

L'utilisation des plastiques dans l'agriculture – un enjeu environnemental

Contexte

Les notes prospectives (Foresight Briefs) sont publiées par le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) afin de mettre en lumière un point chaud du changement environnemental, de présenter un sujet scientifique émergent ou de discuter d'une question environnementale actuelle. Le public peut ainsi découvrir ce qui se passe dans son environnement en mutation et les conséquences de ses choix quotidiens. Elles permettent aussi de réfléchir aux orientations futures des politiques. Le numéro 29 de la série se penche sur l'utilisation des plastiques dans l'agriculture et analyse les problèmes majeurs posés par les déchets produits, qui menacent la santé des sols, la biodiversité, la productivité et la sécurité alimentaire.

Résumé

Des semences enrobées aux films de paillage, les plastiques sont largement utilisés dans l'agriculture. On les retrouve également dans les biosolides qui sont épandus en tant qu'engrais sur les terres agricoles. Tous ces produits contribuent à augmenter les rendements des cultures, mais il est de plus en plus clairement établi que les plastiques, en se dégradant, contaminent les sols et nuisent à leur santé et à leur biodiversité. Il peut s'ensuivre une baisse de la productivité, faisant peser une menace pour la sécurité alimentaire à long terme. Les terres agricoles, qui constituent une ressource finie considérablement sollicitée, doivent être protégées contre de nouvelles dégradations. Des actions sont menées afin d'améliorer la production et la gestion des fournitures agricoles contenant des plastiques, mais il est également nécessaire d'envisager une approche plus globale de la production alimentaire, intégrant des solutions fondées sur la nature.

Introduction

Les coûts peu élevés et la grande diversité des plastiques disponibles ont transformé la production agricole, jusque-là peu génératrice de déchets, en un secteur confronté à d'importants problèmes dans ce domaine. La fabrication et la commercialisation de nouveaux produits en plastique ont conduit à une utilisation accrue de ce matériau. Les agriculteurs ont ainsi pu augmenter leurs rendements et réduire le gaspillage alimentaire, mais la mise en place de systèmes et procédures de réutilisation, de recyclage, de biodégradation efficace ou d'élimination adéquate ne s'est pas faite au même rythme pour bon nombre de plastiques agricoles (**figure 1**). On dispose maintenant de preuves de plus en plus nombreuses que ceux-ci polluent les sols (Rillig, 2012), contribuant ainsi au problème plus large, d'envergure mondiale, que constitue la pollution plastique, notamment dans le milieu marin, dont une analyse détaillée est présentée dans le rapport intitulé « De la

pollution à la solution : évaluation mondiale des déchets marins et de la pollution plastique » (PNUE, 2021).

Les particules de plastique rencontrées dans les sols peuvent être le fait de la décomposition de fournitures en plastique (récipients, films de paillage, films d'ensilage, serres tunnels, etc.) ou de l'utilisation d'intrants contaminés (tels que composts ou boues d'épuration contenant des microplastiques apportés par les effluents de lavage de vêtements aux stations de traitement des eaux usées, par exemple, ou produits par l'usure des pneus). Elles peuvent être de tailles très variées, allant des macro- (> 5 mm) aux micro- (< 5 mm) et nanoplastiques (< 1 µm) (Groupe mixte d'experts chargés d'étudier les aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin [GESAMP], 2019).

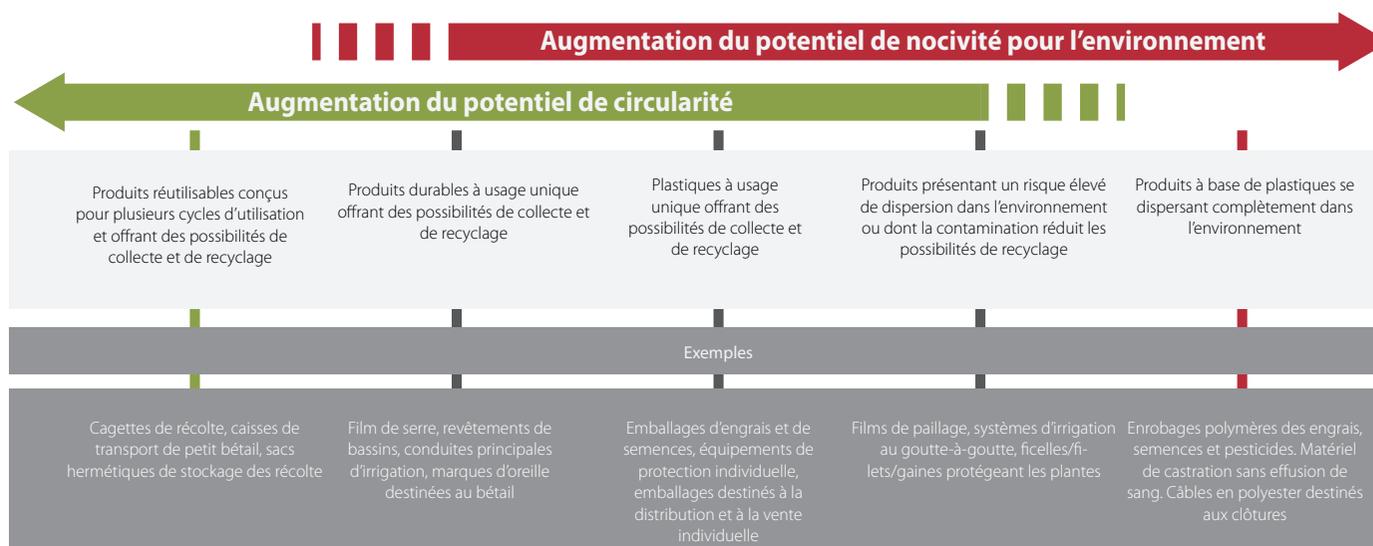
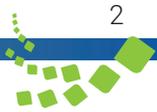


Figure 1 : Potentiel de circularité ou de nocivité pour l'environnement de quelques-uns des produits à base de plastique utilisés dans l'agriculture (FAO, 2021)

Source : schéma inspiré de FAO (2021)



En quoi cette question est-elle importante ?

Des sols sains sont plus productifs

Les terres agricoles productives sont une ressource limitée qui peut se dégrader facilement. Elles subissent de multiples pressions liées, entre autres, à leur surexploitation et contamination (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture [FAO], 2021 et Groupe technique intergouvernemental sur les sols [GTIS], 2015) et leur dégradation est exacerbée par les changements climatiques. De plus en plus d'éléments factuels donnent à penser que les plastiques accentuent encore ces pressions. Il ressort de divers travaux de recherche que l'accumulation de plastiques peut avoir de profondes répercussions sur la santé, la biodiversité et la productivité des sols (de Souza Machado et al., 2019 ; Rillig et al., 2019 ; Liao et al., 2019). Le maintien de la santé et de la productivité de ces derniers est un aspect crucial de la sécurité alimentaire (PNUE, 2019).

Les petites particules de plastique présentes dans les sols peuvent constituer une source importante de microplastiques dans d'autres milieux, car l'érosion et le ruissellement superficiel peuvent les déloger et les transporter vers les cours d'eau (**figure 2**). Par ailleurs, les microplastiques peuvent migrer de la surface vers les couches plus profondes du sol, mais leur devenir dans ce dernier est encore mal connu (Rillig et Lehmann, 2020). D'après une étude, une bonne partie de ceux contenus dans les biosolides utilisés comme engrais sur les terres agricoles aboutit dans les cours d'eau (Crossman et al., 2020). L'impact sur la santé humaine des contaminants plastiques est un autre sujet de préoccupation ; les effets différenciés qu'ils exercent sur les hommes, les femmes et les enfants sont crucialement importants du point de vue de la formulation de politiques intégrées.



Credit photo : © GRID-Arendal/Kristina Thygesen



En se dégradant, les films de paillage en plastique peuvent constituer une source de pollution par les microplastiques, lesquels peuvent finir par pénétrer dans les sols et les cours d'eau.

Crédits photos : CSIRO (Australie)

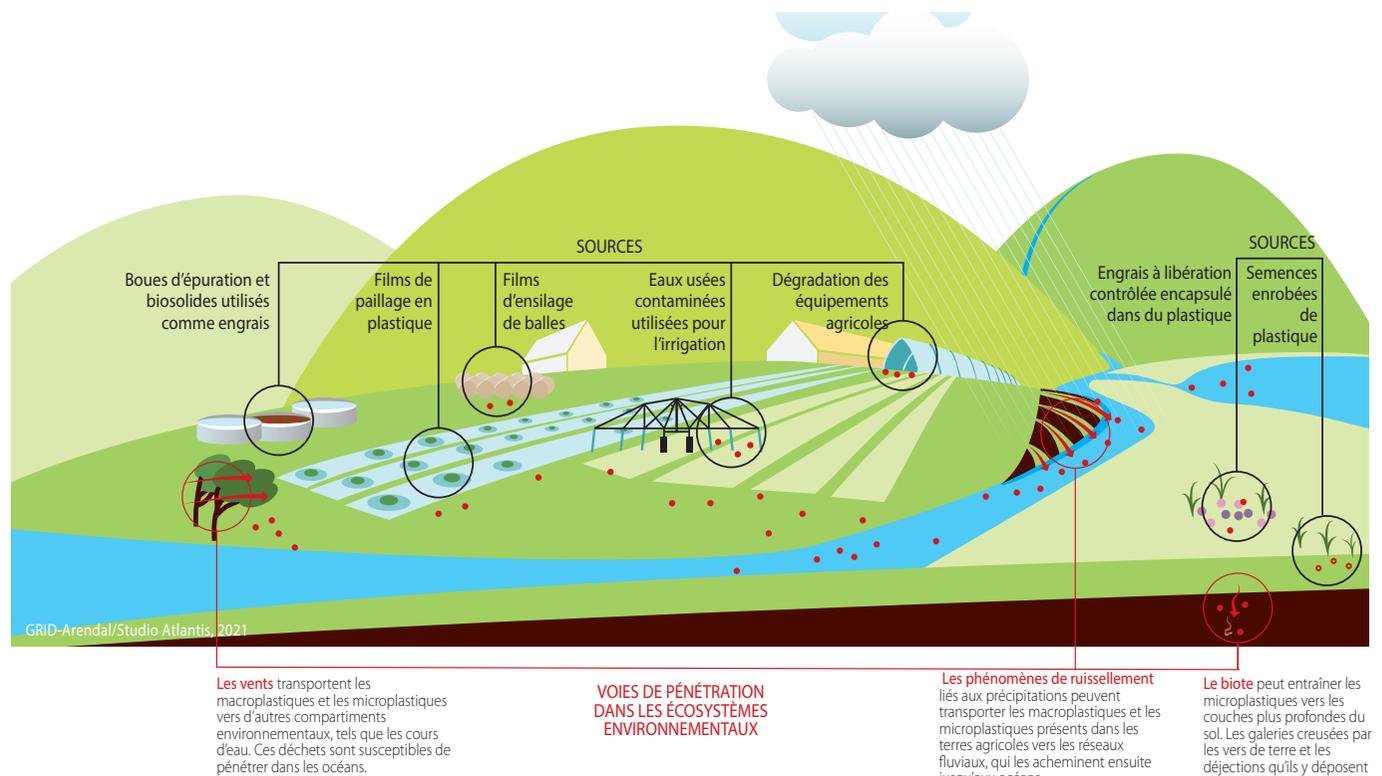


Figure 2. Exemples de sources et de voies de pénétration dans l'environnement des plastiques et contaminants associés provenant de la production agricole. Source : PNUE (2021)

Principales constatations

Les microplastiques modifient les propriétés des sols

L'écotoxicologie des microplastiques présents dans les sols est un domaine de recherche en pleine expansion. On dispose de données permettant de penser que les microplastiques peuvent, en fonction de leur taille et du niveau d'exposition, avoir des impacts variables (tant positifs que négatifs) sur les communautés microbiennes, les populations d'invertébrés et les propriétés physicochimiques du sol (par ex. Okoffo et al., 2021 ; Yu et al., 2020 ; Ganesh Kumar et al., 2019 ; Zhu et al., 2019).

La plupart des études sont réalisées en laboratoire, dans des conditions et selon des méthodes pouvant être très variables, ce qui rend difficiles la comparaison des résultats et l'évaluation quantitative des impacts. Certaines ont montré que la présence de microplastiques peut entraîner une diminution de l'abondance, de la diversité, des déplacements et du taux de reproduction du biote, ainsi que de la biomasse faunique, et un accroissement de la biomasse et de l'activité microbiennes du sol (par ex. Zhu et al., 2019 et références y figurant).

Malgré le nombre limité d'études disponibles, il a été constaté que les microplastiques peuvent modifier les propriétés physicochimiques des sols (structure, capacité de rétention d'eau, densité, etc.) à des concentrations de l'ordre de celles trouvées dans l'environnement (de Souza Machado et al., 2018). Rillig et al. (2019) ont répertorié les effets, notamment de réduction de la croissance racinaire et de l'absorption des nutriments, que ces changements sont susceptibles d'avoir sur les plantes.

À mesure que les microplastiques vieillissent, leurs propriétés physiques et chimiques, notamment leur couleur, leur texture, leur composition chimique, leurs caractéristiques de surface et leur capacité de sorption évoluent (Ren et al., 2021). Cela peut leur conférer une meilleure capacité d'absorption des autres contaminants, tels que les métaux lourds et les polluants organiques, qui peuvent se trouver dans les sols (Ren et al., 2021). La disponibilité de ces contaminants pour le biote du sol et les plantes s'en trouve ainsi réduite (Rillig et al., 2019).

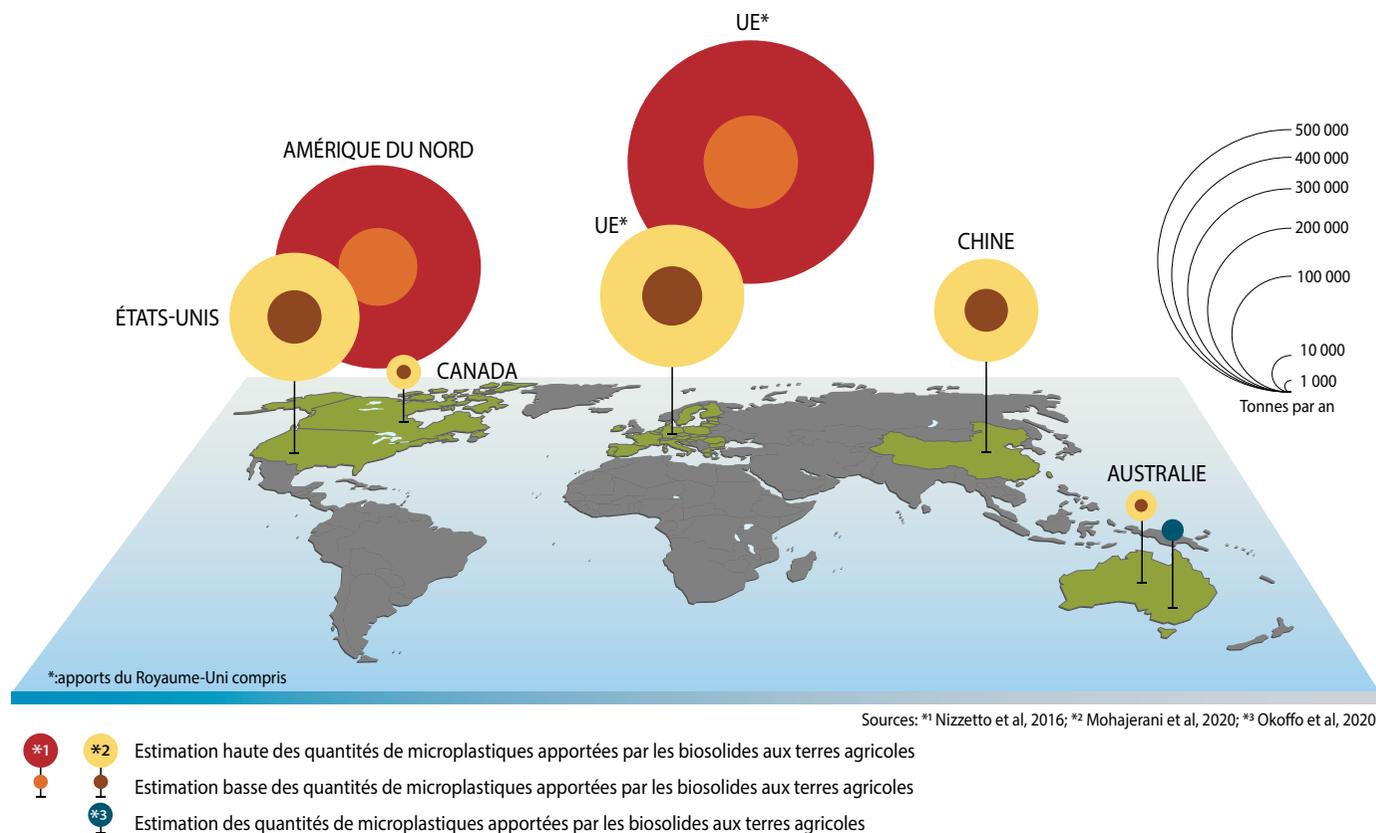


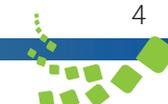
Figure 3. Estimation (en tonnes par an) des quantités de microplastiques apportées par les biosolides aux terres agricoles dans un certain nombre de pays (cercles orange et rouges, Nizzetto, Futter et Langaas, 2016 ; cercles jaunes et bruns : Mohajerani et Karabatak, 2020 ; cercle bleu : Okoffo et al., 2020).

Les biosolides, une ressource importante pour l'économie

Les boues d'épuration, sous-produit riche en nutriments généré par les stations de traitement des eaux usées, peuvent être transformées en biosolides (par un traitement permettant d'éliminer les agents pathogènes et les composés organiques volatils) et utilisées en agriculture comme solution de remplacement relativement peu coûteuse et peu énergivore des engrais industriels, pratique jugée avantageuse, du fait qu'elle permet en même temps de réduire le volume des déchets à éliminer. Cependant, les biosolides se sont avérés être la plus importante source d'apports de microplastiques dans les sols (Corradini et al., 2019 ; **figure 3**).

Les taux de microplastiques des effluents entrant dans les stations d'épuration sont variables, mais ils baissent considérablement à chaque étape du traitement (primaire, secondaire, tertiaire), car les microplastiques sont retenus dans les boues (Lares et al., 2018 ; Hidayaturrahman et Lee, 2019) jusqu'à s'y retrouver concentrés en quasi-totalité à l'issue d'un traitement tertiaire (Carr, Liu et Tesoro, 2016).

Malheureusement, le procédé de transformation des boues d'épuration en biosolides n'élimine pas les microplastiques (des concentrations de microplastiques allant jusqu'à $1,4 \times 10^4$ particules/kg ont été observées ; Crossman et al., 2020). Or, dans de nombreux pays, ces biosolides sont appliqués sur les



terres agricoles. En Amérique du Nord, en Australie, en Grande-Bretagne et dans l'UE, on en utilise, par exemple, 40 à 75 % comme engrais (Okoffo et al., 2021). Selon certaines estimations, les quantités de microplastiques ainsi apportées aux terres agricoles d'Europe et d'Amérique du Nord (évalués à plus de 650 000 tonnes au total) pourraient dépasser celles présentes dans les eaux de surface océaniques mondiales (estimées à 214 000 tonnes au maximum ; Nizzetto, Futter et Langaas, 2016). D'après une étude récemment menée en Allemagne, les 13 000 tonnes de microplastiques qui pénètrent chaque année dans l'environnement proviennent majoritairement des boues d'épuration (Istel et Jedelhauser, 2021).

Plastiques biodégradables

L'introduction de plastique dans les sols est intentionnelle dans le cas de certaines fournitures agricoles, telles que les films de paillage, les semences enrobées et les engrais encapsulés (**tableau 1**). Des paillages et des semences enrobées biodégradables sont disponibles sur le marché et des engrais encapsulés biodégradables sont en train d'être mis au point. À la différence des plastiques agricoles traditionnels, les polymères biodégradables sont conçus pour se décomposer complètement. Toutefois, comme de nombreuses conditions (lumière, oxygène, température du sol, pH, humidité et présence de microorganismes) doivent être réunies pour obtenir le taux et la rapidité de dégradation voulus, il y a lieu de croire qu'ils peuvent contribuer aux apports de microplastiques dans les sols (Wei et al., 2022 ; van der Zee, 2021 ; Accinelli et al., 2019 ; Blasing et Amelung, 2018).

Une récente étude de Yu et al. (2021) a confirmé que la décomposition des paillages biodégradables conduit à la formation de micro- et nanoplastiques, lesquels ne persistent pas sur de longues périodes lorsque le paillage est éliminé dans le sol ou le compost. Toutefois, si celui-ci est laissé à la surface du sol, les micro- et nanoplastiques qui se forment peuvent être transportés par les vents ou le ruissellement de surface. Le processus de biodégradation est plus lent dans les milieux atmosphériques ou aquatiques et, selon les auteurs, il est probable que, dans ces conditions, les effets des plastiques biodégradables sur l'environnement soient comparables à ceux de leurs homologues non biodégradables. Selon les conclusions d'une récente étude consacrée à leur impact sur les écosystèmes édaphiques (Fan et al., 2022), les plastiques biodégradables jouent un rôle important dans la lutte contre la pollution plastique, mais avant de pouvoir les considérer comme une solution non polluante de remplacement

Tableau 1. Utilisation et avantages de quelques fournitures agricoles contribuant à la pollution des sols par les microplastiques

Produits	Utilisation	Avantage
Paillages biodégradables	Conçus pour être enfouis dans le sol et se décomposer sous l'action de microorganismes.	Aident à réguler le microclimat du sol, conservent l'humidité et empêchent le développement de mauvaises herbes. Se substituent aux paillages non biodégradables d'usage courant à base de polyéthylène basse densité (PEBD), qui constituent une source majeure de déchets plastiques agricoles mal recyclés.
Engrais encapsulés dans des polymères	L'engrais se trouve enfermé dans divers types de polymères qui sont censés se décomposer et le libérer progressivement sur une période de quelques jours à deux ans, en phase avec les besoins de la plante (Lawrencia et al., 2021 ; Agence européenne des produits chimiques [ECHA], 2019).	Contribuent à une utilisation plus efficace des engrais, ce qui permet de réduire les quantités entraînées vers les cours d'eau.
Semences enrobées de polymères	Destinées à faciliter la croissance du plant grâce à des fongicides, pesticides, hydrogels, nutriments et symbiotes qui peuvent être incorporés dans les polymères d'enrobage, lesquels sont conçus pour se dégrader au cours de la germination.	Permettent d'accroître le taux de germination et la vigueur des semis et, ainsi, de n'utiliser que des quantités contrôlées de produits chimiques pour chaque semence.

des plastiques traditionnels, il est nécessaire de mener des études plus approfondies en ce qui concerne leurs vitesses de décomposition, leurs composants non biodégradables, tels que les colorants et les plastifiants, et leur capacité éventuelle d'adsorption d'autres polluants.

Quelles solutions ont-elles été mises en place ?

Des biosolides sans plastique ?

D'après une récente étude, 29 polymères différents ont été détectés dans les eaux usées en amont des stations d'épuration, les plus abondants étant le polyester (PES), suivi du polyéthylène (PE) (Liu et al., 2021). Le polyester provient principalement de textiles synthétiques, et le polyéthylène de la décomposition d'emballages plastiques. Jusqu'ici, on s'est essentiellement attaché à débarrasser les eaux usées des microplastiques qu'elles contiennent avant qu'elles ne soient rejetées dans le milieu aquatique (le traitement tertiaire permet de le faire à plus de 90 %, par ex. Iyare, Ouki et Bond, 2020). Toutefois, ces microplastiques se retrouvent alors concentrés dans les boues (ce qui revient à nettoyer un produit en en pollutant un autre). Une fois qu'ils y sont, il est extrêmement difficile de les en retirer, et les pratiques de traitement actuelles ne prévoient pas leur extraction

(les boues non destinées à être transformées en biosolides peuvent être incinérées pour produire de l'énergie, ce qui élimine les microplastiques, mais peut entraîner la libération d'autres polluants, en fonction du système utilisé).

Des efforts ont été faits pour réduire le nombre de particules microplastiques qui pénètrent dans les stations d'épuration (par ex. interdiction dans certains pays des microsphères de plastique dans les produits de soins et d'hygiène personnels ; Anagnosti et al., 2021). Les plus abondantes sont généralement les fibres microplastiques (polyesters et autres polymères) provenant de textiles et de vêtements. Plusieurs filtres disponibles dans le commerce peuvent être installés sur les machines à laver pour les piéger (leur efficacité n'a pas encore été suffisamment vérifiée ; Browne, Ros et Johnston, 2020), mais l'utilisation de cette technologie n'est pas encore devenue la norme pour les fabricants de lave-linge.

Les microplastiques couvrent un éventail très large de compositions et de tailles, ce qui accroît encore les difficultés rencontrées dans la mise au point d'une méthode pour les enlever des boues d'épuration. Il est établi que la digestion anaérobie permet de réduire leurs concentrations, et que certaines méthodes de traitement peuvent les fragmenter, produisant ainsi un plus

grand nombre de particules (Mahon et al., 2017). Cependant, peu de recherches ciblées ont été menées en ce qui concerne leur extraction des boues d'épuration. Parmi les rares travaux publiés dans ce domaine, certains portent sur la technique utilisée pour débarrasser les eaux usées de composés organiques tels que les hydrocarbures aromatiques polycycliques à l'aide d'ultrasons (Ghasemi et al., 2020), dont on s'est servi avec succès dans des tests (mais qu'on n'a pas mise en œuvre à cause de son coût) pour réduire le volume des boues par lyse cellulaire (rupture des parois cellulaires et libération consécutive de liquide) (Romero-Pareja et al., 2017 ; Li et al., 2018). Des expériences menées récemment en laboratoire par Alvim et al. (2021) ont montré que les ultrasons font passer les microsphères de polyéthylène en phase liquide, ce qui permet de les éliminer par filtration. Dans des boues activées, ce traitement aurait permis d'en enlever près de 40 % sans les fragmenter en nanoparticules, ce qui est important. Toutefois, il ne semble pas qu'on l'ait essayé sur les fibres microplastiques (qui sont les particules plastiques les plus abondantes dans les boues).

Amélioration des polymères

De très nombreux travaux de recherche sont actuellement menés pour améliorer la biodégradabilité des polymères utilisés dans les fournitures agricoles. La plupart des polymères étudiés sont obtenus à partir d'amidon.

Paillages biodégradables

- Des films de paillage vantés comme étant entièrement biodégradables et compostables sont maintenant commercialisés (les normes de contrôle de leur biodégradabilité et compostabilité dans une large plage de conditions environnementales continuent d'évoluer). Ils sont généralement fabriqués à partir d'amidon et de polyesters (ils peuvent aussi contenir des polymères biodégradables à base d'hydrocarbures).
- Des recherches sont actuellement menées en vue de mettre au point des membranes de paillage biodégradables en polyuréthane hydrosoluble appliquées par pulvérisation (par ex. la membrane TranspiratiONal-SBM de la CSIRO ; Filipović et al., 2020). Les chercheurs se penchent sur la possibilité de les fabriquer à partir de matériaux naturels (algues, canne à sucre, microfibrilles cellulose du bois, lignine, gomme, cuir, etc. [ibid.]). Une évaluation récente de ces membranes (Braunack et al., 2021) a fait ressortir que leur aptitude à la pulvérisation, leur durabilité, leur biodégradabilité et leur rapport coût-efficacité nécessitent encore des améliorations.



Essais de membranes polymères de paillage biodégradables appliquées par pulvérisation dans un champ de tomates

Crédit photo: © Copyright CSIRO Australia

Enrobages des semences

- Pour réduire la dépendance à l'égard des polymères à base d'hydrocarbures, on fait de plus en plus appel à des polymères biosourcés qui, toutefois, ne sont pas tous biodégradables bien qu'ils soient produits à partir de maïs, de canne à sucre et de déchets de graisses et d'huiles. Il faudrait donc que les efforts portent essentiellement sur ceux qui sont à la fois biosourcés et biodégradables (Pirzada et al., 2020). Les polymères biosourcés continuent d'être plus coûteux à produire, mais la hausse des prix des combustibles fossiles pourrait améliorer leur rentabilité.
- Des travaux de recherche sont actuellement menés aux fins de la fabrication de polymères biosourcés à partir de déchets générés par l'industrie du bois et le secteur agricole, qui viendraient se substituer aux ressources alimentaires traditionnellement utilisées (Brodin et al., 2017).
- L'incorporation de certaines souches microbiennes dans les enrobages polymères des semences est actuellement à l'essai en vue de réduire leur temps de biodégradation (Accinelli et al., 2019).

Engrais encapsulés dans des polymères (engrais à libération contrôlée, ELC)

- De plus en plus de recherches sont menées sur les enrobages biodégradables fabriqués à partir d'acide polylactique (PLA), d'okara (pulpe de soja), de graines de lin, de polyurée et d'hydrogels d'amidon de maïs (Lawrencía et al., 2021).
- Des ELC superhydrophobes sont actuellement mis au point afin de parer aux problèmes liés au caractère hydrophile de nombreux enrobages biosourcés et biodégradables et d'améliorer le processus de libération des nutriments (Zhang et al., 2017).
- L'utilisation des nanotechnologies est actuellement à l'étude en vue de créer des enrobages d'engrais constitués de matériaux nanoporeux encapsulant des nutriments à l'échelle nanométrique, et de mettre au point des nanotransporteurs permettant de mieux contrôler la cinétique de libération des nutriments (Rakhimol et al., 2021). Toutefois, la toxicité des nanoparticules pour les plantes et les êtres humains est une question préoccupante et les études sur leurs effets potentiels sont peu nombreuses (ibid.).

Solutions favorables à la nature

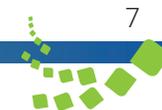
Des mesures sont prises pour améliorer la fabrication et la gestion des fournitures agricoles contenant du plastique et remplacer les plastiques non biodégradables par d'autres qui le sont (et améliorer leur biodégradabilité), mais rares sont les travaux de recherche consacrés à l'évaluation des méthodes favorables à la nature. Certaines pratiques agricoles font actuellement l'objet d'un réexamen, à l'exemple des cultures de couverture servant de paillis naturel, telles que le seigle ou la vesce velue, qui peuvent être semées en hiver, puis fauchées avant les semailles ou le repiquage de la culture primaire. Des couvertures végétales vivantes constituées de légumineuses (pois, vesce, trèfle, haricot, etc.) peuvent également être envisagées. Celles-ci ont pour autre avantage d'apporter de l'azote à la culture principale, puisque les légumineuses ont la propriété de fixer l'azote et d'accroître la fertilité des sols, ce qui permet de réduire le recours à des engrais azotés et les dépenses connexes. Toutefois, faute d'informations spécifiques au contexte et de moyens adéquats de formation et d'éducation, le déploiement à grande échelle de telles méthodes se heurte à d'importants obstacles. Les préoccupations quant aux éventuels risques de diminution des rendements et de hausse des coûts comptent parmi les principaux facteurs qui entravent leur adoption.

Bien que de nombreux aspects des systèmes alimentaires agricoles favorables à la nature puissent présenter un bon rapport coût-efficacité, notamment la réduction de l'emploi de pesticides susceptibles de compenser l'augmentation des coûts de main-d'œuvre, le plastique demeure un matériau peu coûteux et facile à travailler, ce qui fait qu'il est difficile de convaincre les communautés concernées d'opter pour des solutions de remplacement. La promotion de l'adoption de ces solutions peut nécessiter de se doter de moyens d'action, de renforcer les capacités et de mobiliser des acteurs multidisciplinaires, notamment les pouvoirs publics, le secteur privé, les milieux universitaires et la société civile. Afin de stimuler une production favorable à la nature, les gouvernements doivent envisager la création d'incitations financières compensant la réduction des rendements et une réforme des subventions, qui favorisent actuellement les monocultures intensives axées sur les exportations et l'usage de produits chimiques. Les politiques doivent également dissuader de recourir à des produits ou des pratiques non durables, par exemple en imposant des taxes sur les plastiques non biodégradables et à base de combustibles fossiles.

Le Sommet des Nations Unies sur les systèmes alimentaires (2021) a reconnu l'importance que revêt l'adoption d'une approche globale de la production alimentaire encourageant la préservation des services fournis par les écosystèmes :

Les systèmes de production alimentaire favorables à la nature reconnaissent que la biodiversité sous-tend la fourniture de l'ensemble des services écosystémiques dont l'humanité est tributaire et que ces services sont essentiels à la réalisation des objectifs de développement durable et des objectifs énoncés dans la Convention sur la diversité biologique et l'Accord de Paris. Une production alimentaire favorable à la nature se caractérise par des pratiques régénératrices et non destructrices qui n'entraînent pas d'appauvrissement des ressources naturelles. Elle repose sur une gestion responsable de l'environnement et de la biodiversité, qui forment le socle des services écosystémiques essentiels, notamment la régulation des sols, de l'eau et du climat.





Comment cela se traduit-il sur le plan des politiques ?



Crédit photo: © Shutterstock/oticki

La préservation de la santé des sols et de l'eau est d'importance primordiale pour la sécurité alimentaire et la régulation du cycle global du carbone. Dans les terres agricoles, l'augmentation des apports de microplastiques peut, dans certains cas, avoir de graves répercussions, notamment une baisse de productivité des sols et des transferts de ces microplastiques vers le milieu aquatique (où leurs effets néfastes sont amplement prouvés). Les implications sur le plan des politiques sont notamment les suivantes :

- Les biosolides obtenus à partir de boues d'épuration constituent une source importante de nutriments. Toutefois, l'épandage sur les cultures alimentaires de ces concentrés de microplastiques et substances toxiques associées provenant des eaux usées et des eaux d'égout, qui finissent dans les cours d'eau, entraînés par les eaux ruissellement, ne constitue pas un modèle durable garantissant une utilisation pérenne.

L'élaboration et l'application de normes uniformes concernant leur utilisation s'avèrent nécessaires.

- Il est difficile d'empêcher les microplastiques de se retrouver dans les eaux usées. Il faut modifier la conception et la fabrication des produits, améliorer la gestion des déchets solides et éliminer les plastiques superflus (tels que les microbilles de plastique).
- Il faut que les consommateurs soient conscients de l'impact de leurs choix, notamment en matière de vêtements, sur les quantités de microplastiques aboutissant dans les stations de traitement des eaux usées. Afin de les informer, on pourrait mettre au point un système de notation indiquant la probabilité qu'un vêtement ou un tissu libère des microplastiques au lavage. Il pourrait être envisagé de prélever une taxe sur la vente des vêtements qui produisent des microplastiques.
- Les machines à laver commerciales et domestiques devraient être équipées d'un filtre capable de piéger les microplastiques.
- Il faut que les gouvernements améliorent les règlements et normes applicables aux paillages, enrobages de semences et d'engrais, et autres fournitures agricoles en matière de biodégradabilité. Par exemple, l'Union européenne a adopté le règlement no 2019/1009 qui restreint les types de polymère qu'on peut ajouter aux engrais. D'ici 2026, tous les polymères ajoutés devront remplir de nouveaux critères de biodégradabilité (en cours d'élaboration ; Della Pietra, 2019).
- Il faut mettre en place des politiques destinées à favoriser l'amélioration de la collecte et du recyclage des plastiques agricoles non biodégradables.
- Il faut entreprendre des recherches pour mettre au point de nouveaux produits, par exemple des textiles ne libérant pas de microplastiques pendant leur utilisation.
- Les ONG et autres forums multipartites peuvent continuer de s'employer à sensibiliser les consommateurs et à encourager les fabricants (notamment les entreprises de mode éphémère) à réduire la pollution plastique.

Conclusion

Malgré le nombre encore limité des résultats de recherche disponibles sur les impacts des plastiques présents dans les sols, on dispose de preuves qu'ils ont des effets néfastes sur la santé et la productivité de ces derniers, et que les microplastiques peuvent être absorbés par les cultures (Rillig et al., 2019). Il est grand temps d'adopter le principe de précaution et de mettre au point des solutions ciblées visant à mettre un terme à l'afflux de microplastiques dans l'environnement. La prévention de leur rejet dans les effluents en amont des stations d'épuration et l'élaboration ainsi que la mise en œuvre de mécanismes relativement peu coûteux pour les retirer des boues d'épuration avant ou pendant la transformation de celles-ci en biosolides constitueraient un grand pas en avant dans la réduction de la contamination des sols. En outre, l'accélération de la mise au point et de la fabrication de plastiques biodégradables d'un coût abordable permettant d'atteindre un niveau zéro de déchets résiduels (à l'heure actuelle, les produits non biodégradables tels que les paillages à base de PEBD sont nettement moins coûteux que les produits de remplacement biodégradables) permettrait d'offrir aux agriculteurs de meilleures solutions pour préserver la santé des sols. Enfin, le moment est venu de reconsidérer certaines pratiques agricoles qui reposent sur des solutions en accord avec la nature. Il est nécessaire de s'attacher à mieux comprendre et à mieux quantifier les avantages environnementaux des solutions fondées sur la nature. Une véritable comparaison des coûts et des avantages des différentes approches ne peut être établie qu'après avoir évalué l'éventail complet des services écosystémiques et analysé l'intégralité du cycle de vie de chaque approche ou produit.



Crédit photo : © Shutterstock/melhijad

Remerciements

Auteurs

Elaine Baker, Bureau GRID-Arendal à l'Université de Sydney
Kristina Thygesen, Bureau GRID-Arendal à l'Université de Sydney
Partenariat mondial sur les déchets marins (GPMI)
Partenariat mondial sur la gestion des nutriments (GPNM)
Initiative mondiale sur les eaux usées (GW2)

Réviseurs

Réviseurs du PNUÉ

Angeline Djampou, Avantika Singh, Carla Friedrich, Jane Muriithi, Magda Biesiada, Mahesh Pradhan, Riccardo Zennaro, Samuel Opiyo, Susan Mutebi-Richards, Tessa Govere et Virginia Gitari

Réviseurs externes

Center for Fertilization and Plant Nutrition (CFPN)

Leon Terlingen

Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)

Giulia Carcaso, Natalia Rodriguez Eugenio, Richard Thompson, et Sergejue

Association internationale de l'industrie des engrais (IFA)

Margot Clifford, Patrick Heffer, Yvonne Harz

Centre international de développement des engrais (IFDC)

Sampson Agyin-Birikorang

Équipe Foresight Briefs du PNUÉ

Alexandre Caldas, Sandor Frigyk, Audrey Ringler, Esther Katu, Erick Litswa, Pascil Muchesia

Contact

unep-foresight@un.org

La présente note prospective a été établie à partir du document de travail intitulé « Plastics in Agriculture: Sources and Impacts » (PNUÉ, 2021), qui porte essentiellement sur le recensement des sources de plastique et l'examen du devenir des résidus de plastique dans les sols agricoles. Il est en principe le premier d'une série de publications, qui devraient également examiner les déplacements des plastiques agricoles, depuis les sources jusqu'aux océans. Lors de sa récente session, l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement a adopté une résolution visant à lutter contre la pollution plastique, intitulée « Mettre fin à la pollution plastique : vers un instrument international juridiquement contraignant ». Des négociations sont actuellement menées en vue d'élaborer un nouveau traité d'ici fin 2024 (PNUÉ, 2022).

Avertissement

Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des éléments qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones mentionnés ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Pour des orientations générales concernant l'utilisation des cartes reproduites dans nos publications, prière de se reporter aux notes figurant à l'adresse <http://www.un.org/Depts/Cartographic/english/hntmain.htm>

La mention, dans le présent document, d'une entreprise ou d'un produit commercial ne vaut nullement approbation de la part du Programme des Nations Unies pour l'environnement ou des auteurs. L'exploitation à des fins publicitaires des informations figurant dans le texte est interdite. Les noms et symboles de marques déposées utilisés le sont à titre illustratif, sans intention d'enfreindre les lois sur les marques déposées ou les droits d'auteur.

Les opinions exprimées sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement les vues du Programme des Nations Unies pour l'environnement. Nous regrettons toute erreur ou omission qui aurait pu être involontairement commise.

© Cartes, photos et illustrations comme spécifié.

Note prospective 029 du PNUÉ – Utilisation des plastiques dans l'agriculture – un enjeu environnemental

ISBN : 978-92-807-3967-1

Numéro de travail : DEW/2464/NA

Citation suggérée

Programme des Nations Unies pour l'environnement (2022). Utilisation des plastiques dans l'agriculture – un enjeu environnemental. Note prospective 029. Nairobi.
L'utilisation des plastiques dans l'agriculture – un enjeu environnemental
https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/40403/Plastics_Agriculture.pdf
Production : Groupe de prospective, Service des mégadonnées, Division des sciences, PNUÉ

Bibliographie

- Accinelli, C., Abbas, H.K., Shier, W.T., Vicari, A., Little, N.S., Aloise, M.R. et Giacomini, S. (2019). Degradation of microplastic seed film-coating fragments in soil. *Chemosphere*, vol. 226, p. 645 à 655. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.03.161>.
- Alvim, C.B., Bes-Piá, M.A. et Mendoza-Roca, J.A. (2021). An innovative approach to the application of ultrasounds to remove polyethylene microspheres from activated sludge. *Separation and Purification Technology*, vol. 264, article 118429. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.118429>.
- Anagnostis, L., Varvasou, A., Pavlou, P., Protou, E. et Carayanni, V. (2021). Worldwide actions against plastic pollution from microbeads and microplastics in cosmetics focusing on European policies: Has the issue been handled effectively? *Marine Pollution Bulletin*, vol. 162, article 111883. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111883>.
- Bläsing, M. et Amelung, W. (2018). Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *Science of the Total Environment*, vol. 612, p. 422 à 435. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.086>.
- Braunack, M.V., Filipović, V., Adhikari, R., Freischmidt, G., Johnston, P., Casey, P.S., Wang, Y. et al. (2021). Evaluation of a Sprayable Biodegradable Polymer Membrane (SBPM) Technology for soil water conservation in tomato and watermelon production systems. *Agricultural Water Management*, vol. 243, article 106446. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106446>.
- Brodin, M., Vallejos, M., Opedal, M.T., Area, M.C. et Chinga-Carrasco, G. (2017). Lignocellulose as sustainable resources for production of bioplastics – A review. *Journal of Cleaner Production*, vol. 162, p. 646 à 664. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.209>.
- Browne, M.A., Ros, M., et Johnston, E.L. (2020). Pore-size and polymer affect the ability of filters for washing-machines to reduce domestic emissions of fibres to sewage. *PLoS one*, vol. 15, no 6, article e0234248. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234248>.
- Carr, S.A., Liu, J. et Tesoro, A.G. (2016). Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. *Water Research*, vol. 91, p. 174 à 182. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135416300021>.
- Corradini, F., Meza, P., Equiluz, R., Casado, F., Huerta-Lwanga, E. et Geissen, V. (2019). Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal. *Science of the Total Environment*, vol. 671, p. 411 à 420. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.368>.
- Crossman, J., Hurley R.R., Futter, M. et Nizzetto, L. (2020). Transfer and transport of microplastics from biosolids to agricultural soils and the wider environment. *Science of the Total Environment*, vol. 724, article 138334. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138334>.
- de Souza Machado, A.A., Lau, C.W., Kloas, W., Bergmann, J., Bachelier, J.B., Faltin, E., Becker, R., Görlich, A.S. et Rillig, M.C. (2019). Microplastics can change soil properties and affect plant performance. *Environmental Science & Technology*, vol. 53, no 10, p. 6 044 à 6 052. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01339>.
- de Souza Machado, A.A., Lau, C.W., Till, J., Kloas, W., Lehmann, A., Becker, R. et Rillig, M.C. (2018). Impacts of microplastics on the soil biophysical environment. *Environmental Science & Technology*, vol. 52, no 17, p. 9 656 à 9 665. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02212>.
- Della Pietra, L. (2019). The EU's Push for Biodegradable Polymers in mineral fertilizers. *Fertilizer Focus*, mars/avril 2019. https://www.fertilizerseurope.com/wp-content/uploads/2019/08/The_EU_s_push_for_biodegradable_polymers_in_mineral_fertilizers.pdf.
- Agence européenne des produits chimiques (2019). Microplastiques. <https://echa.europa.eu/fr/hot-topics/microplastics>
- Fan, P., Yu, H., Xi, B. et Tan, W. (2022). A review on the occurrence and influence of biodegradable microplastics in soil ecosystems: Are biodegradable plastics substitute or threat? *Environment International*, article 107244. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107244>.
- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture) (2021). Assessment of agricultural plastics and their sustainability. A call for action. <https://doi.org/10.4060/cb7856en>.
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et Groupe technique intergouvernemental sur les sols (2015). Status of the World's Soil Resources – Main Report. Rome. <https://www.fao.org/3/i5199e/i5199e.pdf>.
- Filipović, V., Bristow, K.L., Filipović, L., Wang, Y., Sintim, H.Y., Flury, M. et Simunek, J. (2020). Sprayable biodegradable polymer membrane technology for cropping systems: Challenges and opportunities. *Environmental Science & Technology*, vol. 54, no 8, p. 4 709 à 4 711. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c00909>.
- Ganesh Kumar A., Arjuna, K., Hinduja, M., Sujitha, K. et Dharani, G. (2020). Review on plastic wastes in marine environment – Biodegradation and biotechnological solutions. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 150, article 110733.
- Ghasemi, N., Gbeddy, G., Egdawatta, P., Zare, F. et Goonetilleke, A. (2020). Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from wastewater using dual-mode ultrasound system. *Water and Environment Journal*, vol. 34, p. 425 à 434. <https://doi.org/10.1111/wej.12540>.
- Hidayatullahman, H. et Lee, T.G. (2019). A study on characteristics of microplastic in wastewater of South Korea: Identification, quantification, and fate of microplastics during treatment process. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 146, p. 696 à 702. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.071>.
- Istel, K. et Jedelhauser M. (2021). Plastics in Soil. NABU. https://www.nabu.de/imperia/md/content/nabude/konsumressourcenmuell/2021_factsheet_nabu_plastics_soils_english.pdf.
- Iyare, P.U., Ouki, S.K. et Bond, T. (2020). Microplastics removal in wastewater treatment plants: a critical review. *Environmental Science: Water Research & Technology*, vol. 6, no 10, p. 2 664 à 2 675. <https://doi.org/10.1039/D0EW00397B>.
- Groupe mixte d'experts chargé d'étudier les aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin (2019). Guidelines for the Monitoring and Assessment of Plastic Litter in the Ocean. Kershawa, P., Turrab, A. and Galgani, F. (dir. publ.). Nairobi : Programme des Nations Unies pour l'environnement. <http://www.gesamp.org/publications/guidelines-for-the-monitoring-and-assessment-of-plastic-litter-in-the-ocean>
- Lares, M., Nobi, M.C., Sillanpää, M. et Sillanpää, M. (2019). Occurrence, identification, and removal of microplastic particles and fibers in conventional activated sludge process and advanced MBR technology. *Water Research*, vol. 133, p. 236 à 246. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.11.049>.
- Lawrence, D., Wong, S.K., Low, D.Y.S., Goh, B.H., Goh, J.K., Ruktanonchai, U.R., Soottitantawat, A. et al. (2021). Controlled release fertilizers: A review on coating materials and mechanism of release. *Plant*, vol. 10, no 2. <https://doi.org/10.3390/plants10020238>.
- Li, X., Guo, S., Peng, Y., He, Y., Wang, S., Li, L. et Zhao, M. (2018). Anaerobic digestion using ultrasound as pretreatment approach: Changes in waste activated sludge, anaerobic digestion performances and digestive microbial populations. *Biochemical Engineering Journal*, vol. 139, p. 139 à 145. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2017.11.009>.

- Liao, Y.C., Nazygul, J., Li, M., Wang, X.L. et Jiang, L.J. (2019). Effects of microplastics on the growth, physiology, and biochemical characteristics of wheat (*Triticum aestivum*). *Huan jing ke xue=Huanjing ke xue*, vol. 40, no 10, p. 4 661 à 4 667. <https://doi.org/10.13227/j.hjkx.201903113>.
- Liu, W., Zhang, J., Liu, H., Guo, X., Zhang, X., Yao, X., Cao, Z. et Zhang, T. (2021). A review of the removal of microplastics in global wastewater treatment plants: Characteristics and mechanisms. *Environment International*, vol. 146, article 106277. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106277>.
- Mahon, A.M., O'Connell, B., Healy, M.G., O'Connor, I., Officer, R., Nash, R. et Morrison, L. (2017). Microplastics in sewage sludge: effects of treatment. *Environmental Science & Technology*, vol. 51, no 2, p. 810 à 818. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04048>.
- Mohajerani, A. et Karabatak, B. (2020). Microplastics and pollutants in biosolids has contaminated agricultural soils: An analytical study and a proposal to cease the use of biosolids in farmlands and utilise them in sustainable bricks. *Waste Management*, vol. 107, p. 252 à 265. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.021>.
- Nizzetto, L., Futter, M. et Langaa, S. (2016). Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin? *Environmental Science & Technology*, vol. 50, no 20. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04140>.
- Okoffo, E.D., O'Brien, S., Ribeiro, S.D., Toapanta, T., Rauer, C. et al. (2021). Plastic particles in soil: State of the knowledge on sources, occurrence and distribution, analytical methods, and ecological impacts. *Environmental Science: Processes & Impacts*, vol. 23, no 2, p. 240 à 274. <https://doi.org/10.1039/d0em00312c>.
- Okoffo, E.D., Tscharke, B.J., O'Brien, J.W., O'Brien, S., Ribeiro, F., Burrows, S.D. et al. (2020). Release of plastics to Australian land from biosolids end-use. *Environmental Science & Technology*, vol. 54, no 23, p. 15 132 à 15 141. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c05867>.
- Pirzada, T., de Farias, B.V., Mathew, R., Guenther, R.H., Byrd, M.V., Sit, T.L., Pal, L. et al. (2020). Recent advances in biodegradable matrices for active ingredient release in crop protection: Towards attaining sustainability in agriculture. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, vol. 48, p. 121 à 136. <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2020.05.002>.
- Rakhimol, K.R., Thomas, S., Kalarikkal, N. et Jayachandran, K. (2021). Nanotechnology in controlled-release fertilizers. In *Controlled Release Fertilizers for Sustainable Agriculture*. Lewu, F.B., Volova, T., Sabu, T. et Rakhimol, K.R. (dir. publ.). Academic Press. Chapitre 10, p. 169 à 181. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819555-0.00010-8>.
- Ren, Z., Gui, X., Xu, X., Zhao, L., Qiu, H. et Cao, X. (2021). Microplastics in the soil-groundwater environment: Aging, migration, and co-transport of contaminants—a critical review. *Journal of Hazardous Materials*, article 126455. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126455>.
- Rillig, M.C. (2012). Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil? ACS Publications. <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/es202011r>.
- Rillig, M.C. et Lehmann, A. (2020). Microplastic in terrestrial ecosystems. *Science*, vol. 368, no 6498, p. 1 430 à 1 431. <https://doi.org/10.1126/science.abb5979>.
- Rillig, M.C., Lehmann, A., de Souza Machado, A.A. et Yang, G. (2019). Microplastic effects on plants. *New Phytologist*, vol. 223, no 3, p. 1 066 à 1 070. <https://doi.org/10.1111/nph.15794>.
- Romero-Pareja, M., Aragon, C.A., Quiroga, J.M. et Coello, M.D. (2017). Evaluation of a biological wastewater treatment system combining an OSA process with ultrasound for sludge reduction. *Ultrasonics sonochemistry*, vol. 36, p. 336 à 342. <https://doi.org/10.1016/j.ultrsonch.2016.12.006>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2021). De la pollution à la solution : une évaluation mondiale des déchets marins et de la pollution plastique. Nairobi. <https://www.unep.org/resources/pollution-solution-global-assessment-marine-litter-and-plastic-pollution>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2021). Plastics in Agriculture: Sources and Impacts - Working Paper. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/37681>.
- Organisation des Nations Unies (2021). Sommet sur les systèmes alimentaires. New York, 23 septembre 2021. <https://www.un.org/fr/food-systems-summit>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2019). Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial (GEO-6) : une planète saine pour des populations en bonne santé. Ekins, P., Boileau, P. et Gupta, J. (dir. publ.). Cambridge : Cambridge University Press. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/27539>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2021). Plastics in Agriculture: Sources and Impacts – Working Paper. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/37681>.
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (2022). Journée historique dans la campagne de lutte contre la pollution plastique : les Nations s'engagent à élaborer un accord juridiquement contraignant. Communiqué de presse, 2 mars 2022. <https://www.unep.org/fr/actualites-et-rects/communiqu%C3%A9-de-presse/jour%C3%A9e-historique-dans-la-campagne-de-lutte-contre-la-pollution-plastique>
- van der Zee, M. (2021). Biodegradability of biodegradable mulch film: A review of the scientific literature on the biodegradability of materials used for agricultural mulch film (2138). Wageningen: Wageningen Food & Biobased Research. <https://doi.org/10.18174/544211>.
- Wei, X.F., Capezza, A.J., Cui, Y., Li, L., Hakonen, A., Liu, B. et Hedenqvist, M.S. (2022). Millions of microplastics released from a biodegradable polymer during biodegradation/enzymatic hydrolysis. *Water Research*, article 118068. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118068>.
- Yu, H., Fan, P., Hou, J., Dang, Q., Cui, D., Xi, B. et Tan, W. (2020). Inhibitory effect of microplastics on soil extracellular enzymatic activities by changing soil properties and direct adsorption: An investigation at the aggregate-fraction level. *Environmental Pollution*, vol. 267, article 115544. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115544>.
- Yu, Y., Griffin-LaHue, D.E., Miles, C.A., Hayes, D.G. et Flury, M. (2021). Are micro-and nanoplastics from soil-biodegradable plastic mulches an environmental concern? *Journal of Hazardous Materials Advances*, vol. 4, article 100024. <https://doi.org/10.1016/j.jhazadv.2021.100024>.
- Zhang, S., Yang, Y., Gao, B., Li, Y.C. et Liu, Z. (2017). Superhydrophobic controlled-release fertilizers coated with bio-based polymers with organosilicon and nano-silica modifications. *Journal of Materials Chemistry A*, vol. 5, no 37, p. 19 943 à 19 953. <https://doi.org/10.1039/C7TA06014A>.
- Zhu, F., Guo, S., Wang, C. et Gu, C. (2019). Occurrence and ecological impacts of microplastics in soil systems: a review. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, vol. 102, no 6, p. 741 à 749. <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02623-z>.



Les notes prospectives du PNUÉ peuvent être consultées en ligne ou téléchargées à l'adresse

<https://wesr.unep.org/foresight>

