HAL
open science

Les couverts herbacés comme outils de réduction des pertes en terre par érosion hydrique

Jean-François Ouvry, Yves Le Bissonnais, Philippe Martin, Olivier Bricard, Véronique Souchère

To cite this version:

Jean-François Ouvry, Yves Le Bissonnais, Philippe Martin, Olivier Bricard, Véronique Souchère. Les couverts herbacés comme outils de réduction des pertes en terre par érosion hydrique. Fourrages, 2010, 202 (202), pp.103-110. hal-01197906

HAL Id: hal-01197906

https://hal.science/hal-01197906v1

Submitted on 30 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

Les couverts herbacés comme outils de réduction des pertes en terre par érosion hydrique (synthèse des connaissances et expérience de la Haute-Normandie)

J.-F. Ouvry[1], Y. Le Bissonnais[2], P. Martin[3], O. Bricard[1], V. Souchère[3]

Depuis 40 ans, l'érosion hydrique s'étend sur certains territoires en France du fait de l'évolution des systèmes de production en grandes cultures. Les couverts herbacés ont fait l'objet de nombreuses études sur leur capacité à réduire l'érosion, dont cet article fait une synthèse.

RÉSUMÉ

Les couverts herbacés présentent un triple intérêt. Ce sont avant tout des surfaces peu ruissellantes, qui protègent le sol de l'érosion diffuse et de l'érosion linéaire. Les couverts herbacés localisés (tournières avales et talwegs) ont une réelle fonction de rétention des matières en suspension et des éléments chimiques qui y sont fixés (phosphore par ex.). Ces couverts contribuent aussi à réduire les écoulements par leur grande capacité d'infiltration (infiltrabilité généralement supérieure à 100 mm/h). En régions de grandes cultures frappées par l'érosion hydrique, lorsque les couverts herbacés sont localisés de façon pertinente sur le chemin de l'eau, 1 à 5% de surfaces enherbées peuvent permettre de piéger entre 30 et 60% des matières en suspension.

SUMMARY

Grass covers as tools for the reduction of soil losses by water erosion (a synthesis of knowledge and of information gained in Upper Normandy)

Water erosion has been expanding for forty years in certain parts of France as a result of the changes in the production systems of the field crops. The ability of grass covers to reduce this erosion has been the object of numerous studies, synthesized in the present paper. The advantages of grass covers are threefold. Above all, they have little run-off, so that the soil is protected from diffuse erosion and from linear erosion. Localized grass covers (on downstream field-ends and in the thalwegs) have a real retention capacity for the substances in suspension and for the chemicals attached to them (e.g. phosphorus). These covers do also contribute to the reductions of the water discharges thanks to their large infiltration capacities (infiltration power generally above 100 mm/h). In regions with field crops where erosion is a problem, the pertinent location of grass covers along the paths of water makes it possible for 1 to 5 % of areas under grass to trap from 30 to 60 % of the substances in suspension.

En France, le développement de l'érosion hydrique sur les terres agricoles s'est accentué depuis quelques décennies, tout comme en Europe où les experts estiment à 25 millions d'hectares les surfaces affectées (Van-Camp *et al.*, 2004). Du fait de leur irréversibilité, ces phénomènes sont considérés avec gravité, à tel point que le projet de Directive Cadre Européenne sur les Sols place **l'érosion des sols au 3e rang des menaces qui pèsent sur leur durabilité** (Van-Camp *et al.*, 2004). Le rapport national conduit par l'INRA (Le Bissonnais *et al.*, 2002) illustre parfaitement l'aléa érosion sur les différentes petites régions agricoles (figure 1).

Les régions les plus concernées ont cherché à développer des stratégies pour réduire l'ampleur des phénomènes d'érosion et de leurs impacts. **Les couverts herbacés font partie des mesures largement préconisées.**

La sensibilité des terres à l'érosion par l'eau est déterminée par une combinaison de facteurs naturels et anthropiques qui évoluent à différentes échelles de temps. En zone de grandes cultures, cette sensibilité est très dépendante du type d'occupation du sol et des techniques agraires. Les couverts herbacés **modifient le fonctionnement**

AUTEURS

1 : AREAS, 2, avenue Foch, F-76460 Saint-Valery-en-Caux ; jf.ouvry@areas.asso.fr

2 : INRA UMR LISAH (Laboratoire d'étude des Interactions Sol-Agrosystème-Hydrosystème), 2, place Pierre Viala, F-34060 Montpellier cedex 1 ; lebisson@supagro.inra.fr

3 : INRA/AgroParisTech SAD APT, bât. EGER, BP 01, F-78850 Thiverval Grignon ; philippe.martin@agroparistech.fr; veronique.souchere@grignon.inra.fr

MOTS CLÉS : Couverture végétale, environnement, érosion hydrique, espèce fourragère, prairie, ruissellement, sol, système de production.

KEY-WORDS : Environment, forage species, grassland, plant cover, production system, run-off, soil, water erosion.

RÉFÉRENCE DE L'ARTICLE : Ouvry J.-F., Le Bissonnais Y., Martin P., Bricard O., Souchère V. (2010) : "Les couverts herbacés comme outils de réduction des pertes en terre par érosion hydrique (Synthèse des connaissances et expérience de la Haute-Normandie)", *Fourrages*, 202, 103-110.

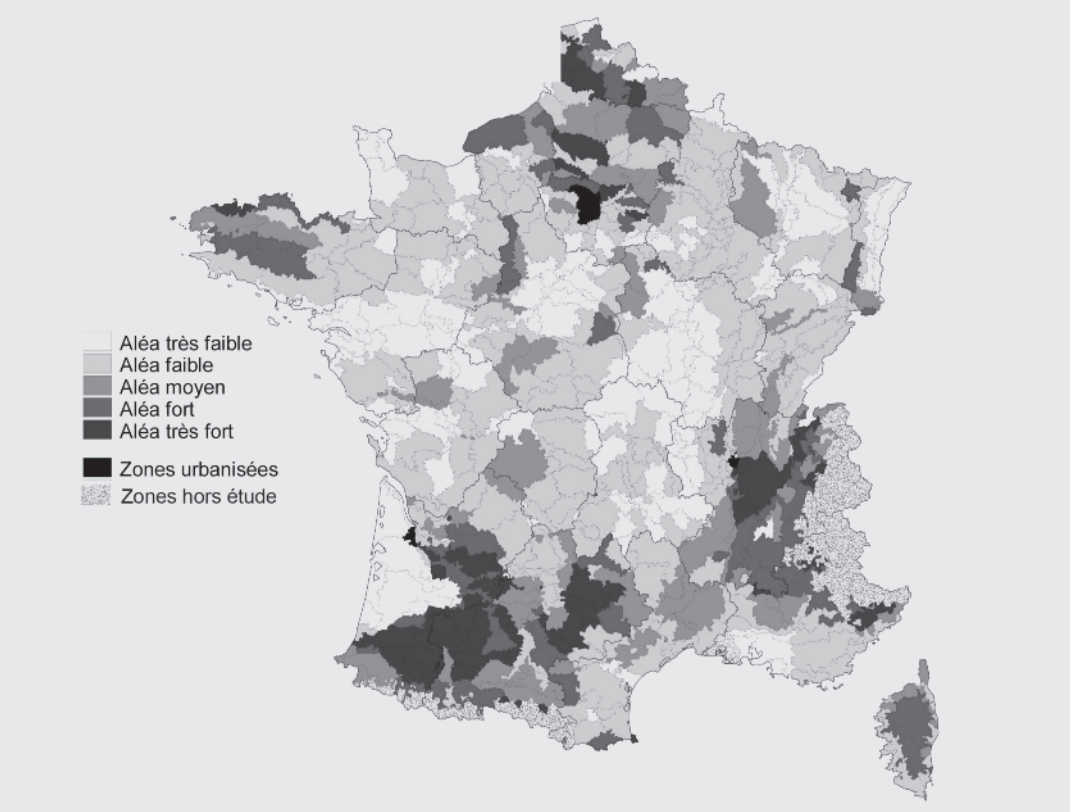

FIGURE 1 : **Carte Aléa d'érosion des sols par petite région agricole** (LE BISSONNAIS *et al.*, 2002).

FIGURE 1 : ***Map of the erosion risk in each small agricultural region*** *(LE BISSONNAIS* et al.*, 2002).*

hydrologique, de l'échelle de la parcelle à celle du bassin versant. Ces changements résultent de leurs capacités à infiltrer, à protéger la surface du sol, à renforcer la résistance à l'arrachement et l'incision, et à ralentir les écoulements. Ceci a pour conséquences de réduire les ruissellements, de favoriser la sédimentation et de diminuer les transferts de matériaux vers les secteurs vulnérables situés en aval (LE BISSONNAIS *et al.*, 2002).

Cet article fait une synthèse des travaux menés en France, depuis une vingtaine d'années, sur la capacité des couverts herbacés à réduire les processus érosifs.

1. Résumé des processus d'érosion hydrique et typologie des phénomènes

L'érosion hydrique démarre avec le ruissellement de surface. Le refus du sol d'absorber les eaux de pluie se produit soit lorsque l'intensité de la pluie est supérieure à l'infiltrabilité de la surface du sol (ruissellement hortonien), soit lorsque la pluie tombe sur un sol saturé (ruissellement par saturation). Ces deux types de ruissellement, caractéristiques de milieux différents, peuvent parfois se combiner en un même lieu (CROS-CAYOT, 1996). Une fois le ruissellement formé, l'érosion peut prendre plusieurs formes qui se combinent dans le temps et l'espace :

- l'érosion de versant soit diffuse sous l'impact des gouttes de pluie directement sur le sol, soit en rigoles parallèles, soit les deux ensemble ;

- l'érosion linéaire par ruissellement concentré sur les talwegs ou les bouts de champs.

Les différents processus érosifs à l'œuvre dépendent d'une multiplicité de facteurs qui regroupent le sol (et tout particulièrement lorsque la texture est limoneuse), l'occupation du sol, la topographie et le climat (WISCHMEIER et SMITH, 1978 ; MARTIN, 1997 ; LE BISSONNAIS *et al.*, 2002). A partir de la hiérarchisation des principaux facteurs déclenchant l'érosion, LE BISSONNAIS *et al.* (2002) distinguent 4 grands types érosifs sur les sols agricoles en France. Dans les secteurs de grandes cultures, LUDWIG

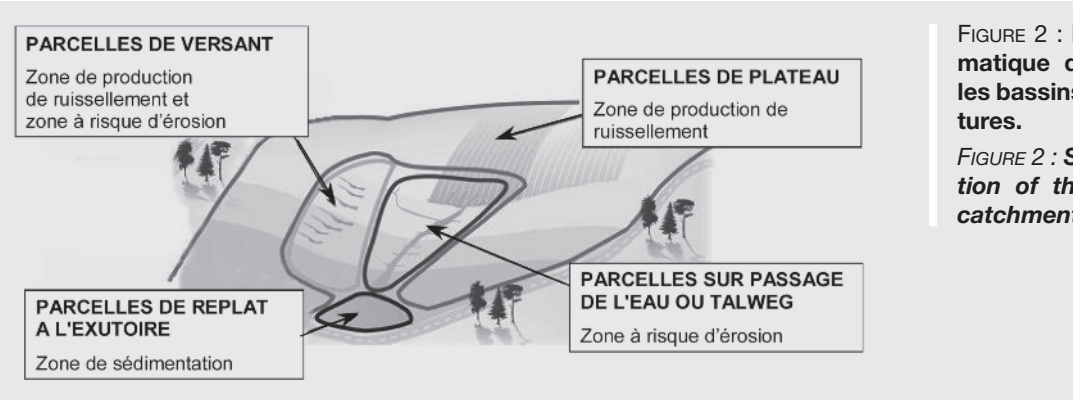

FIGURE 2 : **Répartition spatiale schématique des figures d'érosion sur les bassins versants en grandes cultures.**

FIGURE 2 : ***Schematic spatial distribution of the erosion figures in the catchment basins with field crops.***

et al. (1996), Auzet *et al.* (1990), Papy *et al.* (1988) ont montré que la répartition spatiale des figures d'érosion au sein des bassins versants dépend essentiellement de l'occupation du sol, de la pente et des motifs agraires (limites de parcelles) comme l'illustre le schéma de la figure 2.

En France, les taux d'érosion des sols cultivés sont compris entre 0,1 t/ha/an et 50 t/ha/an, avec des crises pouvant atteindre ponctuellement plus de 300 t/ha (Le Bissonnais *et al.*, 2002).

2. Les couverts herbacés et l'érosion en grandes cultures : fonctions, efficacité et limites

Le couvert herbacé intervient à plusieurs stades du processus érosif et en différents secteurs du bassin versant, le long du chemin de l'eau. Plus particulièrement, les couverts herbacés limitent :

- la genèse du ruissellement ;

- l'arrachement de particules aux 3 stades des processus d'érosion : érosion diffuse de versant, érosion linéaire de versant et érosion linéaire par ruissellement concentré ;

- la vitesse de l'écoulement, et donc la capacité d'arrachement et de transport de l'écoulement, ce qui influence directement la sédimentation.

Les couverts herbacés infiltrent aussi des écoulements initiés en amont sur d'autres surfaces.

Influence des couverts herbacés sur la genèse de ruissellement

C'est l'**une des fonctions majeures des couverts herbacés**. Ils peuvent réduire très significativement les ruissellements, en évitant la formation de croûtes de battance, et en maintenant ou en accroissant la capacité d'infiltration des sols soumis au ruissellement hortonien. Sous culture, l'infiltrabilité des états de surface en sol nu ameubli décroît fortement : de 50 mm/h (voire 150 mm/h) à l'état initial, à moins de 10 mm/h, voire 2 mm/h pour des croûtes de battance sur limon, en conditions humides (Cerdan *et al.*, 2002a). Sous couverts herbacés, l'infiltrabilité est quasiment constante. Elle reste généralement supérieure à 50 mm/h, voire 100 mm/h (CORPEN, 2007). Cela tient à trois raisons principales : (i) le feuillage protège la surface du sol de l'impact des gouttes de pluie, ce qui évite la formation de toute croûte de battance ; (ii) en plus, l'enrichissement en matière organique dans les premiers centimètres, à des teneurs supérieures à 3%, renforce la stabilité structurale des agrégats et empêche leur désagrégation ; cette matière organique provient de l'accumulation des débris de feuilles en surface et de celle des racines sub-superficielles ; (iii) l'état de surface du sol sous le feuillage reste motteux, avec une forte porosité structurale. Le système racinaire fasciculé des graminées et l'activité biologique élevée dans les horizons superficiels créent une continuité du système poral en profondeur. Cette continuité assure le drainage en profondeur des eaux de pluie. Cet effet positif sur l'infiltration est commun à tous les types de couvert (CIPAN - culture intermédiaire piège à nitrate - ou prairie), qu'ils soient de courte ou de longue durée, même si les facteurs essentiels à l'origine de cet effet sont différents : limitation de la battance pour les CIPAN et augmentation de la porosité verticale par l'activité biologique pour les couverts herbacés de longue durée. Le document CORPEN sur **les zones tampons** de 2007 fait état de 40 références internationales où **l'efficacité moyenne sur la réduction des ruissellements interceptés est de 54%** avec une fourchette moyenne comprise entre 40 et 80% (CORPEN, 2007).

Au champ, l'infiltrabilité sous couverts herbacés peut être réduite par des tassements superficiels des sols qui résultent des compactages par des engins lourds utilisés en conditions humides, ou par le piétinement répété des animaux. L'infiltrabilité des surfaces sous couverts est aussi limitée en secteurs hydromorphes : à mesure que les horizons superficiels se saturent en eau, la capacité d'infiltration diminue assez fortement. Il en va de même lorsque les couverts sont hétérogènes, avec des zones sans végétation. Cela peut se produire à l'implantation du couvert et dans les régions au climat relativement sec.

Cette capacité d'infiltration des eaux de pluie par tout type de couvert herbacé joue aussi un rôle à l'échelle des bassins versants. D'une part, la réduction des volumes ruisselés à l'amont limite les différentes formes d'érosion en aval et, d'autre part, les surfaces en herbe situées en aval des bassins versants infiltrent des ruissellements issus de parcelles amont et piègent les particules fines transportées, comme l'illustre la figure 3.

Influence des couverts herbacés sur l'érosion diffuse de versant

L'érosion diffuse dépend essentiellement de la quantité d'énergie (cinétique) des gouttes de pluie sur les agrégats. Leur protection mécanique par le feuillage évite que des particules de sol soient arrachées par l'impact des gouttes. Le taux d'érosion diffuse sous couvert total est extrêmement faible : de 0,1 à 0,001 t/ha/an selon la pente et la texture du sol (Roose, 1994). Ces valeurs sont à comparer à celles citées précédemment. Quel que soit le type de couvert, la limite d'efficacité constatée sur le terrain dépend directement du taux de couverture des sols aux périodes à risque.

Influence des couverts herbacés sur l'érosion linéaire

Tout écoulement exerce une force tractrice à la surface d'un sol, capable d'arracher des particules. Cette force est principalement conditionnée par la vitesse de l'eau au niveau des particules. Cette vitesse est elle-même dépendante de la pente, du débit, de la rugosité et de la section du lit de l'écoulement. Le sol présente une certaine

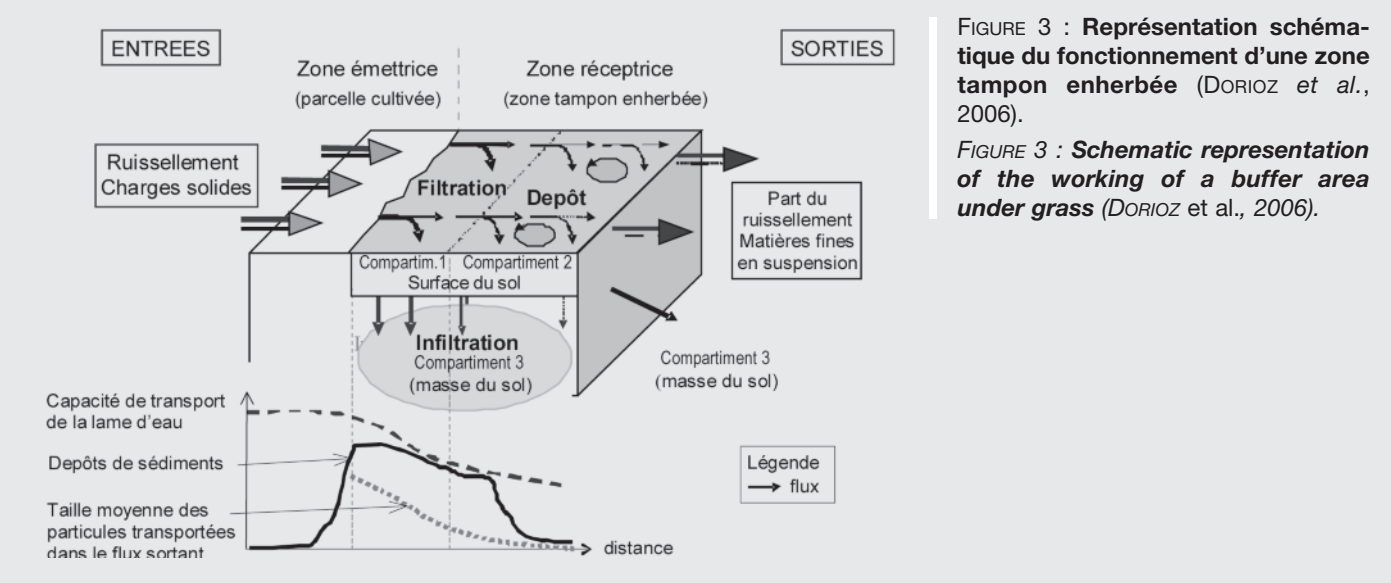

FIGURE 3 : **Représentation schématique du fonctionnement d'une zone tampon enherbée** (DORIOZ *et al.*, 2006).

FIGURE 3 : ***Schematic representation of the working of a buffer area under grass*** *(DORIOZ* et al.*, 2006).*

résistance à l'arrachement qui dépend de la texture (taux d'argile), de la cohésion des agrégats (teneur en matière organique et en Ca^{++}), de l'humidité et des liants que peuvent former les racines. Dès lors que la force tractrice dépasse la force de résistance, les particules sont arrachées et le lit de l'écoulement se creuse pour former une griffure, puis une rigole et enfin une ravine. Les particules sont alors transportées sur des distances décimétriques à kilométriques, avant de se déposer par sédimentation dès que la vitesse de l'écoulement diminue.

Les couverts herbacés agissent à 3 niveaux et réduisent considérablement ce type d'érosion. Premièrement, lorsque l'épaisseur de la lame d'eau est faible, c'est-à-dire inférieure à 8-10 cm (écoulement non concentré intraparcellaire), les couverts herbacés présentent une forte résistance physique vis-à-vis de l'écoulement. Cela se traduit par un coefficient de rugosité hydraulique (Manning-Stricker) très supérieur à celui des sols nus (REE, 1949 ; MUNOZ *et al.*, 1999 ; HAAN *et al.*, 1994). Ainsi, la vitesse de l'écoulement sous couvert herbacé est 2 à 4 fois moins élevée que sur sol nu (CHAPLOT, 1995 ; DELETIC et FLETCHER, 2006). Quand la densité de l'herbe est satisfaisante, tous les auteurs notent que, premièrement, la majorité des dépôts se fait dans le premier mètre de zone tampon enherbée (DILLAHA *et al.*, 1989 ; MEYER *et al.*, 1995 ; DELETIC et FLETCHER, 2006). Deuxièmement, dès que la lame d'eau dépasse le seuil de hauteur critique, le feuillage se couche plus ou moins et emprisonne un film d'eau, qui se déplace à très faible vitesse au contact des agrégats. Ainsi, les vitesses au contact du sol sont trop faibles pour arracher et transporter les agrégats, et globalement la vitesse moyenne de l'écoulement reste plus faible que celle sur sol nu. Troisièmement, la cohésion des agrégats du sol est supérieure sous couverts herbacés permanents par rapport à celle d'un champ travaillé. De ce fait, les forces nécessaires à l'arrachement des particules doivent être 5 à 10 fois supérieures à celles exercées sur un sol labouré (GOVERS *et al.*, 1987).

Au final, la conjugaison de ces différents facteurs fait que les couverts herbacés peuvent supporter des vitesses de 0,7 m/s à plus de 2,0 m/s sans formation de figure d'érosion linéaire (SCS, 1988 ; CORPEN, 2007). C'est donc LA meilleure solution pour éviter l'érosion linéaire en zone cultivée.

A l'échelle de la parcelle, **l'efficacité des couverts** pour limiter l'érosion linéaire **dépend étroitement de l'existence d'un couvert élevé, dense, permanent, homogène, avec un enracinement développé, ce qui correspond aux couverts de longue durée**. Lorsque ces conditions ne sont pas réunies, il arrive que des figures d'érosion se développent sous prairie. C'est le cas en secteur de surpâturage, et en toute zone de couvert quasi nul. C'est aussi le cas lorsqu'une ravine s'est formée dans un champ labouré en aval, et qu'elle progresse vers l'amont par un processus de régression en tête de ravine. L'érosion peut se développer sous le système racinaire du couvert herbacé, et continuer sa progression vers l'amont.

Influence des couverts herbacés sur la sédimentation

La capacité de transport du ruissellement est essentiellement gouvernée par la vitesse d'écoulement. Les concentrations en matières en suspension (MES) dans les ruissellements en terrains cultivés érodés sont variables et s'échelonnent entre 0,01 g/l à plus de 100 g/l (CERDAN *et al.*, 2002b). Dès que la vitesse de l'écoulement diminue sous l'influence de différents facteurs (changement de pente, présence d'obstacles, changement de section d'écoulement, accroissement de la rugosité du fond, réduction du débit...), la capacité de transport chute et une phase de dépôt apparaît où les particules les plus grosses sédimentent en premier. Les dépôts s'opèrent avec un tri granulométrique proportionnel à la vitesse d'écoulement. Que la lame d'eau soit peu ou très épaisse, le couvert herbacé induit un ralentissement des écoulements qui provoque une sédimentation importante juste en amont du couvert et dans les premiers décimètres du couvert.

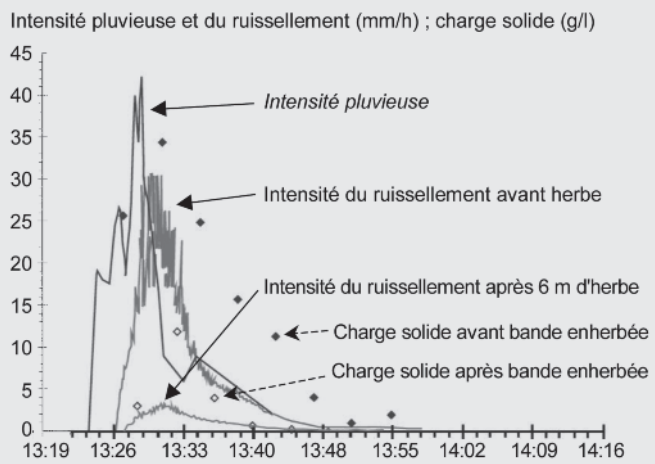

FIGURE 4 : **Comparaison des hydrogrammes d'entrée et de sortie pour le ruissellement et les matières en suspension sur une bande enherbée de 6 m** lors d'un événement pluvieux (LECOMTE, 1999).

*FIGURE 4 : **Comparative hydrogrammes at entrances and exits of the run-offs and the substances in suspension, in the case of a 6 m - wide strip under grass** during a rain (LECOMTE, 1999).*

L'ensemble des résultats scientifiques nationaux et internationaux montre que **l'interception d'un ruissellement diffus par un couvert herbacé** (par exemple par une zone enherbée en aval) **présente un taux d'abattement de la charge solide compris entre 30 et 99%** (CORPEN, 2007 ; LE BISSONNAIS *et al.*, 2002). Ainsi, en Pays de Caux, avec 10% de surface en couvert herbacé en aval de la parcelle, LECOMTE (1999) obtient (figure 4) une réduction du ruissellement de 57 à 100% et de 75 à 85% pour les MES. Mais des taux d'abattement plus faibles sont observés dans les régions où les phénomènes d'érosion se développent sur pente forte (> 15%), avec des pluies intenses sur sol quasi nu, ce qui est par exemple le cas sur les coteaux du Lauragais où la réduction des MES n'est que de 30 à 60% (LE BISSONNAIS *et al.*, 2003). L'ensemble de ces zones de dépôt est caractérisé par un tri granulométrique marqué (LECOMTE, 1999 ; DELETIC et FLETCHER, 2006 ; MEYER *et al.*, 1995).

De même, en conditions de chenal expérimental, MEYER *et al.* (1995) montrent que des zones tampons enherbées étroites de 0,14 à 0,76 m retiennent 90% des éléments de la classe des sables, et seulement 20% des fractions argile et limon.

Une augmentation de la largeur des dispositifs enherbés accroît le taux de sédimentation, mais de façon non proportionnelle : un doublement de la largeur n'implique pas un doublement des quantités retenues.

Les conditions d'efficacité de la sédimentation dépendent de la densité du couvert, de la présence d'un couvert permanent et homogène (couverts de longue durée), du taux d'érosion en amont et du débit solide en relation avec la hauteur de la lame ruisselée, de la pente et du couvert sur la parcelle, de la largeur des couverts herbacés recueillant les eaux en rapport avec la surface de la parcelle cultivée en amont, de la taille des particules entrant sur le couvert, de la hauteur de la lame de ruissellement entrant, de l'absence de court-circuit qui détourne les écoulements des couverts herbacés (ex. des dépôts abondants qui forment un bourrelet juste en amont de la bande d'herbe). Pour une description plus détaillée de la fonction de rétention exercée par les couverts sur l'érosion, le lecteur pourra se reporter aux 2 rapports suivants : *Les fonctions environnementales des zones tampons - Protection des eaux* du CORPEN (2007), Annexe A3, et *L'érosion hydrique des sols en France* (LE BISSONNAIS *et al.*, 2002).

3. Mode d'intégration des couverts herbacés dans les bassins versants

Localisation des couverts herbacés

L'efficacité globale des surfaces herbacées à l'échelle du bassin versant est fonction de la localisation des couverts sur le chemin de l'eau. Dès lors qu'ils interceptent les écoulements, ils limitent l'arrachement de particules et provoquent la sédimentation des MES. Le schéma de la figure 5 illustre ces localisations pertinentes appelées zones tampons. Ce sont principalement les tournières avales, les versants pentus sensibles à l'érosion et les axes de talwegs, en assurant au maximum une continuité entre ces zones (voir photo 1).

De tels dispositifs sont préconisés depuis plusieurs années en Alsace, Lauragais, Haute-Normandie, Bretagne, Picardie, Nord - Pas-de-Calais et Wallonie. En région limoneuse de grandes cultures, LECOMTE (1999) a

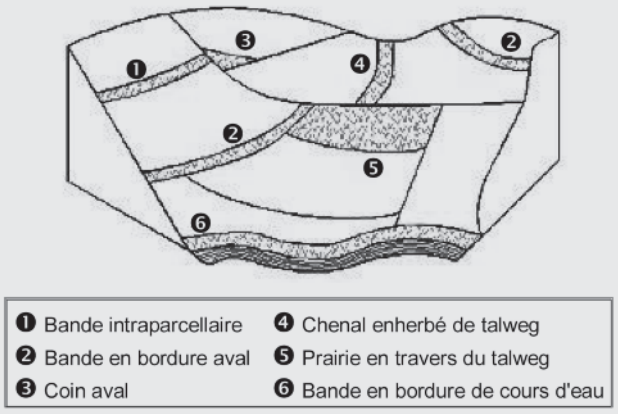

FIGURE 5 : **Localisation des zones tampons herbacées** (d'après CORPEN, 1997).

*FIGURE 5 : **Location of the buffer areas under grass** (after CORPEN, 1997).*

PHOTO 1 : **Exemple de talweg enherbé pour éviter la formation de ravine et pour sédimenter les MES issues de l'érosion diffuse des versants.**

*PHOTO 1 : **Example of a thalweg sown under grass in order to avoid the formation of gullies and to settle the substances in suspension issued from the diffuse erosion of the slope.***

démontré par modélisation avec le logiciel STREAM que, avec 3% de couverts herbacés positionnés sur les talwegs les plus sensibles et les tournières en aval de parcelles à risques, le ruissellement est réduit de 20 à 25% lors de pluies orageuses de 25 mm en 1 h.

Sur les territoires où l'érosion est majoritairement de l'érosion de versant intraparcellaire, associant érosion diffuse et érosion en rigoles parallèles dans le sens de la pente sur des sols peu couverts, c'est la bande enherbée de bas de parcelle qui est utilisée pour sa fonction de rétention. La largeur des couverts herbacés est comprise entre 5 et 20 m (CORPEN, 2007) selon l'importance de l'érosion en amont, du débit d'écoulement (pluie x état de surface du sol x pente), du mode de gestion du couvert (importance des surfaces tassées, degré de sédimentation, nombre d'épisodes annuels d'érosion…) et de l'objectif fixé en matière de proportion de ruissellement à ré-infiltrer, ou de proportion de particules à retenir. Dans les régions soumises à des climats agressifs et avec des pentes moyennes à fortes, ou dans les régions avec des systèmes de cultures propices à l'érosion de versant, **l'efficacité globale est renforcée en doublant ces couverts herbacés avec une fascine et/ou une haie basse, hyper-dense en tiges, à vocation de frein hydraulique.**

Dans les cas d'érosion par ruissellement concentré, c'est le chenal enherbé de talweg qui est le plus efficace pour son rôle de protection contre l'arrachement. Cela nécessite des couverts denses, homogènes, avec un système racinaire bien ancré aux périodes où se développent les ruissellements intenses. La largeur de ces chenaux herbacés correspond à la section de l'écoulement en cas d'événements importants. Elle est définie avec précaution, afin d'éviter la formation de ravines parallèles à ce chenal enherbé et pour tenir compte de la sédimentation qui se produit au fil des mois.

Pour examiner en détail les questions techniques : type d'espèce, mélange de variétés, densité de semis, hauteur optimale des couverts et modes d'entretien (fertilisation, destruction des adventices, ressemis, effacement du bourrelet amont, piétinement par les animaux, tassements), on se reportera utilement au rapport du CORPEN (2007).

Outils complémentaires d'aide à la décision

Face à des questions d'érosion hydrique au champ, il existe des outils d'aide à la décision qui permettent aux techniciens de tester l'intérêt des couverts herbacés. Il existe différents modèles :

- VFSMOD (MUNOZ-CARPENA *et al.*, 1999), qui permet de tester différentes largeurs de tournières avales enherbées et d'évaluer leur efficacité en termes de rétention de particules et d'infiltration ;

- STREAM (CERDAN *et al.*, 2002a et b), qui permet de modéliser les écoulements sur l'ensemble des parcelles d'un bassin versant pour des événements choisis, puis de tester la localisation des couverts herbacés et de quantifier la réduction des flux liquides et solides en termes de bilan (voir l'encadré 1) ;

- LISEM (DE ROO *et al.*, 1996 et 1997), qui offre les mêmes possibilités à partir d'une modélisation dynamique d'un événement pluvieux sur un petit bassin versant.

L'INRA a développé une méthodologie pour conduire des analyses économiques de type coûts - bénéfices, à l'échelle de petits bassins versants, permettant de comparer différents scénarios d'aménagement dont les couverts herbacés (LE BISSONNAIS *et al.*, 2003, projet GESSOL-érosion). En outre, certaines régions ont développé d'autres outils qui, associés, permettent de raisonner au mieux la localisation et l'efficacité potentielle des couverts herbacés.

Contexte réglementaire et place de l'herbe dans les systèmes de production

L'économie agricole et la PAC ont longtemps été plus favorables aux grandes cultures qu'à l'élevage et notamment à l'herbe, ce qui a en partie contribué à l'extension des zones érosives. Les nouvelles orientations, d'une part, avec un découplage presque total des aides PAC dès 2010 en parallèle d'une réorientation des aides vers l'herbe *via* les DPU et, d'autre part, l'obligation de non-retournement des prairies vont ralentir cette évolution. Pour autant, les petites régions déjà affectées ne vont pas résoudre leurs difficultés d'érosion avec ces

L'intérêt d'enherber les talwegs et les tournières, pour réduire l'érosion et l'envasement d'ouvrages de laminage de crue à construire, a été **évalué en Pays de Caux** (Haute Normandie) dans le cadre du **programme de recherche RDT 1** (Risque Décision Territoire, Rapport : DIGET-COB ; MARTIN *et al.*, 2007). Le test a porté sur un bassin versant comportant 72% de surface labourée, 20% en prairies et 8% en bâti et voiries. Le logiciel STREAM (CERDAN *et al.*, 2002a) a été utilisé pour évaluer l'impact de la réalisation de 7 dispositifs enherbés, situés sur des zones à risque, et cela pour 5 pluies réelles ayant donné lieu à désordres. Les nouveaux couverts herbacés représentaient 11,5 ha capables d'intercepter le ruissellement de 980 ha de labour en amont, ce qui représente un taux de conversion de 1,2%. La comparaison des ruissellements s'est faite en différents points du bassin versant. Ainsi, dans ce contexte érosif, le ruissellement est réduit de 5 à 100%, et les couverts sont d'autant plus efficaces que la pluie reste faible et qu'ils sont bien dimensionnés en regard du flux entrant. La capacité à infiltrer le ruissellement se situe en moyenne entre 20 et 30%. Quant à l'érosion, les couverts herbacés permettent de réduire l'arrachement de particules de 25 à 65% (SOUCHÈRE *et al.*, 2005).

Dans cette région, **la mesure "couverture herbacée" représente une solution fortement préconisée**. Aussi, **plusieurs outils ont été créés** :

- un film produit par la Chambre d'Agriculture de Seine-Maritime en 2009 sensibilise les agriculteurs sur l'intérêt des couverts herbacés pour réduire l'érosion ;
- une méthode de dimensionnement des chenaux enherbés de talweg a été élaborée ;
- des fiches techniques précises sur les couverts herbacés ont été élaborées ;
- un outil de diagnostic d'érosion à l'échelle de l'exploitation agricole a été mis au point pour aider le conseil à la parcelle, y compris pour les couverts herbacés ;
- un outil informatique (DIAR) a été créé par l'INRA, pour estimer les ruissellements de chaque parcelle d'une exploitation sur une année climatique complète, et ainsi mesurer l'impact des surfaces en herbe sur le volume de ruissellement généré par l'exploitation ;
- une MAE spécifique de "création ou maintien des surfaces en herbe sur parcelle à risque d'érosion" est largement utilisée depuis 3 ans.

ENCADRÉ 1 : **Exemple des mesures prises en Haute-Normandie pour lutter contre l'érosion.**

INSERT 1 : ***Example of the measures taken in Upper Normandy to fight erosion.***

mesures. De même, **dans les régions d'élevage, le niveau de risque reste** très **dépendant de la place de l'herbe par rapport au maïs** dans le système d'élevage. Des recherches en cours (thèse de C. RONFORT, INRA Paris - Grignon) portent sur l'analyse des modifications des impacts érosifs dans un contexte d'évolution des exploitations d'élevage ayant différents niveaux de surfaces prairiales, le tout dans le cadre d'une démarche prospective de l'agriculture.

Pour les **systèmes en grandes cultures**, l'insertion de nouvelles surfaces en couverts herbacés est en partie favorisée sur des zones restreintes soit par des MAE spécifiques de maintien ou de retour à l'herbe, soit par l'arrivée de l'obligation de maintien de particularités topographiques. Concrètement, ce sont souvent les exploitations en système mixte polyculture élevage qui utilisent le plus les MAE Herbe. Celles en grandes cultures recherchent parfois une valorisation possible de l'herbe (foin ou mise à disposition des surfaces aux éleveurs) en partenariat avec des exploitations d'élevage.

4. Cas de la viticulture

L'enherbement des interrangs de la vigne est aussi une solution de plus en plus développée pour limiter l'érosion. LE BISSONNAIS et ANDRIEUX (2007) ont fait une synthèse des données scientifiques existantes (BALLIF et HERRE, 1986 ; CEMAGREF, 1982 ET 1986 ; SCHALLER et EMDE, 2000 ; BLAVET *et al.*, 2009 ; la Chambre d'Agriculture de l'Hérault et l'INRA de Montpellier de 2002 à 2005 ; les travaux issus du projet européen ProTerra de 2001 à 2005 ; le travail de thèse mené dans le vignoble de la Clape par l'ITV) dont les principaux résultats ont été repris dans le rapport de l'ADEME sur l'évaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturales Sans Labour (2007). Les résultats expérimentaux démontrent que **la présence d'un couvert vivant ou mort (mulch) donne les meilleurs résultats pour réduire les ruissellements à la parcelle et l'érosion**. Les fourchettes d'**efficacité** vont **de 10 à 75% de réduction du ruissellement, et de 75 à 95% pour l'érosion**. En valeur absolue, l'érosion mesurée dépasse souvent les 10 t/ha sur les parcelles avec travail du sol, contre des valeurs de l'ordre de une à quelques tonnes par hectare avec engazonnement. Pour l'enherbement, le degré d'efficacité dépend des caractéristiques des pluies, de l'ancienneté de la mise en place (efficacité croissante avec le temps) et des modalités de mise en œuvre : type de semis, adaptation des espèces utilisées, taux de recouvrement de l'interrang, mode d'entretien.

Conclusion

Tous les résultats scientifiques s'accordent pour dire que les couverts herbacés jouent un rôle majeur dans la réduction de l'érosion. A l'échelle des parcelles, comme à celle des bassins versants, ce rôle est plus élevé pour l'érosion proprement dite que pour la réduction du ruissellement lui-même. En outre, ces résultats démontrent qu'avec une localisation pertinente des couverts sur les bouts de champs, en aval, et sur les talwegs, dans une proportion de 3% des terres cultivées (entre 1 et 5% selon l'intensité des phénomènes), les exportations en MES sont diminuées 30 à 80%. Ces couverts en localisation pertinente sont complémentaires et indispensables aux actions générales d'adaptation des pratiques culturales pour limiter la production de ruissellement et d'érosion de versant. A ce titre, on notera l'existence de recherches internationales sur d'autres techniques culturales qui recourent à l'implantation de

couverts herbacés dans l'interrang des cultures sarclées, comme les techniques de semis sous couvert prairial.

Intervention présentée aux Journées de l'A.F.P.F., "Les usages émergents des surfaces prairiales et des espèces fourragères", les 30-31 mars 2010.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADEME (2007) : *Evaluation des impacts environnementaux des Techniques Culturales Sans Labour (TCSL) en France*, rapport final ADEME-ARVALIS-Institut du végétal-INRA-APCA-AREAS-ITB-CETIOM-IFVV.

Auzet A.V., Boiffin J., Papy F., Ludwig B., Maucorps J., Ouvry J.F. (1990) : "An approach to the assessment of Erosion Forms and Erosion Risk on Agricultural Land in the Northern Paris Basin, France", J. Boardman, D.L. Foster, J.A Dearing ed., *Soil Erosion on Agricultural Land*, Wiley, Chichester, 383-400.

Ballif J.L., Herre C. (1986) : "Ruissellement et érosion dans le vignoble champenois. Synthèse des mesures effectuées entre 1981 et 1984", *Le vigneron Champenois,* 107, 573-581.

Blavet D., De Noni G., Le Bissonnais Y., Leonard M., Maillo L., Laurent J.Y., Asseline J., Roose E. (2009) : "Effect of land use and management on the early stages of soil water erosion in French Mediterranean vineyards", *Soil and Tillage Res.*, 106, 124-136.

CEMAGREF, Chambre d'Agriculture du Rhône (1982) : *L'érosion dans le vignoble Beaujolais. Etude comparative de l'influence des techniques culturales*.

CEMAGREF (1986) : *Etude de l'érosion dans le vignoble du Beaujolais 1983-1985*, 70 p.

Cerdan O., V. Souchère, V. Lecomte, A. Couturier, Y. Le Bissonnais (2002a) : "Incorporating soil surface crusting processes in an expert-based runoff and erosion model: STREAM (Sealing and Transfer by Runoff and Erosion related to Agricultural Managment)", *Catena,* 46, 189-205.

Cerdan O., Y. Le Bissonnais, A., Couturier, N. Saby (2002b) : "Modelling interrill erosion processes in an expert-based runoff and erosion model STREAM", *Hydrological Processes*, 16 (16), 3215-3226.

Chaplot V. (1995) : *Processus et déterminisme de l'érosion diffuse à différentes échelles spatiales*, DEA, Géosciences, Nancy 1.

CORPEN (1997) : *Produits phytosanitaires et dispositifs enherbés*, 88 p.

CORPEN (2007) : *Les fonctions environnementales des zones tampons, Les bases scientifiques et techniques des fonctions de protection des eaux et annexes*, CORPEN, 75 p et 101 p.

Cros-Cayot S. (1996) : *Distribution spatiale des transferts de surface à l'échelle du versant. Contexte Armoricain*, thèse de docteur de l'ENSAR, 218p. + annexes.

Deletic A., Fletcher T.D. (2006) : "Performance of grass filters used for stormwater treatment - a field and modelling study", *J. of Hydrology*, 317 53-4, 261-275.

De Roo A., Jetten V., Wesseling C., Ritsema C. (1996) : "LISEM : a physically-based hydrological and soil erosion model incorporated in a GIS. HydroGIS'96 : Application of Geographic Information System in Hydrology and Water Resources Management", *Proc. of the Vienna Conference*, April 96, Vienna (AU), K. Kovar & H.P. Nachtnebel eds, IAHS Publ., 235, 395-404.

De Roo A., Jetten V., Wesseling C., Ritsema C. (1997) : "LISEM : a physically based hydrologic and soil erosion catchment model", *Proc. of the 1995 NATO Advanced Research Workshop: GCTE, Modelling soil erosion by Water*, J. Boardman, D. Favis-Mertlock eds, Oxford (UK).

Dillaha T.A., Reneau R.B., Mostaghimi S., Shanholtz, Lee D. (1989) : "Vegetative filter strips for agricultural nonpoint source control", *Transactions, American Society of Agricultural Engineers,* 32, 513-519.

Dorioz J.M., Wang D., Poulenard J., Trevisan D. (2006) : "The effect of grass buffer strips on phosphorus dynamics; a critical review and synthesis as a basis for application in agricultural landscapes in France", *Agriculture, Ecosystems and Environnement*, 117, 4-21.

Govers G., Everaert W., Poesen J., Raws G, De Ploey J. (1987) : "Susceptibilité d'un sol limoneux à l'érosion par rigoles: essais dans le Grand Canal de Caen", *Bulletin du centre de géomorphologie de Caen*, 33.

Haan C.T., Barfield B.J., Hayes J.C. (1994) : *Design Hydrology and Sedimentology for small catchments*, San Diego : Academic Press.

Le Bissonnais Y.; Andrieux P. (2007) : "Impact des modes d'entretien de la vigne sur le ruissellement, l'érosion et la structure des sols", *Progrès Agricole et Viticole,* 124, 10, 191-196.

Le Bissonnais Y., Thorette J., Bardet C., Daroussin J. (2002) : *L'érosion hydrique des sols en France*, http://erosion.orleans.inra.fr/rapport2002/

Le Bissonnais Y. *et al.* (2003) : *Projet GESSOL-érosion : Maîtrise de l'érosion hydrique des sols cultivés, phénomènes physiques et dispositifs d'action*, 66 p.

Lecomte V. (1999) : *Transfert de produits phytosanitaires par le ruissellement et l'érosion de la parcelle au bassin versant. Processus, déterminisme et modélisation spatiale*, thèse de Docteur de ENGREF, 202 p.

Ludwig B., Auzet A.V., Boiffin J., Papy F., King D., Chadoeuf J. (1996) : "Etats de surface, structure hydrographique et érosion en rigole de bassins versants cultivés du Nord de la France", *Etude et gestion des Sols,* 3, 1, 53-70.

Martin P. (1997) : *Pratiques culturales, ruissellement et érosion diffuse sur les plateaux limoneux du Nord Ouest de l'Europe : applications aux intercultures du Pays de Caux*, thèse INAPG, Paris, 184 p + annexes.

Martin P., Souchère V., Lecomte V., Lapierre B. (2007) : *Elaboration et mise en oeuvre de DIspositifs pour la GEstion des Territoires générant des COulées Boueuses (DIGET-COB)*, 176 p.

Meyer L.D., Dabney S.M., Harmon W.C. (1995) : "Sediment-trapping effectiveness of stiff-grass hedges", *Transactions, American Society of Agricultural Engineers*, 38, 809-815.

Munoz-Carpena R., Parsons J.E.,GILLIAM J.W. (1999) : "Modeling hydrology and sediment transport in vegetative filter strips", *J. of hydrology*, 214, 111-129.

Papy F., Boiffin J. (1988) : "Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentré. II - Evaluation des possibilités de maîtrise du phénomène dans les exploitations agricoles", *Agronomie*, 8 (9), 745-756.

Ree W.O. (1949) : "Hydraulic characteristics of vegetation for vegeted waterway", *Agricultural Engineering*, 30, 4, 184-189.

Roose E. (1994) : "Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols", *Bulletin pédagogique de la FAO*, n° 80 2d, FAO, 422 p.

Schaller K., Emde K. (2000) : "Investigation on the different soil tillage systems on soil erosion and surface runoff in hilly sites", Coord. OIV, *XXVe Congr. mondial de la Vigne et du Vin*, Paris, 19-23 juin 2000, 107-114.

SCS (1988, 1990, 1997) : *Standards and specifications. Soil Conservation Service. Field Office technical guide*, USADA-SCS, Washington, USA.

Souchère V., Cerdan O., Dubreuil N., Le Bissonnais Y., King C. (2005) : "Modelling the impact of agri-environmental scenarios on runoff in a cultivated catchment (Normandy, France)", *Catena,* 229-240.

Van-Camp L., Bujarrabal B., Gentile A-R., Jones R.J.A., Montanarella L., Olazabal C., Selvaradjou S-K. (2004) : *Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection*, EUR 21319 EN/2, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 872 p.

Wischmeier W.H., Smith D.D. (1978) : *Predicting rainfall érosion losses : a guide to conservation planning*, USDA Handbook, 537, 58 p.