

SOMMAIRE

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

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

-
- 1- La sirtuine : une enzyme cruciale pour la résistance d'*Apis mellifera* au froid**
(Zhang et al., 2022 ; *Journal of Advanced Research* ; IF 12,82)
 - 2- Chez le faux bourdon également, ce n'est pas la taille qui compte**
(Bratu et al., 2022 ; *Insects* ; IF 3,14)
 - 3- Les chiens sont capables de dépister jusqu'à la présence de spores de *Paenibacillus larvae* !**
(Thomson et al., 2023 ; *Animals* ; IF 3,23)
 - 4- Le réchauffement climatique aura des effets désastreux sur les interactions plantes-pollinisateurs**
(Manincor et al., 2023 ; *Ecology Letters* ; IF 11,27)
 - 5- Infestation par *Aethina tumida* : les femelles recherchent du miel, les mâles juste du sucre**
(Montag et al., 2022 ; *Journal of Apicultural Research* ; IF 2,41)
 - 6- HMFs, HAPs, PPPs : état des lieux de ces contaminants du miel à travers l'Europe**
(Surma et al., 2023 ; *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* ; IF 3,69)
 - 7- Les récepteurs nicotiniques diffèrent en fonction de l'insecte, de son stade de vie et de ses organes**
(Witwicka et al., 2022 ; *Molecular Ecology* ; IF 6,62)
 - 8- Corrélation entre la saisonnalité des pertes et la taille des exploitations apicoles aux USA**
(Bruckner et al., 2023 ; *Journal of Apicultural Research* ; IF 2,41)
 - 9- Les apiculteurs reconnaissent mondialement l'intérêt du sanitaire en apiculture**
(Carolis et al., 2022 ; *Applied Sciences* ; IF 2,84)
 - 10- Six décennies d'apiculture mondiale passées à la loupe**
(Phiri et al., 2022 ; *Scientific Reports* ; IF 5,00)
-

Ont collaboré à ce numéro : C. Lantuejoul, B. Faure, S. Boucher, G. Therville, S. Hoffmann & Ch. Roy

Version anglaise : S. Hoffmann, Ch Roy & 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- La sirtuine : une enzyme cruciale pour la résistance d'*Apis mellifera* au froid

Zhang, Y., Liu, A., Huang, S.K., Evans, J.D., Cook, S.C., Palmer-Young, E., Corona et al., 2022. Mediating a host cell signaling pathway linked to overwinter mortality offers a promising therapeutic approach for improving bee health. *Journal of Advanced Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2022.12.011>

Résumé : Les abeilles mellifères fournissent de précieux services de pollinisation pour les plantes cultivées et les fleurs sauvages qui sont l'habitat de nombreuses espèces animales et qui contribuent à lutter contre le réchauffement climatique en éliminant le dioxyde de carbone de l'atmosphère. Néanmoins, les populations d'abeilles sont en déclin et la majorité des pertes de colonies se produisent pendant l'hiver. Le but de cette étude était de comprendre les mécanismes sous-jacents aux pertes de colonies durant l'hivernage et d'aboutir à l'élaboration de nouvelles stratégies thérapeutiques pour améliorer la santé des abeilles. Premièrement, la prévalence des agents pathogènes des abeilles hivernantes a été examinée entre 2015 et 2018. Deuxièmement, le séquençage de l'ARN (ARN-Seq) pour le profilage transcriptionnel des abeilles hivernantes a été effectué et comparé au qRT-PCR pour confirmer les résultats de l'expression différentielle de gènes sélectionnés. Enfin, des essais biologiques en laboratoire ont été effectués pour mesurer les effets du froid sur la survie et les réactions au stress des abeilles et pour évaluer l'effet d'un nouveau traitement pour soulager le stress lié au froid chez les abeilles mellifères. Nous avons déterminé que la voie de signalisation de la sirtuine* est la voie la plus significativement impactée parmi les gènes régulés à la baisse (DEGs) chez les hivernantes malades. Nous avons montré que l'expression du gène SIRT1, une sirtuine majeure qui gère l'énergie et le métabolisme immunitaire, était significativement régulée à la baisse chez les abeilles simplement exposées au froid, liant le stress du froid avec l'expression modifiée du gène SIRT 1. De plus, nous avons démontré que l'activation de l'expression du gène SIRT1 par SRT1720, un activateur de l'expression SIRT1, pourrait améliorer la physiologie et prolonger la durée de vie des abeilles stressées par le froid. Notre étude suggère que l'augmentation de consommation d'énergie des abeilles hivernantes pour maintenir la température des ruches réduit l'allocation d'énergie aux fonctions immunitaires, rendant ainsi les abeilles hivernantes plus vulnérables aux infections et entraînant de fortes pertes de colonies hivernales. Les nouvelles informations obtenues dans le cadre de cette étude constituent une voie prometteuse pour l'élaboration de stratégies thérapeutiques pour atténuer les pertes de colonies, aussi bien en hiver qu'en saison.

* la sirtuine est une protéine enzymatique. Elle intervient dans différents processus : inflammation, restriction énergétique, biogenèse des mitochondries, résistance au stress, sénescence cellulaire, fonction endothéliale, apoptose et rythme circadien.

Téléchargeable <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090123222002909>

2- Chez le faux bourdon également, ce n'est pas la taille qui compte

Bratu, I.C., Igna, V., Simiz, E., Dunea, I.B., Pătruică, S., 2022. The Influence of Body Weight on Semen Parameters in *Apis mellifera* Drones. *Insects* 13. <https://doi.org/10.3390/insects13121141>

Résumé : La quantité et la qualité du sperme des faux bourdons ont une influence significative sur les performances des colonies. L'existence d'un nombre réduit de faux bourdons matures pour participer à l'accouplement des reines, ainsi qu'un nombre suffisant de faux bourdons mais avec un sperme de mauvaise qualité peuvent avoir de sérieuses implications sur la productivité des colonies. Notre étude visait à étudier la corrélation entre deux gammes de poids vif de mâles et les paramètres du sperme chez l'abeille Buckfast, données qui pourraient être intégrées dans l'optimisation de l'insémination instrumentale chez les reines. Le sperme a été collecté à partir de deux groupes de faux bourdons ayant des poids différents (200-240 mg et 240-280 mg). Le volume de sperme, sa concentration, la motilité, les caractères morphologiques et l'intégrité de la membrane des spermatozoïdes ont été analysés. L'indicateur de phénotype lié à la masse en corrélation avec les principaux paramètres du sperme étudiés donne un faible rapport d'influence ou de causalité. Chez les mâles ayant une masse de 240-280 mg, un pourcentage plus élevé de spermatozoïdes présentant des caractères morphologiques anormaux (> 9,60 %) a été enregistré, par rapport aux faux bourdons ayant une masse de 200-240 mg. L'étude révèle que les faux bourdons de poids supérieur ont une concentration plus élevée de spermatozoïdes mais également un pourcentage plus élevé de spermatozoïdes présentant des caractères morphologiques anormaux.

Téléchargeable <https://www.mdpi.com/2075-4450/13/12/1141/pdf?version=1670753614>

3- Les chiens sont capables de dépister jusqu'à la présence de spores de *Paenibacillus larvae* !

Thomson, N., Taylor, M., Gifford, P., Sainsbury, J., Cross, S., 2023. Recognition of an Odour Pattern from *Paenibacillus larvae* Spore Samples by Trained Detection Dogs. *Animals* 13. <https://doi.org/10.3390/ani13010154>

Résumé : Les spores de la bactérie *Paenibacillus larvae* jouent un rôle central dans la transmission de la loque américaine, une maladie majeure des colonies d'abeilles mellifères (*Apis mellifera*). Cette étude a cherché à savoir si des chiens de détection entraînés pouvaient reconnaître une odeur spécifique à partir d'échantillons de spores de *P. larvae*. Bien que les chiens aient déjà été utilisés pour détecter des larves malades dans des colonies atteintes de la loque américaine, c'est la première fois qu'ils ont été étudiés pour la détection des spores de *Paenibacillus larvae*. Étant donné que les spores sont métaboliquement inactives, on ne savait pas si les échantillons de spores produiraient suffisamment de composés organiques volatils pour former un profil olfactif détectable par les chiens. Trois chiens ont été entraînés à identifier les échantillons de spores de *P. larvae* produits en laboratoire et ont été systématiquement désensibilisés aux odeurs non cibles à l'aide d'une série d'échantillons témoins négatifs. Deux des chiens ont terminé leur formation avec succès et ont ensuite été testés en demandant à chaque chien d'effectuer six recherches dans un carrousel de détection d'odeurs, le dresseur ne sachant pas où se trouvait l'emplacement des échantillons de spores. Dans ce test à choix forcé, chaque chien devait identifier un échantillon de spores contenant environ 93 à 265 millions de spores de *P. larvae*, parmi sept échantillons. Les deux chiens ont identifié correctement l'échantillon de spores à chaque fois (taux de réussite de 100 %). La probabilité que ce résultat soit le fruit du hasard était de $p = 0,0000038$. Par conséquent, cette étude démontre que les chiens peuvent reconnaître un profil olfactif caractéristique de spores bactériennes, dans ce cas de *P. larvae*, et apporte une preuve pour des recherches plus approfondies sur l'utilisation de chiens de détection pour réduire la propagation de la loque américaine dans les exploitations apicoles.

Téléchargeable <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/1/154/pdf?version=1672459116>

4- Le réchauffement climatique aura des effets désastreux sur les interactions plantes-pollinisateurs

Manincor, N. de, Fisogni, A., Rafferty, N.E., 2023. Warming of experimental plant-pollinator communities advances phenologies, alters traits, reduces interactions and depresses reproduction. *Ecology Letters*. <https://doi.org/10.1111/ele.14158>

Résumé : Le changement climatique peut perturber les mutualismes plantes-pollinisateurs en générant des asynchronies phénologiques et en modifiant les caractéristiques qui déterminent les coûts/bénéfices de ces interactions. Nos connaissances se limitent actuellement à des études qui ne se consacrent qu'à un seul des deux partenaires ou qui se concentrent sur les décalages phénologiques. Nous avons assemblé des communautés de trois plantes annuelles et d'une abeille solitaire avant la floraison et l'émergence de celle-ci afin de tester comment le réchauffement printanier affecte les phénologies, les traits, les interactions et les paramètres de la reproduction. Le réchauffement a avancé le début, le pic et la fin de la floraison au niveau de la communauté mais n'a pas modifié l'émergence des abeilles. Les communautés végétales « réchauffées » ont produit des fleurs moins nombreuses et plus petites, avec moins de nectar plus concentré, ce qui réduit l'attractivité des pollinisateurs, tandis que les abeilles « réchauffées » devenaient plus généralistes dans leur butinage, ce qui réduit leur efficacité pollinisatrice. Les interactions plantes-abeilles étaient moins fréquentes, plus courtes et se terminaient plus tôt sous l'effet du réchauffement. En conséquence, les plantes « réchauffées » ont produit des graines moins nombreuses et plus légères, ce qui indique des coûts d'adaptation en lien avec les pollinisateurs. Le changement climatique perturbera les mutualismes plantes-pollinisateurs, causant des effets de grande ampleur sur les espèces partenaires et diminuant les services écosystémiques qu'ils fournissent.

Téléchargeable <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/ele.14158>

5- Infestation par *Aethina tumida* : les femelles recherchent du miel, les mâles juste du sucre

Montag, W., Liao, L.-H., Berenbaum, M.R., 2022. Sexually dimorphic responses to monofloral honeys in the small hive beetle, *Aethina tumida* Murray (Coleoptera: Nitidulidae). Journal of Apicultural Research 0, 1–9. <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2147712>

Résumé : Parmi les vingt espèces de coléoptères de six familles et quatorze genres qui vivent dans les ruches d'*Apis mellifera*, seul le petit coléoptère de la ruche (PCR), *Aethina tumida*, présente des attributs caractéristiques d'un mode de vie parasitaire intégré. Cette espèce est un ravageur qui peut causer de graves dommages aux colonies affaiblies. Les adultes du petit coléoptère ont tendance à se disperser sur de longues distances après leur éclosion et semblent se fier aux odeurs de nourriture pour localiser les ruches à infester. Nous avons donc émis l'hypothèse que les sources florales des nectars transformés en miel stockés dans les ruches pouvaient influencer l'orientation des coléoptères vers les ruches et leurs préférences alimentaires. Nous avons effectué des tests de préférence sur des PCRs individuels dans une enceinte fermée avec plusieurs régimes de substitution de pâtes protéinées, chacun d'entre eux étant préparé avec l'un des trois miels monofloraux (*Nyssa ogeche* Tupelo blanc (plante de Caroline du Sud, d'Alabama ou de Floride NDLR), *Robinia pseudoacacia* Robinier faux-acacia, et *Fagopyrum esculentum* Sarrasin) ou un témoin sucré dans lequel la concentration en sucre était similaire à celle de chaque miel testé. Les PCRs mâles ou femelles ont réagi différemment aux choix alimentaires. Les femelles ont préféré les régimes à base de miel monofloral (74 %) au témoin, et, parmi les trois miels monofloraux, ont montré une forte préférence pour le régime à base de miel de Tupelo blanc par rapport aux régimes témoins. En revanche, 41 % des petits coléoptères mâles dans les essais individuels ont préféré le régime témoin aux régimes contenant des miels monofloraux. Ces résultats suggèrent que pour les mâles, la capacité à détecter les sources de sucre est le principal déterminant de la préférence, alors que, probablement en fonction des besoins nutritionnels pour la ponte, les femelles *Aethina* peuvent être sensibles à une gamme plus large d'indices liés à la nourriture pour augmenter la probabilité d'identifier des ruches bien approvisionnées.

Non téléchargeable gratuitement

6- HMFs, HAPs, PPPs : état des lieux de ces contaminants du miel à travers l'Europe

Surma, M., Sadowska-Rociek, A., Draszanowska, A., 2023. Levels of Contamination by Pesticide Residues, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs), and 5-Hydroxymethylfurfural (HMF) in Honeys Retailed in Europe. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. <https://doi.org/10.1007/s00244-022-00970-3>

Résumé : Le miel est consommé dans le monde entier en raison de ses propriétés nutritionnelles, thérapeutiques et médicinales. En général, le miel est livré au consommateur sous une forme brute, mais il est souvent contaminé de diverses façons. Cette étude a été élaborée pour vérifier la présence de résidus de produits phytopharmaceutiques (PPPs), les concentrations d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs) et la teneur en 5-hydroxyméthylfurfural (HMF) dans des miels européens sélectionnés (26 échantillons) obtenus dans des magasins. Parmi les pesticides organochlorés (OCs), le plus fréquemment détecté était le 4,4'-DDD qui a été retrouvé dans quatorze échantillons de miel. Le miel de colza slovaque est considéré comme le plus pollué en raison de la présence de huit OC. La présence de pesticides organophosphorés (OPs) a été détectée dans tous les échantillons analysés, et au moins un OP dans chaque échantillon testé a dépassé la limite acceptable. Des HAPs ont été détectés dans la plupart des échantillons analysés. En ce qui concerne les HAP4s*, le benzo[a]pyrène a été trouvé dans du miel de forêt de Slovaquie et dans le miel de tilleul de Pologne, tandis que le miel de fleurs sauvages du Royaume-Uni contenait le niveau le plus élevé de HAP4s. Les miels étudiés en Espagne et en France satisfaisaient aux exigences relatives à la teneur en HMF, tandis que les miels d'origine slovaque, italienne et polonaise dépassaient dans la plupart des cas les niveaux établis (40 mg/kg).

*HAP4 : Dans l'Union Européenne, la législation existante recommande l'utilisation de la somme de quatre HAPs reconnus comme mutagènes et cancérogènes (benzo[a]anthracène, chrysène, benzo[b]fluoranthène et benzo[a]pyrène) comme marqueur de HAPs dans les aliments.

Téléchargeable <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00244-022-00970-3.pdf>

7- Les récepteurs nicotiniques diffèrent en fonction de l'insecte, de son stade de vie et de ses organes

Witwicka, A., López-Osorio, F., Patterson, V., Wurm, Y., 2022. Expression of subunits of an insecticide target receptor varies across tissues, life stages, castes, and species of social bees. *Molecular Ecology*. <https://doi.org/10.1111/mec.16811>

Résumé : Les disparitions d'insectes dans le monde mettent en péril la stabilité des écosystèmes et la pollinisation des cultures. Des preuves solides indiquent que les insecticides ont contribué à ces pertes. Les insecticides ciblant les récepteurs nicotiniques de l'acétylcholine (nAChR) ont notamment des effets neurotoxiques sur les insectes utiles. Étant donné que chaque nAChR est constitué de cinq sous-unités, la combinaison de sous-unités alternatives permet de générer une multitude de récepteurs dont la structure et la fonction diffèrent. Par conséquent, il est essentiel de comprendre si l'utilisation des sous-unités varie pour évaluer et prévoir les effets des insecticides ciblant ces récepteurs. Pour mieux comprendre comment la fonction et la composition des nAChRs diffèrent au sein des insectes pollinisateurs et entre eux, nous avons analysé les données d'expression génique (RNA-seq) provenant de différents tissus et castes d'abeilles mellifères (*Apis mellifera*) et de différents stades de vie et castes de bourdons (*Bombus terrestris*). Nous révélons que tous les tissus analysés expriment des nAChRs et que les niveaux d'expression relatifs des sous-unités de nAChRs varient largement lors de toutes les comparaisons. Notre travail montre donc une expression spatiale et temporelle finement ajustée des nAChRs. Étant donné que la co-expression des sous-unités est à la base de la diversité de composition des récepteurs fonctionnels et que les affinités des insecticides dépendent de la composition des nAChRs, nos résultats fournissent une explication potentielle quant aux divers effets nuisibles des insecticides ciblant les nAChRs sur les insectes. En outre, nos résultats indiquent que l'évaluation des risques liés aux insecticides doit tenir compte de la variation des cibles moléculaires.

Téléchargeable <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/mec.16811>

8- Corrélation entre la saisonnalité des pertes et la taille des exploitations apicoles aux USA

Bruckner, S., Wilson, M., Aurell, D., Rennich, K., vanEngelsdorp, D., Steinhauer, N., Williams, G.R., 2023. A national survey of managed honey bee colony losses in the USA: results from the Bee Informed Partnership for 2017–18, 2018–19, and 2019–20. *Journal of Apicultural Research*. <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2158586>

Résumé : Depuis plus d'une décennie, les apiculteurs américains connaissent des pertes de colonies d'abeilles mellifères (*Apis mellifera*) élevées. Des efforts de surveillance pluriannuels et à long terme sont essentiels pour fournir un contexte temporel et spatial à ces pertes. Pour les documenter et les expliquer, le Bee Informed Partnership a mené des enquêtes nationales sur les colonies d'abeilles mellifères depuis le printemps 2011, poursuivant le travail des enquêtes commandées pour la première fois par les Apiary Inspectors of America au printemps 2007. Nous présentons ici les résultats des enquêtes de trois années 2017-2018, 2018-2019 et 2019-2020. Chaque année, les taux de perte de colonies ont été estimés et comparés entre trois périodes de pertes (été, hiver et annuelle) et trois types d'exploitation apicole en fonction de leur nombre de colonies (amateurs : ≤ 50 colonies, semi-professionnels : 51-500 colonies et professionnels >500 colonies). Au niveau national, nous avons enregistré les taux de perte de colonies en hiver les plus élevés (37,7 %) en 2018-2019, tandis que 2019 a marqué l'année des pertes estivales les plus élevées (32,1 %). Comme cela a déjà souligné par les enquêtes précédentes, nous avons observé que les apiculteurs amateurs ont connu les taux de pertes hivernales les plus élevés par rapport aux types d'exploitation plus importants. De même, les apiculteurs professionnels ont connu des taux de perte plus élevés pendant l'été par rapport aux autres types d'exploitation. Dans l'ensemble, nos résultats soulignent la variabilité temporelle des taux de perte de colonies aux États-Unis, notamment entre les périodes et les années de perte, et suggèrent un effet important de la taille des exploitations apicoles.

Téléchargeable <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00218839.2022.2158586>

9- Les apiculteurs reconnaissent mondialement l'intérêt du sanitaire en apiculture

Carolis, A.D., Newmark, A.J., Kim, J., Cazier, J., Hassler, E., Pietropaoli, M., Robinette, C., Formato, G., Song, J., 2022. Results of an International Survey for Risk Assessment of Honey Bee Health Concerning *Varroa* Management. Applied Sciences 13, 62. <https://doi.org/10.3390/app13010062>

Résumé : L'étude présente les résultats d'une enquête internationale en ligne concernant les bonnes pratiques apicoles et les mesures de biosécurité appropriées pour la gestion de la varroose chez *Apis mellifera*. L'enquête a été conçue comme un outil d'évaluation des risques par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la Fédération internationale des associations d'apiculteurs (Apimondia), le centre de recherche CARE de l'Université de l'Etat des Appalaches et l'Institut IZSLT de Lazio et de Toscane. Les données recueillies ont fait l'objet d'une enquête sur les techniques apicoles, les traitements et la formation des apiculteurs concernant le *Varroa*. L'idée était de valider un outil capable de collecter et de comparer, dans les différentes régions du monde, les mesures de gestion adoptées par les apiculteurs pour faire face à cette maladie parasitaire majeure des abeilles mellifères. L'enquête a été diffusée en ligne pendant 14 mois (de janvier 2019 à mars 2020) sur le site internet de la FAO. Au total, 861 réponses ont été reçues, la plupart provenant d'Amérique (20,9 %) et d'Europe (74,7 %). Concernant les mesures de contrôle utiles dans la lutte contre le *Varroa*, les résultats ont montré une prise de conscience globale de l'utilité des mesures de biosécurité en apiculture. La majorité des apiculteurs (89,9 % en Amérique et 82,8 % en Europe) répondent être intéressés par une formation complémentaire sur la santé des abeilles et, en même temps, étaient prêts à se connecter avec des experts vétérinaires spécialisés en apiculture. C'est une indication que les apiculteurs reconnaissent l'importance de la formation et des conseils d'experts. Cette étude a révélé l'efficacité de l'enquête adoptée en tant qu'outil d'évaluation utile qui sera davantage diffusé, même dans des régions géographiques jusqu'ici non étudiées, afin de fournir des informations utiles sur la situation du secteur apicole.

Téléchargeable <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/1/62>

10- Six décennies d'apiculture mondiale passées à la loupe

Phiri, B.J., Fèvre, D., Hidano, A., 2022. Uptrend in global managed honey bee colonies and production based on a six-decade viewpoint, 1961–2017. Scientific Reports 12, 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25290-3>

Résumé : Nous avons mené une étude rétrospective afin d'examiner les tendances à long terme de la population mondiale d'abeilles mellifères et de ses deux principaux produits : le miel et la cire d'abeille. Notre analyse s'est basée sur les données recueillies par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) de 1961 à 2017. Au cours de cette période, nous avons constaté une augmentation mondiale du nombre de colonies d'abeilles mellifères gérées (+85 %), de la production de miel (+181 %) et de la production de cire d'abeille (+116 %). La quantité de miel produite par colonie a augmenté de 45 %, ce qui indique une amélioration de l'efficacité de la production de miel. Parallèlement, la population humaine a augmenté de 144 %. Alors que le nombre absolu de colonies gérées a augmenté dans le monde, son nombre par habitant a diminué de 19,9 %, passant de 13,6 colonies pour 1 000 habitants en 1961 à 10,9 colonies pour 1 000 habitants en 2017. La cire d'abeille a connu une tendance similaire, la production mondiale par habitant ayant diminué de 8,5 %, passant de 8,2 à 7,5 kg pour 1000 habitants. En revanche, la production mondiale de miel par habitant a augmenté de 42,9 % au niveau mondial. La croissance de la population humaine mondiale a dépassé celle des colonies d'abeilles mellifères gérées. Si cette tendance se poursuit, il est possible que le nombre de pollinisateurs ne permette plus d'assurer la pollinisation des cultures en lien avec l'augmentation du nombre de consommateurs. Pour atténuer ces défis, les solutions locales seront essentielles, car les facteurs d'influence varient selon les régions.

Téléchargeable <https://www.nature.com/articles/s41598-022-25290-3.pdf>