

AFPP – 23^e CONFÉRENCE DU COLUMA
JOURNÉES INTERNATIONALES SUR LA LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES
DIJON – 6, 7 ET 8 DÉCEMBRE 2016

**INTERET DES EFFACEURS DE TRACES DE ROUES POUR LA LIMITATION DES TRANSFERTS
D'HERBICIDES APPLIQUES SUR CULTURE DE MAÏS**

P. COTINET ⁽¹⁾, D. HEDDAJ ⁽¹⁾, S. COUDREUSE ⁽²⁾ et I. DE-PAEPE ⁽²⁾

⁽¹⁾ Chambre d'agriculture de Bretagne, Station expérimentale de kerguehenec, 56500 Bignan, France, patrice.cotinet@morbihan.chambagri.fr

⁽²⁾ BASF Division Agro, 21 chemin de la sauvegarde, 69134 ecully cedex, France, isabelle.de-paepe@basf.com

RÉSUMÉ

Le ruissellement peut avoir un impact négatif sur la qualité des eaux de surface. Au printemps, la culture de maïs est particulièrement exposée à ce risque. Une expérimentation réalisée sous pluie contrôlée a confirmé l'intérêt des effaceurs de traces de roues pour limiter les transferts par ruissellement du DMTA-P, herbicide de prélevée appliqué sur culture de maïs. Les effaceurs sont constitués d'un ensemble fixé à l'arrière du semoir à maïs, comprenant deux dents positionnées derrière les roues du tracteur et complétées par une herse peigne. Cet équipement permet de décompacter les traces de roue et de supprimer les chemins préférentiels de l'eau au sein de la parcelle. Cette modification de l'état structural du sol permet d'améliorer l'infiltration de l'eau, de diminuer le ruissellement et ainsi de limiter l'impact de l'herbicide appliqué sur la qualité de l'eau.

Mots-clés : Ruissellement, herbicide, DMTA-P, transfert, simulation pluie, traces de roue.

ABSTRACT

INTEREST OF WHEEL MARK ERADICATORS TO LIMIT LOSSES IN RUNOFF OF APPLIED HERBICIDE IN MAIZE

Runoff may have a negative impact on the quality of surface water. In spring, the maize is particularly exposed to this risk. An experiment performed under a controlled rain has confirmed the interest of the wheel mark eradicators fastened to the maize seeder to limit losses in runoff water of DMTA-P, preemergence herbicide applied in maize. The eradicators are made of a whole set fastened at the back of the maize seeder and comprising two tines positioned behind each of the tractor wheels and complemented by a flexline harrow. This equipment allows to decompact the wheel marks and to eliminate preferential runoff pathway. Changes in soil structure and soil surface states improve water infiltration, allow to delay runoff and thus limit the impact of the herbicide applied on water quality.

Keywords: Runoff, herbicide, DMTA-P, transfer, rain simulation, wheel marks.

INTRODUCTION

Dans le contexte armoricain, le ruissellement peut avoir un impact important sur la qualité des eaux de surface. Depuis les années 1990, le suivi de la qualité des eaux a révélé la présence de produits phytosanitaires dans les cours d'eau bretons. Les substances actives détectées sont essentiellement des herbicides utilisés en zones agricoles et non agricoles. Pour ceux utilisés en agriculture, ils proviennent principalement des cultures de maïs et de céréales.

En Bretagne, la sole maïs occupe près de 460 000 ha, soit 28% de la SAU (Agreste 2015) pour répondre aux besoins en alimentation animale. Or, cette culture est sensible vis-à-vis du ruissellement et de l'érosion : les orages de printemps peuvent survenir alors que la culture est encore peu couvrante, et la croûte de battance évoluée (Ouvry et al., 2012). De plus, la pression phytosanitaire exercée sur le maïs est plus élevée en Bretagne que la moyenne des exploitations françaises, du fait des contraintes climatiques de la région (Barbut & Poux, 2000).

Dans les programmes de désherbage du maïs, l'intérêt de la pré-levée dans certaines situations à forte pression de graminées et (ou) de véroniques, est reconnu. Outre l'efficacité de désherbage que peuvent avoir les traitements de pré-levée, la diversification des stratégies permet d'avoir recours à des modes d'actions diversifiés afin de limiter la sélection de mauvaises herbes résistantes. Actuellement, les traitements de pré-levée en maïs concernent environ un tiers des surfaces, dont la moitié reçoivent un chloroacétamide. Hors ces molécules s'utilisent à des doses relativement élevées en comparaison aux stratégies de post-levée. En effet, l'action racinaire de ces herbicides oblige à les utiliser à des doses proches de la dose homologuée pour maintenir un bon niveau d'efficacité. Leur utilisation sur sol nu, les rend particulièrement exposés aux transferts par ruissellement.

Le risque de pollution diffuse des eaux de surface par les herbicides est donc présent, et d'autant plus préoccupant que les eaux superficielles représentent 80 % de la ressource (Gascuel-Oudou & Heddadj, 1999). En 2012, dans 93 % des stations de suivi, au moins une molécule pesticide dépasse le seuil réglementaire de 0,1 µg/l dans l'eau potable (Novince et al., 2014). Ces transferts sont influencés par le contexte physique (pluies, nature des sols, topographie), la nature des molécules appliquées (Koc, ½ vie, dose) et les pratiques culturales (rugosité, mulch, état structural).

L'objectif de notre étude a donc été de tester les effaceurs de traces de roues comme solution permettant de limiter la fréquence et l'intensité des événements de ruissellement. Elle s'appuie sur des mesures de ruissellement et d'érosion réalisées sous pluies artificielles.

MATERIEL ET MÉTHODE

DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

L'étude a été conduite au printemps 2014 à la station expérimentale de Kerguéhennec, gérée par les Chambres d'agriculture de Bretagne. Celle-ci est située à 30 km au Nord de Vannes, sur la commune de Bignan, dans le Morbihan.

Climat

Le climat est de type océanique, doux et humide. La pluviométrie annuelle est de 1000 mm pour 134 jours de pluie (moyenne 1993-2013). Les températures sont douces : 6°C en moyenne en janvier et 17,5°C en moyenne en août (1993-2013). La période de semis de maïs, qui s'étend d'avril à mai, est propice aux orages et aux pluies de fortes intensités.

Sol

Le sol de la parcelle d'étude est un Humic Cambisol (Classification FAO), de profondeur moyenne (80 cm). Le sol de texture limono-sablo-argileux est riche en graviers de schistes et de quartz. Aucune trace d'hydromorphie n'est observée. La texture de l'horizon 0 – 30 cm présente la composition suivante : 169 g/kg d'argile, respectivement 247 et 211 g/kg de limon fin et grossier ainsi que 213 et 160 g/kg de sable fin et grossier. Cet horizon présente une teneur en matière organique de 44 g/Kg.

La parcelle présente une pente moyenne de 12 %

Dispositif expérimental

Herbicide

L'étude porte sur le diméthénamide (DMTA-P), molécule herbicide de la famille des chloroacétamides utilisée en prélevé en culture de maïs. Le DMTA-P est une substance active qui peut être caractérisée comme étant modérément mobile dans l'environnement du fait d'un coefficient d'adsorption moyen ($KOC \approx 227$ mL/g), d'une solubilité élevée (1449 mg/L) et d'une demi-vie courte (DT 50 au champ de 7 jours) (Siris-2012). L'herbicide utilisé est Isard à la dose de 1,2 L/ha soit un apport de 864 g/ha de substance active DMTA-P, ce qui correspond à un Indice de Fréquence de traitement (IFT) de 0,86.

Modalités

La technique de semis avec « Effaces traces » est réalisée avec un semoir classique sur lequel est monté une adaptation supportant une herse peigne à l'arrière du semoir. Sur ce support, deux dents sont montées permettant un travail du sol après le passage des roues du tracteur et de celles du semoir. Le principe est d'obtenir un état de surface homogène après l'opération de semis sans pouvoir distinguer les lignes de semis et les passages de tracteur. Cette modalité avec « Effaces traces » est comparée au semis classique laissant des empreintes au sol.

Les deux modalités comparées ont été implantées avec le matériel de la station de Kerguehenec. Les parcelles expérimentales ont une largeur de 6 mètres et une longueur respective de 50 mètres afin de mettre le matériel en situation réelle. Chacune des techniques est répétées trois fois sur différents couloirs. Le labour de la parcelle a été effectué le 14 mai 2014 avec une charrue à versoir et la reprise de celui-ci a été réalisée avec une herse rotative équipée d'un rouleau packer. Le semis du maïs est intervenu le lendemain et le traitement herbicide a été appliqué aussitôt.

Simulation de pluie

La méthode sous pluie simulée, fréquemment utilisée dans le domaine de la recherche, est pertinente pour évaluer les risques de transferts de contaminants hors des parcelles agricoles. Le simulateur de pluie utilisé a une structure pyramidale de 3,50 m de hauteur (Asseline et Valentin, 1978). Il est équipé d'une buse positionnée sur un bras oscillant qui produit un filet d'eau plat en forme d'éventail. La pluie ainsi produite a des caractéristiques proches de celles des gouttes de pluie naturelle. Elle arrose une micro-parcelle de 1,5 m de large, correspondant à la largeur d'un demi-passage de semoir représentatif des états de surface produits, et d'une longueur de 1 m pour générer du ruissellement, soit une surface de 1,5 m². La placette est délimitée par un cadre enfoncé dans le sol. En aval de ce dernier une gouttière permet la collecte des eaux de ruissellement.

L'intérêt de cette méthode repose essentiellement sur son caractère « comparatif » qui, du fait de la maîtrise de la pluie, et de sa répétabilité permet de confronter facilement les résultats obtenus.

Trois simulations de pluie ont été réalisées sur chacune des deux modalités (soit 6 parcelles expérimentales). Ces simulations de pluie ont été effectuées 15, 20 et 35 jours après le traitement herbicide. Chaque parcelle expérimentale a reçu une averse d'intensité de 20 mm/h.

Paramètres mesurés

Au cours des 6 simulations de pluies, plusieurs paramètres sont mesurés dans le but de caractériser le ruissellement et de calculer le flux d'herbicide ainsi que celui des matières érodées.

Les eaux de ruissellement sont collectées manuellement et à différents pas de temps durant toute la durée de la simulation. La totalité du ruissellement induit est ainsi récupérée dans des flacons en polyéthylène haute densité à usage unique (124 échantillons) et fait l'objet d'une quantification par pesée. Ces prélèvements permettent de mesurer le ruissellement, les concentrations en herbicides et charges solides de l'eau ruisselée. Chaque échantillon est indépendant et le prélèvement sert soit aux mesures d'érosion, soit aux analyses chimiques.

La concentration en particules solides du ruissellement est mesurée après passage à l'étuve à 105°C pendant 48 heures. Les échantillons destinés aux analyses chimiques sont congelés à - 18°C avant expédition au laboratoire (Capinov-29206 Landerneau). La concentration en DMTA-P est analysée par HPLC/MS/MS et GC/MS/MS avec une limite de quantification de 0,05 µg/L.

Le ruissellement étant lié aux caractéristiques du sol, des échantillons de sol sont prélevés à proximité immédiate de la placette afin de déterminer son humidité et sa porosité avant chaque simulation. La

porosité du sol (P) est calculée avec la formule suivante : $P = (d_r - d_a) \times 100 / d_r$ où d_r (densité réelle) est de 2,65 g/cm³ et d_a : densité apparente en g/cm³. La densité apparente ($d_a = P_s / V$) est mesurée avec la méthode « du cylindre » : un cylindre de volume connu ($V=250$ cm³) enfoncé dans le sol à 5 cm de profondeur et le volume de sol extrait séché à 105°C (P_s en g).

RESULTATS ET DISCUSSION

Ruissellement et érosion

Chacune des séries des simulations de pluie est caractérisée par un graphique représentant le cumul de ruissellement en fonction du cumul de pluie apporté (figure 1). La courbe obtenue a une tendance linéaire et correspond à une droite d'équation : $f(x) = a x + b$. La pluie d'imbibition (P_i) : quantité de pluie tombée avant le début du ruissellement correspond à $P_i = -b / a$.

Pour un cumul de pluie donné, le volume ruisselé est toujours inférieur pour la technique avec effaceur. La modalité avec effaceurs nécessitera donc un cumul de pluie supérieur pour obtenir le même volume ruisselé. La technique de semis peut donc modifier la dynamique de l'eau au sein de la parcelle. En moyenne, pour nos 3 séries réalisées l'abattement du ruissellement est de 64 % pour un cumul de pluie de 30 mm. Cette diminution du ruissellement, déjà observée dans des expérimentations précédentes (Cotinet & Heddadj, 2009), s'explique par un retard dans le déclenchement du ruissellement ainsi que par une meilleure infiltration de l'eau dans le sol. Le cumul de pluie pour avoir un début de ruissellement (P_i) passe de 8 à 15 mm avec l'utilisation des effaceurs de traces de roues. Ces derniers permettent à la fois d'augmenter la porosité par décompaction et de créer une importante rugosité en surface limitant ainsi les voies de circulation préférentielle de l'eau.

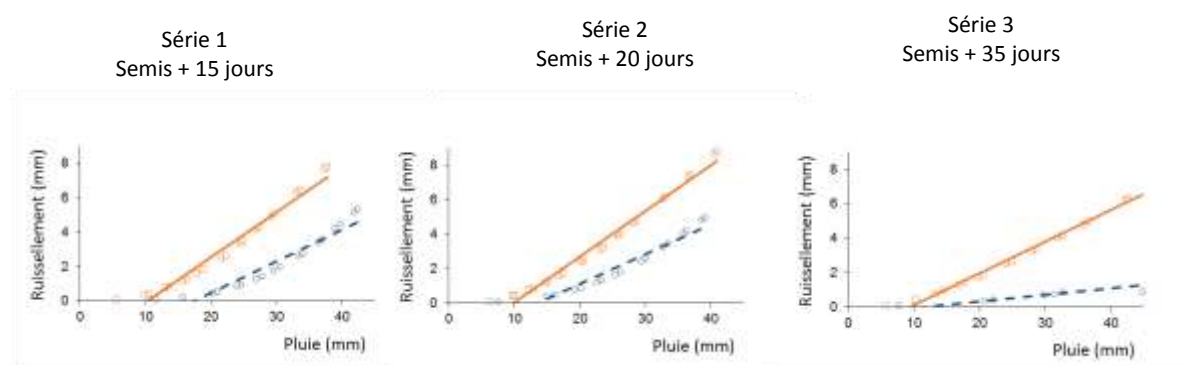


Figure 1: Cumul de ruissellement en fonction du cumul de pluie pour la modalité avec effaceurs (---) en comparaison avec les modalités classiques (—) pour les 3 séries réalisées. Accumulated runoff depending on rainfall accumulation for the modality with eradicators (---) in comparison with conventional arrangements (—) for 3 series realized.

Les deux premières séries ont des comportements proches tandis que la série 3 présente des flux ruisselés inférieurs (figure 1). Le développement de la culture et l'état du sol au moment de la pluie ruisselante sont déterminants dans le déclenchement et l'intensité du ruissellement. La première série a été réalisée sur un maïs à 1 feuille, soit 15 jours après le semis et après un cumul de pluie naturelle de 35 mm, et sur un sol avec une humidité pondérale sur les 5 premiers centimètres de 212 g/Kg de terre. La seconde série est effectuée sur un maïs à 3 feuilles, 20 jours après le semis et après 40 mm de pluie cumulée, et avec un sol à 188 g/Kg d'humidité pondérale. Et enfin la troisième et dernière série est réalisée avec un maïs à 6-7 feuilles, 35 jours et 52 mm depuis le semis, et avec un sol à 146 g/Kg d'humidité pondérale. Plus le ruissellement intervient tard après l'opération de semis et plus l'effet couverture du sol par la culture joue un rôle d'interception et de protection. Les cumuls de pluie ont tendance à modifier les états de surfaces. Néanmoins, les écarts entre les techniques se maintiennent même si l'on constate des pluies d'imbibition de plus en plus proches.

Une fois le ruissellement démarré, les différences de cumul s'expliquent par une meilleure infiltration de l'eau sur la modalité avec effaceurs grâce à la porosité créée sur la zone tassée par les roues de l'ensemble tracteur-semoir (figure 2). Cette différence de porosité de près de 4% semble suffisante pour améliorer l'infiltration de l'eau.

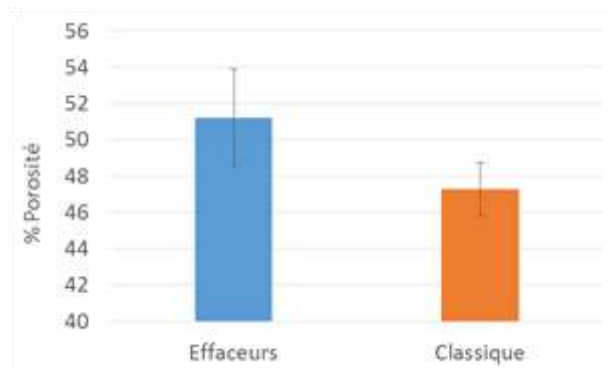


Figure 2: Porosité mesurée par la technique du cylindre sur l'horizon 0-5 cm.
Porosity measured by the technique of the cylinder on the horizon 0-5 cm.

Une caractérisation de l'état de surface après l'opération de semis n'a pas mis en évidence une augmentation de terre fine avec l'utilisation des effaceurs. Cela se traduit par l'absence de différence de concentration de charges solides dans les eaux ruisselées. Les flux d'érosion sont dans notre expérimentation directement liés aux volumes ruisselés. Pour une pluie de 30 mm ils sont pour la modalité avec effaceurs et celle sans effaceurs (modalité classique), respectivement de 5.3 et de 29.2 g/m².

CONCENTRATIONS EN HERBICIDES

Globalement, plus on s'éloigne de la date de traitement et plus les niveaux concentrations en herbicides diminuent dans les eaux de ruissellement (figure 3). Pour un évènement ruisselant donné, le niveau des concentrations diminue au cours du ruissellement et ceci pour les 2 modalités comparées. La technique de semis n'influence pas les niveaux de concentrations retrouvés dans les eaux de ruissellement, seul les cumuls de pluie sont différents pour l'obtention d'une concentration donnée.

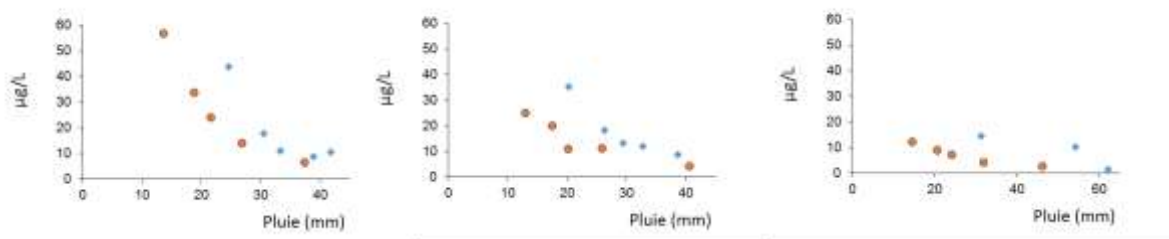


Figure 3 : Evolution des concentrations en DMTA-P dans les eaux de ruissellements fonction du cumul de pluie pour la modalité avec effaceurs (◆) en comparaison avec la modalité classiques (●) pour les 3 séries réalisées.

Evolution concentrations DMTA-P in runoff water depending on rainfall accumulation for the modality with eradicators (◆) compared with conventional methods (●) for 3 sets performed.

FLUX D'HERBICIDES

Le flux d'herbicides ou quantité de matières actives transférées par ruissellement est calculé en croisant les volumes ruisselés avec les analyses de concentrations. Les flux exportés (figure 4), quelle que soit la technique de semis, sont d'autant plus élevés que le délai entre l'application et le

ruissellement est court. L'augmentation des délais entre le traitement et le premier évènement ruisselant, rendu possible par l'utilisation des effaceurs de traces de roues, permet ainsi de diminuer le risque de transfert car les molécules sont moins mobilisables du fait de leur dissipation et de l'augmentation de la couverture du sol par la culture.

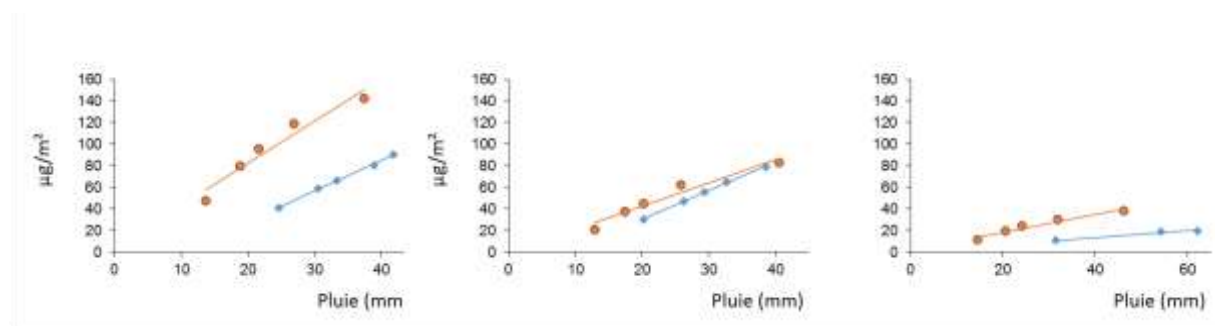


Figure 4 : Cumul des exportations de DMTA-P dans les eaux de ruissellements fonction du cumul de pluie pour la modalité avec effaceurs (◆) en comparaison avec la modalités classique(●) pour les 3 séries réalisées.
 Accumulated exports DMTA-P in runoff water depending on rainfall accumulation for the modality with eradicators (◆) compared with conventional method (●) for 3 sets performed.

Les pertes de DMTA-P peuvent être exprimées en pourcentage de la dose d'apport en fonction du cumul de pluie (figure 5). Quelle que soit la période où intervient l'évènement ruisselant, les pertes sont inférieures sur la modalité utilisant les effaceurs de traces de roues. En moyenne, l'abattement du flux est de 42 % pour un cumul de pluie de 30 mm. Dans le cadre de notre expérimentation, si l'on considère une pluie ruisselante de 22 mm la perte de DMTA-P est diminuée de 50%.

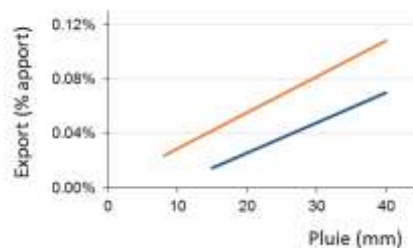


Figure 5 : Cumul des exportations de DMTA-P exprimé en % de la dose d'apport. Moyenne des 3 courbes de tendances pour les modalités Effaceur et Référence.
 Accumulated DMTA-P exports expressed in % of the contribution amount. Average 3 trendlines for Eradicator terms and Reference.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cette expérimentation, réalisée en conditions contrôlées sous simulation de pluie, montre que l'on peut limiter le risque de transfert engendré par le ruissellement avec l'utilisation d'effaceurs de traces de roues sur le semoir. Un certain nombre de pratiques culturales permettent de réduire le ruissellement et l'érosion à l'échelle de la parcelle (Cotinet, 2014). Les effaceurs de traces agissent sur l'état structural du sol au moment du semis d'une part en augmentant la rétention superficielle de l'eau grâce à une plus grande rugosité et d'autre part en augmentant la capacité d'infiltration de l'eau par un maintien de la porosité fonctionnelle. La rugosité et la porosité créées par les effaceurs vont dépendre des conditions de leur mise en œuvre : état d'humidité du sol, réglages des effaceurs... Dans des études

précédentes des augmentations de porosité différentes ont été constatées (8% vs 4% dans cette étude) et des diminutions de ruissellement également différents (de plus de 75% vs 64% dans cette étude), ce qui montre qu'un abattement encore plus important peut être obtenu.

Les avantages des effaceurs de traces de roues sont nombreux. Outre leur facilité de mise en œuvre, ils présentent un investissement limité. Généralement disponible en option chez les concessionnaires, ils peuvent également faire l'objet d'une adaptation au niveau de l'exploitation. L'essentiel est de pouvoir décompacter la trace de roue sur une dizaine de centimètres de profondeur. L'homogénéité de l'état de surface laissé après le semis réalisé avec un semoir équipé peut laisser aussi espérer une meilleure efficacité des produits.

Les freins identifiés pour leur développement résident essentiellement dans la suppression des traces servant de repère pour les traitements, mais également aux habitudes de visualiser les semis réalisés avec les traces laissées sur le sol. Néanmoins, pour les passages de traitement, le frein peut facilement être levé avec l'utilisation de traceurs ou par l'utilisation d'un autoguidage.

D'ores et déjà, il faut considérer que leur utilisation gagnerait à être diffusée plus largement. Dans les secteurs à enjeu qualité de l'eau, leur utilisation peut facilement être combinée avec d'autres stratégies agronomiques telles que le désherbage localisé sur le rang, la diminution de l'IFT puis avec des aménagements tels que les bandes enherbées.

BIBLIOGRAPHIE

Asseline J. & Valentin C., 1978 *Construction et mise au point d'un infiltromètre à aspersion*. Cah. ORSTOM, sér. Hydrol., XV, 4 : 321-349

Barbut L. & Poux X., 2000. *Impact environnemental de la culture du maïs dans l'Union Européenne – Etude de cas Bretagne*. ASCA – Commission Européenne DG XI, 81 p.

Cotinet P., 2014. *Les pratiques culturales sont des moyens de lutte contre l'érosion hydrique à l'échelle parcellaire* – journée de synthèse « Les références pour comprendre et réduire les pollutions liées aux transferts de surface – 7 février 2014 - RENNES

Gascuel-Oudou C. & Heddadj D., 1999. *Maîtrise des transferts de surface dans le contexte armoricain*. Contrat Bretagne Eau Pure 95/09-020.

Novince E., Guiho M., Danet N., 2014. *La qualité des eaux de surface en Bretagne*. In : Portail de l'information environnementale en Bretagne [en ligne]. Date de consultation : 26/09/2014. Disponible sur : <http://www.bretagne-environnement.org/Eau/Le-contexte-breton/La-qualite-des-eaux-de-surface>

Ouvry J.-F., Coufourier N., Richet J.-B., Lhérieu M., Pivain Y., Martin P., Lecomte V., Barrier C., Witkowski D., Saint-Omer L., Corruble C., Luce M., 2012. *Maîtrise du ruissellement et de l'érosion des sols en Haute-Normandie. Expérimentations sur les pratiques culturales 2001-2010. Synthèse des résultats de ruissellement et d'érosion*. Groupe Maîtrise du ruissellement par les pratiques culturales. 36 p.