

Films de paillage dans l'agriculture: test pratique de la biodégradabilité

Michael Sander¹, Franco Widmer² et Thomas D. Bucheli²

¹ETH Zurich, 8092 Zurich, Suisse

²Agroscope, 8046 Zurich, Suisse

Renseignements: Michael Sander, e-mail: michael.sander@env.ethz.ch

Thomas Bucheli, e-mail: thomas.bucheli@agroscope.admin.ch



Figure 1 | Application typique des films de paillage biodégradables dans les cultures maraîchères. Après l'application, les films sont enfouis dans le sol avec le labour.

Les films de paillage en plastique sont très utilisés dans la production maraîchère et la culture de petits fruits. Les produits conventionnels en polyéthylène sont très résistants et peuvent se transformer en résidus plastiques indésirables dans le sol. Les films de paillage biodégradables sont des alternatives valables, mais leur biodégradabilité doit encore faire l'objet de tests pratiques. Les auteurs étudieront cette question ces prochaines années.

Avantages des films de paillage

Les films de paillage plastique sont utilisés dans diverses cultures telles que les légumes, les asperges ou les fraises (fig. 1). Ces films sont posés à même le sol et servent à empêcher le développement des mauvaises herbes, à

garder le produit propre et, en combinaison avec l'irrigation goutte à goutte, à améliorer l'efficacité de l'eau dans les cultures longue durée. Au printemps et dans les cultures d'asperges, le réchauffement plus rapide du sol et la croissance également plus rapide des plantes qui l'accompagne sont aussi des facteurs importants à prendre en compte (Steinmetz *et al.* 2016; D. Bachmann, Strickhof, comm. pers.).

Films de paillage conventionnels, non biodégradables

Les films de paillage conventionnels sont constitués de polyéthylène (PE), un polymère non biodégradable dans le sol – ni dans d'autres milieux environnementaux – et donc très stable. Le fait que ce matériau ne se dégrade pas est dû à sa structure chimique, qui se compose uni-

quement de très longues chaînes de carbone (fig. 2) et forme un matériau solide rigide. Étant donné qu'il n'existe aucun matériau comparable présent naturellement dans l'environnement, les micro-organismes manquent d'enzymes pour décomposer le PE en fragments plus petits; une première étape essentielle pour rendre le carbone du PE utilisable comme nutriment pour les micro-organismes. On sait déjà depuis les années 1980 que le PE a besoin de longues périodes (de quelques décennies) pour se dégrader dans le sol (p. ex. Kasirajan et Ngouajio 2012).

En raison de la très grande stabilité du PE, il est important que les films de paillage conventionnels soient entièrement retirés des sols après leur utilisation et éliminés dans un incinérateur de déchets. Cependant, cela n'est possible que de manière limitée et les experts estiment que même en procédant de façon scrupuleuse, entre 0,1 et 1 % du matériau constituant le film reste sur le terrain (Kalberer *et al.* 2019a, b). Ces résidus de film pénètrent ensuite dans le sol où ils s'accumulent avec l'utilisation répétée de films de paillage. À long terme, ces résidus pourraient nuire à la fertilité du sol (p. ex. Qian *et al.* 2018). En plus des effets écologiques indésirables de l'utilisation de films de paillage conventionnels, leur ramassage prend beaucoup de temps et est donc coûteux. (Kalberer *et al.* 2019a, b).

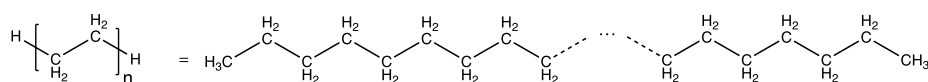
Films de paillage biodégradables

Outre les films de paillage conventionnels à base de PE, on utilise depuis quelque temps déjà en Suisse des films de paillage en plastique qui peuvent être décomposés par des micro-organismes dans le sol (fig. 1; Sander 2019). Ces films de paillage biodégradables sont souvent constitués d'une série de différents polymères. Le plus souvent, cependant, ils contiennent une combinaison d'amidon – un biopolymère fabriqué à partir du glucose – et de deux polyesters de synthèse, le polybutylène adipate téréphtalate (PBAT) et l'acide polylactique (PLA) (fig. 2).

Contrairement au PE, ces deux polymères biodégradables ont des liaisons chimiques dans les chaînes polymères qui agissent comme «points de rupture prédéterminés». Les microorganismes du sol possèdent des enzymes pour rompre ces liaisons, car les biopolymères naturels (p. ex. cutine et certaines graisses) contiennent des points de rupture prédéterminés, comparables d'un point de vue chimique. Les petits fragments de polymère peuvent ensuite être absorbés par les microorganismes et convertis en dioxyde de carbone (CO₂) et en nouvelle biomasse microbienne. L'idéal est que les films de paillage biodégradables soient décomposés et transformés de la même manière que les résidus végétaux dans le sol. Par rapport aux films PE, les films de paillage biodégra-

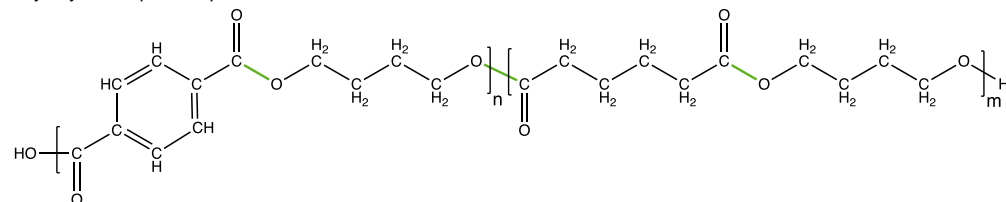
Polymères dans les films de paillage conventionnels

Polyéthylène (PE)

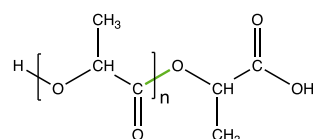


Polymères dans les films de paillage biodégradables

Polybutylène adipate téréphtalate (PBAT)



Acide polylactique (PLA)



Amidon

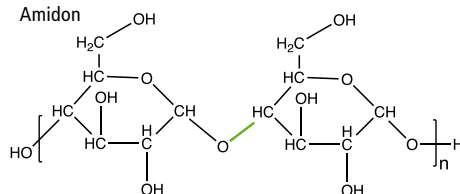


Figure 2 | Structures chimiques du polyéthylène (PE), des polyesters biodégradables polybutylène adipate téréphtalate (PBAT), et acide polylactique (PLA) et de l'amidon constitués de plusieurs unités de glucose. Les liaisons marquées en vert sont des «points de rupture prédéterminés» accessibles aux microorganismes (pour plus de détails, voir le texte).



Figure 3 | Nouveaux essais d'incubation de films de paillage biodégradables dans la serre d'Agroscope sur le site de Reckenholz. Les matériaux sont incubés dans plusieurs sols prélevés sur les parcelles d'essai environnantes pendant plusieurs années et leurs résidus sont quantifiés périodiquement. Un mélange de prairie habituel sur le site est semé comme couverture végétale. (Photo: Franco Widmer, Agroscope)

dables présentent le grand avantage de ne pas devoir être ramassés après usage, mais de pouvoir être directement incorporés au sol. Cela permet d'économiser du temps et de l'argent par rapport aux films PE conventionnels.

Certification pour films de paillage biodégradables

Mais qui garantit que ces films biodégradables sont réellement décomposés en CO₂ et en biomasse microbienne dans le sol? Cette question est justifiée, car jusqu'à récemment, il n'existait aucune exigence standard permettant de déterminer quels critères devaient remplir les films de paillage pour être déclarés «biodégradables dans le sol». L'absence de normes adéquates a parfois conduit à commercialiser par erreur certains films à base de PE comme étant biodégradables, alors qu'aucune preuve de la décomposition microbiologique du produit n'avait jamais été apportée.

Heureusement, il existe depuis l'an dernier une norme en la matière en Europe, la norme de certification EN 17033. Elle stipule, pour les films de paillage biodégradables, qu'au moins 90 % du carbone contenu dans les films doit avoir été converti en CO₂ pendant l'incubation dans le sol dans un délai de deux ans. Ce degré de décomposition peut être atteint soit dans l'absolu, soit de manière relative en référence à un biopolymère biodé-

gradable connu (par exemple, la cellulose). Les 10 % du carbone restant ne demeurent pas nécessairement sous la forme du film original. Il est possible qu'une partie du carbone restant ait été incorporée dans la matière organique du sol. La certification est basée sur des expériences d'incubation en laboratoire effectuées à une température constante allant jusqu'à 25°C et moyennant une humidité constante du sol. Il faut s'attendre à ce que cette certification s'impose également pour les films de paillage biodégradables commercialisés en Suisse. Selon le projet de règlement de l'UE concernant la fourniture d'engrais portant la marque CE (c'est-à-dire conforme aux directives de l'UE), les produits conformes à la norme EN 17033 seront également considérés à l'avenir comme amendements pour sols.

D'ailleurs la norme ne précise pas l'origine du carbone, c'est-à-dire s'il provient de matières premières renouvelables (d'origine biologique) ou de sources fossiles, car cela n'a aucune influence sur la biodégradabilité. Par exemple, le polyéthylène téréphtalate (PET) d'origine biologique est aussi peu biodégradable que le PET classique issu de matières premières fossiles. Certains polyesters de synthèse d'origine fossile, dont le PBAT, sont par contre biodégradables même s'ils ne sont pas d'origine biologique.

Questions de recherche sur les films de paillage biodégradables

La certification des films de paillage biodégradables par la norme EN 17033 représente une étape importante vers la transparence et l'évaluation écologique. En même temps, un certain nombre de questions restent ouvertes en ce qui concerne la biodégradation dans les sols agricoles, questions qui sont tout aussi pertinentes pour les films de paillage biodégradables actuels et futurs:

Les expériences d'incubation en laboratoire sont-elles transposables sur le terrain?

Il faut s'attendre à ce qu'un film de paillage certifié «biodégradable dans le sol» en vertu de la norme EN 17033 puisse également se dégrader microbiologiquement sur le terrain dans les sols agricoles. Cependant, à ce jour, il n'existe aucune étude qui compare et confirme directement la dégradation biologique en laboratoire (dans des conditions de certification) avec celle sur le terrain. De telles études comparatives sont non seulement difficiles en raison de la longue durée des essais (plusieurs années), mais de nouvelles méthodes d'analyse doivent également être mises au point afin de pouvoir prouver la biodégradation des films sur le terrain.

La dégradabilité dépend-elle du type de sol?

La biodégradabilité du carbone organique n'est pas seulement une propriété du matériau, mais aussi du milieu dans lequel le processus se déroule. Pour cette raison, il faut s'attendre à ce que les propriétés spécifiques du sol aient une influence significative sur la dégradation des films. Ces propriétés peuvent être de nature purement

abiotique (température, humidité, pH, disponibilité des nutriments), ou affecter la microbiologie du sol (voir ci-dessous). En général, la certification ne porte que sur un seul sol. Il est donc nécessaire d'étudier l'ampleur des variations entre les différents types de sols en ce qui concerne la biodégradation de ces films et les facteurs qui jouent un rôle.

Quels microorganismes participent à la dégradation?

Un film de paillage biodégradable certifié peut être dégradé et transformé en CO₂ et en biomasse microbienne par des microorganismes présents naturellement dans le sol. Certains organismes qui peuvent effectuer cette biodégradation ont déjà été isolés et décrits (Koi-tabashi *et al.* 2012; Muroi *et al.* 2017). Mais des lacunes subsistent sur le plan des connaissances: combien de microorganismes du sol ont la capacité de dissocier les polymères par voie enzymatique dans des films de paillage biodégradables et de les utiliser ensuite comme nutriments? Quel est le rôle des champignons et des bactéries? Y a-t-il des organismes clés qui doivent être présents dans un sol pour assurer une biodégradation rapide? Sont-ils courants? L'activité des organismes favorisant la décomposition peut-elle être influencée par des facteurs environnementaux externes (voir ci-dessus)?

Pour répondre à ces importantes questions de recherche, les auteurs de ce bref article ont lancé une collaboration scientifique. Dans le cadre d'essais en laboratoire, en serre (fig. 3) et sur le terrain, ils étudieront la dégradation biologique des films de manière approfondie dans les années à venir. ■

Bibliographie

- Kalberer A., Kawecki-Wenger D. & Bucheli T. D., 2019a. Flux plastiques dans l'agriculture suisse et risques potentiels pour le sols. *Recherche Agronomique Suisse* **10** (11–12), 416–423.
- Kalberer A., Kawecki-Wenger D. & Bucheli T. D., 2019b. Plastik in der Landwirtschaft. Stand des Wissens und Handlungsempfehlungen für die landwirtschaftliche Forschung, Praxis, Industrie und Behörden. Agroscope, Zürich, und Empa, St. Gallen. *Agroscope Science* **89**, 57 p. Accès: <https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/42595> [19.11.19].
- Kasirajan S. & Ngouajio M., 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review. *Agronomy and Sustainable Development* **32**, 501–529.
- Koitabashi M., Noguchi M. T., Sameshima-Yamashita Y., Hiradate S., Suzuki K., Yoshida S., Watanabe, Shinozaki Y., Tsushima S. & Kitamoto H. K. 2012. Degradation of biodegradable plastic mulch films in soil environment by phylloplane fungi isolated from gramineous plants. *AMB Express* **2**, 40.
- Muroi F., Tachibana Y., Soulethone P., Yamamoto K., Mizuno T., Sakurai T., Kobayashi Y. & Kasuya K. 2017. Characterization of a poly(butylene adipate-co-terephthalate) hydrolase from the aerobic mesophilic bacterium *Bacillus pumilus*. *Polymer Degradation and Stability* **137**, 11–22.
- Qian H., Zhang M., Liu G., Lu T., Qu Q., Du B. & Pan X., 2018. Effects of Soil Residual Plastic Film on Soil Microbial Community Structure and Fertility. *Water Air and Soil Pollution* **229**, 261.
- Sander M., 2019. Biodegradation of Polymeric Mulch Films in Agricultural Soils: Concepts, Knowledge Gaps, and Future Research Directions. *Environmental Science and Technology* **53**, 2304–2315.
- Steinmetz Z., Wollmann C., Schaefer M., Buchmann C., David J., Tröger J., Muñoz K., Frör O. & Schaumann G. E., 2016. Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? *Science of the Total Environment* **550**, 690–705.