

## SOMMAIRE

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

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

- .....
- 1- BeeGUTS – une modélisation TKTD plus fiable pour *Apis mellifera* à l’avenir ?**  
(Baas et al., 2022 ; *Environmental Toxicology and Chemistry* ; IF 3,74)
  - 2- La nature protéique du pollen a un effet sur les performances et la longévité des colonies**  
(Topal et al., 2022 ; *Insects* ; IF 2,77)
  - 3- Bilan des résistances de *Varroa* aux acaricides après quelques décennies de lutte**  
(Mitton et al., 2022 ; *International Journal of Pest Management* ; IF 1,91)
  - 4- L’élimination du couvain de mâles est-elle vraiment utile et efficace contre le parasite *Varroa* ?** (Odemer et al., 2022 ; *Journal of Applied Entomology* ; IF 2,60)
  - 5- Une large enquête sur les stratégies de traitement du parasite *Varroa* en Europe**  
(Brodschneider et al., 2022 ; *Journal of Pest Science* ; IF 5,92)
  - 6- Apiculture 2.0 : Relation entre poids des ruches et circulation dans les colonies**  
(Kulyukin et al., 2022 ; *Sensors* ; IF 3,58)
  - 7- Les larves d’*Apis mellifera capensis* ne sont pas davantage résistantes à *Paenibacillus larvae*** (Hristov et al., 2022 ; *Journal of Apicultural Research* ; IF 2,58)
  - 8- *Nosema ceranae* a un impact sur le microbiome intestinal d’*Apis mellifera***  
(Jabal-Uriel et al., 2022 ; *Scientific Reports* ; IF 4,38)
  - 9- Effet de l’âge et de la maturation sexuelle sur les préférences thermiques des faux-bourçons**  
(Czakońska et al., 2022 ; *PeerJ* ; IF 2,98)
  - 10- Tranquillité et sérénité : l’apiculture est synonyme de bien-être dans les Alpes italiennes**  
(Whitaker et al., 2022 ; *Ecopsychology* ; IF 1,71)
- .....

Ont collaboré à ce numéro : K. Saget, 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- BeeGUTS – une modélisation TKTD plus fiable pour *Apis mellifera* à l'avenir ?

Baas, J., Goussen, B., Miles, M., Preuss, T.G., Roessink, I., 2022. BeeGUTS – A TKTD model for the interpretation and integration of acute and chronic honey bee tests. *Environmental Toxicology and Chemistry*. <https://doi.org/10.1002/etc.5423>

**Résumé :** La compréhension de la survie des abeilles mellifères après l'exposition aux pesticides est essentielle à l'évaluation des risques environnementaux. À l'heure actuelle, les effets sur les abeilles adultes sont évalués selon les lignes directrices normalisées de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques), comme l'exposition orale aiguë et chronique et les tests d'exposition aiguë par contact. Les trois tests différents sont interprétés individuellement, sans tenir compte du fait que le même composé est étudié chez la même espèce, ce qui mène à une évaluation intégrative. Dans la présente étude, nous avons élaboré, étalonné et validé un modèle toxicocinétique-toxicodynamique (TKTD) avec dix-sept ensembles de données existants sur les effets aigus et chroniques pour les abeilles mellifères. Le modèle est basé sur le modèle de seuil unifié généralisé de survie (GUTS) qui est capable d'intégrer les différents régimes d'exposition, en tenant compte de la physiologie de l'abeille mellifère ; le modèle BeeGUTS\*. Le modèle est capable de décrire avec précision les effets dans le temps pour les trois voies d'exposition combinées dans un cadre cohérent. Le modèle peut également servir de vérification de la validité des valeurs de toxicité utilisées dans l'évaluation des risques chez les abeilles mellifères ou pour évaluer les effets de scénarios d'exposition réels. Cette nouvelle approche intégrative, qui remplace les estimations ponctuelles de toxicité et d'exposition par un lien holistique entre l'exposition et l'effet, permettra une évaluation plus fiable de la mesure de toxicité chez les abeilles mellifères à l'avenir.

\*Les modèles d'études qui ont fait leurs preuves dans la mesure de l'atteinte d'un organisme par un produit chimique sont ceux qui décrivent l'absorption et le devenir des substances chimiques dans l'organisme (toxicocinétique, TK) et leur action sur ce dernier (toxicodynamique, TD). Jusqu'à présent, ces modèles dits TKTD étaient très complexes et réservés aux spécialistes. L'un des modèles a maintenant été adapté aux professionnels sans expérience de la modélisation : le modèle GUTS permet de prédire la mortalité pour une évolution donnée de la concentration d'un composé donné. Il est disponible en version complète pour Windows ou en une version pour Matlab.

Non téléchargeable gratuitement

## 2- La nature protéique du pollen a un effet sur les performances et la longévité des colonies

Topal, E., Mărgăoan, R., Bay, V., Takma, Ç., Yücel, B., Oskay, D., Düz, G., Acar, S., Kösoğlu, M., 2022. The Effect of Supplementary Feeding with Different Pollens in Autumn on Colony Development under Natural Environment and *In Vitro* Lifespan of Honey Bees. *Insects* 13. <https://doi.org/10.3390/insects13070588>

**Résumé :** Les abeilles mellifères ont besoin de sources de pollen et de nectar pour survivre dans la nature. La présence de jeunes abeilles est particulièrement vitale dans les colonies avant l'hivernage, et une alimentation appropriée est nécessaire pour les obtenir. Dans cette étude, l'effet de l'alimentation automnale avec des sources de pollen de différents teneurs en protéines sur la performance de colonies et leur capacité d'hivernage a été mesuré. En parallèle, l'effet de ces alimentations sur la longévité *in vitro* de colonies affaiblies après avoir été nourries au miel de pin en automne ou qui devaient entrer dans la période hivernale a également été étudié. L'expérience a été réalisée sur 48 colonies divisées en six groupes : groupe témoin, groupe sirop, groupe pollen mixte, groupe pollen de *Cistus creticus* (Ciste rose), groupe pollen de *Papaver somniferum* (Pavot à opium), groupe pain d'abeille du commerce. Le groupe nourri au pollen de *P. somniferum* a montré une différence significative ( $p < 0,01$ ) par rapport aux autres groupes expérimentaux en ce qui concerne le nombre de cadres (3,44), la surface de couvain (1184,14 cm<sup>2</sup>) et la capacité d'hivernage (92,19 %). L'effet des différences nutritionnelles sur la survie s'est avéré statistiquement significatif *in vitro*, ce qui confirme les résultats observés dans l'environnement naturel ( $p < 0,001$ ). Le groupe *P. somniferum* a montré la plus grande longévité avec 23 jours. Les pollens que les abeilles ont préférés ont été ceux de *P. somniferum* (24,8 g) et de *C. creticus* (25 g) ( $p < 0,01$ ).

Téléchargeable <https://www.mdpi.com/2075-4450/13/7/588/pdf?version=1656331882>

### 3- Bilan des résistances de *Varroa* aux acaricides après quelques décennies de lutte

Mitton, G.A., Arcerito, F.M., Cooley, H., Landa, G.F. de, Eguaras, M.J., Ruffinengo, S.R., Maggi, M.D., 2022. More than sixty years living with *Varroa destructor*: a review of acaricide resistance. International Journal of Pest Management. <https://doi.org/10.1080/09670874.2022.2094489>

**Résumé :** *Varroa destructor* est l'une des plus grandes menaces pour les populations d'abeilles mellifères dans le monde. Trois classes de composés acaricides à modes d'actions disparates sont actuellement utilisées pour lutter contre les infestations causées par cet acarien : les insecticides pyréthrinoïdes : le fluvalinate et la fluméthrine ; un organophosphoré : le coumaphos et une formamidine : l'amitraz. Malheureusement, ces composés ont tendance à persister dans le miel et la cire, ce qui compromet la santé des abeilles et contamine les produits de la ruche consommés ou utilisés par les humains. En outre, l'utilisation excessive de composés synthétiques favorise l'émergence de résistances aux acaricides chez *V. destructor*. Les données actuelles suggèrent que la résistance aux insecticides pyréthrinoïdes chez *V. destructor* est apparue initialement en Italie pendant une période de quatre ans d'application intensive de pyréthrinoïdes vers la fin des années 80. Par la suite, plusieurs cas de populations résistantes ont été signalés dans le monde. Plus de données sont nécessaires pour suivre l'origine et la dispersion des acariens résistants au coumaphos et à l'amitraz. On sait peu de choses sur les procédures génétiques conduisant à la fixation des gènes de résistance aux acaricides, qui peuvent varier en fonction de la génétique des acariens, des conditions environnementales et des pratiques apicoles. Cette revue met en évidence les principaux aspects associés au développement des résistances aux acaricides et des stratégies alternatives sont suggérées pour faire face à cette problématique.

Non téléchargeable gratuitement

### 4- L'élimination du couvain de mâles est-elle vraiment utile et efficace contre le parasite *Varroa* ?

Odemer, R., Odemer, F., Liebig, G., Craigher, D. de, 2022. Temporal increase of *Varroa* mites in trap frames used for drone brood removal during the honey bee season. Journal of Applied Entomology. <https://doi.org/10.1111/jen.13046>

**Résumé :** Les acariens parasites *Varroa* sont fortement attirés par le couvain de faux-bourçons des abeilles mellifères (*Apis mellifera*) car cela augmente leurs chances de se reproduire avec succès. Par conséquent, l'élimination du couvain de faux-bourçons à l'aide de cadres-pièges est une pratique courante chez les apiculteurs en Europe et fait partie des méthodes de lutte intégrée contre le *Varroa*. Cependant, elle est considérée comme exigeante en main-d'œuvre et des doutes subsistent quant à l'efficacité de cette mesure. À ce jour en effet, on ignore encore combien d'acariens un cadre de faux-bourçons peut porter à différents moments de la saison, et combien d'acariens peuvent être soustraits à la colonie en moyenne si cette mesure est effectuée fréquemment. Pour répondre à cette question, nous avons échantillonné un total de 262 cadres de faux-bourçons avec une proportion variable de cellules operculées (de 5 à 100 %) provenant de 18 ruchers différents. Les acariens ont été dénombrés par lavage du couvain collecté de la mi-avril jusqu'à mi-juillet selon une méthode standard afin d'obtenir des résultats comparables. Nous avons constaté qu'un cadre de faux-bourçons portait environ 71,5 acariens (médiane), et qu'avec le retrait de quatre cadres de piège, environ 286 acariens peuvent donc être éliminés par colonie et par saison. De plus, le nombre d'acariens était significativement plus élevé en juin et juillet par rapport à avril et mai (Tukey-HSD,  $P < 0,05$ ). Le nombre d'acariens et la proportion de cellules operculées, cependant, n'étaient pas corrélés ( $R^2 < 0,01$  ;  $P < 0,05$ ). Nos résultats suggèrent que l'élimination du couvain de mâles est efficace pour réduire le nombre de *Varroa destructor* dans les colonies, ce qui confirme les résultats d'études précédentes sur l'efficacité de cette mesure. Bien que le nombre d'acariens varie, nous pensons que l'augmentation de la taille de l'échantillon sur différentes saisons et différents sites pourrait permettre de mieux comprendre les modalités d'infestation du couvain de mâles et, en fin de compte, améliorer l'efficacité de l'élimination du couvain de faux-bourçons comme outil de lutte intégrée contre les parasites pour un plus grand nombre d'apiculteurs.

Téléchargeable <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/jen.13046>

## 5- Une large enquête sur les stratégies de traitement du parasite *Varroa* en Europe

Brodtschneider, R., Schlagbauer, J., Arakelyan, I., Ballis, A., Brus, J., Brusbardis et al., 2022. Spatial clusters of *Varroa destructor* control strategies in Europe. Journal of Pest Science. <https://doi.org/10.1007/s10340-022-01523-2>

**Résumé :** Les apiculteurs disposent de plusieurs options possibles pour lutter contre l'acarien parasite *Varroa destructor* dans les colonies d'abeilles mellifères, mais aucune donnée de terrain n'est disponible sur les méthodes qu'ils appliquent en pratique. Nous avons interrogé 28 409 apiculteurs détenant au total 507 641 colonies dans 30 pays européens sur les méthodes de lutte qu'ils utilisent contre *Varroa*. L'enquête a reposé sur un ensemble de 19 mesures de diagnostic et de lutte contre *Varroa*, tirées du questionnaire annuel COLOSS sur les pertes de colonies d'abeilles. Globalement les outils de maîtrise les plus fréquemment utilisés étaient la surveillance des infestations, l'élimination du couvain de faux-bourçons et diverses applications d'acide oxalique et d'acide formique. L'analyse statistique de ces données d'enquête ont montré que six mesures de lutte contre *Varroa* (pas nécessairement les plus utilisées) contribuent de manière significative à définir trois groupes distincts de pays européens en termes de gestion de *Varroa*. Le groupe I (huit pays d'Europe de l'Ouest) est caractérisé par l'utilisation de bandes d'amitrazé. Le groupe II comprend 15 autres pays (Scandinavie, Pays Baltes, Europe centrale et méridionale). Ce groupe est caractérisé par des traitements à long terme à base d'acide formique. Enfin le groupe III (sept pays d'Europe de l'Est) est caractérisé par une utilisation dominante de la fumigation à l'amitrazé. Le nombre médian de traitements différents appliqués par apiculteur était le plus faible dans le groupe III. Sur la base de l'estimation du nombre de colonies dans chaque pays inclus dans l'étude, nous avons extrapolé les proportions de colonies traitées avec différentes méthodes en Europe. Les résultats suggèrent qu'environ 62 % des colonies en Europe sont traitées à l'amitrazé, suivi par l'acide oxalique pour le deuxième plus grand pourcentage de colonies. Nous discutons finalement des facteurs possibles déterminant le choix des mesures de lutte contre *Varroa* dans les différents groupes.

Téléchargeable <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10340-022-01523-2.pdf>

## 6- Apiculture 2.0 : Relation entre poids des ruches et circulation dans les colonies

Kulyukin, V., Tkachenko, A., Price, K., Meikle, W., Weiss, M., 2022. Integration of Scales and Cameras in Nondisruptive Electronic Beehive Monitoring: On the Within-Day Relationship of Hive Weight and Traffic in Honeybee (*Apis mellifera*) Colonies in Langstroth Hives in Tucson, Arizona, USA. Sensors 22. <https://doi.org/10.3390/s22134824>

**Résumé :** La relation entre le poids des ruches et la circulation des abeilles est un problème fondamental de la recherche dans la surveillance électronique des ruches et l'apiculture numérique, parce que le poids et le trafic affectent de nombreux aspects de la dynamique des colonies d'abeilles (*Apis mellifera*). Une enquête sur cette relation a été menée avec un système non intrusif basé sur deux capteurs (balance et caméra) récupérant des données sur le poids et l'image dans six colonies d'*Apis mellifera* logées dans des ruches Langstroth au Carl Hayden Bee Research Center de l'USDA-ARS à Tucson, en Arizona, aux États-Unis, du 15 mai au 15 août 2021. Trois ruches présentaient des corrélations positives et deux ruches, des corrélations négatives entre le poids et le trafic. Dans une ruche, le poids et le trafic n'étaient pas corrélés. L'importance de la corrélation entre le poids et le trafic était plus forte pour les intervalles de temps plus longs. La répartition et la moyenne du trafic, prises séparément, n'affectent pas la corrélation entre le poids et le trafic de manière plus significative que le comptage exact du trafic par les vidéos. La dérive n'a pas eu d'incidence importante sur le poids.

Téléchargeable <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/13/4824/pdf?version=1656155765>

### 7- Les larves d'*Apis mellifera capensis* ne sont pas davantage résistantes à *Paenibacillus larvae*

Hristov, Y.V., Allsopp, M.H., Wossler, T.C., 2022. *Apis mellifera capensis* larvae show low resistance to a highly virulent *Paenibacillus larvae* field strain. Journal of Apicultural Research. <https://doi.org/10.1080/00218839.2022.2085403>

**Résumé :** La loque américaine (LA) constitue une menace sérieuse pour les abeilles mellifères dans le monde entier. Des signes cliniques de loque américaine ont été détectés pour la première fois en Afrique du Sud en 2008 et sont actuellement confinés au Western Cape, une zone occupée par *A. m. capensis*. La virulence des souches de LA isolées sur le terrain et la résistance des larves d'*A. m. capensis* à ces souches ont été étudiées. Nous avons infecté individuellement les larves de colonies d'*A. m. capensis* avec différentes doses de la souche ERIC I, sous-type Ab de *P. larvae* identifiée dans des colonies du Western Cape et avons évalué la mortalité larvaire sur 14 jours. La moitié des colonies provenaient de ruchers ayant eu des antécédents d'exposition à la LA mais pour lesquels les colonies atteintes avaient été détruites, l'autre moitié provenait de colonies n'ayant jamais eu d'historique d'exposition à la LA. La souche de terrain testée était très virulente, la DL<sub>50</sub> étant inférieure à une seule spore par larve dans les deux populations, sans qu'il y ait de différence statistique entre ces populations en termes de taux de mortalité larvaire. Nos résultats indiquent qu'une fois infectées par la LA, les deux populations d'*A. m. capensis* ont réagi de manière similaire à l'infection et les larves des deux populations ont montré une faible résistance à l'infection. Ceci indique que l'impact limité de la LA à travers l'Afrique n'est probablement pas dû à la résistance directe des larves à l'infection par la LA, mais plutôt à d'autres facteurs tels que l'immunité sociale de la colonie résultant d'un comportement hygiénique très développé, de la nature dispersée de l'apiculture en Afrique, et de la nature essaimante et fuyante intrinsèque aux abeilles africaines.

Non téléchargeable gratuitement

### 8- *Nosema ceranae* a un impact sur le microbiome intestinal d'*Apis mellifera*

Jabal-Uriel, C., Alba, C., Higes, M., Rodríguez, J.M., Martín-Hernández, R., 2022. Effect of *Nosema ceranae* infection and season on the gut bacteriome composition of the European honeybee (*Apis mellifera*). Scientific Reports 12, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13337-4>

**Résumé :** *Nosema ceranae* est un parasite intracellulaire qui infecte l'intestin des abeilles et altère leurs fonctions digestives. Il peut donc potentiellement affecter la composition du microbiome intestinal. Dans ce travail, des abeilles individualisées d'âge connu ont été échantillonnées au printemps et à l'automne, et *N. ceranae* a été recherché dans leur tube digestif. Le microbiome intestinal a été évalué par le séquençage du gène bactérien 16S ARNr dans deux sections différentes de l'intestin, la section antérieure (SA ; intestin moyen et une moitié de l'iléon) et la section postérieure (SP ; deuxième moitié de l'iléon et rectum). Une analyse préliminaire avec un premier lot d'échantillons (n = 42) a montré que les échantillons SA avaient un potentiel plus élevé pour discriminer les abeilles infectées et non infectées que les échantillons SP. Par conséquent, seules les échantillons SA ont été sélectionnés pour les analyses qui ont suivi. En analysant l'ensemble des échantillons SA (n = 158), aucun changement dans la diversité  $\alpha$  ou  $\beta^*$  n'a été observé entre les abeilles infectées et non infectées. Cependant, des changements significatifs dans les dénombrements de *Proteobacteria* et de *Firmicutes* sont apparus lorsqu'un sous-groupe d'abeilles fortement infectées a été comparé au groupe d'abeilles non infectées. La saisonnalité et l'âge des abeilles ont eu un impact significatif sur la structure et la composition du bactériome de l'intestin des abeilles. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour élucider les associations possibles entre le microbiome et l'infection par *N. ceranae* afin de trouver des stratégies efficaces de prévention par la modulation du microbiome des abeilles.

\* : Les mesures de diversité  $\alpha$  et  $\beta$  sont des mesures permettant de se rendre compte de la diversité du microbiome au sein ( $\alpha$ ) et entre différents échantillons ( $\beta$ ).

Téléchargeable <https://www.nature.com/articles/s41598-022-13337-4.pdf>

### 9- Effet de l'âge et de la maturation sexuelle sur les préférences thermiques des faux-bourçons

Czekońska, K., Łopuch, S., 2022. The effect of age and sexual maturation on thermal preferences of honey bee drones. PeerJ 10. <https://doi.org/10.7717/peerj.13494>

**Résumé :** Les préférences thermiques des faux-bourçons d'*Apis mellifera carnica* sont mal connues, bien que leur qualité reproductive affecte la qualité de la reine inséminée et de toute la colonie d'abeilles mellifères. Par conséquent, le but de cette étude était de déterminer les préférences thermiques individuelles des faux-bourçons en fonction de leur âge et de leur maturité sexuelle. Des faux-bourçons âgés de 1, 5, 10, 15, 20 et 25 jours ont été testés. Ils ont été placés sur une plateforme dans un gradient de température compris entre 20 °C et 46 °C. Les préférences thermiques des faux-bourçons ont été mesurées à l'aide d'une caméra thermique. Les résultats ont montré que les mâles différaient significativement dans leur choix de température préférée. Ceux d'un jour et de 25 jours préféraient les températures les plus basses. Ceux de 5 jours préféraient une température légèrement plus élevée, et la température la plus élevée était préférée par les faux-bourçons âgés de 10, 15 et 20 jours. Nous suggérons que les jeunes faux-bourçons préfèrent des températures plus basses jusqu'à ce que les spermatozoïdes soient dans les testicules. Après le passage des spermatozoïdes des testicules aux vésicules séminales, qui a lieu entre le troisième et le huitième jour de la vie du faux-bourçon, ils préfèrent des températures plus élevées. Nos résultats indiquent que les préférences des faux-bourçons âgés de 10 jours pour une température plus élevée peuvent être liées à leur préparation physiologique et physique pour la prochaine étape de maturation sexuelle menant au vol d'accouplement et à la copulation avec une reine. Les changements dans les préférences thermiques des bourçons prêts à s'accoupler peuvent résulter non seulement du besoin de manger du miel, mais aussi de causes physiologiques, comme en témoigne la température plus basse choisie par les bourçons de 25 jours.

Téléchargeable <https://peerj.com/articles/13494/>

### 10- Tranquillité et sérénité : l'apiculture est synonyme de bien-être dans les Alpes italiennes

Whitaker, S.H., 2022. Tranquil and Serene: Beekeeping and Well-Being in the Italian Alps. Ecopsychology. <https://doi.org/10.1089/eco.2021.0068>

**Résumé :** Cette étude porte sur la manière dont l'apiculture contribue au bien-être des apiculteurs dans les Alpes italiennes centrales. Elle s'appuie sur les éléments connus du bien-être pour démontrer comment et pourquoi une activité spécifique - qui relie les gens à la fois à la nature et à d'autres personnes - peut contribuer au bien-être. À l'aide d'entretiens, d'observations participantes et d'un questionnaire, et en s'appuyant sur un travail ethnographique de terrain prolongé, l'étude démontre que l'apiculture procure aux apiculteurs alpins des moments de bonheur, un sens, des expériences de détente et de détachement, un soulagement du stress et des opportunités d'apprentissage. L'apiculture offre également aux apiculteurs des possibilités de lien social, dont on sait qu'elles contribuent au bien-être. L'apiculture relie les apiculteurs à leurs abeilles, à l'écosystème et au paysage alpin environnant dans des relations de bienveillance et d'interdépendance qui favorisent le bien-être de l'abeille, de l'apiculteur et de l'écosystème. L'apiculture a le potentiel de contribuer à un sentiment de bien-être, même si les apiculteurs sont confrontés aux défis du changement climatique, de la propagation mondiale des parasites et des maladies, et de la dégradation de l'environnement. Dans l'étude, la majorité des apiculteurs possédaient moins de 30 ruches, seuls 4 apiculteurs étaient des professionnels (>150 ruches). Un total de 87 % des personnes interrogées ont répondu à la question "Quelles sont les émotions que vous ressentez en apiculture ?" par des mots à valence positive pour décrire leurs émotions. La description des émotions et expériences positives - connues pour contribuer au bien-être - décrites par les apiculteurs dans cette étude dépasse les négatives, ce qui suggère que malgré la complexité émotionnelle de l'apiculture, celle-ci peut offrir des opportunités d'accroître le bien-être.

Téléchargeable <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/eco.2021.0068>