



Ci-dessus, une scène hélas familière - *Cliché Syced - CCO*. Ci-contre, microplastiques flottants « pêchés » en surface à l'aide d'un filet à plancton en Méditerranée. On estime que les déchets plastiques (macro, micro et nano) causent le décès de plus d'un million d'oiseaux marins et 100 000 mammifères marins chaque année (source : *Intergovernmental Oceanographic Commission*). - *Cliché Francois Galgani, IFREMER*



Les insectes mangeurs de plastiques : chevaliers blancs de la dépollution ?

Par Michel Renou

La pollution par les microplastiques et leurs produits de dégradation, dont la présence est attestée aussi bien dans les océans que dans les rivières et les sols¹, est devenue en quelques années un sujet de préoccupation environnementale et de santé publique majeur. L'appétence connue de certains insectes pour le plastique, auparavant considérés du point de vue de leur seule nuisibilité, est désormais une piste que s'emploient à explorer les chercheurs dans une optique de dégradation de ces matériaux et de dépollution.

La pollution blanche

Plus de 400 millions de tonnes de matières plastiques sont produites annuellement dans le monde. Plus de la moitié est enfouie en décharge ou dispersée dans les milieux naturels mettant des dizaines d'années pour se décomposer. Abrasés

par l'eau et le vent, dégradés par la lumière du soleil, les déchets plastiques se fragmentent pour former les microplastiques, fragments de taille inférieure à 5 mm et subsistent très longtemps sous forme de nanoplastiques de taille inférieure au 1 μm . Invisibles, ils sont ingérés par différents organismes du sol ou aquatiques et diffusent dans les chaînes alimentaires, perturbant gravement le fonctionne-

ment des écosystèmes. Très stables, ils doivent être oxydés et cassés en molécules plus petites pour pouvoir être dégradés par des bactéries, des moisissures et quelques algues. Leur dégradation totale jusqu'à minéralisation dans les écosystèmes est très lente à l'échelle des quantités dispersées par l'activité humaine. Les matières plastiques sont donc considérées comme non biodégradables. Pourtant, les dégâts causés

¹ En France, une étude de l'ADEME publiée en janvier 2025 sur 33 échantillons de sol représentatifs a montré la contamination aux microplastiques de 76 % d'entre eux.



Chenille de *Plodia interpunctella* et ses mandibules bien visibles - Cliché David Cappaert, Bugwood.org. [CC-A-NC 3.0 International](#) - À droite, l'adulte - Cliché Joseph Berger, bugwood.org, [CC-A 4.0 International](#).

par certains insectes sur des matériaux plastiques sont connus depuis les années 50, mais ce phénomène, considéré comme une nuisance, n'avait jamais suscité beaucoup d'intérêt. Les insectes plastivores apparaissent désormais comme une solution possible à la pollution blanche aussi font-ils l'objet de très nombreuses études scientifiques depuis une quinzaine d'années².

Que sont les plastiques ?

Les matières plastiques qui ont envahi notre quotidien sont toutes des polymères synthétiques, c'est-à-dire de longues chaînes de carbone formées par assemblage de petites unités moléculaires toutes identiques. L'homme n'a fait qu'imiter la nature en les créant car il existe de nombreux polymères naturels comme la cellulose, la lignine ou la chitine. Les polymères de synthèse sont des matériaux flexibles, chimiquement inertes et stables. Six structures chimiques, différant entre elles par leur unité de base, dominent le marché : le polyéthylène (PE), le polystyrène (PS), le polypropylène (PP), le polychlorure de vinyle (PVC), le polyté-
réphthalate d'éthylène (PET) et le polyuréthane (PUR). De nouveaux polymères dits biosourcés, comme

les dérivés de l'acide polylactique (PLA) obtenu à partir de l'amidon de maïs, ont été conçus afin de créer un plastique plus biodégradable. Tous ces matériaux contiennent de nombreux additifs qui améliorent leurs propriétés ou augmentent leur durabilité : plastifiants, colorants, antioxydants, stabilisants UV, retardateurs de flamme. Relargués lors de la fragmentation, ces additifs ont également des effets négatifs sur les écosystèmes.

Des insectes plastivores

Les insectes « plastivores » n'ont tout d'abord intéressé les entomologistes qu'en raison de leurs dégâts. Fourmis (dont la fourmi de feu, *Solenopsis invicta*), et termites attaquent les gaines isolantes des câbles électriques et creusent des galeries dans les plaques de PS posées pour l'isolation thermique des bâtiments. Dans les zones où abondent les termites ces matériaux doivent être protégés par des traitements insecticides. Les robustes mandibules de chenilles affamées de pyrales des denrées comme *Ephestia cautella* et *Plodia interpunctella*, ou des Coléoptères comme *Tenebrio molitor*, viennent aisément à bout des films de PE utilisés pour emballer nos aliments.

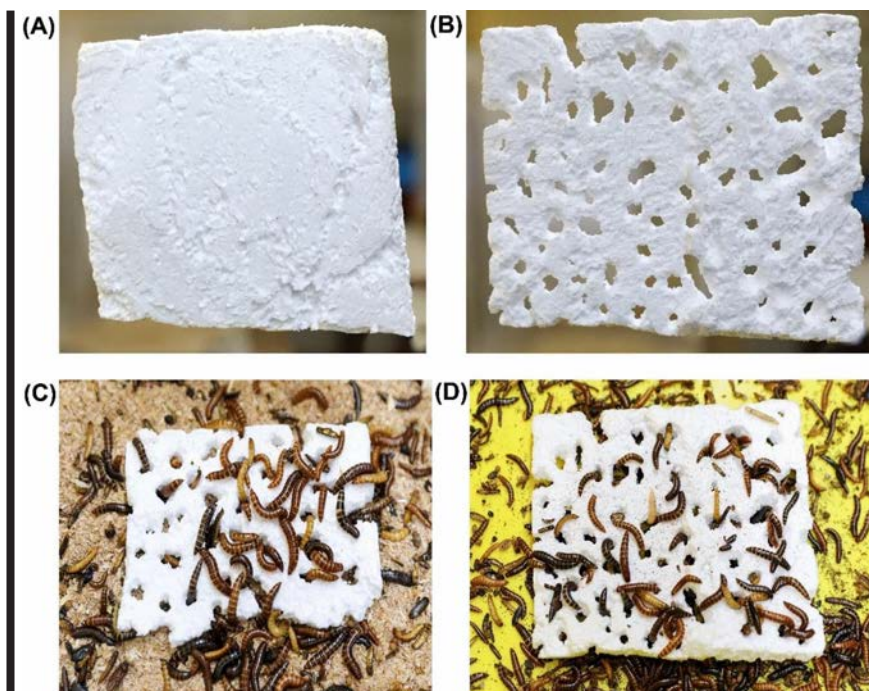
On considérerait toutefois que ces matériaux plastiques n'avaient aucune valeur nutritive pour l'insecte qui ne faisait que les fragmenter mécaniquement avec ses mandibules. Depuis une quinzaine d'années, en revanche, la capacité des insectes à dégrader, voire métaboliser, les matières plastiques suscite un grand intérêt³. Différentes espèces survivent plusieurs jours sur un régime composé uniquement de matières plastiques. Le taux de survie des larves de *T. molitor*, le ténébrion meunier, atteint 80 % à 5 semaines lorsqu'on leur propose un régime de PVC en poudre. Approvisionnées en PE ou en PS elles en consomment jusqu'à 0.17 mg par larve et par jour. Au championnat des plus gros avaleurs de plastiques on trouve les larves de vers de farine géant, *Zophobas morio*, dont la longueur dépasse 50 mm, avec 0.58 mg de PE consommé chaque jour par une seule larve. Le taux de survie sur PE atteint 75 % à 28 jours pour la Petite Teigne des ruches, *Achroia grisella*. Chaque chenille consomme 1,83 mg de PE en 8 jours et 100 larves viennent à bout de 43 % du PE proposé. Ces taux restent toutefois inférieurs à la survie sur un régime naturel à base de cire d'abeille et les chenilles ne prennent pratiquement pas de poids. D'autres Ténébrionides (le Ténébrion brillant *Alphitobius diaperinus*, le Ténébrion gourmand *Uloma culinaris*, le Petit ver

² Bertocchini F., Arias C. F., 2023. Why have we not yet solved the challenge of plastic degradation by biological means? *PLoS biology*, 21(3). [En ligne](#). ³ Boctor J., et al., 2024. Nature's Plastic Predators: A Comprehensive and Bibliometric Review of Plastivore Insects. *Polymers*, 16(12). [En ligne](#).

de la farine *Tribolium castaneum*), plusieurs pyrales des denrées (la Fausse teigne du riz *Corcyra cephalonica*, la Pyrale des fruits secs *Plodia interpunctella*), et même la Noctuelle américaine du maïs, *Spartanoperle frugiperda* ont également montré qu'ils peuvent consommer du plastique. Chaque espèce consomme plus facilement certains plastiques que d'autres. Il faut noter que ces tests alimentaires sont souvent limités en durée (30 jours au maximum) et ne permettent pas de déterminer si l'insecte assimile le plastique qu'il ingère. Les rares études conduites sur des durées plus longues révèlent que les performances s'améliorent avec le temps, indiquant que les insectes s'adaptent à ce régime particulier. Mélanger les matières plastiques à des matières organiques plus robotiques pour l'insecte, du sucre ou du son de blé par exemple, augmente sensiblement les taux de survie et la quantité de plastique dégradée. L'analyse chimique confirme que les molécules de polymères sont cassées en molécules plus petites. Le plastique n'est donc pas seulement mécaniquement fragmenté mais il est progressivement dégradé dans le tube digestif de l'insecte. Beaucoup de scientifiques doutent cependant des capacités propres des insectes, attribuant la dégradation des plastiques aux nombreux microorganismes, appelés endosymbiontes, présents dans leur tube digestif.

Une collaboration insectes-endosymbiontes ?

Les études du microbiome du tube digestif de plusieurs espèces plastivores confirment qu'il abrite des communautés complexes de microorganismes, entre autres des bactéries des groupes des Enterobacteriaceae, Enterococcaceae, ou Streptococcaceae, et une moisissure, *Aspergillus flavus*.



(A) Bloc de polystyrène avant et (B) après 30 jours d'exposition aux vers de farine (*Alphitobius sp.*) mis en évidence par les trous et les tunnels formés. (C) Vers de farine se nourrissant de polystyrène et de son. (D) Vers de farine se nourrissant uniquement de polystyrène. In : Ndotono E. W., Tanga C. M., Keemu S., Khamis F. M., 2024. Mitogenomic profiling and gut microbial analysis of the newly identified polystyrene-consuming lesser mealworm in Kenya. *Scientific report*, 14, 21370. [En ligne. CCNC-ND 4.0.](#)

sure, *Aspergillus flavus*. Plusieurs de ces microorganismes dégradent le PE ou le PS *in vitro* (hors du corps de l'insecte). Leur implication dans la métabolisation des plastiques *in vivo* semble d'autant plus démontrée que des traitements antibiotiques inhibent la dégradation des matières plastiques par *T. molitor*. Cependant, d'autres espèces d'insectes ne montrent pas de baisse de leur activité plastivore après réduction de leur flore intestinale. La dégradation des plastiques par les microorganismes est d'ailleurs plus lente *in vitro*. Dans certains cas elle n'est possible que si les bactéries sont cultivées en association. Certains insectes voient leur flore intestinale se modifier après plusieurs jours d'un régime plastique. Déterminer quelles espèces sont responsables de la dégradation des plastiques pour en extraire les enzymes capables de détruire les plastiques est un défi face à cette complexité ! Chaque espèce de

microorganisme produit en effet de nombreux enzymes qui, libérés dans le tube digestif ou confinés dans la bactérie, sont potentiellement capables de participer au métabolisme de dégradation des plastiques. Le régime plastique provoque heureusement une amplification de l'expression des gènes encodant pour des enzymes de dégradation chez l'insecte-hôte et les endosymbiontes, ce qui permet d'orienter les efforts vers certains enzymes. Cependant ce n'est que très récemment que les chercheurs sont parvenus à isoler des enzymes très particuliers dans la salive de la Fausse Teigne de la cire *Galleria mellonella*⁴. Ces hexamérines, enzymes proches des phénoloxydases, peuvent briser les liaisons pourtant très stables du PE, le cassant en molécules plus petites et oxydées, plus faciles à métaboliser pour l'insecte ou les endosymbiontes. La présence de ces hexamérines pourrait s'expliquer par la biologie si particulière de *G. mellonella*, une pyrale parasite des nids d'Hyménoptères naturellement adaptée à

⁴ Spínola-Amilibia M., et al., 2023. Plastic degradation by insect hexamerins: Near-atomic resolution structures of the polyethylene-degrading proteins from the wax worm saliva. *Science Advances*, 9(38). [En ligne.](#)



Larves de *Zophobas morio*
Cliché Judgefloro [CCO](#)



Chenille de la Fausse Teigne de la cire *Galleria mellonella* – Cliché Murat Idikut, DR.

consommer la cire d'abeille qui est un biopolymère composé d'hydrocarbures à longue chaîne dont la structure chimique et les propriétés rappellent celles des matériaux plastiques.

Une véritable biodégradation des plastiques s'opère donc dans le tube digestif des insectes, vraisemblablement par l'action conjuguée de l'insecte et de ses microorganismes symbiontes. Les matières plastiques sont tout d'abord fragmentées par mastication par les pièces buccales et ingérées par l'insecte. Des enzymes dépolymérisent les grosses molécules de plastique par oxydation ou hydrolyse en oligomères. Il semble que la part relative dans ces opérations des endosymbiontes et de l'insecte varie selon l'espèce. Chez *G. mellonella*, le PE est tout d'abord oxydé et dépolymérisé par des enzymes produites par les che-

nilles. Les microorganismes contenus dans le tube digestif adhèrent aux fragments dégradés de plastique. Les conditions particulières qui règnent dans le tube digestif favorisent l'activité de multiples autres catégories d'enzymes produits par l'insecte et/ou les microorganismes qui poursuivent la dégradation en molécules plus petites. On ne sait malheureusement pas encore quelle proportion de plastiques biodégradés est véritablement assimilée par l'insecte, car dans la plupart des cas celui-ci ne perd ni ne gagne de poids, ni n'accomplit son cycle complet. Ceci pourrait signifier que les insectes nourris uniquement avec du plastique sont carencés en certains éléments essentiels à leur développement même s'ils s'en nourrissent en partie. Les éléments non digérés sont ensuite excrétés, ce qui peut poser des problèmes pour le recyclage de la matière organique produite car l'on n'est pas sûr que certains constituants rejetés ne soient pas écotoxiques.

Du laboratoire à la déchèterie

Les insectes plastivores sont passés en quelques décennies du statut de nuisibles à celui de candidats au titre de super-héros par leur aptitude étonnante à manger du plastique ! Pourront-ils pour autant apporter une solution naturelle à la pollution blanche ? Nos connaissances de leur métabolisme des plastiques sont encore bien faibles. On estime qu'il faut l'appétit d'une centaine de vers de farine pour faire disparaître un simple masque chirurgical. De très grosses unités d'élevage seraient donc nécessaires pour traiter les volumes de déchets plastiques produits chaque année. Il semble qu'une faible partie des MP soit reminéralisée sous forme de CO₂ et d'eau. Comment gérer ensuite les volumes de matières orga-

niques produits par ces unités⁵ ? Il est peu probable que l'on puisse utiliser directement la biomasse des insectes et leurs endosymbiontes, par exemple pour nourrir volailles ou poissons d'élevages, car leur tube digestif contient des nanoplastiques polluants. Le reste des produits de dégradation des MP est constitué de molécules organiques encore mal connues. Les chercheurs en biotechnologie voient dans les insectes et leurs microorganismes une source d'enzymes ou de souches de microorganismes pouvant être modifiés pour être utilisés dans des unités de recyclage biochimique⁶. Le recyclage chimique de déchets fonctionne à l'échelle du laboratoire, mais son coût énergétique est important et des solutions moins techniques devraient aussi être considérées. Par exemple, favoriser les populations d'insectes du sol permettrait d'accélérer l'élimination naturelle des résidus de plastiques dans les écosystèmes. Si l'on commence à mesurer la toxicité des plastiques vis-à-vis des microfaunes d'invertébrés dans les sols, les eaux douces et les mers, on ne sait pas grand-chose des capacités de l'entomofaune en matière de bioremédiation. Alors que jusqu'à présent l'abondance d'insectes dans les décharges est considérée uniquement comme une nuisance pour les riverains, des insectes plastivores pourraient être introduits dans les unités d'enfouissage. Les perspectives offertes par ces dégradeurs de plastiques ne doivent cependant pas nous affranchir de l'absolue nécessité de raisonner notre surproduction de matières plastiques, cause véritable de problèmes environnementaux. ■

L'auteur

Michel Renou a été Directeur de recherche à l'INRAE où ses travaux ont porté sur la communication chimique chez les insectes et la perception des phéromones.

Contact : michel.renou5@sfr.fr

⁵ Khan S., et al., 2021. Valorizing plastic waste by insect consumption. *Circular Agricultural Systems*. 1(7). [En ligne](#).

⁶ Yang S.-S., et al., 2024. Radical innovation breakthroughs of biodegradation of plastics by insects: history, present and future perspectives. *Frontiers of Environmental Science & Engineering*. 18(78). [En ligne](#).