



Agriculture et  
Agroalimentaire Canada

Agriculture and  
Agri-Food Canada

## **Rapport Final**

---

---

# **EFFET DE LA FERTILISATION AZOTÉE ET PHOSPHATÉE DANS LA PRODUCTION DU BLEUET NAIN SAUVAGE**

---

---

**AO2666**

**T.1206.19**

**Jean Lafond et Noura Ziadi**

**Juin 2009**

**Canada** 



## 1.0 Introduction

La culture du bleuet nain sauvage au Québec est en plein essor et les superficies aménagées à cette production atteignent près de 22 000 ha en 2003. La majorité de la production est localisée dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean (89 %) et de la Côte-Nord (7 %). Au cours de cinq dernières années, la production totale de bleuet frais a été de 16 000 t avec des rendements moyens de 1000 kg ha<sup>-1</sup>. Les recettes monétaires ont été 20 millions de dollar pour la même période (MAPAQ 2005).

Le bleuetier nain sauvage (*Vaccinium angustifolium* Ait) est peu exigeant et il est adapté à des milieux pauvres en éléments nutritifs et des sols acides (Hall 1978). Toutefois, plusieurs travaux de recherche ont démontré que l'apport d'éléments nutritifs a permis d'accroître la productivité du bleuetier nain (Lapierre et al. 1999; Penney et McRae 2000; Gagnon et al. 2003; Lafond 2004). Le plant de bleuet prélève principalement l'azote sous forme ammoniacal au détriment des nitrates contrairement aux autres cultures (Townsend 1969). Des doses variant de 30 à 60 kg N ha<sup>-1</sup> sont généralement appliquées lors de l'année de la fauche ou du brûlage pour favoriser la croissance végétative. De plus, des résultats provenant du Maine ont indiqué que la culture du bleuet répondait très fortement à la fertilisation azotée et phosphatée (Smagula et Dunham 1995). Toutefois, la réponse aux engrais phosphatés n'a jamais été observée au Québec et dans les provinces maritimes (Lapierre et al. 1999; Ring et al. 2004). En effet, une étude récente portant sur la détermination de la disponibilité du phosphore dans les bleuetières de la Nouvelle-Écosse a indiqué une très faible corrélation entre le P disponible et les besoins de la culture (Ring et al. 2004). La présence d'une litière organique reposant sur le sol minéral peut être une source importante de P à la culture. Toutefois, ce phosphore est sous forme organique et il est non estimé par les méthodes conventionnelles d'extraction qui évaluent la bio-disponibilité des formes inorganiques uniquement (Tran et Giroux 1985). Ainsi, il existe une difficulté à identifier et à mesurer le P bio-disponible à la culture en considérant le peu d'information sur le taux de minéralisation du P organique en P minéral mais également sur les habiletés de la culture à prélever le P du sol. De plus, le bleuet est une plante fortement mycorhizée (Jeliazkova et Percival 2003), suggérant que le prélèvement des éléments nutritifs par la culture n'est

pas uniquement lié à leur disponibilité estimée par les analyses. Également, des apports de matière organique peuvent favoriser l'activité microbienne de ces sols et augmenter l'activité de la phosphatase acide (Gagnon et al. 2002).

L'objectif général du projet a été de déterminer la réponse de bleuet nain sauvage à la fertilisation phosphatée et azotée. Les objectifs spécifiques ont été de quantifier les formes solubles et bio-disponibles de phosphore et de l'azote dans les sols de bleuetière, de corrélérer les formes solubles et bio-disponibles de P et N au prélèvement de ces derniers et au contenu en P et N des feuilles.

## **2.0 Matériel et Méthodes**

L'expérience s'est déroulée dans les bleuetières suivantes qui sont situées à Saint-Eugène d'Argentenay, à Albanel, à Saint-Méthode et à Normandin dans la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Les traitements ont consisté à quatre doses d'azote sous forme de sulfate d'ammonium (0-30-60-90 kg N ha<sup>-1</sup>) et quatre doses de phosphore sous forme de superphosphate triple (0-30-60-90 kg P ha<sup>-1</sup>). Les traitements ont été appliqués au mois de mai lors de l'année de végétation. Toutes les parcelles ont reçu 20 kg K ha<sup>-1</sup> sous forme de sulfate. Ainsi, il y a 16 traitements et ils ont été distribués en quatre blocs aléatoires pour un total de 64 parcelles par site. Les dimensions des parcelles sont de 1 X 5 m. Des membranes d'échange anionique et cationique ont été utilisées pour mesurer les flux d'azote et de phosphore dans les sols au cours de la saison. Les membranes d'échange (trois par parcelles) ont été insérées dans le sol 10 jours avant l'application des engrais, après l'application des engrais et un mois après l'application des engrais. Ainsi, les membranes ont été recueillies à trois reprises, soit à l'application des engrais, un mois après l'application des engrais et en septembre. Les membranes ont été insérées dans le sol dans la couche 2-10 cm environ dans une fente faite par une truelle. Le sol a été immédiatement remis en place et une légère pression a été faite pour s'assurer d'un bon contact sol-membrane.

Des membranes anioniques ont été utilisées (modèle AR204, Ionics, Watertown, MA) pour le N-NO<sub>3</sub> et P-PO<sub>4</sub>. Des membranes de type cationiques ont été utilisées pour l'ammonium (modèle CR67, Ionics, Watertown, MA). Les deux types de membranes

ont été découpés en des bandes de 6.25 de long par 2.25 cm de large. Les bandes ont été nettoyées avec de l'eau distillée pour enlever les impuretés et les petites particules. Par la suite, elles ont été conditionnées par des lavages successifs dans une solution 0.5 M HCl. Finalement, la saturation en Cl a été achevée en brassant les membranes dans une solution de 1 M NaCl pendant deux heures pour les membranes anioniques tandis que les membranes cationiques ont été saturées avec une solution 1M LiCl. Les bandes ont été transportées au champ dans de tubes de 50 mL rempli d'eau distillée pour éviter le dessèchement. Lorsque les membranes ont été retirées du sol, elles ont été nettoyées avec de l'eau distillée pour enlever les particules de sol collées et elles ont été placées dans des tubes de 50 mL contenant 35 mL d'une solution de 2 M KCl. Au laboratoire, les tubes contenant les membranes ont été brassés pendant une heure et la solution a été ensuite filtrée sur un filtre #42 de Whatman. Les dosages de l'azote et du phosphore ont été réalisés par colorimétrie. Après chaque période de contact avec le sol au champ, le flux de nitrate, d'ammonium et de phosphate mesuré par les membranes a été présenté en  $\mu\text{g cm}^{-2} \text{ j}^{-1}$  en divisant la concentration ( $\mu\text{g}$ ) par deux fois la surface de la membrane ( $2 \times 6.25 \times 2.25 \text{ cm}$ ) et par la durée (en jour) de contact entre la membrane et le sol.

Des échantillons de sol ont été prélevés avant l'application des engrais, un mois après l'application des engrais et en septembre. Les échantillons ont été prélevés sur trois (3) couches de sol, soit la litière (couche de matière organique bien décomposée) (0-3 cm), 3-15 et 15-30 cm et ce, à trois (3) endroits différents dans la parcelle. Les sites qui ont été établis en 2007, seules les couches de so 0-3 cm et 3-15 cm ont été échantillonnées. Les échantillons ont été séchés à l'air et tamisé à 2mm avant de procéder aux analyses. Le pH du sol a été déterminé dans l'eau dans un rapport 1:2 (Hendershot et al. 1993). Les éléments nutritifs du sol ont été extraits avec la solution Mehlich 3 (Tran et Simard 1993). Le contenu en phosphore du sol a été déterminé par colorimétrie (Murphy et Riley 1962). Le contenu en potassium du sol a été déterminé par spectrophotométrie d'émission dans la flamme et les contenus en calcium et magnésium par spectrophotométrie d'absorption atomique. La matière organique totale du sol a été déterminée par oxydation par voie humide selon la méthode modifiée Walkley-Black (CPVQ 1988). Les nitrates et l'ammonium du sol ont été extraits avec une solution 2 M KCl (rapport 1:2 de sol et de solution extractive) (Maynard et Kalra 1993). Les

déterminations du N-NO<sub>3</sub> et du N-NH<sub>4</sub> ont été réalisées par colorimétrie. Les teneurs en nitrate et en ammonium du sol soluble à l'eau ont été également déterminées. Brièvement, 10 g de sol sec dans 20 ml d'eau distillée ont été brassés pendant 10 minutes et filtrés sur filtre #42 de Whatman. Les déterminations du N-NO<sub>3</sub> et du N-NH<sub>4</sub> extraits à l'eau ont été réalisées par colorimétrie. Le phosphore soluble à l'eau a été également déterminé en suivant les procédures décrites par Beauchemin et Simard (2000).

La hauteur moyenne des tiges et le nombre de tige au m<sup>2</sup> ont été déterminés lors de l'année de végétation. Lors de la deuxième année, seulement la hauteur des plants a été déterminée. L'année de fructification, le nombre de bourgeons floraux a été déterminé sur 20 tiges le long d'un transect dans chacune des parcelles. Le calibre (la grosseur des fruits) des fruits a également été déterminé. Les mesures de rendement en fruit frais ont été effectuées lors de l'année de production. Des analyses chimiques ont été effectuées sur des sous échantillons de fruit et de feuille provenant de l'année de végétation et de production préalablement moulus. Les teneurs en N, P, K, Ca et Mg seront dosées après digestion humide (acide sulfurique-peroxyde- acide sélénieux) (Richards, 1993).

Les données relatives aux végétaux et au sol ont été analysées séparément pour chacune des dates d'échantillonnage, des sites et des années. Les effets des traitements ont été séparés a priori en des contrastes linéaire et quadratique pour mesurer les effets de doses d'azote de phosphore (Little et Hills 1978). Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide de la procédure GLM de SAS Institute, Inc (1999).

### **3.0 Résultats**

#### **3.1 Site d'Albanel 2007-2008**

Les données de 2007 ont été présentées dans le rapport préliminaire publié en mai 2008. Ainsi, seules les données 2008 sont présentées dans ce rapport mais les liens entre la productivité, les analyses foliaires et les analyses de sol sont effectués sur les deux années d'expérimentation.

### 3.1.1 Membranes d'échange

2008

La fertilisation azotée n'a eu aucun effet sur les quantités de  $N-NO_3$  et de  $N-NH_4$  absorbées sur les membranes d'échange un mois après le départ de la végétation et à la récolte (Tableau 1). Les quantités mesurées ont été comparables d'un traitement à l'autre, indiquant que les apports de sulfate d'ammonium fait au printemps précédent n'ont plus d'effet sur ces éléments du sol l'année suivante. La fertilisation phosphatée n'a eu aucun effet sur les quantités de  $N-NO_3$  et  $N-NH_4$  absorbées sur les membranes d'échange un mois après le départ de la végétation et à la récolte (Tableau 1). Toutefois, la fertilisation phosphatée a augmenté significativement les quantités de  $P-PO_4$  absorbées sur les membranes d'échange un mois après le départ de la végétation et à la récolte (Tableau 1). Les quantités mesurées à l'année de production ont été relativement faibles comparativement à celles mesurées à l'année de végétation mais avec la dose de  $90 \text{ kg P ha}^{-1}$ , les quantités ont été de 2 à 3 fois plus élevées que celles mesurées dans les parcelles non fertilisées. Ainsi, contrairement aux engrais azotés, l'apport de phosphate minéral a eu un effet positif sur la quantité disponible de P à la culture à l'année de production.

Les nitrates absorbés par les membranes à un mois après le départ de la végétation n'ont pas été corrélés aux autres méthodes d'extraction. L'ammonium absorbé par les membranes à un mois après le départ de la végétation n'a pas été corrélé à l'ammonium extrait au KCl et à l'eau. Le phosphore absorbé par les membranes à un mois après le départ de la végétation a été corrélé au phosphore extrait à l'eau mais non avec l'extraction au Mehlich 3. À l'automne de l'année de production, les nitrates absorbés par les membranes ont été faiblement corrélés à ceux extraits au KCl tandis que la corrélation était non significative avec l'extraction l'eau. L'ammonium absorbé par les membranes n'a pas été corrélé aux deux autres méthodes d'extraction. Le phosphore absorbé par les membranes n'a pas été corrélé au phosphore extrait à l'eau et au Mehlich 3.

### **3.1.2 Extraction au KCl**

*2008*

Un mois après le départ de la végétation et à la récolte, les teneurs en nitrate extrait au KCl et à l'eau n'ont pas été significativement influencées par la fertilisation azotée et phosphatée dans les deux couches de sol (Tableaux 2 et 3). Les teneurs en nitrate ont été plus élevées en moyenne avec l'extraction à l'eau comparativement à celle au KCl un mois après le départ de la végétation. À la récolte, l'extraction avec le KCl a permis d'extraire une plus grande quantité qu'avec l'extraction avec de l'eau. Les deux méthodes d'extraction ont été corrélées à un mois après le départ de la végétation et à la récolte.

Un mois après le départ de la végétation, les teneurs en ammonium extrait au KCl et à l'eau n'ont pas été significativement influencées par la fertilisation azotée et phosphatée dans la couche de sol de surface (Tableau 4). Dans la couche de sol 3-15 cm, la teneur en ammonium extrait avec l'eau un mois après le départ de la végétation a augmenté significativement avec la fertilisation azotée (Tableau 5) mais l'effet a été non significatif à l'automne. Par ailleurs, les teneurs en ammonium extrait au KCl n'ont pas été significativement influencées par la fertilisation azotée et phosphatée (Tableau 5). Les teneurs en ammonium ont été plus élevées en moyenne avec l'extraction au KCl comparativement à celle à l'eau. Les deux méthodes d'extraction ont été corrélées à la récolte tandis qu'à un mois après le départ de la végétation, la corrélation n'était pas significative.

### **3.1.3 Extraction à l'eau et au Mehlich 3**

*2008*

Un mois après le départ de la végétation, la teneur en P extrait au Mehlich 3 a eu tendance à augmenter avec la fertilisation phosphatée dans la couche de sol de surface (Tableau 6). Également, un mois après le départ de la végétation, la teneur en P extrait au

à l'eau a augmenté significativement avec la fertilisation phosphatée dans la couche de sol de surface (Tableau 6). Toutefois, à l'automne, la teneur en P extrait au Mehlich 3 et à l'eau n'a pas été significativement influencée par la fertilisation phosphatée (Tableau 6). Dans la couche de sol 3-15 cm, la teneur en P extrait au Mehlich 3 et à l'eau n'a pas été significativement influencée par la fertilisation phosphatée un mois après le départ de la végétation et à l'automne (Tableau 7). La teneur en phosphore a été plus élevée avec l'extraction au Mehlich 3 que celle à l'eau. Les deux méthodes d'extraction ont été corrélées à un mois après le départ de la végétation tandis qu'à la récolte, la corrélation n'était pas significative.

### **3.1.4 Corrélations**

Des corrélations entre les différents paramètres de productivité et les propriétés chimiques du sol ont été effectuées avec les données mesurées à un mois après l'application des engrais à l'année de végétation. Cette date a été retenue car les effets des traitements ont été significatifs sur la majorité des paramètres mesurés.

La concentration en azote des feuilles provenant de l'année de végétation a été corrélée positivement à la concentration en phosphore des feuilles, aux nitrates et à l'ammonium absorbés sur les membranes mais corrélée négativement au phosphore absorbé par les membranes. La concentration en azote des feuilles a été significativement corrélée à l'ammonium extrait au KCl et à l'eau tandis que la corrélation a été non significative avec les nitrates du sol extrait à l'eau et au KCl.

La concentration en phosphore des feuilles a été significativement corrélée à l'ammonium extrait au KCl et à l'eau et au phosphore du sol extrait à l'eau.

Les rendements en fruit ont été significativement corrélés à la concentration en azote et en phosphore des feuilles. Les rendements ont été également corrélés à l'ammonium absorbé sur les membranes et extrait à l'eau. Les rendements en fruit ont été négativement corrélés au phosphore du sol extrait à l'eau.

### **3.1.5 Rendement en fruits frais au site d'Albanel**

Les rendements en fruit ont augmenté significativement avec la fertilisation azotée (Tableau 8). Une réponse quadratique de la culture aux engrais azotés a été mesurée. L'équation de régression ( $4974 + 122.07X - 1.04 X^2$   $r^2= 0.97$ ) a permis de déterminer une dose optimale de  $59 \text{ kg ha}^{-1}$  d'azote. Cette dose correspond à celle qui a été suggérée par Lafond (2008). À cette dose, le rendement maximal a été de  $8660 \text{ kg ha}^{-1}$ . Par ailleurs, la fertilisation phosphatée n'a eu aucun effet sur les rendements en fruit (Tableau 8). La fertilisation azotée et phosphatée n'a eu aucun effet sur les différentes proportions des grosseurs des fruits (Tableau 8). En moyenne, plus de 90 % des bleuets ont eu un diamètre supérieur à 7 mm. La fertilisation azotée a augmenté le nombre de bourgeons floraux par tiges tandis que la fertilisation phosphatée n'a eu aucun effet (Tableau 8). La fertilisation azotée a augmenté significativement la taille des plants (Tableau 8). Avec la dose optimale d'azote, les plants ont été de 4.8 cm plus longs que les plants non fertilisés. La fertilisation azotée a augmenté significativement la densité de tige au  $\text{m}^2$  (Tableau 8). Les rendements en fruit ont été significativement et positivement corrélés à la concentration de azote dans les feuilles à l'année de végétation, au nombre de bourgeons floraux et à la taille des plants. Les rendements en fruit n'ont pas été corrélés à la densité de tige mesurée à l'année de végétation.

La fertilisation azotée a diminué significativement la concentration calcium et en magnésium des feuilles à l'année de production (Tableau 9). La fertilisation azotée n'a eu aucun effet sur la concentration en azote, en phosphore et en potassium des feuilles. La fertilisation phosphatée n'a eu aucun effet sur les concentrations en éléments nutritifs des feuilles. La fertilisation azotée et phosphatée n'a eu aucun impact sur les concentrations en azote, en phosphore, en potassium, en calcium et en magnésium des fruits (Tableau 9).

### **3.2 Site de Saint-Méthode 2007-2008**

### **3.2.1 Membranes d'échange**

*2008*

La fertilisation azotée n'a eu aucun effet sur les quantités de N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> et P-PO<sub>4</sub> absorbées sur les membranes d'échange un mois après le départ de la végétation et à la récolte (Tableau 10). Les quantités mesurées ont été comparables d'un traitement à l'autre, indiquant que les apports de sulfate d'ammonium fait au printemps précédent n'ont plus d'effet sur ces éléments du sol l'année suivante. La fertilisation phosphatée n'a eu aucun effet sur les quantités de N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> et P-PO<sub>4</sub> absorbées sur les membranes d'échange un mois après le départ de la végétation et à la récolte (Tableau 10).

### **3.2.2 Extraction au KCl**

*2008*

Un mois après le départ de la végétation et à la récolte, les teneurs en nitrate extrait au KCl et à l'eau n'ont pas été significativement influencées par la fertilisation azotée et phosphatée dans les deux couches de sol de surface (Tableaux 11 et 12). Les teneurs moyennes ont été très faibles, peu importe le type d'extraction utilisée. Les teneurs en nitrate ont été plus élevées en moyenne avec l'extraction à l'eau comparativement à celle au KCl. Ces deux méthodes d'extractions ont été bien corrélées à la récolte pour les deux couches de sol tandis qu'à un mois après le départ de la végétation, elles n'ont pas été corrélées. Les faibles quantités de nitrate mesurées dans le sol pourraient expliquer cette absence de corrélation à l'occasion.

Un mois après le départ de la végétation et à la récolte, les teneurs en ammonium extrait au KCl n'ont pas été significativement influencées par la fertilisation azotée et phosphatée dans deux couches de sol (Tableaux 13 et 14). Un mois après le départ de la végétation et à l'automne, dans la couche de sol de surface, la teneur en ammonium extrait à l'eau n'a pas été significativement influencée par la fertilisation azotée et

phosphatée (Tableau 13). Toutefois, dans la couche de sol de 3-15 cm, un mois après le départ de la végétation, la teneur en ammonium extrait à l'eau a augmenté significativement avec la fertilisation azotée (Tableau 14). À l'automne, la teneur en ammonium dans cette couche de sol n'a pas été significativement influencée par la fertilisation (Tableau 14). Les teneurs en ammonium ont été plus élevées en moyenne avec l'extraction au KCl comparativement à celle à l'eau. Les deux méthodes d'extraction n'ont pas été corrélées aux deux dates d'échantillonnage.

### **3.2.3 Extraction à l'eau et au Mehlich 3**

*2008*

Un mois après le départ de la végétation et à la récolte, les teneurs en P extrait au Mehlich 3 et à l'eau ont augmenté significativement avec les accroissements de la fertilisation phosphatée dans la couche de sol de surface (Tableau 15). Dans la couche de sol 3-15 cm, la teneur en P extrait au Mehlich 3 a été significativement influencée par la fertilisation 1 mois après le départ de la végétation tandis que la teneur en P extrait au Mehlich 3 et à l'eau n'a pas été significativement influencée par la fertilisation phosphatée à l'automne (Tableau 16). La teneur en phosphore a été plus élevée avec l'extraction au Mehlich 3 que celle à l'eau. Les deux méthodes d'extraction ont été corrélées à un mois après le départ de la végétation et à la récolte.

### **3.2.4 Corrélations**

Des corrélations entre les différents paramètres de productivité et les propriétés chimiques du sol ont été effectuées avec les données mesurées à un mois après l'application des engrais à l'année de végétation. Cette date a été retenue car les effets des traitements ont été significatifs sur la majorité des paramètres mesurés.

La concentration en azote de feuilles provenant de l'année de végétation a été corrélée positivement à la concentration en phosphore des feuilles, à l'azote minéral absorbé par les membranes, à l'ammonium extrait à l'eau et au KCl. La concentration en

azote et en phosphore des feuilles provenant de l'année de végétation n'a pas été corrélée au rendement en fruit. La concentration en phosphore de feuilles provenant de l'année de végétation a été positivement corrélée à l'ammonium absorbé par les membranes, à l'ammonium extrait à l'eau et au P extrait au Mehlich 3.

### **3.2.5 Rendement en fruit frais au site de Saint-Méthode**

Les rendements en fruit ont augmenté (tendance) avec l'accroissement des doses d'azote (Tableau 17). La dose optimale dérivée de l'équation de régression ( $rdt = 4114 + 68.99 x - 0.57 x^2$ ) a été de  $61 \text{ kg N ha}^{-1}$ . À cette dose, le rendement maximal a été de  $6201 \text{ kg ha}^{-1}$ . La fertilisation phosphatée n'a eu aucun effet sur les rendements en fruit. La fertilisation azotée et phosphatée n'a eu aucun effet sur la grosseur de bleuet (Tableau 17). Plus de 90 % des fruits ont eu un diamètre supérieur à 7 mm. La fertilisation azotée a augmentée significativement le nombre de bourgeons floraux par tige et la densité de tige au  $\text{m}^2$  (Tableau 17). La taille des plants n'a pas été affectée par la fertilisation azotée et phosphatée (Tableau 17). Les rendements en fruit ont été significativement et positivement corrélés avec la densité de tige et la taille des plants.

La fertilisation azotée et phosphatée n'a eu aucun effet sur les concentrations des éléments des feuilles et des fruits à l'année de production (Tableau 18).

## **4.0 Conclusions**

Aux sites d'Albanel et de St-Méthode, les rendements en fruit ont augmenté significativement avec la fertilisation azotée. La dose optimale d'azote a été de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  en moyenne. Toutefois, la fertilisation phosphatée n'a eu aucun effet sur la productivité aux deux sites. À l'année de production, la fertilisation azotée a été peu d'effet sur la teneur en éléments nutritifs des feuilles et de fruit. La fertilisation phosphatée n'a eu aucun effet sur la teneur en éléments nutritifs des feuilles et de fruit.

À l'année de végétation, les membranes d'échange ont permis d'évaluer les flux d'azote ammoniacal et de phosphore. L'azote sous forme de nitrate a été très faible, confirmant que les nitrates sont très peu présents dans les sols des bleuetières et

participent très peu à la nutrition de la plante. À l'année de production, les flux d'azote mesurés par les membranes ont été très faibles. Toutefois, les membranes ont mesurées les flux de phosphore pour cette même période.

Généralement, les différentes méthodes d'extraction sont bien corrélées entre elles, particulièrement à l'année de végétation. Des corrélations entre les différents paramètres de productivité et les propriétés chimiques du sol ont été effectuées avec les données mesurées à un mois après l'application des engrais à l'année de végétation. Cette date a été retenue car les effets des traitements ont été significatifs sur la plupart des paramètres mesurés. Ainsi, la productivité du bleuets n'a pas été corrélée à la concentration en azote et en phosphore des feuilles ni à l'azote et au phosphore du sol. Toutefois, la concentration en azote des feuilles a été corrélée à l'azote du sol. La concentration en phosphore des feuilles a été également corrélée au phosphore du sol.

Ces résultats ont indiqué que l'effet de la fertilisation azotée sur la productivité du bleuets est positif quoique les conditions climatiques puissent affecter la réponse aux engrais. La réponse aux applications de phosphore est limitée, suggérant que les besoins du bleuets sont faibles et que les apports naturels par le sol sont suffisants pour combler ses besoins. L'absence d'interaction entre l'azote et le phosphore est surprenante car l'apport élevé d'azote aurait pu limiter le prélèvement en P par la plante de par la faible capacité du sol à fournir cet élément.

## Références

**Beauchemin, S. et Simard, R.R. 2000.** Phosphorus Status of Intensively Cropped Soils of the St. Lawrence Lowlands. *Soil Sci. Soc. Am. J.* **64**: 659-670.

**Conseil des Productions Végétales du Québec (CPVQ). 1988.** Méthodes d'analyse des sols, des fumiers et des végétaux. AGDEX 533. Gouvernement du Québec, Québec, Canada.

**Gagnon, B, Simard, R.R., Lalande, R. et Lafond, J. 2002.** Improvement of soil properties and fruit yield of native lowbush blueberry by papermill sludge addition. *Can. J. Soil Sci.* **83**:1-9.

**Hall, I.V. 1978.** *Vaccinium* species of horticultural importance in Canada. *Hortic.*

Abstr. **48**:441-448.

**Hendershot, W.H., Lalande, H et Duquette, M. 1993.** Soil reaction and exchangeable acidity. Pages 141-145 *dans* M.R. Carter (éd.). Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science, Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

**Jeliazkova, E. et Percival, D. 2003.** Effect of drought on ericoid mycorrhizae in wild blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.). Can. J. Plant Sci. **83**:583-586.

**Lafond, J. 2004.** Application of paper mill biosolids, wood ash and ground bark on wild lowbush blueberry production. Small Fruit Review **3**(1/2):3-10.

**Lafond, J. 2008.** Fractionnement de la fertilisation azotée dans la production du bleuët nain sauvage. Résumé de conférence. Dans Utilisation et productivité des sols négligés. Cahier de conférence. AQSSS. Page 33.

**Lapierre, C., Simard, R.R. et Zizka, J. 1999.** Effets des méthodes de taille et de la fertilisation sur la croissance et la productivité du bleuët nain de la région du Saguenay-Lac-Saint-Jean. Rapport final. Entente auxiliaire Canada-Québec, programme essais et expérimentation en agroalimentaire. 133 p.

**Ministère de l'Agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec (MAPAQ). 2005.** Monographie de l'industrie du bleuët. Ministère de l'agriculture, des pêcheries et de l'alimentation du Québec. Gouvernement du Québec. 52 pages.

**Maynard, D.D. et Kalra, Y.P. 1993.** Nitrate and exchangeable ammonium nitrogen. Pages 25-38 *dans* M.R. Carter (éd.). Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil Science, Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

**Murphy, J. et Riley, J.P. 1962.** A modified single solution method for the determination of phosphate in surface waters. Anal Chim Acta **27**:31-36.

**Penney, B.G. et McRae, K.B. 2000.** Herbicidal weed control and crop-year NPK fertilization improves lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* Ait.) production. Can. J. Plant Sci. **80**:351-361.

**Ring, R.A., Warman, P.R. Stratton, G.W. et Eaton, L.J. 2004.** Determining available soil phosphorus in Nova Scotia blueberry soils. Commun. Soil Sci. Plant Anal. **35**:2449-2463.

**Richards, J.E. 1993.** Chemical characterization of plant tissue. Pages 115-139 *dans* M.R. Carter (éd.). Soil sampling and methods of analysis. Canadian Society of Soil

Science, Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

**SAS Institute, Inc. 1999.** SAS/STAT user's guide. Version 8. SAS Institute Inc., Cary, NC. 3887 p.

**Smagula, J.M. et Dunham, S. 1995.** Diammonium phosphate corrects phosphorus deficiency in lowbush blueberry. *J. Small Fruit and Viticulture* **3** (4):183-191.

**Tran, T.S. et Giroux, M. 1985.** Comparaison de différentes méthodes d'extraction du P assimilable en relation avec les propriétés chimiques et physiques des sols du Québec. *Can. J. Soil. Sci.* **65** :35-46.

**Tran, T.S. et Simard, R.R. 1993.** Mehlich III-Extractable elements. Pages 43-50 *dans* M.R. Carter (éd.). *Soil sampling and methods of analysis*. Canadian Society of Soil Science, Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

**Townsend, L.R. 1969.** Influence of form of nitrogen and pH on growth and nutrient levels in the leaves and roots of the lowbush blueberry. *Can. J. Plant Sci.* **49**:333-339.

**Ziadi, N, Simard, R.R., Allard, G et Lafond, J. 1999.** Field evaluation of anion exchange membranes as a soil testing N method in grasslands. *Can. J. Soil Sci.* **79**:281-294.

Tableau 1. Effet de la fertilisation azotée et phosphatée sur la teneur en N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> et P-PO<sub>4</sub> des membranes lors de l'année de production (2008) au site d'Albanel (A2)

N	P	1 mois			Automne		
		N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P-PO <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P-PO <sub>4</sub>
(kg ha <sup>-1</sup> )		(µg cm <sup>-2</sup> j <sup>-1</sup> )					
0	0	0.0018	0.0005	0.0153	0.0113	0.0012	0.0396
	30	0.0019	0.0021	0.0305	0.0040	0.0033	0.0306
	60	0.0035	0.0049	0.0376	0.0024	0.0024	0.0376
	90	0.0028	0.0024	0.0272	0.0148	0.0043	0.0685
30	0	0.0029	0.0058	0.0059	0.0022	0.0071	0.0408
	30	0.0043	0.0237	0.0133	0.0081	0.0190	0.0413
	60	0.0098	0.0007	0.0397	0.0080	0.0018	0.0576
	90	0.0031	0.0069	0.0334	0.0084	0.0029	0.0488
60	0	0.0033	0.0054	0.0081	0.0061	0.0022	0.0230
	30	0.0039	0.0102	0.0191	0.0034	0.0074	0.0321
	60	0.0033	0.0019	0.0303	0.0035	0.0020	0.0458
	90	0.0008	0.0097	0.0260	0.0051	0.0089	0.0587
90	0	0.0120	0.0267	0.0099	0.0181	0.0106	0.0291
	30	0.0038	0.0104	0.0179	0.0053	0.0017	0.0413
	60	0.0023	0.0048	0.0155	0.0028	0.0058	0.0321
	90	0.0029	0.0097	0.0296	0.0018	0.0033	0.0491
Traitements							
N		NS	NS	NS	NS	NS	NS
P		NS	NS	0.0001	NS	NS	0.0001
N X P		NS	NS	NS	NS	NS	NS
N lin		NS	NS	NS	NS	NS	NS
N quad		NS	NS	NS	NS	NS	NS
P lin		NS	NS	0.0001	NS	NS	0.0001
P quad		NS	NS	NS	NS	NS	NS

Tableau 2. Teneur en N-NO<sub>3</sub> du sol extrait au KCl et à l'eau aux différentes dates d'échantillonnage en 2007 pour la couche de sol de surface au site d'Albanel

N (kg ha <sup>-1</sup> )	P	1 mois		Automne	
		KCl	Eau	KCl	Eau
(mg kg <sup>-1</sup> )					
0	0	0.00	0.07	0.24	0.06
	30	0.00	0.11	0.19	0.03
	60	0.38	0.66	0.24	0.01
	90	0.00	0.50	0.07	0.00
30	0	0.00	0.06	0.18	0.02
	30	0.05	1.92	0.08	0.01
	60	0.00	0.11	0.26	0.08
	90	0.00	0.07	0.13	0.00
60	0	0.00	0.17	0.04	0.00
	30	0.00	0.23	0.39	0.21
	60	0.00	0.07	0.10	0.00
	90	0.00	0.08	0.08	0.00
90	0	0.00	0.22	0.35	0.10
	30	0.00	0.07	0.25	0.15
	60	0.00	0.05	0.22	0.11
	90	0.00	0.16	0.11	0.01
Traitements					
N		NS	NS	NS	NS
P		NS	NS	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS
N lin		NS	NS	NS	NS
N quad		NS	NS	NS	NS
P lin		NS	NS	NS	NS
P quad		NS	NS	NS	NS

Tableau 3. Teneur en N-NO<sub>3</sub> du sol extrait au KCl et à l'eau aux différentes dates d'échantillonnage en 2007 pour la couche de sol 3-15 cm au site d'Albanel

N (kg ha <sup>-1</sup> )	P	1 mois		Automne	
		KCl	Eau	KCl	Eau
(mg kg <sup>-1</sup> )					
0	0	0.00	0.12	0.29	0.06
	30	0.02	0.25	0.66	0.20
	60	0.00	0.43	0.51	0.21
	90	0.00	0.31	0.17	0.12
30	0	0.00	0.24	0.31	0.17
	30	0.00	0.44	0.31	0.12
	60	0.00	0.18	0.30	0.09
	90	0.00	0.23	0.39	0.22
60	0	0.00	0.29	0.29	0.16
	30	0.00	0.21	0.27	0.07
	60	0.00	0.22	0.34	0.06
	90	0.00	0.24	0.27	0.11
90	0	0.02	0.35	0.46	0.21
	30	0.00	0.30	0.41	0.23
	60	0.00	0.20	0.30	0.11
	90	0.00	0.40	0.09	0.07
Traitements					
N		NS	NS	NS	NS
P		NS	NS	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS
N lin		NS	NS	NS	NS
N quad		NS	NS	NS	NS
P lin		NS	NS	NS	NS
P quad		NS	NS	NS	NS

Tableau 4. Teneur en N-NH<sub>4</sub> du sol extrait au KCl et à l'eau aux différentes dates d'échantillonnage en 2007 pour la couche de sol de surface au site d'Albanel

N (kg ha <sup>-1</sup> )	P	1 mois		Automne	
		KCl	Eau	KCl	Eau
(mg kg <sup>-1</sup> )					
0	0	3.87	1.87	3.52	2.77
	30	5.14	2.18	5.92	3.22
	60	4.02	2.03	6.47	2.85
	90	2.33	2.32	5.46	2.82
30	0	3.40	2.02	5.13	3.58
	30	2.53	4.69	4.51	3.28
	60	3.14	2.12	6.50	2.60
	90	2.29	1.82	4.20	3.01
60	0	3.40	2.48	4.15	3.19
	30	3.89	1.91	4.29	3.95
	60	4.59	2.38	4.03	3.33
	90	2.41	2.30	5.12	3.28
90	0	3.81	2.07	3.52	2.94
	30	3.22	2.54	3.34	3.68
	60	3.31	2.49	5.00	3.22
	90	3.79	1.82	3.48	2.45
Traitements					
N		NS	NS	NS	NS
P		NS	NS	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS
N lin		NS	NS	NS	NS
N quad		NS	NS	NS	NS
P lin		NS	NS	NS	NS
P quad		NS	NS	NS	NS

Tableau 5. Teneur en N-NH<sub>4</sub> du sol extrait au KCl et à l'eau aux différentes dates d'échantillonnage en 2007 pour la couche de sol 3-15 cm au site d'Albanel

N (kg ha <sup>-1</sup> )	P	1 mois		Automne	
		KCl	Eau	KCl	Eau
(mg kg <sup>-1</sup> )					
0	0	2.65	0.86	1.73	0.55
	30	4.11	0.89	4.22	0.82
	60	2.99	1.04	4.49	0.62
	90	1.92	0.87	3.55	0.67
30	0	2.36	0.99	2.67	0.77
	30	1.67	1.18	3.14	0.77
	60	2.85	0.81	4.80	0.67
	90	1.40	0.60	2.68	0.74
60	0	2.12	1.16	2.95	0.95
	30	3.07	0.92	2.64	0.81
	60	3.38	1.35	3.46	0.64
	90	1.62	1.39	4.05	0.83
90	0	2.31	0.80	1.80	0.89
	30	2.12	1.69	2.52	0.84
	60	2.39	1.60	2.05	0.81
	90	2.33	1.48	2.50	0.66
Traitements					
N		NS	0.005	NS	NS
P		NS	NS	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS
N lin		NS	0.0009	NS	NS
N quad		NS	NS	NS	NS
P lin		NS	NS	NS	NS
P quad		NS	NS	NS	NS

Tableau 6. Teneur en P du sol extrait au Mehlich 3 (M-3) et à l'eau aux différentes dates d'échantillonnage en 2007 pour la couche de sol de surface au site d'Albanel

N (kg ha <sup>-1</sup> )	P	1 mois		Automne	
		M-3	Eau	M-3	Eau
		(mg kg <sup>-1</sup> )			
0	0	87.00	7.00	58.50	6.75
	30	119.00	12.00	77.00	9.50
	60	124.50	15.25	78.75	9.75
	90	105.00	13.25	80.75	9.00
30	0	75.00	8.50	72.75	6.00
	30	67.25	6.00	55.50	6.00
	60	88.00	9.75	74.75	7.25
	90	84.25	12.50	72.75	9.50
60	0	78.00	7.00	68.25	5.00
	30	46.00	5.25	42.75	6.50
	60	82.00	12.25	67.50	10.75
	90	117.00	11.50	67.25	13.00
90	0	65.50	4.75	72.25	5.25
	30	79.25	7.25	66.00	6.25
	60	112.00	13.75	77.25	11.25
	90	99.75	8.75	72.75	7.75
Traitements					
N		0.08	NS	NS	NS
P		0.07	0.004	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS
N lin		NS	0.09	NS	NS
N quad		0.03	NS	NS	NS
P lin		0.02	0.002	NS	NS
P quad		NS	NS	NS	NS

Tableau 7. Teneur en P du sol extrait au Mehlich 3 (M-3) et à l'eau aux différentes dates d'échantillonnage en 2007 pour la couche de sol 3-15 cm au site d'Albanel

N (kg ha <sup>-1</sup> )	P	1 mois		Automne	
		M-3	Eau	M-3	Eau
(mg kg <sup>-1</sup> )					
0	0	41.25	0.00	40.25	0.00
	30	42.25	0.25	39.50	0.25
	60	41.25	0.50	42.25	0.00
	90	37.75	0.00	35.75	0.00
30	0	31.50	2.00	36.25	0.00
	30	16.50	1.00	23.75	0.00
	60	21.25	0.00	26.75	0.00
	90	19.75	0.00	28.50	0.00
60	0	32.25	0.00	35.25	0.00
	30	15.25	0.25	23.50	0.00
	60	29.75	0.25	23.50	0.00
	90	38.00	0.00	40.00	0.50
90	0	21.75	0.00	19.75	0.00
	30	29.50	0.25	35.50	0.00
	60	45.00	0.00	38.00	0.00
	90	40.75	0.00	33.00	0.00
Traitements					
N		NS	NS	NS	NS
P		NS	NS	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS
N lin		NS	NS	NS	NS
N quad		NS	NS	NS	NS
P lin		NS	NS	NS	NS
P quad		NS	NS	NS	NS

Tableau 8. Rendement en fruit frais et proportion des différentes grosseurs de fruit selon les doses d'azote et de phosphore au site d'Albanel

Dose	Rendement <sup>z</sup>	> 11	9-11	7-9	5-7	< 5	Bourgeon	Hauteur	Densité <sup>z</sup>	
N	P	(kg ha <sup>-1</sup> )	mm	mm	mm	mm	par tige	(cm)	(tige m <sup>2</sup> )	
			(%)	(%)	(%)	(%)				
0	0	4880	8.61	41.32	40.69	8.63	0.15	4.4	14.0	97
	30	5659	27.68	47.00	38.01	5.59	0.02	4.3	14.2	109
	60	4281	8.34	44.63	39.70	6.30	0.08	4.0	15.6	105
	90	5504	9.98	44.90	37.19	7.38	0.19	4.2	14.7	104
30	0	4895	8.38	40.09	41.65	9.06	0.11	5.8	16.6	110
	30	8684	8.95	40.36	41.61	7.89	0.24	6.4	16.3	116
	60	7912	6.40	36.74	45.50	11.08	0.37	6.5	16.3	117
	90	8031	8.63	41.03	42.71	6.84	0.04	5.8	17.7	100
60	0	6430	8.31	40.13	43.44	7.12	0.07	4.9	18.1	116
	30	9849	7.87	41.78	39.88	8.26	0.24	6.3	20.0	137
	60	9296	10.83	41.32	40.10	6.76	0.24	5.9	19.1	119
	90	9990	12.82	43.99	35.75	6.44	0.05	7.3	20.3	144
90	0	8454	6.59	39.99	43.00	8.91	0.18	6.1	18.3	127
	30	6888	11.06	42.36	39.57	6.08	0.07	6.3	18.5	145
	60	7620	10.35	43.39	38.17	6.82	0.11	5.6	19.1	130
	90	6883	13.70	39.77	36.38	8.56	0.45	5.8	19.9	132
Traitements										
N		0.003	NS	NS	NS	NS	NS	0.002	0.0001	0.0001
P		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	N lin	0.008	NS	NS	NS	NS	NS	0.01	0.0001	0.0001
	N quad	0.008	NS	NS	NS	NS	NS	0.005	0.03	NS
	P lin	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.08	NS
	P quad	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup>Données transformées (log 10) pour effectuer l'analyse statistique

Tableau 9. Composition minérale des feuilles et des fruits selon les doses d'azote et de phosphore au site d'Albanel en 2008

Dose		Feuille					Fruit				
N	P	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
(kg ha <sup>-1</sup> )											
0	0	1.37	0.14	0.51	0.48	0.18	0.57	0.10	0.55	0.16	0.05
	30	1.36	0.12	0.45	0.56	0.21	0.61	0.11	0.57	0.16	0.06
	60	1.41	0.14	0.46	0.54	0.21	0.62	0.10	0.56	0.16	0.05
	90	1.38	0.13	0.46	0.50	0.18	0.62	0.12	0.58	0.16	0.05
30	0	1.42	0.12	0.43	0.53	0.22	0.61	0.10	0.56	0.16	0.05
	30	1.44	0.11	0.47	0.55	0.20	0.60	0.10	0.53	0.16	0.05
	60	1.46	0.14	0.47	0.61	0.22	0.69	0.11	0.59	0.17	0.06
	90	1.46	0.13	0.46	0.56	0.23	0.65	0.11	0.58	0.18	0.06
60	0	1.43	0.12	0.47	0.55	0.21	0.56	0.10	0.55	0.16	0.05
	30	1.41	0.12	0.47	0.51	0.20	0.62	0.10	0.55	0.14	0.05
	60	1.33	0.12	0.46	0.51	0.19	0.64	0.11	0.55	0.16	0.05
	90	1.36	0.12	0.48	0.46	0.17	0.58	0.10	0.52	0.15	0.05
90	0	1.43	0.11	0.45	0.46	0.17	0.72	0.11	0.58	0.19	0.06
	30	1.40	0.12	0.45	0.55	0.21	0.57	0.10	0.52	0.16	0.05
	60	1.41	0.12	0.47	0.42	0.16	0.61	0.10	0.54	0.16	0.05
	90	1.44	0.13	0.41	0.48	0.19	0.63	0.11	0.55	0.16	0.05
Traitements											
N		NS	NS	NS	0.02	0.01	NS	NS	NS	NS	NS
P		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS	0.02	NS	NS	NS	NS	NS
N lin		NS	NS	NS	0.03	0.01	NS	NS	NS	NS	NS
N quad		NS	NS	NS	0.05	0.01	NS	NS	NS	NS	NS
P lin		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P quad		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Tableau 10. Effet de la fertilisation azotée et phosphatée sur la teneur en N-NO<sub>3</sub>, N-NH<sub>4</sub> et P-PO<sub>4</sub> des membranes lors de l'année de production (2008) au site de Saint-Méthode (SM2)

N	P	1 mois			Automne		
		N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P-PO <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P-PO <sub>4</sub>
(kg ha <sup>-1</sup> )		(μg cm <sup>-2</sup> j <sup>-1</sup> )					
0	0	0.0046	0.0234	0.0130	0.0096	0.0105	0.0313
	30	0.0028	0.0069	0.0179	0.0107	0.0021	0.0375
	60	0.0035	0.0188	0.0164	0.0129	0.0093	0.0208
	90	0.0025	0.0082	0.0303	0.0089	0.0123	0.0264
30	0	0.0020	0.0099	0.0295	0.0171	0.0095	0.0395
	30	0.0075	0.0059	0.0226	0.0113	0.0080	0.0317
	60	0.0052	0.0055	0.0253	0.0050	0.0053	0.0266
	90	0.0044	0.0048	0.0296	0.0041	0.0044	0.0288
60	0	0.0037	0.0119	0.0238	0.0034	0.0283	0.0293
	30	0.0034	0.0110	0.0163	0.0140	0.0097	0.0292
	60	0.0075	0.0044	0.0161	0.0206	0.0112	0.0304
	90	0.0037	0.0243	0.0303	0.0057	0.0031	0.0249
90	0	0.0028	0.0108	0.0229	0.0075	0.0177	0.0209
	30	0.0014	0.0123	0.0180	0.0222	0.0063	0.0394
	60	0.0018	0.0070	0.0128	0.0066	0.0043	0.0292
	90	0.0113	0.0135	0.0138	0.0088	0.0012	0.0313
Traitements							
N		NS	NS	NS	NS	NS	NS
P		NS	NS	NS	NS	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS	NS	NS
N lin		NS	NS	NS	NS	NS	NS
N quad		NS	NS	NS	NS	NS	NS
P lin		NS	NS	NS	NS	NS	NS
P quad		NS	NS	NS	NS	NS	NS

Tableau 11. Teneur en N-NO<sub>3</sub> du sol extrait au KCl et à l'eau aux différentes dates d'échantillonnage en 2007 pour la couche de sol de surface au site de Saint-Méthode

N (kg ha <sup>-1</sup> )	P	1 mois		Automne	
		KCl	Eau	KCl	Eau
(mg kg <sup>-1</sup> )					
0	0	0.00	0.03	0.00	0.00
	30	0.00	0.26	0.00	0.00
	60	0.09	0.10	0.00	0.00
	90	0.00	0.02	2.25	2.64
30	0	0.00	0.05	0.00	0.09
	30	0.00	0.04	0.00	0.14
	60	0.00	0.06	0.00	0.00
	90	0.00	1.21	1.31	1.21
60	0	0.00	0.01	1.46	1.44
	30	0.04	0.21	0.51	0.57
	60	0.00	0.05	0.71	0.80
	90	0.00	0.03	0.00	0.00
90	0	0.00	0.14	0.00	0.03
	30	0.00	0.03	0.00	0.05
	60	0.00	0.03	0.73	0.94
	90	0.00	0.12	0.00	0.00
Traitements					
N		NS	NS	NS	NS
P		NS	NS	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS
N lin		NS	NS	NS	NS
N quad		NS	NS	NS	NS
P lin		NS	NS	NS	NS
P quad		NS	NS	NS	NS

Tableau 12. Teneur en N-NO<sub>3</sub> du sol extrait au KCl et à l'eau aux différentes dates d'échantillonnage en 2007 pour la couche de sol 3-15 cm au site de Saint-Méthode

N (kg ha <sup>-1</sup> )	P	1 mois		Automne	
		KCl	Eau	KCl	Eau
(mg kg <sup>-1</sup> )					
0	0	0.00	0.08	0.00	0.06
	30	0.00	0.17	0.00	0.08
	60	0.00	0.06	0.34	1.36
	90	0.00	0.03	0.00	0.03
30	0	0.00	0.08	0.07	0.18
	30	0.00	0.09	0.00	0.08
	60	0.00	0.06	0.00	0.07
	90	0.00	0.26	0.00	0.10
60	0	0.00	0.32	0.00	0.00
	30	0.00	0.35	0.22	0.25
	60	0.00	0.06	0.00	0.01
	90	0.00	0.04	0.00	0.01
90	0	0.00	0.14	0.00	0.07
	30	0.00	0.07	0.00	0.06
	60	0.00	0.08	0.00	0.02
	90	0.00	0.16	2.02	1.41
Traitements					
N		NS	NS	NS	NS
P		NS	NS	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS
N lin		NS	NS	NS	NS
N quad		NS	NS	NS	NS
P lin		NS	NS	NS	NS
P quad		NS	NS	NS	NS

Tableau 13. Teneur en N-NH<sub>4</sub> du sol extrait au KCl et à l'eau aux différentes dates d'échantillonnage en 2007 pour la couche de sol de surface au site de Saint-Méthode

N (kg ha <sup>-1</sup> )	P	1 mois		Automne	
		KCl	Eau	KCl	Eau
(mg kg <sup>-1</sup> )					
0	0	2.46	1.41	1.86	2.19
	30	2.20	1.53	1.48	2.55
	60	2.95	1.53	1.29	2.29
	90	2.67	1.13	1.99	2.63
30	0	1.68	1.50	2.55	5.00
	30	2.92	1.49	1.40	4.01
	60	3.56	1.78	2.75	2.32
	90	1.61	2.90	1.65	2.71
60	0	3.11	1.95	1.45	3.64
	30	2.78	1.51	4.32	2.41
	60	2.50	1.69	2.80	2.74
	90	2.69	1.45	1.87	2.69
90	0	2.73	1.69	2.39	2.24
	30	3.17	1.53	1.44	2.31
	60	3.24	1.58	1.58	2.48
	90	2.70	1.43	2.59	2.11
Traitements					
N		NS	NS	NS	NS
P		NS	NS	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS
N lin		NS	NS	NS	NS
N quad		NS	NS	NS	NS
P lin		NS	NS	NS	NS
P quad		NS	NS	NS	NS

Tableau 14. Teneur en N-NH<sub>4</sub> du sol extrait au KCl et à l'eau aux différentes dates d'échantillonnage en 2007 pour la couche de sol 3-15 cm au site de Saint-Méthode

N (kg ha <sup>-1</sup> )	P	1 mois		Automne	
		KCl	Eau	KCl	Eau
(mg kg <sup>-1</sup> )					
0	0	1.72	0.39	1.09	0.48
	30	1.49	0.61	0.61	0.92
	60	2.38	0.68	0.73	0.91
	90	1.76	0.26	0.71	0.45
30	0	1.08	0.72	1.18	0.52
	30	2.06	0.40	0.81	0.30
	60	2.43	0.66	1.40	0.64
	90	0.93	0.66	1.03	0.85
60	0	1.74	1.01	0.73	0.63
	30	1.40	0.63	2.59	0.60
	60	1.37	0.83	1.40	0.64
	90	2.42	0.71	1.15	0.75
90	0	1.70	0.83	1.51	0.46
	30	1.99	0.74	0.56	0.56
	60	2.12	0.81	1.09	0.51
	90	1.91	0.66	4.24	0.77
Traitements					
N		NS	0.05	NS	NS
P		NS	NS	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS
N lin		NS	0.001	NS	NS
N quad		NS	NS	NS	NS
P lin		NS	NS	NS	NS
P quad		NS	NS	NS	NS

Tableau 15. Teneur en P du sol extrait au Mehlich 3 (M-3) et à l'eau aux différentes dates d'échantillonnage en 2007 pour la couche de sol de surface au site de Saint-Méthode

N (kg ha <sup>-1</sup> )	P	1 mois		Automne	
		M-3	Eau	M-3	Eau
(mg kg <sup>-1</sup> )					
0	0	29.25	3.50	27.50	2.50
	30	44.25	7.00	41.50	5.50
	60	64.75	9.50	50.50	8.75
	90	97.00	16.00	49.00	7.00
30	0	22.25	4.50	29.25	3.75
	30	46.25	6.75	40.75	4.25
	60	63.75	11.50	34.00	5.00
	90	77.00	14.75	53.50	8.75
60	0	26.50	3.75	29.25	3.00
	30	41.50	3.25	22.75	5.25
	60	42.50	10.25	54.75	9.75
	90	57.75	9.25	48.75	8.25
90	0	26.75	4.25	26.25	4.00
	30	36.00	5.00	37.75	4.50
	60	58.00	11.25	35.75	7.00
	90	87.25	13.75	64.00	6.75
Traitements					
N		0.02	NS	NS	NS
P		0.0001	0.0001	0.0001	0.0004
N X P		NS	NS	0.02	NS
N lin		0.06	NS	NS	NS
N quad		0.03	NS	NS	NS
P lin		0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
P quad		NS	NS	NS	NS

Tableau 16. Teneur en P du sol extrait au Mehlich 3 (M-3) et à l'eau aux différentes dates d'échantillonnage en 2007 pour la couche de sol 3-15 cm au site de Saint-Méthode

N (kg ha <sup>-1</sup> )	P	1 mois		Automne	
		M-3	Eau	M-3	Eau
(mg kg <sup>-1</sup> )					
0	0	16.00	0.00	20.00	0.00
	30	18.75	0.00	16.25	0.00
	60	18.25	0.00	19.00	0.00
	90	27.25	0.50	18.50	0.00
30	0	12.75	0.00	18.75	0.00
	30	15.50	0.00	23.25	0.25
	60	22.25	0.25	17.50	0.25
	90	22.50	0.00	16.50	0.00
60	0	12.75	0.00	11.75	0.00
	30	12.50	0.00	15.25	0.25
	60	15.75	0.00	17.50	0.00
	90	17.00	0.00	20.50	0.00
90	0	10.50	0.00	17.50	0.00
	30	17.00	0.00	16.00	0.25
	60	16.50	0.00	16.00	0.00
	90	29.25	0.25	19.00	0.00
Traitements					
N		NS	NS	NS	NS
P		0.0002	0.08	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS
N lin		NS	NS	NS	NS
N quad		NS	NS	NS	NS
P lin		0.0001	0.02	NS	NS
P quad		NS	NS	NS	NS

Tableau 17. Rendement en fruit frais et proportion des différentes grosseurs de fruit selon les doses d'azote et de phosphore au site de Saint-Méthode

Dose	Rendement <sup>z</sup>	> 11	9-11	7-9	5-7	< 5	Bourgeon	Hauteur	Densité <sup>z</sup>	
N	P	(kg ha <sup>-1</sup> )	mm	mm	mm	mm	par tige	(cm)	(tige m <sup>2</sup> )	
			(%)	(%)	(%)	(%)				
0	0	4460	11.84	43.23	37.74	6.16	0.04	3.0	15.2	268
	30	3392	5.45	33.54	48.75	11.12	0.23	4.0	16.5	267
	60	4835	8.14	31.77	46.20	12.53	0.39	4.0	18.4	263
	90	3261	7.36	28.57	48.90	13.78	0.36	3.8	15.9	295
30	0	8198	12.24	41.25	38.37	7.00	0.21	5.2	20.2	357
	30	5066	6.42	38.21	42.32	12.01	0.34	4.3	17.8	315
	60	5131	6.16	33.82	48.31	10.73	0.24	4.1	18.2	320
	90	5813	12.27	41.15	40.21	5.64	0.15	4.2	17.7	321
60	0	6188	12.94	44.70	36.13	5.27	0.18	3.9	18.8	360
	30	5118	5.04	36.03	47.49	10.46	0.27	4.8	17.6	312
	60	7003	13.13	42.28	37.59	5.92	0.06	5.7	18.8	343
	90	4991	6.65	35.77	47.65	9.19	0.25	5.3	18.3	282
90	0	5637	7.99	33.25	45.45	11.68	0.42	6.0	19.2	327
	30	8516	10.61	35.32	41.74	10.48	0.54	5.1	19.0	380
	60	3954	7.32	31.92	49.38	10.20	0.31	4.8	18.9	369
	90	5262	11.90	43.05	36.24	7.43	0.22	4.3	18.4	293
Traitements										
N		0.14	NS	NS	NS	NS	NS	0.002	NS	0.003
P		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	N lin	0.08	NS	NS	NS	NS	NS	0.0003	NS	0.001
	N quad	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	P lin	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	P quad	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

<sup>z</sup>Données transformées pour effectuer l'analyse statistique

Tableau 18. Concentration en éléments nutritifs dans les feuilles à l'année de production et dans les fruits selon les doses d'azote et de phosphore au site de Saint-Méthode

Dose		Feuille					Fruit				
N	P	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
(kg ha <sup>-1</sup> )											
0	0	1.38	0.12	0.40	0.88	0.24	0.75	0.11	0.57	0.20	0.07
	30	1.32	0.12	0.44	0.78	0.19	0.88	0.14	0.65	0.22	0.08
	60	1.41	0.12	0.42	0.83	0.20	0.88	0.13	0.65	0.24	0.08
	90	1.34	0.12	0.44	0.75	0.19	0.79	0.12	0.64	0.23	0.08
30	0	1.35	0.11	0.38	0.88	0.20	0.79	0.12	0.59	0.21	0.07
	30	1.33	0.11	0.37	0.76	0.23	0.79	0.12	0.64	0.22	0.08
	60	1.45	0.11	0.40	0.73	0.22	0.85	0.12	0.66	0.20	0.08
	90	1.35	0.11	0.39	0.83	0.23	0.82	0.12	0.62	0.18	0.07
60	0	1.41	0.11	0.40	0.86	0.21	0.84	0.13	0.68	0.20	0.07
	30	1.41	0.11	0.41	0.73	0.20	0.89	0.12	0.64	0.19	0.07
	60	1.34	0.10	0.40	0.78	0.20	0.89	0.13	0.64	0.20	0.07
	90	1.46	0.11	0.39	0.73	0.20	0.89	0.12	0.70	0.19	0.07
90	0	1.38	0.11	0.41	0.73	0.18	0.96	0.13	0.69	0.20	0.07
	30	1.41	0.11	0.38	0.82	0.19	0.86	0.14	0.64	0.21	0.07
	60	1.40	0.10	0.39	0.65	0.19	0.89	0.15	0.71	0.19	0.07
	90	1.39	0.12	0.42	0.70	0.22	0.82	0.12	0.60	0.17	0.06
Traitements											
N		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N X P		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N lin		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
N quad		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P lin		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P quad		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS