

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

**ÉTUDES SUR LA RÉSISTANCE D'ACCESSIONS DE SOLANUM
SAUVAGES ENVERS LE PUCERON DE LA POMME DE TERRE
Macrosiphum euphorbiae (Thomas) ET LE PUCERON VERT DU PÊCHER
Myzus persicae (Sulzer) (Aphidae).**

**MÉMOIRE
PRÉSENTÉ
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN BIOLOGIE**

**PAR
MIRCEA BEJAN**

MARS 2007

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier particulièrement mon directeur de maîtrise Éric Lucas et également mon co-directeur Charles Vincent pour leur confiance, pour leur soutien moral et financier, ainsi pour leurs compétences à transmettre les connaissances entomologiques aux étudiants.

Je remercie Jacques Lasnier de CoLab R&D pour ces services logistiques et le producteur Michel Auger chez qui les expériences en champ ont été effectuées.

Je tiens à remercier les deux techniciens de mon co-directeur, Martin Trudeau et Pierre Lemoyne, pour leurs conseils et support technique. Je remercie également tout le personnel du Centre de Recherche et Développement en Horticulture d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à Saint-Jean-sur-Richelieu. Je note ici Geneviève Larouche, Ginette Gelderbloom, Lise Lavallée et Martin Vallée. Un gros merci à Guy Boulet pour le soin qu'il a pris de mes plantes.

Je tiens aussi à remercier vivement mes aides de terrain, Isabelle Leblanc et Sophie Dorion qui ont supportée avec stoïcisme la chaleur accablante et la poussière pendant l'échantillonnage des pucerons. Merci beaucoup aux collègues du laboratoire de lutte biologique d'UQAM, notamment Geneviève Labrie pour ses conseils précieux liés aux statistiques et à l'écriture.

Je n'oublie pas non plus Max W. Martin du USDA pour la promptitude avec laquelle il m'a envoyé les semis et Conrad Cloutier qui m'a aidé dans l'identification des pucerons récoltés en champ.

En dernier mais qui n'est pas des moindres, un gros merci à Yvan Pelletier de AAC-Fredericton pour ces précieux conseils scientifiques partagés tout au long de ma maîtrise.

Merci à ma femme pour son support moral et à ma petite fille qui a compris que son père doit accorder souvent plus de temps à son travail.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES	v
LISTE DES TABLEAUX	vi
RÉSUMÉ	vii
INTRODUCTION	1
La lutte biologique	2
La résistance des plantes envers les insectes	3
La pomme de terre et les espèces sauvages de <i>Solanum</i>	7
La résistance de la pomme de terre	9
Les pucerons	12
Le puceron de la pomme de terre (<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas))	14
Le puceron vert du pêcher (<i>Myzus persicae</i> Sulzer)	14
OBJECTIFS	19
CHAPITRE I	
Résistance relative en champ de quelques accessions de <i>Solanum</i> apparentées à la pomme de terre envers <i>Macrosiphum euphorbiae</i> , et <i>Myzus persicae</i>	21
1.1. Introduction.....	22
1.2. Matériel et méthode	24
1.3. Résultats	30
1.4. Discussion	36
1.5. Bibliographie	39

CHAPITRE II

Résistance relative de huit accessions de <i>Solanum</i> envers le puceron de la pomme de terre, <i>Macrosiphum euphorbiae</i> , et le puceron vert du pêcher, <i>Myzus persicae</i> , en milieu semi-contrôlé.....	41
2.1. Introduction	42
2.2. Matériel et méthode	43
2.3. Résultats	45
2.4. Discussion	51
2.5. Bibliographie	55
CONCLUSION	58
BIBLIOGRAPHIE COMPLÈTE	60

LISTE DES FIGURES

Figure		Page
1	Le puceron de la pomme de terre (<i>Macrosiphum euphorbiae</i>)	15
2	Cycle de développement du <i>Myzus persicae</i>	17
3	Le puceron vert du pêcher (<i>Myzus persicae</i>)	18
1.1	Dispositif expérimental utilisé au champ	26
1.2	Plan général d'expérimentation	29
1.3	Dégâts causés par le doryphore de la pomme de terre en 2004	31
1.4	Abondance des pucerons sur les treize accessions de pomme de terre utilisées pendant la saison 2004	32
1.5	Abondance des pucerons sur les treize accessions de pomme de terre utilisées pendant la saison 2005	34
2.1	Nombre moyen de pucerons aptères quatre semaines après l'infestation en 2004	46
2.2	Nombre moyen de pucerons aptères six semaines après l'infestation. A) en 2004 et B) en 2005	48
2.3	Comparaison entre les populations des deux espèces de pucerons sur sept accessions de <i>Solanum</i> quatre semaines après l'infestation en 2004	49
2.4	Comparaison entre les populations des deux pucerons sur quatre accessions de <i>Solanum</i> six semaines après l'infestation. A) saison 2004 et B) saison 2005.....	50
2.5	Abondance relative des pucerons ailés et aptères sur quatre accessions pendant la saison 2004. A = <i>M. persicae</i> et B = <i>M.</i> <i>euphorbiae</i>	52

LISTE DES TABLEAUX

Tableau		Page
1	Principales espèces de pucerons qui s'attaquent à la pomme de terre selon leur importance comme ravageur	10
1.1	Résistance des <i>Solanum</i> sauvages envers les ravageurs	23
1.2	Modalités de résistance des <i>Solanum</i> sauvages envers le doryphore	25
1.3	Accessions utilisées pour les expériences en champs	27
1.4	Nombre moyen de doryphores par stade de l'insecte et par espèce de plante en 2004 et 2005	35

RÉSUMÉ

En partant d'études plus récentes qui visent à élucider de quelle façon des accessions de pommes de terre sauvages sont résistantes envers les pucerons, notamment le puceron de la pomme de terre, *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), et le puceron vert du pêcher, *Myzus persicae* (Sulzer), et également envers le doryphore de la pomme, *Leptinotarsa decemlineata* (Say), on a choisi 16 variétés de *Solanum* sauvages. Il est important de noter dès le début, que pour la grande majorité de variétés de plantes utilisées dans notre étude, on avait des informations sur leur résistance envers les trois insectes ravageurs déjà nommés, mais pas nécessairement au niveau des accessions.

On a mis en place deux dispositifs expérimentaux pour vérifier la résistance relative envers ces deux pucerons. Les deux dispositifs ont été déployés dans un champ qui faisait partie d'une ferme commerciale de pomme de terre, à 80 km au sud-est de Montréal.

Le premier dispositif comportait 12 accessions de *Solanum* sauvages et un témoin, *Solanum tuberosum*, une variété commerciale. Les plantes ont été distribuées au hasard sur une ligne. La ligne a été répliquée trois fois. L'infestation des plantes a été faite de façon naturelle. Le comptage des pucerons et d'autres insectes trouvés sur les plantes a été effectué hebdomadairement. Les résultats obtenus démontrent que *Solanum oplocense* et *Solanum tarijense* semblent être plus vulnérables aux deux pucerons.

Le deuxième dispositif a été utilisé pour étudier les plantes et les pucerons en milieu semi-contrôlé. On a choisi 8 plantes, 7 accessions sauvages et une commerciale (témoin), qui ont été encagées et ensuite infestées avec 30 pucerons. Les pucerons trouvés sur chaque plante ont été comptés hebdomadairement pendant 6 semaines. On a observé que sur le témoin, les populations des deux pucerons augmentent progressivement et atteignent le maximum dans la quatrième semaine, avec une moyenne de 6460 pucerons de la pomme de terre et 7790 pucerons vert du pêcher. Par contre, sur les autres accessions sauvages, les pucerons se sont établis en plus faibles populations. Par exemple, sur *Solanum polyadenium*, le maximum a été atteint à la cinquième semaine quand il y avait en moyenne 250 *M. euphorbiae* et 298 *M. persicae*. Toutes les variétés sauvages utilisées ont démontré des niveaux différents de résistance envers les deux pucerons; *S. polyadenium* a été trouvé très résistante, *S. tarijense* résistante et *S. pinnatisectum* susceptible d'être résistante. La colonisation de la même variété de plante, par chaque espèce de pucerons a été relativement similaire. La densité des morphes ailés a été un bon indicateur de traits de résistance.

Ces résultats démontrent le potentiel de résistance de certaines accessions de pommes de terre sauvages. Quelques variétés qui présentaient de la résistance envers le doryphore, présentent aussi de la résistance envers les deux pucerons. Une nouvelle

méthode pour sélectionner les plantes qui présentent des traits potentiels de résistance envers les pucerons a été mise en place.

Mots clefs: *Solanum* sauvages, *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbia*, résistance

INTRODUCTION

La pomme de terre existe depuis plus de 8 000 ans et l'Amérique du Sud serait la terre natale de ce légume (Hijmans et al. 2002). C'est à peu près vers le milieu du XVIII-ème siècle que la pomme de terre fit son apparition au Canada.

Il y a quelques décennies, la pomme de terre descendait en camion de l'Île-du-Prince-Édouard vers les grandes villes canadiennes pour la distribuer aux consommateurs (Ressources Naturelles Canada 2005). Depuis plusieurs années, on la cultive de plus en plus dans l'Ouest du Canada et partout dans le sud du Canada et dans les jardins potagers canadiens. On l'expédie partout dans le monde. La pomme de terre, notamment la pomme de terre de transformation, en est venue à tenir une grande place dans l'agriculture canadienne : en 2004, la valeur totale de la récolte était environ de 850 millions de dollars canadiens (Institut de Statistique du Québec, 2005).

Beaucoup de Canadiens considèrent la pomme de terre comme un aliment de base, car elle représente jusqu'à 37 % du total moyen des végétaux consommés (Santé Canada 2005). Beaucoup d'efforts sont menés par des chercheurs pour que les canadiens aient sur leurs tables une pomme de terre produite de façon de plus en plus biologique. Plusieurs ravageurs de la pomme de terre, notamment ceux du feuillage, sont combattus essentiellement avec des produits chimiques. Il s'agit principalement des pucerons et du doryphore de la pomme de terre, qui constituent le groupe des ravageurs les plus nuisibles. Ils s'attaquent aux cultures de la pomme de terre à différents stades de leur vie et de leur cycle biologique (Raman et Radcliffe 1992).

Parmi ces insectes, les pucerons tiennent une place prépondérante suite aux dégâts directs et indirects qu'ils occasionnent aux cultures de la pomme de terre. L'utilisation à long terme des produits chimiques a conduit à l'apparition des populations résistantes qui peuvent causer d'échecs aux programmes de lutte. Des méthodes alternatives à la lutte chimique, comme la lutte physique, la lutte culturale

et la lutte biologique sont proposées depuis quelques années (Kogan 1986). Dans le cadre d'un programme de lutte biologique, un rôle important peut être joué par les sources de résistance des plantes envers les insectes ravageurs (Pelletier et al. 2001).

La lutte biologique

La méthode de lutte la plus fréquemment utilisée pour régulariser les populations d'insectes nuisibles est la lutte chimique (Storch 1995). Dans les dernières décennies, l'homme s'est rendu compte qu'en utilisant des produits chimiques sur les plantes, il pollue l'environnement et que, suite à leur utilisation continue et intensive, les insectes ravageurs deviennent résistants aux insecticides.

Un autre moyen de lutte est la lutte physique, qui vise à interrompre le processus de colonisation des plantes par des populations d'insectes, ou le contrôle de l'insecte ou sa descendance lorsqu'il est établi dans les champs (Ferro 1995, Boiteau 2000). Différents moyens de lutte physique ont été étudiés, mais leurs résultats pour combattre les aphides sont peu efficaces. Par exemple, l'aspirateur d'insectes présente un taux de succès de 56%. Par contre, il faut l'utiliser à plusieurs reprises, ce qui cause beaucoup des dommages aux plantes (Boiteau et al. 1992, Boiteau 2000).

La lutte culturale est l'ensemble des méthodes défavorisant les ravageurs des récoltes (Herzog et Funderburk 1986). Il y a plusieurs techniques de lutte culturale, comme les rotations de cultures, les bicultures ou plusieurs associations de plantes, le sarclage des mauvaises herbes aux alentours des plantations, etc.

Le concept de lutte biologique fait référence à toute modification de l'environnement, dans le respect des règles écologiques de stabilité et d'équilibre, qui mène au maintien des organismes nuisibles sous un seuil économique (Vincent et Coderre 1992). Elle ne vise pas l'élimination totale du ravageur, mais plutôt le maintien de sa population sous un seuil de dommage qui est défini comme étant la densité du ravageur à partir de laquelle un contrôle est nécessaire, sans quoi, la

culture subira des dommages importants et le producteur des pertes économiques (van den Bosch et Messenger 1973). La lutte biologique est une solution relativement récente. Le terme de « lutte biologique » est apparu en 1919 (van Lenteren et Woets 1988) mais certaines idées semblables étaient véhiculées depuis la fin du XIX-ième siècle. Dès le début du XX-ième siècle, beaucoup d'études ont été réalisées, comme en témoigne la multitude d'articles publiés sur ce sujet. Des ouvrages de synthèse sur les principes de la lutte biologique ont été publiés dans les années 60-70 (par exemple, DeBach 1964, Huffaker 1969 et van den Bosch et Messenger 1973) et plus tard celui de Vincent et Coderre (1992) ou van Driesche (1996),

Le contrôle biologique des ravageurs est maintenant effectué sur 55.5 milliards d'hectares dans le monde (van Lenteren 2006). La majorité (95%) des ravageurs potentiels arthropodes sont aujourd'hui sous contrôle biologique ou naturel, et il n'y a que 5 000 espèces contrôlées par d'autres méthodes. Plus de 150 espèces d'ennemis naturels, parasitoïdes, prédateurs et pathogènes, sont commercialisées à travers le monde (van Lenteren et al. 2006). Les agriculteurs dépensent quand même environ 8.5 milliards de dollars US annuellement en insecticides chimiques alors que le contrôle biologique a présentement une valeur estimée à plus de 400 millions de dollars US (van Lenteren et al. 2006).

La résistance des plantes envers les insectes

Il y a plus d'un million d'espèces d'insectes au monde, et plus de la moitié sont des insectes qui se nourrissent de plantes (Brues 1946). En conditions naturelles, l'insecte choisit une plante-hôte appropriée pour sa nutrition, sa survie, sa procréation et comme abri contre ses ennemis naturels. Mais les plantes ne sont pas toutes pareilles du point de vue valeur de ressource. En conséquence, l'insecte doit effectuer un choix de plante-hôte (Boivin et Stewart 1983).

La majorité des phytophages vivent sur les plantes hôtes qui leur fournissent non seulement leur nourriture mais aussi un microhabitat et un abri. Les interactions insecte-plante sont importantes pour les populations des plantes et pour l'écosystème même si l'insecte ne représente pas le mieux-être pour une plante (Mattson et Addy 1975). Un concept scientifique présente les plantes comme vulnérables face aux déprédations des insectes herbivores parce qu'elles sont immobiles et leur pouvoir de dispersion est relativement limité (Denno et McClure 1983). En réalité, de nombreuses espèces végétales tirent profit de leurs associations avec les insectes (Heiling et al. 2003). Des travaux réalisés sur la défoliation des pommes de terres par le doryphore de la pomme de terre (Ferro et al. 1983), soit sur la défoliation artificielle (Cranshaw et Radcliffe 1980), ont démontré une baisse de la production lors de la défoliation. Mais en 1986 de Oliveira et son équipe ont mentionné que les plantes présentent une capacité de surrécupération lorsqu'une partie du feuillage est pris par les ravageurs phytophages (de Oliveira 1992). Plusieurs espèces d'hyménoptères sont des pollinisateurs importants qui différencient les plantes selon leur couleur, taille, odeur et autres caractéristiques (Gumbert 2000). Les plantes attirent aussi des insectes non-pollinisateurs, comme les prédateurs et les parasitoïdes, qui les visitent pour leur nourriture, notamment le pollen et le nectar. Dans un contexte tritrophique, la plante joue un rôle médiatique entre les ravageurs et leurs ennemis (Cortesero et al. 2000), et peut affecter l'abondance, la survie, la fécondité et le développement des insectes.

Les plantes ont développé des mécanismes de défense envers les insectes herbivores. Les plantes présentent, de façon inhérente, de la résistance envers certains insectes. Cette résistance est basée sur les caractéristiques morphologiques et biochimiques des plantes. Ce processus co-évolutif a été traité par Price (1984), qui démontre que chaque insecte et chaque plante peuvent s'adapter pour coexister et en tirer profit. Par exemple, si un insecte trouve une plante qui réagit à son attaque en fabriquant un produit chimique, le phytophage essaie de neutraliser ce composé ou de s'en servir afin de la repérer.

Le fait que les plantes subissent une grande pression sélective de la part des insectes phytophages les a obligés à se doter d'un arsenal complexe de produits chimiques et de structures qui peuvent limiter ou même arrêter les dégâts causés par les herbivores. Price (1984) conclut que ces composés chimiques auraient un rôle clef dans la restriction de la diète des herbivores en étant toxiques pour certains et inoffensifs ou bénéfiques pour d'autres. La défense chimique des plantes influence le comportement alimentaire des insectes (Dethier 1980). Plusieurs produits végétaux sont capables d'empêcher une digestion normale, ce qui a comme résultat un ralentissement de la croissance, une baisse de la résistance envers les maladies ou même une réduction de la fécondité des insectes (Saguez et al. 2005). La reproduction des insectes peut être affectée à plusieurs niveaux et présente toute une gamme de réponses, comme par exemple l'ovogenèse (Huignard 1970) et le contrôle de la production ou l'émission des phéromones (Landolt et Philips 1997). Mais les insectes possèdent des mécanismes pour neutraliser les substances incommodes produites par les plantes. Parfois, l'insecte a un système qui lui permet d'éviter qu'une molécule toxique atteigne les organes vitaux. La désintoxication est généralement faite par un système d'enzymes (Chien et al. 1995). La défense chimique des plantes présente une grande importance dans un contexte de lutte biologique. Il est donc pertinent d'identifier les éléments de la plante les plus susceptibles d'être exploités par l'homme et de les intégrer dans ces programmes.

La résistance envers les herbivores, les arthropodes en particulier, a été observée chez un grand nombre d'espèces de plantes parmi lesquelles le soya, les tomates et la pomme de terre (Kogan et Paxton 1983, Inbar et al. 1998). Cette résistance se manifeste par une réduction de la survie et de la reproduction des insectes (Eigenbrode 2002 a), ce qui influence la dynamique de leurs populations (Karban et Baldwin 1997) et, conséquemment de leurs ennemis naturels des herbivores. En réponse aux actions des insectes herbivores, les plantes synthétisent et émettent des substances volatiles spécifiques aux tissus endommagés ou non (Dicke 1994). Certaines plantes sécrètent des substances différentes quand elles sont

infestées ou pas par les ravageurs. Ces substances peuvent influencer la présence et l'abondance des parasitoïdes (McCall et al. 1993). Par exemple, la femelle de la guêpe parasite *Cardiochiles nigriceps* Viereck exploite ces différences pour trouver les plantes de tabac, coton et maïs, infestées par *Helicoverpa zea* (Boddie) (Moraes et al. 1998). Ce type de relation, considéré comme une relation de mutualisme entre le parasitoïde et la plante (Price et al. 1980), est classifié comme positif (Sabelis et al. 2001). D'un autre côté, dans le processus de défense contre les phytophages, les plantes peuvent produire de substances chimiques qui réduisent la performance des parasitoïdes (Campbell et Duffey 1979, Singer et Stireman 2003).

Chaque fois qu'il y a une variation de la qualité d'une plante, la préférence et la performance des ennemis des phytophages sont influencées. Par ailleurs, des études récentes (Harvey et al. 2003) ont prouvé que la qualité des plantes n'influence pas seulement les deuxième et troisième niveaux trophiques, mais qu'elle peut entraîner des différences de développement des insectes du quatrième niveau trophique. C'est le cas de *Lysibia nana* Gravenhorst, un hyperparasitoïde de *Cotesia glomerata* (L.) (Hymenoptera: Braconidae), qui complète son développement plus rapidement dans des hôtes se nourrissant du crucifère *Brassica nigra* Koch plutôt que *Brassica oleracea* L. Par contre, sur *B. oleracea*, la taille et la survie de cet hyperparasitoïde sont plus grandes que sur *B. nigra*.

L'intensité des attaques des phytophages peut être réduite fréquemment par des particularités physiques des plantes (Lamb 1980). Certaines études ont démontré que certaines caractéristiques physiques des plantes, comme la structure des feuilles et les trichômes, influencent les ennemis naturels des insectes herbivores (Hare 2002). Une étude plus récente (Björkman et Ahrné 2005) démontre comment la densité des trichômes influence deux ennemis naturels de *Phratora vulgatissima* L. L'originalité de cette étude est que l'efficacité de différents ennemis naturels n'est pas affectée similairement par la densité des trichômes.

Quand les insectes herbivores trouvent des bonnes conditions de survie sur une plante-hôte, cela se traduit souvent par une plus grande taille des insectes, ce qui

fait en sorte que les ennemis ont une proie moins accessible. Par exemple, la taille des galles de *Eurosta solidaginis* Fitch, qui endommage les tiges de verge d'or, *Solidago altissima* L., influence l'attaque du parasitoïde *Eurytoma gigantea* Walsh (Sumerford et al. 2000).

Le fait qu'il n'y a pas de bénéfice pour la plante suite à une influence négative des prédateurs, les interactions directes entre les plantes et les ennemis des phytophages sont rares (Turlings et Benrey 1998). La plante influence fréquemment les prédateurs par voie tritrophique en changeant ses qualités en fonction de ses ravageurs. Ces interactions, qui se produisent par voies bitrophique et tritrophique, sont très importantes. Bien les comprendre réduit le risque d'introduire dans un programme de lutte biologique des agents de lutte qui touche les insectes non visés (Simberloff et Stiling 1996, Louda et al. 2003).

La pomme de terre et les espèces sauvages.

Les pommes de terre cultivées sont classées comme espèce sous le Code International de Nomenclature Botanique (ICBN) et comme cultivar-groupes sous le Code International de Nomenclature de Plantes Cultivées (ICNCP) (Huamán et Spooner 2002). Une espèce de plante réunit un groupe des plantes présentant un ensemble de caractéristiques morphologiques, anatomiques, physiologiques, biochimiques et génétiques communes. Les espèces sont regroupées en genres et divisées en sous-ensembles dénommés variétés, races, souches ou populations. Un cultivar-groupe comprend la catégorie taxonomique utilisée par le Code International de Nomenclature de Plantes Cultivées (ICNCP) qui réunit les plantes cultivées par les agriculteurs, mais sans impliquer des différences phylogénétiques entre les groupes (Raker et Spooner 2002). Par accession, on entend une plante qui provient d'un semis récolté à une date et un lieu précis, et qui est enregistré dans une banque de semis. Le

mot cultigène désigne une plante cultivée dans son état sauvage (VanDenBerg et al. 1998).

Le genre *Solanum* L. regroupe environ 1,000 espèces, dont plus de 200 sont tubéreuses (Hawkes 1990). Les espèces tubéreuses sont des espèces herbacées qui produisent des tubercules; du lat. *tuberosus* "garni de protubérances" (Rousselle et al. 1996).

Linné a décrit la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) en 1753. Elle appartient à la famille des *Solanacées* qui contient plusieurs genres. Les *Solanacées* tubéreuses ne représentent qu'environ 10% du genre *Solanum*. On les trouve au Chili dans les montagnes Rocheuses, surtout en altitude, mais aussi dans les plaines d'Argentine, du Sud du Brésil et de l'Uruguay, ou sur le littoral Pacifique du Pérou et du Chili.

Les pommes de terre sauvages font partie de la série *Tuberosa*. Elles sont adaptées à des conditions écologiques très diverses, plus variées que celles des pommes de terre cultivées. Les zones les plus riches en espèces sont le centre des Andes (Pérou, Bolivie, Equateur) et le centre du Mexique (Rousselle et al. 1996). Les similarités morphologiques des plusieurs espèces de pomme de terre sauvages et cultivées ont causé plusieurs conflits entre les taxonomistes (Hawkes 1990, Spooner et Hijmans 2001). En conséquence, ils ont suggéré trois séries intermédiaires de populations : (1) les accessions Péruviennes et Boliviennes (incluant les espèces sauvages et tous les cultigènes), (2) les accessions boliviennes, argentiniennes et *S. verrucosum* du Mexique (inclurant les espèces seulement sauvages), et (3) les espèces sauvages de *S. oplocense* boliviennes et argentiniennes (VanDenBerg et al. 1998).

La pomme de terre est multipliée par tubercules. Cette méthode est employée plus souvent pour des raisons économiques, bien qu'il soit possible de la multiplier par semis de graines et par bouture de tiges.

La résistance de la pomme de terre

La mise en évidence d'une résistance de la pomme de terre? aux pucerons n'est pas récente. En 1946, Adams a comparé une vingtaine des cultivars commercialisés et espèces sauvages de *Solanum*. Il avait montré des différences importantes de sensibilité des plantes à la fois à la multiplication des populations et aux dommages causés par *M. persicae*. En général, les espèces apparentées avaient une plus grande résistance que le *S. tuberosum*. Plus tard, Painter (1951) a énoncé une définition de la résistance qui demeure toujours pertinente: "La quantité relative de qualités héréditaires possédées par une plante qui influence le degré de dommages fait par un insecte au champ". À l'époque, pour quantifier la résistance, il a utilisé des méthodes photographiques et volumétriques.

Vers la fin des années 60, Radcliffe et Lauer ont effectué des études sur la résistance de la pomme de terre et des pommes de terre sauvages contre les pucerons (Radcliffe et Lauer 1966, 1967, 1968). Ces études ont été poursuivies dans les années 70 (Radcliffe et Lauer 1970, 1971). Des différences entre les niveaux de résistance à deux espèces de puceron, *M. euphorbiae* et *M. persicae*, ont été déterminés (Radcliffe et Lauer 1971). Pelletier (1989) et, Flanders et al. (1992) ont évalué le potentiel de résistance de quelques espèces de *Solanum* à plusieurs insectes ravageurs de la pomme de terre (Tableau 1).

D'après Hawkes (1994), les pommes de terre sauvages sont des plantes tolérantes aux stress environnementaux qui ont développé une forte résistance aux ravageurs et aux maladies. Des espèces sauvages qui contiennent des glycoalkaloides toxiques aux humains ont été découvertes (Yencho et al. 1998). Les substances toxiques existantes dans la pomme de terre affectent la performance des aphides, notamment la longévité, la fécondité, la diète, la reproduction et la croissance de la population. Les glycoalkaloides toxiques les plus abondants trouvés dans la pomme de terre sont l' α -solanine et l' α -chaconine (Schoonhoven et Derksen-Koppers 1976; Fragoyiannis et al. 1998).

Tableau 1: Principales espèces de pucerons qui s'attaquent à la pomme de terre (d'après Rousselle et al. 1996) selon leur importance comme ravageur. xxx = importance majeure. xx = importance intermédiaire. x = importance négligeable.

NOM COMMUN	NOM SCIENTIFIQUE	IMPORTANCE
Puceron de la pomme de terre	<i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas)	xxx
Puceron vert du pêcher	<i>Myzus persicae</i> (Sulzer)	xxx
Puceron du nerprun	<i>Aphis nasturtii</i> Kaltenbach	xxx
Puceron de la digitale	<i>Aulacorthum solani</i> (Kaltenbach)	xx
Puceron des germes de la pomme de terre	<i>Rhopalosiphonium latysiphon</i> (Davidson)	x
Puceron du haricot	<i>Aphis fabae</i> Scopoli	xx
Puceron du lis	<i>Aulacorthum circumflexum</i> (Buckton)	x
Puceron du coton	<i>Aphis gossypii</i> Glover	x

Un autre mécanisme de résistance de certaines plantes est caractérisé par l'émission de substances volatiles qui sont captées par les ennemis naturels des insectes. Lorsque les plantes sont attaquées par des insectes herbivores, elles peuvent induire aussi des réponses de défense chez les plantes avoisinantes (Paré et Tumlinson 1999).

Dans les années 1990, Pelletier a effectué une série d'études sur les modes de résistance de plusieurs espèces de *Solanum* sauvages au doryphore de la pomme de terre (Pelletier et Smilowitz 1990, Pelletier et al. 1999, Peletier et al 2001, Peletier et Tai 2001). Il confirme que la résistance des plantes peut se faire selon trois mécanismes: antixénose, antibiose et tolérance.

L'antixénose décrit l'incapacité d'une plante à servir comme hôte pour un insecte herbivore (Panda et Khush 1995). Ce mode de résistance peut se manifester par différents mécanismes, comme par exemple chimiques (trichômes glandulaires) et morphologiques (pubescence des feuilles). Les trichômes affectent le comportement des insectes en les empêchant de se poser, bouger et nourrir sur la surface des plantes (Goertzen et Small 1993). Par exemple, les trichômes existant sur la pomme de terre sauvage *Solanum neocardenasii* Hawkes & Hjerting empêchent *M. persicae* de se nourrir (Lapointe et Tingey 1986). La présence de pubescences sur les feuilles de certaines espèces de pomme de terre empêche également la cicadelle de la pomme de terre de se nourrir (Tingey et Laubengayer 1986).

L'antibiose est le mécanisme de résistance manifesté par la production de toxines par la plante qui, une fois ingérées par l'insecte, affectent son développement, comme par exemple les inhibiteurs de croissance (Panda et Khush 1995). Les effets de l'antibiose sont caractérisés par une réduction de la survie, la réduction de croissance (l'insecte prend plus de temps pour compléter son cycle de vie), la réduction de taille, de poids et de la fécondité, anormalités morphologiques, etc.

La tolérance est caractérisée par la capacité de support de la plante d'un nombre déterminé d'insectes ravageurs, sans lui provoquer des préjudices appréciables (Panda et Khush 1995).

Les pucerons

Les pucerons sont une source de préoccupation majeure pour les cultivateurs de légumes (Powell et al. 2006). Il y a environ 4000 espèces des pucerons dans le monde. Leur diversité est exprimée par le polymorphisme et par leur spécialisation. Ayant des pièces buccales de type piqueur-suceur, les pucerons s'alimentent exclusivement de sève élaborée. Ils se nourrissent en insérant leur rostre tubulaire dans les tissus des plantes pour parvenir jusqu'à l'élément nutritif du phloème, la sève élaborée. Lors de la pénétration des stylets dans le végétal, la sécrétion de salive permet de dissoudre la cuticule des feuilles afin de faciliter la pénétration des stylets de l'insecte entre les diverses couches cellulaires (van Emden 1988). Cette salive forme également une gaine protectrice autour des stylets (Miles 1999). La sève élaborée est prélevée en grande quantité par le puceron, afin de satisfaire ses besoins nutritifs. Lorsqu'une plante est fortement infestée, sa croissance peut en être perturbée.

La taille des aphides varie de 1 à 10 mm. Le développement des pucerons comporte quatre stades larvaires et un stade adulte. Comme leur reproduction se fait par parthénogenèse et viviparité, les femelles n'ont pas besoin de fécondation (Dixon 1998). Leur parthénogenèse est cyclique; la reproduction asexuée alterne avec la reproduction sexuée. En moyenne, il faut une dizaine de jours à 20°C pour compléter une génération. Les générations sexuées apparaissent en automne, et les générations parthénogénétiques au printemps et en été. Le fait que les pucerons peuvent se multiplier par parthénogenèse permet un nombre élevé de pucerons par génération.

Si les aphides se trouvent en faible nombre et ne transmettent pas de virus, ils causent des dégâts négligeables (van Emden et al. 1969, Miles 1999). Une fois les populations établies et dans des conditions idéales de reproduction, le nombre de pucerons peut augmenter rapidement et devenir ainsi un problème pour la survie des plantes (Metcalf et Flint 1962). Un grand nombre d'aphides préfèrent utiliser comme hôte principal des plants infectés par des virus (Feres et al. 1999), situation qui

devient très avantageuse pour la propagation des virus (McElhany et al. 1995). Cette préférence est attribuée à la couleur jaunâtre des tissus touchés par les virus, qui deviennent plus attractifs de point de vue visuel pour les aphides (McElhany et al. 1995).

Il existe deux formes d'adultes : ailé et aptère. Les deux formes peuvent se reproduire. Les aptères apparaissent lors de la formation des colonies sur chaque plante. Les individus ailés apparaissent rapidement lors de la dégradation des conditions du milieu, telle qu'une trop forte densité de la population ou une détérioration de la qualité de la plante hôte (Mueller et al. 2001). Les ailés permettent d'établir de nouvelles colonies sur d'autres plantes.

La sélection de la plante hôte se fait d'abord par les formes ailées. Un bon indicateur visuel est la couleur. Par exemple, une plante qui présente une fleur jaune est plus attirante qu'une plante qui présente une fleur rouge (Eckel et Lampert 1996). Après leurs atterrissages, les pucerons marchent sur la surface des plantes et testent, à l'aide de leurs antennes et leur rostre, les propriétés physiques et chimiques des plantes. Ce processus dure environ 60 secondes (Dixon 1998). L'abondance de pucerons sur une plante hôte dépend aussi de l'âge de la plante (Karley et al. 2002).

D'après Rousselle et al. (1996), on trouve cinq espèces de pucerons capables de se reproduire sur la pomme de terre et trois autres qui sont moins fréquentes. La plus abondante est le puceron de la pomme de terre (*Macrosiphum euphorbiae* (Thomas)). On signale également la présence de pucerons du nerprun (*Aphis nasturtii* Kaltenbach) et le puceron vert du pêcher (*Myzus persicae* (Sulzer)). Parmi les autres pucerons trouvés sur la pomme de terre, mais de moindre importance mentionnons : le puceron de la digitale (*Aulacorthum solani* (Kaltenbach)), le puceron des germes de la pomme de terre (*Rhopalosiphonius latysiphon* (Davidson)) rarement signalé sur la pomme de terre au Canada, le puceron du haricot (*Aphis fabae* Scopoli), le puceron du lis (*Aulacorthum circumflexum* (Buckton)) et le puceron du coton (*Aphis gossypii* Glover) (Tableau 1).

Le puceron de la pomme de terre (*Macrosiphum euphorbiae* (Thomas))

Le puceron de la pomme de terre (figure 1) s'attaque à plus de 200 espèces de plantes appartenant aux cultures végétales et ornementales. On le trouve partout dans le monde. Il a une grande capacité de multiplication car la population peut doubler en 2-3 jours s'il a des bonnes conditions. Une population élevée peut causer des sévères dommages aux plantes (Metcalf et Flint, 1962). Habituellement, les plantes infestées par un grand nombre de pucerons de la pomme de terre flétrissent et leurs feuilles sont couvertes par du miellat. Les pucerons attaquent surtout les fleurs et les pousses (Haward et al. 1994).

Les oeufs d'hiver sont observés quelquefois sur le rosier brillant (*Rosa nitida* Willd.) et d'autres rosacées tels que le rosier palustre (*Rosa palustris* Marsh.) et le rosier rugueux (*Rosa rugosa* Thunb.). Toutefois, la plupart des populations survivent sous forme de femelles virginipares en hivernant sur les germes de pomme de terre ou en serre chaude ou froide. Le nombre de larves par femelle est de 30-50. Les larves ont deux phénotypes : rose ou vert, lequel est retrouvé sur la pomme de terre. Au début d'août, les populations du *M. euphorbiae* commencent à décroître, surtout parce que les adultes ailés commencent à migrer vers leurs hôtes d'hiver (Haward et al. 1994).

Le puceron vert du pêcher (*Myzus persicae* Sulzer)

Le puceron vert du pêcher est le puceron qui attaque le plus grand nombre de plantes cultivées (Blackman et Eastop 2000). Sa présence a été notée sur toutes les latitudes (Rousselle et al. 1996). Le pêcher est l'hôte primaire de *M. persicae*, sur lequel les oeufs hibernent en diapause. Les pucerons du printemps se multiplient pour quelques générations par parthénogenèse, lorsque la température est supérieure à 18°C sur le pêcher (Sauge et al. 1998).

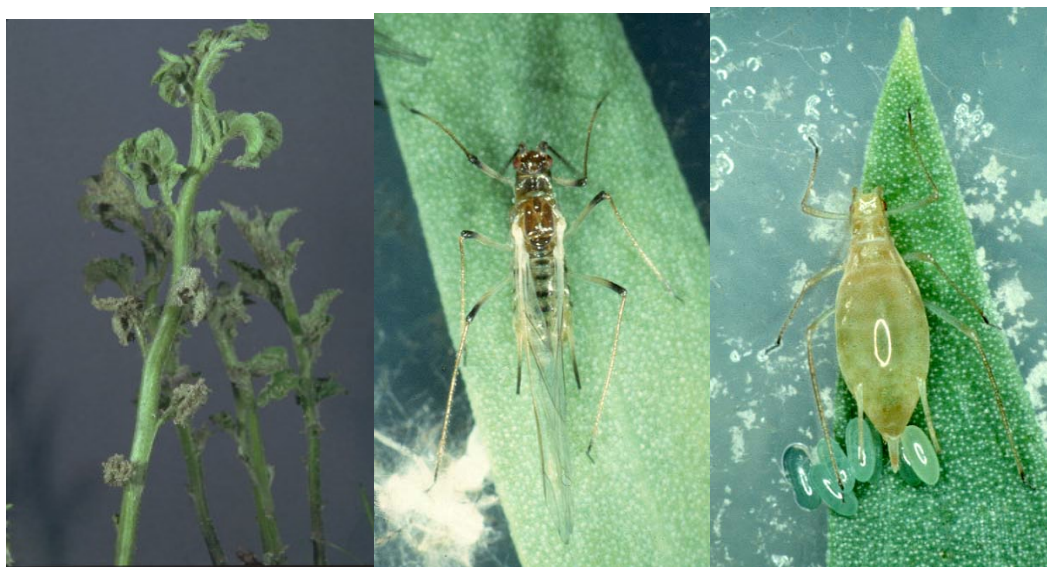


Figure 1. Le puceron de la pomme de terre (*Macrosiphum euphorbiae*). À gauche, dégâts sur pomme de terre; au centre, adulte ailé; à droite, adulte aptère au moment de la multiplication (source: Société d'entomologie du Canada, archives de photos, www.esc-sec.org, août 2006).

Les pucerons ailés émigrent alors sur plusieurs hôtes secondaires (figure 2), tels que la pomme de terre et le tabac (Zintzaras et al. 1999). En bas de 18°C, ils ne se reproduisent pas. Sur la pomme de terre, on le trouve d'habitude durant le mois de juin (Ro et Long 1999).

L'adulte ailé possède une tache noire sur son abdomen vert, un thorax noir et deux longues paires d'ailes translucides, pour une longueur moyenne de 2,5 mm. L'individu aptère est vert clair et de taille plus faible, d'environ 2 mm (figure 3).

Les femelles fécondées pondent des œufs de forme elliptique. Si les femelles ne sont pas fécondées, elles se multiplieront par parthénogenèse, ce qui donne directement des larves.

Les larves ressemblent aux adultes, à l'exception de leur taille plus petite et de l'absence d'appareil reproducteur fonctionnel et d'ailes. En conditions naturelles, il y a quatre stades larvaires. La durée de développement des larves est d'environ 10 jours. La durée de reproduction est de 15 jours, avec une fécondité de 30 à 80 larves par femelle.

La longévité des adultes et des larves varie en fonction de la température. Les adultes peuvent vivre 3 mois à 5°C et 10 jours à 25°C et les larves 21 jours à 10°C et 7 jours à 25°C.

M. persicae est l'insecte causant le plus des dégâts dans les régions tempérées d'Europe et Amérique de Nord (Cole 1997). Il continue à augmenter en importance comme principal vecteur de virus pour la pomme de terre (Eigenbrode et al. 2002).

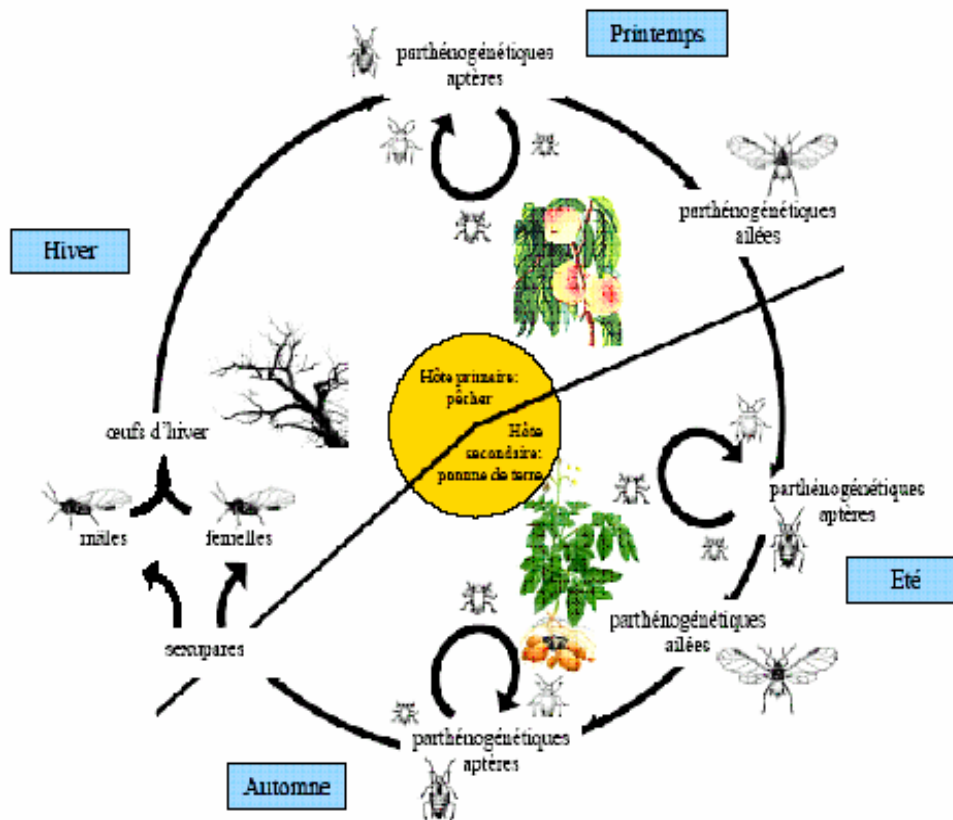


Figure 2. Cycle de développement du *M. persicae* (d'après Sauvion 1995). Sexupare: une forme de pucerons qui produit les gynopares et les mâles (gynopares = femelles produisant des individus sexués).



Figure 3. Le puceron vert de pecher (*Myzus persicae*). En haut, adulte ailé; en bas, adulte aptère. (source: UC Statewide IPM Project, Jack Kelly Clark, janvier 2007)

OBJECTIFS

Des nombreuses études sur la résistance des pommes de terre sauvages aux attaques par les arthropodes ont été effectuées au fil des ans. Il est certain que des accessions de pommes de terres sauvages présentent de la résistance envers les pucerons (Flanders et al. 1992).

Nous présentons ici deux chapitres ayant trait au niveau de résistance des accessions de pommes de terre sauvages envers le puceron vert du pêcher, *Myzus persicae*, et le puceron de la pomme de terre, *Macrosiphum euphorbiae*. Une première série d'expériences a été effectuée en champ de pomme de terre où les plantes ont été colonisées par les insectes de façon naturelle. Une deuxième série d'expériences a été effectuée avec des plantes encagées et infestées avec un nombre égal de pucerons.

Un premier objectif consiste à vérifier le niveau de résistance des accessions de pomme de terre choisies en champ de pomme de terre où les plantes ont été colonisées par les insectes de façon naturelle. Les variétés de pomme de terre sauvages utilisées ont été choisies parmi celles trouvées comme résistantes envers le doryphore de la pomme de terre (Pelletier et al. 1999) et envers *M. persicae* et *M. euphorbiae* (Flanders et al. 1992). Nous avons cherché à déterminer si la colonisation des plantes par les pucerons et le développement des populations de pucerons ont été affectés par les caractéristiques physiques et chimiques des accessions sauvages.

Un second objectif vise à vérifier le niveau de résistance des accessions de pomme de terre choisies avec des plantes encagées et infestées avec un nombre égal de pucerons. Dans un milieu semi-contrôlé, avec des plantes encagées et infestées d'une densité initiale de pucerons standardisée, sans l'influence des ennemis naturels,

nous avons cherché à déterminer si les plantes résistantes à un des pucerons seront résistantes également à l'autre.

Ces séries d'expériences permettront de juger du potentiel de résistance des *Solanum* sauvages envers les pucerons.

CHAPITRE I

Résistance relative en champs de quelques accessions de *Solanum* apparentées à la pomme de terre envers *Macrosiphum euphorbiae* et *Myzus persicae*

Résumé

Des études sur la résistance des accessions de pomme de terre sauvages envers les ennemis naturels, notamment les pucerons, ont démontré que certaines accessions présentent des niveaux de résistance différents. Douze accessions de *Solanum* sauvages apparentées à la pomme de terre et une variété de pomme de terre commerciale ont été utilisées en champ pour déterminer la résistance envers deux pucerons : le puceron vert du pêcher, *Myzus persicae*, et le puceron de la pomme de terre, *Macrosiphum euphorbiae*. Les populations de ces pucerons ont été évaluées hebdomadairement pendant douze semaines, durant les deux années d'études. *Solanum oplocense* et *Solanum tarijense* étaient plus vulnérables aux pucerons que les autres accessions utilisées dans l'étude. *S. tarijense*, *S. pinnatisectum*, *S. capsicibacatum*, *S. chomatophilum* et *S. oplocense* présentaient de la résistance envers le doryphore. Le faible nombre de pucerons échantillonnés pendant les deux années d'étude et la forte pression des doryphores de la pomme de terre, *Leptinotarsa decemlineata*, exercés sur les plantes dans la première année d'études, n'a pas permis l'obtention de résultats concluants concernant la résistance des plantes aux pucerons.

Mots clefs: *Solanum*, accessions, *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, résistance.

1.1. INTRODUCTION

Parmi les cinq espèces de puceron qui se reproduisent le plus fréquemment sur la pomme de terre (Rousselle et al. 1996), deux espèces sont abondantes, soit le puceron de la pomme de terre, *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), et le puceron vert du pêcher, *Myzus persicae* (Sulzer). Pour combattre ces deux ravageurs, les méthodes les plus souvent utilisées sont chimiques (Storch 1995). Par contre, la production de nourriture de qualité passe de plus en plus par le respect de la qualité de l'environnement et ceci pousse les cultivateurs à utiliser des moyens alternatifs de lutte contre les insectes nuisibles. Un des concepts qui est très utilisé présentement est celui de lutte biologique. Il fait référence à toute modification de l'environnement, dans le respect des règles écologiques de stabilité et d'équilibre, qui mène au maintien des organismes nuisibles sous un seuil économique (Vincent et Coderre 1992). Dans une optique de développement durable, la résistance des plantes envers les ravageurs occupe toutefois un rôle de plus un plus important.

La mise en évidence de la résistance des plantes sauvages envers les pucerons n'est pas récente (Adams 1946). Elle est basée sur des propriétés chimiques (Pelletier et al. 1999) et physiques (Lapointe et Tingey 1986) des plantes. Un autre mécanisme de résistance de certaines plantes est caractérisé par l'émission de substances volatiles qui sont captées par les ennemis naturels des insectes lorsque les plantes sont attaquées par des insectes herbivores. Les plantes attaquées peuvent induire aussi des réponses de défense chez les plantes avoisinantes (Paré et Tumlinson 1999).

En 1992, Flanders et son équipe ont effectué une série d'expériences sur une centaine d'espèces de *Solanum* et ont trouvé quelques espèces résistantes au doryphore de la pomme de terre et aux pucerons (Tableau 1.1). Pour une d'entre elles, *Solanum berthaultii* Hawkes, les mécanismes de résistances sont bien connus suite à de nombreuses études (Casagrande 1982, Wright et al. 1985, Groden et Casagrande 1986, Tingey et Yencho 1994). Il y a toutefois peu d'informations publiées pour les autres espèces (Pelletier et al. 1999).

Tableau 1.1 Résistance de *Solanum* sauvages envers les ravageurs (adapté d'après Flanders et al. 1992). DPT = Doryphore de la pomme de terre. PPT = Puceron de la pomme de terre. PVP = Puceron vert du pêcher. R = plante résistante. S = plante susceptible.

Variété de plante	DPT	PPT	PVP
<i>S. bulbocastanum dolichophyllum</i>	-	R	R
<i>S. capsicibaccatum</i>	R	-	R
<i>S. cardiophyllum</i>	-	-	-
<i>S. chomatophilum</i>	R	R	-
<i>S. etuberosum</i>	-	-	R
<i>S. infundibuliforme</i>	-	-	R
<i>S. marinasense</i>	-	-	R
<i>S. medians</i>	S	R	-
<i>S. megistacrolobum</i>	-	-	-
<i>S. okadae</i>	-	S	-
<i>S. oplocense</i>	-	-	-
<i>S. pinnatisectum</i>	R	-	-
<i>S. polyadenium</i>	R	-	-
<i>S. stoloniferum stoloniferum</i>	-	R	-
<i>S. tarijense</i>	R	-	-
<i>S. trifidum</i>	R	-	R

Entre 1990 et 2001, d'autres études sur les mécanismes de la résistance au doryphore chez plusieurs espèces sauvages de pomme de terre ont été effectuées par Yvan Pelletier (Agriculture et Agroalimentaire Canada – Fredericton). Sept accessions sauvages présentent différentes modalités de résistance au doryphore de la pomme de terre, *Leptinotarsa decemlineata* Say (Tableau 1.2). Par "accession", on entend des plantes qui proviennent des semis qui ont été collectés d'une ou plusieurs plantes, en un lieu et une date précise (Pelletier et Tai 2001).

Le but de notre étude est de sélectionner des accessions de pomme de terre sauvages qui présentent de la résistance envers les pucerons, accessions identifiées par Pelletier et son équipe (1999, 2001) comme résistantes au doryphore de la pomme de terre. Pour ce faire, nous avons mesuré l'abondance des populations de pucerons sur 13 accessions utilisées au cours d'autres études sur les deux pucerons et le doryphore de la pomme de terre. Il est en effet plus avantageux d'un point de vue économique de sélectionner les caractères d'une plante qui peuvent être utilisés pour combattre plusieurs ravageurs.

1.2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

Le dispositif expérimental

Les expériences ont été réalisées sur une ferme de production de pomme de terre située près de Granby (45.4127°N 72.8598°W) à 80 km au sud-est de Montréal. Les plantes ont été cultivées dans des unités randomisées (figure 1.1). Une unité expérimentale était constituée d'une paire de plantes de la même accession. La distance entre les plantes était de 40 cm. Les unités expérimentales ont été distribuées sur une ligne à une distance de 90 cm. Il y avait 13 unités sur la même ligne, correspondant aux treize accessions utilisées (Tableau 1.3). La ligne a été répliquée trois fois. La disposition des unités expérimentales était différente sur les trois lignes.

Tableau 1.2 Modalités de résistance des *Solanum* sauvages envers le doryphore (compilé d'après Pelletier et al. 1999)

Espèce de <i>Solanum</i>	Modalités de résistance au Doryphore de la pomme de terre
<i>Solanum capsicibaccatum</i>	Affecte la colonisation et la performance larvaire
<i>Solanum chomatophilum</i>	Affecte la croissance des populations
<i>Solanum okadae</i>	Affecte la croissance des populations
<i>Solanum oplocense</i>	Affecte la consommation du feuillage par des adultes et larves, et augmente la mortalité du premier et deuxième stade larvaire
<i>Solanum pinnatisectum</i>	Affecte la colonisation et la performance larvaire
<i>Solanum polyadenium</i>	Grande mortalité des larves
<i>Solanum tarijense</i>	Affecte les adultes et réduit la ponte des oeufs

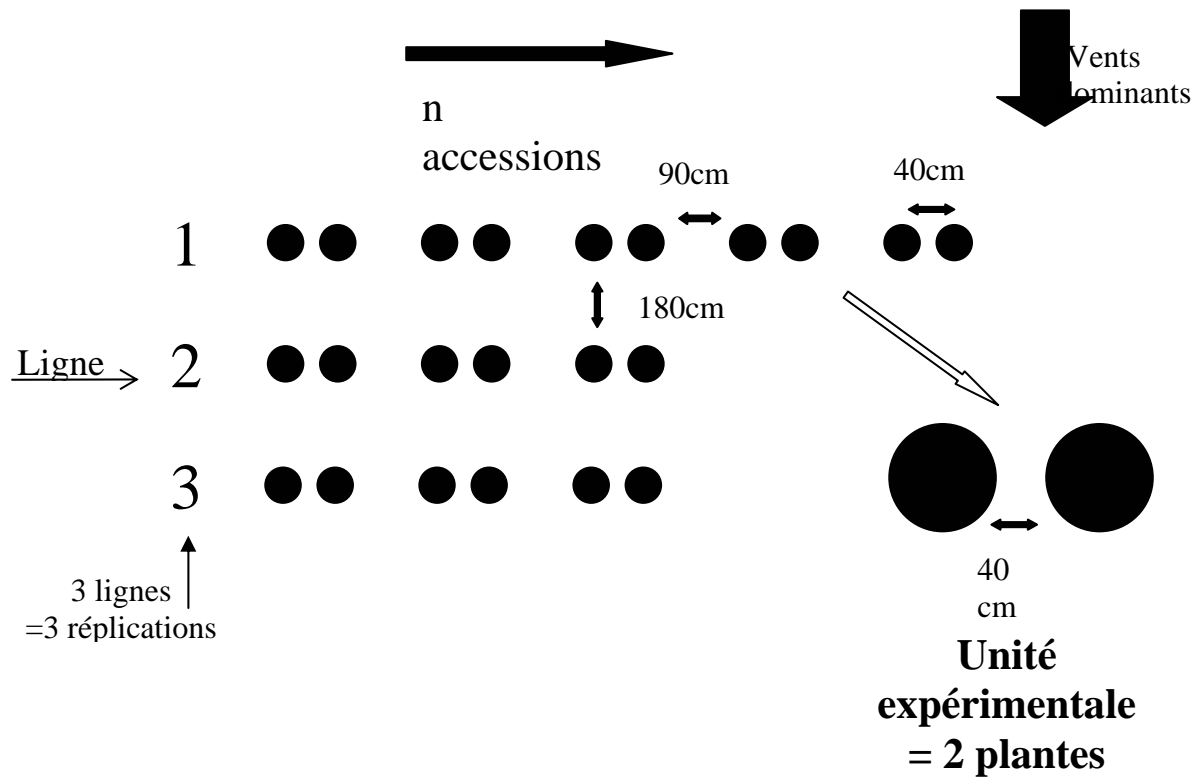


Figure 1.1 Dispositif expérimental utilisé au champ.

Tableau 1.3 Accessions utilisées pour les expériences en champs. X = plante utilisée en champ, MG = mauvaise germination, ND = non-disponible en 2005, PR = pas reçue.

No.	Variété	Accession PI	2004	2005
1	<i>S. bulbocastanum dolichophyllum (dph)</i>	255518	MG	X
2	<i>S. capsicibaccatum (cap)-(crc)</i>	210036	X	X
3	<i>S. cardiophyllum (cph)-(ehr)</i>	275214	X	MG
4	<i>S. chomatophilum (chm)</i>	365325	MG	MG
5	<i>S. etuberosum (etb)</i>	245939	MG	ND
6	<i>S. infundibuliforme (ifd)</i>	458322	MG	X
7	<i>S. marinasense (mrn)</i>	283078	X	MG
8	<i>S. medians (med)</i>	230507	X	X
9	<i>S. megistacrolobum (mga)</i>	473361	X	X
10	<i>S. okadae (oka)</i>	458367	X	X
11	<i>S. oplocense (opl)</i>	473368	X	X
12	<i>S. pinnatisectum (pnt)</i>	186553	X	X
13	<i>S. polyadenium (pld)</i>	230463	X	X
14	<i>S. stoloniferum stoloniferum (sto)</i>	201855	X	X
15	<i>S. tarijense (tar)</i>	414150	X	X
16	<i>S. trifidum (trf)</i>	255538	X	X
17	<i>S. tuberosum</i> cv Désiré	-	X	PR
18	<i>S. tuberosum</i> cv Russet Burbank	-	-	X

La distance entre les lignes était de 180 cm. L'arrangement de ce dispositif expérimental était agencé pour que la direction des vents dominants soit généralement perpendiculaire aux lignes.

La zone d'étude a été isolée par une bande de terre nue de 5 m entretenue par sarclage mécanique (figure 1.2). L'intérieur de la zone d'étude a été entretenu par arrachage manuel des mauvaises herbes. Aucun insecticide ni herbicide n'ont été épanchés. Les plantes n'ont pas été irriguées.

Le matériel végétal

Les semis ont été obtenus de la U.S. Potato Genebank, Sturgeon Bay, Wisconsin, U.S.A. Les *Solanum* sauvages ont été multipliées par semis de graines dans les serres de Centre de Recherche et Développement en Horticulture d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à St-Jean-sur-Richelieu. Certaines accessions de pomme de terre n'ont pu être utilisées d'une année à l'autre, suite à des problèmes de disponibilité ou de germination des semis (Tableau 1.3). Les plantules obtenues ont été transplantées dans le champ entre juin. Les pommes de terre témoin ont été multipliées par tubercules et ont été plantées directement dans le champ.

L'échantillonnage

Le comptage des insectes sur chaque plante a été effectué sans limite de temps. On a déterminé le nombre d'ailés et d'aptères de *M. persicae* et *M. euphorbiae*, tous âges confondus, ainsi que les autres ravageurs et les ennemis naturels trouvés sur les plantes. La date d'arrivée de chaque espèce de puceron a été également notée. L'échantillonnage a été effectué hebdomadairement par la même personne.

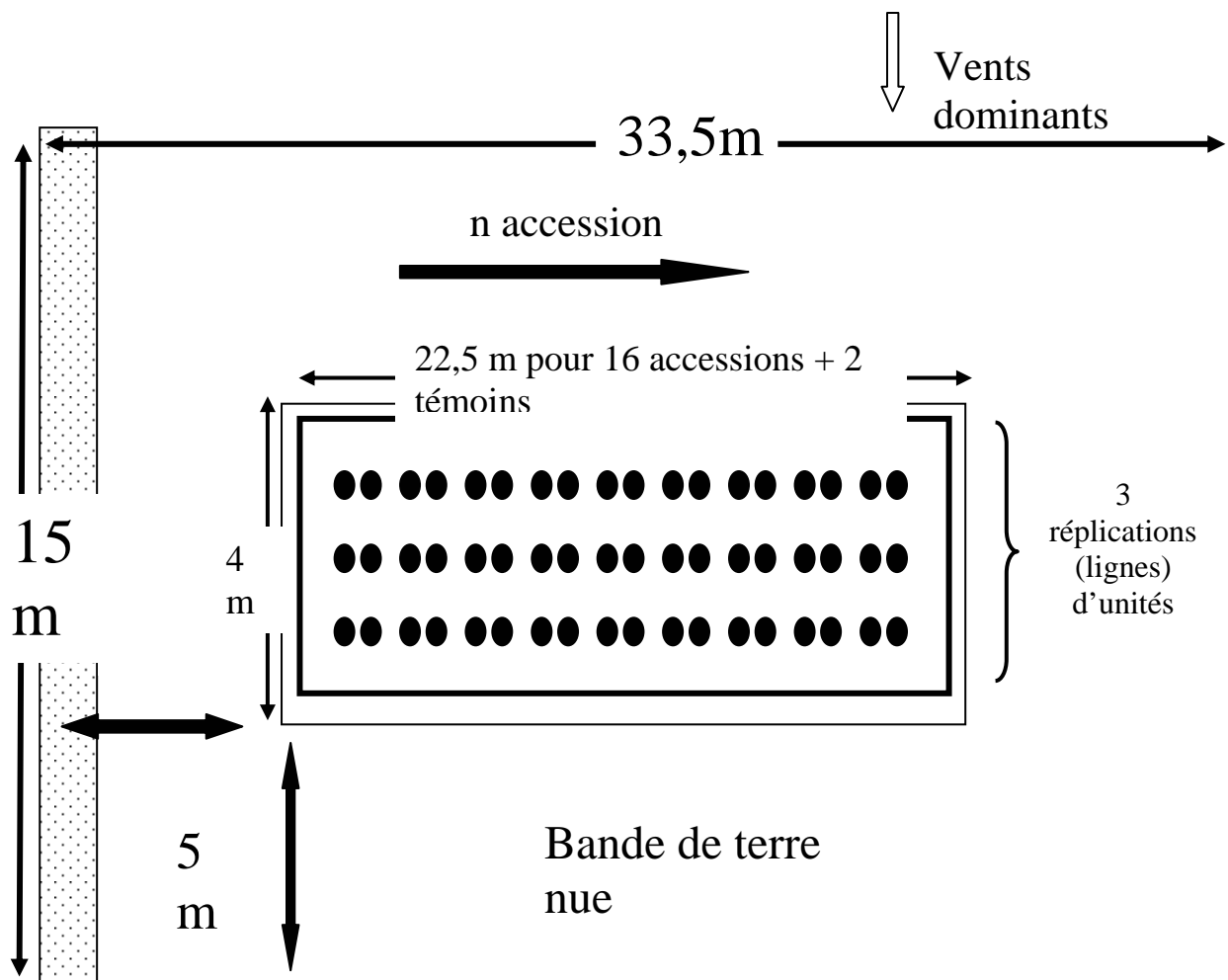


Figure 1.2 Plan général d'expérimentation

Les analyses statistiques

Une analyse de variance à un critère de classification a été utilisée pour comparer les densités des populations. Les tests statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel de statistique JMP 5.0.1.a (SAS 2004).

1.3. RESULTATS

2004

Le premier puceron *M. persicae* a été trouvé sur *S. okadae* le 16 juillet 2004. *M. euphorbiae* a été enregistré pour la première fois dans la saison sur *S. tuberosum* également le 16 juillet 2004. *S. medians* n'a pas survécu à la transplantation; après trois semaines, le nombre de plantes vivantes a été réduit à moitié, et toutes les plantes étaient mortes dans la sixième semaine. La plupart des autres plantes ont survécu jusqu'à la fin de la saison; une mortalité élevée a été enregistrée lors des deux dernières semaines d'échantillonnage. Une grande partie des plantes présentait peu de feuillage dans la deuxième partie de la saison suite aux dégâts occasionnés par des fortes populations de doryphores (figure 1.3). Pendant la saison 2004, le niveau d'infestation des pucerons était faible, soit moins de trois pucerons en moyenne par plante par semaine. *Solanum oplocense* est significativement plus susceptible à *M. persicae* que les autres accessions attaquées par ce puceron (ANOVA, $F_{11,24} = 1,092$, $p = 0,041$). *Macrosiphum euphorbiae* était présent en plus grand nombre sur *S. tarijense* (ANOVA, $F_{11,22} = 1,760$, $p = 0,012$) (figure 1.4). Pour toute la saison, on a compté, tous stades confondus, un total de 163 individus *M. persicae* et de 540 *M. euphorbiae*.



Figure 1.3 Dégâts causés par le doryphore de la pomme de terre en 2004

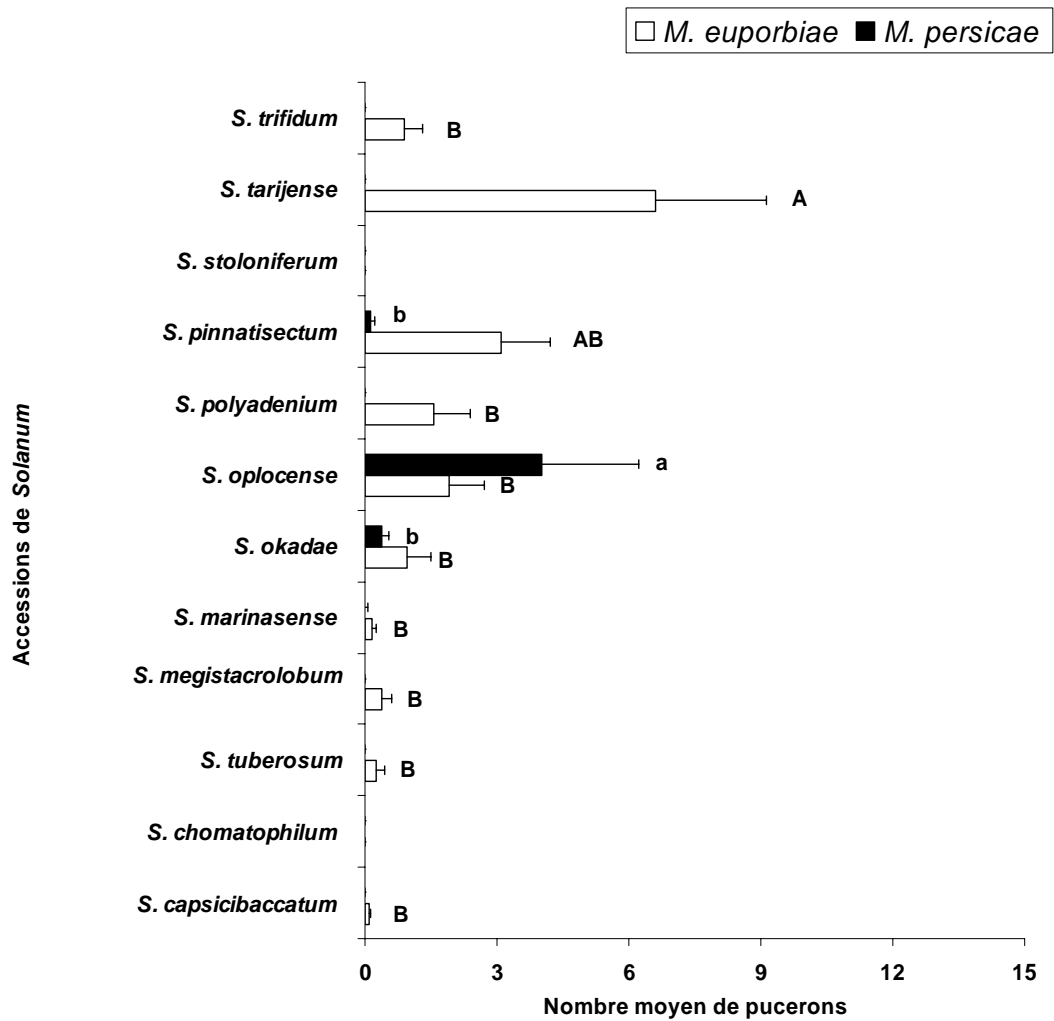


Figure 1.4 Abondance des pucerons sur les treize accessions de pomme de terre utilisées pendant la saison 2004. Les résultats des tests de comparaison de Tukey sont en majuscules pour *M. euphorbiae* et en minuscules pour *M. persicae*.

2005

Le 19 juillet 2005, *M. persicae* a été enregistré sur *S. okadae* et *M. euphorbiae* sur *S. tuberosum* le 26 juillet 2005. Les plantes ont survécu en totalité jusqu'à la fin de la saison. La seule accession qui n'a pas résisté à la transplantation a été *S. capsicibacatum*. La variété *S. tarijense* a été significativement plus colonisée par les deux espèces de pucerons (ANOVA, $F_{8,44} = 4,889$, $p = 0,002$) (figure 1.5). Pendant la saison 2005 le nombre total de *M. persicae* a été de 642 et *M. euphorbiae* 283.

2004 et 2005, autres insectes

Pendant les deux saisons d'échantillonnage, les ennemis naturels de pucerons ont été faiblement représentés par la coccinelle maculée, *Coleomegilla maculata* (DeGeer), et la coccinelle asiatique, *Harmonia axyridis* (Pallas). On a observé la présence d'autres espèces d'aphides, le plus fréquent étant le puceron d'haricot, *Aphis fabae* (Scop.), ainsi que d'autres insectes ravageurs de la pomme de terre, comme par exemple l'altise de la pomme de terre, *Epitrix cucumeris* (Harris). Le ravageur le mieux représenté, avec une moyenne en 2004 de 12 individus sur *S. oplocense*, a été le doryphore de la pomme de terre, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Tableau 1.4).

Le matériel végétal

Les semis ont été obtenus de la U.S. Potato Genebank, Sturgeon Bay, Wisconsin, U.S.A. Les *Solanum* sauvages ont été multipliées par semis de graines dans les serres de Centre de Recherche et Développement en Horticulture d'Agriculture et Agroalimentaire Canada à St-Jean-sur-Richelieu. Certaines accessions de pomme de terre n'ont pu être utilisées d'une année à l'autre, suite à des problèmes de disponibilité ou de germination des semis (Tableau 1.3). Les plantules obtenues ont été transplantées dans le champ entre juin. Les pommes de terre témoin ont été multipliées par tubercules et ont été plantées directement dans le champ.

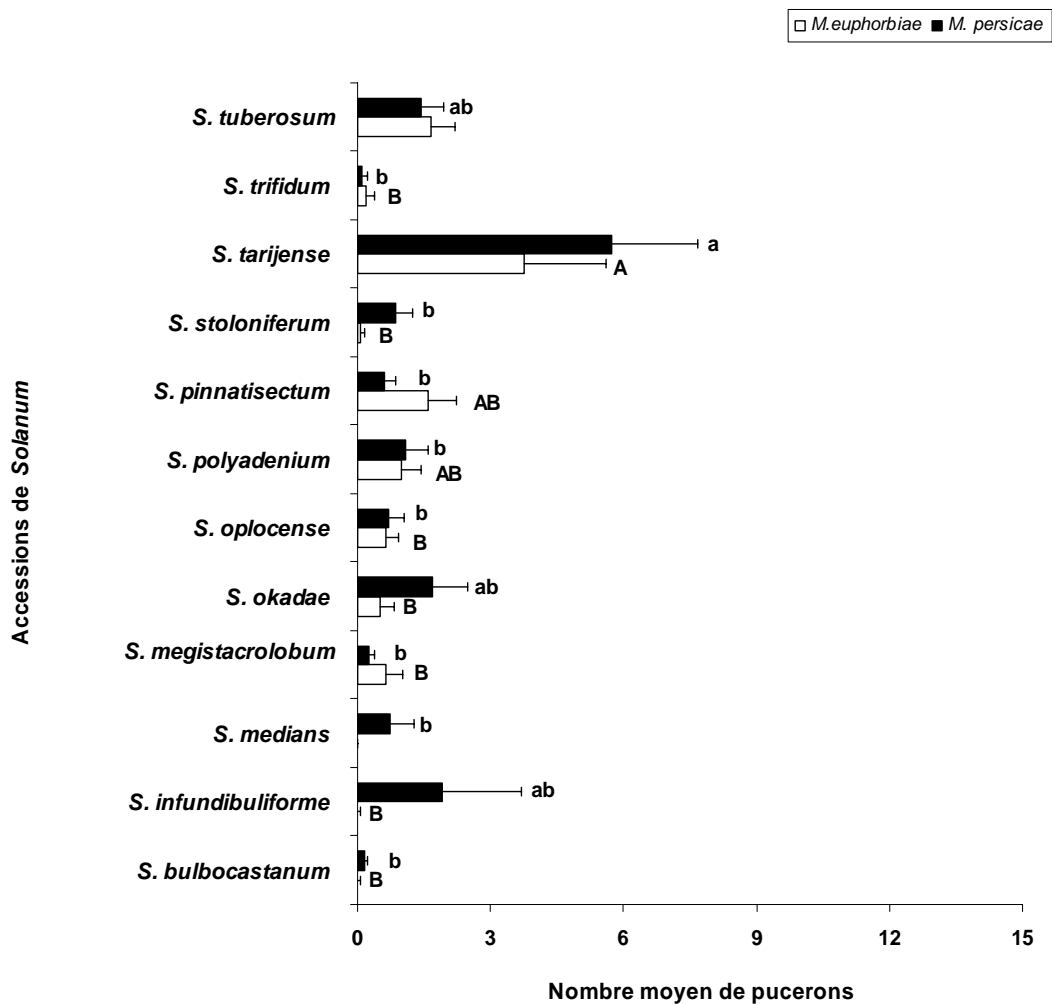


Figure 1.5 Abondance des pucerons sur les treize accessions de pomme de terre utilisées pendant la saison 2005. Les résultats des tests de comparaison de Tukey sont en majuscules pour *M. euphorbiae* et en minuscules pour *M. persicae*.

Tableau 1.4 Nombre moyen de doryphores par stade de l'insecte et par espèce de plante en 2004 et 2005. Les nombres situés sur la même colonne et suivis de la même lettre ne sont pas significativement différents (seuil, test).

Espèce de plante	Stade de l'insecte											
	Masse d'oeufs		Stade 1		Stade 2		Stade 3		Stade 4		Adulte	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005	2004	2005
<i>S. bulbocastanum dolichophyllum</i>		0,07b		0,00b		0,04b		0,00b		0,00b		0,07b
<i>S. capsicibaccatum</i>	0,14b	0,00b	0,47b	0,00b	0,61b	0,00b	0,28b	0,00b	0,33b	0,00b	2,30b	0,00b
<i>S. chomatophilum</i>	0,00b		1,50b		2,25ab		0,82ab		0,36b		5,82ab	
<i>S. infundibuliforme</i>		0,44ab		0,74ab		1,07b		0,70b		0,52b		0,22b
<i>S. medians</i>	0,13b	0,63ab	0,33b	5,30ab	0,40ab	0,52b	0,07ab	1,19b	0,07b	1,07b	0,13b	0,67b
<i>S. megistacrolobum</i>	0,03b	0,04b	0,81b	1,22ab	0,68ab	0,67b	0,65ab	0,63b	0,48b	0,04b	0,61b	0,26b
<i>S. marinasense</i>	0,03b		1,85b		1,36ab		0,39b		0,21b		0,15b	
<i>S. okadae</i>	0,12b	0,00b	0,82b	0,00a	1,62ab	0,00b	1,44ab	0,00b	1,09b	0,00b	5,50ab	0,00b
<i>S. oplocense</i>	0,17b	0,30ab	2,69ab	0,07b	2,45ab	0,00b	1,47ab	0,00b	0,58b	0,00b	11,92a	0,00b
<i>S. polyadenium</i>	0,33b	0,11b	4,52ab	0,33b	0,73ab	0,22b	0,88ab	0,11b	0,42b	0,00b	2,97b	0,07b
<i>S. pinnatisectum</i>	0,09b	0,04b	0,20b	0,00a	0,23b	0,00b	0,29b	0,00b	0,17b	0,00b	2,17b	0,04b
<i>S. stoloniferum stoloniferum</i>	0,65ab	0,63ab	4,78ab	1,11ab	1,87ab	0,89b	0,96ab	0,96b	1,35ab	0,93b	0,43b	0,59b
<i>S. tarijense</i>	0,03b	0,03b	1,24b	0,00b	1,13ab	0,00b	0,91ab	0,00b	0,44b	0,00b	4,88ab	0,00b
<i>S. trifidum</i>	0,06b	0,00b	0,79b	0,00b	0,82ab	0,00b	0,59ab	0,04b	0,38b	0,00b	1,70b	0,00b
<i>S. tuberosum</i>	1,00a	1,30a	8,22a	6,44a	3,96a	5,67a	2,78a	7,63a	3,35a	6,70a	0,78b	1,96a

L'échantillonnage

Le comptage des insectes sur chaque plante a été effectué sans limite de temps. On a déterminé le nombre d'ailés et d'aptères de *M. persicae* et *M. euphorbiae*, tous âges confondus, ainsi que les autres ravageurs et les ennemis naturels trouvés sur les plantes. La date d'arrivée de chaque espèce de puceron a été également notée. L'échantillonnage a été effectué hebdomadairement par la même personne.

1.4. DISCUSSION

La pomme de terre est une plante attaquée par un grand nombre de ravageurs (Spooner et al. 2003). Jusqu'à présent, le moyen le plus économique et le plus efficace pour combattre ces ravageurs a été la pulvérisation d'insecticides chimiques. Ainsi, la pomme de terre est devenue la culture la plus traitée chimiquement en Amérique du Nord (Martin 1988, Rowe et Powelson 2002). Le développement de cultivars résistants aux différents ravageurs est un long processus (Smith 1989). Par exemple, pour inclure un nouveau caractère comme celui de la résistance à un insecte donné, cela prend plus de 12 ans de travail (Tarn 1987). Des caractères de résistance envers les insectes ravageurs des deux espèces de pomme de terre sauvages sont déjà utilisés dans des programmes d'amélioration des plantes (Tingey et Yencho 1994).

Après une étude de 25 ans, Flanders et son équipe (1992) ont trouvé trente-six accessions présentant de la résistance relative envers *M. persicae*, vingt-quatre envers *M. euphorbiae* et dix accessions résistantes au doryphore. Quelques unes de ces plantes ont été choisies pour notre étude (Tableau 1.3). Certaines des variétés choisies présentaient de la résistance envers le doryphore de la pomme de terre, *M. persicae* et *M. euphorbiae* (Tableau 1.1).

Pendant les deux années d'étude le niveau d'infestation de *M. persicae* et *M. euphorbiae* a été faible. Sur les deux ans, la moyenne enregistrée a été de quatre pucerons par plante. En conséquence, on ne peut tirer une conclusion robuste sur le

niveau de résistance des plantes, c'est-à-dire comprenant une large gamme de niveaux de populations. En 2004, les plants ont commencé leur entrée en sénescence (Watkinson 1992) deux semaines plus vite qu'en 2005. De plus, il y a eu une forte pression de doryphore (Tableau 1.4) qui s'est traduite par des dégâts importants au niveau du feuillage des plantes en 2004 (figure 1.5) mais pas en 2005.

Des essais exécutés avec la même accession dans des sites différents ont mis en évidence des niveaux de résistance différentes (Flanders et al. 1992). Dans notre cas, le niveau relatif de résistance entre les espèces de *Solanum* sauvages était souvent différent. Une variabilité a été observée également à l'intérieur de la même espèce. Par exemple, si on considère les niveaux de résistance en 2004 et en 2005 de *S. oplocense* envers *M. persicae*, l'accession a été plus attaquée par le puceron en 2004 qu'en 2005.

Les analyses statistiques indiquent que *S. tarijense* est vulnérable à *M. euphorbiae* (figure 1.3) et à *M. persicae* en 2005 (figure 1.4). Des résultats semblables ont été obtenus pour *S. oplocense* qui est susceptible d'être attaqué plus souvent par les deux pucerons. Nos résultats confirment ceux publiés par Flanders et son équipe (1992) (Tableau 1.1).

Pelletier et son équipe (Pelletier et Smilowitz 1990, Pelletier et al. 1999, Pelletier et Tai 2001, Pelletier et al. 2001) ont trouvé des accessions de *Solanum* sauvages résistantes au doryphore (Tableau 1.2). L'évolution des populations de doryphore pendant nos deux années d'études confirme les résultats de Pelletier. *S. tarijense* affecte la ponte des œufs, et *S. pinnatisectum* la performance larvaire. *S. capsicibaccatum* touche particulièrement les larves de troisième et quatrième stades (Tableau 1.4). Les résultats de Pelletier mettaient en évidence une résistance de *S. oplocense* affectant les premiers et deuxième stades larvaires. Nos résultats montrent également une résistance de *S. oplocense* qui affecte les troisième et quatrième stades larvaires (Tableau 1.4).

Le développement d'un cultivar résistant est un processus complexe (Pelletier et Michaud 1995). Comme la variabilité d'un caractère peut être influencée par les

conditions agronomiques, notamment la location, et peut se manifester même à l'intérieur d'une espèce (Flanders et al. 1992), les expériences doivent idéalement être réalisées sur plusieurs sites et en conditions variées. Il est plus intéressant de produire un cultivar résistant à plusieurs ravageurs et aux différentes souches du même insecte.

1.5. BIBLIOGRAPHIE

Adams J. B. 1946. *Aphid resistance in potatoes*. Am. Potato J. 23:1-22.

Casagrande R.A. 1982. *Colorado potato beetle resistance in a wild potato, S. berthaultii*. J. Econ. Entomol. 75:368-372

Flanders, K.L., Hawkes J.G., Radcliffe E.B. et Lauer F.I. 1992. *Insect resistance in potatoes: sources, evolutionary relationships, morphological and chemical defenses, and ecogeographical associations*. Euphytica 61:83–111.

Groden E. et Casagrande R.A. 1986. *Population dynamics of the Colorado potato beetle, Leptinotarsa decemlineata (Coleoptera: Chrysomelidae) on S. berthaultii*. J. Econ. Entomol. 79:91-97.

Lapointe, S. L. et Tingey W. M. 1986. *Glandular trichome of Solanum neocardenasii confer resistance to green peach aphid (Homoptera: Aphididae)*. J. Econ. Entomol. 79: 1264-68.

Martin M. 1988. *Potato production and chemical dependency*. Am. Potato Journal. 65:1-4.

Pare P.W. et Tumlinson J. H. 1999. *Plant Volatiles as a Defense against Insect Herbivores*. Plant Phys. 121:325–331.

Pelletier Y. et Smilowitz Z. 1990. *Biological and genetic study on the utilization of Solanum Berthaultii Hawkes by the Colorado potato beetle (Leptinotarsa decemlineata (Say))*. Can. J. Zool. 69:1280-88.

Pelletier Y et Michaud D. 1995. *Insect pest control on potato: genetically based control*. pp. 69-79. Dans P.-M. Duchesne et G. Boiteau (eds.), *Proceeding Potato Insect Pest Control: Development of a Sustainable Approach*. July 31-1 August 1995, Québec, Canada.

Pelletier Y., Grondin G. et Maltais P. 1999. *Mechanism of Resistance to the Colorado Potato Beetle in Wild Solanum Species*. J. Econ. Entomol. 92:708-713.

Pelletier Y., Clark C. et Tai G.C.C. 2001. *Resistance of three tuber-bearing potatoes to the Colorado potato beetle*. Entom. Exp. Applic. 100:31-41.

Pelletier Y. et Tai G.C.C. 2001. *Genotypic Variability and Mode of Action of*

- Colorado Potato Beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) Resistance in Seven Solanum Species*. J. Econ. Entomol. 4:572-578.
- Rousselle P., Robert Y. et Crosnier J.C. (eds) 1996. *La pomme de terre*. INRA, Paris. 607p.
- Rowe R.C. et Powelson M.L. 2002. *Potato early dying: Management challenges in a changing production environment*. Plant Disease. 86:1184-93.
- SAS. 2004 *JMP software, version 5.0.1.a*. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA
- Smith C.M. 1989. *Plant resistance to insects: a fundamental approach*. Wiley, New York.
- Spooner D. M., Hettterscheid W. L. A. , van den Berg R. G. et W. Brandenburg W. 2003. *Plant nomenclature and taxonomy: An horticultural and agronomic perspective*. Horticultural Reviews 28:1-60.
- Storch H.R. 1995. *Insect pest control on potato with conventional insecticides*. p.95-112 Dans Duchesne R. M. et Boiteau G. (eds.), *Lutte aux insectes nuisibles de la pomme de terre*, Québec, Canada.
- Tarn T.R. 1987. *The potential of plant resistance for insect control*, pp. 224-234. Dans G. Boiteau, R.P. Singh et R.H. Parry (eds.), *Potato Pest Management in Canada*, Proceedings of a Symposium on Improving Potato Pest Protection, Fredericton, NB, 27-29 January 1987. Government of Canada, Ottawa, Canada.
- Tingey W.M. et Yencho G.C. 1994. *Insect resistance in potato: A decade of progress*, p. 405-425. Dans Zelhnder G.W., Powelson R.K., Jansson R.K., Raman K.V. (eds), *Advances in potato pest biology and management*. APS, ST. Paul, MN.
- Vincent C. et Coderre D. (eds) 1992. *La lutte biologique*. Gaëtan Morin (eds.), Boucherville, Québec, 702p.
- Wright R.J., Dimock M.B., Tingex W.M. et Plaisted R.L. 1985. *Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): expression of resistance in Solanum berthaultii and interspecific potato hybrids*. J. Econ. Entomol. 78: 576-582.

CHAPITRE II

Résistance relative de huit accessions de *Solanum* envers le puceron de la pomme de terre, *Macrosiphum euphorbiae*, et le puceron vert du pêcher, *Myzus persicae*, en milieu semi-contrôlé.

Résumé

La résistance des trois accessions sauvages, *S. pinnatisectum*, *S. polyadenium* et *S. tarijense*, et d'une variété de pomme de terre commerciale *S. tuberosum* var. Désiré envers les pucerons a été évaluée. Dans le champ, les plantes ont été encagées individuellement et infestées soit avec *Macrosiphum euphorbiae*, soit avec *Myzus persicae*. Chaque plante a reçu 30 pucerons aptères tous âges confondus. Les densités des populations des deux espèces de pucerons ont été analysées statistiquement six semaines après l'infestation. Les quatre types de plantes utilisées ont démontré des niveaux différents de résistance envers les deux pucerons. Les trois accessions sauvages présentaient plus de résistance envers les deux pucerons comparativement à la variété commerciale. Les plants de *S. pinnatisectum* et *S. tarijense* semblaient être vulnérables aux deux pucerons. Sur le *S. polyadenium* les populations de pucerons ont eu du mal à s'établir. Le développement des populations de pucerons et la colonisation de la même variété de plante, a été relativement similaire pour chaque espèce de pucerons. La densité des morphes ailés semble être un bon indicateur de traits de résistance.

Mots clefs: *Solanum* sauvages, résistance, *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae*, cages

2.1. INTRODUCTION

Dans la deuxième partie du XX-ème siècle, des programmes de lutte intégrée ont été mis en place pour lutter contre les ravageurs (Kogan 1998). La résistance des plantes envers les insectes herbivores, caractéristique qui peut réduire l'utilisation des insecticides (Tingey et Yencho 1994), peut jouer un rôle important car elle réduit aussi la survie et la reproduction des ravageurs (Eigenbrode 2002 b). Elle est souvent basée sur les propriétés chimiques des plantes (Pelletier et al. 1999), mais aussi sur certaines caractéristiques morphologiques (Lapointe et Tingey 1986).

Les pommes de terre sauvages présentent une grande diversité écologique, physiologique et morphologique (Spooner et Bamberg 1994). Les génotypes sauvages de ces pommes de terre offrent une source désirable de caractères qui peuvent être utilisés pour améliorer les cultivars de pomme de terre commerciaux, *Solanum tuberosum* (Tingey et Yencho 1994).

Les aphides sont une préoccupation majeure pour les cultivateurs des légumes (Powell et al. 2006) car, de tous les insectes ravageurs, ils présentent le plus de biotypes. Cette grande variété de biotypes, qui favorise l'adaptation à la résistance des plantes hôtes, est expliquée par leur grand pouvoir de reproduction parthénogénétique (Eigenbrode 2002 a). Le puceron de la pomme de terre, *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas), et le puceron vert du pêcher, *Myzus persicae* (Say), sont les espèces d'aphides qui causent le plus de dégâts à la pomme de terre (Rousselle et al. 1996, Dixon 1998).

La mise en évidence de résistance des pommes de terre sauvages aux pucerons n'est pas récente. Adams (1946) a comparé une centaine de cultivars commercialisés et d'espèces sauvages de *Solanum*. Plus tard, dans les années '60-'70, une série d'études est publiée (Radcliffe et Lauer 1966, 1967, 1968, 1970, 1971). En 1992, Flanders et son équipe font une synthèse de 'études sur la résistance des accessions de pommes de terre sauvages envers plusieurs insectes ravageurs, menées les 25 années précédentes. Trois accessions de *Solanum* sauvages, *Solanum polyadenium* PI 230463, *Solanum pinnatisectum* PI 186553 et *Solanum tarijense* PI 414150, avaient un niveau de résistance

envers le puceron vert du pêcher et le puceron de la pomme de terre (Flanders et al. 1992, Hyrien et Pelletier 2002 données non publiées, Pelletier et Clark 2004).

La colonisation des plantes hôtes se fait d'abord par les formes ailés au début de l'été (Dixon 1998). Par la suite apparaissent les aptères pour former des colonies sur chaque plante. Vers la fin de la saison, quand se produit l'entrée en sénescence des plantes hôtes (Watkinson 1992), les individus ailés réapparaissent rapidement. D'autres conditions, telle qu'une trop forte densité de la population ou une détérioration de la qualité de la plante hôte, peuvent générer des morphes ailés (Mueller et al. 2001).

La grande majorité des expériences sur la résistance des pommes de terre sauvages envers les pucerons a été effectuée en champs en conditions naturelles, ou en laboratoire en conditions contrôlées. L'objectif de notre étude était d'évaluer la résistance relative de trois accessions de *Solanum* envers *M. persicae* et *M. euphorbiae*, sur des plantes encagés en champs, c'est-à-dire en conditions excluant l'intervention de compétiteurs herbivores et d'ennemis naturels. Comme les deux pucerons présentent une bioécologie semblable, nous avons vérifié si la résistance d'une plante envers une des espèces de puceron était similaire pour l'autre. En dernier lieu, on a évalué si la proportion de pucerons ailés versus d'aptères pourrait constituer un indicateur de résistance.

2.2. MATÉRIEL ET MÉTHODE

Le matériel végétal

Les accessions utilisées, *Solanum infundibuliforme* PI 458322, *Solanum medians* PI 230507, *Solanum oplocense* PI 473368, *Solanum pinnatisectum* PI 186553, *Solanum polyadenium* PI 230463, *Solanum stoloniferum* PI 201855 *Solanum tarijense* PI 414150, ont été obtenues de semis de la Potato Introduction Station, Sturgeon Bay, WI, U.S.A. Les graines ont été semées en serres dans des bacs en plastique de 25X50 cm. Après trois semaines, trente plantules de chaque accession ont été sélectionnées pour être transplantées dans des pots de 15 cm en diamètre. Après six semaines, les plantes ont été

placées pendant trois jours dans une zone ombragée. Le 10 juin, neuf plantes de chaque accession ont été choisies et transplantées dans le champ, pour un total de soixante-trois plantes. Un standard commercial de pomme de terre a été également utilisé, le *Solanum tuberosum* var. Désiré. Les plantes standard ont émergé de tubercules provenant de stocks de producteurs de pomme de terre de semis.

Le dispositif expérimental

Les expériences ont été réalisées dans une ferme de production de pomme de terre située à 80 km sud-est de Montréal. Les plantes ont été transplantées individuellement, dans le même champ, dans des cages de 1 m de hauteur et 0,60 m de diamètre, couvertes par un cylindre en mousseline. Le cylindre a été fermé dans sa partie supérieure et sa base introduite dans le sol à une profondeur d'environ 20-30 cm. L'accès dans la cage se faisait par une entrée latérale située à 15 cm de sol et avait un diamètre de 35 cm. Après chaque utilisation, la bouche d'entrée était fermée hermétiquement par un clip en métal. Les cages ont été disposées sur trois lignes à la même distance (0,90m entre les cages et 0,90m entre les lignes). Un total de soixante-douze cages, correspondant aux soixante-douze plantes, a été déployé. Quatre semaines après l'encagement, une infestation avec trente pucerons aptères de même espèce, tous âges confondus, a été faite sur chaque plante.

L'échantillonnage

Après la plantation, les plantes ont été inspectées hebdomadairement pendant huit semaines, jusqu'à la fin du mois d'août. Tout autre insecte, à part les pucerons utilisés pour l'infestation, a été enlevé de la cage. Pour chaque plante, le nombre total de pucerons ainsi que le nombre de pucerons aptères et ailés ont été enregistrés séparément. Un examen visuel sur la vigueur des plantes a été également effectué selon une échelle semi-quantitative allant de 0 à 10, 0 indiquant une plante morte et 10 une plante vigoureuse. En 2004, après quatre semaines de comptage, suite à des contraintes

logistiques, seules trois accessions sauvages et le standard commercial ont été conservées pour l'étude. Ces quatre mêmes variétés ont été utilisées dans l'étude de 2005.

Les analyses statistiques

Une analyse de variance à un critère de classification a été utilisée pour comparer les densités des populations (seuil :). On a utilisé une régression linéaire pour vérifier s'il y a une corrélation entre les deux populations de pucerons et un test de G (rapport de vraisemblance) pour détecter si les différences d'abondance de pucerons entre les plantes. Les tests statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel de statistique JMP 5.0.1a (SAS 2004).

2.3 RÉSULTATS

Situation quatre semaines après l'infestation en 2004. Le nombre moyen saisonnier de chaque espèce de pucerons sur chaque accession a varié de façon significative (figure 2.1). Le nombre moyen par plante de *M. euphorbiae* sur le standard Désiré était de 4353 et de 4263 sur *S. pinnatisectum*, et il est diminué jusqu'à 155 sur le *S. polyadenium* (ANOVA, $F_{6,100} = 3.26$, $p = 0.005$). Les populations de *M. persicae* ont évolué de façon similaire à la précédente. Sur le témoin, on trouvait un nombre moyen de 3946 pucerons et sur *S. pinnatisectum* un nombre moyen de 3736 pucerons. Sur le *S. polyadenium* il y avait une très faible population par rapport aux autres accessions étudiées, une moyenne de 109 pucerons (ANOVA, $F_{6,104} = 3.69$, $p = 0.002$).

Situation 6 semaines après l'infestation. Après quatre semaines en 2004, l'augmentation de populations de pucerons ainsi que le feuillage de plus en plus abondant, nous avons contraint à restreindre l'étude à quatre accessions durant les semaines suivantes. Ainsi, nous avons choisi de poursuivre les comptages sur *S. tuberosum* var. Désiré, *S. pinnatisectum*, *S. polyadenium* et *S. terijense*.

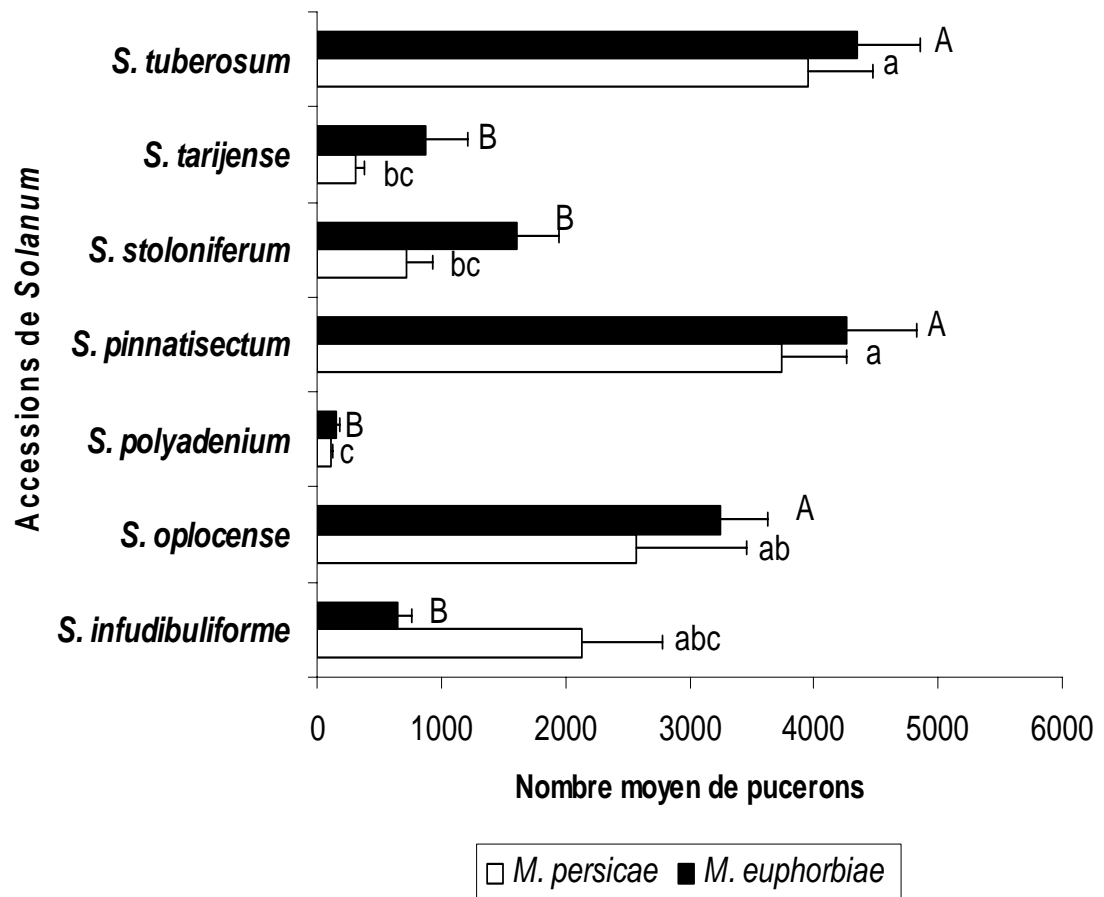


Figure 2.1. Nombre moyen de pucerons aptères quatre semaines après l'infestation en 2004. Les résultats des tests de comparaison Tukey ont été représentés en minuscules pour *M. euphorbiae* et en majuscules pour *M. persicae*. Les barres horizontales avec les même lettres ne sont pas significativement différentes (test? $p=0.05$). Lignes horizontales = erreur standard.

Les populations de *M. euphorbiae* ont évolué différemment sur toutes les accessions (figure 2.2.A). Sur *S. tuberosum*, on a enregistré une moyenne saisonnière plus élevée par rapport aux autres accessions, de 15008 pucerons aptères, alors que sur *S. polyadenium* il n'y avait qu'une faible population de 499 individus en moyenne (ANOVA, $F_{3,11} = 21.31$, $p = 0.001$). *M. persicae* avait également une moyenne saisonnière élevée de 12 313 pucerons sur *S. tuberosum* et faible (534 individus aptères) sur *S. polyadenium*. (ANOVA, $F_{3,12} = 9.10$, $p = 0.002$).

En 2005 (figure 2.2.B), le nombre moyen de pucerons a été faible par rapport à 2004. La moyenne saisonnière de *M. euphorbiae* sur *S. pinnatisectum* a été de 18 pucerons aptères et sur *S. polyadenium* de 6 pucerons. Des différences significatives entre les populations de pucerons établies sur les quatre accessions n'ont pas été mises en évidence (ANOVA, $F_{3,12} = 2.49$, $p = 0.109$). Le plus grand nombre moyen de *M. persicae* aptères a été enregistré sur *S. pinnatisectum*, soit 132 individus. Sur *S. polyadenium* le nombre moyen a été de 9 pucerons aptères (ANOVA, $F_{3,12} = 5.76$, $p = 0.011$).

Corrélation entre les populations de pucerons. Pour la première période de quatre semaines en 2004 (figure 2.3) nous avons obtenu une corrélation significative entre les populations des deux pucerons ($r^2 = 0.774$, $F_{1,5} = 17.17$, $p = 0.009$). La population moyenne de *M. euphorbiae* enregistrée sur les sept accessions a été pratiquement similaire à la population moyenne de *M. persicae*, exception faite de *S. infundibuliforme*.

Pour la période de 6 semaines en 2004 (figure 2.4.A), on a obtenu une corrélation significative ($r^2 = 0.973$, $F_{1,2} = 72.11$, $p = 0.014$). La population moyenne de *M. euphorbiae* enregistrée sur chacune des quatre accessions a été similaire à celle de *M. persicae*, à l'exception de *S. tarijense*.

En 2005 (figure 2.4.B) la corrélation n'est pas significative ($r^2 = 0.699$, $F_{1,2} = 4.63$, $p = 0.164$).

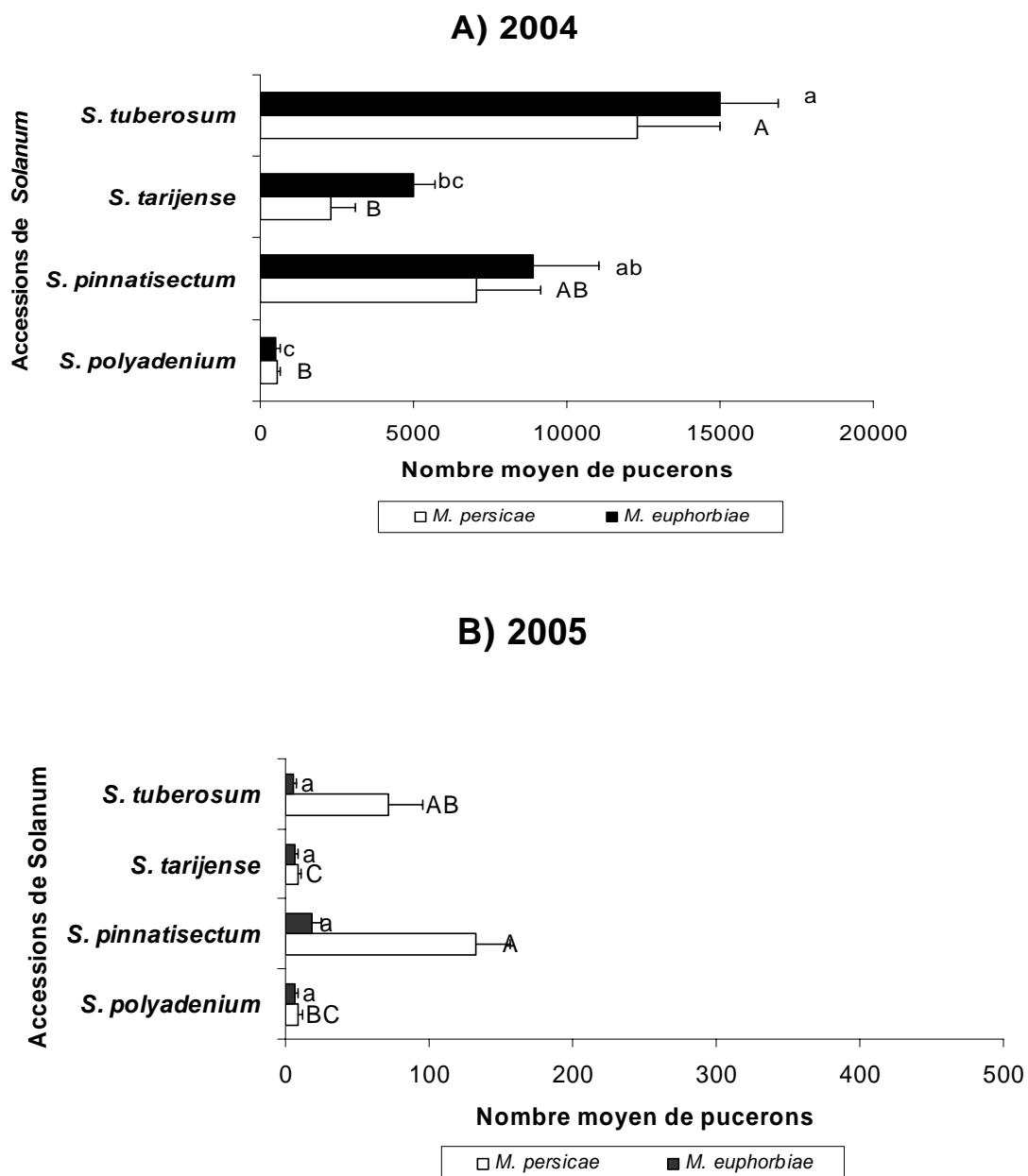


Figure 2.2. Nombre moyen de pucerons aptères six semaines après l'infestation A) en 2004 et B) en 2005. Les résultats des tests de comparaison Tukey ont été représentés en minuscules pour *M. euphorbiae* et en majuscules pour *M. persicae*. Les barres horizontales avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes (test, $p=0.05$). Lignes horizontales = erreur standard.

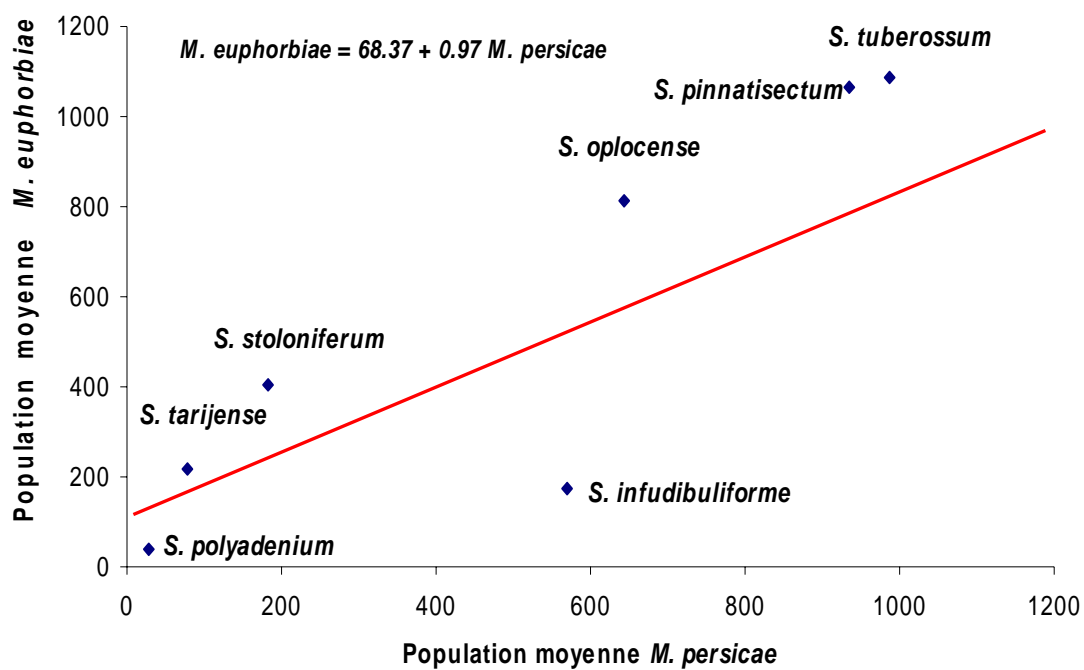


Figure 2.3. Comparaison entre les populations des deux espèces de pucerons sur sept accessions de *Solanum* quatre semaines après l'infestation en 2004 ($r^2 = 0.775$, $p=0.009$)

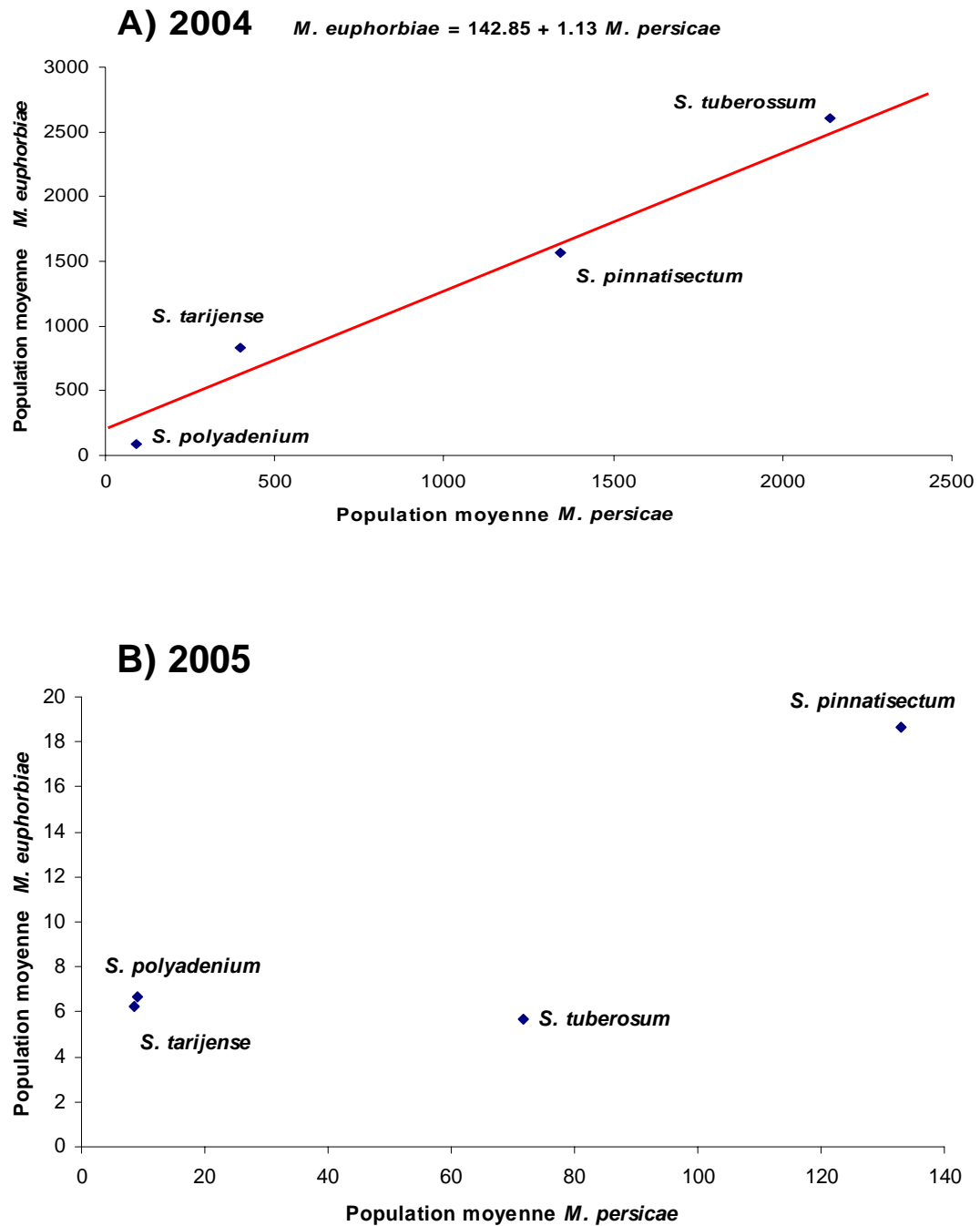


Figure 2.4. Comparaison entre les populations des deux pucerons sur quatre accessions de *Solanum* six semaines après l'infestation A) saison 2004 ($r^2 = 0.973$, $p=0.014$) et B) saison 2005 ($r^2 = 0.699$, $p=0.164$)

Ailés versus aptères. En 2004, la proportion d'ailés versus aptères a varié significativement d'une accession à l'autre. Sur six semaines d'échantillonnage, on a enregistré un maximum de 119 pucerons ailés *M. persicae* en moyenne sur *S. pinnatisectum* (figure 2.5.A) et 2086 pucerons aptères en moyenne sur *S. tuberosum* ($G = 74.23$, $p < 0.001$). Pour le *M. euphorbiae* (figure 2.5.B) on trouve également le maximum d'ailés sur *S. pinnatisectum*, 165.2 pucerons ailés en moyenne, et le maximum d'aptères sur *S. tuberosum*, 2457 pucerons aptères ($G = 58.51$, $p < 0.001$). En 2005, il n'y a eu pratiquement pas de pucerons ailés. La plus grande moyenne de pucerons ailés fut de 1 puceron par accession pour toute la saison.

2.4. DISCUSSION

Les pommes de terre sauvages présentent de la résistance envers certains ravageurs et sont la source génétique de résistance pour les producteurs de pomme de terre (Flanders et al. 1992, Spooner et Bamberg 1994). Une majorité de variétés résistantes réduisent la survie et la reproduction des insectes (Eigenbrode 2002b).

Une des variétés de pomme de terre trouvée très résistante envers les pucerons est *S. polyadenium*. En 1939, Adams commence une série d'études sur la résistance de différentes variétés de pomme de terre envers *M. persicae*. Il utilise deux dispositifs, soit un premier dans des serres et un second dans un champ ouvert sous cage. Adams appelle son système "coton cages" et ses études durent cinq ans. Les trois dernières années, il décide d'utiliser des pommes de terre sauvages. À la fin de ses études, il conclut que *S. polyadenium* est très résistante à *M. persicae*.

Après deux saisons d'échantillonnage on constate que *S. tuberosum* et *S. pinnatisectum* sont plus susceptibles que les autres d'être attaquées par les deux espèces de pucerons. Par contre, le faible nombre de pucerons enregistrés sur *S. tarijense*, et particulièrement sur *S. polyadenium*, nous indique que ces deux accessions présentent de la résistance envers les deux pucerons.

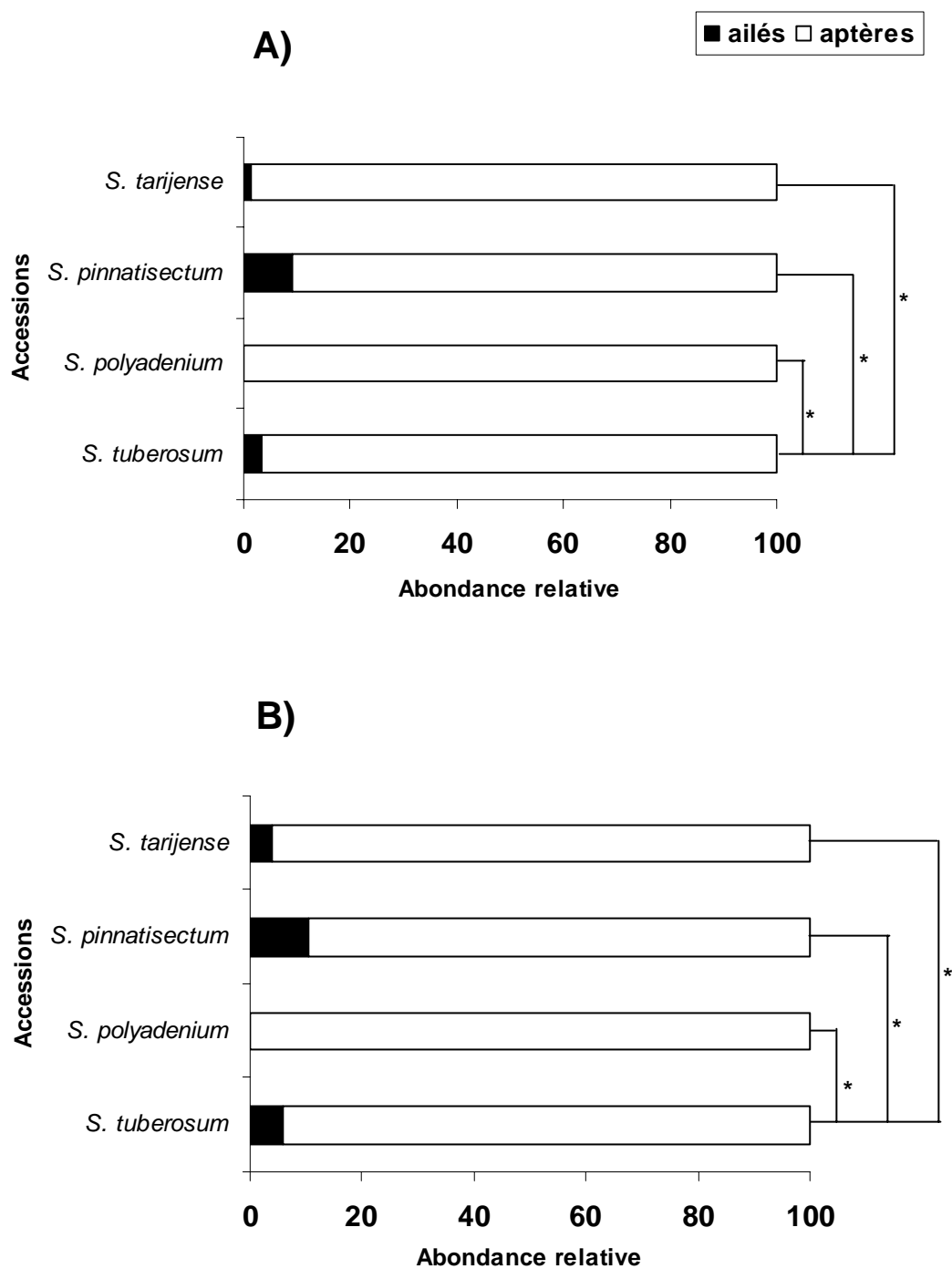


Figure 2.5. Abondance relative des pucerons ailés et aptères sur quatre accessions pendant la saison 2004. A = *M. persicae* et B = *M. euphorbiae* (* = différences significatives).

En 2004, on trouve une corrélation significative entre les deux populations de pucerons, situation qui suggère que les traits de résistance qui influencent l'évolution des populations de *M. persicae* influencent aussi l'évolution des populations de *M. euphorbiae*. En 2005, la corrélation n'a pas été significative. Sur les plantes trouvées résistantes, *S. tarijense* et *S. pinnatisectum*, l'abondance de pucerons ailés est plus faible que sur les deux autres plantes non résistantes, *S. tuberosum* et *S. pinnatisectum*.

Les résultats obtenus suite à nos expériences en cages sont très semblables à ceux de Adams (1946). *S. polyadenium* est très résistante aux pucerons. Une très faible densité de *M. persicae* et *M. euphorbiae* enregistrée à la fin de saison 2004 (figure 2.2.A) et en 2005 (figure 2.2.B) confirme ses résultats. La faible densité de pucerons enregistrée sur les autres accessions, *S. tarijense* et *S. polyadenium*, indique que ces deux accessions présentent également de la résistance envers *M. persicae*. Par contre, le témoin commercial semble être plus susceptible d'être attaqué par les pucerons. Les mêmes résultats ont été enregistrés pour *M. euphorbiae*. Ces résultats appuient ceux obtenus avec le doryphore de la pomme de terre par Pelletier et son équipe (1999) (Tableau 1.2).

Les deux pucerons présentent une bioécologie semblable (Dixon 1998, Powell et al. 2006). La corrélation fortement significative entre les deux populations de pucerons, obtenue suite à nos études effectuées en 2004, suggère que les mêmes caractéristiques des plantes préviennent ou facilitent la colonisation par les deux espèces de pucerons. Comme *S. tarijense* et *S. polyadenium* ont été déclarées résistantes au doryphore (Pelletier et Tai 2001), il serait intéressant de corréler les résultats obtenus avec le doryphore et ceux des pucerons. Il est possible que les mêmes mécanismes de résistance envers les pucerons soient utilisés par les plantes envers le doryphore. En 2005, la corrélation n'était pas significative. Une des causes probables est le faible nombre de pucerons enregistré pendant la saison.

Les pucerons ailés sont adaptés pour localiser les plantes hôtes et de cette capacité dépend en grande mesure la survie de l'espèce. En conséquence, plusieurs études sont focalisées sur la colonisation des plantes par les ailées (Blackman 1990). Les formes ailées apparaissent au début de l'été et à la fin de la saison (Dixon 1998). D'autres conditions, telles qu'une trop forte densité de la population ou une détérioration de la

qualité de la plante hôte, peuvent favoriser également l'apparition des morphes ailées (Mueller et al. 2001). Dans nos études, nous constatons que les plantes susceptibles d'être attaquées par les pucerons, *S. tuberosum* et *S. pinnatisectum*, produisent plus d'aîlés que les plantes résistantes aux pucerons, *S. tarijense* et *S. polyadenium*.

Au fil des ans, les scientifiques ont essayé de trouver des méthodes de sélection en champ (Radcliffe et al. 1988) ou en laboratoire (Kift et al. 1999, Le Roux et al. 2004). Comme nos études ont été exécutées en champ avec des plantes encagées, le pourcentage de pucerons ailés versus celui d'aptères, pourrait constituer un bon indicateur pour la sélection de plantes résistantes, soit pour des expériences en laboratoire soit pour celles effectuées en champ. Pour les études en champ, il faut tenir compte de la période de début de colonisation et celle d'entrée en sénescence des plantes hôtes pour éviter le biais des résultats.

Pour définir une plante comme résistante aux pucerons, il faut d'abord la sélectionner d'une multitude d'autres plantes semblables. Cependant, il faut investir beaucoup de ressources pour faire un tel choix. Ce système de cage nous a permis d'étudier les populations de pucerons sans l'influence d'autres facteurs que les caractéristiques des plantes choisies, dans un milieu naturel. Deux des trois accessions sauvages utilisées, notamment *S. tarijense* et *S. polyadenium*, présentent des caractères de résistance envers *M. persicae* et *M. euphorbiae*. Les mécanismes de résistance élaborés par une plante envers une espèce de puceron sont semblables pour l'autre espèce de puceron. Une méthode pratique pour sélectionner une plante comme résistante envers les pucerons serait d'échantillonner les morphes ailés. Nous recommandons l'utilisation des deux accessions *S. tarijense* et *S. polyadenium* comme source génétique de résistance, preuve que Pelletier (2001) a trouvé une certaine résistance de ces plantes envers le doryphore, Flanders et al. (1992) envers *M. persicae* et *M. euphorbiae* et le doryphore et parce que l'on a trouvé de la résistance envers les deux pucerons.

2.5. BIBLIOGRAPHIE

- Adams J. B. 1946. *Aphid resistance in potatoes*. Am. Potato J. 23:1-22.
- Blackman R.L. 1990. *Specificity in aphid/plant genetic interactions, with particular attention to the role of the alate colonizer*. pp.251-274. Dans Champbell R.K. et Eikenbary R.D. (eds) 1990. *Aphid –Plant Genotype Interactions*. Amsterdam: Elsevier. 378p.
- Dixon A.F.G. 1998. *Aphid ecology*. An optimization approach. 2e édition. Chapman and Hall, London, 300p.
- Eigenbrode S.D 2002 a. *Resistance to host-plant resistance*. p.712. Dans Pimentel D. (eds.). *Encyclopedia of Pest Management*. Marcel Dekker, Inc. New York. 929p.
- Eigenbrode S.D 2002 b. *Resistance management in host-plant resistance*. p.708. Dans Pimentel D. (eds.). *Encyclopedia of Pest Management*. Marcel Dekker, Inc. New York. 929p.
- Eigenbrode S.D, Ding H., Shiel P. et Berger P.H. 2002. *Volatiles from potato plants infected with potato leafroll virus attract and arrest the virus vector, Myzus persicae (Homoptera: Aphididae)*. Biol. Sciences. 269:455–460.
- Flanders, K.L., Hawkes J.G., Radcliffe E.B. et Lauer F.I. 1992. *Insect resistance in potatoes: sources, evolutionary relationships, morphological and chemical defenses, and ecogeographical associations*. Euphytica 61:83–111.
- Kogan M. 1986.(eds) *Ecological theory and integrated pest management practice*. John Wiley, New York, 362p.
- Kift N. B., Ellis P. R., et Singh R. 1999. *Interpretation of aphid performance data in quantifying resistance*. IOBC/WPRS Bull. 22:65-70.
- Lapointe, S. L. et Tingey W. M. 1986. *Glandular trichome of Solanum neocardenasii confer resistance to green peach aphid (Homoptera: Aphididae)*. J. Econ. Entomol. 79: 1264-68.
- Le Roux V., Saguez J., Vincent C. et Giordanengo P. 2004. *Rapid Method to Screen Resistance of Potato Plants Against Myzus persicae (Homoptera: Aphididae) in the Laboratory*. J. Econ. Entomol. 97:2079-82.
- Mueller C.B., Williams I.S. et Hardie J. 2001. *The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in the development of winged aphids*. Ecol. Entomol. 26:33-

40.

Pelletier Y., Grondin G. et Maltais P. 1999. *Mechanism of Resistance to the Colorado Potato Beetle in Wild Solanum Species*. J. Econ. Entomol. 92:708-713.

Pelletier Y., Clark C. et Tai G.C.C. 2001. *Resistance of three tuber-bearing potatoes to the Colorado potato beetle*. Entom. Exp. Applic. 100:31-41.

Pelletier Y. et Tai G.C.C. 2001. *Genotypic Variability and Mode of Action of Colorado Potato Beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) Resistance in Seven Solanum Species*. J. Econ. Entomol. 4:572-578.

Pelletier Y. et Clark C. 2004. *Use of reciprocal grafts to elucidate mode of resistance to Colorado Potato Beetle (Leptinotarsa decemlineata (Say)) and Potato Aphid (Macrosiphum euphorbiae (Thomas)) in six wild Solanum species*. Amer J. Potato Res. 81:341-346.

Powell G., Tosh C.R. et Hardie J. 2006. *Host plant selection by aphids: Behavioral, Evolutionary and Applied Perspectives*. Annu. Rev. Entomol. 51:309-330.

Radcliffe E.B. et Lauer F.I. 1966. *A survey of aphid resistance in the tuber-bearing Solanum (Tourn.) L. species*. Minn. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull. 253. 23 p.

Radcliffe E.B. et Lauer F.I. 1967. *Insect resistance in the wild Solanum species*. Proc. N. Centr. Br. Entomol. Soc. Amer. 22:165-7.

Radcliffe E.B. et Lauer F.I. 1970. *Further Studies on Resistance to Green Peach Aphid and Potato Aphid in the Wild Tuber-Bearing Solanum Species*. J. Econ. Entomol 63:110-114.

Radcliffe E.B. et Lauer F.I. 1971. *An Appraisal of Aphid Resistant Tuber-Bearing Solanum Germ Plasm*. Technical Bulletin Agricultural Experiment Station, University of Minnesota. 286:2-24

Radcliffe E. B., Tingey W. M., Gibson R. W., Valencia L. et Raman K. V. 1988. *Stability of green peach aphid (Homoptera: Aphididae) resistance in wild potato species*. J. Econ. Entomol. 81:361-367.

Rousselle P., Robert Y. et Crosnier J.C. (eds) 1996. *La pomme de terre*. INRA, Paris. 607p.

SAS. 2004 *JMP software, version 5.0.1.a*. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA

Spooner D.M. et Bamberg J.B. 1994. *Potato genetic resources : Sources of*

resistance and systematics. Am. Potato J. 71:325-337.

Tingey W.M. et Yencho G.C. 1994. *Insect resistance in potato: A decade of progress*, p. 405-425. Dans Zelhnder G.W., Powelson R.K., Jansson R.K., Raman K.V. (eds), *Advances in potato pest biology and management*. APS, ST. Paul, MN.

Watkinson A. 1992. *Plant senescence*. Tree 7:417-420.

CONCLUSION

Pour un cultivateur, avoir en champ une plante qui présente de la résistance envers un ravageur est un atout important. Mais pouvoir cultiver une variété résistante à plusieurs ravageurs est encore mieux. Notre étude, dont l'objectif principal était de trouver des accessions sauvages de pomme de terre qui présentaient de la résistance envers le puceron vert du pêcher et le puceron de la pomme de terre, se veut une contribution qui pourrait combler des lacunes sur ce sujet. De plus, elle apporte certaines nouveautés et confirme ou infirme les résultats d'autres chercheurs sur la résistance des plantes envers les ravageurs phytophages.

Plusieurs pommes de terre sauvages présentent de la résistance envers *M. persicae* et *M. euphorbiae*. On a trouvé *S. polyadenium* comme très résistante, résultat qui est en concordance avec celui d'Adams (1946). *S. tarijense* a été trouvée résistante et *S. pinnatisectum* est susceptible d'être résistante. Par contre, ces deux variétés n'ont pas été trouvées par Flanders (1992) comme étant résistantes aux deux pucerons. Ce résultat confirme (paradoxalement) les résultats de Flanders, à savoir qu'il y a une grande variabilité entre les variétés de pomme de terre sauvages et même au niveau d'une accession. Il faut toutefois noter que quoique notre étude concerne les mêmes variétés de *Solanum* que celles utilisées par Adams et Flanders, nous avons mis des accessions à l'essai.

Si une plante est résistante à une des espèces pucerons, elle présente le même genre de résistance envers l'autre espèce. On a constaté ceci pour *M. persicae* et *M. euphorbiae*. Sur les pommes de terre on a enregistré la présence du puceron de la fève, *Aphis fabae* Scopoli. D'autres pucerons comme le puceron de neprun, *Aphis nasturtii* Kalténbach, le puceron du coton, *Aphis gossypii* Glover, et le puceron de la digitale *Alocorthis solani* (Kalténbach) produisent des dégâts dans les cultures de pomme de terre (Richard et Boivin 1994, Rousselle et al. 1996). Il serait donc

pertinent de vérifier si les mécanismes de résistance des pomme de terre sauvages sont les mêmes pour tous les pucerons.

Trois variétés, *S. polyadenium*, *S. tarijense* et *S. pinnatisectum*, trouvées résistantes par Pelletier (2001) et Flanders et al. (1992) envers le doryphore de la pomme de terre, ont été trouvées résistantes aussi à *M. persicae* et à *M. euphorbiae*. Des traits de ces trois plantes pourraient être utilisés dans un programme de lutte simultanée ou contre plusieurs ravageurs.

Malheureusement, les ennemis naturels de pucerons ont été représentés en faible nombre pendant les deux années d'étude. Des expériences pouvaient être faites pour déterminer si les plantes résistantes affectent la performance des ennemis naturels, caractéristique très importante dans un programme de lutte biologique.

Un bon indicateur de traits de résistance est la densité des morphes ailés. Il suffit de comparer les proportions de pucerons ailés enregistrées sur plusieurs variétés, pendant un mois au milieu de la saison, pour découvrir les plantes qui présentent des traits de résistance envers les pucerons. Cette méthode pourrait sauver beaucoup de temps et argent pour les chercheurs.

Nos résultats ont démontré le potentiel de résistance des pommes de terre sauvages. Entre autres, certains caractères pourraient être utilisés avec efficacité dans la lutte simultanée contre plusieurs ravageurs de la pomme de terre. Il faut toutefois tenir compte de la variabilité que certaines accessions présentent, et donc d'autres expériences sont nécessaires.

BIBLIOGRAPHIE COMPLÈTE

Adams J. B. 1946. *Aphid resistance in potatoes*. Am. Potato J. 23:1-22.

Björkman C. et Ahrné K. 2005. *Influence of leaf trichome density on the efficiency of two polyphagous insect predators*. Entomol. Exp. Appl. 115:11-79.

Blackman R.L. 1990. *Specificity in aphid/plant genetic interactions, with particular attention to the role of the alate colonizer*. pp.251-274. Dans
Champbell R.K. et Eikenbary R.D. (eds) 1990. *Aphid –Plant Genotype Interactions*. Amsterdam: Elsevier. 378p.

Blackman R.L. et Eastop V.F. 2000. *Aphids on the world's crop*. 2e édition. John Wiley and Sons, New York.

Boiteau G. 2000. *Efficiency of flight interception traps for adult Colorado potato beetles (Coleoptera: Chrysomelidae)*. J. Econ. Entomol. 93:630-635.

Boiteau G., Misener G. C., Singh R.P. et Bernard G. 1992. *Evaluation of a vacuum collector for insect pest control in potato*. Am. Potato Journal 69:157-166.

Boivin G. et Stewart R.K. 1983. *Distribution of phytophagous mirids (Hemiptera : Miridae) on apple trees in relation to habitat availability*. Environ. Entomol. 12:1641-45.

Brues C. T. 1946. *Insect Dietary*. Cambridge, Mass: Harvard Univ. Press

Campbell B.C. et Duffey S.S. 1979. *Tomatine and parasitic wasps: Potential incompatibility of plant antibiosis with biological control*. Science. 205:700–702.

Casagrande R.A. 1982. *Colorado potato beetle resistance in a wild potato, *S. berthaultii**. J. Econ. Entomol. 75:368-372

Chien C., Motoyama N. et Dauterman W. C. 1995. *Separation of multiple forms of acidic glutathione S-transferase isozymes in a susceptible and a resistant strain of house fly, *Musca domestica* (L.)*. Arch. of Insect Biochem. and Physiol. 28:397-406.

Cole R.A. 1997. *The relative importance of glucosinolates and amino acids to the development of two aphid pests *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae* on wild and cultivated brassica species*. Entomol. Exp. Applic. 85:121-133.

- Cortesero A.M., Stapel J.O. et Lewis W.J. 2000. *Understanding and manipulating plant attributes to enhance biological control*. Biol. Control 17:35–49.
- Cranshaw W.S. et Radcliffe E.B. 1980. *Effect of defoliation on yield of potatoes*. J. Econ. Entomol. 73:607-608.
- de Oliveira D., Saucier B., Martel P. et Belcourt J. 1986. *Seuil de tolérance et « surrécupération » de la pomme de terre « Sebago » aux ravages du doryphore*. Phytoprotection 67 :146.
- de Oliveira D. 1992. Dans La lutte biologique. Vincent et Coderre (eds.) *La lutte biologique contre le doryphore de la pomme de terre*. Chapitre 9 :206-219.
- DeBach P. 1964. *Biological control of insect pests and weeds*. Van Nostrand-Reinhold, Princeton, N.J., 844p.
- Denno R.F. et McClure M.S. (eds.) 1983. *Variable plants and herbivores in natural and managed systems*. Academic Press, New York
- Dethier V.G. 1980. *Evolution of receptor sensitivity to secondary plant substances with special reference to deterrents*. Am. Nat. 115:45-66.
- Dicke M. 1994. *Local and systemic production of volatile herbivore-induced terpenoids: their role in plant-carnivore mutualism*. J. Plant Physiol. 143:465-472.
- Dixon A.F.G. 1998. *Aphids ecology. An optimization approach*. 2e édition. Chapman and Hall, London, 300p.
- Eckel R. V. W. et Lampert E. P. 1996. *Relative attractiveness of tobacco etch virus infected and healthy cured tobacco plants to aphids*. J. Econ. Entomol. 89:1017-27.
- Eigenbrode S.D 2002 a. *Resistance to host-plant resistance*. p.712-714. Dans Pimentel D. (eds.). *Encyclopedia of Pest Management*. Marcel Dekker, Inc. New York. 929p.
- Eigenbrode S.D 2002 b. *Resistance management in host-plant resistance*. p.708-711. Dans Pimentel D. (eds.). *Encyclopedia of Pest Management*. Marcel Dekker, Inc. New York. 929p.
- Eigenbrode S.D, Ding H., Shiel P. et Berger P.H. 2002. *Volatiles from potato plants infected with potato leafroll virus attract and arrest the virus vector, Myzus persicae (Homoptera: Aphididae)*. Biol. Sciences. 269:455–460.

- Flanders, K.L., Hawkes J.G., Radcliffe E.B. et Lauer F.I. 1992. *Insect resistance in potatoes: sources, evolutionary relationships, morphological and chemical defenses, and ecogeographical associations*. Euphytica 61:83–111.
- Fereres A., Kampmeier G. E. et Irwin M. E. 1999. *Aphid attraction and preference for soybean and pepper plants infected with Potyviridae*. Ann. Entomol. Soc. Am. 92:542- 548.
- Ferro N. D. 1995. *Mechanical and physical control of the Colorado potato beetle and aphids*. p.53-68. Dans Duchesne R. M. et Boiteau G. (eds.). *Lutte aux insectes nuisibles de la pomme de terre*. Québec, Canada.
- Fragoyiannis D. A., McKinlay R. G. et D’Mello J. P. F. 1998. *Studies of the growth, development and reproductive performance of the aphid Myzus persicae on artificial diets containing potato glycoalkaloids*. Entomol. Exp. Applic. 88:59–66
- Goertzen, L. R. et Small, E. 1993. *The defensive role of trichomes in black meduck Medicago lupulina F.* Plant Syst. Evol. 184:101-111.
- Groden E. et Casagrande R.A. 1986. *Population dynamics of the Colorado potato beetle, Leptinotarsa decemlineata (Coleoptera: Chrysomelidae) on S. bethaultii*. J. Econ. Entomol. 79:91-97.
- Gumbert A. 2000. *Color choice by bumble bees (Bombus terrestris): innate preferences and generalization after learning*. Behav. Ecol. Sociobiol. 48:36–43.
- Hare J.D. 2002. *Plant genetic variation in tritrophic interactions. Multitrophic Level Interactions*. T. Tschardt et Hawkins B.A. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Harvey J. A., van Dam N. M. et Gols R. 2003. *Interactions over four trophic levels foodplant quality affects development of a hyperparasitoid as mediated through a herbivore and its primary parasitoid*. J. Anim. Ecol. 72:520–531
- Hawkes J.G. 1990. *The potato. Evolution, biodiversity and genetic resource*. Belhaven Press, London, UK. 259p.
- Hawkes J.G. 1994. *Origins of cultivated potatoes and species relationships*. Dans Bradshaw J.E. et Mackay G.R. (eds.) *Potato Genetics*. p.3-42.
- Heiling A.M., Herberstein M.E. et Chittka L. 2003. *Pollinator attraction: crab-spiders manipulate flower signals*. Nature 421:334.

Herzog D.C. et Funderburk E.J. 1986. *Ecological bases for habitat management and pest cultural control*. p.217-250. Dans Kogan M., *Ecological theory and integrated pest management practice*. John Wiley & Sons, New York.

Hijmans R.J., Spooner D.M., Salas A.R., Guarino L. et Cruz de la J. 2002. *Atlas of wild potatoes*. International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

Huamán Z. et Spooner D. M. 2002. *Reclassification of landrace populations of cultivated potatoes (Solanum sect. Petota)*. Am. J. Bot. 89:947-965

Huffaker C. B. 1969. *Biological control*. Plenum Press, New York, 511p.

Huignard, J.: Analyse expérimentale de certains stimuli influençant l'ovogenèse chez *Acanthosclides obtectus* (Coléoptère Bruchidae). Coll. CNRS Tours, pp. 357–380, CNRS ed. (1970)

Inbar M., Doodstar H, Sonoda R.M, Leibe G.L. et Mayer R.T. 1998. *Elicitors of plant defensive systems reduce insect densities and disease incidence*. J. Chem. Ecol. 24:135-149.

Institut de Statistique du Québec 2005. Site consulté le 08.04.2005.
<http://www.stat.gouv.qc.ca/>

Karban, R. et Baldwin I.T. 1997. *Induced responses to herbivory*. The University of Chicago Press. Chicago, IL.

Karley A. J., Douglas A. E. et Parker W. E. 2002. *Amino acid composition and nutritional quality of potato leaf phloem sap for Aphids*. J. Exp. Biol. 205.

Kift N. B., Ellis P. R., et Singh R. 1999. *Interpretation of aphid performance data in quantifying resistance*. IOBC/WPRS Bull. 22:65-70.

Kogan M. 1986.(eds) *Ecological theory and integrated pest management practice*. John Wiley, New York, 362p.

Kogan M. 1998. *Integrated Pest Management: Historical Perspectives and Contemporary Developments*. Ann. Rev. Entomol. 43:243-270.

Kogan, M. et Paxton J. 1983. *Natural inducers of plant resistance to insects*. p.153-171. Dans P.A.Hedin (eds.), *Plant Resistance to insects*. ACS symposium Series. American Chemical Society, Washington, DC.

- Lamb R.J. 1980. *Hairs protect pods of mustard (Brassica hirsuta) from flea beetle feeding damage*. Can. J. Plant Sci. 60:1439-40.
- Lapointe, S. L. et Tingey W. M. 1986. *Glandular trichome of Solanum neocardenasii confer resistance to green peach aphid (Homoptera: Aphididae)*. J. Econ. Entomol. 79: 1264-68.
- Landolt P.J. et Phillips T.W. 1997. *Host plant influences on sex pheromones behavior of phytophagous insects*. Ann. Rev. Entomol. 42:371-391
- Le Roux V., Saguez J., Vincent C. et Giordanengo P. 2004. *Rapid Method to Screen Resistance of Potato Plants Against Myzus persicae (Homoptera: Aphididae) in the Laboratory*. J. Econ. Entomol. 97:2079-82.
- Louda S.M., R.W. Pemberton, M.T. Johnson et P.A. Follett. 2003. *Nontarget effects – The Achilles' hell of Biological control? Retrospective Analyses to Reduce Risk Associated with Biocontrol*. Annu. Rev. Entomol. 48:365–96.
- Martin M. 1988. *Potato production and chemical dependency*. Am. Potato Journal. 65:1-4.
- Mattson W.J. et Addy N.D. 1975. *Phytophagous insects as regulators of forest primary production*. Science 190:515-522.
- McCall P. J., Turlings T. C. J., Lewis W. J. et Tumlinson J. H. 1993. *Role of plant volatiles in host location by the specialist parasitoid Microplitis croceipes Cresson (Braconidae:Hymenoptera)*. J. Ins. Behav. 6:625-639.
- McElhany P., Real L. A. et Power A. G. 1995. *Vector preference and disease dynamics: a study of barley yellow dwarf virus*. Ecology 76: 444-453.
- Metcalf C. L. et W. P. Flint. 1962. *Destructive and Useful Insects Their Habits and Control*. p.646-647. 4e édition. Révisé par: R. L. Metcalf. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York, San Francisco, Toronto, London.
- Miles P.W. 1999. *Aphid saliva*. Biol. Rev. 74:41-85.
- Moraes De C. M., W. J. Lewis, P. W. Paré, H. T. Alborn et J. H. Tumlinson. 1998. *Herbivore-infested plants selectively attract parasitoids*. Nature 393: 570–573.
- Mueller C.B., Williams I.S. et Hardie J. 2001. *The role of nutrition, crowding and interspecific interactions in the development of winged aphids*. Ecol. Entomol.

26:33-40.

Painter R. H. 1951. *Insect Resistance in Crop Plants*. MacMillan New York.

Panda, N. et Khush, G.S. 1995. *Host plant resistance to insects*. CAB International, Wallingford.

Pare P.W. et Tumlinson J. H. 1999. *Plant Volatiles as a Defense against Insect Herbivores*. *Plant Physiology* 121:325–331.

Pelletier Y. 1989. *The role of color of the substratum on the initiation of the probing behavior in Myzus persicae (Sulzer) and Macrosiphum euphorbiae (Thomas) (Homoptera: Aphididae)*. *Can. J. Zool.* 68:694-699.

Pelletier Y. et Clark C. 2004. *Use of reciprocal grafts to elucidate mode of resistance to Colorado Potato Beetle (Leptinotarsa decemlineata (Say)) and Potato Aphid (Macrosiphum euphorbiae (Thomas)) in six wild Solanum species*. *Amer J. Potato Res.* 81:341-346.

Pelletier Y et Michaud D. 1995. *Insect pest control on potato: genetically based control*. pp. 69-79. Dans P.-M. Duchesne et G. Boiteau (eds.), *Proceeding Potato Insect Pest Control: Development of a Sustainable Approach*. July 31-1 August 1995, Québec, Canada. Gouvernement du Québec, Québec, Canada.

Pelletier Y. et Smilowitz Z. 1990. *Biological and genetic study on the utilization of Solanum Berthaultii Hawkes by the Colorado potato beetle (Leptinotarsa decemlineata (Say))*. *Can. J. Zool.* 69:1280-88.

Pelletier Y. et Tai G.C.C. 2001. *Genotypic Variability and Mode of Action of Colorado Potato Beetle (Coleoptera : Chrysomelidae) Resistance in Seven Solanum Species*. *J. Econ. Entomol.* 4:572-578.

Pelletier Y., Clark C. et Tai G.C.C. 2001. *Resistance of three tuber-bearing potatoes to the Colorado potato beetle*. *Entomol. Exp. Applic.* 100:31-41.

Pelletier Y., Grondin G. et Maltais P. 1999. *Mechanism of Resistance to the Colorado Potato Beetle in Wild Solanum Species*. *J. Econ. Entomol.* 92:708-713.

Price P.W., Bouton C.E., Gross P., McPherson B.A., Thompson J.N. et Weis A.E. 1980. *Interactions among three trophic levels: influence of plant on interactions between insect herbivores and natural enemies*. *Annual Rev. Ecol. Syst.* 11:41-65.

- Price P. W. 1984. *Insect ecology*. Wiley, New York, New York, USA. 607p.
- Powell G., Tosh C.R. et Hardie J. 2006. *Host plant selection by aphids: Behavioral, Evolutionary and Applied Perspectives*. *Annu. Rev. Entomol.* 51:309-330.
- Radcliffe E.B. et Lauer F.I. 1966. *A survey of aphid resistance in the tuber-bearing Solanum (Tourn.) L. species*. *Minn. Agr. Exp. Sta. Tech. Bull.* 253. 23 p.
- Radcliffe E.B. et Lauer F.I. 1967. *Insect resistance in the wild Solanum species*. *Proc. N. Centr. Br. Entomol. Soc. Amer.* 22:165-7.
- Radcliffe E.B. et Lauer F.I. 1968. *Resistance to Myzus persicae (Sulzer), Macrosiphum euphorbiae (Thomas), and Empoasca fabae (Harris) in the wild tuber-bearing Solanum (Tourn.) L. species*. *Minn. Agr. Sta. Tech. Bull.* 27p.
- Radcliffe E.B. et Lauer F.I. 1970. *Further Studies on Resistance to Green Peach Aphid and Potato Aphid in the Wild Tuber-Bearing Solanum Species*. *J. Econ. Entomol* 63:110-114.
- Radcliffe E.B. et Lauer F.I. 1971. *An Appraisal of Aphid Resistant Tuber-Bearing Solanum Germ Plasm*. *Technical Bulletin Agricultural Experiment Station, University of Minnesota* 286:2-24
- Radcliffe E. B., Tingey W. M., Gibson R. W., Valencia L. et Raman K. V. 1988. *Stability of green peach aphid (Homoptera: Aphididae) resistance in wild potato species*. *J. Econ. Entomol.* 81:361-367.
- Raker M. C. et Spooner D. M. 2002. *Chilean Tetraploid Cultivated Potato, Solanum tuberosum, is Distinct from the Andean Populations*. *Crop Science* 42:1451-58.
- Raman et Radcliffe 1992. *Insect pests*. p.476-506. Dans P.M. Harris (eds.), *The Potato Crop*. Chapman & Hall, London, 909p
- Ressources Naturels Canada 2005. Site consulté le 08.04.2005.
<http://atlas.gc.ca/site/francais/maps/economic/agriculture/agriculture2001/potatoes>
- Richard C. et Boivin G. 1994. *La pomme de terre*. p.283-289. Dans R. J. Howard, J. A. Garland et W. L. Seaman (eds.), *Maladies et ravageurs des cultures légumières au Canada*. M. O. M. Printing Ltd., Ottawa (ON).

- Ro T.H. et Long G.E. 1999. GPA-Phenodynamics, a simulation model for the population dynamics and phenology of green peach aphid in potato: formulation, validation, and analysis. *Ecol. Modelling* 119:197–209.
- Rousselle P., Robert Y. et Crosnier J.C. (eds) 1996. *La pomme de terre*. INRA, Paris. 607p.
- Rowe R.C. et Powelson M.L. 2002. *Potato early dying: Management challenges in a changing production environment*. *Plant Disease*. 86:1184-93.
- Sabelis M.W., Janssen A. et Kant M.R. 2001. *Ecology: the enemy of my enemy is my ally*. *Science*. 291:2104–2105.
- Saguez J., Hainez R., Cherqui A., Van Wuytswinkel O., Jeanpierre H., Lebon G., Noiraud N., Beaujean A., Jouanin L., Laberche J.C., Vincent C. et Giordanengo P. 2005. *Unexpected effects of chitinases on the peach-potato aphid (Myzus persicae Sulzer) when delivered via transgenic potato plants (Solanum tuberosum Linné) and in vitro*. *Trans. Res.* 14:57-67
- Sauge M-H., Kervella J. et Rahbé Y. 1998. *Probing behaviour of the green peach aphid Myzus persicae on resistant Prunus genotypes*. *Entomol. Exp. Applic.* 89:223–232.
- Santé Canada 2005. Site consulté le 08.04.2005.
http://www.hc-sc.gc.ca/food-aliment/mh-dm/ofb-bba/nfi-ani/f_ofb-099-127-a.html
- SAS. 2004 *JMP software, version 5.0.1.a*. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA
- Schoonhoven L. M. et Derksen-Koppers I. 1976. *Effects of some allelochemicals on food uptake and survival of a polyphagous aphid, Myzus persicae*. *Entomol. Exp. Applic.* 19: 52–56.
- Simberloff D. et Stiling P. 1996. *How risky is biological control?* *Ecology* 77:1965–74
- Singer M.S. et Stireman J.O. III. 2003. *Does anti-parasitoid defense explain host-plant selection by a polyphagous caterpillar?* *Oikos* 100:554–562.
- Smith C.M. 1989. *Plant resistance to insects: a fundamental approach*. Wiley, New York.

- Spooner D.M. et Bamberg J.B. 1994. *Potato genetic resources : Sources of resistance and systematics*. Am. Potato J. 71:325-337.
- Spooner D. M., Hettterscheid W. L. A. , van den Berg R. G. et W. Brandenburg W. 2003. *Plant nomenclature and taxonomy: An horticultural and agronomic perspective*. Horticultural Reviews 28:1-60.
- Spooner D.M. et Hijmans R.J. 2001. *Potato systematics and germplast collecting, 1989-2000*. Am. J. Potato Res. 78:237-268.
- Storch H.R. 1995. *Insect pest control on potato with conventional insecticides*. p.95-112 Dans Duchesne R. M. et Boiteau G. (eds.), *Lutte aux insects nuisibles de la pomme de terre*, Québec, Canada.
- Sumerford, D.V., Abrahamson, W.G. et Weis, A.E. 2000. *The effects of drought on the Solidago altissima-Eurosta solidaginis-natural enemy complex: population dynamics, local extirpations, and measures of selection intensity on gall size*. Oecologia 122:240-248
- Tarn T.R. 1987. *The potential of plant resistance for insect control*, pp. 224-234. Dans G. Boiteau, R.P. Singh et R.H. Parry (eds.), *Potato Pest Management in Canada*, Proceedings of a Symposium on Improving Potato Pest Protection, Fredericton, NB, 27-29 January 1987. Gouvernement of Canada, Ottawa, Canada.
- Tingey W.M. et Laubengayer J.L. 1986. *Glandular trichomes of a resistant hybrid potato alter feeding behavior of the potato leafhopper (Homoptera: Cicadellidae)*. J. Econ. Entomol. 79:1230-34.
- Tingey W.M. et Yencho G.C. 1994. *Insect resistance in potato: A decade of progress*, p. 405-425. Dans Zelhnder G.W., Powelson R.K., Jansson R.K., Raman K.V. (eds), *Advances in potato pest biology and management*. APS, ST. Paul, MN.
- Turlings, T.C.J. et Benrey, B. 1998. *Effects of plant metabolites on the behavior and development of parasitic wasps*. Ecoscience 5 :321 333.
- VanDenBerg R.G., Miller J.T., Ugarte M.L., Kardolus J.P., Villand J., Nienhuis J. et Spooner D.M. 1998. *Collapse of morphological species in the wild potato Solanum brevicaulle complex (Solanaceae: sect. Petota)*. Am. J. Bot. 85 ; 92.
- Van den Bosch R. et Messenger P.S. 1973. *Biological control*. Intext. New York. 180p.
- Van Driesche R. G. 1996. *Biological control*. Chapman and Hall, New York, 539p.

Van Emden H.F. 1988. *The peach-potato aphid Myzus persicae (Sulzer) (Hemiptera: Aphididae) - more than a decade on a fully denned chemical diet*. The Entomologist 107:4-10.

Van Emden H.F., Eastop V.F., Hughes R.S. et Way M.J. 1969. *The ecology of Myzus persicae*. Ann. Rev. Entomol. 14:1113-1119.

Van Lenteren J.C. (eds.). 2006. *IOBC Internet Book of Biological Control*.
www.unipa.it/iobc/download/InternetBook3March2006.pdf

Van Lenteren J C et Woets J. 1988. *Biological and Integrated Pest control in Greenhouses*. Ann. Rev. Entomol. 33:239-269

Van Lenteren J.C., Bale J., Bigler F., Hokkanen H.M.T. et Loomans A.J.M. 2006. *Assesing risks of realising exotic biological control agents of arthropod pests*. Ann. Rev. Entomol. 51 :609-634

Vincent C. et Coderre D. (eds) 1992. *La lutte biologique*. Gaëtan Morin (eds.), Boucherville, Québec, 702p.

Watkinson A. 1992. *Plant senescence*. Tree 7:417-420.

Wright R.J., Dimock M.B., Tingex W.M. et Plaisted R.L. 1985. *Colorado potato beetle (Coleoptera: Chrysomelidae): expression of resistance in Solanum berthaultii and interspecific potato hybrids*. J. Econ. Entomol. 78: 576-582.

Yencho G.C., Kowalski S. P., Kobayashi R., Sinden S. D., Bonierbale M.W. et Deahl K.L. 1998. *QTL mapping of foliar glycoalkaloid aglycones in Solanum tuberosum X S. berthaultii potato progenies: quantitative variation and plant secondary metabolism*. Theor. Appl. Genet. 97:563-574.

Zintzaras E., Margaritopoulos J.T. et Tsitsipis J.A. 1999. *Statistical tree classification of aphids based on morphological characteristics*. Computers and Electronics in Agriculture 24:165–175