

Filets de polymères biosourcés pour diminuer à la fois l'utilisation des pesticides et des combustibles fossiles en agriculture

Chouinard, G., Pelletier, F., Larose, M., Tavares,
J., Knoch, S. et Dumont, M.-J.

N° de projet : IA117739

Durée : 04/2017 – 09/2019

FAITS SAILLANTS

La production légumes sous filets d'exclusion permet de réduire les dommages causés par plusieurs ravageurs sans avoir recours aux insecticides, mais pas tous, dans l'état actuel des connaissances. Le développement de traitements superhydrophobes pour les filets offre la possibilité qu'ils procurent également une protection contre les maladies. Par ailleurs, les filets d'exclusion sont actuellement majoritairement faits de polyéthylène haute densité (HDPE) ce qui, même en tenant compte de leur durée de vie, pose un problème pour l'environnement (émissions de gaz à effet de serre, coût énergétique et gestion en fin de vie).

Afin d'optimiser la protection phytosanitaire de ce type de système tout en réduisant l'utilisation des combustibles fossiles en agriculture, un bio-polymère pouvant être utilisé pour la conception de filet d'exclusion a été identifié et des traitements de modification de surface augmentant ses propriétés hydrophobes y ont été appliqués. Le produit sélectionné est une matrice d'acide polylactique (PLA), un produit de la fermentation bactérienne, additionnée de limonène comme agent plastifiant. Ce polymère a été rendu hydrophobe en utilisant deux méthodes de modification de surface. L'une d'elle est une réaction par déposition de vapeur chimique initiée par des rayons UVC (PICVD) et la seconde est une nouvelle méthode de structuration de surface induite par solvant, développée durant le projet.

En vue d'augmenter les propriétés antiparasitaires offertes par de tels filets, l'effet de différentes configurations de mailles (dimension et forme) sur le comportement de différents insectes ravageurs et bénéfiques a été évalué en laboratoire. Les caractéristiques physiques et comportementales des différentes espèces à l'étude ont influencé leur capacité à traverser les filets. Parmi les formes de mailles testées, pour une aire ouverte identique, le taux d'intrusion a été généralement plus grand à travers les filets à mailles carrées et/ou hexagonales alors que les filets à mailles rectangulaires ont totalement exclu les deux ravageurs testés.

OBJECTIF(S) ET MÉTHODOLOGIE

L'objectif général était d'évaluer les possibilités d'utilisation d'un polymère biosourcé comme composant des filets. Le 1^{er} volet du projet consistait à identifier différents candidats de polymères biosourcés et à caractériser leurs propriétés physico-chimiques en vue de sélectionner le candidat optimal. Dans le 2^e volet, différents travaux de mise en forme et de modification de surface ont été réalisés sur le polymère sélectionné en vue d'améliorer ses propriétés hydrophobes. Dans le 3^e volet, différentes configurations de mailles ont été testées en laboratoire contre la mouche de la pomme *Rhagoletis pomonella*, la drosophile à ailes tachetées *Drosophila suzuki*, le prédateur *Aphidoletes aphidimyza* et les parasitoïdes *Aphidius matricariae* et *Aphelinus abdominalis*. Des filets à base de polymères biosourcés ayant des mailles de différentes tailles (0,16 mm² à 7,84 mm²) et motifs géométriques (carré, rectangle, losange, triangle, hexagone) ont été produits par impression 3D, en sélectionnant des dimensions discriminantes selon l'espèce à l'étude.

RÉSULTATS SIGNIFICATIFS POUR L'INDUSTRIE

Étude et sélection de candidats de bio-polymères

Parmi les différents candidats de polymères biosourcés identifiés lors de la revue de littérature, l'acide polylactique (PLA) a été choisi comme candidat optimal en raison de ses propriétés mécaniques qui, après modification, se rapprochent des plastiques traditionnellement utilisés en agriculture. Sa biodégradabilité est aussi intéressante pour améliorer l'impact environnemental de la fin de vie des textiles agricoles. De plus, il est relativement stable au rayonnement UV et aux conditions extérieures, comparé aux autres polymères à base d'amidon ou de cellulose. Les désavantages principaux de ce polymère sont ses propriétés mécaniques (très fragile avant modification) et son prix plus élevé que le HDPE. Des essais de plastification par mixage du PLA ont été entrepris pour le rendre plus flexible, et donc moins fragile. Deux produits plastifiants ont été testés : le PHBV, un polymère biodégradable produit par des bactéries et le limonène, un constituant naturel de certains arbres, plantes, fruits et légumes. Suite à la caractérisation des propriétés mécaniques des mélanges testés, le limonène à une charge massique de 15% a été retenu pour augmenter la plasticité du PLA sans compromettre sa transparence. La majorité des valeurs prescrites du cahier de charge du matériau à développer ont été atteintes (force maximale > 25 MPa, déformation à la rupture > 100 %). Seul le module d'élasticité est resté relativement élevé (~1400 MPa après mixage, supérieur à la valeur fixée de 1000 MPa).

Modification de surface et mise en forme pour augmenter l'hydrophobicité du PLA

Le PLA a un angle de contact intrinsèque avec l'eau de ~80°, ce qui fait de lui un polymère hydrophile. Ce volet du projet visait à rendre ce polymère hydrophobe, donc d'augmenter son angle de contact. Deux méthodes ont été utilisées : 1) par dépôt chimique et 2) par structuration induite par solvant. La première méthode consiste en une réaction par déposition de vapeur chimique initiée par des rayons UVC (PICVD). Les protocoles de modifications précédemment établis par l'équipe pour le traitement des filets de HDPE ont été appliqués aux polymères bio-sourcés. Des échantillons de PLA ainsi que le filet commercial Filbio® (à base de PLA) ont été rendus hydrophobes avec succès par la méthode PICVD avec une augmentation, après traitement, de l'angle de contact à environ 98° et 110°, respectivement.

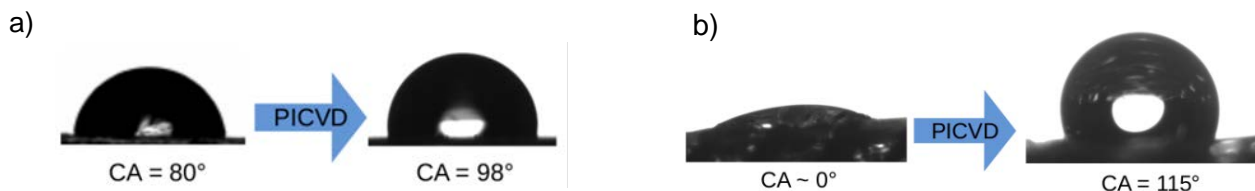


Figure 1 : Évolution de l'angle de contact de l'eau sur des plaques de PLA (a) et sur des filets d'exclusion de PLA (b), avant et après traitement par dépôt chimique (PICVD).

La deuxième méthode par solvant a été développée au laboratoire durant le projet. La méthode Dip-dip-dry (DDD) requiert l'immersion du substrat dans un bain de solvant (acétone) suivi de son immersion dans un bain coagulant (eau). Ainsi, les chaînes de polymère collapent et se consolident en structures. La finesse des structures produites confère à la surface du PLA une grande hydrophobicité par effet de relief. En effet, des bulles d'air sont piégées entre le matériau et la goutte d'eau déposée dessus, ce qui augmente considérablement l'angle de contact du PLA à environ 145° (Figure 2). Par ailleurs, le traitement DDD requiert l'usage de solvants très communs et peu onéreux et le PLA est hydrophobe après seulement quelques dizaines de minutes de séchage.

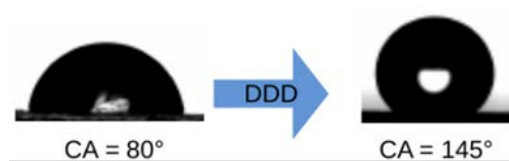


Figure 2 : Évolution de l'angle de contact de l'eau sur des plaques de PLA, avant et après traitement par structuration induite par solvant (DDD).

Effet de la dimension et de la forme des mailles sur l'efficacité d'exclusion

La plupart des espèces ont passé à travers des filets ayant des mailles carrées à peine plus grandes que la largeur de leur thorax, la partie du corps généralement considérée comme la moins flexible chez un insecte. D'autres caractéristiques physiques et/ou comportementales ont également influencé leur capacité à traverser les filets. Chez le prédateur aphidiphage *A. aphidimyza*, l'ouverture des mailles devait être au moins le double de la taille de l'insecte.

Les filets à mailles carrées et/ou hexagonales ont laissé passer la plus grande proportion d'individus chez trois des cinq espèces d'insectes testées. Les filets à mailles rectangulaires ont totalement exclu les 2 ravageurs testés. Il semble donc que plus le ratio largeur/longueur (a/b) s'approche de 1 (comme c'était le cas avec le carré et l'hexagone), plus la surface utile pour le passage des insectes est grande. Dans le cadre des essais effectués, la plus grande efficacité d'exclusion a été obtenue avec le rectangle, la forme qui avait le plus petit ratio a/b (0,5) parmi celles testées. À la lumière des résultats obtenus, il est possible qu'une maille de forme triangulaire avec un ratio a/b inférieur à celui utilisé (0,9) permette également d'optimiser l'efficacité d'exclusion.

APPLICATIONS POSSIBLES POUR L'INDUSTRIE ET/OU SUIVI À DONNER

Le projet a permis l'identification et la mise en forme d'un polymère biosourcé (PLA) répondant aux propriétés physiques exigées pour la conception de filets d'exclusion en remplacement des produits à base de combustibles fossiles actuellement utilisés pour les textiles agricoles. Il a également permis démontrer que le PLA est compatible avec les traitements superhydrophobes (PICVD et DDD) ce qui offre la possibilité d'augmenter la protection phytosanitaire offerte en réduisant les risques de maladies dans les cultures sous filets. Les essais réalisés avec différentes configurations de mailles ont également permis d'établir différents constats permettant de préciser le type de mailles à privilégier pour améliorer les propriétés phytosanitaires des filets d'exclusion. Les retombées positives des filets optimisés dans le cadre du projet sont donc de deux ordres : 1) un gain important dans la lutte aux changements climatiques par une diminution de l'utilisation d'hydrocarbures ; 2) la conception de filets d'exclusion possédant des caractéristiques supérieures pour la protection phytosanitaire des cultures.

POINT DE CONTACT POUR INFORMATION

Nom du responsable du projet : Gérald Chouinard
 Téléphone : 450-653-7368
 Télécopieur : 450-653-1927
 Courriel : gerald.chouinard@irda.qc.ca

REMERCIEMENTS AUX PARTENAIRES FINANCIERS

Ces travaux ont été réalisés grâce à une aide financière du Programme de soutien à l'innovation en agroalimentaire, un programme issu de l'accord du cadre Cultivons l'avenir conclu entre le ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation et Agriculture et Agroalimentaire Canada, et à une contribution de Dubois Agrinovation.