

La kaolinite pour une protection intégrée contre le psylle du poirier, *Cacopsylla pyri* (L.) (Hemiptera, Psyllidae), en Tunisie

Ramzi MANSOUR, Synda Boulahia KHEDER*, Fraj JRAD, Mouldi FEZZANI

Institut National Agronomique de Tunisie, Laboratoire d'Entomologie-Écologie, 43, Avenue Charles Nicolle, Cité Mahrajène, 1082 Tunis, Tunisie
ramzi_mns@yahoo.fr,
synda_bk@yahoo.com

Kaolinite for an integrated protection against the pear tree psylla, *Cacopsylla pyri* (L.) (Hemiptera, Psyllidae), in Tunisia.

Abstract — Introduction. In several countries, the psylla *Cacopsylla pyri* (Hemiptera, Psyllidae) is considered the major pest of the pear tree. In order to preserve the natural enemies of this pest, control of *C. pyri* currently passes by the use of active ingredients suited to preserving the insect auxiliaries, even preventive substances, including kaolinite. For the first time in Tunisia, we tested the effectiveness of this product in winter treatment, in comparison with traditionally used mineral oil. **Materials and methods.** To determine the appropriate period for a treatment against *C. pyri*, winterform adults present in a Williams pear tree orchard were sampled by the branch beating technique. The collected females were dissected to determine their ovary developmental stage. These observations made it possible to start, at the appropriate period, a winter application with kaolinite, whose results were compared with those obtained with a mineral oil treatment. The impact of these two treatments on the egg-laying of the winterform females and on the larvae was studied; the pear tree phenology was also evaluated by several controls. **Results.** The winter applications of kaolinite avoided the egg-laying of the psylla females on pear trees. Consequently, this product significantly reduced the larval populations of *C. pyri* until the petal fall stage. Besides, kaolinite did not have an impact on the flowering progress. **Conclusion.** In Tunisia, kaolinite appeared very effective in the prevention of egg-laying of the *C. pyri* winterform females; it could thus be inserted into an integrated management program against this pest.

Tunisia / *Pyrus communis* / *Cacopsylla pyri* / integrated pest management / animal developmental stages / oviposition / kaolinite / mineral oils

La kaolinite pour une protection intégrée contre le psylle du poirier, *Cacopsylla pyri* (L.) (Hemiptera, Psyllidae), en Tunisie.

Résumé — Introduction. Dans plusieurs pays, le psylle *Cacopsylla pyri* (Hemiptera, Psyllidae) est considéré comme le ravageur majeur du poirier. Afin de préserver les ennemis naturels de ce ravageur, la lutte contre *C. pyri* passe actuellement par l'utilisation de matières actives aptes à préserver les auxiliaires de l'insecte, voire de substances préventives, dont la kaolinite. Pour la première fois en Tunisie, nous avons testé l'efficacité de ce produit en traitement d'hiver, en comparaison avec l'huile minérale traditionnellement utilisée. **Matériel et méthodes.** Pour déterminer le moment opportun d'un traitement contre *C. pyri*, les adultes présents en hiver dans un verger de poiriers 'Williams' ont été échantillonnés par frappage des branches. Les femelles récoltées ont été disséquées pour déterminer le stade de développement de leurs ovaires. Ces observations ont permis de déclencher, au moment opportun, une application hivernale à base de kaolinite, dont les résultats ont été comparés à ceux obtenus par un traitement à l'huile minérale. L'impact de ces deux traitements sur la ponte des femelles d'hiver et les larves qui en ont été issues a été étudié ; conjointement, la phénologie du poirier a été évaluée par plusieurs contrôles. **Résultats.** Les applications hivernales de kaolinite ont évité la ponte des femelles de psylle sur poirier. En conséquence, ce produit a réduit significativement les populations larvaires de *C. pyri* jusqu'au stade de chute des pétales. En outre, la kaolinite n'a pas eu d'impact sur le déroulement de la floraison. **Conclusion.** En Tunisie, la kaolinite s'est révélée très performante dans la prévention des pontes des femelles hivernantes de *C. pyri* ; elle pourrait donc être insérée dans un programme de lutte intégrée contre ce ravageur.

Tunisie / *Pyrus communis* / *Cacopsylla pyri* / gestion intégrée des ravageurs / stade de développement animal / ponte / kaolinite / huile minérale

* Correspondance et tirés à part

Reçu le 19 novembre 2006
Accepté le 25 janvier 2007

Fruits, 2007, vol. 62, p. 255–263
© 2007 Cirad/EDP Sciences
All rights reserved
DOI: 10.1051/fruits:2007021
www.fruits-journal.org

RESUMEN ESPAÑOL, p. 263

1. Introduction

En Tunisie et dans plusieurs pays du monde, en particulier ceux du Bassin méditerranéen, les vergers de poiriers sont sujets aux attaques de plusieurs insectes. Parmi eux, celui qui occasionne les dégâts les plus significatifs d'un point de vue économique est le psylle du poirier *Cacopsylla pyri* (Hemiptera, Psyllidae) [1, 2].

C. pyri, psylle suceur de sève, sécrète un abondant miellat sur lequel se développe un champignon, la fumagine, qui recouvre feuilles, rameaux et fruits. Il s'ensuit un affaiblissement de la plante-hôte qui se traduit par la défoliation précoce des rameaux, la chute des fruits et, à terme, le dépérissement de l'arbre.

La lutte chimique entreprise pour lutter contre ce psylle a entraîné la destruction de ses ennemis naturels [3, 4] et l'apparition d'une résistance à plusieurs insecticides [5–7]. Face à un tel constat, la recherche de nouvelles stratégies de protection privilégiant le concept de lutte intégrée est devenue un impératif [8–10].

Dans ce contexte, nous nous sommes intéressés à l'utilisation de nouvelles matières actives, dont la kaolinite, qui auraient peu d'effets secondaires sur la faune utile. La kaolinite utilisée avec succès, en traitement d'hiver, aux États-Unis [11], en France, en Italie et en Belgique [12], a donc été expérimentée en verger de poiriers en Tunisie. Son effet sur *C. pyri* a été comparé à celui de l'huile minérale utilisée classiquement pour lutter contre ce ravageur.

2. Matériel et méthodes

2.1. Parcelle d'étude

Notre expérimentation a été effectuée dans un verger de poiriers de la variété Williams située dans la région de Sidi Fraj (Mhamdia), à 20 km de Tunis. L'étude a porté sur 150 pieds âgés de 12 ans, répartis sur trois lignes à une distance de plantation de 4 m × 2 m et irrigués par un système de goutte-à-goutte.

Durant toute l'expérimentation, de janvier à avril 2006, les arbres n'ont reçu aucun traitement insecticide.

2.2. Évolution des populations hivernales de *C. pyri*

Une collecte des adultes présents en hiver sur les arbres de la parcelle d'étude a été effectuée du 16 janvier au 06 avril 2006 à partir de la récupération d'insectes par un frappage des branches sur une toile blanche de 0,5 m × 0,5 m selon le procédé de Burts et Retan [13].

Chaque contrôle a permis d'échantillonner 45 à 50 arbres, à raison d'une branche frappée par arbre, et d'effectuer une collecte minimale de 40 adultes de psylles.

À partir de chacun de ces prélèvements, vingt à trente femelles vivantes de psylles ont été apportées au laboratoire où elles ont été disséquées afin d'évaluer la maturation de leurs ovocytes et le taux d'œufs fécondés. Le stade atteint par les ovaires de chaque femelle a également été noté en s'appuyant sur l'échelle à six stades décrite par Bonne-maison et Missonnier [14]. Le stade dont le pourcentage était le plus élevé a été considéré comme dominant.

Lorsque la maturation des ovocytes observés chez les femelles échantillonnées s'est révélée relativement avancée (vers le 8 février 2006), des rameaux de poiriers de différents âges ont été prélevés au hasard, à raison de 3 rameaux par arbre, afin de déceler les premières pontes des femelles hivernantes.

Parallèlement au suivi de la ponte, le stade phénologique atteint par les poiriers a été noté à chaque contrôle en se basant sur l'examen de 100 bourgeons floraux et en se référant à la classification de Fleckinger [15].

2.3. Traitements d'hiver contre *C. pyri*

Les traitements d'hiver ont été déclenchés le 16 février 2006 alors que les poiriers avaient atteint le stade phénologique A-B (début de gonflement des bourgeons). En effet, lors du contrôle du 13 février, environ un tiers des femelles de psylles échantillonnées avaient des ovocytes ayant atteint au moins le stade 4 de développement (premier œuf mûr) et plus de la moitié d'entre elles étaient déjà fécondées.

Tableau I.

Traitements appliqués dans un verger expérimental de poiriers afin de protéger les arbres d'une attaque par le psylle *Cacopsylla pyri* (A : bourgeon dormant, B : début de gonflement, C : gonflement du bourgeon) (Tunisie, hiver 2006). Traitements témoins : pas d'application de produits.

N° traitement	Date (2006)	Stade phénologique	Traitement	
			Kaolinite (5 kg·hL ⁻¹)	Huile minérale (1,5 L·hL ⁻¹)
1	16 février	A-B	oui	oui
2	1 ^{er} mars	B-C	oui	non
3	14 mars	B-C	oui	Non

La parcelle expérimentale a été divisée en trois blocs comportant chacun 48 poiriers de la variété Williams, donnant lieu à trois répétitions de chacun des traitements. Chacun de ces blocs a été divisé en trois sous-parcelles élémentaires correspondant aux différents traitements appliqués (*tableau I*) :

– Traitement à la kaolinite (Surround WP, Engelhard Technologies GmbH, Allemagne) : le Surround WP est une poudre mouillable contenant 95 % de kaolin dont l'utilisation à titre préventif a pour objectif la création d'une barrière mécanique sur le végétal. Cette barrière empêche la ponte des femelles hivernantes de *C. pyri* [12]. Afin de préserver l'uniformité de la barrière minérale créée par la kaolinite durant toute la période de risque, le produit a été appliqué trois fois à la dose de 5 kg·hL⁻¹ : une première fois le 16 février compte tenu de l'état de maturation des femelles de psylle, puis les 1^{er} mars et 14 mars suite à d'importantes chutes de pluies. Le produit a été appliqué au moyen de deux pulvérisateurs à jet portés, ayant chacun une capacité de 18 L, en prenant soin à ce que la kaolinite soit répartie de manière homogène sur l'ensemble du végétal (*figure 1*) ; cela a nécessité environ 1,5 L de bouillie par arbre, soit environ 1800 L de bouillie·ha⁻¹.

– Traitement à l'huile minérale (Sunspray, Sun Oil Company, Belgique) : Sunspray est une huile de paraffine de concentration 99 % et d'indice de sulfonation supérieur à 92 %. Elle a été considérée comme référence et a été appliquée à la dose de 1,5 L·hL⁻¹.

– Traitement témoin : pas d'application de produit.

L'impact de la kaolinite sur les populations de *C. pyri* par rapport à l'utilisation de l'huile minérale a été évalué en contrôlant :

– d'une part les pontes hivernales sur rameaux, à raison de l'observation, le 23 mars, de 50 rameaux, par traitement et par bloc, aux stades C-C3 (début d'éclatement des bourgeons), puis, le 30 mars, au stade D-D3 (stade débourrement),

– d'autre part le niveau de présence des larves sur les bouquets floraux, à raison de l'observation de 50 bouquets, par traitement et par bloc, aux stades F-F2 (floraison) puis G-H (chute des pétales).

**Figure 1.**

Aspect des rameaux de poirier après application préventive de kaolinite contre les attaques de *Cacopsylla pyri*.

L'efficacité des produits utilisés a été calculée en appliquant la formule d'Abott, selon laquelle [efficacité exprimée en % = $(T_0 - T_t / T_0) \times 100$], où T_0 est le nombre d'insectes (larves ou œufs) vivant(e)s dans la parcelle témoin et T_t est le nombre d'insectes (larves ou œufs) vivant(e)s dans la parcelle traitée.

Pour normaliser la distribution des données et stabiliser la variance, les résultats obtenus concernant les densités d'œufs ou de larves vivant(e)s ont subi une transformation arcsinus de la racine carrée des fréquences, elle-même divisée par 100. Elles ont été ensuite soumises à une analyse de variance, puis à un test LSD à $\alpha = 0,05$ afin de comparer les moyennes des traitements entre elles. Pour ces analyses, le programme statistique SAS a été utilisé avec la procédure ANOVA.

L'effet de la kaolinite sur l'état phénologique du poirier, plus précisément sur le stade de floraison, a été évalué en comparant, à une date donnée, le stade atteint par les arbres traités et par ceux utilisés comme témoins.

3. Résultats et discussion

3.1. Biologie des populations hivernales de *C. pyri*

3.1.1. Évolution du niveau d'infestation

Le suivi de la population imaginaire de *C. pyri* effectué par frappage a permis d'éva-

luer la densité d'adultes par arbre et le sex-ratio durant la période allant de janvier à avril 2006.

Lors de la première quinzaine de janvier, l'effectif des insectes, de 9,75 adultes pour 10 arbres échantillonnés par frappage des branches, a été important. Trois semaines plus tard, leur nombre a commencé à diminuer progressivement jusqu'à la fin du mois de mars où la population a disparu (*figure 2*). Toutefois, vers la mi-février une légère augmentation des effectifs a pu être notée ; elle pourrait correspondre à des émergences tardives et/ou à des apports extérieurs dûs au retour de quelques psylles dans le verger expérimental. Des observations similaires avaient également été effectuées par Boulahia Kheder et Jerraya [2].

Parallèlement à la diminution du nombre d'adultes hivernants, le sex-ratio de la population a également baissé passant de 1,31 le 13 février à 0,78 le 1^{er} mars, ce qui attesterait du vieillissement de la population hivernale de psylles (*figure 2*). Ces observations rejoignent celles de Boulahia Kheder et Jerraya [2] et Lyoussoufi *et al.* [16] selon lesquels cette baisse du sex-ratio serait principalement expliquée par une moindre longévité des mâles.

3.1.2. Évolution de la maturation ovocytaire

Au cours de l'hiver, les femelles de psylle passent obligatoirement par une diapause ovocytaire [14].

Environ la moitié (46 %) des femelles collectées à la mi-janvier ont présenté, après dissection, des ovocytes au stade 0 ou « mûre blanche », alors que 42 % d'entre elles étaient au stade 1 (« baguette blanche »), le stade 2, « baguette jaune », étant à son début (*tableau II*). À cette période, le taux de femelles fécondées était nul. Trois semaines plus tard, le 8 février, le stade 3 ou « migration du mycétome » est devenu majoritaire car présent chez environ 52 % des femelles observées, ce qui atteste d'une maturation sexuelle bien avancée. À cette même période, le stade 4 ou « premier œuf mûr » affectait environ 4 % des femelles et le taux de femelles fécondées touchait 11 % des femelles disséquées (*tableau II*).

Figure 2. Évolution de l'effectif et du sex-ratio des populations hivernales du psylle du poirier, *Cacopsylla pyri* (Tunisie, de janvier à avril 2006).

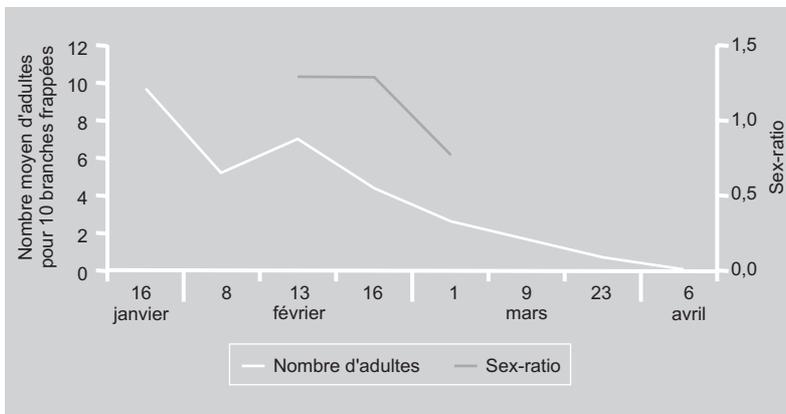


Tableau II.

Évolution du développement ovarien et du taux de fécondation des femelles hivernantes de *Cacopsylla pyri* (Tunisie).

Date (2006)	Total des femelles disséquées	Stades de développement des ovaires												Femelles fécondées		
		0 : mûre blanche		1 : baguette blanche		2 : baguette jaune		3 : migration du mycétone		4 : premier œuf mûr		5 : œufs complètement mûrs		(n)	(%)	
		(n)	(%)	(n)	(%)	(n)	(%)	(n)	(%)	(n)	(%)	(n)	(%)			
16 janvier	26	12	46,15	11	42,30	3	11,53	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08 février	27	0	0	2	7,40	10	37,03	14	51,58	1	3,70	0	0	3	11,11	
13 février	22	0	0	1	4,54	8	36,36	6	27,27	7	31,81	0	0	12	54,54	
16 février	26	0	0	0	0	12	46,15	6	23,07	8	30,76	0	0	10	38,46	
1 ^{er} mars	23	0	0	0	0	1	4,30	3	13,00	15	65,20	4	17,40	21	91,30	

Tableau III.

Premières pontes des femelles hivernantes de *Cacopsylla pyri* sur poiriers en Tunisie (A : bourgeon dormant, B : début de gonflement, C : gonflement du bourgeon).

Date (2006)	Longueur des rameaux examinés (cm)	Stade phénologique	Nombre d'œufs observés	Densité d'œufs pour 100 cm de rameau
08 février	1203	A-B	0	0
13 février	2479	A-B	0	0
16 février	2819	A-B	0	0
1 ^{er} mars	2207	B-C	2	0,09
09 mars	2764	B-C	1	0,04

Vers la mi-février, près du tiers des femelles avait atteint le stade 4 (« premier œuf mûr ») et plus de la moitié étaient déjà fécondées, ce qui témoigne d'une progression rapide (5 jours entre le 8 et le 13 février) de l'état physiologique des femelles (tableau II). La maturité générale a été atteinte très probablement entre la deuxième et la troisième semaine de février puisque, au 1^{er} mars, près de 20 % des femelles présentaient des ovaires au stade 5, ou « œufs complètement mûrs », et que plus de 90 % d'entre elles étaient fécondées, donc prêtes à une ponte imminente.

3.1.3. Dépôt des premières pontes

Le prélèvement, suivi d'observations, de rameaux de poirier effectué à partir du 8 février 2006 n'a pas permis de détecter de pontes des femelles hivernantes de *C. pyri* avant le 1^{er} mars (tableau III) ; cela est

cohérent avec l'absence de femelles matures à cette période, ce que nous avons pu noter précédemment. Le stade végétatif dominant lors de la ponte était le stade phénologique B-C correspondant au début gonflement des bourgeons.

3.2. Impact de la kaolinite sur *C. pyri*

L'impact de la kaolinite sur la population de *C. pyri* a été évalué en contrôlant d'abord la ponte hivernale en période préflorale, puis la présence de larves en période post-florale sur les poiriers témoins et traités.

3.2.1. Contrôle de la ponte

L'analyse de variance réalisée à partir de la mesure de la densité d'œufs vivants pour 100 cm de bois, effectuée le 23 mars, a indiqué qu'il n'y avait pas de différences significatives ($P > 0,05$) entre les traitements quant à ce caractère (tableau IV).

Tableau IV.

Efficacité du traitement de poiriers à la kaolinite et à l'huile minérale sur la ponte hivernale de *Cacopsylla pyri*, mesurée par la densité moyenne d'œufs vivants pour 100 cm de bois (Tunisie, 2006).

Traitement	23 mars	30 mars
Témoin	4,60 a	1,73 a
Kaolinite	0 b	0 b
Huile minérale	3,87 ab	1,27 a
Probabilité	0,080	0,019
Coefficient de variation	66,795	43,018

Les densités moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

Tableau V.

Efficacité comparée de la kaolinite et de l'huile minérale, utilisées en périodes pré- et post-florales de rameaux de poiriers pour lutter contre *Cacopsylla pyri*: [efficacité exprimée en % = $(T_0 - T_t / T_0) \times 100$], où T_0 est le nombre de larves ou œufs vivants trouvés sur les rameaux témoin et T_t est le nombre de larves ou œufs vivants trouvés sur les rameaux traités (Tunisie 2006).

Traitement	Période préflorale		Période post-florale	
	23 mars	30 mars	6 avril	13 avril
Kaolinite	100,00	100,00	100,00	89,96
Huile minérale	15,91	26,73	41,00	11,59

Tableau VI.

Efficacité du traitement de poiriers à la kaolinite et à l'huile minérale sur la densité moyenne de larves vivantes de *Cacopsylla pyri* par bouquet floral (F : première fleur ouverte, F2 : pleine floraison, G : début de la chute des pétales, H : chute complète des pétales) (Tunisie, 2006).

Traitement	Stade F-F2 (6 avril)	Stade G-H (13 avril)
Témoin	0,66 a	1,06 a
Kaolinite	0 b	0,1 b
Huile minérale	0,39 a	0,94 a
Probabilité	0,002	0,008
Coefficient de variation	24,375	23,085

Les densités moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %.

En revanche, si l'on considère les taux d'efficacité calculés à cette même date du 23 mars (*tableau V*), il apparaît que :

– la kaolinite a empêché les femelles hivernantes de pondre sur poiriers, puisque aucun œuf de psylle n'a été trouvé sur les rameaux (efficacité de 100 % pour ce produit),

– l'huile minérale n'a pas pu éviter la ponte des femelles de psylles (taux d'efficacité très faible, de 15,91 %).

Le 30 mars, l'analyse de variance réalisée sur la variable densité d'œufs vivants par 100 cm de bois a révélé un effet significatif des traitements sur la ponte ($0,01 < P < 0,05$) (*tableau IV*) et, en particulier, les résultats obtenus avec le traitement à la kaolinite se sont significativement démarqués de ceux obtenus sur les rameaux témoins ou sur les rameaux traités à l'huile minérale.

Les densités moyennes d'œufs vivants par 100 cm de bois, relatives aux traitements témoin et à l'huile minérale, n'ont pas été significativement différentes au seuil de 5 %.

À cette même date du 30 mars, en période préflorale, l'efficacité des produits utilisés a été significativement améliorée par utilisation de la kaolinite (100 %) par rapport à celle de l'huile minérale (26,73 %) (*tableau V*), ce qui confirme les résultats des analyses statistiques évoquées précédemment.

3.2.2. Présence de larves

Afin de confirmer l'effet de la kaolinite sur la ponte hivernale de *C. pyri*, deux contrôles portant sur la présence des larves de psylle en post-floraison ont été réalisés les 6 avril et 13 avril 2006, respectivement aux stades de floraison puis de chute des pétales ; les larves alors trouvées provenaient des œufs déposés par les femelles hivernantes.

Les analyses de variance réalisées sur le paramètre de densité de larves vivantes par bouquet floral trouvées les 6 et 13 avril ont révélé un effet significatif des traitements sur la présence des larves au seuil de 1 % ($P < 0,01$) (*tableau VI*). En particulier, la kaolinite a permis de réduire significativement cette densité de larves par rapport au

Tableau VII.

Effet de la kaolinite sur la phénologie du poirier. Stades de développement observés le 6 avril 2006 et exprimés en % de rameaux observés (E : début d'ouverture des bourgeons floraux, E2 : les sépales laissent voir les pétales, F : première fleur ouverte, F2 : pleine floraison, G : début de la chute des pétales) (Tunisie).

Traitement	E	E2	F	F2	G
Témoin	7,51	9,02	45,11	31,57	6,76
Kaolinite	2,60	13,04	46,95	31,3	6,08

témoin et à l'huile minérale. En revanche, les densités moyennes de larves vivantes par bouquet floral relatives aux traitements témoins et à l'huile minérale n'ont pas été significativement différentes.

L'efficacité des produits utilisés, plus importante pour la kaolinite que pour l'huile minérale aux deux stades post-floraux considérés (tableau V), confirme les résultats de l'analyse de variance.

3.2.3. Discussion

Ainsi, la kaolinite a très bien exercé son action mécanique sur la protection des rameaux vis-à-vis des femelles hivernantes de psylle qui ont été efficacement repoussées par ce produit.

En effet, au stade débourrement (D-D3), aucun œuf de psylle n'a été décelé sur les arbres traités à la kaolinite, contrairement à ceux traités à l'huile minérale qui ont donné un résultat semblable aux arbres témoins. La kaolinite est donc plus efficace que l'huile minérale pour protéger les rameaux de poirier de la ponte des femelles hivernantes de *C. pyri*.

Cela étant, la faible efficacité de l'huile minérale constatée dans notre expérimentation pourrait être due à une application trop précoce de ce produit, par rapport à l'apparition de femelles complètement matures. En effet, l'huile utilisée à la dose de 1 L·hL⁻¹ lors d'essais préliminaires, à raison d'une seule application au stade phénologique de gonflement des bourgeons (B) sur des femelles mûres et fécondées, a permis de réduire significativement le nombre d'adultes présents une semaine après le traitement ; conjointement, il y a eu une diminution de la ponte qui s'est prolongée de manière significative pendant 3 semai-

nes. En outre, un traitement plus tardif à l'huile minérale appliquée en préfloraison (stade E), à la dose de 1 L·hL⁻¹ et visant les larves issues des pontes hivernales, a permis de réduire notablement les populations de psylles 3 semaines après l'intervention [17].

Nos résultats relatifs à la kaolinite rejoignent ceux de Coupard [18] et de Glenn et Puterka [11] qui ont montré que ce produit avait une efficacité de (90 à 100) % dans la prévention de la ponte hivernale du psylle.

La performance de la kaolinite est confirmée au stade floraison (F-F2) puisque, dans notre expérimentation, aucune larve de psylle issue des œufs d'hiver n'a été décelée sur les arbres traités à la kaolinite contrairement à ceux traités à l'huile minérale, dont la densité larvaire a été comparable aux arbres témoins. Au stade de chute des pétales, la densité des larves sur les arbres traités à la kaolinite a été limitée par rapport aux observations faites sur les arbres traités à l'huile minérale.

Ces résultats rejoignent ceux obtenus en Italie, en Belgique et en France à partir de trois applications hivernales de kaolinite [12, 18, 19].

L'efficacité de la kaolinite serait expliquée par ses deux modes d'action : création d'un film protecteur empêchant la ponte des insectes et modification de l'aspect de la plante-hôte la rendant méconnaissable par les psylles en raison de sa couleur blanche opaque [13].

3.3. Kaolinite et phénologie du poirier

Afin d'apprécier l'effet de l'application hivernale de la kaolinite sur le déroulement

de la floraison des rameaux de poirier, un relevé de la phénologie des arbres témoins et traités a été effectué le 6 avril alors que l'arbre était au stade de floraison (*tableau VII*).

Les résultats montrent que, à la floraison, le stade F-F2 était représenté par 76,68 % des bouquets floraux examinés pour les arbres témoins et par 78,25 % des arbres traités à la kaolinite. La kaolinite n'aurait donc pas eu d'impact négatif sur le déroulement de la floraison ; ces observations rejoignent celles de Laffranque *et al.* [12], Coupard [18] et Coupard *et al.* [19].

La kaolinite peut donc être utilisée sans risque pour la physiologie de la plante-hôte.

4. Conclusion

Le psylle du poirier *C. pyri* est le ravageur clé des vergers de poiriers. La lutte chimique conventionnelle contre ce ravageur a montré ses limites en entraînant sa résistance à la majorité des insecticides et la destruction de ses ennemis naturels avec, pour conséquence, l'aggravation du problème « psylle ».

En Tunisie, à l'instar de la majorité des autres pays méditerranéens, la méthode de lutte dès lors adoptée contre *C. pyri* est la lutte intégrée qui privilégie l'action de la faune utile et l'utilisation de produits sélectifs. Dans cette optique, plusieurs substances sont en cours d'expérimentation parmi lesquelles s'inscrit la kaolinite. Notre expérimentation a permis de tester ce produit en traitement d'hiver pour empêcher les pontes des femelles hivernantes de ce ravageur.

Appliquée une première fois avant la maturation générale des femelles, puis renouvelée deux fois suite à des chutes de pluies, la kaolinite a empêché la ponte des femelles hivernantes jusqu'au stade de débourrement, et la contamination larvaire jusqu'au stade de chute des pétales.

Par ailleurs, la kaolinite n'a eu aucune action négative sur le déroulement de la floraison, les arbres traités ayant fleuri en même temps que les témoins.

La kaolinite est donc une substance tout à fait performante dans la lutte préventive contre le psylle du poirier et pouvant être

insérée dans un programme de lutte intégrée contre ce ravageur en Tunisie. Le produit a été par ailleurs trouvé efficace dans la lutte contre d'autres ravageurs du poirier tel que le carpocapse [11]. Son impact sur la faune utile de l'arbre devrait faire l'objet d'une prochaine étude.

Remerciements

Les auteurs remercient MM. J.P. Laffranque, P. Nicholas et K. Arwaï pour leur avoir gracieusement fourni les échantillons des produits testés.

Références

- [1] Nguyen Xuan T., Bouyjou B., Delvare G., Dargagnon D., Les psylles du poirier et leur complexe parasitaire, *Phytoma – Déf. Vég.* 209 (1981) 221–226.
- [2] Boulahia Kheder S., Jerraya A., Détermination de la ponte de la forme hivernale de *Cacopsylla pyri* (L.) (Homoptera, Psyllidae) dans la région de Tunis, *Fruits* 56 (4) (2001) 287–295.
- [3] Chaisse E., Protection des vergers : les psylles du poirier, *Arboric. Fruit.* 405 (1988) 38–42.
- [4] Geoffrion R., Les psylles du poirier – historique, importance économique, *Bull. SROP*, 7 (5) (1984) 13–15.
- [5] Buès R., Toubon J.F., Boudinhon L., Le psylle du poirier : résultats préliminaires sur la résistance aux insecticides en France, *Phytoma – Déf. Vég.* 488 (1996) 53–57.
- [6] Buès R., Toubon J.F., Boudinhon L., Résistance larvaire aux insecticides, *Arboric. Fruit.* 525 (1999) 47–51.
- [7] Schaub L., Bloesch B., Pittet O., Rippstein F., La résistance des psylles à l'amitrazé menace, *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 29 (3) (1997) 143–144.
- [8] Atger P., Le psylle du poirier, Éd. CTIFL, France, 1982, 68 p.
- [9] Larguier M., Stratégie de lutte contre le psylle du poirier, *Phytoma – Déf. Cult.* 417 (1990) 36–40.
- [10] Stäubli A., Hachler M., Pasquier D., Antonin P., Mittaz C., Dix années d'expériences et d'observations sur le psylle commun du

- poirier *Psylla pyri* L. en Suisse romande, Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic. 24 (2) (1992) 90–104.
- [11] Glenn M., Puterka G.J., Particle films: a new technology for agriculture, Hortic. Rev. 31, John Wiley & Sons, Inc., USA, 2005, 44 p.
- [12] Laffranque J.P., Shires S.W., Philips N., Kaolin : barrière minérale protectrice contre le psylle du poirier et d'autres ravageurs, in: VIIe Conf. Int. « les ravageurs en agriculture », Agro Montpellier, France, 26–27 octobre 2005, AFPP, Montpellier, France.
- [13] Burts E.C., Retan A.H., Detection of pear psylla, Wash. Stat. Univ. Coll. Agric., Coop. Ext. Serv. (EM 3069), USA, 1973, 1–2.
- [14] Bonnemaïson L., Missonnier J., Recherches sur le déterminisme des formes estivales ou hivernales et de la diapause chez le psylle du poirier (*Psylla pyri* L.), Ann. Epiphyt. 4 (1955) 457–528.
- [15] Fleckinger J., Les stades végétatifs des arbres fruitiers en rapport avec les traitements, in: Rapport général du Congrès Pomologique de France, Soc. Pomol. Fr., Angers, France, 1948, pp. 81–83.
- [16] Lyoussoûfi A., Gadenne C., Rieux R., Faivre d'Arcier F., Évolution de la diapause du psylle du poirier *Cacopsylla pyri* dans les conditions naturelles, Entomol. Exp. Appl. 70 (1994) 193–199.
- [17] Boulahia Kheder S., Jerraya A., Jrad F., Fezzani M., Mise en place d'un programme de lutte intégrée contre le psylle du poirier *Cacopsylla pyri* (L.) (Hom., Psyllidae) dans la région de Tunis, Ann. Inrat (2007), à paraître, 6 p.
- [18] Coupard H., Utilisation de la kaolinite pour la protection contre le psylle du poirier, in: IIe Conf. Int. « les moyens alternatifs de lutte contre les organismes nuisibles aux végétaux », Lille, France, 2002, pp. 489–496.
- [19] Coupard H., Reynier C., Rossignol F., Évaluation des performances de stratégies à base de kaolinite dans le cadre d'une stratégie de protection préventive, Rapp., Stn. Exp. Arboric. « La Pugère », France, 2004, 27 p.

La caolinita para una protección integrada contra la psila del peral *Cacopsylla pyri* (L.) (Hemiptera, Psyllidae), en Túnez.

Resumen — Introducción. La psila *Cacopsylla pyri* (Hemiptera, Psyllidae) se considera en varios países, como la mayor plaga del peral. Con el fin preservar los enemigos naturales de esta plaga, la lucha contra *C. pyri* pasa actualmente por el uso de materias activas aptas a preservar las materias auxiliares del insecto, es decir sustancias preventivas entre las cuales se encuentra la caolinita. Por primera vez en Túnez testamos la eficacia de este producto en tratamiento de invierno, en comparación con el aceite mineral utilizado tradicionalmente.

Material y métodos. Para determinar el momento oportuno de un tratamiento contra *C. pyri*, los adultos presentes en invierno en un vergel de perales Williams han sido muestreados mediante golpeo de ramas. Las hembras cosechadas se disecaron para determinar el estado de desarrollo de sus ovarios. Estas observaciones permitieron poner en pie, en el momento oportuno, una aplicación invernal a base de caolinita, cuyos resultados se compararon con aquellos obtenidos por un tratamiento de aceite mineral. Se estudió el impacto de estos dos tratamientos tanto en el desove de hembras de invierno como en las larvas a las que dieron lugar. Conjuntamente se evaluó también la fenología del peral gracias a sendos controles.

Resultados. Las aplicaciones invernales de caolinita evitaron el desove de las hembras de la psila del peral. Consecuentemente, este producto redujo significativamente las poblaciones de larvas de *C. pyri* hasta el estado de la caída de los pétalos. Asimismo la caolinita no ha tenido impacto en el desarrollo de la floración. **Conclusión.** En Túnez, la caolinita mostró un alto rendimiento en la prevención de los desoves de las hembras invernantes de *C. pyri*; por ello podría incluirse en un programa de lucha integrada contra esta plaga.

Túnez / *Pyrus communis* / *Cacopsylla pyri* / gestión de lucha integrada / etapas del desarrollo animal / oviposición / caolinita / aceite mineral