilton, L. C. (1995). Relationship between surface colour and other maturity indices in wild lowbush blueberries. Canadian Journal of Plant Science. 75: 485-490.
- Kalt, W. et McDonald, J.E. (1996) Chemical composition of lowbush blueberry cultivars. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121:142-146.
- Kalt, W., Ryan, D. A. J., Duy, J. C., Prior, R. L., Ehlenfeldt, M. K., and Vander Kloet, S. P. (2001). Interspecific variation in anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity among genotypes of highbush and lowbush blueberries (*Vaccinium* section *cyanococcus* spp.). Journal of Agriculture and Food Chemistry. 49: 4761-4767.
- Kinsman, G. B. 1993. The History of the Lowbush Blueberry Industry in Nova Scotia 1950-1990. Blueberry Producers Association of Nova Scotia. 153 p.
- Kushman, L. J. (1963). Influence of season and harvest interval upon quality of Wolcott blueberries grown in Eastern North Carolina. American Society for Horticultural Science. 83: 395-405.
- Jandel Corporation 1995. SigmaStat 7. Stastical Software User's Manuel. San Rafael, Ca.
- Nowland, J. L, et MacDougall, J. I. 1973. Soils of Cumberland County Nova Scotia. Report n° 17, Nova Scotia Soil Survey, Ministère de l'Agriculture Canada, Ottawa, Canada
- SAS Institute: SAS OnlineDoc®, Version 8. – SAS Institute, Cary 1999.
- Singleton, V. L., Orthofer, R., et Lamuela- Raventos, R. M. (1999). Anaysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu Reagent. Methods in Enzymology. 299: 152-178.

- Vrhovsek, U., Rigo, A., Tonon, D. Mattivi, F. (2004). Quantitation of polyphenols in different apple varieties. *Journal of agriculture and food chemistry*. 52: 6532-6538
- Webb, K.T. 1990. Soils of Pictou County, Nova Scotia. Report n° 18. Nova Scotia Soil Survey. Direction générale de la recherche, Agriculture Canada. Ottawa, Ont. 183 p.
- Webb, K.T., Thompson, R.L, Beke, G.J. and Nowland, J.L. 1991. Soils of Colchester County, Nova Scotia. Report No.19. Nova Scotia Soil Survey. Research Branch, Agriculture Canada. Ottawa, Ont. 201 pp.
- Wikipedia, The Free Encyclopedia 2008. Growing Degree Day. [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Growing_degree_day&GDD_calculation].
- Wilkinson, L., Hill, M.A., Welna, J.P., and Birkenbeuel, G.K. 1999. SYSTAT pour Windows: Statistics, Version 9. SYSTAT Inc., Evanston, IL.
- Young, R.S., 1952. Growth and development of the blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L. and *V. Angustifolium* Ait.). *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 59:167-172.
- Zavalloni, C., Andressen, J.A., and Flore, J.A. 2006. Phenological models of flower bud stages and fruit growth of 'Montmorency' sour cherry based on growing degree-day accumulation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 131: 601-607.

Tableau 1. Caractéristiques des sites où se trouvent les 10 champs de bleuets

11	Localisation	Type de sol / drainage	Région climatique	Harvest
Athol (Sandpit)	N 45° 40.5'; O 64° 13.3'	Loam sableux Shulie brun bien asséché	Northern Highlands, protégé, à l'intérieur des terres, basse altitude, température plus douce	15 août
Southampton (Eaton)	N 45° 35.9'; O 64° 14.8'	Loam sableux Rodney brun foncé bien asséché	Northern Highlands, protégé, à l'intérieur des terres, basse altitude, température plus douce	15 août
Collingwood (Higgs)	N 45° 36.8'; O 63° 56.5'	Loam sableux Rodney brun foncé bien asséché	Cobequid Highlands, hivers froids, étés doux, protégé	15 août
Debert (NSWBI)	N 45° 26.6'; O 63° 26.9'	Loam sableux Woodville bien asséché	Interface, Highlands de la baie de Fundy et de Cobequid, près du niveau de la mer, température moyennement douce	20 août
Diligent River (822/823)	N 45° 24.2'; O 64° 27.4'	Loam sableux Hebert gris brun sur loam jaunâtre rouge extrêmement bien asséché	Zone côtière de la baie de Fundy, hivers doux, étés frais et humides	5 sept
Farmington (Mosher)	N 45° 34.6'; O 63° 53.8'	Loam sableux Wyvern brun foncé extrêmement bien asséché	Cobequid Highlands, hivers froids, précipitations élevées de neige, étés doux, altitude élevée	1 ^{er} sept
Millerville (F. Walker/Langille)	N 45° 60.3'; O 63° 82.7'	Loam sableux Hebert brun extrêmement bien asséché	Cobequid Highlands, basse altitude, protégé, doux	15 août
Mount Thom (Tower)	N 45° 30.4'; O 62° 57.7'	Loam graveleux-sableux à graveleux Kirkhill bien asséché	Cobequid Highlands, hivers froids, précipitations élevées de neige, étés frais, altitude élevée	30 août
Parrsboro (Airport)	N 45° 25.2'; O 64° 19.3'	Loam sableux Hebert gris brun extrêmement bien asséché	Zone côtière de la baie de Fundy, hivers doux, étés frais et humides	26 août
Pigeon Hill (McCormick)	N 45° 32.9'; O 63° 52.0'	Loam sableux Wyvern brun foncé bien asséché	Cobequid Highlands, hivers froids, précipitations élevées de neige, étés doux, altitude élevée	5 sept
Westchester (Kennel)	N 45° 33.5'; O 63° 51.9'	Loam sableux brunâtre Westbrook sur loam graveleux-sableux, bien asséché	Cobequid Highlands, bassin protégé, doux en été	15 août

Tableau 2. Mûrissement et degrés-jours de croissance (DJC) pour 10 champs, 2007 et 2008. Les valeurs des fruits sont la moyenne de 4 échantillons

Champ	Récolte « habituelle »	Date de la récolte ^z		% Mûr ^y		DJC ^w	
		2007	2008	2007	2008	2007	2008
Airport	26 août	27 août	25 août	70,2	87,0	1096	1174
Southampton/Athol	15 août	14 août	11 août	62,9	77,2	1257	1539
Debert	20 août	20 août	18 août	nd	76,7	590	1016
Diligent River	5 sept	3 sept	1 ^{er} sept	87,2	87,4	1858	1713
Langille/Fern Walker	15 août	14 août	11 août	71,1	77,9	1044	1117
Higgs	15 août	14 août	11 août	69,2	77,9	1113	1110
Kennel	15 août	15 août	11 août	61,9	80,6	1122	1140
McCormick	5 sept	3 sept	1 ^{er} sept	76,8	65,2	1209	1299
Mosher	1 sept	27 août	1 ^{er} sept	70,6	77,1	1509	1128
Mt. Thom	30 août	27 août	25 août	63,1	84,9	1050	1556
Moyennes				70,3	79,2	1185	1279

Z date du dernier prélèvement d'échantillon

Y pourcentage du poids total frais (environ 500 g)

X CSS = pourcentage du contenu de solides solubles, ou Brix

W Degrés-jours accumulés, du 1^{er} mai jusqu'à la date de récolte

Tableau 3. Comparaison des niveaux moyens d'acidité de titration, d'anthocyanines totales et de phénoliques totaux pour dix champs de bleuets sauvages, 2008.

Champ	% Acidité de titration ^z	Anthocyanines totales ^y	Phénoliques totaux ^w
Airport	0,419 b	184,4 ab	0,118 ab
Athol	0,521 ab	163,8 b	0,115 b
Debert	0,444 ab	204,9 a	0,120 ab
Diligent River	0,459 ab	200,6 ab	0,136 a
Fern Walker	0,434 ab	183,4 ab	0,122 ab
Higgs	0,517 ab	187,4 ab	0,123 ab
Kennel	0,532 a	200,3 ab	0,134 a
McCormick	0,486 ab	184,1 ab	0,124 ab
Mosher	0,421 ab	180,9 ab	0,122 ab
Mount Thom	0,543 a	165,8 b	0,111 b

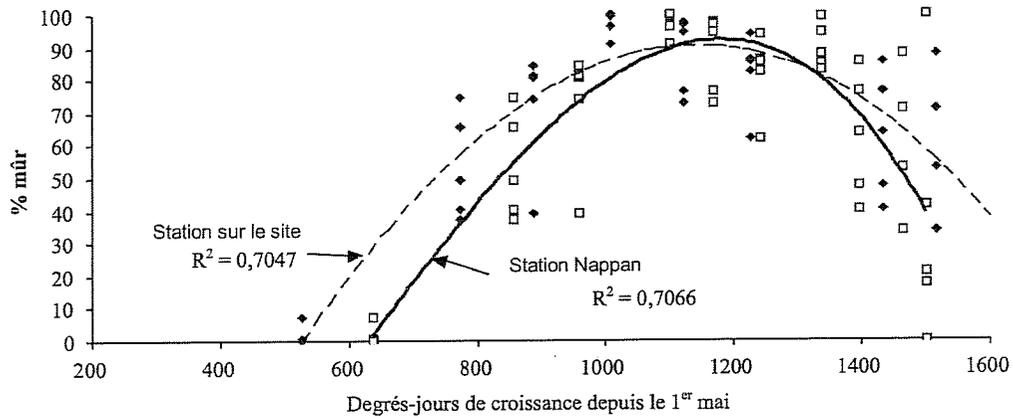
z té de titration = % équivalent d'acide citrique

y mg g⁻¹ poids sec.

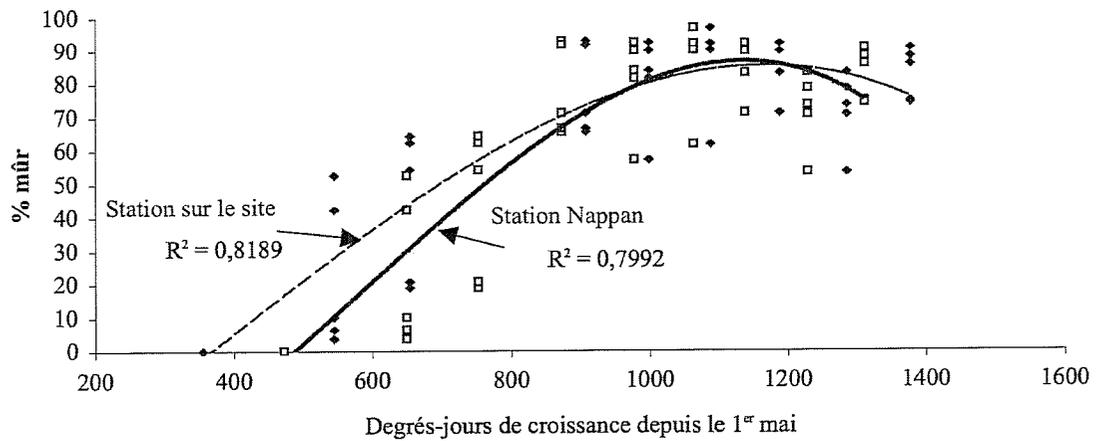
w µM acide gallique g⁻¹ poids frais.

Figure 1. Relation entre les jours-degrés de croissance et le pourcentage de bleuets mûrs tirée des données saisies par les stations météorologiques sur les sites et celles d'Environnement Canada pour quatre champs de bleuets

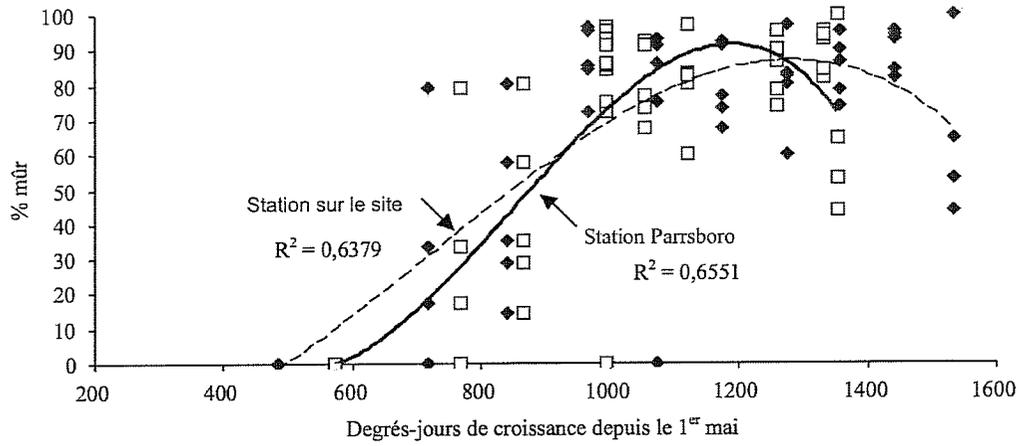
a) Athol – 2006



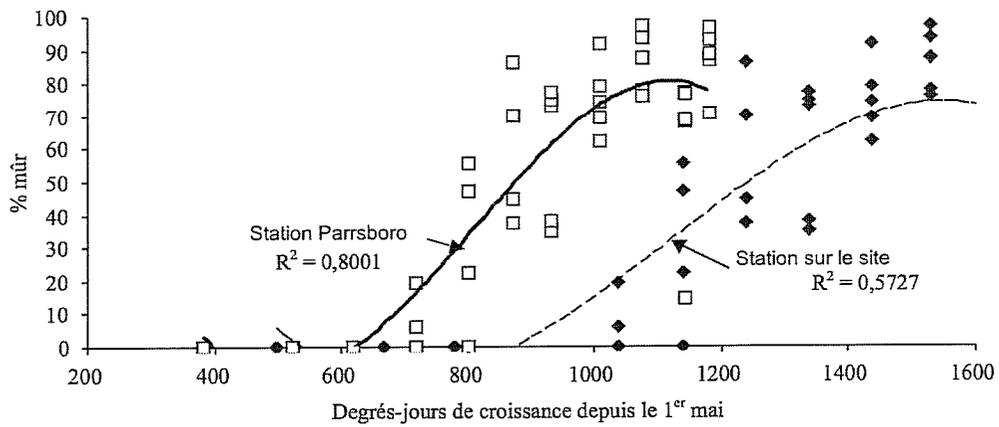
b) Southampton – 2007



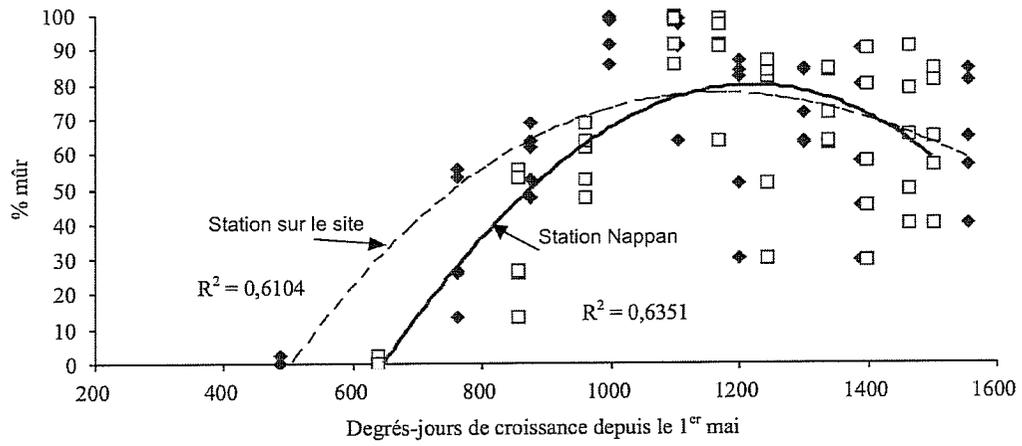
c) Diligent River – 2006



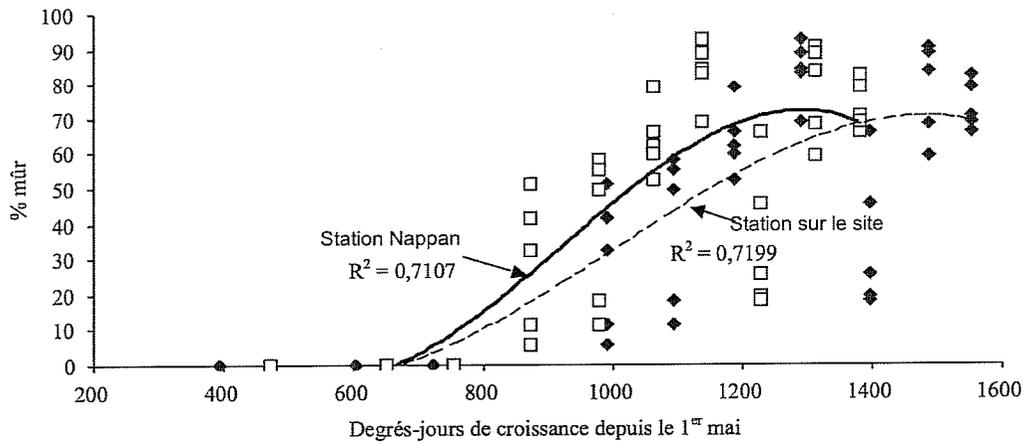
d) Diligent River – 2007



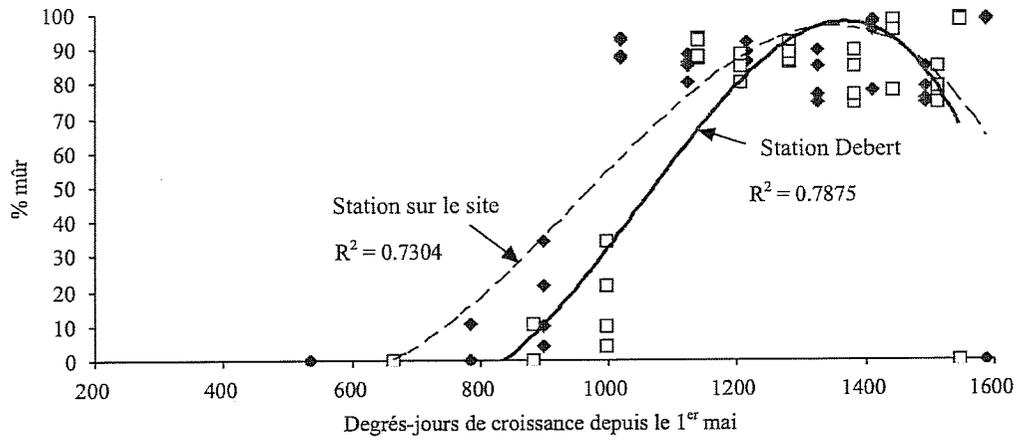
e) Farmington – 2006



f) Farmington – 2007



g) Mt. Thom – 2006



h) Mt. Thom – 2007

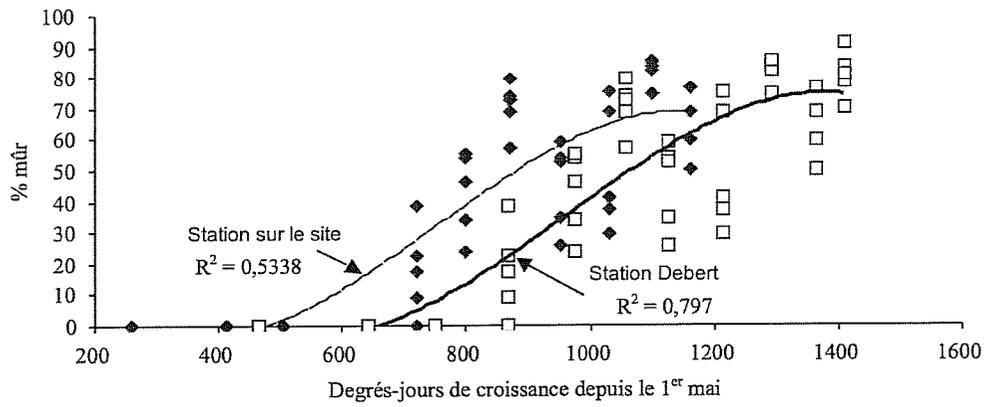
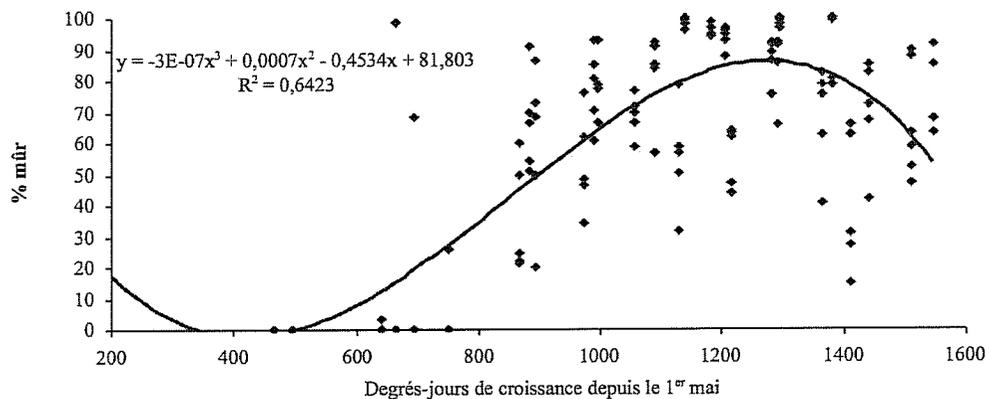
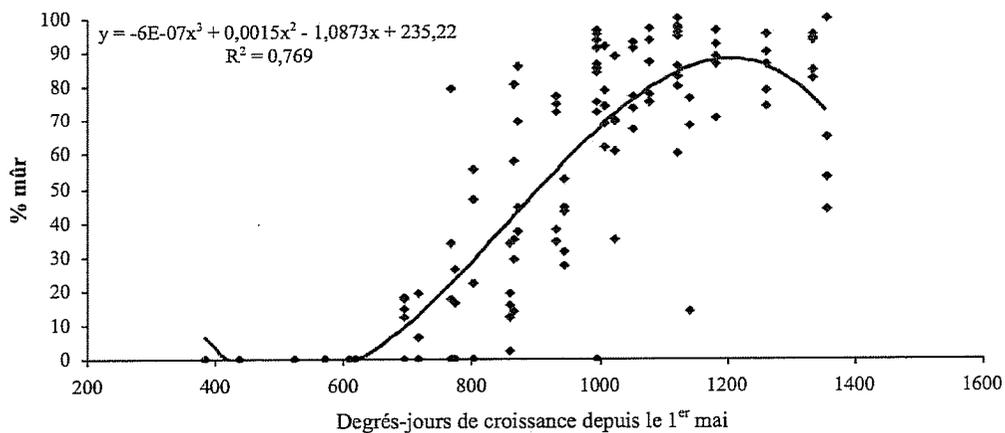


Figure 2. Relation entre les jours-degrés de croissance et le pourcentage de bleuets mûrs pour trois années. Les comparaisons sont faites par rapport aux stations météorologiques d'Environnement Canada

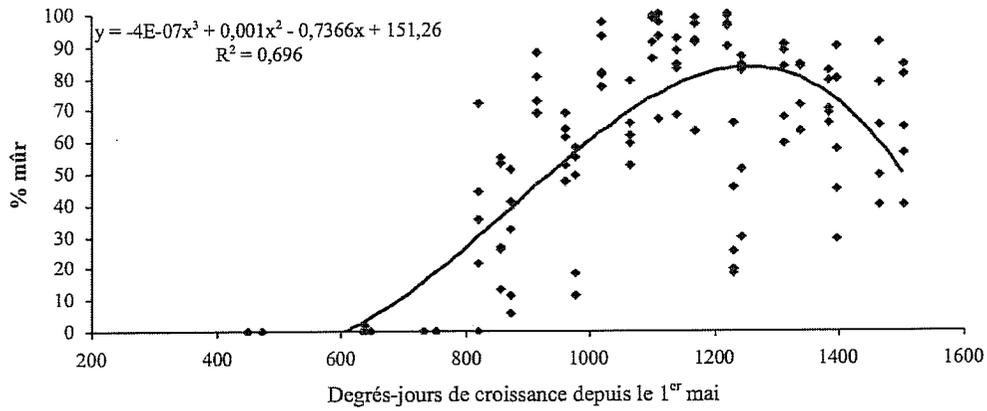
a) Athol / Southampton, 2005 à 2007, Station météorologique de Nappan.



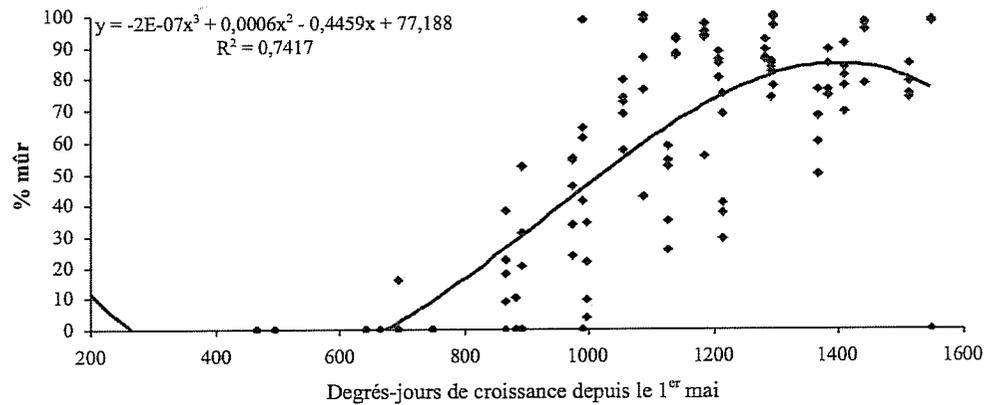
b) Diligent River, 2005 à 2007, Station météorologique de Parrsboro.



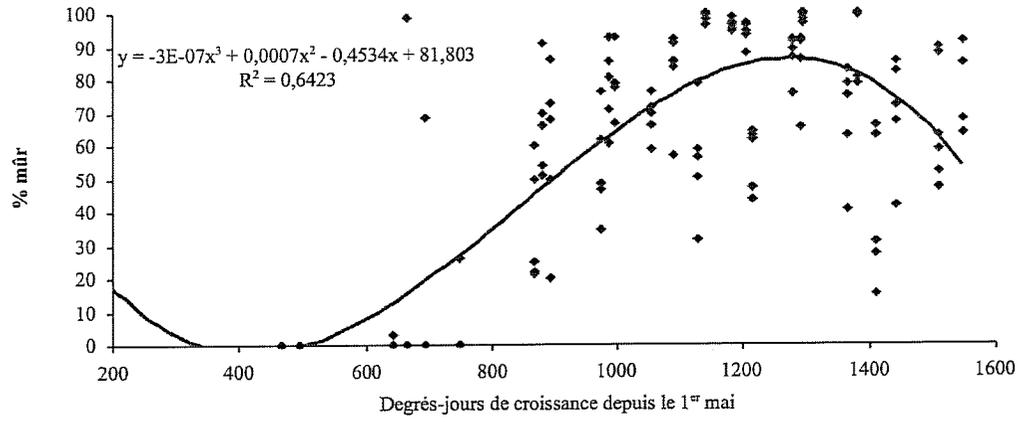
c) Farmington, 2005 à 2007, Station météorologique de Nappan.



d) Mt. Thom, 2005 à 2007, Station météorologique de Debert.



c) Debort, 2005 à 2007, Station météorologique de Debort.



Annexe 1 : Dates d'échantillonnages, données sur les fruits, et données chimiques sur les fruits frais des 10 champs

a) 2007

Champ	Date	% vert	% partiel. mûr	% mûr	% blet	pH	CSS ^z
Airport	11 août	3,1 ^y	3,5	87,3	5,9	3,29 a ^w	11,98 b
	18 août	0,7	1,2	85,7	11,8	3,34 a	12,23 ab
	25 août	0,4	1,5	87,0	9,8	3,31 a	9,78 a
Athol	31 juillet	25,2	22,0	49,2	4,6	3,29 b	11,45 a
	4 août	14,4	10,9	67,8	6,1	3,25 b	10,78 a
	11 août	5,5	9,4	77,2	7,1	3,45 a	10,10 a
Debert	6 août	9,7	6,7	75,0	7,7	3,27 a	9,70 a
	13 août	3,0	1,9	87,3	7,6	3,27 a	9,78 a
	18 août	1,1	0,8	76,7	20,5	3,28 a	9,53 a
Diligent River	18 août	2,8	4,2	81,5	10,6	3,30 a	11,05 a
	25 août	2,0	3,3	86,9	7,5	3,27 a	9,75 a
	1 ^{er} sept	0,6	0,9	87,4	10,4	3,26 a	10,10 a
Fern Walker	30 juillet	23,8	11,5	57,6	6,6	3,40 a	9,65 a
	4 août	11,9	9,8	68,4	8,3	3,38 a	9,43 a
	11 août	4,6	5,6	77,9	10,8	3,48 a	9,03 a
Higgs	30 juillet	16,6	8,7	68,1	5,1	3,32 b	9,45 a
	4 août	8,1	5,6	76,8	8,4	3,45 a	9,23 a
	11 août	1,8	3,9	77,9	15,1	3,40 ab	9,43 a
Kennel	30 juillet	22,5	7,5	65,6	3,4	3,30 a	9,38 a
	4 août	13,5	8,2	69,6	7,6	3,34 a	9,28 a
	11 août	3,4	7,1	80,6	7,5	3,26 a	9,10 a
McCormick	18 août	3,4	5,7	82,2	8,1	3,24 a	8,55 b
	25 août	0,9	4,0	84,7	8,2	3,29 a	8,60 b
	1 sept	0,5	3,0	65,2	30,1	3,31 a	10,30 a
Mosher	18 août	3,1	0,0	79,7	12,6	3,27 a	8,80 b
	25 août	0,8	0,0	82,9	12,2	3,29 a	9,13 ab
	1 ^{er} sept	0,5	0,0	77,1	18,9	3,24 a	9,58 a
Mt Thom	13 août	7,8	11,4	69,6	10,5	3,14 a	8,58 b
	18 août	4,5	5,5	80,6	8,7	3,11 a	8,75 b
	25 août	0,8	1,4	84,9	11,7	3,27 a	9,38 a

z Pourcentage de contenu de solides solubles

y Valeurs moyennes de 4 échantillons de fruits mûrs

w Les valeurs des colonnes pour chaque champ ne diffèrent pas de manière significative pour la valeur P = 0,05 lorsqu'elles ont la même lettre

b) 2008

Champ	Date	% vert	% partiel. mûr	% mûr	% blet	pH	CSS ^z
Airport	14 août	6,00 ^y	8,86	74,66	12,19	3,36 a ^w	11,28a
	22 août	1,82	6,94	69,58	12,93	3,35 a	11,68 a
	27 août	0,32	5,01	70,18	20,46	3,33 a	11,33 a
Southampton	31 juillet	15,03	8,80	41,01	23,70	3,29 a	10,65 a
	8 août	5,94	11,21	68,08	14,08	3,24 a	11,37 a
	14 août	5,55	10,27	62,89	23,54	3,35 a	11,88 a
Debert	6 août	20,05	12,65	57,99	9,15	2,95 a	11,13 a
	13 août	7,97	14,69	64,46	11,49	3,19 a 3,05 a	11,40 a 11,23 a
Diligent River	22 août	8,97	13,80	66,65	9,65	2,75 a	11,15 ab
	27 août	3,73	10,15	73,19	12,26	3,16 a	10,80b
	3 sept	0,72	5,16	87,15	24,78	2,72 a	11,43 a
Langille	6 août	8,06	9,52	70,72	12,36	2,84 b	12,30 a
	10 août	3,52	8,28	68,70	18,00	3,31 a	11,80 a
	14 août	2,39	9,58	71,10	15,56	3,32 a	12,88 a
Higgs	8 août	3,34	5,54	78,13	12,39	2,82 b	11,95 a
	10 août	1,33	8,58	66,65	21,36	3,23 a	11,43 a
	14 août	0,78	9,43	69,22	16,67	3,29 a	11,58 a
Kennel	6 août	6,80	12,93	69,56	9,73	2,89 b	11,03 a
	10 août	3,09	10,52	69,23	16,16	3,25 a	10,60 a
	15 août	2,42	12,97	61,90	21,50	3,36 a	10,73 a
McCormick	22 août	4,40	9,56	70,78	12,34	2,89 a	10,98 a
	27 août	1,36	9,59	75,41	13,41	2,89 a	10,68 a
	3 sept	1,02	4,22	76,79	22,07	3,03 a	10,58 a
Mosher	14 août	6,87	13,30	61,57	16,46	3,22 a	10,85 a
	21 août	2,20	9,03	65,13	22,17	3,25 a	11,58 a
	27 août	0,88	10,08	70,62	17,22	3,22 a	10,90 a
Mount Thom	16 août	9,53	13,53	64,52	10,89	3,13 a	12,78 a
	20 août	7,66	10,48	65,19	10,53	3,15 a	11,40 a
	27 août	1,25	4,30	63,07	7,83	3,09 a	11,15 a

z Pourcentage de contenu de solides solubles

y Valeurs moyennes de 4 échantillons de fruits mûrs

w Les valeurs des colonnes pour chaque champ ne diffèrent pas de manière significative pour la valeur P = 0,05 lorsqu'elles ont la même lettre

Annexe 2 : Pourcentage d'acidité de titration, d'anthocyanines totales et de phénoliques totaux pour 10 champs de bleuets sauvages, 2008.

Champ	Date	% Acidité de titration ^z	Anthocyanines totales ^y	Phénoliques totaux ^w
Airport	11 août	0,434 a	189,1 a	0,119 a
	18 août	0,399 a	189,4 a	0,115 a
	25 août	0,425 a	174,8 a	0,120 a
Athol	31 juillet	0,532 a	163,9 a	0,118 a
	4 août	0,585 a	169,1 a	0,112 a
	11 août	0,448 a	158,4 a	0,114 a
Debert	6 août	0,476 a	206,9 a	0,123 a
	13 août	0,395 a	217,6 a	0,120 a
	18 août	0,460 a	190,2 a	0,116 a
Diligent River	18 août	0,395 a	172,1 b	0,128 a
	25 août	0,448 a	209,4 ab	0,136 a
	1 ^{er} sept	0,535 a	220,2 a	0,144 a
Fern Walk	30 juillet	0,472 a	171,4 a	0,124 a
	4 août	0,396 a	186,9 a	0,117 a
	11 août	0,434 a	191,9 a	0,125 a
Higgs	30 juillet	0,521 a	180,8 a	0,113 a
	4 août	0,482 a	167,9 a	0,130 a
	11 août	0,549 a	213,6 a	0,125 a
Kennel	30 juillet	0,451 a	183,9 b	0,132 a
	4 août	0,552 a	187,8 ab	0,142 a
	11 août	0,593 a	229,2 a	0,127 a
Mc Cormick	18 août	0,514 a	199,9 a	0,137 a
	25 août	0,504 a	195,1 a	0,130 ab
	1 ^{er} sept	0,440 a	157,4 a	0,106 b
Mosher	18 août	0,386 a	186,0 a	0,130 a
	25 août	0,451 a	189,9 a	0,113 a
	1 ^{er} sept	0,427 a	166,72 a	0,124 a
Mt Thom	13 août	0,511 a	151,6 a	0,108 a
	18 août	0,561 a	164,1 a	0,117 a
	25 août	0,555 a	181,6 a	0,107 a

z % d'acidité de titration = % équivalent d'acide citrique

y mg L⁻¹ jus

w uM acide gallique g⁻¹ poids frais