

**AFPP – 3^e CONFÉRENCE SUR L'ENTRETIEN DES ESPACES VERTS, JARDINS,
GAZONS, FORÊTS, ZONES AQUATIQUES ET AUTRES ZONES NON AGRICOLES
TOULOUSE – 15, 16 ET 17 OCTOBRE 2013**

**PIEGEAGE OLFACTIF DU CHARANÇON ROUGE DU PALMIER : BASES, BONNES
PRATIQUES, LIMITES ET PERSPECTIVES**

R. HAMIDI⁽¹⁾, D. SCHMIDT-BUESSER⁽¹⁾, P. COUZI⁽¹⁾, B LHERMINIER⁽¹⁾, K. KHFIF⁽¹⁾, M.
RENOU⁽¹⁾, A. AVAND-FAGHIH⁽²⁾ et D. ROCHAT⁽¹⁾

⁽¹⁾ Institut National de la Recherche Agronomique, UMR 1272, RD 10, 78026 Versailles
cedex, France, didier.rochat@versailles.inra.fr

⁽²⁾ Plant Pests & Diseases Research Institute, P.O. Box 1454, Téhéran 19395, Iran,
armanfaghih@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Cet article est une synthèse critique sur le piégeage olfactif du Charançon Rouge du Palmier (CRP) à l'aide de phéromone. Le CRP est le ravageur le plus destructif des dattiers et des palmiers d'ornement dans la zone méditerranéenne et est espèce de quarantaine dans l'UE. Le CRP possède un odorat très sensible. Il est attiré par l'odeur émanant des palmiers et par une phéromone d'agrégation mâle. On peut capturer efficacement les CRP à l'aide de pièges attractifs émettant de la phéromone synthétique, de l'acétate d'éthyle et une odeur naturelle produite par la fermentation de tissus végétaux sucrés, dont l'association est synergique. Cette technique est indispensable à tout plan de gestion et d'éradication du CRP pour détecter les adultes, localiser les palmiers infestés et éliminer en masse l'insecte. Les paramètres clés du piégeage, ses avantages, ses limites et les pistes de recherche explorées pour l'améliorer sont présentés et discutés.

Mots-clés : synthèse bibliographique, charançon rouge du palmier, phéromone, attractif, piège.

ABSTRACT

**OLFACTORY TRAPPING OF RED PALM WEEVIL: BASES, GOOD PRACTICES,
LIMITS AND PROSPECTS**

This paper is a critical review about the Red Palm Weevil (RPW) pheromone-based trapping. RPW is the main destructive pest of date and ornamental palms in the Mediterranean area and a quarantine species in the EU. RPW has a very sensitive smell. RPW is attracted to the odour emanating from palm trees and to a male aggregation pheromone. RPW can be efficiently captured by traps baited with synthetic pheromone, ethyl acetate and a natural odour produced by fermentation of sweet plant tissues, which combination is synergistic. This technique is a necessary component of any RPW management and eradication plan to detect adults, localize infested palms and contribute to mass removal of the adults. The key parameters, advantages and limits of trapping, and current research paths for improvement are presented and discussed.

Keywords: bibliography review, red palm weevil, pheromone, attractant, trap.

INTRODUCTION

Le charançon rouge du palmier (CRP), *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier, (Coleoptera, Dryophthoridae) est aujourd'hui le principal destructeur des palmiers dans le bassin méditerranéen et l'aire native du dattier. Originaire d'Asie tropicale, il y a été introduit en Espagne dans les années 1990. Depuis, l'urbanisation des rives de la Méditerranée s'est accompagnée d'un boom du commerce des palmiers d'ornement qui a causé la dissémination rapide et à grande échelle du CRP en l'absence de règlements et de moyens appropriés pour stopper cette progression. Le CRP est aujourd'hui présent dans la quasi-totalité des états méditerranéens et du sud de l'Europe et a touché divers autres : Arménie, Curaçao, Etats-Unis, îles Canaries, Japon... (OEPP, 2008, 2013a ; Giblin-Davis *et al.*, 2013). L'extension des foyers en France est très préoccupante depuis 2010. En Europe les palmiers d'ornement sont détruits en masse par le CRP, entraînant des bouleversements paysagers. La mise sous statut de quarantaine dans l'Union Européenne (UE) en 2007 (JOUE, 2007) n'a pas empêché des pertes colossales : ~150.000 palmiers entre 1995 et 2011 (estimation Palm Protect, 2013). La découverte de nouveaux foyers depuis 2007 a été régulière et touche même des régions comme la Bretagne (OEPP, 2013b). Cette réalité traduit les difficultés pratiques d'appliquer une quarantaine et un contrôle efficaces face au potentiel d'adaptation et de survie de l'insecte aux climats d'Europe (Fiaboe *et al.*, 2012). On s'oriente dans l'UE vers la recommandation de l'injection dans le stipe d'insecticides systémiques à fort pouvoir de distribution et de rémanence pour tenter de contenir le CRP et sauver les palmiers. En France, la prudence dans un contexte peu favorable aux insecticides conventionnels (Ecophyto ; effets non intentionnel des néonicotinoïdes sur abeilles) ralentit l'autorisation de cette méthode. A l'inverse du flou qui a marqué l'emploi d'insecticides contre le CRP, on recommande depuis longtemps de façon consensuelle au niveau international de mettre en place le piégeage à base de phéromone pour le détecter et l'éliminer. C'est le cas de l'arrêté du 21 juillet 2010 qui définit les règles et les moyens à mettre en œuvre pour détecter et éradiquer le CRP en France (JORF, 2010). Nous présentons ici une synthèse des connaissances sur le piégeage à base de phéromone afin qu'il puisse être appliqué selon les règles de l'art, en toute connaissance des traits biologiques fondamentaux du ravageur et des mécanismes d'attraction et de piégeage, des avantages et des limites de cette technique. Il intègre l'expertise du consortium européen Palm Protect (2013).

LES BASES DU PIEGEAGE POUR UNE PRATIQUE EFFICACE ET ECLAIREE

DONNEES BIOLOGIQUES : ATTRACTION PHEROMONALE ET SYNERGIE PAR ODEUR VEGETALE

Le CRP est doté d'un odorat remarquable qui lui permet de localiser ses congénères et les palmiers. Le mâle émet une phéromone attractive pour les deux sexes, le 4-méthyl-5-nonanol, appelé ferruginéol (Hallett *et al.*, 1993). Il est admis que ~10% de ferruginéone (4-méthyl-5-nonanone) potentialise l'effet du ferruginéol (Abozuhairah *et al.*, 1996). Cette phéromone sert de signal sexuel et de site de vie favorable et est une clé de la dynamique des populations du CRP. L'odeur de tissus blessés de palmiers est synergique de cette phéromone (Hallett *et al.*, 1993 ; 1999 ; Avand-Faghieh, 2004) ainsi que celle émanant de liquides (mélasse) ou fruits sucrés en fermentation : dattes, pommes... A courte distance (< 5 m), le CRP s'oriente en marchant vers l'odeur de dattier (base foliaire fermentée) seule à partir de très faibles doses (3 cm³ de tissu), qui tend à arrêter les CRP en marche spontanée, et est bien moins attractive que la phéromone : 10 à 20 cm contre 30 à 60 cm en 1 mn. Les mâles sont moins attirés par la phéromone que les femelles, propriété corrélée aux captures supérieures de femelles dans les pièges (2 à 3 pour 1 mâle). Le mélange d'odeur de palmier à la phéromone accroît la distance parcourue par minute de 50% à 200% et améliore la focalisation vers la source par rapport à la phéromone seule (Schmidt-Buesser *et al.*, 2010 ; Roachat *et al.*, non publié).

ATTRACTIFS NATURELS ET SYNTHETIQUES DISPONIBLES

La phéromone synthétique, stable et bon marché, est un attractif commercial formulé dans des diffuseurs actifs de 1 à plus de 5 mois. Les doses d'emploi varient de 3 à 10 mg/j (ferruginéol avec 3 à 10% de ferruginéone). L'odeur de palmier seule ou la phéromone seule capturent autant ; le mélange avec un substrat végétal optimal (SV) prend toujours plus que la phéromone seule. Selon les pays, le SV est fait de morceaux de stipes ou bases foliaires ou pétioles frais de dattier ou de cocotier ou de dates mures qui fermentent et dont l'effet synergique est incontestable (0,1 à 1 kg) (Avand-Faghieh, 2004 ; Faleiro, 2005 ; Oehlschlager, 2007 ; Vacas *et al.*, 2013). Dans l'UE, l'usage de mélasse tend à se répandre et l'on cherche un substitut synthétique au SV (Guarino *et al.*, 2011). Il existe pléthore d'essais comparatifs de SV avec des résultats contradictoires, qui illustrent la variabilité des odeurs émises par les SV, fonctions d'un grand nombre de facteurs incontrôlés. Les essais pour identifier le principe synergique produit par les SV ont montré que l'acétate d'éthyle (EtAc), un constituant abondant de ce principe, y joue un rôle (El-Sebay, 2003 ; Abdallah *et al.*, 2008 ; Guarino *et al.*, 2011). Ce rôle s'exprime au moins pour l'approche en marche à courte distance : l'EtAc n'est pas attractif *per se* mais accroît l'effet de la phéromone (Schmidt-Buesser *et al.*, 2010). Un apport d'EtAc accroît l'effet d'un appât SV + phéromone (gain $\times 2,5$ pour *Rhynchophorus palmarum* L. transposable au CRP ; Oehlschlager, 2010). Cet appât tripartite est sans conteste le meilleur pour attirer le CRP (Fig. 1). L'intérêt de l'EtAc comme seul synergiste de la phéromone (sans SV : El-Sebay, 2003 ; Avand-Faghieh, 2004) vient d'être démenti par Vacas *et al.* (2013). D'autres substances ont été citées comme améliorant l'attraction du CRP dans diverses situations mais aucune n'a fait la preuve d'un effet reproductible digne d'usage généralisé (Gunawardena *et al.*, 1998 ; Guarino *et al.*, 2011). Palm Protect poursuit ses travaux dans cette direction.

PIEGES

Modèle (Fig. 2). La littérature abonde de descriptions et d'évaluations de pièges (Faleiro, 2005 ; Oehlschlager, 2007 ; Martínez Tenedor *et al.*, 2008 ; Sansano *et al.*, 2008 ; Alfaro *et al.*, 2011). Il existe plusieurs bons modèles qui répondent aux critères primordiaux de faciliter l'entrée des cibles et d'empêcher leur fuite ultérieure : trivial mais pas toujours vérifié. Peu de CRP atterrissent directement dans un piège ; la majorité le gagne en marchant (0,5 à 2 m) après approche en vol. La phase finale d'accès au piège est critique tant pour le design que le placement sur le terrain. Le type le plus répandu et ancien est un récipient cylindrique avec couvercle, seau, doté d'ouvertures en partie haute. La surface externe doit impérativement être rugueuse ou avec des aspérités pour permettre l'escalade jusqu'aux entrées. Il est suggéré d'associer au seuil des entrées des surfaces lisses en pente raide vers l'intérieur qui font office de toboggan. Un piège de forme pyramidale (tronc de cône) avec une paroi externe striée et inclinée à 60° a été mis au point récemment. Il favorise l'accès vers une unique entrée couplée à un entonnoir située au sommet. Ce dessin permet un accès aisé des CRP jusqu'à l'entrée sans marche sur une paroi verticale où en surplomb comme sur un piège 'seau' (Alfaro *et al.*, 2011 ; Vacas *et al.*, 2013). Des suivis vidéo montrent toutefois que la chute des CRP par l'entonnoir central n'est pas systématique (Hamidi *et al.*, non publié).

Couleur. La littérature regorge de données contradictoires sur l'effet de la couleur sur les captures (Faleiro, 2005 ; Oehlschlager, 2007 ; Al-Saoud *et al.*, 2010 ; Tapia *et al.*, 2010) mais beaucoup montrent que les pièges noirs/sombres prennent plus que les plus clairs (Hallett *et al.*, 1999 ; Alfaro *et al.*, 2011 ; Ávalos *et al.*, 2010). La plupart des auteurs concluent, abusivement, à l'effet attractif de la couleur, quand les captures sont le fruit de l'intégration d'informations multi-sensorielles sans que la contribution de chacune puisse être déterminée. Les captures supérieures des pièges sombres peuvent ainsi résulter d'un effet de contraste avec l'environnement (sol) et non d'un effet chromatique. Ceci vient d'être démontré par Belušič et Pirih (2013) par mesures électrophysiologiques et physiques : le CRP ne voit pas les couleurs mais perçoit très bien les contrastes.

De l'eau : Pour quoi faire ? L'eau offre un double service : elle génère une forte humidité dans le piège, prisée par le CRP, qui permet surtout la fermentation efficace et prolongée d'un SV nécessaire à la production d'odeur qui renforce l'attraction (Aldryhim et Khalil, 2003 ; Vacas *et al.*, 2013). Elle sert aussi d'agent de rétention, additionnée de détergent ou d'insecticide. Avec un piège pyramidal et sans SV, l'eau n'améliore pas les prises obtenues avec phéromone ± EtAc seuls (Alfaro *et al.*, 2011). Si ce piège a une conception qui empêche tout échappement des CRP sans eau et n'est pas prévu pour y mettre de l'eau, soulignons ici que l'absence de SV réduit fortement le potentiel de capture (Fig. 1).

Placement dans l'environnement. Le piège pyramide est conçu pour un usage exclusif au sol. Le piège seau peut être utilisé de même semi-enterré, avec les ouvertures latérales à l'affleurement du sol. Il peut aussi être fixé en hauteur sur un tronc ou un mur. Nous déconseillons d'accrocher les pièges à un stipe de palmier non protégé par insecticide pour les raisons exposées plus loin. Toujours choisir un emplacement dégagé, bien ventilé, de préférence ombragé pour favoriser l'accessibilité et la ventilation du piège sans surchauffe.

PIEGEAGE : PRINCIPES SIMPLES MAIS REALITE COMPLEXE FACE A L'IMPERATIF ECONOMIQUE

La clé d'une lutte intégrée efficace. Le CRP occupe un des tous premiers rangs mondiaux de l'usage de phéromone (El-Sayed *et al.*, 2006 ; Witzgall *et al.*, 2010), largement parce qu'il permet de beaucoup réduire le temps nécessaire pour détecter les foyers qui sont distribués de façon agrégative (Faleiro *et al.*, 2002) : là où sont pris des CRP la probabilité de trouver des palmiers infestés est maximale. Le piégeage permet aussi d'éliminer en masse les adultes sans traiter des palmiers mais en les attirant vers les pièges. Pour autant, le piégeage seul n'a pas de sens. Et il ne portera de fruits qu'appliqué à moyen ou long terme selon une stratégie claire. Ce point est d'autant plus important que le piégeage est coûteux avant tout du fait de sa logistique (mise en place, usage d'eau, fréquence de suivi, souplesse pour faire évoluer les réseaux : Soroker *et al.*, 2005 ; Faleiro, 2006 ; Martín *et al.*, 2013 ; Giblin-Davis *et al.*, 2013). Nous présentons ci-dessous les mécanismes sur lesquels repose l'efficacité du piégeage pour une mise en œuvre garante d'efficacité.

Sensibilité optimale versus charge financière : le problème du co-attractif végétal. Bien gérer le CRP repose sur la localisation rapide et sûre des foyers sur de grandes surfaces. Piéger l'adulte y aide fondamentalement et ce d'autant mieux que les pièges auront individuellement la meilleure sensibilité. Pour cela il faut utiliser l'attractif le plus performant au long cours couplé à un piège dont l'efficacité est reconnue. Dès lors que l'on s'approche d'un tel optimum, la mise en œuvre pour un piégeage de masse est possible.

Le meilleur attractif du CRP est la combinaison phéromone + EtAc + SV qui fermente, de préférence d'origine 'palmier' (Fig. 1). Phéromone et EtAc sont émis à partir des diffuseurs manufacturés bien calibrés avec des doses et des durées de vie qui doivent être mesurées localement. En fonction de ces mesures le gestionnaire doit veiller à renouveler les diffuseurs à une fréquence appropriée pour éviter tout épuisement de l'une ou l'autre des odeurs qui entrainerait une chute de sensibilité des pièges (Fig. 1). En général cette fréquence est au maximum mensuelle pour l'EtAc et trimestrielle pour la phéromone. La troisième composant de l'attractif (Fig. 1) est le SV, dont l'effet repose sur sa capacité à fermenter, la fermentation générant le principe actif (indéterminé) qui renforce la phéromone et l'EtAc. Plus le SV est sucré et humide et plus la synergie est intense et durable. Les SV provenant de palmiers semblent globalement plus efficaces que les autres. Ici l'eau et sa logistique sont critiques pour l'efficacité et de la sensibilité du piège mais aussi du point de vue économique comme on va le voir plus loin. Il est difficile très difficile de maintenir un effet élevé du SV au-delà de 3 semaines.

Ni les morceaux de palmiers, ni d'autres matières végétales fermentescibles bon marché ne sont disponibles à l'année en quantités importante et à des coûts acceptables pour alimenter

des réseaux de pièges de plus en plus vastes dans l'UE, à l'exception de la mélasse dont l'usage tend à se répandre. Le coût de la main d'œuvre dans l'UE étant élevé, il y a aujourd'hui une difficulté croissante à entretenir des réseaux de centaines voire milliers de pièges qui nécessitent une logistique lourde et très onéreuse pour gérer SV et eau (des tonnes à distribuer sur de grandes surfaces) nécessaires à l'émission d'un attractif optimal pour le CRP. On observe donc une tendance lourde à abandonner l'usage de SV et l'on a mis au point le piège pyramidal sec, deux décisions qui allègent beaucoup le coût d'un piégeage mais qui font l'impasse totale sur le différentiel d'efficacité intrinsèque pour attirer le CRP. Ainsi, face à des populations de CRP en explosion on capture facilement des charançons avec des pièges secs et de la phéromone seule (Vacas *et al.*, 2013) ; les gestionnaires s'en satisfont y voyant une preuve de l'efficacité de leur système. Aujourd'hui cet 'équilibre' entre efficacité apparente et réduction de coût ouvre à notre sens la porte à un risque sérieux de contre-productivité globale si les moyens de lutte mis en œuvre par ailleurs et les mesures de précautions ne sont pas prises dans le déploiement de tels pièges.

Efficacité moindre et risque : faire aboutir la recherche. Nous avons montré lors d'un piégeage 'selon les règles de l'art' sur ~200 ha que les dattiers non protégés par insecticide présents dans un rayon de 20 à 25 m autour des pièges subissaient des attaques supérieures aux palmiers plus éloignés (Rochat, 2005 ; Rochat et Avand-Faghih, non publié) sans que la présence de pièges accroissent l'incidence du CRP comparé à des parcelles sans pièges. Ce résultat corrobore plusieurs mentions non documentées publiquement. Le phénomène observé résulte d'une présence accrue de CRP au voisinage des pièges, attirés par la phéromone ; une capacité imparfaite des pièges à capturer ces CRP ; et un effet de compétition locale entre les palmiers et les pièges : des CRP préfèrent les palmiers aux pièges pour leur orientation finale. Nous résumons sur la Figure 3 quatre situations types qui combinent la mise en œuvre d'une protection insecticide des palmiers ou non dans la zone à risque (rouge) et d'un appât optimal ou non (pas de SV) et les conséquences potentielles pour le rendement du piégeage et la protection des palmiers. Ainsi, le piégeage n'est pas problématique en soit, bien au contraire, mais porte ses propres limites.

Les contraintes économiques fortes qui incitent les praticiens à ne pas utiliser de SV et d'eau dans les pièges sont compréhensibles. Ce choix doit être fait en toute connaissance que l'attractif simplifié utilisé alors n'offre pas la meilleure sensibilité au piège et est porteur d'un effet de recrutement de CRP à distance dont une partie n'ira pas dans les pièges parce que l'odeur qu'il diffuse ne le permet pas et qu'un piège aussi perfectionné soit-il ne prend jamais 100% de ses cibles. Le piégeage du CRP à base de phéromone offre un outil irremplaçable pour limiter les populations de CRP et agir contre leur extension. Comme tout outil, il doit être mis en œuvre avec rigueur en toute connaissance de son mode de fonctionnement, de ses risques et des moyens de s'en prémunir et de ses limites. La recherche est plus que jamais porteuse nécessaire et porteuse d'espoir pour mettre au point une odeur de palmier synergique artificielle qui remplace l'emploi de SV et élimine le risque pris à piéger sans SV.

CONCLUSION

Le CRP est un ravageur redoutable dont la gestion est difficile et onéreuse. En dépit d'une situation très difficile, de nets progrès techniques et réglementaires ont été obtenus ces 5 dernières années et l'espoir de stopper la progression de ce ravageur demeure. Le piégeage à l'aide de phéromone reste un outil indispensable pour contrer le CRP, compatible avec une gestion 'zéro phyto' prônée par de nombreuses collectivités publiques pour leurs espaces verts. Il a bénéficié de nombreuses améliorations en particulier, des attractifs et des modèles de pièges commerciaux efficaces sont disponibles et fiables. Toutefois le coût logistique trop élevé de cette méthode pour assurer une sensibilité optimale par l'usage d'un co-attractif naturel qui demande un renouvellement fréquent conduit à privilégier des appâts sub-optimaux. Cette évolution présente un danger si les pièges sont disposés au voisinage direct de palmiers non traités efficacement (insecticides conventionnels). De telles contraintes et

limites renforcent la nécessité de faire aboutir les recherches en cours qui visent à développer un attractif synthétique totalement mimétique du palmier et qui réunira à la fois des propriétés d'attraction optimale vis-à-vis du CRP et une facilité d'emploi avec un renouvellement limité.

BIBLIOGRAPHIE

- Abdallah S., Al-Abbad A. H., Dan A. M. D., Ben Abdallah A., Faleiro J. R., 2008 - Enhancing trapping efficiency of Red palm weevil pheromone traps with ethyl acetate. *Indian J. Plant Prot.*, 36, 310-311.
- Abozuhairah R. A., Vidyasagar P. S. P. V., Abraham V. A., 1996 - Integrated Management of Red Palm Weevil *Rhynchophorus ferrugineus* in Date Palm Plantations of the Kingdom of Saudi Arabia. Actes du 20e Congrès International d'Entomologie, Florence, Italie, p. 541.
- Aldryhim Y., Khalil A., 2003 - Effect of humidity and soil type on survival and behaviour of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Oliv.) adults. *Sultan Qaboos Univ. J. Sci. Res. – Agric. Marine Sci.*, 8, 87-90.
- Alfaro C., Vacas S., Navarro-Llopis V., Primo J. 2011 - Aplicación de los semioquímicos en el manejo de *Rhynchophorus ferrugineus*. Diseño y desarrollo de una nueva trampa para la captura de adultos. *Phytoma España*, 226, 24-28.
- Al-Saoud A. H., 2010 - Effect of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae) aggregation pheromone traps' height and colors on the number of captured weevils. *Acta Hortic.*, 882, 419-429.
- Ávalos J. A., Soto A., 2010 - Mejora de la eficacia del trapeo de adultos de *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Dryophthoridae) mediante atracción cromática. *Phytoma España*, 223, 38-42.
- Avand-Faghhi A., 2004 - Identification et application agronomique de synergistes végétaux de la phéromone du charançon *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) 1790. Thèse de doctorat de l'INA-PG, Paris, France. 171 p.
- Belušič G., Pirih P., 2013 - Visual system and spectral sensitivity in *Rhynchophorus ferrugineus*. Université de Ljubljana, Slovénie. Communication personnelle.
- El-Sayed A. M., Suckling D. M., Wearing C. H., Byers J. A., 2006 - Potential of mass trapping for long-term pest management and eradication of invasive species. *J. Econ. Entomol.*, 99, 1550-1564.
- El-Sebay Y., 2003 - Ecological studies on the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv., (Coleoptera : Curculionidae) in Egypt. *Egyptian J. Agric. Res.*, 81, 523-529.
- Faleiro J. R., 2005 - Pheromone technology for the management of the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Coleoptera : Rhynchophoridae) – A key pest of coconut. Technical Bulletin n°4, ICAR Research Complex for Goa, Inde, 40 p.
- Faleiro J. R., 2006 - A review of the issues and management of the red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Rhynchophoridae) in coconut and date palm during the last one hundred years. *Intl J. Trop. Insect Sci.*, 26, 135-154.
- Faleiro J. R., Kumar J. A., Rangnekar P. A., 2002 - Spatial distribution of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. (Coleoptera: Curculionidae) in coconut plantations. *Crop Prot.*, 21, 171-176.
- Fiaboe K. K. M., Peterson A. T., Kairo M. T. K., Roda A. L., 2012 - Predicting the potential worldwide distribution of the Red Palm Weevil *Rhynchophorus Ferrugineus* (Olivier) (Coleoptera: Curculionidae) using ecological niche modeling. *Fla Entomol.*, 95, 659-673.
- Giblin-Davis R. M., Faleiro J. R., Jacas J. A., Peña J. E., Vidyasagar P. S. P. V., 2013 - Biology and management of the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. In: Potential Invasive Pests of Agricultural Crop Species (J. E. Peña, ed.). CABI Invasives Series books. ISBN 978-1-8459-3829-1. pp. 1-34.
- Guarino S., Lo Bue P., Peri E. & Colazza S. 2011 - Responses of *Rhynchophorus ferrugineus* adults to selected synthetic palm esters: electroantennographic studies and trap catches in an urban environment. *Pest Manag. Sci.*, 67, 77-81.

- Gunawardena N. E., Kern F., Janssen E., Meegoda C., Schäfer D., Vostrowsky O., Bestmann H. J. 1998 - Host attractants for red weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*: identification, electrophysiological activity, and laboratory bioassay. *J. Chem. Ecol.*, 24, 425-437.
- Hallett R. H., Gries G., Gries R., Borden J. H., Czyzewska E., Oehlschlager A. C., Pierce H. D. Jr, Angerilli N. P. D., Rauf A., 1993 - Aggregation pheromones of two Asian palm weevils, *Rhynchophorus ferrugineus* and *R. vulneratus*. *Naturwissenschaften*, 80, 328-331.
- Hallett R. H., Oehlschlager A. C., Borden J. H., 1999 - Pheromone trapping protocols for the Asian palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera : Curculionidae). *Intl J. Pest Manag.*, 45, 231-237.
- JORF, 2010. Arrêté du 21 juillet 2010 relatif à la lutte contre *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier). NOR: AGRG1019588A. *J. O. République Française*, n°0167 du 22 juillet 2010.
- JOUE, 2007 - Décision 2007/365/EC de la Commission 2007/365/EC relative à des mesures d'urgence destinées à éviter l'introduction et la propagation dans la Communauté de *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier) [notifiée sous le n° C (2007) 2161]. *J. O. Union Européenne*, L 139, 24-27.
- Martín R., González A., Barroso L., Morales M., Hernández C. D., Rodríguez, X., Fajardo M., 2013 - Plan de surveillance, de lutte et d'éradication du charançon rouge dans les îles Canaries (Espagne). Actes de la conférence méditerranéenne sur les ravageurs des palmiers, AFPP, Nice. pp. 199-207.
- Martínez Tenedor J., Gómez Vives S., Ferry M., Díaz Espejo G., 2008 - Ensayos en túnel de viento para la mejora de la eficacia de las trampas de feromona de *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Dryophthoridae), picudo rojo de la palmera. *Bol. Sanidad Vegetal, Plagas*, 34, 151-161.
- Oehlschlager A. C., 2007 - Optimizing trapping for Palm weevils and beetles. *Acta Hortic.*, 736, 347-368.
- Oehlschlager A. C., 2010 - Efficiency and longevity of food baits in palm weevil traps. *Acta Hortic.*, 882, 399-406.
- OEPP (Organisation Européenne et Méditerranéenne de Protection des Plantes), 2008 - Data sheets on quarantine pests *Rhynchophorus ferrugineus*. *EPPO Bull.*, 38, 55-59.
- OEPP, 2013a - http://archives.eppo.int/EPPOReporting/Reporting_Archives.htm
- OEPP, 2013b – 2013/107. *Rhynchophorus ferrugineus* found for the first time in Bretagne region (FR). *EPPO Report. Service*, n°05 : 10.
- Palm Protect, 2013 - <https://secure.fera.defra.gov.uk/palmprotect/index.cfm>
- Rochat D., 2005 - Olfactory trapping of Red Palm Weevil: Drawbacks and Prospect, Actes du 1st International Workshop on Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus*. Agroalimed et Generalitat Valenciana (Ed.), Moncada, Espagne, 99-104.
- Sansano M. P., Gomez-Vives S., Ferry M., Diaz-Espejo G., 2008 - Ensayos de campo para la mejora de la eficacia de las frampas de captura de *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Coleoptera: Curculionidae), picudo rojo de la palmera. *Bol. Sanidad Vegetal, Plagas* 34, 135-145.
- Schmidt-Buesser D., Couzi P., Renou M., Rochat D. 2010 - Comparative locomotory response of the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. (Coleoptera, Curculionidae) to biogenic odours presented alone or combined. Actes du 26^e congrès annuel de la Société Internationale d'Écologie Chimique (ISCE), Tours, France, p. 264.
- Soroker V., Blumberg D., Haberman A., Hamburger-Rishard M., Reneh S., Talebaev S., Anshelevich L., Harari A. R. 2005 - Current status of red palm weevil infestation in date palm plantations in Israel. *Phytoparasitica*, 33, 97-106.
- Tapia G., Martín E., Ruiz M.-A., Cabello T., Téllez M.-M., 2010 - Evaluación en campo del efecto del color de la trampa para las capturas masivas del picudo rojo de la palmera, *Rhynchophorus ferrugineus* (Olivier, 1790) (Coleoptera: Dryophthoridae). *Bol. Sanidad Vegetal, Plagas*, 36, 171-178.
- Vacas S., Primo J., Navarro-Llopis V., 2013 - Advances in the Use of Trapping Systems for *Rhynchophorus ferrugineus* (Coleoptera: Curculionidae): Traps and Attractants. *J. Econ. Entomol.*, 106, 1739-1746.
- Witzgall P., Kirsch P., Cork A., 2010 - Sex Pheromones and their impact on pest management. *J. Chem. Ecol.*, 36, 80-100.

Figure 1 : Efficacité comparée des appâts disponibles pour piéger *R. ferrugineus* et valeur cognitive associée pour l'insecte. Il s'agit d'une représentation schématique des connaissances actuelles avec des ordres de grandeur indicatifs. Le trait associé à un niveau médian de captures figure la variabilité associée (1^{er} et 3^e quartiles). Les valeurs cognitives sont : alim. : alimentaire, sex. : sexuelle et +++ effet quantitatif renforcé. Appâts odorants typiques : Phér : phéromone, 10 mg/j ; EtAc : acétate d'éthyle, 200 mg/j ; OV. : odeur végétale, issue de 300-400 g de matériel 'palmier' frais, humide et riche en sucre qui fermente de façon prolongée (piège à eau) et est renouvelé régulièrement. Les appâts odorants sont associés à un piège optimisé pour sa capacité à permettre l'entrée des CRP et à empêcher leur fuite dans les conditions locales d'emploi.

Comparative efficiency of the baits available to trap *R. ferrugineus* (relative scale) and cognitive value of each lure for RPW. This is a schematic representation based on a review of current knowledge. The orders of magnitude are indicative. The line associated to a median level of captures figures the corresponding variability (1st and 3rd quartiles). The cognitive values are: alim. alimentary, sex. : sexual, and +++ enhanced quantitative effect. Typical odour lures: Phér : pheromone, 10 mg/d ; EtAc : ethyl acetate, 200 mg/j ; OV : Plant odour from 300-400 g of fresh palm material, moist and rich in sugars, which ferments over long periods (water trap) and is regularly renewed. The odour lures are used in a trap optimised for its capacity to let RPWs in and prevent them from escaping under local conditions of use.

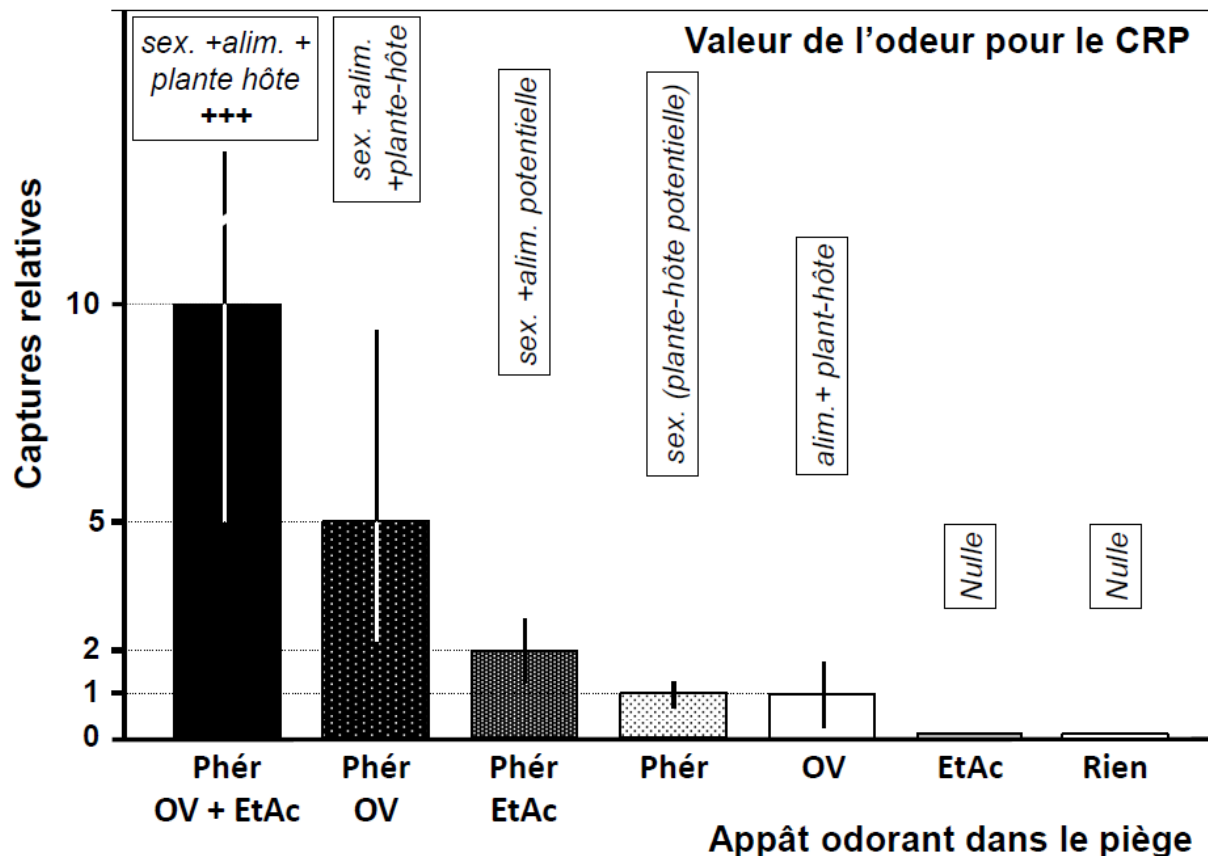


Figure 2 : Schémas commentés des 2 principaux types de pièges commerciaux, seau et pyramide, efficaces pour capturer le CRP à l'aide d'appât odorants mettant en avant les points qui contribuent à leur efficacité. SV : substrat végétal naturel fermentescible. E+, A+ R+: Respectivement : entrée, attraction et rétention significativement favorisée par l'élément auquel les lettres sont associées. Les dimensions, le nombre et la taille des ouvertures sont réalistes mais purement indicatifs.

Annotated schematic view of the 2 main types of commercial traps, bucket and pyramid, efficient to capture RPW using odour baits and showing the points that contribute to efficiency. SV : Plant fermentescible substrate. E+, A+ R+: Respectively: entrance, attraction and retention are significantly enhanced by the element to which the letters are associated. The dimensions, number and size of the openings are realistic but only indicative

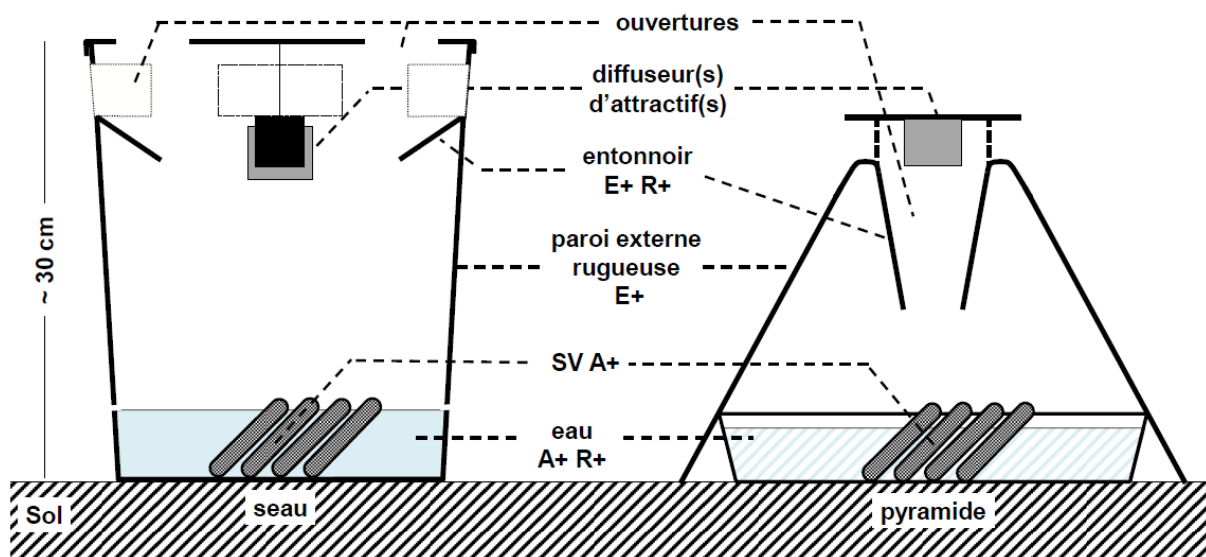


Figure 3 : Diagrammes conceptuels résumant l'effet comportemental des attractifs nécessaires pour piéger *R. ferrugineus* (**A**, odeur de palmier seule, **B**, phéromone + odeur de palmier et **C**, phéromone seule), l'interaction entre piège et palmier, l'efficacité du piège et le risque pour un palmier situé au voisinage du piège (< 25 m ; zone à risque) selon 4 situations types (**D** à **G**) combinant la mise en œuvre d'un protection insecticide des palmiers ou non dans la zone à risque et d'un appât/odeur végétal optimal vis-à-vis du CRP ou non. Les ordres de grandeur sont indicatifs, établis à partir de nos propres essais et de l'interprétation des données de la littérature.

Conceptual diagram to summarise the behavioural effect of the attractants necessary to trap *R. ferrugineus* (**A**, palm odour only, **B**, pheromone + palm odour and **C**, pheromone only), interaction between trap and palm tree, trap efficiency and risk to the palm tree in the vicinity of the trap (< 25 m ; risk area) according to 4 model situations (**D** to **G**) that combine insecticide protection or not of the palm trees in the risk zone, and use of an plant lure/bait optimal or not for RPW. The orders of magnitude are indicative and established after our own trials and the interpretation of literature data.

