

**AFPP – CINQUIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE
SUR LES MÉTHODES ALTERNATIVES DE PROTECTION DES PLANTES
LILLE – 11 AU 13 MARS 2015**

**LE MISCANTHUS, UNE NOUVELLE PLANTE HÔTE POUR LES PUCERONS INFÉODES AUX CULTURES
DU NORD DE LA FRANCE ?**

P. LEBECQUE ⁽¹⁾, E. KERDELLANT, A. COUTY, A. ROMBAUT, F. DUBOIS, A. AMELINE ⁽²⁾

⁽¹⁾ FREDON de Picardie, 19, Bis rue Alexandre Dumas, 80096 AMIENS Cedex 3,
plasue.fredonpic@orange.fr

⁽²⁾ FRE CNRS 3498 EDYSAN (Ecologie et Dynamique des Systèmes Anthropisés), Laboratoire de Bio-
Ecologie des Insectes Phytophages et Entomophages, Université de Picardie Jules Verne, 33 rue St
Leu, F-80039 Amiens Cedex, France,

RÉSUMÉ

Miscanthus x giganteus, Poacée rhizomateuse pérenne, est implantée en Picardie depuis quelques années comme culture énergétique. Néanmoins, cette plante pourrait jouer le rôle de réservoir de ravageurs et/ou de pathogènes des cultures traditionnelles préexistantes. Dans ce contexte, l'impact potentiel de son introduction sur les communautés aphidiennes locales a été étudié par le biais d'études conduites en champs.

Deux campagnes de piégeage menées en Picardie en été 2011 et 2014 ont permis de piéger en majorité les espèces suivantes : *Aphis fabae*, *Myzus persicae* et *Brevicoryne brassicae*. Paradoxalement, le puceron *Rhopalosiphum padi*, inféodé aux Poacées est sous-représenté. Une étude menée en parallèle en laboratoire montre que ces 4 espèces de pucerons sont incapables d'effectuer un cycle de développement complet sur *Miscanthus*.

Le *Miscanthus* pourrait donc constituer un refuge mais pas un réservoir ni pour ces pucerons issus des cultures adjacentes ni pour leurs pathogènes. Par ailleurs son utilisation en tant que « barrier-crop » semble envisageable, car il réunit toutes les qualités caractérisant ce type de culture : une grande taille qui lui permette de capter les pucerons ailés, un habitat inadapté à une longue survie de ces pucerons, et une faible sensibilité aux phytovirus autres que ceux infectant les Poacées.

Mots-clés : *Miscanthus x giganteus*, Pucerons, Épidémiologie.

ABSTRACT

Miscanthus is a perennial C4-grass that has received much interest as a potential biomass crop in Europe. However, little is known about the consequences of its introduction in terms of impact on the local agrosystem. In this context, a field survey (in 2011 and in 2014) and a laboratory experiment were set up to investigate the suitability of this new exotic plant species by four main aphid pest species of common crops in the North of France. Clip-cages experiments showed a very low survival of the larval and adult aphids on *Miscanthus* and an inability to reproduce except for *R. padi*. *Miscanthus* may therefore constitute a refuge but not a reservoir for aphid species issued from surrounding crops and their associated pathogens

Keywords: *Miscanthus x giganteus*, Aphids, Epidemiology.

INTRODUCTION

Parmi toutes les plantes potentielles dédiées à la production de biocarburants, *Miscanthus x giganteus*, l'hybride stérile entre *Miscanthus sinensis* et *Miscanthus sacchariflorus*, a été largement implanté en Europe depuis le début des années 1980. De plus, compte tenu de ses rendements élevés en biomasse, la plantation de miscanthus pour la production d'énergie est amenée à s'étendre en Europe. Néanmoins, cette plante pourrait jouer le rôle de réservoir de ravageurs et/ou de pathogènes des cultures conventionnelles préexistantes (Jørgensen, 2011). Par exemple, il a été montré que le *Miscanthus x giganteus* peut être un hôte approprié des principaux ravageurs du maïs telles que la chrysomèle du maïs *Diabrotica virgifera virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae) et la légionnaire d'automne *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) (Prasifka et al, 2009; Spencer et Raghu, 2009; Gloyna et al, 2011).

Parmi les ravageurs des cultures, les pucerons sont considérés comme les plus préjudiciables, principalement en raison des dommages indirects qu'ils causent à travers la propagation de phytovirus. La plupart de ces espèces vectrices appartiennent à la sous-famille des Aphidinae (Hemiptera: Aphididae), qui comprend les genres *Aphis*, *Myzus* et *Macrosiphum* (Eastop, 1983).

En France, les premières cultures de miscanthus ont été implantées en 2006, essentiellement dans la partie nord du pays. L'introduction de ces cultures dans un paysage agricole dominé par des cultures appartenant au taxon des Poaceae (orge, blé, maïs) peut créer de nouveaux refuges ou des réservoirs non seulement pour les pucerons spécialisés des monocotylédones, mais aussi pour les pucerons polyphages associés à d'autres cultures principales telles que le colza, la pomme de terre, les légumineuses (typiquement haricots et pois) et la betterave à sucre.

Dans la présente étude menée dans le nord de la France, nous avons réalisé un suivi de terrain de pucerons ailés volant au-dessus de cultures de *M. x giganteus*. Nous avons ensuite étudié en laboratoire, sur *M. x giganteus*, la fitness de quatre principales espèces de pucerons ravageurs (Hemiptera: Aphididae) piégées lors de l'étude de terrain : les deux espèces polyphages *Aphis fabae* (puceron noir de la fève) et *Myzus persicae* (puceron vert du pêcher), le spécialiste des Brassicacées *Brevicoryne brassicae* (puceron du chou) et le spécialiste des Poacées *Rhopalosiphum padi* (puceron du merisier).

MATERIEL ET MÉTHODE

ÉTUDES DE TERRAIN

Les expériences ont été menées dans des champs de *Miscanthus x giganteus* situés sur trois sites différents en Picardie : deux champs de 25 hectares à Bougainville (80) et de 8 ha à Dreuil-les-Molliens (80) en 2011 et en 2014 pendant 3 mois (entre la récolte et la fin du vol de pucerons). Cinq pièges à eau jaune de type Flora®, réglables en hauteur, ont été utilisés pour la capture des pucerons ailés. Ceux-ci sont placés à hauteur de végétation et à 50 m de la bordure de la parcelle (Maramba et al., 2010). Les pièges ont été relevés chaque semaine et les insectes capturés ont été conservés dans de petits récipients en plastique contenant de l'éthanol 70° volume jusqu'à ce que l'identification au microscope stéréoscopique (Leica M165C) soit réalisée.

Les pucerons sont dénombrés et identifiés à l'espèce selon leurs critères taxonomiques.

LES INSECTES ET LES PLANTES POUR LES EXPERIENCES DE LABORATOIRE

Pour chaque espèce de pucerons étudiée (*Myzus persicae*, *Rhopalosiphum padi*, *Brevicoryne brassicae* et *Aphis fabae*), les colonies ont été développées à partir d'une seule femelle parthénogénétique aptère et maintenues sur leur plante hôte respective dans une cage en Plexiglas®

ventilée dans différentes chambres climatiques à 20 ± 1 ° C, $60 \pm 5\%$ d'humidité relative, et 16: 8 (L : D) de photopériode afin d'induire la parthénogenèse.

Les plantules de *Miscanthus x giganteus* ont été obtenues par multiplication *in vitro*, comme décrit par Rambaud *et al.* (2013). Des pousses simples provenant de grappes ont ensuite été plantées dans un pot en plastique (20x15 cm) contenant du terreau dans une chambre climatique à 20 ± 2 ° C, $60 \pm 5\%$ d'humidité relative, et avec un cycle de lumière de 16:8. Les plantes utilisées dans l'expérience étaient âgées de 8 à 12 semaines (après la mise en pot) et mesuraient entre 60 à 80 cm de hauteur.

ETUDE DE LA SURVIE ET DE LA REPRODUCTION

Le protocole utilisé est le même que celui décrit par Pointeau *et al* (2014). Pour l'étude de la survie des nymphes, des groupes de cinq larves de premier stade ont été transférés sur les plantes à tester et enfermés dans des « clip-cages ». Ces groupes de nymphes de pucerons ont été placés sur les feuilles à mi-hauteur de chaque plante et leur survie a été enregistrée tous les deux jours. Pour chacun de ces deux essais biologiques, de six à dix répétitions ont été effectuées.

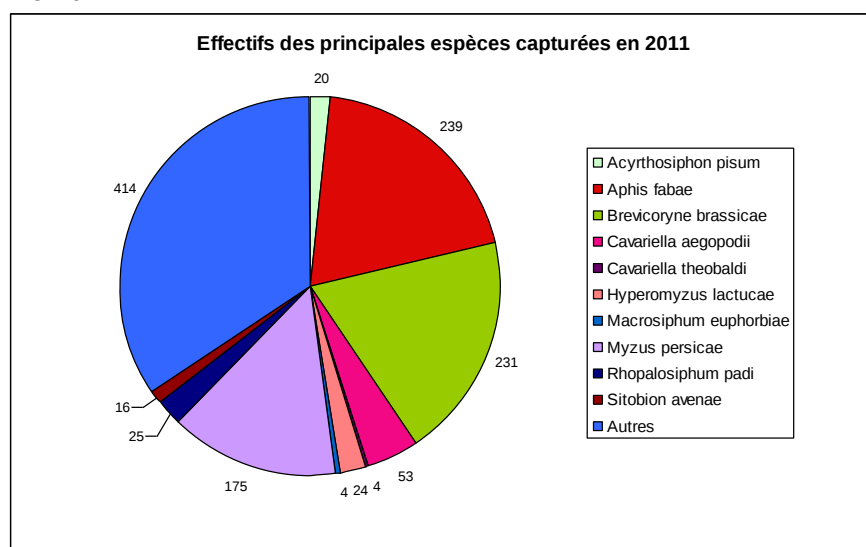
Pour l'étude de la performance des adultes, les jeunes adultes ont été transférés individuellement sur les plantes à tester et enfermés dans des « clip-cages ». La survie et la fécondité ont été évalués tous les jours jusqu'à la mort de l'adulte. Pour chacun de ces deux essais biologiques, de 25 à 40 répétitions ont été réalisées.

LES ANALYSES STATISTIQUES

Les paramètres physiologiques ont été analysés sous R-Statistics 3.1.0 à l'aide du test Kruskal & Wallis. Lorsque l'hypothèse H_0 est rejetée (avec $\alpha = 0,05$), indiquant alors l'existence de différences significatives, un test de Mann-Whitney a été réalisé sous Anostat (www.anostat.fr). Ce test a permis de comparer deux à deux les quatre espèces en déterminant les différences significatives interspécifiques, pour un paramètre donné.

RESULTATS

ETUDES DE TERRAIN



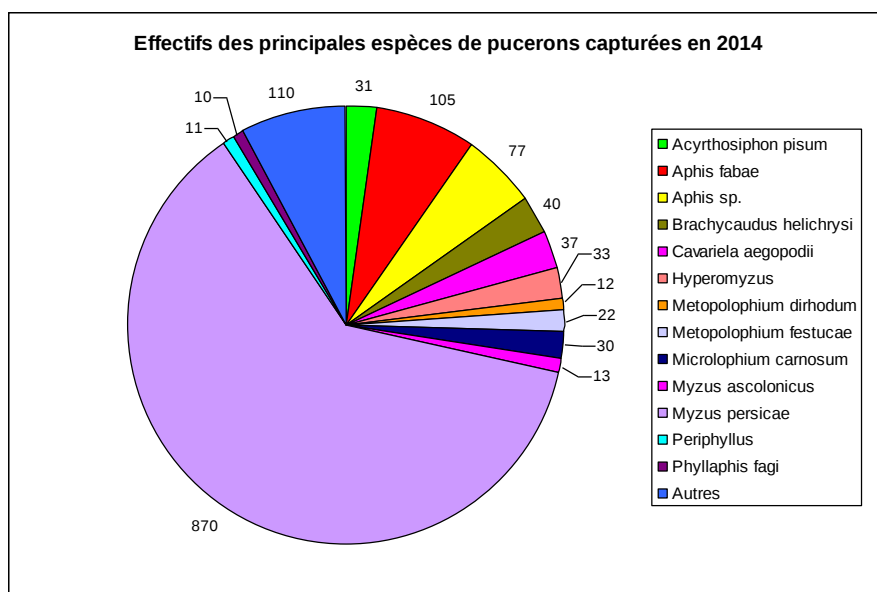


Figure I : Densité de présence des principales espèces de pucerons ailés capturés dans les pièges à eau placés dans 3 parcelles de *Miscanthus X giganteus* du Nord de la France en 2011 et en 2014

Density of alate aphid species from yellow water traps placed in three *Miscanthus x giganteus* fields of northern France in 2011 and in 2014.

Un total de 2436 pucerons ailés ont été piégés en 2011 et 2014. Parmi ce total, les 11 espèces considérées comme étant des ravageurs importants en région représentaient 65% des specimen identifiés pour la campagne 2011 et 80% des specimen identifiés de la campagne 2014. Les deux espèces les plus abondantes étaient les deux espèces polyphages *M. persicae* et *A. fabae* (54% des captures). A l'inverse, l'espèce polyphage *M. euphorbiae* a été rarement retrouvée. *B. brassicae* qui est spécialiste des Brassicacées a été abondamment capturé en 2011. Les spécialistes des Asteracées (*Hyperomyzus lactucae* et *Nasonovia ribisnigri*) ont représenté moins de 3% des captures. Enfin, le spécialiste des Fabacées *Acyrtosiphon pisum*, les spécialistes des Apiacées du genre *Cavariella*, les spécialistes des Poacées (*Rhopalosiphum padi* et *Sitobion avenae*), représentaient chacun moins de 2% des captures.

Ces résultats sur le terrain nous ont conduit à évaluer à travers un bio-essai de laboratoire, la capacité de survie sur *Miscanthus x giganteus* des trois principales espèces de pucerons piégées (*Myzus persicae*, *Aphis fabae*, *Brevicoryne brassicae*). Même si *R. padi* n'a pas été souvent capturé sur le terrain, il est probablement le plus important ravageur des céréales et peut être hébergé par un grand nombre d'espèces végétales appartenant à plus de 30 genres de Poacées, dont le maïs, le sorgho et l'orge (Blackman & Eastop, 2000). Par conséquent, il a également été choisi pour des essais en laboratoire ultérieurs.

ETUDE DE LA SURVIE ET DE LA REPRODUCTION DES 4 ESPECES DE PUCERONS SUR *MISCANTHUS X GIGANTEUS*

Paramètres de population	Test de Kruskal & Wallis H (p)	<i>Aphis fabae</i> (n=28)	<i>Brevicoryne brassicae</i> (n=26)	<i>Myzus persicae</i> (n=27)	<i>Rhopalosiphum padi</i> (n=28)	Comparaisons interspécifiques					
						<i>Af/Bb</i>	<i>Af/Mp</i>	<i>Af/Rp</i>	<i>Bb/Mp</i>	<i>Bb/Rp</i>	<i>Mp/Rp</i>
Survie adulte	25.7335 ***	4,493 ± 0,254 a	2,577 ± 0,229 b	4,444 ± 0,363 a	4,179 ± 0,257 a	p<0,05	ns	ns	p<0,05	p<0,05	ns
Fécondité	71.7516 ***	1,393 ± 0,301 b	0,038 ± 0,038 c	0,555 ± 0,241 bc	6,750 ± 0,684 a	p<0,05	p<0,05	p<0,05	ns	p<0,05	p<0,05

Paramètres de population	Test de Kruskal & Wallis H (p)	<i>Aphis fabae</i> (n=38)	<i>Brevicoryne brassicae</i> (n=58)	<i>Myzus persicae</i> (n=24)	<i>Rhopalosiphum padi</i> (n=32)	Comparaisons interspécifiques					
						<i>Af/Bb</i>	<i>Af/Mp</i>	<i>Af/Rp</i>	<i>Bb/Mp</i>	<i>Bb/Rp</i>	<i>Mp/Rp</i>
Survie larvaire	26.5163 ***	2,158 ± 0,089 ab	2 ± 0,000 b	2 ± 0,000 b	2,688 ± 0,171 a	ns	ns	ns	ns	p<0,05	p<0,05

Analyse des données effectuée avec un test de Kruskal & Wallis suivi d'un test de Mann-Whitney. ((p=0,05 : * ; p=0,01 : ** ; p=0,001 : ***). Af : *Aphis fabae* ; Bb : *Brevicoryne brassicae* ; Mp : *Myzus persicae* et Rp : *Rhopalosiphum padi*).

Tableau 1 : Paramètres biologiques et démographiques d'*A. fabae*, *B. brassicae*, *M. persicae* et *R. padi* sur *M. x giganteus* (Survie moyenne ± erreur type, en jours).

Mean (± SEM) population parameter values of four aphid species reared on *Miscanthus x giganteus*.

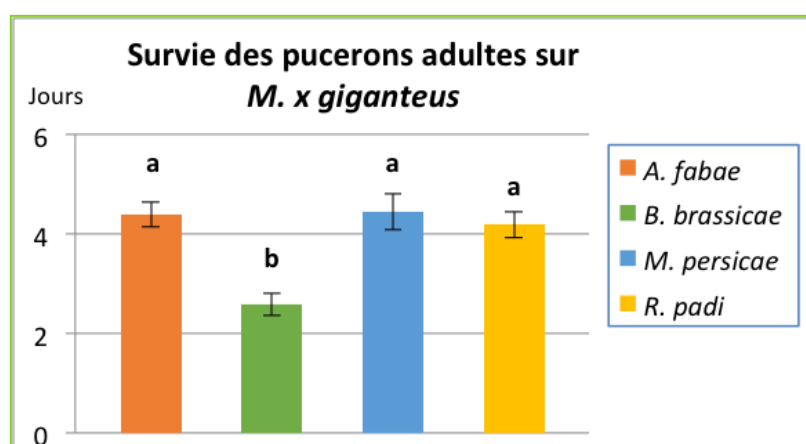


Figure 2 : Survie moyenne ± erreur type, en jours des adultes d'*A. fabae*, *B. brassicae*, *M. persicae* et *R. padi* sur *M. x giganteus*).

Mean (± SEM) adult survival values of four aphid species reared on *Miscanthus x giganteus*.

La survie adultes (H = 25,73 ; P < 0,001), la fécondité (H = 71,75 ; P < 0,001) et la survie des individus néonates (H = 26,52 ; P < 0,001) sur *Miscanthus x giganteus* présentent toutes des différences significatives entre les 4 pucerons étudiés (Tab.1, Fig. 2).

Les survies adultes moyennes de *A. fabae* (4,5 jours), *M. persicae* (4,4 jours) et *R. padi* (4,2 jours) sont significativement supérieures à *B. brassicae* (2,6 jours), avec un facteur supérieur à 1,5 fois.

La production totale d'individus néonates de *R. padi* est significativement plus grande de 3 fois par rapport aux autres, avec 6,8 pontes en moyenne. Concernant ce paramètre *A. fabae* et *M. persicae* ne sont pas significativement différentes, avec respectivement 1,4 et 0,6 larves produites en moyenne. Enfin, *B. brassicae* a produit une moyenne de 0,03 larves, ne montrant pas de différence significative avec *M. persicae*.

La survie larvaire la plus élevée est de 2,7 jours en moyenne pour *R. padi*, elle est significativement supérieure à celle de *M. persicae* et *B. brassicae* qui présentent 2 jours de survie en moyenne. *A. fabae* ne montre pas de différence significative avec les autres espèces (2,2 jours)

DISCUSSION - CONCLUSION

Les expérimentations menées en champs révèlent que les principales espèces piégées dans les champs de miscanthus sont celles qui caractérisent les agrosystèmes du Nord de la France. Les proportions importantes d'*A. fabae* et de *M. persicae* piégés peuvent s'expliquer par le fort degré de polyphagie de ces 2 espèces (Blackman et Eastop, 2000). Le puceron spécialiste des Brassicacées *Brevicoryne brassicae*, a été abondamment capturé en 2011 mais pas lors de la campagne de 2014. D'autres espèces ont été capturées tels que des spécialistes des Asteracées (*Hyperomyzus lactucae* et *Nasonovia ribisnigri*), des Fabacées (*Acyrtosiphum pisum*), des Apiacées (*Cavariella* sp.). Étonnamment, les spécialistes des Poacées, capturés en 2011 (*Rhopalosiphum padi* and *Sitobion avenae*), n'ont été retrouvés qu'à de très faibles taux en 2014 (<2 captures). Des études réalisées dans des champs de Miscanthus aux USA ont montré que deux espèces de pucerons tels que *Sipha flava* et *Rhopalosiphum maidis* sont capables de coloniser cette plante. Cependant, ces deux espèces ne sont pas considérées comme étant des ravageurs de culture dans le nord de la France. En effet, *Rhopalosiphum maidis* ne se trouve uniquement qu'au niveau du pourtour méditerranéen et *Sipha flava* n'est pas répertorié en Europe (Bradshaw *et al*, 2010).

Au regard de nos études de terrain de 2011 et 2014, nous avons étudié en laboratoire la fitness de *M. persicae*, *A. fabae*, *R. padi* et *B. brassicae* sur *Miscanthus x giganteus*. En fonction du degré de spécialisation vis à vis des Poacées, on s'attendait à ce que *R. padi* présente une survie supérieure à *B. brassicae*. Les deux espèces polyphages, *M. persicae* et *A. fabae* devraient présenter une capacité de survie intermédiaire entre les deux espèces oligophages.

Nos études menées au laboratoire corroborent notre hypothèse : les paramètres démographiques ne sont pas les mêmes selon les espèces et varient en fonction de leur degré de spécialisation vis-à-vis des Poacées. En effet, *B. brassicae* présente de très faibles taux de survie et une fécondité nulle. À l'inverse, chez *R. padi* sa survie est plus élevée (en comparaison aux 3 autres espèces) et sa capacité à engendrer des néonates est également meilleure.

Nos études montrent cependant que les 4 espèces font preuve d'une survie et d'une fécondité trop faibles pour envisager une colonisation complète sur *Miscanthus x giganteus* : quelle que soit l'espèce, les individus néonates ne survivent pas assez longtemps pour devenir adultes, et la survie des adultes est trois fois moins importante que sur leur plante hôte (Verzeaux, 2013).

L'incapacité de *A. fabae*, *M. persicae*, *B. brassicae* et même *R. padi* pour produire des nymphes qui pourraient atteindre le stade adulte sur *M. x giganteus* ne permet pas de conférer à cette plante le statut de réservoir tel que défini par Spencer et Raghu (2009). *M. x giganteus* peut par contre être considéré comme plante de passage permettant aux pucerons de survivre par la consommation de xylème et de faibles quantités de phloème. En outre, les quatre espèces de pucerons étudiées ne pouvant pas compléter leur cycle de vie sur *M. x giganteus*, peuvent être considérées comme des espèces non-colonisatrices ou transitoires (Irwin *et al*, 2007; Fereres et Moreno, 2009). Dans un contexte de propagation de virus, les espèces de pucerons transitoires qui s'arrêtent sur les plantes non-hôtes sont connues pour transmettre des virus non persistants avant de décoller à la recherche d'une plante hôte appropriée (Radcliffe et Ragsdale, 2002; Gray *et al*, 2010; Boquel *et al*, 2012).

Ainsi, l'introduction de miscanthus dans le nord de la France pourrait non seulement avoir un effet sur la propagation des phytovirus liés aux Poacées, mais aussi de ceux liés aux autres cultures conventionnelles. En effet, le miscanthus pourrait potentiellement constituer un obstacle physique affectant l'efficacité vectorielle des pucerons entre les cultures. Hooks et Fereres (2006) proposent que les cultures barrières peuvent agir comme réservoirs de virus non persistants. Après l'atterrissage sur la culture barrière, le puceron virulifère perd sa «charge» virale en faisant quelques

brèves sondes sur la plante. Ensuite, si le puceron sain pénètre dans une zone de cultures primaires sensibles, il n'est alors plus en mesure de transmettre de maladie virale. Par exemple, Fereres (2000) a étudié l'utilisation de sorgho et de maïs en tant que culture-barrière pour protéger les cultures de plantes de poivre contre le virus de la pomme de terre (PVY) et le virus de la mosaïque du concombre (CMV). Il a conclu que ces plantes-barrières n'ont pas réduit le nombre de vecteurs entrant dans les cultures mais ont protégé les plantes en recueillant les virus non persistants.

Malgré la modification probable de l'équilibre des agrosystèmes locaux, l'introduction de miscanthus dans le nord de la France ne contribue pas à créer un nouveau réservoir pour les pucerons ravageurs et notamment ceux inféodés aux céréales. De plus, son rôle possible en tant que culture-barrière pourrait également limiter les mouvements des pucerons entre les cultures et réduire le risque de propagation des virus.

REMERCIEMENTS

Nous voudrions remercier notre partenaire financier, la région Picardie (programme de recherche MISPIC), ainsi que l'ensemble des partenaires du projet.

BIBLIOGRAPHIE

- Blackman RL, Eastop VF (2000) *Aphids on the World's Crops. An Identification and Information Guide*. Wiley.
- Boquel S, Delayen C, Couty A, Giordanengo P, Ameline A. Modulation of Aphid Vector Activity by Potato virus Y on In Vitro Potato Plants. *Plant Dis* 2012;96:82–6.
- Bradshaw J, Prasifka JR, Steffey KL, Gray ME (2010) First report of field populations of two potential aphid pests of the bioenergy crop *Miscanthus x giganteus*. *Florida Entomologist*, **93**, 135–137.
- Eastop VF (1983) The biology of the principal aphid virus vectors. In: *Plant virus epidemiology*, Blackwell edn, pp. 116–132.
- Fereres A (2000) Barrier crops as a cultural control measure of non-persistently transmitted aphid-borne viruses. *Virus research*, **71**, 221–31.
- Fereres A, Moreno A. Behavioural aspects influencing plant virus transmission by homopteran insects. *Virus Res* 2009;141:158–68.
- Gloyna K, Thieme T, Zellner M (2011). *Miscanthus*, a host for larvae of a European population of *Diabrotica v virgifera*. *J Appl Entomol* ;135:780–5.
- Gray S, Boer S De, Lorenzen J, Karasev A, Whitworth J, Nolte P, et al. (2010) Potato Virus Y : an evolving concern for Potato crops in the United States and Canada. *Plant Dis* ;94:1384–97.
- Hooks CRR, Fereres A (2006) Protecting crops from non-persistently aphid-transmitted viruses: a review on the use of barrier plants as a management tool. *Virus research*, **120**, 1–16.
- Irwin M, Kampmeier GE, Weisser WW (2007) Aphids movement : process and consequences. In: *Aphids as crop pests* (ed H.F.Van Emden and R. Harrington), pp. 153–186. CABI Publishing, Oxon, UK.
- Jørgensen U (2011) Benefits versus risks of growing biofuel crops: the case of *Miscanthus*. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, **3**, 24–30.
- Pointeau, S, Jaguenet E, Couty, A, Dubois F, Rambaud C, Ameline A (2014) Differential performance and behavior of the corn leaf aphid, *Rhopalosiphum maidis*, on three species of the biomass crop *miscanthus*. *Industrial Crops and Products* **54**, 135-141.
- Prasifka JR, Bradshaw JD, Meagher RL, Nagoshi RN, Steffey KL, Gray ME (2009) Development and feeding of fall armyworm on *Miscanthus x giganteus* and switchgrass. *Journal of economic entomology*, **102**, 2154–9.
- Radcliffe EB, Ragsdale DW (2002) Aphid-transmitted potato viruses: The importance of understanding vector biology. *American Journal of Potato Research*, **79**, 353–386.
- Rambaud C, Arnoult S, Bluteau A, Mansard MC, Blassiau C, Brancourt-Hulmel M (2013) Shoot organogenesis in three *Miscanthus* species and evaluation for genetic uniformity using AFLP analysis. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, **113**, 437–448.
- Spencer JL, Raghu S (2009) Refuge or reservoir? The potential impacts of the biofuel crop *Miscanthus x giganteus* on a major pest of maize. *PloS one*, **4**, e8336.
- Verzeaux J (2013) la Cameline, une nouvelle plante hôte pour les pucerons inféodés aux cultures du nord de la France. Rapport de stage Master 2 - Université Picardie Jules Verne.