

Dispositif de caractérisation simultanée de l'abondance de pucerons et de la croissance végétative d'arbres fruitiers

Aurélie Rousselin¹, Marie-Hélène Sauge¹, Marie-Odile Jordan¹

Résumé. L'optimisation des pratiques culturales, en particulier l'irrigation et la fertilisation azotée, peut permettre de réduire la performance des pucerons sur les arbres et ainsi contribuer à diminuer l'usage des pesticides. La méthode proposée dans cet article permet un suivi temporel du couple arbre-puceron sous différentes contraintes abiotiques. Elle vise à caractériser, d'une part, la croissance végétative et l'état physiologique de la plante hôte et d'autre part, le niveau d'infestation des pucerons. Cette méthode se base sur des notations en classe d'abondance des pucerons et sur des descriptions architecturales de l'arbre. Elle a été appliquée aux couples pêcher-*Myzus persicae* et pommier-*Dysaphis plantaginea*.

Mots clés : architecture, croissance végétative, niveau d'infestation, pratiques culturales, fertilisation, irrigation, bottom-up

Introduction

Les pucerons sont des ravageurs majeurs des arbres fruitiers. Pour rendre les arbres moins favorables à leur développement, tout en réduisant l'usage des pesticides, un levier possible est l'utilisation de pratiques culturales adaptées. En effet, les contraintes abiotiques ont un impact sur la physiologie et la croissance de l'arbre, qui peuvent via des processus bottom-up impacter les pucerons. Pour étudier les effets des combinaisons de pratiques culturales sur la sensibilité de la plante-hôte, il est nécessaire d'évaluer comment le fonctionnement global de la plante structure les interactions arbre-puceron. Pour ce faire, nous avons combiné au sein d'un même dispositif expérimental deux méthodes de suivi dynamique. Nous avons couplé un suivi hebdomadaire de l'abondance de pucerons (Grechi et al., 2008) à des descriptions architecturales pour suivre la croissance végétative de l'arbre (Médiène et al., 2002). Nous avons complété ces suivis par des mesures ponctuelles de caractérisation de l'état physiologique de l'arbre : potentiel hydrique foliaire, photosynthèse et dosages biochimiques.

Matériel et méthodes

Le dispositif expérimental

Pour empêcher la propagation des pucerons de l'essai vers l'extérieur, l'expérimentation est réalisée sous tunnel insect-proof (**Figure 1**). Par rapport à la réalisation d'essais d'infestation sous manchon, le tunnel présente l'intérêt de ne pas contraindre la croissance de la branche infestée et de laisser les pucerons libres d'infester d'autres branches de l'arbre. D'autre part, d'un point de vue pratique, les observations sont plus aisées que sous manchon.

De plus, le tunnel permet de limiter la présence de prédateurs : araignées (**Figure 2**), forficules, coccinelles ou syrphes et de parasitoïdes des pucerons. Afin de réduire l'impact des prédateurs et des parasitoïdes, un traitement de désinfection couplant des insecticides et des herbicides est réalisé avant la mise en place des arbres sous le tunnel. Les autres mesures d'exclusion incluent le bâchage du sol du tunnel, le désherbage manuel des abords et l'application autour du tronc de glue arboricole (qui empêche l'ascension des arthropodes : prédateurs et fourmis) avant l'infestation. L'inconvénient majeur du tunnel est qu'il provoque une augmentation de la température par rapport à l'extérieur, ce qui peut réduire les périodes durant lesquelles la température est optimale pour le développement des pucerons. L'impact est majeur sur les températures maximales journalières (**Figure 3**), avec en moyenne sur la durée de l'expérimentation une différence de 7,7 °C, qui induit un risque de mortalité des pucerons. En effet, pour *Myzus persicae*, les températures de confort et létale sont respectivement de 25°C (Hazell et al., 2010) et 42°C (Alford et al., 2012).

¹ Plantes et système de cultures horticoles, INRA, Domaine de St Paul, 84914 Avignon cedex, France
marie-odile.jordan@inra.fr



Figure 1. Dispositif de pommiers en pots sous tunnel insect-proof (photo : INRA).



Figure 2. Araignée consommant un puceron *Myzus persicae* (photo : INRA)

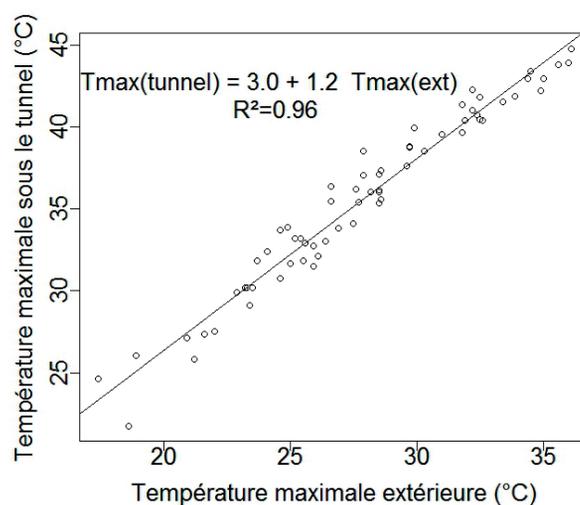


Figure 3. Corrélation entre les températures maximales journalières extérieures et sous le tunnel insect-proof sur la période du 04/05/15 au 07/07/15.

Les plantes

Les plantes sont cultivées en pots (Figure 1) sous le tunnel insect-proof. Quatre modalités de nutrition hydrominérale sont appliquées résultant de la combinaison de deux niveaux d'azote et deux niveaux d'irrigation, chaque pot est équipé d'un goutteur pour l'irrigation et d'un goutteur pour la fertilisation. Les pots sont bâchés afin d'éviter des apports non contrôlés d'eau via les précipitations. Les deux niveaux azotés sont choisis de façon à ce que le niveau N⁺ corresponde à un confort, et le niveau N⁻ à des apports plus faibles sans pour autant provoquer un arrêt de la croissance végétative. Le niveau d'irrigation H⁺ est ajusté pour correspondre aux besoins des plantes en fonction des conditions climatiques, pour cela le drainage est mesuré sur certains pots. Le niveau H⁻ correspond à 50% des apports du niveau H⁺. La répartition des traitements n'est pas totalement randomisée. En effet, les modalités sont arrangées selon des lignes diagonales afin d'éviter l'encombrement du sol en tuyaux. L'inconvénient de la culture en pot est la chute occasionnelle des arbres en cas de fort mistral. Un système de tuteurage, autre que le simple tuteur dans le pot, aurait sans doute pu pallier le problème.

Les traitements phytosanitaires sur les arbres (bouillie bordelaise à l'automne et au débourrement) et aux abords du tunnel sont limités au maximum afin d'éviter toutes interférences avec l'expérimentation.

Les pucerons

Les pucerons sont élevés en laboratoire sur des variétés d'arbres fruitiers sensibles aux pucerons (pêchers GF305 ou pommiers M9 selon l'expérimentation) dans des conditions favorisant la reproduction parthénogénétique (20 °C +/- 1 °C, 60-70 % d'humidité relative et une photopériode de 16 h). L'infestation des plants expérimentaux est réalisée à partir d'un nombre faible d'individus. Afin de ne pas introduire de biais lié à des différences de performance intrinsèque des pucerons, les individus sont tous issus d'une même lignée clonale. De plus, l'infestation est réalisée avec des pucerons adultes d'âge homogène. Pour ce faire, on dépose des adultes durant 48 h sur des plants d'élevage, puis on les retire ; les larves pondues durant ce laps de temps servent à l'infestation une fois adultes.

Modalités d'infestation

La veille de l'infestation, les plants d'élevage sont déposés dans le tunnel afin que les pucerons s'acclimatent aux conditions expérimentales. Les plants sont positionnés sur un plateau avec de l'eau afin d'éviter de disséminer des pucerons sous le tunnel. L'infestation est réalisée le matin : les pucerons sont déposés sur l'apex d'une branche vigoureuse à l'aide d'un pinceau humide ; cinq pucerons sont déposés par branche infestée. L'infestation est une phase critique de l'expérimentation, il faut contrôler la présence des pucerons sur les arbres dans les jours qui suivent et réinfester si nécessaire.

Notations et mesures

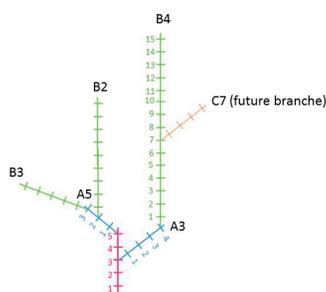
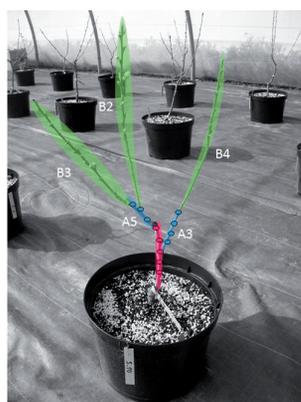


Figure 4. Schéma explicatif de la méthodologie de description de l'architecture des arbres (photo : PSH).



Figure 5. Différents types de structures. a) ébauche ; b) rosette ; c) axe (photos : INRA).



Figure 6. Utilisation de bagues de couleur, positionnées toutes les cinq feuilles, pour faciliter les notations de croissance végétative (photo : INRA).



L'architecture de départ de chaque arbre est décrite de façon à individualiser chaque structure par son ordre de ramification et sa position sur son axe père. Ainsi les structures s'insérant sur l'axe principal du greffon (ou tronc) sont notées A. Elles peuvent, à leur tour, donner naissance à des structures filles notées B, qui elles-mêmes vont porter des structures notées C, etc. Cette lettre, donnant l'ordre de ramification, est complétée par un chiffre, qui correspond au rang de l'unité de croissance de la structure mère sur laquelle s'insère la structure fille. Par exemple, l'axe A3 s'insère sur la troisième unité de croissance décomptée depuis la base du tronc (**Figure 4**). Pendant l'expérimentation, de nouvelles structures feuillées apparaissent sur l'architecture existante. Ces structures correspondent au développement d'un bourgeon axillaire. Elles peuvent être de trois types : (i) ébauche (**Figure 5a**), tant que les feuilles préformées dans le méristème apical ne sont pas totalement étalées, (ii) rosette (**Figure 5b**), lorsque ces feuilles préformées sont étalées, (iii) axe (**Figure 5c**), lorsque le méristème apical est actif. A leur apparition, les différentes structures sont positionnées dans l'architecture selon la méthode précédemment expliquée. Ainsi un axe se développant sur la 7^e unité de croissance de l'axe A3B4 sera noté A3B4C7 (axe hypothétique en orange sur le schéma de la **Figure 4**).

On effectue une notation par semaine en indiquant pour chacune de ces nouvelles structures l'état de développement : ébauche, rosette ou axe (**Figure 5**), le nombre de feuilles, ainsi que la position et le nombre de feuilles des éventuelles ramifications secondaires. Lors des notations, des bagues de couleur sont positionnées toutes les cinq feuilles avec un code couleur (**Figure 6**) afin de faciliter les comptages ultérieurs et éviter les erreurs dues à des chutes de feuilles.

Suite à l'infestation, l'abondance des pucerons est également évaluée de façon hebdomadaire. Les premiers comptages sont exhaustifs, puis lorsque cela n'est plus possible, on passe en notation par classe d'abondance. On attribue à chaque axe une classe d'abondance (**Tableau 1**) selon une échelle établie par Leclant et Remaudière (1970) et adaptée de l'échelle arbre à l'échelle rameau par Grechi et al. (2008).

D'autres mesures hebdomadaires visent à caractériser l'état physiologique des plantes. Des mesures de potentiel hydrique foliaire au midi solaire sont réalisées à l'aide d'une chambre à pression (bombe de Scholander) sur une feuille (dernière feuille étalée d'un axe, soit la feuille étalée la plus proche de l'apex) par arbre. En parallèle, et sur les mêmes arbres, des mesures de photosynthèse sont réalisées à l'aide d'une pince à photosynthèse ADC de type LCA-4.

Enfin, des prélèvements périodiques d'apex et de feuilles non infestés à des fins de dosages biochimiques (carbone et azote totaux, sucres, acides aminés, phénols) sont réalisés en immergeant les organes dans de l'azote liquide immédiatement après leur ablation. Ceci permet de comparer à un instant *t* la composition d'organes de même âge d'arbres différenciés par leur statut trophique et/ou leur degré d'infestation. Toutefois, la faible fréquence des prélèvements ne permet pas d'appréhender la variabilité temporelle de ces données. Ces prélèvements ont un impact minimal sur la dynamique de populations de pucerons. En effet, aucun individu n'est supprimé lors du prélèvement. De plus, la faible quantité de matière prélevée n'a qu'une incidence minime sur le fonctionnement de la plante.

Tableau 1. Classes d'abondance de pucerons par axe

Classe d'abondance	Nombre de pucerons
0	0
1	1 à 5
2	6 à 25
3	26 à 125
4	126 à 625
5	Plus de 625

Exemples de résultats sur pêcher *Myzus persicae*

Ce dispositif permet de suivre de façon dynamique la croissance végétative et les populations de pucerons durant la période d'infestation pour différentes modalités hydrominérales (**Figure 7**).

De plus, il permet de mettre en évidence l'impact de la croissance architecturée sur la sévérité de l'infestation. Ainsi, les rameaux fortement infestés sont significativement plus longs, et à partir de 20 jours après l'infestation sont significativement plus ramifiés que les rameaux faiblement infestés pour les deux dates correspondant au pic d'infestation (**Figure 8**).

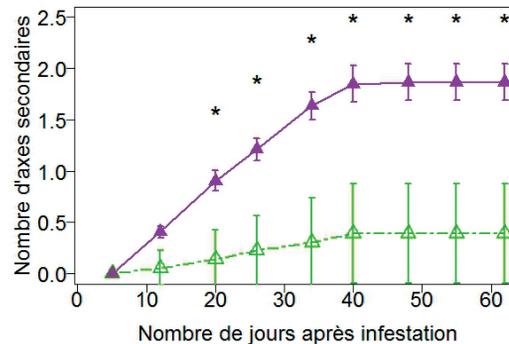
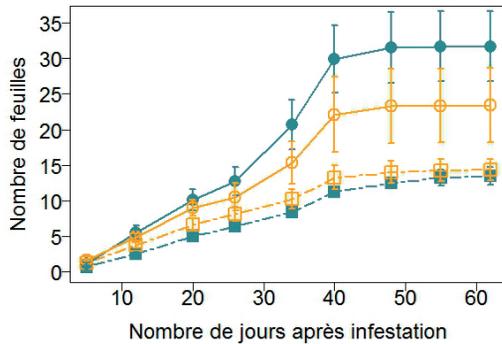
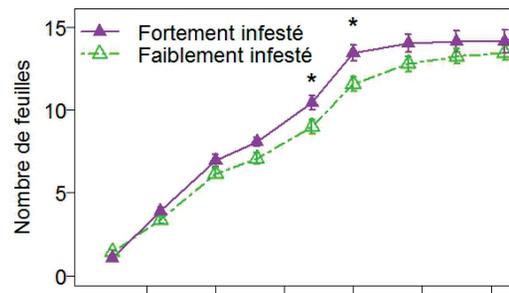
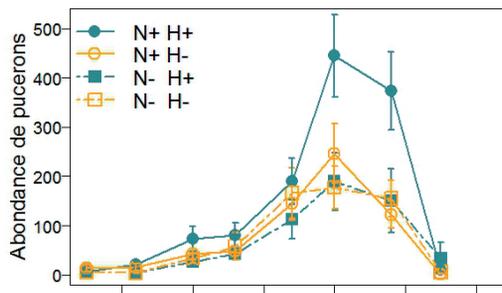


Figure 7. Dynamiques d'abondance de pucerons et de croissance végétative (moyenne \pm erreur standard) en fonction de différentes modalités hydrominérales : N+ / N- niveau d'apport azoté, H+ / H- niveau d'apport hydrique.

Figure 8. Dynamiques de croissance végétative (moyenne \pm erreur standard) en nombre de feuilles de l'axe principal et nombre de ramifications secondaires selon la classe d'abondance de pucerons au moment du pic d'infestation (faiblement infesté < 125 pucerons, fortement > 125 pucerons).

Ce dispositif permet également d'étudier les dynamiques et les patrons de ramifications (**Figure 9**). Ainsi, le développement des bourgeons axillaires est plus important sur les rameaux fortement infestés pour l'ensemble des structures secondaires. La dynamique temporelle est également affectée, avec un développement d'ébauches jusqu'à une période tardive.

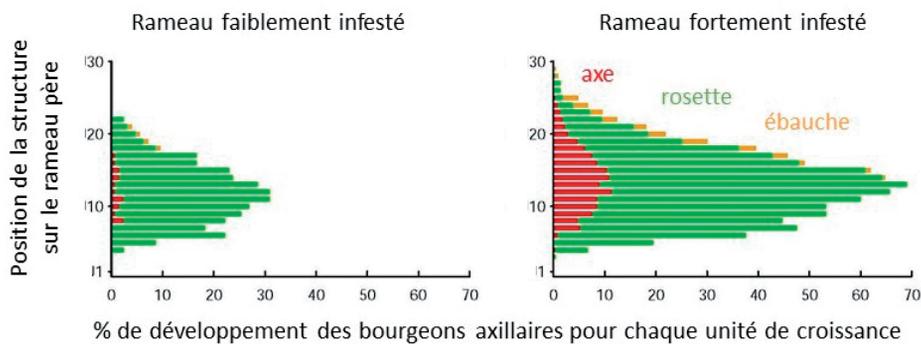


Figure 9. Répartition en pourcentage des différents types de structures axillaires sur les proleptiques classés selon le niveau d'infestation au moment du pic d'abondance.





Conclusion et perspectives

La combinaison de ces deux suivis, sous tunnel insect-proof, est un bon outil pour l'étude des relations plantes-insectes phytophages, en l'absence de troisième niveau trophique. Il a été appliqué avec succès sur deux couples arbre fruitier-puceron : pommier – *Dysaphis plantaginea* et pêcher – *Myzus persicae*. Cette méthode pourrait être déclinée pour d'autres couples arbres-bioagresseurs pour lesquels on souhaite tester une relation entre croissance végétative et dynamique d'infestation. Elle peut également permettre d'étudier la dynamique spatiale d'infestation au sein de l'arbre.

Remerciements

Les auteurs remercient Pierre Rouet, Jean-Philippe Lacroze et Valérie Serra pour leur aide. Ces expérimentations ont reçu le soutien financier du projet APMed - ARIMNET (ANR-12-AGR-0001). La thèse d'A. Rousselin est financée par l'INRA et la région PACA (Provence-Alpes-Côtes d'Azur).

Références bibliographiques

Alford L, Blackburn TM, Bale JS (2012) Effects of acclimation and latitude on the activity thresholds of the aphid *Myzus persicae* in Europe. *J Appl Entomol* **136** : 332-346.

Grechi I, Sauge M-H, Sauphanor B, Hilgert N, Senoussi R, Lescourret F (2008) How does winter pruning affect peach tree *Myzus persicae* interactions? *Entomol Exp Appl* **128** : 369-379.

Hazell SP, Neve BP, Groutides C, Douglas AE, Blackburn TM, Bale JS (2010) Hyperthermic aphids: insights into behaviour and mortality. *J Insect Physiol* **56** : 123-131.

Leclant F, Remaudière G (1970) Eléments pour la prise en considération des aphides dans la lutte intégrée en vergers de pêchers. *Entomophaga* **15** : 53-81.

Médiène S, Pagès L, Jordan MO, Le Bot J, Adamowicz S (2002) Influence of nitrogen availability on shoot development in young peach trees [*Prunus persica* (L.) Batsch]. *Trees* **16** : 547-554.

