

L'utilisation des sucres de commerce pour lutter contre le carpocapse des pommes et des poires (*Cydia pomonella* L.) dans la région de Lambiridi (Wilaya de Batna, Algérie)

Imene Brahim^{1*}, Nadia Lombarkia²

^{1,2} Laboratoire d'Amélioration des Techniques de Protection Phytosanitaire en Agrosystèmes Montagneux (LATPPAM), Département d'Agronomie, ISVSA, Université de Batna 1, Algérie.

* Conférencier et auteur correspondant : brahim_imene@gmx.fr, nlombarkia@gmail.com

Résumé. En Algérie, le carpocapse demeure le ravageur le plus redoutable dans les vergers pomicoles, dont il cause plus de 60% des dégâts. Les fortes infestations obligent le recours à la lutte chimique (6-8 traitements), avec tous ses effets nocifs. Une nouvelle technologie reposant sur l'application foliaire d'infra-doses (1 à 10g/100L) de sucres. Cette étude présente les résultats des essais menés dans la région de Lambiridi et visant à tester l'effet de pulvérisations d'infra-doses des sucres de commerce (saccharose et fructose) à une dose de 100 ppm et 50 ppm, sur pommier (variété Starkrimson) pour limiter les attaques, ainsi que le nombre des larves de carpocapse capturées dans les bandes-pièges placées sur le tronc des arbres (du mois Mai-Octobre 2017). Les traitements ont été appliqués dès la fin de la floraison (27 Avril 2017) jusqu'à la récolte (25 Août 2017), tous les 21 jours, au milieu de la journée (entre 10h00-12h00). Les résultats de cette étude montrent que les sucres testés réduisent les attaques dus au carpocapse vs. le témoin, soit à la récolte ou pour les fruits tombés. Le calcul de l'efficacité des traitements (Abbott) engendre des pourcentages significativement identiques allant jusqu'à $65,48 \pm 19,10$. De même, le nombre moyen de larves capturées dans les bandes-pièges des arbres traités par sucres avec une moyenne allant de $6,00 \pm 0,55$ jusqu'à $08,40 \pm 0,51$ dans les parcelles traitées par le saccharose (100 ppm) et le fructose (50 ppm) respectivement, contre $13,20 \pm 1,16$ pour les arbres de la parcelle témoin.

Mots-clés. *Cydia pomonella* - Pommier - Variété - Saccharose - Fructose - Dégât.

I - Introduction

Le carpocapse (*Cydia pomonella* L.) ou ver de pomme est l'insecte le plus redouté sur pommier et poirier et cause plus de 80 % de perte de production (Brar *et al.*, 2008) et 100% lorsqu'il n'est pas maîtrisé. En Algérie, la protection contre ce ravageur est actuellement assurée par une lutte chimique préventive et intensive. Cet insecte occupe 60 % de l'ensemble des traitements réalisés dans un verger arboricole, le nombre d'applications chimiques peut varier entre 6-8 sans pour autant avoir une bonne maîtrise de l'insecte (Oualid, 2018). Cette stratégie de lutte présente de très nombreux inconvénients comme la destruction de la faune auxiliaire, la sélection de souches résistantes, la pullulation de ravageurs secondaires, la pollution de l'environnement et, éventuellement, la présence de résidus dans les fruits (Vicente *et al.*, 2003). Le recours aux méthodes alternatives à l'utilisation de pesticides homologués, demeure nécessaire. Une nouvelle technologie reposant sur l'application foliaire d'infra-doses de sucres de commerce, on trouve le sucre qui adoucit notre café, le saccharose et le fructose des fruits utilisé dans l'industrie agro-alimentaire. Ces sucres, pulvérisés à faibles doses (1 à 10g/100L) sur les plantes, constituent de véritables signaux entraînant une cascade de réactions de défense de la plante et l'aider à se défendre contre des bio-agresseurs, par une modification physiologique à la surface des feuilles. De plus, certaines molécules contenues dans la plante peuvent traverser la cuticule et à la surface de la plante constituent des signaux perçus par l'insecte par contact, influençant alors son comportement et la sélection de la plante hôte pour pondre (Derridj *et al.*, 2011). Smeekens *et al.* (2010) signalent que le changement de quantités de sucres (glucose, fructose, saccharose, tréhalose) par leur apport

foliaire en micro-doses peut intégrer un signal de résistance systémique acquise à un bio-agresseur et induit des modifications physiologiques et biochimiques à la surface de la plante, ainsi qu'une résistance à des bio-agresseurs. Des applications foliaires de saccharose ou de fructose de laboratoire de l'ordre de 100 ppm ont induit des réactions systémiques de la plante rendant difficile la reconnaissance de l'hôte par le carpocapse (Ferré *et al.*, 2008; Derridj, 2009; Derridj *et al.*, 2011; Arnault *et al.*, 2012; Derridj *et al.*, 2012; Arnault *et al.*, 2017). Les essais conduits au champ indiquent que le fructose et le saccharose achetés dans le commerce (100 ppm) permettent de réduire les dommages causés par le carpocapse de la pomme à la récolte (Ondet et Gorski, 2015; Ondet 2016) avec des effets différents selon les variétés. L'objectif de cette étude vise à tester l'effet de pulvérisations d'infra-doses des sucres de commerce (saccharose et fructose) à une dose de 100 ppm (=100 parties par million=10g pour 100L) et 50ppm pour limiter les attaques du carpocapse des pommes et des poires, ainsi que le nombre des larves de *C. pomonella* capturées dans les bandes-pièges placées sur le tronc des arbres dans un verger de pommier (variété Starkrimson) situé dans la région de Lambiridi (35° 30' 46.0" Nord, 6° 4' 59.0" Est).

II - Matériaux et méthodes

Notre étude est effectuée sur la variété de pommier Starkrimson. Les applications ont été commencées dès la fin de la floraison (27 Avril 2017). Le traitement (= une pulvérisation) a été réalisé entre 10h00-12h00, au pic de photosynthèse, tous les 21 jours, jusqu'à la récolte (25 Août 2017) (Tableau 1). Les changements induits dans la plante par le saccharose et le fructose mettent un certain temps à se mettre en place et ils doivent l'être avant l'arrivée du bio-agresseur, leur efficacité va dépendre de la coïncidence spatiotemporelle entre la nature des effets induits et le bio-agresseur.

Les **Sucres** utilisés dans l'expérimentation sont le saccharose et le fructose acheté du commerce, à la dose de 100 et 50 ppm. L'augmentation des doses au-dessus de 100ppm (10g pour 100L) n'augmente pas les effets d'induction de résistance et même parfois les annule et présente l'inconvénient d'avoir des effets secondaires (prise de nourriture des insectes, croissance et développement de champignons ou bactéries épiphytes...) sur les bio-agresseurs à la surface des plantes (Derridj *et al.*, 2011).

Pour effectuer les différents traitements, trois pulvérisateurs à dos (Matériel Principal : Plastique, Source d'énergie : Pression, Type : Compression à Main, Pression d'utilisation : 0.2 – 0.4 Mpa, Pulvérisation non ruisselante) d'une capacité de 16 litres (pour éviter le risque de contamination du sucre), en essayant de pulvériser l'ensemble de l'arbre. Les essais sont basés sur un plan expérimental en carré latin à 5 répétitions, dont chaque bloc comporte 2 arbres.

Les observations portent sur le dénombrement des fruits attaqués par le carpocapse à la récolte. Les pommes au sol sont estimées d'une manière plus serrée : avant et après 24h du traitement, le 7ème et le 14ème jour du traitement, puis retirés de l'essai. Car elles pourrissent et l'on ne voit plus les dégâts dus au carpocapse (Derridj *et al.*, 1999). L'observation et la confirmation des attaques du carpocapse sur les pommes sont effectués au laboratoire.

En parallèle des bandes-pièges ont été utilisées afin d'évaluer les larves diapausantes en fin de saison. Ces bandes comportent 2 feuilles de cartons ondulés superposées recouvertes d'un grillage de polyéthylène. Les 3 couches sont rendues solidaires par un fil de fer. Le grillage a pour but d'empêcher les oiseaux de se nourrir des larves. Les bandes-pièges sont disposées autour de la base des troncs des 50 arbres, au mois de mai et retirées la fin du mois d'octobre 2017.

La comparaison des pourcentages moyens des fruits attaqués par arbre à la récolte et tombés à terre (24h avant et après le traitement, le 7^{ème} et le 14^{ème} jour de traitement) a été effectuée par une analyse de la variance (ANOVA) suivie par le test de Fisher L.S.D. ($P < 0.05$) à l'aide

du logiciel STATISTICA 6. L'efficacité des traitements est également calculée grâce à la formule d'Abbott (1925) : $\text{Efficacité} = 100 \times ((T_o - T_t) / T_t)$.

Dont : T_o : % total des fruits attaqués dans la parcelle Témoin, et T_t : % total des fruits attaqués dans la parcelle traitée.

Tableau 1. Calendrier des traitements.

Traitements	Dates des traitements	Observations
1 ^{er}	27/04/2017	/
2 ^{ème}	17/05/2017	/
3 ^{ème}	06/06/2017	Non réalisé à cause des pluies et reporté 07/06/2017
4 ^{ème}	27/06/2017	/
5 ^{ème}	17/07/2017	
6 ^{ème}	06/08/2017	/

III - Résultats et discussions

1. Taux d'infestation

Notre stratégie ici vise à pulvériser les sucres de commerce tous les 21 jours, au milieu de la journée, à une dose de 100 et 50 ppm, en présence d'un témoin traité par l'eau. Notre essai montre que :

- ✓ Toutes les modalités testées ont permis de diminuer le nombre de fruits piqués tombés et des fruits piqués récoltés (Figures 1 et 2) par rapport aux témoins.
- ✓ Le dénombrement de fruits attaqués et tombés à terre au niveau des blocs, varie en fonction de chaque modalité. La majorité des blocs traités présentent un taux de pommes tombées différent et inférieur à la modalité témoin et que les résultats ne sont pas significatifs pour les fruits attaqués et tombés (24h avant et après et le 7^{ème} jour du traitement) (Figure 1). À l'exception du 14^{ème} jour de traitement qui enregistre le pourcentage le plus élevé de fruits attaqués et tombés quel que soit la modalité comparant à ceux tombés 24h avant et après le traitement et même au 7^{ème} jour (Figure 1), atteint 52,55% sur témoin. En plus, le traitement par le saccharose (50 ppm) réduit significativement ce pourcentage jusqu'à 22,63%.
- ✓ Aussi, à la récolte le taux de fruits attaqués et tombés est le plus élevé quel que soit la période d'observation (24h avant et après, le 7^{ème} jour et le 14^{ème} jour du traitement) atteint $77,14 \pm 12,66$ à la modalité témoin (Figure 2).

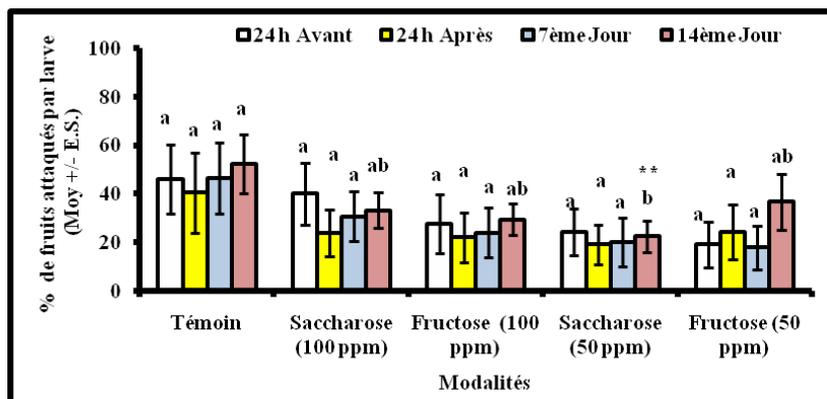


Figure 1. Pourcentage moyen des fruits atteints et tombés au sol. Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (ANOVA, test de Fisher L.S.D., $P < 0.05$). **: $P < 0.01$.

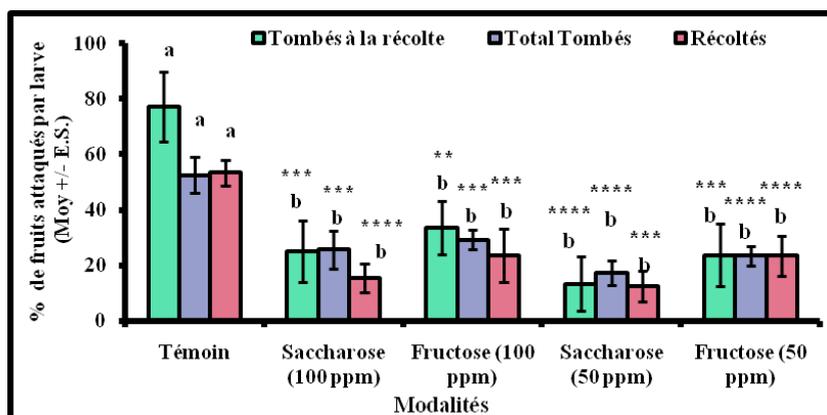


Figure 2. Pourcentage moyen des fruits atteints par arbre. Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (ANOVA, test de Fisher L.S.D., $P < 0.05$). **: $P < 0.01$, ***: $P < 0.001$, ****: $P < 0.0001$.

Dans notre situation de forte pression du carpocapse sur la variété Starkrimson a été enregistrée, le pourcentage de piqûres à la récolte a atteint les 53,39 % sur arbres non traités, contre 52,59 % pour le pourcentage total des fruits atteints et tombés (Figure 2). Les analyses permettent de relever des différences significatives entre le témoin et toutes les modalités testées pour le total des fruits atteints et tombés et ceux tombés à la récolte et même pour les fruits atteints récoltés. Dont le saccharose 100 et 50 ppm montrent les meilleurs résultats $15,55 \pm 5,19$ et $12,52 \pm 5,46$ respectivement relevé sur les fruits récoltés (Figure 2). Ces résultats sont meilleurs à ceux obtenus par Ondet et Gorski (2015), le saccharose et le fructose achetés dans le commerce limitent les dégâts de carpocapse sur la variété Golden et révèle un taux d'infestation qui arrive à 29,3% et 30,1% respectivement, ceci à une situation jugée de forte pression du carpocapse, où le pourcentage d'infestation à la récolte atteint 40% dans les parcelles non traitées.

2. Efficacité Abbott des traitements

Toutes les modalités testées montrent une efficacité que ce soit pour le total des fruits tombés ou récoltés, mais ne présentent pas de différences significatives entre elles (Figures 3 et 4). Dont le saccharose 100 ppm et 50 ppm offrent une efficacité considérable de l'ordre de $57,26\% \pm 16,65$; $65,16\% \pm 18,36$ et $42,35\% \pm 16,16$; $53,26\% \pm 15,88$ respectivement par rapport au témoin non traité pour les fruits récoltés et même au total tombé par ordre (Figure 4). Notons que l'efficacité élevée du saccharose par rapport aux autres sucres, peut être due au fait qu'il s'hydrolyse en fructose et glucose pour agir par les 3 formes de sucre (Derridj, 2013). Selon Ondet et Gorski (2015), la pulvérisation du saccharose et le fructose, achetés dans le commerce très tôt le matin, offrent une efficacité égale à $27,83\%$ et $25,86\%$ par ordre sur la variété Golden. Dont nous supposons que cette différence d'action des deux sucres peut être due à la perméabilité de l'espèce végétale (pommier, variété Starkrimson), à l'heure d'application et le climat (particulièrement la température). Ceci est confirmé par les travaux réalisés par Derridj *et al.* (1996), qui mentionnent que les propriétés de perméabilité des cuticules foliaires ont un rôle important dans le passage des sucres. Où l'adsorption des sucres à la surface de la cuticule dépend principalement de leur lipophilicité qui est généralement décrite par le coefficient de partage octanol/eau (Wang et Liu, 2007). Et qui peut varier selon l'espèce végétale, l'organe et l'âge de la plante. Selon Scalla (1991), le processus de pénétration foliaire est plus important sur une feuille jeune que sur une feuille âgée. Ceci est lié au fait que les jeunes feuilles sont très mouillables et sont dépourvues de cires épicuticulaires, d'une part. D'autre part, la pénétration foliaire ne dépend pas de l'épaisseur de la cuticule. Par ailleurs, les trichomes confèrent une rugosité à la cuticule et jouent un rôle important dans la mouillabilité des surfaces foliaires, affectant en conséquence la pénétration foliaire des sucres (Xu *et al.*, 2011).

Leur pénétration dépend aussi des caractères biotiques liés à la plante et aux microorganismes épiphytes associés, ainsi qu'à des caractères abiotiques comme l'hygrométrie ou la température (Derridj, 2009). Principalement cette dernière qui favorise plus particulièrement la diffusion des sucres (Scalla, 1991). De même que l'influence de la variété et l'âge de verger (Kosina, 2008, Treder, 2010). De cet effet l'utilisation des sucres en tant que substances de base à faible risque, de substances peu préoccupantes ou alimentaires en vertu de l'article 23 du règlement CE n°1107/2009 (DG Santé). En effet, ces substances montrent leur efficacité ce qui permet d'approuver le saccharose au 22 août 2014 (règlement d'exécution CE n°916/2014) et le fructose au 13 août 2015 (règlement d'exécution UE n°1392/2015) (Arnault, 2015; Arnault *et al.*, 2015; Arnault *et al.*, 2016; Marchand, 2016).

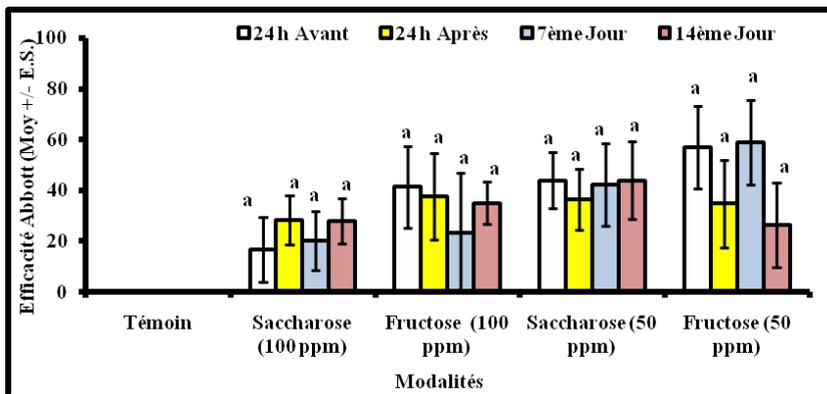


Figure 3. Efficacités des traitements Abbot pour les fruits tombés par arbre. Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (ANOVA, test de Fisher L.S.D., $P < 0.05$).

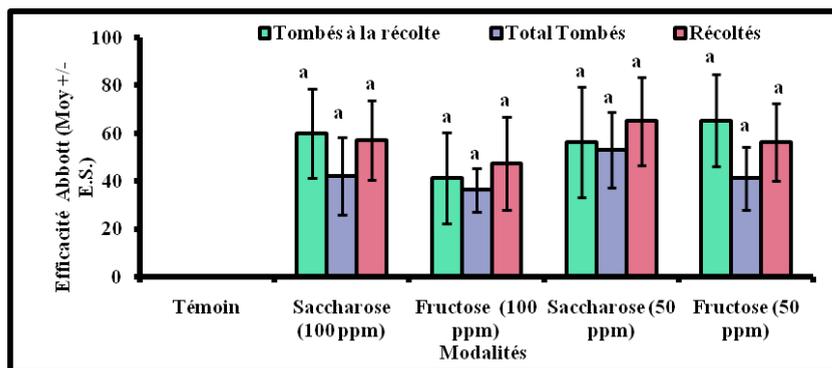


Figure 4. Efficacités des traitements Abbot pour les fruits tombés à la récolte, total des fruits tombés et fruits récoltés par arbre. Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (ANOVA, test de Fisher L.S.D., $P < 0.05$).

3. Nombre des larves diapauses

Le nombre de larves diapauses est élevé dans les blocs témoins ($13,20 \pm 1,16$), alors que le nombre de larves diapauses capturées dans les bandes-pièges dans les blocs pulvérisés au sucre, et quel que soit le sucre utilisé et la dose, ce nombre est diminué et révèle une différence hautement significative entre les modalités. Notons que le saccharose 100 ppm offre le meilleur résultat ($6,00 \pm 0,55$) ; de même que pour le taux d'infestation. Ce qui nous laisse présager une faible population d'adultes de la génération suivante et permet d'adapter la stratégie de protection pour l'année suivante moins coûteuse. Quel que soit l'origine de sucre utilisé de laboratoire ou de commerce, montre une diminution du nombre de larves séquestrées et logées par bandage des troncs d'arbre au moyen de carton ondulé selon les travaux réalisés (Brahim *et al.*, 2014 ; Meradi, 2015 ; Nasri, 2015 ; Arnault *et al.*, 2016).

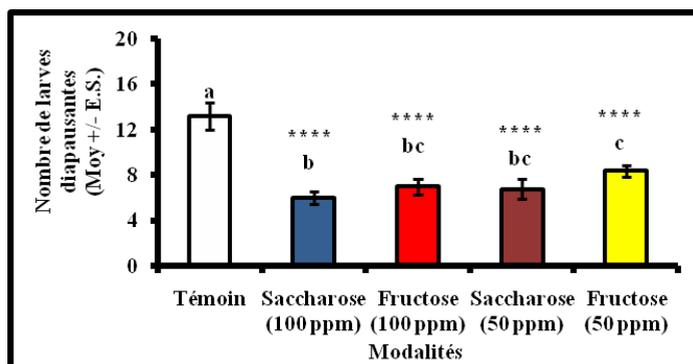


Figure 5. Nombre moyen de larves diapauses capturées dans les bandes-pièges. Les valeurs suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes (ANOVA, test de Fisher L.S.D., $P < 0.05$). ****: $P < 0.0001$.

IV - Conclusions

Sur la variété Starkrimson et en forte pression du carpocapse, le saccharose et le fructose (à 100 et 50 ppm), achetés en Commerce, appliqués seuls, au milieu de la journée (pic de photosynthèse), permettent de limiter les dégâts de façon relativement satisfaisante, dont le saccharose offre les meilleurs résultats.

Notons que ces sucres et à ces doses ne provoquent aucune prolifération de micro-organismes et l'absence d'actions sur les abeilles. En plus, les modifications induites ne semblent pas avoir d'incidence sur les teneurs en sucres des feuilles et des fruits (pommes). Ajoutant la facilité d'accès et le faible coût, les sucres ouvrent une voie pour une utilisation large pour combattre le ravageur le plus redoutable des vergers de pomme et de poire dans le monde. En tant d'une stratégie potentielle de biocontrôle avec ces substances de base semblent prometteuses, visant la stimulation gratuite de l'immunité des plantes.

References

- Abbott W.S., 1925.** A method of computing effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18: 265-267. [doi: 10.1093/jee/18.2.265a](https://doi.org/10.1093/jee/18.2.265a)
- Arnault I., 2015.** Utilisation de micro-doses de sucres en protection des plantes - Projet Usage. *Colloque recherche, 14 et 15 Octobre 2015*, CETU Innophyt, Université de Tours, France.
- Arnault I., Bardin M., Ondet et al., 2015.** Utilisation de micro-doses de sucres en protection des plantes. *Innovations Agronomiques*, 46: 1-10.
- Arnault I., Chovelon M., Derridj D., 2012.** Preliminary tests in field conditions of alternatives substances against grape downy mildew in organic farming. In: *Working Group Biological control of fungal and bacterial plant pathogens. Biocontrol of plant pathogens in sustainable agriculture*, Reims, France, 24- 27 juin 2012.
- Arnault I., Lombarkia N., Joy-Ondet S., Romet L., Brahim I., Meradi R., Nasri A., Auger J., Derridj S., 2016.** Foliar application of microdoses of sucrose to reduce codlingmoth *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) damage to apple trees. *Pest Management Science*, 72(10): 1901-1909. [doi: 10.1002/ps.4228](https://doi.org/10.1002/ps.4228)
- Arnault I., Zimmermann M., Furet A. et al., 2017.** Fructose and sucrose as priming molecules against pathogens and pests? In: *Abstract book of IOBC-WPRS general assembly Meeting of the WGs Integrated protection in viticulture, Induced resistance in plants against insects and diseases and Multitrophic interactions in soil. Riva del Garda, Italy, 15-20 October 2017.*
- Brahim I., Lombarkia N., Zingg D., 2014.** Application du Madex® (virus de la granulose) et du saccharose dans la lutte contre le carpocapse des pommes et des poires (*Cydia pomonella* L.) dans la région de Batna (Algérie). In: *8ème Conférence internationale Francophone d'Entomologie, Hammamet, Tunisie, 23-27 Juin 2014.*
- Brar S.K., Verma M., Tyagi R., Valéro J.R., Surampalli R.Y., 2008.** Wastewater sludges as novel growth substrates for rearing codling moth larvae. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24(12): 2849-2857. [doi: 10.1007/s11274-008-9818-z](https://doi.org/10.1007/s11274-008-9818-z)
- Derridj S., 2009.** L'induction de la résistance à des phyto-agresseurs par des infra dose des sucres : une nouvelle technologie. *Journées fruits et légumes*. Paris: ITAB, pp. 9-14.
- Derridj S., 2013.** L'induction de résistances de la plante a des phyto-agresseurs par des infra doses de sucres: une nouvelle technologie. *Journées fruits et légumes*. Paris: ITAB.
- Derridj S., Arnault I., Lombarkia N. et al., 2011.** Les sucres solubles utilisés comme inducteurs de résistance de la plante aux bio-agresseurs. *AFPP – Quatrième conférence internationale sur les méthodes alternatives en protection des cultures Lille: 8-10 Mars 2011, France*, pp. 382-387.
- Derridj S., Boutin J.-P., Fiala V., Solaat L.L., 1996.** Composition en métabolites primaires de la surface foliaire du poireau: étude comparative, incidence sur la sélection de la plante hôte pour pondre par un insecte. *Acta Botanica Gallica*, 143(2-3): 125-130. [doi: 10.1080/12538078.1996.10515331](https://doi.org/10.1080/12538078.1996.10515331)
- Derridj S., Cabanat I., Cochet E. et al., 1999.** Incidence des métabolites présents à la surface des organes du pommier sur le comportement de *Cydia pomonella* (Lepidoptera, Tortricidae). *A.N.P.P. 5ème conférence internationale sur les ravageurs en agriculture. Montpellier, 7-9 décembre*, pp. 279-286.

- Derridj S., Lombarkia N., Clément G. et al., 2009.** *Malus domestica* L. and *Cydia pomonella* (Lepidoptera, Tortricidae) relationships and sugar signaling. In: *Proceedings of the 25th International Society of Chemical Ecology, Neuchatel, Switzerland.*
- Derridj S., Lombarkia N., Garrec J.P. et al., 2012.** Sugars on leaf surfaces used as signals by the insect and the plant: implications in orchard protection against *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera, Tortricidae). In: Cauteruccio L. (ed.). *Moths: types, ecological significance and control.* Nova science Publishers, pp. 1-38.
- Kosina J., 2008.** Response of two apple cultivars to chemical fruit thinning. *Acta Horticulturae*, 774: 389-394. [doi: 10.17660/ActaHortic.2008.774.37](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.774.37)
- Marchand P.A., 2016.** Basic substances under EC 1107/2009 phytochemical regulation: experience with non-biocide and food products as biorationals. *Journal of Plant Protection Research*, 56(3): 271-277. [doi: 10.1515/jppr-2016-0041](https://doi.org/10.1515/jppr-2016-0041)
- Meradi R., 2015.** *Utilisation des sucres et de virus de la granulose dans la protection des pommiers contre le carpocapse (Cydia pomonella L.) (Lepidoptera, Tortricidae) dans la région de Lambirdi (Wilaya de Batna).* Thèse de Magister. Institut d'Agronomie, Université de Batna.
- Nasri A., 2015.** *Utilisation des sucres et virus de la granulose pour la lutte contre le carpocapse (Cydia pomonella L.) (Lepidoptera, Tortricidae) en verger de pommier situé dans la région d'Ain-touta (Wilaya de Batna).* Thèse de Magister. Institut d'Agronomie. Université de Batna.
- Ondet S-J. and Gorski C., 2015.** Stratégie de maîtrise du carpocapse du pommier par infra doses de sucre. *Arboriculture*, fiche 17.2011.04 AB.
- Ondet S-J., 2016.** *Des infradoses de sucre sur pommiers pour limiter les dégâts de carpocapse (Cydia pomonella L.).* GRAB.
- Oualid F., 2018.** Monitoring du carpocapse des pommes et diffusion des alertes pas SMS. In : *Proceeding des résumés de Séminaire national Smart farming: Un challenge à l'agriculture algérienne, Batna, Algérie, 24 au 25 Avril 2018.*
- Scalla R., 1991.** *Les herbicides, mode d'action et principe d'utilisation.* Paris: Inra.
- Smeekens S., Ma J., Hanson J., Rolland F., 2010.** Sugar signals and molecular networks controlling plant growth. *Current Opinion in Plant Biology*, 13(3): 273-278. [doi: 10.1016/j.pbi.2009.12.002](https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.12.002)
- Treder W., 2010.** Crop loading studies with 'Jonagold' apple tree. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 18(1): 59-69.
- Vicente C., Boutaleb Joutei A., Lebrun Ph., 2003.** Quelles stratégies de lutte contre les acariens ravageurs du pommier au Maroc? *Parasitica*, 59(1-2): 25-41.
- Wang C.J., Liu Z.Q., 2007.** Foliar uptake of pesticides. Present status and future challenge. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 87(1): 1-8. [doi: 10.1016/j.pestbp.2006.04.004](https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2006.04.004)
- Xu L., Zhu H., Ozkan H.E., Bagley W.E., Krause C.R., 2011.** Droplet evaporation and spread on waxy and hairy leaves associated with type and concentration of adjuvants. *Pest Management Science*, 67(7): 842-851. [doi: 10.1002/ps.2122](https://doi.org/10.1002/ps.2122)