

Optimisation de la rétention des produits phytosanitaires sur une surface superhydrophobe

Sofiene Ouled Taleb Salah, Mathieu Massinon, Bruno Schiffers
Et Frédéric Lebeau

Gembloux Agro-Bio Tech- Université de Liège

RESUME

La protection des cultures est principalement réalisée en Tunisie par l'application de bouillies phytosanitaires à base d'eau. Au niveau de l'impact des gouttes sur le feuillage, trois types de comportement sont observés, à savoir l'adhésion, le rebond et la fragmentation. Ces types d'impact affectent la rétention par le feuillage et dépendent de la taille et de la vitesse des gouttes, des propriétés physico-chimiques de la bouillie et de la mouillabilité des surfaces foliaires. Une technique d'imagerie rapide a permis d'évaluer la pertinence de l'utilisation d'adjuvants tensio-actifs en vue d'améliorer la rétention en agissant sur le type d'impact. Des essais de rétention sur feuilles de vulpin, surface très peu mouillables ou superhydrophobe, montrent que l'ajout d'un adjuvant 0,1 %v/v dans l'eau contribue à l'amélioration des dépôts. La proportion d'adhésion a augmenté alors que celle du rebond a diminué. Cette technique en laboratoire est un outil efficace pour évaluer les pratiques culturales des agriculteurs et de fournir des conseils et recommandations pratiques en fonction des cibles.

Mots clés : adjuvant, impact des gouttes, rétention, régime Wenzel, régime Cassie-Baxter, surface superhydrophobe.

INTRODUCTION

L'agriculture Tunisienne fait actuellement face à plusieurs défis ; d'une part le marché exige un niveau de production élevé et d'autre part les législations actuelles relatives à l'emploi des produits phytosanitaires sont de plus en plus contraignantes et privilégient la protection de l'environnement. La protection des grandes cultures en Tunisie est généralement réalisée par l'application uniforme des produits phytosanitaires via des buses hydrauliques à des volumes à l'hectare de l'ordre de 200 l/ha. Les processus de rétention des produits appliqués dépendent de nombreux paramètres notamment de l'hydrophobicité de la surface, des propriétés physico-chimiques de la bouillie, de la vitesse et du diamètre des gouttes avant l'impact. Lors d'un désherbage chimique, la nature et la forme de l'adventice à traiter, en particulier une surface superhydrophobe et dressée comme le blé ou vulpin à un jeune stade de croissance, demeure jusqu'à présent un facteur limitant du processus de rétention. Pour décrire cette hydrophobicité, deux modèles la mouillabilité sont utilisés : Un premier modèle dit de «Wenzel » où les gouttes sont bien accrochées à la surface superhydrophobe en suivant

les contours des aspérités de la surface (Zu et al., 2010). Un second modèle dit de « Cassie-Baxter » où les gouttes sont en contact avec le sommet des piliers et piègent de l'air dans les vallées de la structure. Le liquide peut être facilement retiré de la surface, ce qui le cas le plus extrême de l'hydrophobicité. Différents types d'impacts des gouttes peuvent être observés en fonction de la taille et la vitesse des gouttes et de la rugosité de la surface (figure1) (Massinon et Lebeau, 2013). Pour de faibles vitesses d'impact et une rugosité limitée, la goutte adhère à la surface selon le régime de Wenzel (1). A un niveau de rugosité assez élevé, la goutte sera interceptée par la surface selon le régime de Cassie-Baxter (2). Une vitesse d'impact et une rugosité de Wenzel plus élevé implique un rebond parfait de la goutte (3). Quand la vitesse d'impact et la rugosité de Wenzel augmentent encore, la goutte principale se fragmente en une multitude de petites gouttes quittant la surface (fragmentation) (4). Pour une rugosité de Wenzel intermédiaire et une vitesse d'impact élevée, le rebond partiel se produit où la goutte adhère partiellement. La goutte n'a pas alors assez d'énergie pour quitter la surface, mais elle en a suffisamment pour se fragmenter en deux gouttes, l'une adhère à la surface et l'autre quitte celle-ci (5 a). Une fragmentation partielle peut être observée où une grosse partie de la goutte adhère à la surface mais de nombreuses gouttelettes sont éjectées (5 b). La tendance actuelle est à l'ajout des adjuvants aux bouillies de pulvérisation afin d'améliorer les dépôts sur les cultures cibles. Cependant, certains agriculteurs ne sont pas encore familiers avec cette pratique faute de vulgarisation et du manque de leurs connaissances des aspects des produits phytosanitaires. Face à ce constat, aboutir à un traitement phytosanitaire efficace est un objectif majeur malgré la complexité du processus, dont le succès dépend de la bonne combinaison entre la formulation choisie et la technique d'application utilisée. Ce papier met l'accent sur l'effet de l'ajout d'un tensio-actif à la bouillie sur la rétention en caractérisant l'impact des gouttes sur une surface superhydrophobe. A ce titre, le vulpin sera utilisé comme surface modèle.

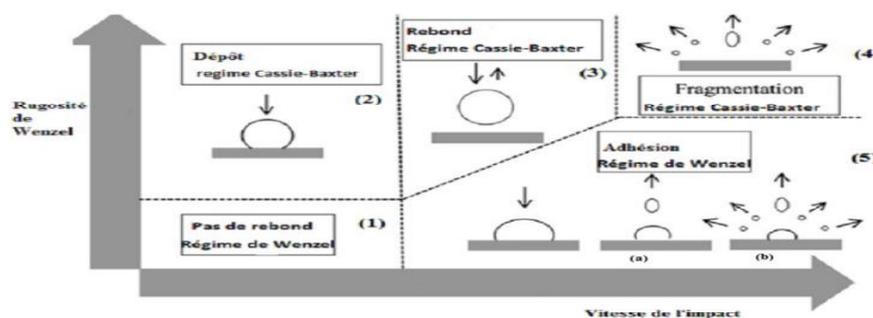


Figure 1 : Schéma récapitulatif des différents types d'impacts de gouttes (uniquement pour l'eau) (Massinon et al., 2013)

MATERIEL ET METHODES

Caractérisation des impacts des gouttes sur une surface superhydrophobe par imagerie rapide

Dans le but d'étudier l'effet d'ajout d'un tensio-actif à la bouillie sur la rétention des gouttes, une méthode d'ombroscopie, consistant à caractériser le comportement des gouttes avant l'impact sur la surface, a été mise en place. Les impacts des gouttes sont filmés à l'aide d'une caméra à haute vitesse (Y4 CMOS, Integrated Design Tools, Tallahassee, FL, USA) couplée à une source d'éclairage (19 LED Constellation, integrated design tools, Tallahassee, FL, USA) pulsée en retro-éclairage. La fréquence d'enregistrement a été fixée à 20000 images par seconde pour assurer une bonne identification et caractérisation des impacts. L'assemblage d'images est assuré par un logiciel de la caméra (Motion Studio, integrated design tools, Tallahassee, Floride, USA). Un cm² de feuille de vulpin a été fixée sur un support de forme U, placé entre la caméra et la source d'éclairage correspondant au milieu du jet pulvérisé. Une fois les images acquises, un opérateur identifie le type d'impact et les images sont analysés via un script Matlab® afin de déterminer la taille et la vitesse des gouttes. Cette méthode est plus détaillée dans l'article de Massinon et Lebeau (2012). Les gouttes sont générées par une buse hydraulique XR11003 VK, placée 500 mm au dessus de la surface à pulvériser et réglée à une pression de 2 bars. Un rail de déplacement linéaire permet de déplacer la buse à une vitesse de 2 m/s. Deux bouillies contrastées en termes de tension de surface sont testées : la première est uniquement à base d'eau et la deuxième contient un adjuvant non-ionique (famille des polyéthers trisiloxanes) «Break Thru® S240, Evonik Industries AG, Essen, Germany» à raison de 0,1 % v/v dans l'eau.

RESULTATS ET DISCUSSION

Effet d'ajout d'un tensio-actif sur le comportement des gouttes sur une surface horizontale superhydrophobe

Les résultats d'impact des gouttes sur la feuille horizontale de vulpin sont présentés dans la figure 2. Ce graphique bi-logarithmique et d'allure sigmoïdale, représente la vitesse de la goutte en fonction de son diamètre. Chaque point représente l'impact d'une goutte sur la feuille et chaque type d'impact est identifié par un symbole spécifique. Ces gouttes sont ainsi classées selon leurs énergies d'impact dans un digramme qui est scindé en 11 classes d'énergies croissantes. Les limites de ces classes correspondent à un nombre de Weber constant. Ce nombre de Weber ($We = D V^2 \rho / \sigma$ ou ρ la masse volumique du fluide [kg/m^3], V la vitesse de la goutte [m/s], D le diamètre de la goutte en mètre et σ la tension superficielle du liquide [N/m]), représentant le rapport entre les forces d'inertie et la tension superficielle du fluide, est calculé à partir de la tension de surface statique de l'eau qui est de l'ordre de 72 mN/m. En comparant les graphes représentant la vitesse en fonction du diamètre de la goutte (figure 2), la distribution de la sigmoïde n'est pas la même. Les limites de transition entre les types d'impacts diffèrent entre les deux modalités. Pour l'eau, les seuils de transition entre

le rebond et la fragmentation correspondent à un nombre de Weber assez élevé alors que la transition entre l'adhésion et le rebond coïncide généralement à un seuil un peu bas dans les classes d'énergies. En introduisant le Break Thru, le seuil de passage de rebond à la fragmentation s'est déplacé vers un seuil inférieur par rapport à celui de la première modalité. Pour la transition adhésion-rebond, le seuil s'est modifié vers un niveau plus haut. Cette transition n'est pas claire car les impacts d'adhésion dominent la sigmoïde et on parle plus de transition d'adhésion-fragmentation que d'adhésion- rebond. Lors de la pulvérisation de la première bouillie à base d'eau, les types d'impacts dominants sont le rebond et la fragmentation. Par ailleurs, l'ajout du surfactant a introduit une modification au niveau des distributions des types d'impacts. Cette modification s'est traduite par une augmentation de l'adhésion lors du premier impact. Les résultats des types d'impacts sont assemblés d'un histogramme empilé où pour chaque modalité les proportions volumiques des impacts sont représentées en pourcentage (figure 4). Pour l'eau, la majorité du rebond se produit dans le régime de Cassie- Baxter. Par ailleurs, l'ajout de Break Thru a augmenté la proportion de la fragmentation selon le modèle Wenzel. Par conséquent, l'adjuvant a favorisé une transition du modèle Cassie-Baxter au modèle Wenzel qui contribue à l'augmentation des dépôts sur la surface malgré les fragmentations qui surviennent lors de l'impact.

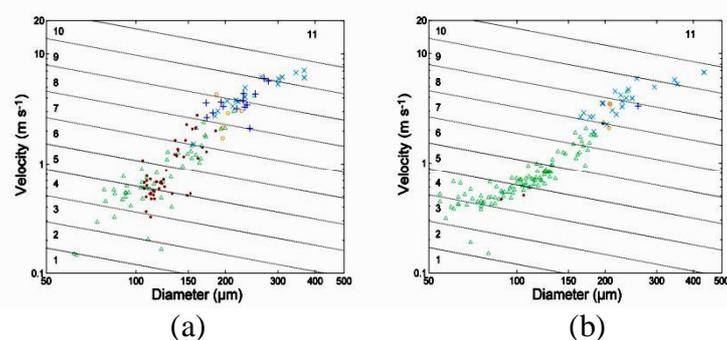


Figure 2 : Représentation des impacts des gouttes sur une surface horizontale de vulpin dans le cas de l'eau (a) et l'eau+adjuvant (b) : Δ adhésion, \bullet rebond C-B, \circ rebond W, \times fragmentation Wenzel et $+$ fragmentation Cassie-Baxter. Velocity : Vitesse, Diameter : Diamètre.

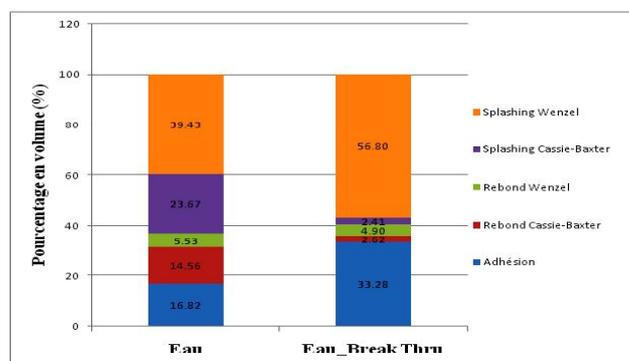


Figure 3 : Proportions volumiques des impacts des gouttes sur la feuille du vulpin de deux bouillies : Eau et Eau_Break Thru

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

La méthode d'imagerie rapide est un outil efficace pour identifier les types d'impacts des gouttes responsables des différences de rétention des produits de contact. La modification des types d'impact affecte la rétention en améliorant les dépôts sur la cible et par conséquent contribue à l'augmentation de l'efficacité du traitement. En termes de tailles de gouttes, l'efficacité reste limitée par les petites gouttes qui sont sensibles à la dérive et la fragmentation des grosses gouttes malgré l'ajout de l'adjuvant. Ces études qualitatives doivent être complétées par des études quantitatives afin de fournir aux agriculteurs des estimations des doses de bouilles assurant l'efficacité du traitement. D'autre part, des recommandations pratiques sur les moyens techniques préconisés doivent être communiquées aux agriculteurs.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Massinon M. et Lebeau F.**, 2103. Review of physicochemical processes involved in agrochemical spray retention. Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement. 17(3), 494-504.
- Zu Y. Q., Yan Y. Y., Li J. Q. et Han Z. W.**, 2010. Wetting Behaviours of a Single Droplet on Biomimetic Micro Structured Surfaces. Journal of Bionic Engineering. 7 (2), 191-198.