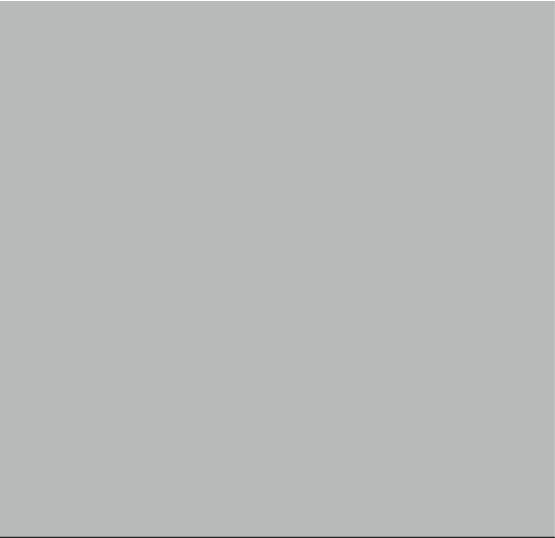
Rapport technologique

[Publié : le 28](http://www.frontiersin.org/Environmental_Science/editorialboard) [octobre](http://www.frontiersin.org/Environmental_Science/editorialboard) [2016](http://www.frontiersin.org/Environmental_Science/editorialboard) [doi: 10.3389/fenvs.2016.00068](http://dx.doi.org/10.3389/fenvs.2016.00068)



[Réalisation de bioessais pour la détermination de l’écotoxicité des sols après une exposition à des plastiques biodégradables](http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fenvs.2016.00068/abstract)

*Susanna Sforzini, Laura Oliveri, Selene Chinaglia et* [*Aldo Viarengo*](http://loop.frontiersin.org/people/90181/overview)*\**

*Département des Sciences et l’Innovation technologique, Université du Piémont oriental « A. Avogadro », Alessandria, Italie*



*Édité par :*

*Stefan Zhang, Université de Tianjin, Chine*

*Révisé par :*

*Uwe Strotmann, Westfälische Hochschule, Allemagne*

*Luciano Takeshi Kishi, Universidade Estadual Paulista*

*UNESP/FCAV, Brésil*

*\* Correspondance :*

*Aldo Viarengo*   [*aldo.viarengo@uniupo.it*](mailto:aldo.viarengo@uniupo.it)

*Section spécialisée : Cet article a été présenté à la section microbiotechnologie, écotoxicologie*

*et dépollution du journal*

Frontiers in Environmental Science

*Reçu : 28 juillet 2016*

*Accepté :* 7 octobre 2016

Publié :28 octobre 2016

*Référence :* Sforzini S, Oliveri L, Chinaglia S et Viarengo A (2016) Réalisation de bioessais pour la détermination de l’écotoxicité des sols après une exposition aux plastiques biodégradables

*Front. Environ. Sci. 4:68. doi:* 10.3389/fenvs.2016.00068

### Les plastiques biodégradables sont principalement utilisés dans les matériaux d’emballage (par exemple, les sacs de courses), les sacs de collecte des déchets, les produits utilisés dans la restauration et les applications agricoles. Dans ce dernier cas, la dégradation a lieu directement dans le sol où des produits en plastique biodégradables sont intentionnellement laissés après utilisation (par exemple, les films de paillage contre les mauvaises herbes). En raison du volume en augmentation de polymères et de plastiques biodégradables, un intérêt croissant est porté à leur innocuité environnementale et davantage de recherches sont effectuées. Des tentatives d’appliquer des bioessais utilisés dans d’autres secteurs des sciences de l’environnement ont été faites pour évaluer l’innocuité des plastiques biodégradables. Dans ce travail, la qualité des sols après biodégradation de bioplastiques Mater-Bi a été évaluée avec un large éventail de bioessais basés sur des organismes modèles représentatifs des différents niveaux trophiques des chaînes alimentaires des écosystèmes aquatiques et édaphiques. Mater-Bi a été dégradé dans des conditions contrôlées pendant 6 mois à une concentration de 1 %. Les organismes sélectionnés comprenaient une bactérie et un protozoaire (*Vibrio fischeri* et *Dictyostelium discoideum*, respectivement), l’algue verte *Pseudokirchneriella subcapitata*, des plantes (la monocotylédone *Sorghum saccharatum* et la dicotylédone *Lepidium sativum*) et des animaux invertébrés (*Daphnia magna*, un crustacé d’eau douce et le ver de terre Oligochète *Eisenia andrei*), et les critères d’évaluation utilisés comprenaient à la fois des critères d’évaluation aigus et chroniques. Les résultats des tests écotoxicologiques appliqués ont montré que les matériaux Mater-Bi testés à des doses très élevées n’affectaient pas la qualité du sol. Le sol exposé aux matériaux Mater-Bi n’a aucun effet nocif sur les organismes édaphiques ; les résultats des plantes mono et dicotylédones indiquent notamment que les produits en plastique Mater-Bi sont inoffensifs pour les utilisations agricoles. L’utilisation de critères d’évaluation chroniques plus sensibles permet d’exclure des effets possibles au niveau des populations. C’est la première fois qu’une telle approche globale est appliquée à l’évaluation des effets écotoxiques potentiels induits par des plastiques biodégradables dans le sol et représente un point de départ envisageable pour de meilleurs programmes de tests standardisés.

Mots clés : plastiques biodégradables, tests écotoxicologiques, organismes édaphiques, Mater-Bi, qualité du sol

# INTRODUCTION

Les plastiques biodégradables sont principalement utilisés dans les matériaux d’emballage (par exemple, les sacs de courses), les sacs de collecte des déchets, les produits utilisés dans la restauration et les applications agricoles (Shen *et al.*, 2009). À la fin de leur vie commerciale, ces produits sont censés se dégrader en produits finaux inoffensifs. La dégradation se déroule dans des usines de compostage ou dans des usines de méthanisation (Van der Zee, 2014) conjointement avec les biodéchets (déchets alimentaires et déchets de jardin) pour générer du compost. Le compost est appliqué sur le sol comme un engrais afin d’augmenter la matière organique. La dégradation peut aussi avoir lieu directement dans le sol où des produits en plastique biodégradables sont intentionnellement laissés après utilisation (par exemple, les films de paillage contre les mauvaises herbes). Étant donné que les sols agricoles servent à la production alimentaire destinée aux êtres humains et aux animaux d’élevage, l’absence d’effets négatifs liés aux applications de plastiques biodégradables est très préoccupante pour les parties intéressées. C’est pourquoi tous les protocoles d’essai mis au point pour caractériser les plastiques et emballages biodégradables comprennent l’évaluation de l’écotoxicité éventuelle provenant de la biodégradation. Des normes ont été élaborées pour préciser les exigences relatives aux plastiques et emballages biodégradables en matière de compostage (c.-à-d. de recyclage organique), de compostage domestique et dans le sol. Les normes les plus pertinentes relatives aux plastiques biodégradables dans différents environnements sont présentées dans le **tableau 1**. Toutes les normes exigent (i) des niveaux de biodégradation complets comme premier niveau d’essai qui empêche l’accumulation dans le sol et (ii) des essais d’écotoxicité comme second niveau d’essai afin de démontrer la sécurité environnementale. L’approche des essais est similaire dans tous les cas : la matière plastique est exposée à la matrice d’intérêt (par exemple, le compost, le sol) à une dose très élevée et laissée se biodégrader. Après un temps donné, un échantillon de la matrice est testé avec des bioessais d’écotoxicité en même temps qu’un échantillon témoin non exposé à l’élément en plastique et un échantillon témoin exposé à une substance GRAS (Generally Recognized As Safe, pour généralement reconnue comme étant sans danger), telle que la cellulose. Aucune différence significative ne doit être trouvée entre les échantillons testés et les échantillons témoins.

Les normes sur la compostabilité (par exemple, EN 13432) exigent une évaluation d’écotoxicité sur des échantillons de compost dans lesquels des matériaux plastiques ajoutés à une concentration de 10 % ont été compostés pendant 3 mois. Le test biologique est basé sur un essai de germination et de croissance avec deux espèces de plantes et dérive des lignes directrices 208 de l’OCDE pour les essais de produits chimiques (OCDE, 2006).

Les exigences d’écotoxicité sont également imposées par les normes sur la biodégradabilité dans le sol (les normes nationales italiennes et françaises et le programme de certification « OK Biodegradable soil »). Les essais d’écotoxicité doivent être effectués sur des échantillons de sol dans lesquels une matière plastique ajoutée à une concentration de 1 % a été dégradée pendant 3 mois. La concentration prescrite de plastiques est beaucoup plus élevée que celle qui devrait normalement se retrouver dans l’environnement. Un chargement de 1 % est beaucoup plus élevé que le chargement de l’application prévue de plastiques biodégradables dans le sol. Par exemple : un film de plastique biodégradable typique utilisé pour le paillage est 1,5 × 10−5 m d’épaisseur et a une densité de 1250 kg m−3. Ce qui implique 1,88 × 10−2 kg m− 2 pour une seule application. La profondeur du sol à laquelle le plastique est généralement utilisé ou reste après utilisation est présumée à 0,20 m, en accord avec la profondeur normale du labour du sol. Par conséquent, 1 m2 de film plastique couvrant 1 m2 de surface du sol sera généralement mélangé avec un volume de sol égal à 0,2 m3. Cette quantité de sol pèse ∼300 kg, compte tenu d’une densité apparente du sol de 1500 kg m− 3. Par conséquent, le chargement typique de film plastique dans des conditions normales d’utilisation sera de ∼0.0063 % (1,88 × 10−2 kg/300 kg × 100).

Les bioessais d’écotoxicité requis par les différentes normes sont présentés dans le **tableau 2**.

Les approches actuelles en matière de normalisation du compostage et de la biodégradation des sols sont considérées comme satisfaisantes et appropriées pour l’évaluation de la sécurité environnementale des plastiques biodégradables (Fritz, 2014). L’explication se trouve dans les seuils de minéralisation très élevés (90 %) requis par ces normes, qui peuvent être considérés comme une indication d’une biodégradation totale et d’une absence de résidus (De Wilde, 2014). En outre, les tests d’écotoxicité appliqués au compost ou au sol après biodégradation de la matière plastique assurent que les produits de biodégradation n’affectent pas l’environnement. Cependant, en raison du volume croissant de polymères et de plastiques biodégradables, l’intérêt porté à leur innocuité environnementale est en augmentation et davantage de recherches sont effectuées (Kapanen, 2012). Une vive inquiétude de l’opinion publique concerne l’impact environnemental des substances persistantes probablement libérées lors de la biodégradation des polymères et du compostage, substances qui pourraient ensuite se propager dans l’environnement pendant de la fertilisation avec du compost, ou diffuser directement pendant leur biodégradation dans le sol. Il est donc intéressant pour toutes les parties prenantes d’élargir la gamme d’essais d’écotoxicité appliqués afin de dissiper tout doute et d’assurer un bon développement de ce secteur industriel prometteur. C’est pourquoi des tentatives d’appliquer des bioessais utilisés dans d’autres secteurs des sciences de l’environnement ont été faites pour évaluer l’innocuité des plastiques biodégradables. L’essai appelé « Flash test », basé sur la mesure cinétique de la bioluminescence émise par *Vibrio fischeri*, a été appliqué au compost (Tuominen *et al.*, 2002) et à la vermiculite (Degli Innocenti *et al.*, 2001) exposés à des matières plastiques. La conclusion des études était que le Flash test pourrait être utilisé de manière fiable pour vérifier l’écotoxicité d’extraits de matrices de biodégradation (vermiculite ou compost).

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| TABLEAU 1 | Principales normes sur les plastiques et emballages biodégradables dans différentes conditions. | | |
| Norme | Thème | émise par : |
| EN 13432Emballage - Exigences relatives aux emballages valorisables par compostage et biodégradation - Programme d'essai et critères d'évaluation de l'acceptation finale des emballages | Capacité des emballages à être recyclé organiquement | CEN Comité européen de normalisation, Bruxelles Belgique |
| ISO18606 Emballage et environnement — recyclage organique | Capacité des emballages à être recyclé organiquement | ISO Organisation internationale de la normalisation, Genève Suisse |
| EN 14995 Matières plastiques - Évaluation de la compostabilité - Programme d’essais et spécifications | Compostabilité des plastiques | CEN Comité européen de normalisation, Bruxelles, Belgique |
| ISO 17088 Spécifications pour les plastiques compostables | Compostabilité des plastiques | ISO Organisation internationale de la normalisation, Genève, Suisse |
| D6400 Norme pour les plastiques compostables | Compostabilité des plastiques | ASTM International, West Conshohocken, Pennsylvanie, 1999 |
| NF U 52-001 T1,Matériaux biodégradables pour l’agriculture et l’horticulture — Produits de paillage — Exigences et méthodes essai | Biodégradation des films de paillage dans le sol | AFNOR AFNOR, La Plaine Saint-Denis Cedex, France 2005 |
| OK Biodegradable SOIL: Essais d’acceptation initiale. Programme OK 10. Produits biologiques — dégradation dans le sol | Biodégradation dans le sol | Institut de certification Vinçotte, Bruxelles, Belgique |
| UNI 11183 Matières plastiques biodégradables à température ambiante. Exigences et méthodes d’essai | Compostage domestique | UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Italie |
| UNI 11355, Manufatti plastici biodegradabili dans compostaggio domestico — Requisiti e metodi di prova | Compostage domestique | UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Italie |
| UNI 11462 Matières plastiques biodégradables dans le sol — Types, exigences et méthodes d’essai | Biodégradation dans le sol | UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Italie |
| UNI 11495, 2013 matières thermoplastiques biodégradables destinées à l’agriculture et l’horticulture.  Films de paillage – Exigences et méthodes d’essai | Biodégradation dans le sol | UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Italie |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| TABLEAU 2 | Bioessais d’écotoxicité pris en considération par les différentes normes sur les emballages et les plastiques biodégradables | | |
| Norme | Matrice et dose de matières plastiques | Méthode d’essai |
| EN 13432  EN 14995  ISO 17088  ISO 18606  ASTM D6400 | Compost, après une procédure de compostage de 3 mois avec 10 % de matières plastiques | Essai avec deux espèces de plantes décrit dans l’annexe spécifique « Détermination des effets écotoxiques sur les plantes supérieures », basée sur la méthode OCDE 208 |
| UNI 11462  UNI 11495  UNI 11183  UNI 11355 | Sol, après une période d’incubation de 3 mois avec 1 % de matières plastiques | Détermination de la germination des graines et de la croissance des plantes, conformément aux annexes K et L, respectivement, de la méthode UNI 10780.  Toxicité aiguë sur les vers de terre selon la norme ISO 11268-1. Toxicité aiguë sur la daphnie, suivant ISO 6341, 2012. |
| NF U 52-001  T1 | Sol, après une incubation de 90 jours avec une quantité de film de paillage équivalente à la dose utilisée sur le terrain multiplié par un facteur multiplicatif de 100.  Cela correspond à la masse nécessaire pour couvrir 1 m2 de produit par 300 kg de sol sec | Détermination de la germination des graines et de la croissance des plantes, conformément à la norme ISO 11269-2.  Toxicité aiguë sur les vers de terre FD X 31-251, 1994.  Toxicité aiguë sur les algues NF T 90-375, 1998. |
| OK Biodegradable Soil | Compost avec une concentration de 10 % du matériau testé ou sol avec une concentration de 1 % du matériau testé | Comme EN 13432 |

Un essai d’inhibition de la nitrification a été réalisé sur des extraits de sol (Bettas Ardisson *et al.*, 2014) après un essai de biodégradation selon la norme ISO 14238 (2012) pour la mesure de l’activité de nitrification. La conclusion était que cette approche de test était appropriée pour tirer des conclusions quant aux effets des plastiques biodégradables sur le sol.

À notre connaissance, aucun autre bioessai n’a été appliqué dans ce secteur. Ce travail visait à vérifier l’applicabilité d’un plus grand nombre de bioessais pour la détermination de l’écotoxicité potentielle du sol après la biodégradation de matières plastiques. En particulier, les organismes sélectionnés comprenaient des bactéries et des protozoaires (*Vibrio fischeri* et *Dictyostelium discoideum*, respectivement), l’algue verte *Pseudokirchneriella subcapitata*, des plantes (la monocotylédone *Sorghum saccharatum* et la dicotylédone *Lepidium sativum*) et des animaux invertébrés (*Daphnia magna*, un crustacé d’eau douce et le ver de terre Oligochète *Eisenia andrei*). L’éventail de tests écotoxicologiques, y compris ceux couramment utilisés par l’Institut italien pour la protection et la recherche environnementale (ISPRA) et appliqués par les agences territoriales pour l’environnement, a été utilisé sur des sols dans lesquels des échantillons de matières plastiques biodégradables avaient été biodégradés pendant 6 mois. Ces essais sont basés sur les lignes directrices de l’OCDE ou sur d’autres protocoles reconnus.