

SOMMAIRE

Numéro – **idée principale pouvant motiver la lecture**

(premier auteur et al, année ; revue ; notoriété revue)

- 1- **Gérer *Varroa* et *Tropilaelaps* : un exemple en Papouasie-Nouvelle-Guinée**
(Roberts et al 2020 ; *Experimental and Applied Acarology* ; IF 1.76)
- 2- **Portage d'agents pathogènes en l'absence de *Varroa* : le cas de l'Australie**
(Brettell et al 2020 ; *Journal of Invertebrate Pathology* ; IF 2.10)
- 3- **Le vent gêne les butineuses**
(Hennessy et al 2020 ; *Animal Behaviour* ; IF 2.67)
- 4- **La thermographie infra rouge permettrait de détecter les nids de frelons**
(Lioy et al 2020 ; *Frontiers in Ecology and Evolution* ; IF 2.71)
- 5- **Les probiotiques pour mieux supporter l'exposition aux pesticides ?**
(Chmiel et al 2020 ; *Insect Science* ; IF 2.69)
- 6- **Une larve mal nourrie est une larve plus sensible à l'infection par la loque américaine** (Molinié et al 2020 ; *Journal of Apicultural Research* ; IF 1.75)
- 7- **L'herbicide Glyphosate n'est pas anodin sur les larves d'ouvrières à très faibles doses** (Vázquez et al 2020 ; *Environmental Pollution* ; IF 5.71)
- 8- **Nosema, avec ou sans pesticide, perturbe le microbiote intestinal**
(Paris et al 2020 ; *Journal of Invertebrate Pathology* ; IF 2.10)
- 9- **Une méthode efficace pour réduire les cas de loque américaine**
(Locke et al 2019 ; *Preventive Veterinary Medicine* ; IF 2.30)
- 10- **La propolis serait efficace pour réduire le portage de spores de *Nosema ceranae*** (Mura et al 2020 ; *Insect* ; IF 2.14)

Ont collaboré à ce numéro : G. Therville, S. Boucher et Ch. Roy

Version anglaise : N. Vidal-Naquet

Attention : cette revue ne prétend pas être exhaustive et ne regroupe que des publications d'intérêts aux yeux des membres de la commission apicole SNGTV ; seules 10 publications par numéro sont ainsi retenues pour faire l'objet d'un focus.



1- Gérer *Varroa* et *Tropilaelaps* : un exemple en Papouasie-Nouvelle-Guinée

Roberts, J.M.K., Schouten, C.N., Sengere, R.W., Jave, J., Lloyd, D., 2020. Effectiveness of control strategies for *Varroa jacobsoni* and *Tropilaelaps mercedesae* in Papua New Guinea. *Experimental and Applied Acarology*.

Résumé : L'apiculture, dans le contexte insulaire de Papouasie-Nouvelle-Guinée (PNG), est sous la double pression des acariens parasites émergents, *Varroa jacobsoni* et *Tropilaelaps mercedesae*. Bien qu'il existe de nombreux produits de lutte contre les acariens, les apiculteurs en PNG ont des ressources financières et un accès limité à ces produits dont l'efficacité dans les conditions locales de PNG n'a par ailleurs jamais été testée. Ici nous avons déterminé l'efficacité de deux stratégies biotechniques sur le couvain – l'encagement des reines et le remérage – pour gérer *V. jacobsoni* et *T. mercedesae* en les comparant au médicament acaricide Bayvarol®. Nos résultats ont montré que le Bayvarol® était la stratégie de contrôle la plus efficace pour *V. jacobsoni*, en maintenant une efficacité élevée (> 90 %) sur 4 mois avec un niveau d'infestation réduit par rapport aux colonies témoins non traitées. En revanche, l'infestation par *T. mercedesae* a été considérablement réduite par les stratégies biotechniques sur 2 mois, tandis que l'action du Bayvarol n'était pas significativement différente par rapport aux témoins. Ces résultats montrent qu'une combinaison de stratégies est probablement nécessaire pour gérer efficacement les deux acariens en PNG. Nous discutons enfin de la pertinence de ces résultats pour améliorer les pratiques de biosécurité en apiculture et comment ces stratégies peuvent être mises en œuvre pour améliorer l'efficacité de la lutte contre les acariens pour les apiculteurs en PNG.

Non téléchargeable gratuitement

2- Portage d'agents pathogènes en l'absence de *Varroa* : le cas de l'Australie

Brettell, L.E., Riegler, M., O'Brien, C., Cook, J.M., 2020. Occurrence of honey bee-associated pathogens in *Varroa*-free pollinator communities. *Journal of Invertebrate Pathology* 107344.

Résumé : L'Australie reste la dernière surface terrestre importante exempte de *Varroa*, un acarien parasite qui a causé pertes dramatiques de colonies d'abeilles mellifères (*Apis mellifera*) à travers le monde, en raison de son association avec le virus des ailes déformées (DWV). À ce titre, l'Australie continue de maintenir des populations d'abeilles en bonne santé, malgré des travaux récents montrant que les ruchers abritent une prévalence importante d'agents pathogènes microbiens. Nous avons cherché à déterminer la prévalence de ces microbes pathogènes chez les abeilles et chez les pollinisateurs indigènes co-butinant activement sur les fleurs cultivées pour comprendre dans quelle mesure ils peuvent être partagés entre les taxons. Nous avons trouvé des prévalences élevées du virus de la cellule noire de reine (BQCV) et du virus du couvain sacciforme (SBV) chez les abeilles (88 % et 41 % respectivement), et logiquement, ce sont aussi les agents pathogènes des abeilles les plus communs détectés chez les pollinisateurs indigènes, bien qu'à une prévalence beaucoup plus faible, la prévalence maximale mesurée parmi tous les agents pathogènes au sein d'un pollinisateur indigène étant de 24 % (pour le BQCV chez *Halictidae* spp.). Les agents pathogènes viraux IAPV (virus israélien de la paralysie aiguë) et SLV-1 / SLV-2 (virus 1 et 2 du lac Sinai), ainsi que les parasites *Nosema apis* et *Nosema ceranae*, n'ont été que rarement détectés. Des analyses phylogénétiques réalisées sur les souches d'agents pathogènes les plus courantes ont révélé des souches similaires circulant entre les espèces. Nos données suggèrent que, dans les vergers australiens, la prévalence d'agents pathogènes chez les abeilles mellifères est un bon outil prédictif de la prévalence des agents pathogènes des pollinisateurs indigènes, ce qui soulève des inquiétudes quant à la manière dont le « paysage viral » pourrait évoluer chez les différentes espèces si (ou quand) *varroa* arrive(ra).

Non téléchargeable gratuitement

3- Le vent gêne les butineuses

Hennessy, G., Harris, C., Eaton, C., Wright, P., Jackson, E., Goulson, D., Ratnieks, F.F.L.W., 2020. Gone with the wind: effects of wind on honey bee visit rate and foraging behaviour. *Animal Behaviour* 161, 23–31.

Résumé : Le vent est un facteur environnemental important mais dont les effets sur le comportement de butinage des abeilles sont peu étudiés. Nos investigations ont porté sur les effets directs et indirects du vent sur les ouvrières butineuses *Apis mellifera*. Les abeilles ont été entraînées avec une gamme de fleurs artificielles offrant des récompenses en nectar dans un endroit à l'abri du vent. Pour étudier les effets directs, des ventilateurs ont produit quatre vitesses de vent différentes (entre 0 et 3 m/s) avec trois modalités d'espacement de fleurs : 5 cm (fleurs se touchant), 10 cm et 20 cm (fleurs ne se touchant pas). Pour étudier les effets indirects des mouvements des fleurs induits par le vent, les fleurs ont été déplacées de 10 cm à trois fréquences entre 50 et 110 cycles/min avec une vitesse de vent nulle. Nous avons enregistré le nombre de visites florales réussies, le temps passé à voler, le temps passé sur une fleur et les hésitations à décoller. Les abeilles ont visité d'autant moins les fleurs que la vitesse du vent augmentait, ce qui est dû à une augmentation significative de l'hésitation à décoller. Cette différence pour les visites de fleurs en fonction de la vitesse du vent était la plus élevée lorsque les fleurs étaient espacées de 20 cm. Les mouvements des fleurs n'a eu aucun effet sur le taux de butinage ; cependant, il y avait une relation positive significative entre le mouvement de la fleur et le temps total passé à voler. Cela a été contrebalancé par une réduction significative du temps passé à chercher le nectar après avoir atterri sur une fleur pour les fréquences de mouvements de fleurs les plus élevées. Nos résultats suggèrent que c'est l'effet direct du vent, responsable d'une hésitation des abeilles à décoller, qui a le plus d'effet sur l'efficacité des butineuses à miel.

Non téléchargeable gratuitement

4- La thermographie infra rouge permettrait de détecter les nids de frelons

Lioy, S., Bianchi, E., Biglia, A., Bessone, M., Laurino, D., Porporato, M., 2020. Viability of thermal imaging in detecting nests of the invasive hornet *Vespa velutina*. *Insect Science* 1744-7917.12760.

Résumé : *Vespa velutina* est une espèce de frelon envahissante qui colonise l'Europe, causant des dégâts considérables sur les abeilles mellifères, l'apiculture et la biodiversité. Les stratégies de lutte et d'alerte rapide pour cette espèce se fondent principalement sur des plans de surveillance et des procédures de détection et de destruction des nids. Des outils technologiques (radar harmonique, radio-téléométrie) ont été développés pour augmenter les probabilités de détection des nids dans les nouveaux foyers. Étant donné que les frelons sont capables de réguler la température du nid, la thermographie peut représenter une technique supplémentaire qui peut être utilisée, seule ou à l'appui d'autres techniques. Dans cette étude, la pertinence de l'imagerie thermique dans la détection des nids de *V. velutina* a été évaluée dans des conditions contrôlées. L'influence de différentes variables environnementales et opérationnelles (heure de la journée, présence / absence de feuilles recouvrant le nid, distance entre le nid et l'opérateur) a été testée sur trois nids détectés en août 2018 en Italie. Tous les nids étaient détectables par imagerie thermique, mais les variables environnementales et opérationnelles affectaient leur détectabilité. La différence de température entre les nids et les environs atteint son maximum avant le lever du soleil et s'il n'y a pas de feuilles couvrant les nids. Bien que les nids soient encore visibles dans certains cas à partir de 30 m, la détectabilité était plus élevée à des distances plus courtes, même si cette variable peut également dépendre de la résolution de la caméra infrarouge. Une augmentation de la température ambiante génère également une diminution de la détectabilité du nid. Bien que certaines limites puissent s'exprimer, ces résultats montrent l'applicabilité de la thermographie dans la détection des nids de *V. velutina* avant le début de la phase de reproduction, et par conséquent son utilité dans les stratégies de contrôle.

Non téléchargeable gratuitement

5- Les probiotiques pour mieux supporter l'exposition aux pesticides ?

Chmiel, J.A., Daisley, B.A., Pitek, A.P., Thompson, G.J., Reid, G., 2020. Understanding the Effects of Sublethal Pesticide Exposure on Honey Bees: A Role for Probiotics as Mediators of Environmental Stress. *Frontiers in Ecology and Evolution*. 8, 22.

Résumé : Les populations d'abeilles mellifères européennes domestiques (*Apis mellifera*) soutiennent la production alimentaire mondiale. Ce rôle important dans l'agriculture moderne a rendu les abeilles vulnérables aux effets nocifs de certains facteurs de stress anthropiques tels que les pesticides. Bien que les effets délétères d'une exposition mortelle aux pesticides sur la santé des abeilles mellifères et sur leurs performances sont visibles, le rôle de l'exposition subléthale aux pesticides est une préoccupation émergente également. Ici, nous avons réuni un ensemble de données pour mieux comprendre les effets toxicologiques de l'exposition aux pesticides tout au long du cycle biologique des abeilles. En compilant les valeurs de dose létale médiane (DL₅₀) spécifiques des adultes et des larves à partir de 93 sources publiées, les estimations de DL₅₀ pour les insecticides, herbicides, acaricides et les fongicides sont très variables d'une étude à l'autre, en particulier pour les herbicides et les fongicides qui sont sous-représentés dans l'ensemble de métadonnées. Parallèlement aux écarts majeurs reportés pour ces valeurs, un examen plus approfondi des données compilées suggère que la DL₅₀ n'est pas une donnée idéale pour l'évaluation des risques pour les abeilles. Nous discutons également comment les effets subléthaux de l'exposition aux pesticides, qui ne sont généralement pas évalués dans les études de DL₅₀, peut diminuer la reproduction, l'immunité, la cognition et la physiologie au sens large des abeilles, conduisant à une baisse de performance des colonies d'abeilles mellifères et à une réduction de la population. En considérant différentes solutions possibles pour atténuer les effets d'une exposition subléthale aux pesticides, nous avons identifié le potentiel d'une supplémentation en probiotiques comme une stratégie prometteuse facile à mettre en œuvre dans le cadre des pratiques apicoles. La supplémentation en probiotiques est régulièrement évoquée en apiculture, mais le potentiel d'une approche ciblée sur l'exposition à des toxiques et fondée sur des données probantes n'a pas encore été pleinement exploré. Nous discutons des avantages, de la faisabilité et des limites de l'administration de probiotiques aux colonies. En fin de compte, en renversant les effets subléthaux des pesticides grâce à certains probiotiques, nous pouvons aider à améliorer à long terme la survie de ces pollinisateurs.

Téléchargeable <https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00022>

6- Une larve mal nourrie est une larve plus sensible à l'infection par la loque américaine

Moliné, M. de la P., Fernández, N.J., Damiani, N., Churio, M.S., Gende, L.B., 2020. The effect of diet on *Apis mellifera* larval susceptibility to *Paenibacillus larvae*. *Journal of Apicultural Research* 1–8.

Résumé : Les abeilles sont menacées par les changements dans leurs ressources alimentaires. La loque américaine (AFB), causée par la bactérie *Paenibacillus larvae*, affecte les larves d'*Apis mellifera* qui deviennent progressivement plus résistantes à la maladie avec l'âge. Il a été suggéré que des restrictions nutritionnelles pourraient entraîner une sensibilité accrue lors d'une exposition à des agents pathogènes. Notre recherche, menée sur des larves d'abeilles mellifères élevées en laboratoire, visait à analyser les effets de la qualité de l'alimentation sur la sensibilité des larves d'*Apis mellifera* aux infections à *Paenibacillus larvae*. Les valeurs de la dose létale qui ont tué 50 % des larves inoculées (DL₅₀) ont été déterminées pour cinq souches de *P. larvae* de type ERIC I. La virulence variait de 2 spores par µl pour la souche « N15 » à 906 spores par µl pour la souche « Miramar ». Différents groupes de larves infectées par la moitié des DL₅₀ de souches de *P. larvae* ont été nourris avec le régime alimentaire de référence Aupinel (avec des augmentations quotidiennes de glucose, fructose, d'extraits de levures et de gelée royale) et quatre modalités différentes de celui-ci. Les résultats montrent que l'absence d'un composant de ce régime alimentaire a tendance à entraîner une augmentation de la mortalité associée à l'infection, de façon variable selon la virulence de la souche et selon le composant supprimé. La suppression du glucose et du fructose, et principalement la privation de gelée royale, modifie la sensibilité des larves à la loque américaine et affectent leur survie.

Non téléchargeable gratuitement

7- L'herbicide Glyphosate n'est pas anodin sur les larves d'ouvrières à très faibles doses

Vázquez, D.E., Latorre-Estivalis, J.M., Ons, S., Farina, W.M., 2020. Chronic exposure to glyphosate induces transcriptional changes in honey bee larva: A toxicogenomic study. *Environmental Pollution* 261, 114148.

Résumé : L'abeille mellifère *Apis mellifera* est le pollinisateur élevé le plus répandu dans les diverses cultures mondiales. En conséquence, il est exposé à une pléthore de stress environnementaux parmi lesquels se trouvent les produits phytopharmaceutiques utilisés en agriculture. Dans les écosystèmes agricoles, l'herbicide glyphosate (GLY) est un des plus appliqués. Dans les évaluations en laboratoire, le GLY affecte le développement larvaire de l'abeille domestique en retardant sa mue, entre autres effets négatifs. Cependant, on ne sait pas encore dans quelle mesure le GLY affecte la physiologie des larves lorsqu'il n'y a pas de signes observables de toxicité. Nous avons utilisé un protocole expérimental longitudinal en utilisant un élevage *in vitro*. Les larves ont été nourries avec des aliments contenant ou non une dose subléthale de GLY en exposition chronique (120 h). Les individus sans signes de toxicité observables ont été échantillonnés et leur profil d'expression génétique a été analysé selon une approche transcriptomique pour comparer les traitements. Bien que 29 % des larves étaient asymptomatiques dans le groupe exposé, elles présentaient des changements transcriptionnels de plusieurs gènes après l'apport chronique de GLY. Un total de 19 transcriptions a été exprimé différemment dans l'expérience RNA-Seq, principalement en relation avec la réponse immunitaire et les processus métaboliques intermédiaires. De plus, les catégories fonctionnelles augmentées dans le transcriptome des larves asymptomatiques exposées étaient liées à des enzymes possédant une activité catalytique et d'oxydo-réduction. Nos résultats suggèrent un catabolisme et un métabolisme oxydatif accrus chez les larves d'abeilles mellifères lors d'une exposition subléthale au GLY, même en l'absence de signes cliniques observables.

NB : La transcriptomique est l'étude de l'ensemble des ARN messagers produits lors du processus de transcription d'un génome. Elle repose sur la quantification systématique de ces ARNm, ce qui permet d'avoir une indication relative du taux de transcription de différents gènes dans des conditions données.

Non téléchargeable gratuitement

8- Nosema, avec ou sans pesticide, perturbe le microbiote intestinal

Paris, L., Peghaire, E., Moné, A., Diogon, M., Debroas, D., Delbac, F., El Alaoui, H., 2020. Honeybee gut microbiota dysbiosis in pesticide/parasite co-exposures is mainly induced by *Nosema ceranae*. *Journal of Invertebrate Pathology* 107348

Résumé : Les abeilles assurent un service écosystémique clé en pollinisant de nombreuses cultures agricoles et des plantes sauvages. Cependant, au cours des dernières décennies, les colonies d'abeilles domestiques ont diminué en Europe et en Amérique du Nord. Les chercheurs ont identifié à la fois les parasites et les pesticides comme les plus importants facteurs impliqués. L'infection par le parasite *Nosema ceranae* et l'exposition aux pesticides peut contribuer à une dysbiose intestinale, affectant la physiologie des abeilles. Ici, nous avons examiné et quantifié les effets de *N. ceranae*, du néonicotinoïde thiaméthoxam, du phénylpyrazole fipronil et du carboxamide boscalid, seuls et en association, sur le microbiote intestinal des abeilles. Les expositions chroniques au fipronil et au thiaméthoxame seuls ou associés à *N. ceranae* ont considérablement réduit la survie des abeilles, tandis que le fongicide boscalid n'a eu aucun effet sur les abeilles non infectées. Fait intéressant, une mortalité accrue a été observée pour les abeilles infectées par *N. ceranae* après exposition au boscalid, avec des effets synergiques négatifs. En ce qui concerne la composition du microbiote intestinal, les coexpositions au parasite et à chaque pesticide ont entraîné une diminution d'abondance d'*Alphaproteobacteria*, et une augmentation de l'abondance de *Gammaproteobacteria*. Le parasite a également induit une augmentation de la diversité alpha bactérienne (richesse en espèces). Nos résultats ont démontré que l'exposition des abeilles à *N. ceranae* et / ou aux pesticides joue un rôle significatif dans la santé de la colonie et est associé à une dysbiose du microbiote intestinal.

Non téléchargeable gratuitement

9- Une méthode efficace pour réduire les cas de loque américaine

Locke, B., Low, M., Forsgren, E., 2019. An integrated management strategy to prevent outbreaks and eliminate infection pressure of American foulbrood disease in a commercial beekeeping operation. *Preventive Veterinary Medicine* 167, 48–52.

Résumé : La loque américaine (AFB), causée par la bactérie Gram-positif *Paenibacillus larvae*, est considérée comme la maladie bactérienne la plus contagieuse et la plus destructrice des colonies d'abeilles dans le monde. La nature très résiliente des spores de *P. larvae* pose un problème difficile pour le contrôle des cas d'AFB. La destruction par le feu des colonies symptomatiques est considéré comme la seule stratégie valable pour empêcher la propagation de la maladie. L'utilisation d'antibiotiques est interdite dans les pays de l'UE, et bien qu'elle soit couramment utilisée aux États-Unis et au Canada, elle ne permet que de masquer les signes cliniques sans empêcher la propagation de la maladie. Sans surprise, il y a une demande accrue pour des stratégies sans produits chimiques pour prévenir et contrôler les cas d'AFB. Le but de cette étude était de mettre en place un programme de gestion à long terme de la maladie pour réduire la pression d'infection et éliminer les épizooties d'AFB. L'étude a été conduite au sein d'une exploitation professionnelle apicole du centre de la Suède avec un historique récurrent de foyers d'AFB. Pendant 5 ans, *P. larvae* a été recherchée pour être cultivée à partir d'échantillons d'abeilles adultes prélevés à l'automne. Au printemps suivant, toutes les colonies reconnues comme infectées de façon subclinique ont été secouées et transvasées dans du nouveau matériel et mises en quarantaine du reste de l'exploitation. Après la première année, aucun signe clinique de loque américaine n'a plus été observé, et au cours des 5 années de l'étude, la proportion de ruchers abritant des spores de *P. larvae* est passée de 74 % à 4 %. Une analyse de régression multinomiale a également clairement démontré que la proportion de colonies infectées avec les niveaux les plus élevés de spores a diminué de manière spectaculaire de sorte qu'à la fin de l'étude, les seuls ruchers infectés se trouvaient dans la catégorie de numération des spores la plus faible (les trois catégories de numération des spores les plus élevées ayant été éradiqué). Ces résultats démontrent l'importance des pratiques apicoles sur l'épidémiologie des maladies telles que l'AFB. La détection précoce subclinique du portage de spores et la gestion de la quarantaine, comme présenté ici, peut fournir une solution préventive efficace, sans produits chimiques et durable, pour réduire à la fois l'incidence des épizooties et le risque de transmission dans le temps à grande échelle.

Téléchargeable <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.03.023>

10- La propolis serait efficace pour réduire le portage de spores de *Nosema ceranae*

Mura, A., Pusceddu, M., Theodorou, P., Angioni, A., Floris, I., Paxton, R.J., Satta, A., 2020. Propolis Consumption Reduces *Nosema ceranae* Infection of European Honey Bees (*Apis mellifera*). *Insects* 11, 124.

Résumé : *Nosema ceranae* est un parasite ubiquiste, intracellulaire obligatoire du ventricule de nombreuses espèces d'abeilles mellifères (du genre *Apis*), y compris les abeilles mellifères européennes *Apis mellifera* chez laquelle il peut conduire à la mort de la colonie. L'infection peut être contrôlée chez *A. mellifera* en administrant de la Fumagilline à une colonie, mais ce produit est toxique pour l'homme et son utilisation est désormais interdite dans de nombreux pays, et donc en apiculture il existe un besoin concernant des alternatives sûres et efficaces contre *N. ceranae*. Les abeilles produisent de la propolis à partir de substances résineuses prélevées sur les plantes et l'utilisent pour protéger leur nid à couvain des parasites et pathogènes ; la propolis diminuant la charge microbienne globale de la ruche. Nous avons émis l'hypothèse que la propolis pourrait également réduire l'infection par *N. ceranae* des abeilles adultes et qu'elles pourraient consommer cette propolis telle une forme d'automédication. Pour tester ces hypothèses, nous avons évalué les effets sur la longévité et sur la charge en spores d'un extrait éthanolique de propolis administré par voie orale sur des abeilles expérimentalement infectées par *N. ceranae*, et nous avons également testé si les abeilles infectées étaient plus attirées et si elles consommaient une plus grande proportion d'aliment contenant de la propolis par rapport aux abeilles non infectées. Les extraits alcooliques de propolis (lot traité) et l'éthanol (lot témoin) ont tous les deux augmenté la durée de vie des abeilles infectées par *N. ceranae*, mais seul l'extrait alcoolique de propolis a considérablement réduit la charge en spores. Notre extrait de propolis contient principalement des dérivés de l'acide caféique, de l'acide férulique, de l'acide ellagique et de la quercétine. Les tests de consommation de nourriture n'ont révélé aucune préférence des abeilles infectées par *N. ceranae* pour le candy commercial contenant de la propolis. Nos recherches soutiennent l'hypothèse que la propolis représente un produit sûr et efficace pour lutter contre *N. ceranae*, mais les abeilles ouvrières ne semblent pas l'utiliser pour s'automédiquer naturellement lorsqu'elles sont infectées par cet agent pathogène.

Téléchargeable <https://doi.org/10.3390/insects11020124>