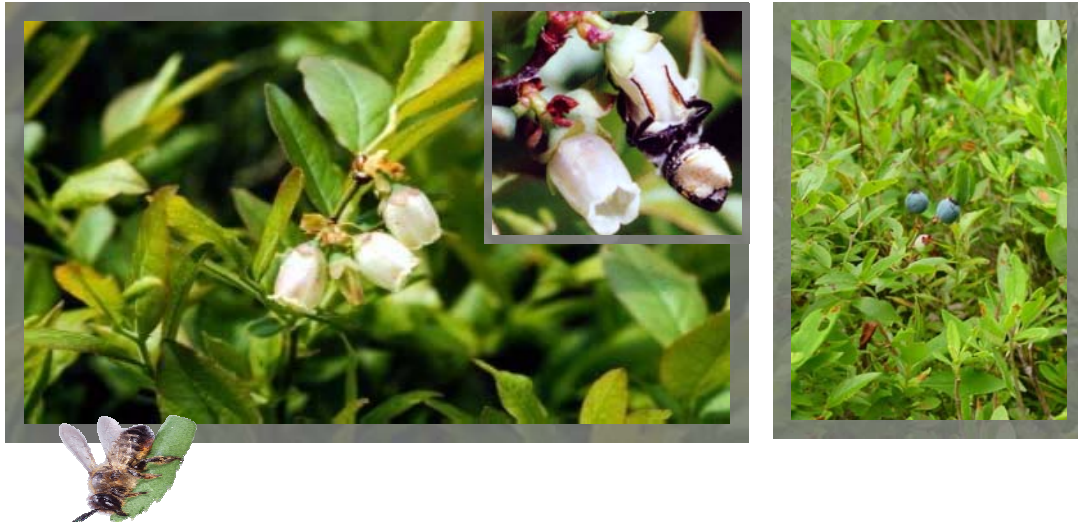


*DIFFÉRENTES ABEILLES BUTINEUSES POUR LA
POLLINISATION DU BLEUET NAIN*



**Séminaire en phytologie présenté à
M. Pierre Giovenazzo**

**Par Gabriel Bourgeois
03152428**

**Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation
Université Laval
Avril 2006**



Résumé

La pollinisation dans la culture du bleuet nain est une composante importante du rendement. Elle a besoin de vecteurs, tels les insectes butineurs, pour effectuer la pollinisation croisée puisque cette plante est partiellement auto-incompatible. Les sites naturels possèdent leurs insectes butineurs indigènes qui contribuent à la mise à fruit. Cependant la variation de leur nombre dans l'espace spatio-temporelle à amener les producteurs à ajouter des insectes exotiques indigènes. Trois espèces sont ainsi utilisées soit *Apis mellifera*, *Bombus impatiens* et *Mégachile rotundata*. Le rendement sera étroitement lié à l'efficacité de la pollinisation. Plusieurs critères sont utilisées afin d'évaluer le potentiel des espèces. On peut distinguer une espèce butineuse à pollen versus une espèce butineuse à nectar. De plus, la morphologie et le comportement de l'insecte peut faciliter ou contraindre la pollinisation soit par sa taille, sa pubescence, la longueur de sa langue, ses appareils de transport de pollen, ainsi que la capacité à faire vibrer la fleur. Aussi, l'activité de butinage est très importante afin de déterminer la température minimale de butinage et le nombre heure journalier consacré à la pollinisation. Par ailleurs l'insecte sera évalué selon un taux de fidélité à l'espèce et selon la distance de butinage. Par la suite, il est primordial d'analyser ces espèces selon la quantité à introduire et leur coût qui auront évidemment une influence sur le rendement.

Remerciement

Je remercie mon superviseur M. Pierre Giovenazzo pour son support et son temps à l'élaboration de ce séminaire. Une mention spéciale à Mme Ève-Catherine Desjardins et M. Guy Grenon pour leurs supports techniques, ainsi qu'à Mme Chantale Morin.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	II
REMERCIEMENT.....	III
1. INTRODUCTION:	1
2. HYPOTHÈSE:	2
3. MÉTHODOLOGIE:.....	2
4. LA POLLINISATION DANS LE RENDEMENT DU BLEUET NAIN.	3
4.1. LA POLLINISATION CROISEE (ALLOGAMIE) EST-ELLE PRIMORDIALE ?	3
4.2. EST CE QUE LES ESPÈCES INDIGÈNES SONT EN NOMBRE SUFFISANT POUR ASSURER UN BON RENDEMENT DANS UNE BLEUETIÈRE AMÉNAGÉE ?	5
4.3. COMPARAISON DE L'EFFICACITÉ DE LA POLLINISATION DES ESPÈCES DE BUTINEURS INDIGÈNES ET INTRODUITES DANS LE BLEUET NAIN	9
4.3.1. Description des différentes abeilles	9
4.3.2. Pollen ou nectar ?	11
4.3.3. Critères morphologiques et comportementaux.....	12
4.3.4. Les conditions météorologiques du butinage.....	16
4.3.5. Distance de butinage et fidélité à la culture	17
4.3.6. La quantité / prix des insectes introduits	20
5. CONCLUSION :	25
ANNEXE I	III
ANNEXE II.....	V
ANNEXE III	VII
BIBLIOGRAPHIE :	IX

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : LE POURCENTAGE MOYEN DE MISE A FRUIT ET DE GRAINES MATURES PAR FRUIT DE 15 PLANTS DE V.ANGUSTIFOLIUM ET V.MYRTILLOIDES EN COMPARANT L'AUTO POLLINISATION (AUTOGAMIE) (A) ET LA POLLINISATION CROISEE (C).	3
---	---

TABLEAU 2 : ÉVALUATION DU NOMBRE MOYEN DE BOURGEONS FLORAUX POUR 10 TIGES AERIENNES SUR DIFFERENTS SITES ET DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX A L'ILE DU PRINCE-ÉDOUARD.	7
TABLEAU 3 : ÉVALUATION DU RENDEMENT MOYEN EN GRAMMES/ 48 PI ² ET EN LIVRES/ACRE SUR DIFFERENTS SITES ET DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX A L'ILE DU PRINCE-ÉDOUARD.	7
TABLEAU 4 : FLEURS DE <i>V. ANGUSTIFOLIUM</i> BUTINÉES VIERGES (POURCENTAGE) RÉSULTANT À UNE FLEUR FÉCONDÉE.	12
TABLEAU 5 : COMPARAISON DES DIFFÉRENTS CRITÈRES DES ESPÈCES À L'ÉTUDE.	13
TABLEAU 6 : TETRADES DE POLLEN DEPOSES POUR CHAQUE UNE DES VISITES D'INSECTES BUTINEURS SUR UNE FLEUR VIERGE DE <i>V. ANGUSTIFOLIUM</i> .	14
TABLEAU 7 : LA MOYENNE DE FLEURS VISITEES PAR MINUTE POUR LES INSECTES BUTINEURS SUR UNE CULTURE DE BLEUETS NAINS COMMERCIALE.	15
TABLEAU 8 : LA MOYENNE DE FLEURS FECONDEES PAR MINUTE POUR CHACUN DES BUTINEURS.	15
TABLEAU 9 : COMPARAISON DES CRITERES DE PERFORMANCE DES DIFFERENTS BUTINEURS.	20
TABLEAU 10 : DENSITÉ DE RUCHE À L'ACRE SELON LES OBSERVATIONS AU CHAMP.	21
TABLEAU 11 : CALCUL DU COÛT DES ABEILLES INTRODUITES DANS LA RÉGION DE LA CÔTE NORD	22
TABLEAU 12 : CRITÈRES DE RENDEMENT DU RAPPORT QUANTITÉ / PRIX DES BUTINEURS INTRODUITS.	24

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Graines matures (à droite) et graines considérées avortées (à gauche). Dans le milieu les graines n'ont pas réussi à germer.	4
Figure 2 : Relation entre le poids du bleuet et le nombre de grosses graines qui contient.	5
Figure 3 : Exemple d'une corolle (ensemble des pétales) en forme de cloche d'une fleur de bleuet nain.	12
Figure 4 : Patte postérieure d' <i>Apis mellifera</i> servant à transporter le pollen (<i>Pouvreau A. 2004</i>).	13
Figure 5 : Relation entre le pourcentage de fécondation et le nombre de tétrades de pollen déposés par les abeilles à chaque visite d'une fleur de <i>V. angustifolium</i> .	16
Figure 6 : Tendence du nombre de grosses graines par baie et de mise à fruit par rapport à la distance du nid des colonies de <i>Bombus impatiens</i> .	18
Figure 7 : Relation entre le pourcentage de mise à fruit et la distance du nid en mètre de <i>Mégachile rotundata</i> .	18
Figure 8 : Densité de pollinisateurs à différente distance à partir des nids de <i>Bombus impatiens</i> .	19
Figure 9 : Relation entre le prix à l'hectare et le pourcentage de mise à fruit visé pour <i>Mégachile rotundata</i> .	23

1. INTRODUCTION:

Le bleuets nain (*Vaccinium angustifolium* Ait et *Vaccinium myrtilloides* Michaux) est une plante endémique retrouvée naturellement au Canada et aux États-Unis. Cette plante est répartie de la côte est de Terre Neuve jusqu'au Lac Winnipeg au Manitoba et au Minnesota, puis elle est également répertoriée du sud au nord de l'Illinois, de la Pennsylvanie, et du Delaware ainsi que dans les montagnes de la Virginie. (Vander Kloet 1988). Cependant, on la retrouve principalement de façon aménagée dans les régions suivantes : le Saguenay / Lac-St-Jean, la Côte-Nord, les provinces maritimes et l'état du Maine. Il est intéressant de constater que plusieurs facteurs influencent le rendement par acre de la culture du bleuets aménagée (Annexe I). Ces critères de rendement auront une influence positive ou négative dans le temps et ainsi un producteur peut, grâce à la maîtrise de pratiques culturales, optimiser le nombre de fruits récoltés et leurs grosseurs. La production du bleuets nain est possible grâce aux conditions abiotiques adéquates soit la pédologie du sol et les facteurs climatiques. Elle dépend également des caractères génétiques des clones des espèces présentes. Elle est améliorée par la fertilisation en macroéléments (N,P,K) et oligoéléments ainsi que par des pratiques de phytoprotection en employant des herbicides, des fongicides, des insecticides ou des contrôles biologiques. Finalement, elle dépend grandement de la pollinisation qui requière du pollen compatible pour fertiliser les ovules et ainsi produire une quantité et une grosseur de fruits donnés. Cette pollinisation peut s'effectuer de façon active ou passive par l'intermédiaire de vecteurs tels les insectes butineurs qui transportent le pollen. Toutefois, les populations indigènes sont soumises à un décroissement de leurs populations suite aux pertes de fleurs alternatives et d'habitats pour la construction de leur nid, par les herbicides ou par des doses létales d'insecticides. Les facteurs climatiques jouent également un rôle sur le nombre d'heures de butinage lors de la floraison. Certains facteurs demeurent plus facilement contrôlables et efficaces, mais il est important de souligner que tous ces facteurs sont inter reliés et la résultante du rendement sera la performance du facteur le plus limitant ou contraignant. Dans ce séminaire, il sera question de la pollinisation comme facteur influençant le rendement. Il y a présentement

en Amérique du Nord trois espèces disponibles chez les apicultures soit l'abeille domestique (*Apis mellifera*), le bourdon fébrile (*Bombus impatiens*) et l'abeille découpeuse (*Mégachile rotundata*) qui sont utilisées et ont un potentiel dans la pollinisation de cette culture. Il est donc important de se questionner sur l'efficacité des espèces de pollinisateurs introduits et des espèces indigènes dans la pollinisation du bleuet nain. Ainsi ce séminaire sera répartie selon deux angles soit la démonstration de l'importance de la pollinisation croisée et de l'ajout d'espèces introduites, ainsi que la comparaison des espèces introduites et indigènes sous différents critères d'efficacité.

2. HYPOTHÈSE:

La productivité du bleuet nain est en corrélation avec la présence de pollinisateurs importés et avec l'aménagement du territoire pour favoriser les pollinisateurs indigènes.

3. MÉTHODOLOGIE:

Dans le cadre de mon travail à l'Environnement, j'ai eu l'occasion de travailler sur les rhizomes de bleuets nains qui m'ont amené à me questionner sur la pollinisation de ces petits fruits. J'ai lu plusieurs articles scientifiques ainsi qu'une multitude de fiches techniques produites par l'université du Maine, le MAPAQ et le Ministère de l'Agriculture et de l'Aménagement Rural du N.-B. J'ai également assisté à une journée d'information sur la pollinisation des bleuetières à Forestville par Guy Grenon, agronome du MAPAQ, et par Ève-Catherine Desjardins, biologiste, présentement au doctorat et effectuant sa thèse sur l'irrigation et la pollinisation des bleuetières de la Côte-Nord.

4. LA POLLINISATION DANS LE RENDEMENT DU BLEUËT NAIN.

4.1. *La pollinisation croisée (allogamie) est-elle primordiale ?*

En premier lieu, il faut démontrer l'importance de l'allogamie versus l'autogamie sur le rendement de *Vaccinium angustifolium* et de *Vaccinium myrtilloides*. Une recherche expérimentale a mis en évidence l'importance de la pollinisation croisée sur le pourcentage de mise à fruit et sur le pourcentage de mise à graines matures par fécondation. Cette étude a été effectuée en serre, les étamines ont été enlevées et la pollinisation s'est effectuée manuellement par du pollen d'un autre clone¹ pour la pollinisation croisée et par le pollen de la même fleur pour la pollinisation directe (autogamie). Ainsi on observe pour les deux espèces, un pourcentage de mise à fruit en pollinisation croisée de 34.7 % pour *V. angustifolium* et 50 % pour *V. myrtilloides* comparativement à 2.7 % et 3.3 % pour la pollinisation directe (Tableau 1). En ce qui concerne le pourcentage de graines matures par fleur fécondée, on observe la même tendance soit que la pollinisation croisée contribue respectivement pour 13.8 % pour *V. angustifolium* et 17.5 % pour *V. myrtilloides* tandis que la pollinisation directe contribue respectivement pour 0.4% et 0.2 % (Tableau 1). Ces deux résultats interviennent directement sur le rendement soit par l'augmentation du nombre de bleuëts et la grosseur de ceux-ci pour la pollinisation croisée. Environ 91 % de la mise à fruit du bleuët nain est associé aux insectes butineurs (Savoie et al 1993, Savoie et al. 1994).

Tableau 1 : Le pourcentage moyen de mise à fruit et de graines matures par fruit de 15 plants de *V.angustifolium* et *V.myrtilloides* en comparant l'auto pollinisation (autogamie) (A) et la pollinisation croisée (C).

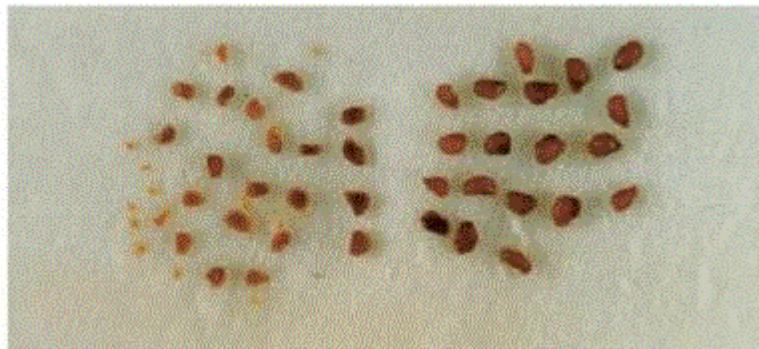
	Pourcentage de mise à fruit		Ovules totales (matures + avortées)		Quantité de graines matures par fruit		Pourcentage de graines matures par fruit		Pourcentage de graines matures par fleur fécondée	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
<i>V.angustifolium</i>	2.7	34.7	32.4	34.3	3.1	12.3	13	36.9	0.4	13.8
<i>V.myrtilloides</i>	3.3	50.0	64.1	72.9	3	25.7	5.6	33.0	0.2	17.5

Adapté de Hokanson K. et Hancock J. 2000

¹ Un clone est un rhizome ou ses descendants qui constituent l'organe de réserve située dans la partie souterraine où plusieurs tiges aériennes se dressent pour créer par la suite des bourgeons floraux à sa deuxième année.

Les fleurs auto-fécondées démontrent une diminution de gènes importants car elles sont caractérisées par une forte proportion de fruits flétris et ridés, puisque plusieurs graines ne se rendent pas à maturité (Hokanson K. et Hancock J. 2000) (fig. 1).

Figure 1 Graines matures (à droite) et graines considérées avortées (à gauche). Dans le milieu les graines n'ont pas réussi à germer.

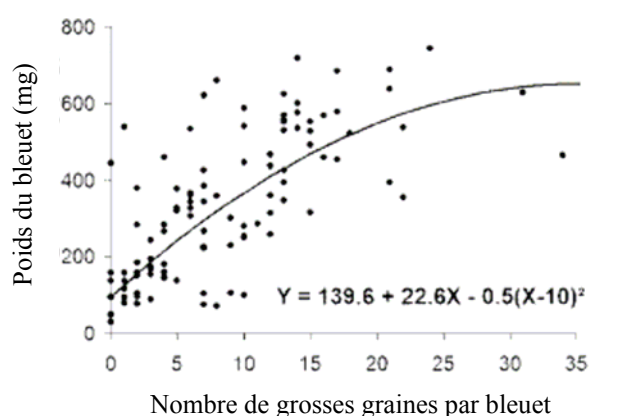


Adapté de Hokanson K. et Hancock J. 2001

Il est également intéressant de mentionner que la cause première de cette auto-incompatibilité, est le résultat du croisement de gènes provenant d'un même clone qui réduit la diversité génétique et qui cause de façon naturelle l'avortement de la formation des graines. Cependant, le bleuet nain n'est pas tout à fait auto-incompatible puisque le pollen d'une fleur peut tout de même être utilisé pour féconder son ovule.

Les fleurs du genre *Vaccinium spp.* sont parfaites, ayant la partie mâle et femelle sur la même fleur. Il est à noter que 5 % des fleurs mâles de *V. angustifolium* sont stériles et 45 % d'entre eux ont peu de pollen (Hall and Halders 1961), d'où l'utilité de s'assurer une bonne dispersion du pollen. Par leurs déplacements, les insectes butineurs constituent les vecteurs, transporteurs de pollen, les plus efficaces chez le bleuet nain. La période de floraison s'étale sur 3 à 4 semaines. Le réceptacle du stigmate de la fleur peut recevoir du pollen pendant 5-8 jours (Wood 1961). Il est important de noter que la grosseur du fruit est réduite si la pollinisation n'est pas effectuée durant les trois jours qui suivent l'ouverture de la fleur (Chandler et Masson 1935). De plus, une mauvaise pollinisation entraîne de petits fruits qui seront difficiles à récolter par le cueilleur (Oliveira D.D. 1997). Le nombre de graines minimales par fruit est de trois pour avoir une grosseur minimale de plus de 0.1 gramme (Jackson et al. 1972). Cependant selon Aalders 1958

chaque fruit doit avoir au moins 6 à 10 graines viables, car sinon le fruit étant plus petit tombe prématurément en juin. Chaque nouvelle graine contribue à l'augmentation de 5% du poids du bleuet et diminue la durée du mûrissement d'une demi-journée (Chiasson et Argall 1996). Par ailleurs, un petit bleuet contiendra 8 graines, un moyen bleuet contiendra 10 à 15 graines et un plus gros bleuet contiendra 16-18 graines (Chiasson et Argall 1996). Le bleuet nain contient un potentiel de 65 graines et sa durée de mûrissement varient de 2 à 3 mois (Chiasson et Argall 1996). Les graines qui constituent le bleuet peuvent être de différents types et de différentes grosseurs. Selon Desjardins et Oliveira 2006, il y a les graines matures de grosseurs grosses, moyennes, petites classées selon leur longueur, leur largeur et leur poids. Il y a également les pseudo graines qui sont immatures ou avortées et finalement les ovules qui n'ont pas été fécondées. Les grosses graines sont les seules qui ont démontré une corrélation positive avec l'augmentation du poids du bleuet (Desjardins et Oliveira 2006)(figure 2). De plus, la maturité du bleuet a également été corrélée par la quantité de graines de grosseur moyenne et grosse (Desjardins et Oliveira 2006). Ainsi une bonne régie du nombre de butineurs disponibles durant la floraison demeurent essentiel pour s'assurer un bon rendement



Adapté de Desjardins et Oliveira 2006

Figure 2 Relation entre le poids du bleuet et le nombre de grosses graines qui contient.

4.2. *Est ce que les espèces indigènes sont en nombre suffisant pour assurer un bon rendement dans une bleuetière aménagée ?*

Dans un premier temps, les variations climatiques et les pratiques culturales jouent un rôle important dans le nombre de reines butineuses indigènes disponibles au printemps. L'utilisation de pesticide et l'altération des habitats naturels a réduit les populations indigènes de butineurs ce qui a obligé les producteurs à louer des ruches d'abeilles pour augmenter la pollinisation croisée (Aras et coll. 1997, Stubbs, C. S. Drummond, F. A. 1997a, Morissette, R. et coll. 1985.). De plus, d'année en année l'abondance des insectes butineurs indigènes varie (Wood 1961, Wood 1971). Aussi, selon les pratiques culturales, les parcelles de grandes dimensions en monoculture intensive ne peuvent posséder suffisamment de pollinisateurs indigènes pour cette concentration de fleurs. Ces butineurs indigènes sont à cette période corrélés avec la quantité de reines indigènes produite l'année précédente et qui ont survécu jusqu'au printemps. Dans un même ordre d'idée, les mesures de phytoprotection ont réduit la quantité d'insectes indigènes en supprimant les espèces florales alternatives par les herbicides ou en utilisant des insecticides qui sont létales pour ses butineurs. Les nouvelles pratiques agricoles employées dans les années 90 ont fait augmenter de façon significative les superficies et le nombre de fleurs à l'acre, mais le taux de mise à fruit demeurait très faible. Un taux de mise à fruit de moins de 30 % nécessite l'ajout de pollinisateurs et un objectif de 40 à 50 % de mise à fruit est à viser et le résultat de 50 à 60 % est excellent. Un pourcentage de mise à fruit supérieur n'est pas réaliste. Ainsi quelques études ont été effectuées afin de comparer l'efficacité sur le rendement de l'ajout de pollinisateurs. Avec l'ajout d'abeilles domestiques, il y eu 25 % plus de mise à fruit, selon les expériences de Lomond et Larson 1983. Une autre étude qui permet de bien cerner les différences de rendement entre le supplément ou non d'insectes butineurs pour des conditions d'aménagement courantes. Cette expérience démontre clairement que sans l'ajout d'insectes butineurs, le rendement d'une bleuetière est considérablement réduit. Cette étude a été réalisée sur quatre sites et a utilisé trois dispositifs expérimentaux pour évaluer le rendement sans insecte butineur, puis avec accès aux insectes butineurs indigènes et finalement avec l'ajout d'insectes pollinateurs exotiques. Le nombre de bourgeons floraux par 10 tiges aériennes a été calculé pour tous les dispositifs. Chaque bourgeon floral produit au moins 5 fleurs. Pour chacun des quatre sites les trois dispositifs avaient une densité moyenne de bourgeons floraux similaires soit de 7.01, 7.38 et 6.34.bourgeons floraux pour 10 tiges aériennes (tableau 2). Le rendement

moyen du dispositif sans butineur pour l'ensemble des sites est de 365 livres / acre, ce qui est relativement faible et vient soutenir le besoin de faire appel aux butineurs afin de favoriser la pollinisation croisée mentionnée auparavant. Le rendement moyen de 635 livres / acre, du dispositif avec des butineurs indigènes pour l'ensemble des sites, est inférieur en comparaison avec le rendement moyen du dispositif ouvert avec l'ajout d'insectes butineurs qui est de 10 019 livres / acre (Tableau 3).

Tableau 2 : Évaluation du nombre moyen de bourgeons floraux pour 10 tiges aériennes sur différents sites et dispositifs expérimentaux à l'île du Prince-Édouard (*Jordan C. 2003*).

Site	butineurs		# moyen de bourgeons floraux/ 10 tiges aériennes		
	type	Quantité introduite/ acre	Pollinisation ouverte (test)	Insectes butineurs introduits exclus	Aucun insecte butineur
Mt. Vernon	Abeilles domestiques	- 3.2 ruches	4.45	6.15	6.35
Bristol	Abeilles découpeuses	- 1 gallon	9.70	9.05	7.60
Rollo Bay	Abeilles domestiques et découpeuses	- 2.14 gallons - 1 ruche	7.60	7.80	5.75
Mt. Stewart	Abeilles domestiques	- 3.2 ruches	6.30	6.50	5.65
moyenne			7.01	7.38	6.34

Adapté de Jordan C. 2003

Tableau 3 : Évaluation du rendement moyen en grammes/ 48 pi² et en livres/acre sur différents sites et dispositifs expérimentaux à l'île du Prince-Édouard (*Jordan C. 2003*).

Site	Moyenne du rendement pour la parcelle (grammes/ 48 pi ³) (livres/acre)		
	Pollinisation ouverte (test) #1	Insectes butineurs introduits exclus #2	Aucun insecte butineur #3
Mt. Vernon	3200.00 (6398)	398.50 (799)	115.00 (227)
Bristol	2837.00 (5681)	251.00 (499)	23.50 (45)
Rollo Bay	7630.50 (15264)	435.50 (871)	198.50 (399)
Mr. Stewart	6367.00 (12741)	179.00 (354)	385.00 (771)
Rendement moyen des 4 sites pour chaque'un des traitements (#1,2,3)	5008.63 (10019)	316.00 (635)	180.50 (365)
Rendement moyen des 4 sites (#1 vs #2 + #3)	5008.63 (10019)	248.25 (499)	
# moyen de bourgeons floraux	7.0	6.9	

Adapté de Jordan C.2003

Dans un deuxième temps, il y a certaines situations où l'ajout d'insectes butineurs est inutile. Dans des aménagements à petites superficies, entourées de boisés permettant la construction de nid et ayant des plantes alternatives disponibles, il n'est pas toujours nécessaire de compléter les butineurs indigènes puisqu'ils pourront être en quantité suffisante pour l'obtention de bon rendement (Eaton L. J. et Murray J.E. 1997).

Dans une bleuetière aménagée d'un milieu naturel, il est important de constater que nous retrouvons principalement deux espèces de bleuets nains en importance. Cependant, le fait que *V. angustifolium* soit une espèce autotétraploïde ($2n=4x=48$ chromosomes) et que *V. myrtilloides* soit une espèce diploïde ($2n=2x=24$ chromosomes), résultent en un blocage au niveau de la fécondation de la plante (Hokanson K. et Hancock J. 2001). Le pollen est cependant accepté par le stigmate et est acheminé vers le lieu de l'union des gamètes mâles et femelles où la fécondation avortera ce qui provoquera la mort d'une fleur potentielle à la mise à fruit. Par ailleurs, selon les probabilités statistiques, la présence de *V. myrtilloides* à 50 % entraîne un maximum de mise à fruit de 50% (Hall et Aalders 1961). Il est recommandé d'avoir une quantité maximale de *V. angustifolium* puisqu'il possède de meilleur rendement et ainsi, au fur et à mesure que le % de *V. myrtilloides* diminuera, il y aura moins d'avortement de fleurs. La valeur ajoutée d'insectes introduits perd de son efficacité lorsque les quantités de ces deux espèces sont présentes à 50%. Cependant, au fur et à mesure que le ratio de *V. angustifolium* augmente au dépend de *V. myrtilloides* le nombre de mise à fruit et le potentiel des abeilles introduites augmente (Free J.B. 1993).

Enfin, il est absolument nécessaire d'utiliser les butineurs les plus efficaces soit ceux de la super-famille des Apoidea qui permettront un pourcentage de mise à fruit satisfaisant par la pollinisation croisée. Auparavant, les seules insectes butineurs introduits et disponibles sur le marché étaient l'abeille domestique. Cependant, la non-spécificité à la culture de bleuet de cette abeille a longtemps été contestée. De plus, les diverses problématiques rencontrées de la part des éleveurs en Amérique du Nord depuis une vingtaine d'année dont le Varroa, ont fait chuter la disponibilité des ruches et ainsi augmenter leurs coûts de location. Face à cette pénurie éventuelle et à l'augmentation sans cesse croissante des surfaces cultivées ayant besoins de butineurs supplémentaires, d'autres insectes pollinisateurs ont été approchés. On retrouve sur le marché trois espèces

de pollinisateurs disponibles selon la région à des quantités et prix variables. Je vais comparer à l'aide de critères d'efficacité chacune d'entre elle (*Apis mellifera*, *Mégachile rotundata*, *Bombus impatiens*) ainsi que les insectes indigènes potentiels sur le rendement du bleuet nain.

4.3. *Comparaison de l'efficacité de la pollinisation des espèces de butineurs indigènes et introduites dans le bleuet nain*

En second lieu, je vais comparer les différentes espèces introduites et indigènes selon des critères de performance afin de mieux cibler les forces et les faiblesses de chacune qui influencent sur leur rendement à titre de butineur. Les insectes butineurs dont il sera mention seront décrits afin de mieux orienter le lecteur dans la complexité du monde des abeilles butineuses bénéfiques. Plusieurs espèces de plantes cultivées possèdent de courtes périodes de floraison printanières, dont les bleuetiers, *Vaccinium* spp. de la famille des Éricacées. Dans une étude menée au Saguenay / Lac Saint-Jean sur les pollinisateurs dans les fleurs de bleuetiers nains de cette région, les auteurs Morissette *et coll.* (1985), ont observé 46 espèces d'abeilles. Boulanger *et coll.* (1967) présentent une liste de 59 espèces d'abeilles indigènes associées aux bleuetiers nains des régions du Maine et de l'Est du Canada (Québec (Lac Saint-Jean), Nouvelle-Écosse, Nouveau-Brunswick et Terre-Neuve (Annexe II). L'activité des Apoïdes indigènes se caractérise par de courtes périodes de butinage synchronisées avec la période de floraison de leurs plantes-hôtes et la majorité des espèces printanières (Payette A. 2004). Ainsi toutes ces abeilles sont classifiées dans la super-famille Apoïde (les abeilles) et on dénote 6 familles ainsi que plusieurs genres.

4.3.1. *Description des différentes abeilles*

Les abeilles solitaires :

Dans la famille Andrenidae (les andrènes)

- Le genre *Andrena* spp (andrène vraie ou abeille des sables) : Espèces indigènes qui font leurs nids en creusant des tunnels dans le sol.

Dans la famille Halictidae (les Halictes)

- le genre *Halictus spp.* : Espèces indigènes semblables aux genres *Andrena* qui font leurs nids en creusant des tunnels dans le sol qui peut être utilisé par plusieurs conspécifiques.

Dans la famille Mégachilidae (abeilles découpeuses ou tapissières)

- le genre *Osmia spp.*, *Mégachile spp.* : Espèces indigènes qui nichent dans le sol ou dans une cavité naturelle et tapissent les parois des cellules de leur nid de boue, de résine ou de pulpe de feuilles.

Dans la famille des Apidae (apides)

- La sous-famille Xylocopinae (abeilles charpentières) : Espèces indigènes indésirables puisqu'elle n'est pas une très bonne pollinisatrice à cause de son comportement paresseux de butineuses. Elle perce un trou dans le bas de la corolle afin de voler le nectar avec sa glosse. Il n'y a donc aucun contact avec le stigmate ou aucun saupoudrage du pollen sur son corps. De plus, il y a eu adaptation des abeilles domestiques à utiliser ses trous pour collecter le nectar. Ainsi, plus la population de cette espèce est élevée moins grande sera l'efficacité de la pollinisation avec l'ajout de pollinisateur de l'espèce *Apis mellifera*.

Les abeilles grégaires :

Dans la famille des Apidae (apides)

La sous-famille Apinea :

- *Bombus spp.* (les bourdons) : espèces indigènes très efficaces vivant en agrégation. Les bourdons sont sociaux et les colonies comptent 3 castes : reines, mâles et ouvrières. Seule les reines qui se sont enfouies dans le sol et ont hibernées sont présentes au printemps.
- *Apis mellifera* (l'abeille domestique) : C'est une espèce exotique et introduite dans le bleuet nain. Elle est la plus connue des abeilles et elle est la plus largement utilisée à travers le monde et dans les bleuetières. La plupart nichent dans les ruches et la colonie contiennent trois castes : la reine, les ouvrières (les seules butineuses) et les faux-bourdons. De plus, elles sont productrices de miel et de cire commercialisable.

- *Bombus impatiens* (Bourdon fébrile) : C'est une espèce d'Amérique du Nord et introduite dans le bleuet nain. Elle a les mêmes avantages que le genre *Bombus* spp., mais peut être produite en grande quantité. Cependant sa durée de captivité ne peut dépasser une saison puisque par la suite les reines produites s'enfouissent dans le sol et selon les conditions émergent en quantité relative au printemps prochain.

Dans la famille des Mégachilidae

- *Mégachile rotundata* (abeilles découpeuses) : C'est une espèce exotique introduite dans le bleuet nain. Elle est facilement aménageable et peut être élevée d'année en année. Ainsi une autonomie peut être acquise vis-à-vis les fournisseurs d'abeilles.

4.3.2. Pollen ou nectar ?

Il y a une différence entre un insecte butineur de pollen et un insecte butineur à nectar. Certains insectes ne collectent que le nectar des glandes nectarifères de la fleur ou que le pollen ou qu'un mélange des deux. Ces deux régimes, riches en protéines pour le pollen et riches en glucides pour le nectar, sont destinés à l'autoconsommation, à la fabrication du nid, à l'élaboration de la nourriture pour la progéniture ou à la fabrication de miel et de cire. Dans le groupe de butineur à nectar, il y a *Apis mellifera* ainsi que *Mégachile rotundata* mâle et *Mégachile rotundata* femelle nouvellement sortie de son cocon. Cette dernière butine exclusivement du nectar à ses 3 premiers jours pour autoconsommation avant de s'accoupler. Par la suite, elle construit des nids pour ses progénitures qui contiendront une provision de nourriture qui sera constituée d'un mélange 64 % nectar et 36 % de pollen (Delaplane et Mayer 2000). Dans le deuxième type de butineur soit à pollen, on retrouve *Mégachile rotundata* femelle (qui construit ses nids), *Bombus impatiens* (la reine et les ouvrières) et les reines des espèces indigènes des familles suivantes : *Andrena* spp., *Halictus* spp., *Bombus* spp. Le groupe dans lequel appartient les butineurs est très important sur l'efficacité de la pollinisation soit le pourcentage de fleurs fécondées par visite (Tableau 4). On dénote plus de 85 % d'efficacité pour les butineurs à pollen en comparaison à moins de 25 % d'efficacité pour

les butineurs à nectar (Javorek S. K. et coll. 2002). Il est à noter que *B. impatiens* se comporte de la même façon que les espèces indigènes *Bombus spp.*

Tableau 4 : Fleurs de *V. angustifolium* butinées vierges (pourcentage) résultant à une fleur fécondée (Javorek S.K. et coll 2002).

Taxon	Nombre individus	Type de butineurs	Fleurs vierges visitées		
			Fécondées	non-fécondées	% fécondées
<i>Apis mellifera</i>	42	Nectar	10	32	24
<i>Mégachile rotundata</i> (♂)	54	Nectar	8	46	15
<i>Mégachile rotundata</i> (♀)	37	Nectar	7	30	19
<i>Mégachile rotundata</i> (♀)	47	Pollen	40	7	85
<i>Bombus spp.</i> (reines)	31	Pollen	30	1	97
<i>Bombus spp.</i> (ouvrières)	25	Pollen	23	2	92
<i>Andrena spp.</i>	27	Pollen	26	1	96
<i>Halictus spp.</i>	21	Pollen	18	3	85
Test (aucune abeille)	179	-----	179	169	6

Adapté Javorek S.K. et coll 2002

4.3.3. Critères morphologiques et comportementaux

Certains critères morphologiques et comportementaux viennent augmenter le nombre de grains pollen déposés par visite. Ainsi, un excellent pollinisateur sera pubescent, ayant des parties de son corps destinées au transport du pollen et possédant un lumen long (langue longue) afin de pouvoir atteindre facilement et rapidement le fond de la corolle où se loge les glandes nectarifères et les étamines contenant le pollen. Cette dernière caractéristique est importante puisque la corolle en forme de cloche des fleurs de *Vaccinium* peut être plus au moins longue et étroite selon les divers clones (Figure 3).



Figure 3 Exemple d'une corolle (ensemble des pétales) en forme de cloche d'une fleur de bleuet nain (Free 1993).

Adapté de Free 1993

Ceci est plus contraignant pour les grosses abeilles influençant sur la possibilité d'entrer à l'intérieur de la corolle d'où l'utilité de posséder un long lumen (tableau 5). L'insecte butineur doit être en mesure de transporter le pollen d'une fleur à l'autre afin d'effectuer

la pollinisation croisée avec succès. Ainsi, les différentes abeilles sont dotées d'appareils de transport de pollen (Tableau 5 et Figure 4).

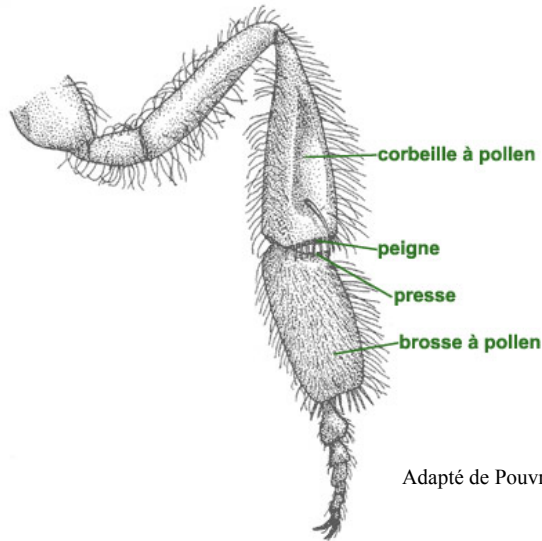


Figure 4 Patte postérieure d'*Apis mellifera* servant à transporter le pollen (Pouvreau A. 2004).

Adapté de Pouvreau 2004

Tableau 5 : Comparaison des différents critères des espèces à l'étude(Borrer D.J. et White R.E 1991, Javorek S.K. et coll. 2002, Pouvreau A. 2004).

Critères espèces	Butineur à pollen	Présence de poils	Longue langue	Sonification (buzz)	Appareils de transport de pollen
<i>Espèces introduites grégaire</i>		X			
Abeilles domestiques (<i>Apis mellifera</i>)		X			Tibia
Abeilles découpeuses (<i>Mégachile rotundata</i>)	X (femelle) plus de 3 jours	X			Abdomen (sternite)
Bourdons fébriles (<i>Bombus impatiens</i>)	X	X	X	X	Tibia
<i>Espèces indigènes</i>	X	X			Tibia (sauf *)
Abeilles solitaires Famille:					Propodeum, fémur, métatarse (sauf *)
Andrenidae	X	X			
Colletidae	X	X			+ jabot
Halictidae	X	X			+ trochanter
Mégachilidae	X	X			* Abdomen (sternite)
Bourdons Bombus spp.	X	X	X	X	

Le pollen sera transporté dans un appareil où il pourra facilement entrer en contact avec le stigmate (Stubbs C.S. et coll. 1994). Selon la famille et le genre, le pollen est stocké sur différentes parties du corps adaptés au transport. La morphologie des pattes composées de brosses et de plumes piègent le pollen dans des corbeilles. Cependant, pour la mégachile se sont des brosses ventrales qui assurent le transport du pollen. La quantité et la vitesse de pollen récolté par visite ou déposé sur le stigmate seront influencées par le comportement de l'insecte butineur. Ainsi, un excellent insecte butinera rapidement et secourra ``buzz`` la fleur pour permettre le relâchement d'un plus grand nombre de grains de pollen (Stubbs C.S. et coll. 1994). Les bourdons, *Bombus* spp, font vibrer les pores des anthères des Éricacées tel le bleuet ce que *A. mellifera* n'est pas capable de faire (Karmo 1974). Parmi les butineurs à pollen, seul *Mégachile rotundata* femelle ne fait pas vibrer la fleur pour retirer le pollen, mais cette espèce à des pourcentages de pollinisation et de dépôt similaires aux insectes butineurs de pollen (Javorek et coll. 2002). Suite à ces critères, chacune des espèces seront plus ou moins efficaces par rapport au critère de rendement soit sa vitesse de pollinisation et le nombre de tétrade de pollen déposés par visite (tableau 6 et 7). Il est à noter que chez les Éricacées les grains de pollen ne sont pas libres, mais regroupés en cellule de quatre (tétrade). Selon une étude, *B. impatiens* butine plus rapidement les fleurs de bleuets que *A. mellifera* et dépose plus de pollen à chaque visite (Stubbs et Drummond 1997a).

Tableau 6 : Tétrades de pollen déposés pour chaque une des visites d'insectes butineurs sur une fleur vierge de *V.angustifolium*.

Taxon	Nombre individus	Type de butineur	Tétrades de pollen déposés / visite		
			Moyenne	écart-type	représentative
<i>Apis mellifera</i>	10	Nectar	11.7	± 1.7	5-20
<i>Mégachile rotundata</i> (♂)	8	Nectar	11.6	± 1.4	6-17
<i>Mégachile rotundata</i> (♀)	7	Nectar	12.9	± 1.4	7-19
<i>Mégachile rotundata</i> (♀)	40	Pollen	27.8	± 1.6	8-61
<i>Bombus</i> spp. (reines)	30	Pollen	50.6	± 3.1	28-107
<i>Bombus</i> spp. (ouvrières)	23	Pollen	34.3	± 1.9	21-51
<i>Andrena</i> spp.	26	Pollen	46.2	± 2.7	20-92
<i>Halictus</i> spp.	18	Pollen	25.8	± 1.9	12-44
Test(fleurs non butinées)	10	-----	1.3	± 0.2	1-2

Adapté Javorek S.K. et coll. 2002

Tableau 7 : La moyenne de fleurs visitées par minute pour les insectes butineurs sur une culture de bleuets nains commerciale.

Taxon	Nombre individus	Type de butineur	Fleurs visitées / minute		
			Moyenne	écart-type	représentativité
<i>Apis mellifera</i>	27	Nectar	8.0	± 0.4	3-13
<i>Mégachile rotundata</i> (♂)	28	Nectar	4.1	± 0.3	1-7
<i>Mégachile rotundata</i> (♀)	25	Nectar	4.3	± 0.3	1-7
<i>Mégachile rotundata</i> (♀)	29	Pollen	7.6	± 0.3	3-11
<i>Bombus spp.</i> (reines)	33	Pollen	12.8	± 0.5	7-16
<i>Bombus spp.</i> (ouvrières)	21	Pollen	11.2	± 0.6	5-15
<i>Andrena spp.</i>	22	Pollen	7.2	± 0.3	4-10
<i>Halictus spp.</i>	12	Pollen	6.1	± 0.3	4-8

Adapté Javorek S.K. et coll. 2002

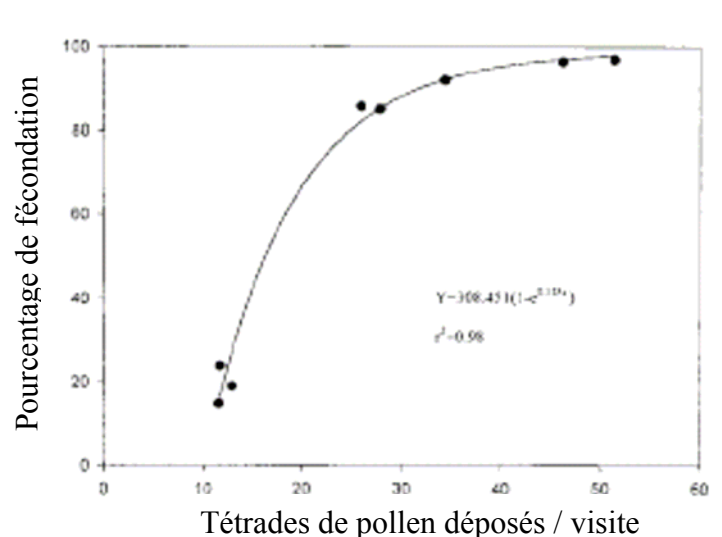
Il est important de mentionner que la vitesse de butinage n'est pas reliée au type de butineur puisque *Apis mellifera* butine le nectar à la même vitesse moyenne que les familles *Andrena spp.* et *Halictus spp.* ainsi que l'espèce *Mégachile rotundata* femelle butineur de pollen (Javorak et coll. 2002). Si on combine la vitesse de pollinisation par minute et le % de fécondation par visite, on obtient pour les butineurs à pollen un ratio de 12.4 fleurs fécondées / minute pour les reines de *Bombus spp.*, 10.3 fleurs fécondées / minute pour les ouvrières de *Bombus spp.*, 6.9 fleurs fécondées / minute pour *Andrena spp.*, 6.5 fleurs fécondées / minute pour *Mégachile rotundata* femelle, 5.2 fleurs fécondées / minute pour *Halictus spp.* (Javorak et coll. 2002). On obtient des rendements beaucoup plus faibles pour les butineurs à nectar soit un ratio 1.9 fleurs fécondées / minute pour *Apis mellifera* ainsi que 0.7 et 0.8 fleur fécondée / minute pour *Mégachile rotundata* mâle et femelle (Javorak et coll. 2002) (Tableau 8).

Tableau 8 : La moyenne de fleurs fécondées par minute pour chacun des butineurs.

Taxon	Type de butineur	Fleurs fécondées/ minute
<i>Apis mellifera</i>	Nectar	1.9
<i>Mégachile rotundata</i> (♂)	Nectar	0.7
<i>Mégachile rotundata</i> (♀)	Nectar	0.8
<i>Mégachile rotundata</i> (♀)	Pollen	6.5
<i>Bombus spp.</i> (reines)	Pollen	12.4
<i>Bombus spp.</i> (ouvrières)	Pollen	10.3
<i>Andrena spp.</i>	Pollen	6.9
<i>Halictus spp.</i>	Pollen	5.2

Adapté Javorek S.K. et coll. 2002

La grosseur du fruit sera influencée par le nombre de tétrades déposées, ainsi à cause de l'irrégularité des faibles dépôts de *Mégachile rotundata* mâles et d'*Apis mellifera* contribueront à faire des fruits plus petits (Javorak et coll. 2002). La figure 5 nous démontre bien l'importance de la quantité de tétrades de pollen déposées sur le pourcentage de fécondation. Bref, on peut caractériser chacune des abeilles selon des critères morphologiques et comportementales qui auront une influence sur la vitesse de pollinisation et le nombre de tétrades de pollen déposées et ainsi une corrélation sur le nombre de fleurs fécondées et leurs grosseurs.



Adapté Javorek S.K. et coll. 2002

Figure 5 Relation entre le pourcentage de fécondation et le nombre de tétrades de pollen déposés par les abeilles à chaque visite d'une fleur de *V. angustifolium* (Javorek S.K. et coll. 2002).

4.3.4. Les conditions météorologiques du butinage

Les insectes butineurs sont également plus ou moins adaptés aux conditions météorologiques du milieu, ce qui influencera sur le nombre d'heure de butinage lors de la pollinisation. Ainsi, son émergence et le stade adulte du butineur doivent être synchronisés avec la floraison de *Vaccinium spp.* (Stubbs C.S. et coll. 1994). La période d'activité de butinage devra être courte, soit idéalement la période de floraison du bleuet (Stubbs C.S. et coll. 1994). Le butinage devra être possible sous des conditions de température fraîche, sous la présence de vent, sous des conditions nuageuses, ou sous une

pluie qui caractérisent le printemps (Stubbs C.S. et coll. 1994). L'insecte butineur devra bien s'adapter aux conditions environnantes de la culture du bleuet (Stubbs C.S. et coll. 1994). Voici quelques données prises à la haute Côte-Nord sur les pics d'activités des différents insectes (Desjardins et de Oliveira, 2006; données non-publiées). L'activité du bourdon est bi modale sur un cycle de 12h, donc est constitué de deux pics d'activité soit le matin et l'après-midi. Le midi la température devient trop élevée et l'insecte préfère ralentir son activité de butinage. De plus, le bourdon peut commencer son activité à une température minimale de 9°C. Cet envol à une température aussi basse est possible grâce à sa thermorégulation qui lui permet de faire vibrer les muscles de ses ailes pour se réchauffer. L'abeille domestique à une activité uni modale d'une durée de 9 h et débute son activité de butinage à une température minimale de 14°C. Pour ce qui est de l'abeille découpeuse son cycle est uni modale et sa température minimale de butinage est de 18-20°C. Il est important de mentionner que son activité sera corrélée avec la luminosité. Pour les espèces indigènes leurs caractéristiques ressemblent à celles du bourdon car elles sont adaptées au milieu et peuvent butiner à de basses températures et sur une plus longue période. Soulignons que ceci est une moyenne et les espèces introduites sont plus sensibles aux intempéries telles que la pluie et le vent. Cependant, les bourdons semblent beaucoup moins sensibles que les abeilles domestiques. Étant donné que *Mégachile rotundata* est régénérée à chaque année par la conservation des cocons produits au cours de la saison, au fil des ans les nouvelles progénitures ont la possibilité de s'adapter aux conditions climatiques propres du milieu (Javorek et MacKensie 1994). Les conditions météorologiques telles que la pluie, la vitesse du vent, le temps nuageux et la température de l'air influencent l'activité pollinisatrice de l'abeille domestique et de l'abeille découpeuse (Eaton et Javorak 1993).

4.3.5. *Distance de butinage et fidélité à la culture*

Afin de s'assurer que la pollinisation sera adéquate, l'insecte butineur doit préférer les plantes de *Vaccinium spp.* plutôt que les autres espèces florales disponibles, et les progénitures doivent être en mesure de bien se développer sous un régime de nectar et pollen de cette espèce (Stubbs C.S. et coll. 1994). Il doit également butiner quelques fleurs et se déplacer sur un autre clone afin de favoriser la pollinisation croisée (Stubbs

C.S. et coll. 1994). La nidification doit être effectuée près de la culture et la distance de vol sera limitée afin de conserver les pollinisateurs sur la parcelle (Stubbs C.S. et coll. 1994).

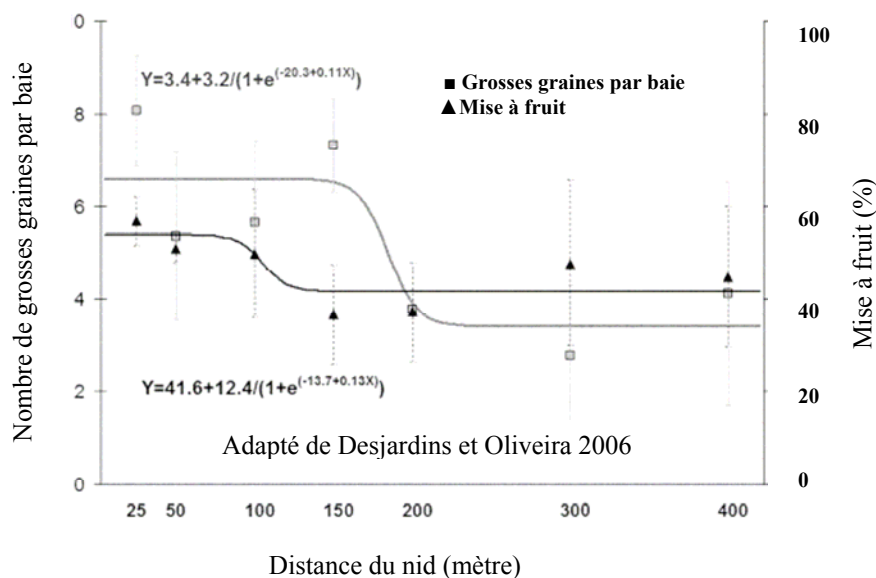


Figure 6 Tendence du nombre de grosses graines par baie et le pourcentage de mise à fruit par rapport à la distance du nid des colonies de *Bombus impatiens*.

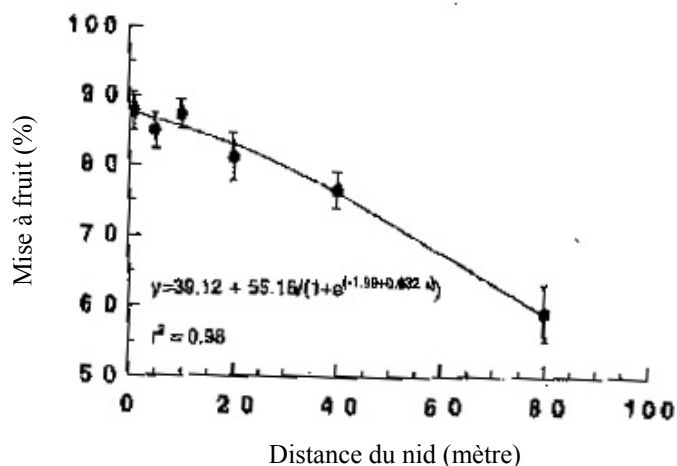
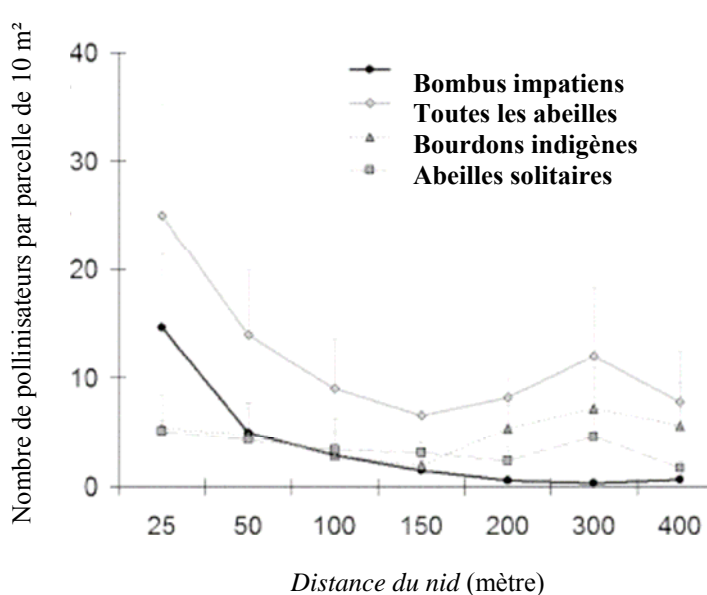


Figure 7 Relation entre le pourcentage de mise à fruit et la distance du nid en mètre de *Mégachile rotundata*.

Toutes les espèces démontrent des caractéristiques particulières qui favorisent ou non une bonne pollinisation (Tableau 9). Selon une étude on constate une très grande fidélité de *B. impatiens* pour le pollen de *Vaccinium spp.* soit 87.5 % (Whidden 1996). Dans l'étude de Stubbs et Drummond (2001), *B. impatiens* a récolté et transporté au nid 89 % de pollen de *V.angustifolium*. La fidélité d'*Apis mellifera* demeure relativement faible puisqu'elle peut parcourir plusieurs kilomètres pour aller chercher sa nourriture. Ainsi, on observe qu'*Apis mellifera* ne préfèrent pas *V. angustifolium* lorsqu'il y a présence d'autres espèces de fleurs alternatives. La fidélité de *Mégachile rotundata* est très élevée soit 75 % de la composition de la nourriture pour les larves est composé de 80 % de pollen de *Vaccinium spp.* (Mackensie et coll. 1997). Les distances de pollinisation de *Mégachile rotundata* est de 120 mètres autour du nid et les espèces indigènes ne volent que sur de courtes distances ce qui favorise la fidélité à la culture. La *Mégachile rotundata* se concentre sur une distance de 90 mètres et la mise à fruit est corrélée par rapport à la distance du nid (Stubbs et Drummond 1997c)(figure 7).



Adapté de Desjardins et Oliveira 2006

Figure 8 Densité de pollinisateurs à différente distance à partir des nids de *Bombus impatiens*.

Au fur et à mesure que la population de bourdons fébriles s'éloignent du nid, il y a décroissance progressive du nombre d'individu jusqu'à une distance de 400 mètres

(Desjardins et Oliveira 2006)(figure 8). La concentration de butineurs de *Bombus impatiens* est située dans la zone de 0 à 150 mètres du nid. Cette proximité assure une fidélité à la culture. De plus le nombre de grosses graine et le pourcentage de mise à fruit sera supérieure jusqu'à une distance de 150 mètres.(Desjardins et Oliveira 2006) (figure 6). *Apis mellifera* peut voler jusqu'à une dizaine de kilomètres pour obtenir d'autres ressources florales ce qui diminuent sa fidélité.

Tableau 9 : Comparaison des critères de performance des différents butineurs.

Critères espèces	Température de butinage	Heure de butinage dans une journée	Distance entre le nid et la ressource floral	Fidélité à la culture
Espèces introduites grégaires :				
Abeilles domestiques (<i>Apis mellifera</i>)	14°C	9 heures	Plusieurs kilomètres	Faible fidélité
Abeilles découpeuses (<i>Mégachile rotundata</i>)	17 –18 °C	6 heures	Maximum de 120 m	Très grande fidélité
Bourdons fébriles (<i>Bombus impatiens</i>)	9°C	12 heures	Maximum de 400m	Très grande fidélité
Espèces indigènes solitaires :				
<i>Bombus spp.</i> <i>Andrena spp.</i> <i>Halictus spp.</i>	9°C	12 heures	Très faible distance	Très grande fidélité

Desjardins et Oliveira 2006, Pouvreau 2005, Stubbs et Drummond (1997d, 2001), Aras et coll. 1996

4.3.6. La quantité / prix des insectes introduits

Après avoir comparé les butineurs sous les facteurs morphologiques et comportementaux ainsi que sous les aspects météorologiques, il est important maintenant de les comparer en terme de quantités disponibles versus le prix. Ainsi les nids aménagés devraient être fabriqués soi-même avec les matériaux disponibles sur place à bas prix (Stubbs C.S. et coll. 1994). Les insectes butineurs devraient être grégaires et permettre leur élevage par les apiculteurs (Stubbs C.S. et coll. 1994). Chaque femelle doit construire plusieurs nids avec un ratio de femelles plus élevé afin d'assurer une augmentation de la population et parce que les femelles sont des meilleures butineuses que les mâles (Stubbs C.S. et coll. 1994). Les mâles doivent également butinés les fleurs (Stubbs C.S. et coll. 1994). Un niveau de maladies et de parasites acceptables dans les espèces aménagés ou pouvant être facilement enrayés par des traitements (Stubbs C.S. et

coll. 1994). Les insectes butineurs doivent être disponibles maintenant selon l'espèce, le lieu et la période de la demande par rapport à l'offre (Stubbs C.S. et coll. 1994).

Les espèces indigènes sont donc les moins dispendieuses puisqu'elles sont présentes de façon naturelle dans les bleuetières. Des aménagements de nids artificiels peuvent être fabriqués à bas prix pour augmenter leur population. Malgré ces efforts, les insectes indigènes demeurent relativement rares et insuffisants pour soutenir une bonne mise à fruit du bleuet nain. Cependant, elles doivent être calculées afin de bénéficier de leur travail à leur juste valeur. Ainsi, nous comparons les trois espèces introduites afin d'évaluer la meilleure espèce par rapport à la quantité /prix. Tout d'abord, plusieurs études ont permis de déterminer la quantité nécessaire à l'acre pour chacun de ces butineurs. La quantité d'abeilles domestiques est calculée selon la quantité de ruche introduite. Cependant, il est important d'avoir une ruche forte puisqu'elle peut équivaloir jusqu'à 4 ruches faibles (De Oliveira 1995). Une ruche forte contient entre 15000 et 20000 abeilles par hausse. Elle contiendra 2 hausses de 10 cadres chacune et ainsi 8 cadres de couvain prêts à éclore sur une possibilité de 20 cadres. De plus, une ruche en santé aura lors de conditions de température et d'humidité adéquates, une bonne circulation des abeilles qui entrent et sortent de la ruche. Le nombre de ruches à introduire peut être calculé par une technique d'observation de 10 échantillons de 1 m² d'une durée de 5 min par échantillon. S'il y a au cours de la fleuraison par temps ensoleillé en moyenne plus de 2.4 abeilles/m², il n'est pas nécessaire d'ajouter des ruches d'abeilles tandis que si il y a moins de 0.5 abeille /m², il y aura ajout de 5 ruches /acre. Les densités pour les observations sont présentées au tableau 10.

Tableau 10 : Densité de ruche à l'acre selon les observations au champ.

Observation (moyenne de 10 échantillons)	Ajout de ruches d'abeilles domestiques
Plus de 2.4 abeilles /m ²	Aucune ruche
S'il y a de 2 à 2.3 abeilles /m ²	1 ruche / acre
S'il y a de 1.3 à 1.9 abeilles /m ²	2 ruches / acre
S'il y a de 0.6 à 1.2 abeilles /m ²	4 ruches / acre
S'il y a moins de 0.5 abeille /m ²	5 ruches /acre

Adapté de Savoie et coll. 1996

Pour les abeilles découpeuses (*Mégachile rotundata*), les quantités introduites varient de 14000 à 22000 mégachiles / acre. Ces abeilles sont placées dans des abris, le plus souvent

dans des dômes de polyéthylène puisqu'il possède une bonne capacité de réchauffement et une très bonne durabilité. Un abri équivaut à 4 à 5 acres et renferment de 10 à 12 panneaux. Chaque panneau contient 1 gallon de mégachiles et chaque gallon contient 10 000 mégachiles. Bref, un abri contient 10 x 10000 mégachiles = 100 000 mégachiles / 5 acres, donc pour une densité moyenne de 20000 mégachiles /acre.

Pour les bourdons fébriles (*Bombus impatiens*), il est recommandé d'ajouter 3-4 colonies / acre si il y a aucun insectes indigènes. Les bourdons sont vendus en quad ce qui équivaut à 4 colonies. Une colonie est constituée d'une reine et en environs 200 ouvrières ainsi que quelques bourdons immatures (reines, mâles et ouvrières). Il y aura donc un maximum de 800 bourdons /acre. L'ajout de 1 colonie / acre sera suffisant si il y a 1.1 abeille indigène par m² par minute.

Le prix doit être déterminé par acre en comparant les différents pollinisateurs à une densité permettant d'obtenir les mêmes rendements. Ainsi, lors de ma journée à Forestville, M. Guy Grenon nous a informés sur les prix des différents butineurs introduits et de la quantité moyenne nécessaire par hectare pour une bleuétière de la Côte Nord.

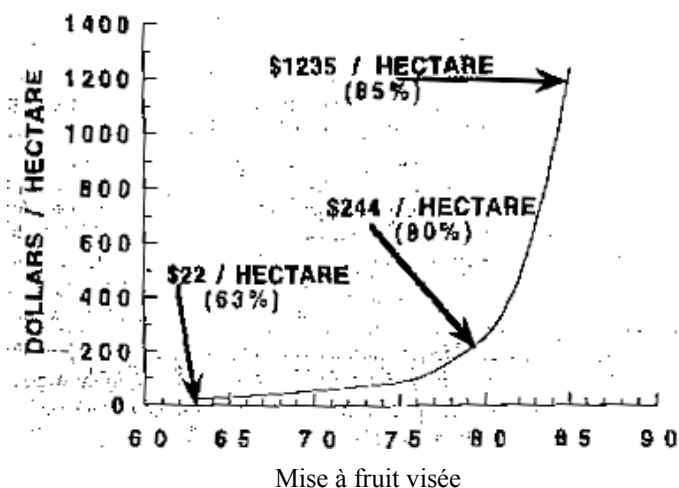
Tableau 11 : Calcul du coût des abeilles introduites dans la région de la Côte Nord

Insecte	Quantité / ha	Coût par unité	Total
Abeilles domestiques	2 ruches	115 \$/ ruche	230 \$
Bourdons fébriles	1 quad / 1.2 ha	303 \$ du quad	250 \$
Abeilles découpeuses		225 \$ /ha *	225 \$

Adapté de Grenon MAPAQ 2006

Évidemment le calcul des coûts de la *Mégachile rotundata* diffère des deux autres insectes puisqu'elles sont régénérées selon des taux différents d'année en année et d'un producteur à l'autre. Ainsi, on obtient des coûts fixes et variables pour la *Mégachile rotundata* et des amortissements de l'équipement acheté pour les abriter, les extraire, les conserver et les incubes (Annexe III). Le prix moyen des *Mégachile rotundata* acheté au gallon dans l'ouest canadien est .5 cents par mégachile soit environ 50 à 60 \$ le gallon. Tandis que, les ruches sont loués par contrat selon le prix en cours d'année et les quad des bourdons fébriles sont achetés annuellement et ne peuvent être récupérés. Selon les études de Stubbs et Drummond 1997c, le coût par hectare des mégachiles ont été évalués

selon la quantité nécessaire à hectare par rapport à la mise à fruit visée. Ainsi, une mise à fruit visée de 80 % correspond à 244\$ / hectare. (figure 11)



Adapté de Stubbs et Drummond 1997c

Figure 11 Relation entre le prix à l'hectare et le pourcentage de mise à fruit visée pour *Mégachile rotundata*

Les prix fluctuent d'année en année selon les disponibilités des insectes butineurs. Il est toutefois intéressant de mentionner que les *Mégachile rotundata* nécessite un coût d'achat plus élevé pour les équipements mais les producteurs utilisant ces insectes bénéficient d'une autonomie vis à vis le marché et peuvent régénérer une bonne partie de leurs butineurs. Un autre facteur très important est le taux de maladie de chacun des insectes introduits. Il est intéressant de mentionner que les contrats entre les apiculteurs et les producteurs de bleuets signalent que les apiculteurs doivent fournir des ruches ou des quads en santé, mais les producteurs sont responsables des dommages causés aux ruches par les animaux sauvages. Seul les mégachiles devront portés attention aux maladies étant donnés que le producteur est aussi l'éleveur de ces butineurs(tableau 12). On peut également mentionner que le nombre d'heures consacrées à la régie des mégachile est beaucoup plus élevé puisqu'il faut déplacer les dômes après la pollinisation du bleuets vers des ressources florales alternatives pour s'assurer un taux de récupération maximale des *Mégachile rotundata*. Aussi plusieurs heures supplémentaires sont nécessaires pour la régie de la conservation et de l'incubation en comparaison avec les producteurs qui

utilisent les abeilles ou les bourdons. Par contre, un avantage serait que le producteur peut synchroniser son incubation avec le début de la floraison et n'est pas dépendant de la livraison de l'apiculteur. Les maladies telles le varroa, l'invasion des abeilles africaines et la baisse des profits des producteurs d'abeilles ont engendré une baisse de stocks disponibles au producteur et une augmentation substantielle des prix pour la location de ruche (Stubbs et coll. 1994, Stubbs et Drummond 1997b, Whidden 1996).

Tableau 12 : Critères de rendement du rapport quantité / prix des butineurs introduits.

Insecte	disponibilité	Maladie assumée par	Coût
Abeilles domestiques	variable	L'éleveur	Selon le marché
Bourdons fébriles	faible	L'éleveur	Assez élevé
Abeilles découpeuses	élevé	Le producteur	Constant mais coût d'équipements supplémentaires

(Grenon G. MAPAQ 2006 donnée non-publiée)

Si on récapitule pour chacun des pollinisateurs, on dénote que le Bourdon fébrile semble le mieux adapté physiologiquement par sa pubescence, son long lumen, ses tibias adaptés au transport du pollen et son comportement de butineurs pour faire secouer la fleur permet d'être le plus efficace au niveau de la vitesse de butinage et la quantité de pollen déposée. Il peut également bien s'adapter aux conditions climatiques difficiles avec une température de butinage basse et une longue période journalière de butinage. Il est très fidèle à *Vaccinium spp.* Il doit être acheté année après année et son coût est pour le moment plus élevé que *Apis mellifera*. Il est également à noter que le nombre d'individus à l'acre est le moins élevé. Il est par contre moins disponible sur le marché.

On remarque que pour l'espèce *Mégachile rotundata*, elle possède une adaptation de butinage permettant de déposer une grande quantité de pollen. Elle a l'avantage d'être numériquement élevée si on compare le nombre d'individu par m². Elle est très disponible et peut s'adapter aux conditions environnantes. Elle est également cultivée année après année ce qui permet une régénération et une autosuffisance. Par contre sa faiblesse est au niveau des coûts d'aménagement et de conservation ainsi au niveau du temps de travail consacré.

On remarque que pour l'espèce *Apis mellifera*, elle fut la première utilisée et la plus répandue dans les bleuetières. Par contre, sa faible efficacité au niveau de la pollinisation et sa faible fidélité à *Vaccinium spp.* font en sorte qu'elle n'est pas la

meilleure pollinisatrice. Cependant, la performance individuelle faible est compensée par la quantité introduite. De plus, elle demande peu de temps de travail et est pour l'instant la moins onéreuse par acre.

On remarque que les insectes indigènes sont très efficaces, fidèle à la culture, bien adapté aux conditions météorologiques et leurs coûts sont nuls. Par contre, leur faible densité et leur variation d'année en année n'assurent pas une pollinisation suffisante.

5. CONCLUSION :

Finalement, l'hypothèse de départ qui stipulait que la productivité du bleuet nain est en corrélation avec la présence de pollinisateurs importés et avec l'aménagement du territoire pour favoriser les pollinisateurs indigènes est confirmée. La pollinisation croisée du bleuet nain est primordiale et les insectes pollinisateurs contribuent pour environ 90 % de la mise à fruit. L'aménagement des bleuetières et les pratiques culturales contribuent à l'augmentation du nombre de fleur/ acre, mais réduit le nombre de pollinisateurs indigènes par la réduction de fleurs alternatives ou d'habitats. L'introduction d'insectes exotiques butineurs demeure la solution pour assurer un rendement satisfaisant. Les insectes butineurs exotiques doivent être introduits pour des quantités de mise à fruit inférieures à 30 %. Ces insectes exotiques et indigènes peuvent être comparés selon des critères de performance de pollinisation. Ces critères étaient d'ordre morphologique, comportemental, activités de butinage, fidélité et distance de butinage. Par la suite, il est primordial d'analyser ces espèces selon la quantité à introduire et leur coût qui auront évidemment une influence sur le rendement. Il est important de mentionner que chaque production de bleuet est unique et possède des caractéristiques propres. Il est très important de bien analyser cas par cas afin de s'assurer du bon choix des pollinisateurs et de leur quantité. Prenons par exemple la Côte Nord, il y a une émergence des producteurs de bleuet nain. Cependant, le nombre d'éleveur d'abeilles et de bourdons est très faible et les quantités disponibles sont insuffisantes et le prix est plus élevé qu'ailleurs. C'est pour cela que le MAPAQ et le club-conseil de la région ont sensibilisé les producteurs de bleuets à la *Mégachile rotundata* afin de s'assurer un approvisionnement continu à un coût sensiblement le même que l'abeille domestique. Bref, dans le futur il serait également intéressant de s'intéresser à d'autres

espèces indigènes butineuses du bleuet nain ayant de bons critères de performances de pollinisation et ainsi pouvoir l'élever en nombre suffisant.

ANNEXE I

Les facteurs de rendement à considérer lors de la régie de culture

ANNEXE II

Tableau des insectes indigènes retrouvés dans la culture du bleuet nain

Tableau des insectes butineurs indigènes du bleuets nain. (Morrissette et coll. 1985)

	Colletidae
<i>Colletes consors mesocopus</i> Swenk	<i>Hylaeus modestus modestus</i> Say
<i>Colletes inaequalis</i> Say	
	Andrenidae
<i>Andrena algida</i> Smith	<i>Andrena kalmia</i> Atwood
<i>Andrena bipunctata</i> Cresson	<i>Andrena lata</i> Viereck
<i>Andrena bradleyi</i> Viereck	<i>Andrena miserabilis bipunctata</i> Cresson
<i>Andrena carlini</i> Cockerell	<i>Andrena nivalis</i> Smith
<i>Andrena carolina</i> Viereck	<i>Andrena planida placida</i> Smith
<i>Andrena ceanothi</i> Viereck	<i>Andrena regularis</i> Malloch
<i>Andrena clarkella</i> (Kirby)	<i>Andrena rufosignata</i> Cockerell
<i>Andrena crataegi</i> Robertson	<i>Andrena sigmundi</i> Cockerell
<i>Andrena cressonii</i> Robertson	<i>Andrena thaspis</i> Graenicher
<i>Andrena frigida</i> Smith	<i>Andrena vicina</i> Smith
<i>Andrena grandior</i> Cockerell	<i>Andrena wilkella</i> (Kirby)
	Halictidae
<i>Halictus confusus</i> Smith	<i>Dialictus cressonii</i> (Robertson)
<i>Halictus rubicundus</i> (Christ)	<i>Dialictus disabanci</i> Knerer & Atwood
<i>Lasioglossum athabascense</i> (Sandhouse)	<i>Dialictus imitatus</i> (Smith)
<i>Lasioglossum forbesii</i> (Robertson)	<i>Dialictus pilosus pilosus</i> (Smith)
<i>Evylaeus arcuatus</i> (Robertson)	<i>Dialictus viridatus</i> (Lovell)
<i>Evylaeus cincipes</i> (Provancher)	<i>Augochlora pura pura</i> (Say)
<i>Evylaeus comagenensis</i> Knerer and Atwood	<i>Augochlorella striata</i> (Provancher)
<i>Evylaeus divergens</i> (Lovell)	<i>Sphecodes cressoni</i> (Robertson)
<i>Evylaeus foxii</i> Robertson	<i>Sphecodes persimilis</i> Lovell & Cockerell
<i>Evylaeus macoupinensis</i> Robertson	<i>Sphecodes ranunculi</i> Robertson
<i>Evylaeus quebecensis</i> (Crawford)	<i>Sphecodes solinis</i> Graenicher
	Megachilidae
<i>Megachile melanophoea</i> Smith	<i>Osmia inspergens</i> Lovell & Cockerell
<i>Osmia atriventris</i> Cresson	<i>Osmia proxima</i> Cresson
<i>Osmia inermis</i> (Zetterstedt)	<i>Osmia tersula</i> Cockerell
	Anthophoridae (see Roig-Alsina and Michener, 1993)
<i>Nomada cressonii</i> Robertson	<i>Nomada lepida</i> Cresson
	Apidae: Bombinae
<i>Bombus borealis</i> Kirby	<i>Bombus terricola</i> Kirby
<i>Bombus fervidus</i> (Fabricius)	<i>Bombus vagans vagans</i> Smith
<i>Bombus rufocinctus</i> Cresson	<i>Psithyrus ashtoni</i> (Cresson)
<i>Bombus perplexus</i> Cresson	<i>Psithyrus fernaldae</i> Franklin
<i>Bombus sandersoni</i> Franklin	<i>Psithyrus insularis</i> (Smith)
<i>Bombus ternarius</i> Say	

Adapté de Free J.B. 1993

ANNEXE III

Les coûts d'implantation de *Mégachile rotundata*

Les aspects financiers de cette régie de pollinisation

Construction d'un incubateur tout équipé(10'x 12'x 8')= 5000\$ et plus

Achat des

- 1.dômes = 250 à350 \$
- 2.des plateaux d'incubation = 25 \$
- 3.des nids = 35 \$
- 4.des cocons = 55 à65 \$ du gallon
- 5.extracteur de cocons = mécanique 4750 à8500 \$ ou manuel = 1000\$
- 6.culbuteur de cocons = 300 à4800 \$
- 7.bloc de roulement = 995 \$

Calcul investissement pour 1 hectare récolté;

1 dôme pour 2 ha = \$ 350 / 2ha = \$ 175/ ha
5 nids / ha = 175 \$
3 plateaux incubation (2 gallons / plateau)= 75 \$
5 gallons mégachiles / ha = 300 \$
Total = \$ 725/ ha récolté

Amortissement sur 10 ans excluant les mégachiles 425 \$ = 42.50 \$/ ha/an

Récupération mégachiles 40 % = 2 gallons x 60 \$ = 120 \$

Pour 1 hectare = 42.50 \$ + 180 \$ = 222.50 \$ / ha/ an

Si 60 % de récupération = 3 gallons x 60 \$ = 180 \$

Pour 1 ha = 42.50 \$ + 120 \$ = 162.50 \$/ ha/ an

Si 80 % de récupération = 4 gallons x 60 \$ = 240 \$

Pour 1 ha = 42.50 \$ + 60 \$ = 102.50 \$/ ha/ an

Grenon G. MAPAQ 2006 donnée non-publiée

BIBLIOGRAPHIE :

- ARAS, P., D. DE OLIVEIRA et L. SAVOIE. 1996, «Effect of a honey bee (Hymenoptera: Apidae) Gradient on the pollination and yield of lowbush blueberry», *J.Econ.Entomol.*, 89(5): p. 1080-1083
- BORROR D.J. et R.E. White 1991, « Le guide des insectes du Québec et de L'Amérique du Nord.», *Les guides Peterson*, éd. Broquet, Canada, pp 354-361
- BOULANGER L.W. et coll. 1967, « Native bees associated with the lowbush blueberry in Maine and eastern Canada», *Maine agr. Expt. Sta. Tech. Bul.* 26, 22 pp.
- CHANDLER F.B et I.C. MASON. 1935. « Blueberry pollination», *Maine Agr. Expt. Sta. Bul.* 380, p. 215-216
- CHIASSEON G. et J. ARGALL 1996, «Determining percent fruit set in wild blueberry fields.», Department of Agriculture & Rural Development, *fiche technique* B 2.0.
- DELAPLANE K.S et D.F. MAYER 2000, «Crop pollination by bees.», ed. CABI publishing, New York, p 169-181
- De OLIVEIRA D. 1995, «Contribution des insectes pollinisateurs à la mise à fruit et au rendement dans les bleuetières de la Sagamie.», *Rapport du projet* SE-081
- DE OLIVEIRA D.1997, «Insect pollinators and integrated production management.», *Acta Hort.*437, ISHS 1997, p. 385-389
- DESJARDINS E.C. et D. DE OLIVEIRA 2006, «Commercial Bumble bee *Bombus impatiens* (Hymenoptera : Apidea) as a pollinator in lowbush blueberry (Ericale : Ericaceae) fields.», *J. Econ. Entomol.* 99 (2), p. 443-449.
- EATON, L. J. et S. Javorek. 1993, « Pollination of lowbush blueberry.», *Maritime beekeepers association summer tour*, Antigonish, N.S., July 23-24.
- EATON, L. J. et E.J. Murray. 1997, « Relationships of pollinator numbers in blueberry fields to fruit development and yields.», *Acta Hort.* 446, ISHS 1997, p. 181-188.
- FREE, J.B. 1993, « Insect Pollination of Crops.», *Academic Press*, NY, 684 pp.
- HALL I.V. et L.E AALDERS. 1961, «Note on male sterility in the common lowbush blueberry *Vaccinium angustifolium* Ait.», *Canadian journal plant science* 41, p. 865
- HOKANSON, K. et J. HANCOCK. 2000, «Early-acting inbreeding depression in three species of *Vaccinium* (Ericaceae)», *Sex Plant Reproduction*, (2000), vol. 13, p.145–150

JAVOREK, S. et K. MACKENZIE 1994, « Alfalfa Leafcutter Bees Pollinate Lowbush Blueberry. », *Agriscopes* Vol 4. No 2, p 1- 2.

JAVOREK, S., K. MACKENZIE et S.P. VANDER KLOET. 2002, «Comparative Pollination Effectiveness Among Bees (Hymenoptera: Apoidea) on Lowbush Blueberry (Ericaceae: *Vaccinium angustifolium*)», *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 95(3): p. 345-351

JORDAN, C. 2003, « Pollination Demonstration Plots in P.E.I. Lowbush Blueberry Fields», agriculture et foresterie, île du prince Edward, Farm extension service.

KARMO, E.A 1974, «Blueberry pollination-problems», possibilities N.S., Department Agricola Marketing Pub 109

LOMOND D. et D.J. LARSON 1983, « Honey bees, *Apis mellifera* (Hymenoptera : Apoidea), as pollinators of lowbush blueberry, *Vaccinium angustifolium*, on Newfoundland coastal barrens. », *Canadian entomologist* 115, pp 1647-1651

MACKENZIE K., S. JAVOREK et D. ROGERS 1997, «The alfalfa leafcutting bee, *Megachile rotundata* Fabr.: an alternative managed pollinator of lowbush blueberry.», *Acta Hort.* 446, ISHS 1997, p. 87-90.

MORISSETTE, R., A. FRANCOEUR et J.-M. PERRON. 1985, «Importance des abeilles sauvages (Apoidea) dans la pollinisation des bleuetiers nains (*Vaccinium spp.*) en Sagamie, Québec.», *Rev. Entomol. du Québec* 30, p. 44-53.

PAYETTE A., « Biodiversité et conservation des abeilles dans les bleuets.», Insectarium de Montréal, *Colloque sur le bleuet nain semi-cultivé*, Dolbeau-Mistassini, Québec, MAPAQ, Club conseil bleuet, 24 mars 2004.

POUVREAU A 2004, «Les insectes pollinisateurs», éd. Delachaux et Niestlé, Paris, pp189.

PRITTS, M.P. 1997, «Impacts of cultivation practices on pollination of *Vaccinium spp.*», *Acta Hort.* 446, ISHS 1997, p. 91-95

SAVARD, J et G. SAVARD. 2003, «La pollinisation du bleuetiers nains par la *Mégachile rotundata*.», *Projet d'innovation technologique 2002*, Direction régionale du Saguenay-Lac-Saint-Jean-Côte-Nord, MAPAQ, 21 Pages.

SAVOIE L., P. ARAS et D. DE OLIVEIRA. 1993, «Insectes pollinisateurs et rendement du bleuetier.», *L'abeille* 14, p. 14-15

SAVOIE L., P. ARAS et D. DE OLIVEIRA. 1994, «Inversion du gradient de densité d'abeilles domestiques obtenu dans une bleuetière de la Sagamie et impact sur la production.», *Rapport d'étape (1993-94) à Agriculture Canada*, Programme

STUBBS, C. S., F.A. DRUMMOND et E.A.OSGOOD. 1994, «*Osmia ribifloris biedermannii* and *Mégachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidea) introduced into the lowbush blueberry agroecosystem in Maine.», *Journal of the entomological society* 67(2), p. 173-185.

STUBBS, C. S. et F.A. DRUMMOND.1997a, «Blueberry and cranberry (*Vaccinium Spp.*) pollination: a comparison of managed and native bee foraging behaviour.», *Acta Hort.* 437, ISHS 1997: p. 341-342

STUBBS, C. S. et F.A. DRUMMOND. 1997b, «Potential for management of the blueberry bee, *Osmia Atriventris Cresson.*», *Acta.Hort.* 446, ISHS 1997 : p. 77-85

STUBBS, C. S. et F.A. DRUMMOND. 1997c, «Pollination of wild lowbush blueberry, *Vaccinium angustifolium* by the alfalfa leafcutting bee, *Mégachile rotundata.*», *Acta Hort.* 446, ISHS 1997, p.189-196.

STUBBS, C. S. et F.A. DRUMMOND. 2001, «*Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae): An Alternative to *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) for Lowbush Blueberry Pollination.», *J. Econ. Entomol.*, 94(3): p. 609-616

VANDER KLOET, S.P. 1998., «The genus *Vaccinium* in North America», *publication 1828*, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario.

WHIDDEN, T. L. 1996, «The fidelity of commercially reared colonies of *Bombus impatiens Cresson* (Hymenoptera: Apidae) to lowbush blueberry in southern New Brunswick.», *Can. Entomol.* 128, p. 957-958.

WOOD G.W. 1961, «The influence of honeybee pollination on fruit set of the lowbush blueberry.», *Canadian journal plant science* 41 , p. 332-335

WOOD G.W. 1971, «The relationship between pollination density and seed number in lowbush blueberry», *Hortscience* 6, p.413