

**AFPP – 6^e CONFÉRENCE SUR LES MOYENS ALTERNATIFS DE PROTECTION
POUR UNE PRODUCTION INTÉGRÉE
LILLE – 21, 22 ET 23 MARS 2017**

**ETUDE DE L'IMPACT DU DEFICIT HYDRIQUE ET AZOTE SUR LES INFESTATIONS DE *MYZUS PERSICAE*
(SULZER) DANS LE VERGER DU PECHER**

M. LAGHFIRI¹, I. MADANI², A.J. BOUTALEB³, A. BLENZAR⁴, M.O. JORDAN⁵,
M.H. SAUGE⁶, P.E. LAURI⁷, C.S MAILI⁸

1 : Université Moulay Ismail Meknès. Laghfirimalaaynine@gmail.com

2 : Université Moulay Ismail Meknès. imadani36@gmail.com

3 : Ecole Nationale d'Agriculture de Meknès. boutaleb10@yahoo.fr

4 : Université Moulay Ismail Meknès. ablenzar@yahoo.fr

5 : INRA Avignon, France. MARIE-ODILE.JORDAN@AVIGNON.INRA.FR

6 : INRA Avignon, France. MARIE-HELENE.SAUGE@AVIGNON.INRA.FR

7 : INRA Montpellier France. LAURI@SUPRAGRO.INRA.FR

8 : CSMAILI@YAHOO.FR

RÉSUMÉ

Le présent travail a pour objectif la mise en place d'une stratégie de lutte intégrée et écologique de gestion des ravageurs afin d'évaluer l'impact des ressources hydriques et azotées sur les infestations de *Myzus persicae* dans le verger du pêcher.

Les résultats obtenus par l'étude d'impact sur le puceron vert du pêcher ont montré un effet significatif des disponibilités en eau et en azote sur le niveau d'infestation du puceron vert du pêcher. En effet, le régime de fertigation normal (T1=100%) s'est révélé beaucoup plus favorable à un développement éminent des populations aphidiennes, tandis que le régime déficitaire de 25% en eau et en azote par apport au régime normal (T2=75%) a pu minimiser les infestations de ces derniers. Parallèlement l'étude d'effet d'orientation sur l'infestation du puceron a montré que les orientations Nord, Ouest et Sud étaient plus infestées que celle de l'Est. Quant aux auxiliaires et aux fourmis, le traitement effectué a révélé un effet significatif sur leur évolution.

Mots-clés : *Myzus persicae*, stress hydrique, azote, infestation, régime de fertigation.

ABSTRACT

STUDY OF THE IMPACT OF WATER AND NITROGEN DEFICIENCY ON MYZUS PERSICAE (SULZER) INFESTATIONS IN THE ORCHARD OF PEACH.

The objective of this work is to develop an integrated and ecological pest management strategy to assess the impact of water and nitrogen resources on *Myzus persicae* infestations in the peach orchard.

The results of the peach aphid impact study showed a significant effect of water and nitrogen availability on the level of green peach aphid infestation. Indeed, the normal fertilization regime (T1 = 100%) was found to be much more favorable to a prominent development of the aphidian populations, while the regime deficit of 25% in water and nitrogen by contribution to the normal diet (T2 = 75%) was able to minimize the infestations of the latter. At the same time, the study of the effect of orientation on the infestation of the aphid showed that orientations North, West and South were more infested than that of East. As for the auxiliaries and the ants, the treatment carried out revealed a significant effect on their evolution.

Keywords: *Myzus persicae*, water stress, nitrogen, infestation, fertigation system.

INTRODUCTION

En conditions naturelles, les plantes sont exposées aux divers facteurs biotiques et abiotiques affectant la physiologie, la composition biochimique et la croissance des plantes. Les interactions plantes-bioagresseurs sont modulées par ces changements (Scheirs et De Bruyn, 2005 ; King *et al.*, 2006).

En effet, la capacité d'un bioagresseur à s'installer, se nourrir et se multiplier est affectée par le statut hydrique et nutritionnel de la plante (Khan *et al.*, 2010). Ce constat est spécifique à chaque insecte. Dans le cas des pucerons, insectes piqueurs suceurs qui se nourrissent en prélevant la sève élaborée, la résistance de la plante est dépendante de la pression de turgescence (Huberty et Denno, 2004). Celle-ci peut déterminer en partie le flux de sève ainsi que sa valeur nutritionnelle pour l'insecte (composition en acides aminés et en sucres solubles) (Karley *et al.*, 2002).

Myzus persicae affecte le fonctionnement physiologique de la plante, il est considéré comme un puits pour les assimilats (produits issus de l'assimilation des substances minérales de la plante), qui est capable de modifier le pattern d'allocation ou le statut de sources des tissus (Girousse *et al.*, 2005). Des études ont montré l'effet du puceron sur la photosynthèse (Varn, 1987) et sur l'induction de gènes impliqués dans la sénescence des feuilles (Pegadaraju *et al.*, 2005). Inversement, l'abondance des pucerons peut être affecté par l'état de la plante hôte (White, 2008), surtout par les différentes composantes de statut azoté de la plante (Winkson et Douglas, 2003 ; Davies *et al.*, 2004). Ainsi, le statut hydrique d'une plante affecte la croissance du puceron par la difficulté de prélèvement de la sève phloémique dont se nourrit le puceron (Will et Van, 2008).

De plus, la vigueur de croissance des plantes est un facteur favorable au développement des bioagresseurs ; cette hypothèse est confirmée par plusieurs travaux (De Bruyn *et al.*, 2002 ; Teder et Tammarau, 2002).

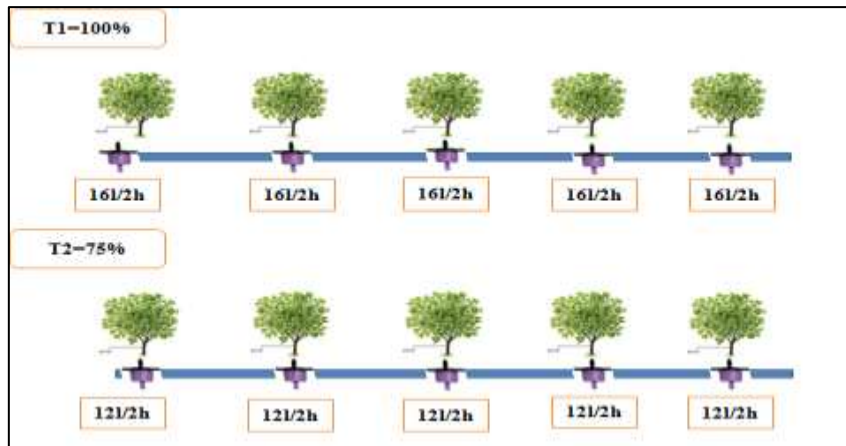
Dans le cadre de ce travail, on fera l'hypothèse que les pratiques de fertilisation azotée et d'irrigation peuvent être utilisées, par leur effet sur la vigueur de la croissance et le statut hydrique et azoté de la plante, pour contrôler la croissance de puceron vert du pêcher.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a pour objectif de suivre l'évolution du *Myzus persicae* sous deux régimes de fertigation différents. Un dispositif expérimental a été mis en place dans deux vergers arboricoles de pêcher à la région du Sais (Figure 1). Le premier régime de fertigation T1 étant favorable au développement normal des arbres fruitiers puisqu'il renferme des quantités suffisantes (100%) d'eau et des éléments nutritifs (notamment l'azote) apportés moyennant deux goutteurs chacun avec un débit de 8 litres par heure, alors que le deuxième régime (T2) est rendu déficitaire de ces éléments (75%) suite à une restriction des quantités d'eau et d'azote apportées tout en changeant l'un des goutteurs de 8 litres/heure au niveau de la gaine par un autre goutteur d'un débit de 4 litres/heure afin de réduire 25% les ressources d'eau et d'azote apportées aux arbres.

Figure 1 : Illustration du dispositif expérimental d'essai installé au niveau du pêcher.

(Illustration of the test of experimental device installed at the peach orchard)



Suivi des populations de pucerons

Afin d'évaluer le degré d'infestation de pucerons aptères à l'échelle des arbres, un suivi a été effectué chaque semaine sur rameau mixte où on note le degré d'infestation pour chaque type de rameau (végétatif et fructifère) au niveau des quatre directions cardinales et des deux traitements de fertigation suivant la classification de Leclant (1978) (Tableau I).

Tableau I : Classification du degré d'infestation de pucerons (Leclant, 1978)
(Classification of the degree of infestation of aphids)

Degré d'infestation	Nombre de pucerons	Nombre moyen dans la classe
0	0	0
1	5^0 à $5^1 = 1$ à 5	$5^{0,5} = 2,2$
2	$1+5^1$ à $5^2 = 6$ à 25	$5^{1,5} = 11,2$
3	$1+5^2$ à $5^3 = 26$ à 125	$5^{2,5} = 55,9$
4	$1+5^3$ à $5^4 = 126$ à 625	$5^{3,5} = 279,5$
5	$1+5^4$ à $5^5 = 626$ à 3125	$5^{4,5} = 1397$

En tenant compte de l'infestation à l'échelle de l'arbre (nombre de pousses infestées) et du degré d'infestation (nombre d'individus par pousse), un indice d'infestation IF a été calculé selon la formule suivante :

$$IF = \frac{\sum (d \times f_d)}{5 \times \sum f_d}$$

Avec d = degré d'infestation compris entre 0 et 5 et f_d = fréquence de pousses par arbre avec le degré d'infestation d compris entre 0 et 5.

Quant aux pucerons ailés, ils sont comptés directement à l'œil nu sur chaque rameau marqué et au niveau de chaque orientation, au même moment de la notation du degré d'infestation des pucerons aptères tout au long de la période de l'essai.

Analyses statistiques

L'indice d'infestation calculé à partir des différents degrés d'infestation de pucerons enregistrés à chaque relevé au cours de la période d'étude, combiné au test de normalité de Shapiro-Wilk nous a permis de vérifier la normalité de cet indice avant de le soumettre à l'analyse de la variance. L'ensemble des données collectées a été traité et analysé par les logiciels : SAS, SPSS version 20 et EXCEL version 2010.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Etude de l'effet du déficit hydrique et azoté sur le niveau d'infestation du *M. persicae* du pêcher

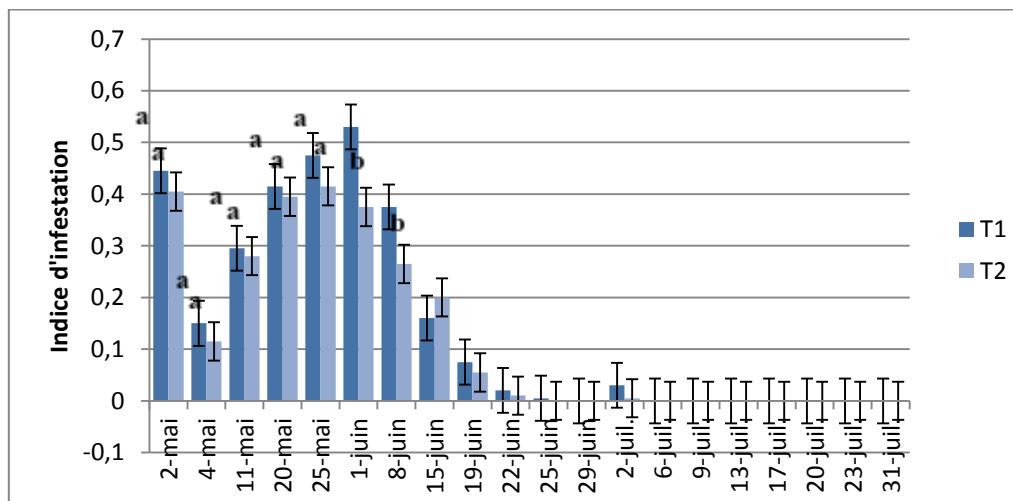
Effet du stress hydrique et azoté sur l'infestation des populations d'aptères du puceron vert du pêcher

L'analyse de la variance à un critère de classification n'a révélé un effet significatif du traitement de fertigation sur l'infestation des pucerons qu'à partir de la première semaine du mois de juin (01/06/2014) durant la période d'étude. Cet effet hautement significatif ($P < 0,01$) a permis de mettre en évidence deux groupes distincts où l'infestation au niveau du régime T1 est nettement supérieure à celle du régime T2. Cette différence significative de l'infestation a disparu 15 jours après (vers mi-juin). Ainsi, à partir de cette date et jusqu'à la fin du mois de juillet (migration totale des pucerons vers les hôtes secondaires), les infestations enregistrées dans les deux régimes de fertigation ont été pratiquement similaires. Contrairement à la deuxième année d'étude, l'infestation continue à augmenter jusqu'au 4 juillet.

L'absence de différences significatives entre les deux régimes de fertigation, en ce qui concerne le degré d'infestation du puceron vert du pêcher, tout au long du mois de mai et durant la deuxième moitié du mois de juin. De plus, il y a une réduction de l'infestation, pendant la première moitié du juin, par la réduction des quantités d'eau et d'azote apportées. Ces deux éléments importants pourraient être utilisés dans une stratégie de lutte intégrée contre cette espèce de puceron et constituent aussi une bonne alternative aux produits phytopharmaceutiques qui ne cessent de provoquer des résistances chez l'espèce en question. D'un point de vue économique, la réduction des apports d'eau et d'azote peut réduire les charges des traitements contre les pucerons, en cas d'absence d'effets secondaires de cette réduction sur les paramètres de croissance et de production des arbres (Annexe 1 et Figure 2).

Figure 2: Comparaison de l'indice d'infestation moyen (moyenne \pm erreur standard) des populations de *Myzus persicae* sur pêcher pour deux régimes de fertigation (T1 et T2)

(Comparison of the mean of infestation index (mean \pm standard error) of the populations of *Myzus persicae* on peach between both regimes of fertigation (T1 and T2)



La figure 2 montre clairement l'importance des infestations par le puceron vert du pêcher au niveau des arbres soumis au traitement T1 (100%), par rapport à ceux affectés au traitement T2 (75%). Cette différence est due à la quantité d'azote apportée pour chaque régime.

Nonobstant l'importance de l'infestation observée pour les arbres du régime T1 très riche en éléments nutritionnels et en eau, la vitesse de décroissance de la courbe d'infestation pour ce régime était aussi plus importante que celle de l'autre régime (T2). Cela s'explique par la pénurie de l'alimentation suite à une sénescence, puis une chute sévère des feuilles et de quelques fruits causées, principalement, par la forte densité des individus au niveau des feuilles et des rameaux. En effet, cette situation a engendré une apparition rapide des individus ailés prêts à quitter le pêcher vers d'autres hôtes secondaires.

D'autres recherches dans ce sens ont montré que le déficit hydrique pourrait également affecter la composition et la concentration des composés secondaires des plantes ; cet état des choses a des effets marqués sur la survie des larves de pucerons (Agele *et al.*, 2006). Les variations induites dans l'état des plantes hôtes peuvent avoir des conséquences importantes sur la dynamique des populations des herbivores à travers des effets sur le développement et la survie des individus immatures (Price, 1991).

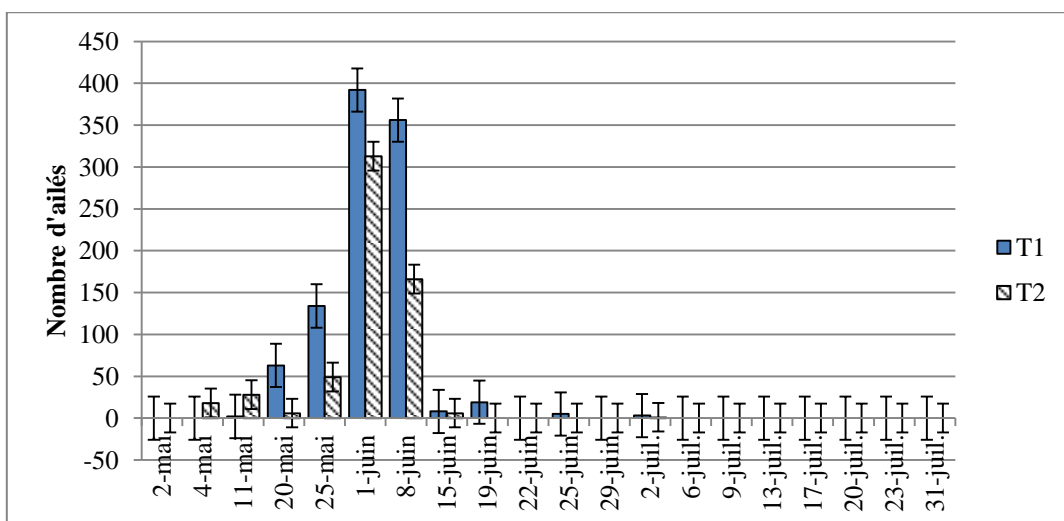
Après la disparition définitive des pucerons au niveau des arbres du pêcher vers fin juin (29 juin), une réapparition de quelques individus a été remarquée vers début juillet (juste 3 trois jours plus tard). Ceci peut être dû à une remontée de ces individus à partir des gourmands très riches en eau et en azote, d'où la nécessité de veiller à leur élimination à chaque reprise, puisqu'ils sucent des quantités énormes d'eau et d'éléments fertilisants. Dans le même sens, Nevo et Coll (2001) ont trouvé que la fertilisation azotée du cotonnier a fortement affecté la morphologie, la fécondité et le taux de croissance intrinsèque des populations d'*A. gossypii*. Les mêmes conclusions ont été, également, tirées par Jahn *et al.* (2005) en ce qui concerne l'effet de l'azote sur la fécondité, le taux de croissance intrinsèque, la survie et la longueur du corps d'*H. setariae* sur les plants du riz dans les zones humides de la forêt tropicale du Nigéria.

Effet de la restriction de l'eau et de l'azote sur la fluctuation de populations ailées du puceron vert du pêcher

L'allure générale des courbes d'évolution des ailés ressemble à celle des courbes d'évolution des aptères à quelques différences près (Figure 3). En effet, le nombre d'ailés était plus important dans le régime T1 qu'au niveau du T2 alors que, normalement, c'est le contraire qui doit se passer puisque la richesse en éléments nutritifs est plus importante au niveau du T1. Cependant, ce constat est tout à fait évident car le développement des ailés n'est pas expliqué seulement par la disposition des aliments, mais aussi, par la forte densité des populations des aptères au niveau d'un espace limité. En effet, une relation linéaire établie entre l'indice d'infestation des aptères et le nombre d'ailés a montré qu'une bonne part de variabilité ($R^2=0,509$ avec $P<0,05$) est expliquée par cet indice d'infestation et qu'un coefficient de corrélation élevé ($R=0,71$) lie les deux variables (Annexe 2).

Figure 3: Comparaison du cumul des ailés de *Myzus persicae* (nombre total \pm erreur standard) entre les deux régimes de fertiligation au niveau du pêcher

(Comparison of accumulated winged *Myzus persicae* (total number \pm standard error) between the two systems of fertigation in peach)



Quant à la disparition des formes ailées, elle était relativement précoce dans le régime T2 par rapport au régime T1. En effet, une sortie complète des pucerons du régime T2 a été observée dès le 19/06/2014 alors que le départ de ceux du régime T1 a lieu une semaine plus tard (25/06/2014).

Figure 4 : Dégâts causés par *M. persicae* dans le régime T1(a) et le régime T2(b)
(Damage caused by *M. persicae* in T1 regime (a) and T2 regime (b))



3.2 Effet de l'orientation sur l'infestation des pucerons dans chacun des deux traitements de fertigation

Au cours de la période d'étude, les quatre directions cardinales de l'arbre ont été considérées. Ainsi, dans chaque orientation, deux rameaux (l'un végétatif et l'autre fructifère) ont été marqués et suivis afin d'avoir une bonne représentativité des données collectées d'un côté, et pour voir, également, s'il y avait un éventuel impact de l'orientation sur la distribution des infestations des populations de pucerons au sein de l'arbre. Les données ont été regroupées et organisées dans les figures 5 et 6.

Figure 5: Comparaison de l'indice d'infestation (IF \pm erreur standard) au niveau des quatre positions cardinales dans le régime de fertigation T1.

(Comparison of the infestation index (IF \pm standard error) in terms of the four cardinal positions in the T1 fertigation regime)

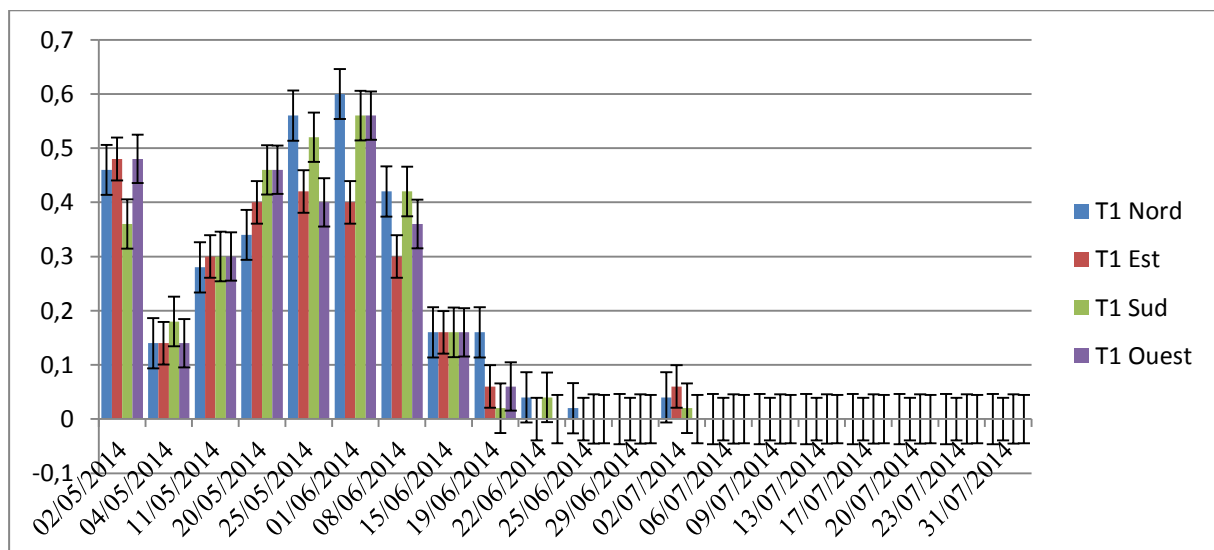
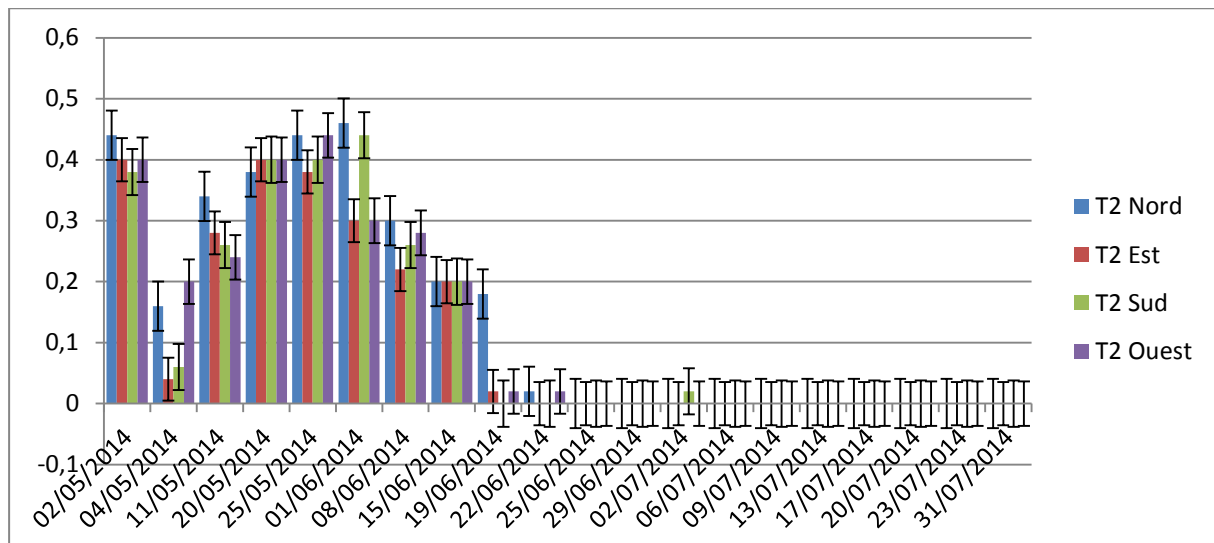


Figure 6: Comparaison de l'indice d'infestation (IF \pm erreur standard) au niveau des quatre positions cardinales dans le régime de fertigation T2.

(Comparison of the infestation index (IF \pm standard error) in terms of the four cardinal positions in the fertigation regime T2)



Les résultats issus des représentations graphiques ci-dessus montrent, clairement, qu'il y avait une différence significative entre les positions cardinales en ce qui concerne l'indice d'infestation au niveau des deux régimes de fertigation.

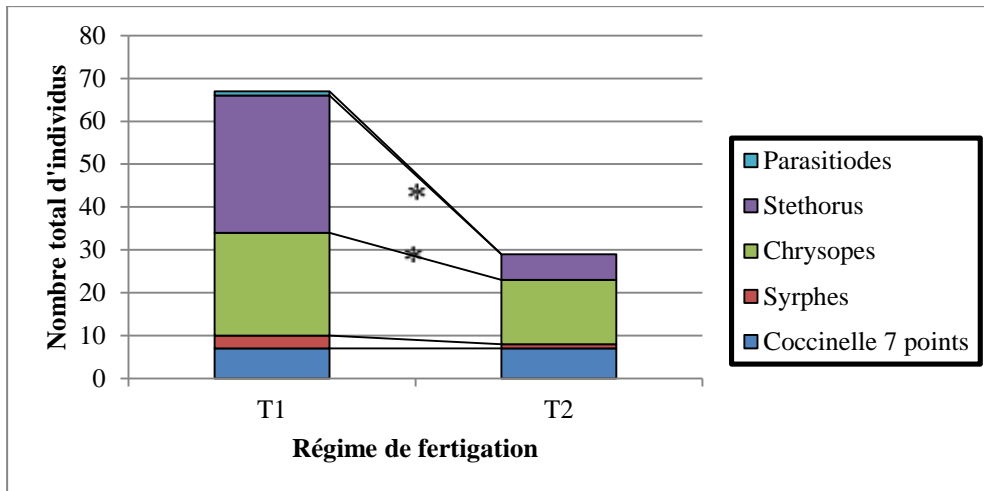
En effet, à partir de la deuxième décennie du mois de mai et jusqu'à la première semaine du mois de juin, on a observé un impact important du facteur orientation sur le taux d'infestation des pucerons, ainsi, une différence éminente entre les différentes positions cardinales a été mise en évidence au sein des arbres sous l'effet des deux traitements de fertigation (T1 et T2. Les orientations Nord, Ouest et Sud étaient les plus infestées alors que celle de l'Est est restée relativement moins infestée par rapport aux autres (Figures 5 et 6).

Evolution de la faune auxiliaire et son impact sur l'infestation du puceron vert du pêcher au niveau des deux régimes de fertigation T1 et T2

Dans cette étude, le suivi des auxiliaires au niveau des arbres soumis aux régimes de fertigation T1 et T2 a montré un changement d'action des populations aphidiennes entre le régime le plus riche en eau et en azote et celui le moins riche en ces éléments. Les résultats sont représentés par la figure 7.

Figure 71: Nombre total d'auxiliaires enregistré dans tous les suivis suivant le régime de fertigation (*indique un effet significatif).

(Figure 7: Total number of auxiliaries recorded in all follow-ups following the fertigation regime (* indicates a significant effect).

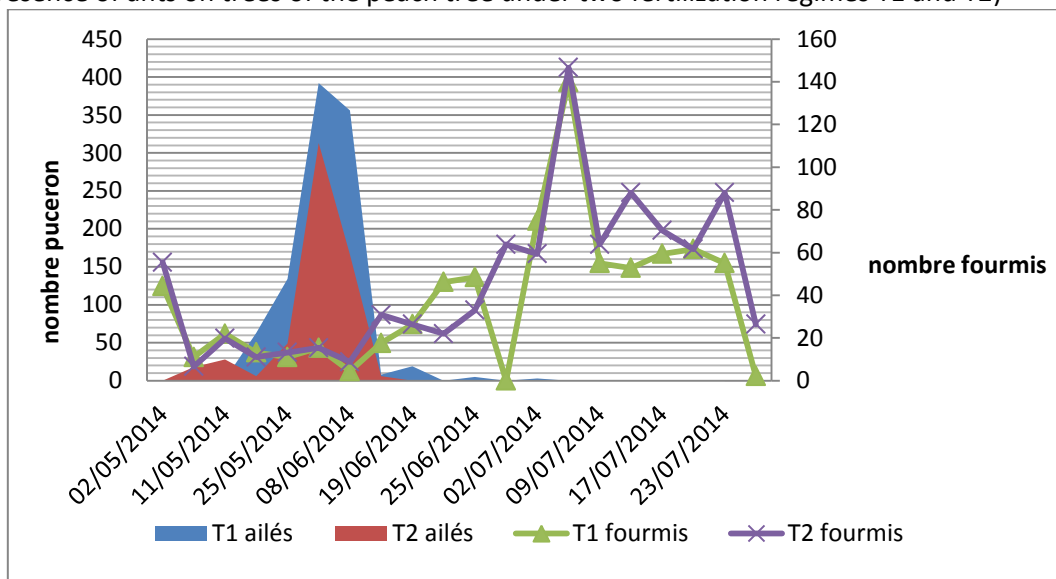


Quant à la diversité de la faune utile, les mêmes prédateurs ont été observés dans les deux régimes avec des densités différentes, alors qu'un faible nombre de parasitoïdes était enregistré seulement au niveau du régime T1 et non pas dans le régime T2. Il semble d'après la figure 7, qu'il y ait un effet de l'eau et de l'azote sur la diversité de tous les taxons d'auxiliaires rencontrés sauf les coccinelles à sept points. Cependant, l'analyse statistique a révélé un effet significatif du régime de fertigation sur les chrysopes et les coccinelles du genre *Stethorus* (prédateurs des acariens tétranyques), mais pas sur les syrphes et les parasitoïdes. Cet effet peut être expliqué par l'abondance des pucerons au niveau du régime T1 qui constituent un support alimentaire attractif pour les prédateurs et les parasitoïdes.

Impact des fourmis sur le développement des populations du puceron vert du pêcher.

Figure 8: Evolution numérique du nombre moyen des populations aptères de *Myzus persicae* en présence des fourmis sur des arbres du pêcher soumis à deux régimes de fertigation T1 et T2.

(Numerical evolution of the average number of wingless populations of *Myzus persicae* in the presence of ants on trees of the peach tree under two fertilization regimes T1 and T2)



La figure 8 montre l'évolution au cours du temps du nombre moyen des populations aptères de *Myzus persicae* en présence des populations de fourmis sur les arbres du pêcher soumis aux deux régimes de fertigation T1 et T2.

Une augmentation nette des effectifs des fourmis au niveau des deux régimes de fertigation a été enregistrée. Cette augmentation a continué pour atteindre son maximum vers le 06/07/2013, ensuite, les populations des fourmis ont rapidement diminué avant de disparaître complètement des arbres vers fin juillet. L'augmentation des effectifs des fourmis est, probablement, liée à leur attraction par les quantités de miellat présent sur les feuilles et les pousses du pêcher. Toutefois, l'évolution continue des individus de fourmis et les maximums étonnants de ceux-ci observés vers la première semaine du mois de juillet peuvent être expliqués par la présence encore de quelques individus de pucerons au niveau des gourmands qui, en excréant du miellat, attirent un nombre élevé d'individus de fourmis qui en raison de la pénurie des nutriments, remontent vers les autres pousses de l'arbre pour chercher d'autres sources d'alimentation.

CONCLUSION

L'espèce *M. persicae* s'est avérée fortement dépendante du statut hydrique et trophique des arbres du pêcher. En effet, une infestation assez importante a été enregistrée au niveau des deux modalités de fertigation considérées, surtout, entre la mi-mai et la mi-juin. Cependant, la distinction entre les niveaux d'infestation des aptères des deux régimes de fertigation en terme statistique n'est apparue que vers début juin. D'autre part, les pucerons ailés ont été, aussi, affectés par l'état hydrique et azoté. Ainsi, les premiers individus ailés ont été enregistrés sur les arbres du deuxième régime de fertigation (75%) vers la deuxième semaine du mois de mai. Néanmoins, dès leur apparition au premier régime (100%) au cours de la troisième décennie de mai, la population des ailés a été toujours plus importante que celle notée dans l'autre régime. L'importance des individus ailés est en relation directe avec les disponibilités en alimentation hydrique et azotée des arbres ainsi qu'avec la densité des aptères.

Quant aux positions cardinales de l'arbre, un effet significatif a été mis en évidence au cours de la période d'étude. Les pucerons semblent être attachés notamment à l'orientation Nord et en deuxième lieu à celle de l'Ouest. Les deux autres directions sont restées moins infestées que les premières.

Après avoir étudié l'effet de la restriction en eau et en azote sur la pullulation des pucerons, il est jugé intéressant d'étudier sur le rendement et la qualité du fruit afin de mettre en place une stratégie intégrée et complète rassurant à la fois un contrôle de puceron toute en favorisant le rôle des auxiliaires et sans affecter la qualité et la quantité de la production.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agele S. O., Ofuya T. I. et James P. O., 2006 Effects of watering regimes on aphid infestation and performance of selected varieties of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) in a humid rainforest zone of Nigeria. *Crop Protection*, 25, 73-78.
- Davies F. T., He C. J., Chau A., Heinz K. M., Cartrnill A. D., 2004 Fertility affects susceptibility of chrysanthemum to cotton aphids: Influence on plant growth photosynthesis, ethylene evolution and herbivore abundance. *J Hort Sci*, 129, 344-353.
- De Bruyn L., Scheirs J., Verhagen R., 2002 Nutrient stress, host plant quality and herbivore performance of a leaf-mining fly on grass. *Oecologia* 130: 594-599.
- Girousse C., Moulia B., Silk W.; Bonnemain J. L., 2005 Aphid infestation causes different changes in carbon and nitrogen allocation in alfalfa stems as well as different inhibitions of longitudinal and radial expansion. *Plant Physiol* 137: 1474-1484.
- Huberty F., Denno R. F., 2004 Plant Water Stress and Its Consequences for Herbivorous Insects: A New Synthesis. *Ecology*, 85, 1383-1398.
- JAHN G. C., ALMAZAN L. P. et PACIA J. B., 2005 Effect of Nitrogen Fertilizer on the Intrinsic Rate of Increase of *Hysteroneura setariae* (Thomas) (Homoptera: Aphididae) on Rice (*Oryza sativa* L.). *Environmental Entomology*, 34, 4, 938-943.

- Karley A. J., Douglas A. E., Parker W. E., 2002 Amino acid composition and nutritional quality of potato leaf phloem sap for aphids. *J. Exp. Bot.* 205: 3009—3018.
- Khan M. A. M., Ulrichs C., Mewis I., 2010 Influence of water stress on the glucosinolate profile of *Brassica oleracea* var. *Italic* and the performance of *Brevicoryne brassicae* and *Myzus persicae*. *Entomol. Exp. Appl.* 137: 229-236.
- King C., Jacob U. S., Herlandier F., 2006 The influence of water deficiency on the relationship between canola (*Brassica napus* L.), and two aphid species (Homoptera: Aphisidae), *Lipaphis erysimi* (Kaltenbrach) and *Brevicoryne brassicae* (L.). *Aust. J. Ecol.* 31: 439-445.
- LECLANT F., 1978 Etude bioécologique des aphides de la région méditerranéenne. Implications agronomiques. Thèse de doc. Etat. Univ. Scie. Tech. Languedoc, 318p.
- Martinsen G. D., Driebe E. M., Whigham T. G., 1998 Indirect interaction mediated by changing plant chemistry: Beaver browsing benefits beetles. *Ecology* 79: 192-200.
- NEVO E. et COLL M., 2001 Effect of nitrogen fertilization on *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphisidae): variation in size, color, and reproduction. *J. Econ. Entomol.* 94: 27-32.
- Pegadaraju V., Knepper C., Reese J., Shah J., 2005 Premature leaf senescence modulated by Arabidopsis PHYTOALEXIN DEFICIENT gene is associated with defence against the phloem-feeding green peach aphid. *Plant Physiol* 139: 1927-1934.
- PRICE P.W., 1991 The plant vigour hypothesis and herbivore attack. *Oikos* 62, 244–251.
- Scheirs J, De Bruyn L (2005) Plant mediated effects of drought stress on host preference and performance of grass miner. *Oikos* 108: 371-385.
- Teder T., Tammaru T., 2002 Cascading effects of variation in plant vigour on the relative performance of insect herbivores and their parasitoids. *Ecol. Entomol.* 27: 94-104.
- Varn M. W., 1987 The effects of aphids on the growth of young apple trees. PhD Dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, 165p
- White T. C. R., 2008 The role of food, weather and climate in limiting the abundance of animals. *Biol. Rev.*, 83, 227-248.
- Wilkinson T.L., Douglas A. E., 2003 Phloem amino acids and the host plant range of the polyphagous aphid, *Aphis fabae*. *Entomol. Exp. Appl.* 106: 103-113.
- Will I., Van B., 2008 A novel perfusion system shows that aphid feeding behavior is altered by decrease of sieve-tube pressure. *Entomol. Exp. Appl.* 127: 237-245.

Annexes

Annexe1 : Analyse de variance de l'indice d'infestation du 01/06/2014 (indique un effet hautement significatif).**

Source	DDL	Type III SS	Square's means	Value F	Pr > F
Fertigation	1	0.240250	0.240250	9.95	0.0034**
Error	38	0.138500	0.034625	1.43	0.2440
Total	40	0.821000	0.024147		

Annexe2 : Relation entre le nombre d'aîlés de *Myzus persicae* et l'indice d'infestation des aptères.

