

Des zones tampons hydrauliques et paysagères pour réduire les transferts de MES vers les cours d'eau

Jean-François OUVRY¹, Jérôme LEDUN¹

¹ AREAS – e-mail: jf.ouvry@areas.asso.fr

RÉSUMÉ. – Dans l'optique de limiter l'envasement des rivières, il est fondamental de limiter l'érosion des sols, qui fournit des particules fines au réseau des rivières. Ainsi, les grands mécanismes de l'érosion des sols sont rappelés au travers d'exemples concrets étudiés en Normandie. Des moyens d'actions visant à limiter le détachement des particules fines sur les versants et à limiter le transfert de celles-ci vers le réseau hydrographique sont présentés. Ces cas d'études sont utilisés pour proposer une stratégie d'aménagement des territoires visant à limiter l'impact des phénomènes érosifs.

Mots-clés : MES, transferts, hydraulique douce

Hydraulic and landscape buffer zones to reduce sediment transfers to rivers

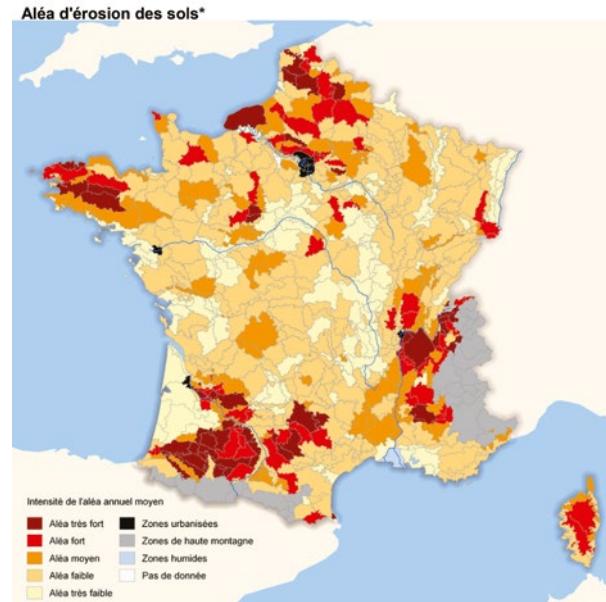
ABSTRACT. – Soil erosion provides large amount of fine particles to rivers, resulting in bed clogging. As such, limiting soil erosion is essential in addressing bed clogging and water quality issues. Soil erosion main mechanisms are recalled, through case studies in the Normandy region (France). Means of limiting particles detachment and transfer are presented. These case studies were used to propose a global land management plan aiming at limiting soil erosion.

Key-words: MES, transfers

I. INTRODUCTION

L'érosion hydrique des sols est l'une des principales sources de production de particules susceptibles de colmater et d'envaser les cours d'eau. Les spécialistes considèrent qu'en Europe 25 millions d'ha sont menacés. En France, l'érosion des sols est évaluée à 1,5 t/ha/an en moyenne, mais 20% du territoire subit des pertes moyennes comprises entre 2 et 20 t/ha/an, avec des crises pouvant atteindre ponctuellement de 50 à 300 t/ha (Le Bissonnais *et al.* 2002). Figure 1, le niveau d'aléa érosion en France a été cartographié avec le modèle MESALES, par Le Bissonnais *et al.*, puis O. Cerdan (2010). En Pays de Caux (Seine-Maritime), région fortement érosive, les concentrations en MES mesurées dans les ruissements varient de 0,1 à 100 g/L avec une médiane à 2 g/L (Cerdan, 2000). Merci de respecter scrupuleusement ces consignes de présentation. Le texte sera reproduit tel quel sans modification.

Dans certaines régions, cette situation est considérée avec gravité. D'une part, les pertes sont irréversibles et menacent la durabilité des sols productifs (Van-Camp *et al.*, 2004). D'autre part, en dehors des territoires agricoles, les coulées de boues issues de l'érosion hydrique impactent des enjeux importants pour les hommes et leurs activités. Les principales conséquences concernent la dégradation des biens publics et privés, l'augmentation des risques d'accident, le comblement des réseaux et des ouvrages de protection contre les inondations, les coûts de nettoyage et de curage importants, les pollutions des rivières et des nappes phréatiques en région karstique. Ainsi, la problématique des ruissements et de l'érosion n'est pas qu'une question d'environnement ou un problème technique, mais un risque pour les biens et les personnes et un enjeu économique.



* Note : Aléa érosif des sols par petite région agricole, estimé à l'aide du modèle Mesales. Il combine plusieurs caractéristiques du sol (sensibilité à la battage et à l'érodibilité), du terrain (type d'occupation du sol, pente) et climatiques (intensité et hauteur des précipitations).
Source : Gis Sol – Inra – SOeS, 2010.

Figure 1 : Carte de l'aléa érosion des sols (GIS-Sol-INRA Y. Lebissonnais *et al.* SOeS 2010)

Depuis 20 ans, des stratégies ont été élaborées pour réduire l'ampleur des phénomènes d'érosion et de leurs impacts. Le développement de ces stratégies s'appuie sur une bonne connaissance des processus locaux de l'érosion des sols, sur une panoplie de solutions préventives et curatives et sur des moyens humains, techniques et financiers.

II. PROCESSUS D'ÉROSION HYDRIQUE ET TAUX DE TRANSFERT

En zone de grandes cultures, la sensibilité des sols à l'érosion par l'eau résulte de la combinaison de facteurs naturels et anthropiques liés aux modes d'occupation du sol et aux techniques agraires. L'érosion peut prendre plusieurs formes qui peuvent se combiner dans le temps et l'espace (photos 1 à 3):

- L'érosion diffuse, où l'impact des gouttes de pluie intense sur sol nu arrache des particules de sol ;
- L'érosion linéaire où le ruissellement arrache des particules dès lors que la vitesse du ruissellement est supérieure à la vitesse de cisaillement critique du lit de l'écoulement. Ces figures d'érosion linéaire se forment soit sur les versants, et cela prend la forme de rigoles parallèles, soit sur les talwegs ou les extrémités des champs par concentration du ruissellement et cela forme des rigoles et ravines (Auzet *et al.* 1990).

Les différents processus érosifs dépendent d'une multiplicité de facteurs : la texture du sol, l'occupation du sol, la topographie et le climat (Le Bissonnais *et al.* 2003). Les formes d'érosion de versant (diffuses et linéaires) apparaissent généralement dans les conditions de pluie intenses sur sol nu ou peu couvert. Les formes d'érosion en ravines apparaissent sur tous les territoires où la vitesse d'écoulement concentré est supérieure à la résistance du sol à l'arrachement. Cette vitesse d'écoulement dépend essentiellement de la pente locale et du débit lui-même en fonction de la taille du bassin versant en amont, de son occupation du sol et des pratiques agricoles qui gouvernent les risques de genèse des ruissellements.

Dans les régions battantes soumises aux pluies peu intenses, on assiste à une disjonction dans l'espace des zones essentiellement productrices de ruissellement et des zones d'érosion par ruissellement concentré (Boiffin 1988).

III. PRINCIPES ET NIVEAUX D'ACTION

Les solutions développées sur les bassins versants reposent sur 3 niveaux d'actions complémentaires qui vont de l'échelle de la parcelle agricole à celle de l'exploitation jusqu'au bassin versant, ce qui participe à l'aménagement du territoire.

1. En premier lieu, il s'agit d'améliorer l'infiltration des eaux pluviales agricoles et urbaines. Les mesures agricoles reposent sur l'adaptation des pratiques culturales. Elles sont préventives, se déclinent à la parcelle et concernent chaque exploitant.

2. Ensuite, les autres solutions préventives visent à limiter l'arrachement de particules par érosion diffuse ou linéaire. En fonction des processus érosifs, ces mesures se déclinent soit de façon intra-parcellaire, ou à l'échelle du bassin versant et concernent les exploitants collectivement. Ces

mesures consistent à renforcer la résistance des sols ou des agrégats à l'arrachement. Elles peuvent concerner des pratiques culturales pour accroître la stabilité structurelle, ou des aménagements permettant d'accroître la résistance au cisaillement, type chenaux enherbés.

3. En complément, si toute forme d'érosion n'a pu être évitée à l'amont, il est nécessaire d'implanter des aménagements à l'interface entre les secteurs d'érosion et les secteurs à enjeux. Le but est de réduire la capacité de transport du flux en créant des ralentissements locaux, afin de réduire la quantité de particules transportées. Il s'agit de créer des zones tampons à but sédimentaire et/ou d'infiltration par un effet de ralentissement dynamique qui peuvent constituer des protections rapprochées.

Selon les régions, chacun de ces principes peut prendre plus ou moins d'importance, mais ils sont tous complémentaires et généralement tous associés dans les régions érosives. Pour définir les solutions techniques adaptées à l'échelle des bassins versants, les méthodes reposent sur la réalisation de diagnostics «Erosion» sur le terrain et l'élaboration d'un **Programme d'Aménagements de Zones Tampons** anti-érosives, sédimentaires et paysagères.

IV. AMÉNAGEMENTS TYPES POUR RÉDUIRE LES TRANFERTS DE MES ET L'ÉROSION PAR RUISELLEMENT CONCENTRÉ AU SEIN DES BASSINS VERSANTS

Trois types de zones tampons sont déployés pour réduire l'arrachement, pour favoriser la sédimentation des particules au sein des parcelles : les bandes et chenaux enherbés, les haies hyper denses ou les fascines et pour favoriser l'infiltration des ruissellements sur leur cheminement.

IV.1. Éviter l'érosion par ruissellement concentré : ravines

L'enherbement de la zone de ruissellement concentré sur sol sensible à l'arrachement est une mesure très efficace. Il est possible soit de créer un chenal enherbé sur talweg (Photos N°4 et 5), soit d'implanter une bande enherbée de bout de champ (Areas 2007 et Ouvry *et al.* 2010). Selon la densité du couvert herbacé, les vitesses d'écoulement peuvent atteindre 1 à 2 m/s sans qu'aucune incision ne se forme, contrairement au sol labouré où la vitesse limite est de l'ordre de 0,2 m/s. Plusieurs précautions doivent être prises pour s'assurer que l'écoulement sera toujours bien localisé sur l'herbe quels que soient les débits et sans formation de court-circuit. Non seulement cette technique permet d'éviter toute forme d'érosion, mais la présence d'herbe favorise aussi la sédimentation des MES provenant des parcelles situées en amont.



Photo N° 1 : Battance avec Erosion diffuse de versant (Areas 2016 Gonzeville)



Photo N° 2 : Erosion linéaire de versant (Areas 2013 St Aubin)



Photo N° 3 : Erosion linéaire en ravine par ruissellement concentré (Areas 2012 St Valery)



Photo N° 4 : *Remise en herbe du fond du talweg sur toute sa largeur pour éviter l'érosion par écoulement concentré en hiver (Areas – 2007-Ermenouville).*



Photo N° 5 : *Bandes enherbées de bout de champ (Areas – 2006-Ste Austreberthe)*

IV.2. Favoriser la sédimentation au sein des bassins versants

La mise en place d'une série d'obstacles semi-perméables sur le chemin de l'écoulement, ayant pour objectif de réduire les vitesses d'écoulement à quelques cm par seconde, permet de faire sédimentier les particules transportées.

Deux types de zone tampon sont principalement utilisées : les fascines et les haies hyperdenses, c'est-à-dire ayant plus de 50 tiges au sol et par mètre de long (Photos N°6 et 7). Ces objets doivent être positionnés sur le chemin de l'eau, en aval de petits bassins versants érosifs de moins de 20 à 50 ha selon l'aléa. Dans ces conditions où les débits spécifiques restent modestes, ils peuvent retenir de 74 à 99 % de la charge sédimentaire (Ouvry *et al.* 2012), essentiellement les particules grossières de taille supérieure à 100 µm. Les haies apportent un avantage supplémentaire avec une capacité d'infiltration qui peut atteindre 400 mm/ h.m² si le type de sol est perméable.

IV.3. Favoriser l'infiltration sur le chemin de l'eau

La présence de sols ayant de bonnes capacités d'infiltration sur le chemin de l'eau (sols ni hydromorphes, ni compactés dans les talwegs) peut réduire tout ou partie des débits de ruissellement et de leurs capacités de transport en sédiments. C'est le cas pour les surfaces enherbées de fond de vallon, soit en prairies soit occupées par des chenaux enherbés (photos n°4). Sur sol de limons profonds, des capacités d'infiltration de 100 à 200 mm/h ont été mesurées (Corpen, 2007). Cette fonction d'infiltration est la seule solution pour

réduire les transferts de fractions fines. Actuellement, ce sont les occupations du sol à base d'herbe qui sont développées, sous réserve de non compaction des sols, mais toute autre production qui a les mêmes caractéristiques, peut être utile : production de biomasse et autres.

IV.4. Vers une efficacité optimale

Tous ces aménagements n'ont ni les mêmes avantages, ni les mêmes limites, notamment en termes de durabilité-éfficacité. C'est pourquoi il est souvent préconisé de les associer sur une parcelle ou sur un petit sous-bassin-versant (Ouvry *et al.* 2012). C'est le cas des associations comme : Haie hyperdense et fascine, ou haie hyperdense et bande enherbée, ou encore Haie hyperdense et bande boisée (même en production de biomasse).

Pour atteindre une efficacité optimale dans la réduction des impacts liés à l'érosion, tout développement des zones tampons ne peut se faire que dans une logique opérationnelle de bassin versant. Ainsi, B. Ludwig (2013), dans l'étude sur le bassin versant du Commerce (76), a démontré par modélisation avec LISEM (De Roo *et al.*, 1999) que la présence d'herbe (prairie ou chenal enherbé) sur le dernier tronçon aval du talweg a une influence capitale sur les exportations en MES. La présence de 1 km de surface enherbée permet de limiter de 53 à 96% les exports selon l'intensité des crues, mais cette abattement tombe à près de 0 si la longueur de l'enherbement est inférieure à 100 m. L'ajout de fascines sur ce tronçon aval de 1 km, permet de renforcer l'effet sur le transfert de charges solides.



Photo N° 6 : *Fascine perpendiculaire à l'axe d'écoulement avec dépôt sédimentaire en amont (Areas 2011 Veauville)*



Photo N° 7 : *Haie hyperdense perpendiculaire au talweg avec sédimentation en amont (Areas 2011 pleine-sève)*

De même, P. Pannet (2012) dans l'étude sur le bassin versant du Cailly (76), a démontré par modélisation avec STREAM (Cerdan *et al.*, 2002) que l'efficacité est meilleure lorsque que les chenaux enherbés sont sur la partie en aval du talweg (notamment le talweg principal) et que les fascines sont distribuées sur les sous bassins versants en amont. L'étude a comparé des scénarii d'aménagements à base de chenaux enherbés et de fascines sur 7 sous-bassins-versants de quelques dizaines d'ha et comportant encore 30 % de surfaces en prairie. Il montre que l'on pourrait abattre de 97 à 99 % le taux de transfert des MES pour une crue type décennale, par la mise en œuvre d'une fascine pour 60 ha de SAU en moyenne et l'ajout de surfaces en herbe dans les talwegs pour un équivalent de 0,3% de la SAU de chaque bassin versant. La répartition spatiale théorique idéale des aménagements est illustrée par un schéma dans Ouvry *et al.* 2012.

V. IMPACT PAYSAGER DE LA MISE EN PLACE DES ZONES TAMPONS

Les haies arbustives hyperdenses et les fascines vivantes (dont les pieux de saule sont en bois vivant) se développent rapidement en 3-4 ans. D'un point de vue paysager et esthétique, ces éléments linéaires créent des discontinuités qui soulignent les bords de parcelles, le relief et divisent l'espace, structurant ainsi le paysage et contribuant à la trame verte. Les photos ci-dessous en donnent une illustration.

Les mesures antiérosives peuvent participer à la structuration paysagère des territoires et doivent être intégrer dans les réflexions liées à l'aménagement à chaque fois que cela est possible afin de conjurer les aspects esthétiques et fonctionnels au service de la préservation des territoires.

Le maintien de la biodiversité ordinaire se joue notamment dans les espaces entre les parcelles en préservant haies, fossés, murets et bandes enherbées. Véritables milieux boisés linéaires, les haies jouent un rôle de corridors écologiques pour certaines espèces (insectes, flore, mammifères, etc.). De plus, pour les cultures agricoles et sylvicoles, les haies et les autres éléments naturels présents, sont des réservoirs d'auxiliaires pour les insectes pollinisateurs et les prédateurs de parasites et ravageurs des cultures.

Les bandes enherbées créées pour préserver le sol de l'érosion induite par le ruissellement, constituent aussi des corridors pour les espèces des milieux ouverts – végétaux, insectes, amphibiens, mammifères – (Schéma Régional de Cohérence Écologique de Haute-Normandie, 2014).



Paysage d'openfield sur la plaine de Ste Colombe « avant et au début de l'aménagement » en 2011 (Areas)

L'implantation de haies en zone de grandes cultures peut participer à la séquestration du carbone. Le bois qu'elles produisent peut être utilisé pour le chauffage, en remplacement d'énergies fossiles, ou pour d'autres valorisations.

VI. CONCLUSIONS

Les zones tampons permettant de maîtriser les ruissellements tant en grandes cultures qu'en viticulture (Le Bissonnais *et al.* 2007) sont suffisamment connues pour en mesurer l'efficacité et encourager leur développement. En Seine-Maritime, ces actions engagées depuis les années 2000 ont permis la création de 900 haies antiérosives pour un linéaire de 168 km, ainsi que 640 fascines (18 km) et 85 bandes et chenaux enherbés couvrant 68 ha (source www.bdcastor.fr).

La diminution de la charge solide peut atteindre 90 à 99% dès lors que ce sont des fractions grossières qui sont transportées. Ces zones tampons deviennent beaucoup moins efficaces si les MES sont constituées de particules fines d'argile ou de limons fins.

En pratique, selon le niveau d'aléa érosion et la sensibilité des milieux récepteurs, il peut être nécessaire de consacrer de 0,1 à 5 % de la SAU du territoire pour mettre en place de telles mesures (Groupe « zone tampon » de l'Onéma).

En région d'openfield, les aménagements de type haie hyperdense et fascines structurent le paysage. En région de bocage, les aménagements existants sont fonctionnels lorsqu'ils sont situés sur le chemin de l'eau.

D'où la nécessité de réaliser des diagnostics initiaux avant toute intervention, afin de conserver et d'entretenir ceux qui jouent un rôle déterminant dans la retardance des flux liquides et solides.

La protection de la ressource en eau, des cours d'eau et la réduction des MES nécessitent un engagement collectif de tous les acteurs qui participent à l'aménagement des territoires au sens large. Elle passe notamment par la création d'un maillage de haies, fascines et chenaux enherbés là où l'aléa est le plus marqué afin d'assurer un rôle anti-érosif à la hauteur des enjeux identifiés.

Les politiques incitatives, tant financières que techniques, qui existent dans certaines régions (Haute-Normandie), contribuent fortement au développement de ces mesures, dans l'intérêt général. Celles-ci sont d'autant plus utiles que l'on assiste depuis plusieurs années à une diminution des surfaces en prairies dans les zones d'écoulement. Un phénomène dont nous savons qu'il augmente fortement le risque d'érosion des sols, des transferts de MES.



Paysage de la plaine de Ste Colombe « après aménagement avec des haies et fascines » en 2017 (Areas)

VII. RÉFÉRENCES

- AREAS, CHAMBRES D'AGRICULTURE DE SEINE-MARITIME ET DE L'EURE (2008) – Erosion, turbidité, inondation : un large champ de solutions pour les agriculteurs : . 20 Fiches techniques consultables sur le site Internet de l'AREAS et des Chambres d'Agriculture de l'Eure et de la Seine-Maritime, .
- CERDAN O. (2001) – *Analyse et modélisation du transfert de particules solides à l'échelle de petits bassins versants cultivés*. Université d'Orléans – INRA Paris. Thèse, 186 p.
- CERDAN O., GOVERS G., LE BISSONNAIS Y., VAN OOST K., POESEN J., SABY N., GOBIN A., VACCA A. QUINTON J., AUERSWALD K., KLIK A., KWAAD F.J.P.M., RACLOT D., IONITA I., REJMAN J., ROUSSEVA S., MUXART T., ROXO M.J., DOSTAL T. (2010) – Rates and spatial variations of soil erosion in Europe: A study based on erosion plot data. *Geomorphology*, **122(1-2)**, 167–177.
- CERDAN O., LE BISSONNAIS Y., COUTURIER A., BOURENNANE H., SOUCHÈRE V (2002) – Rill erosion on cultivated hillslopes during two extreme rainfall events in Normandy, France. *Soil and Tillage Research*, **67(1)**, 99-108.
- CORPEN (2007) – Les fonctions environnementales des zones tampons. *Les bases scientifiques et techniques des fonctions de protection des eaux et annexes CORPEN*, 75p et 101p.
- DE ROO A. P. J., JETTEN, V. G. (1999) – Calibrating and validating the LISEM model for two data sets from the Netherlands and South Africa. *CATENA*, **37(3-4-2017)**, 477-493.
- 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. (2003) – *Projet GESSOL-érosion : Maîtrise de l'érosion hydrique des sols cultivés, phénomènes physiques et dispositifs d'action*, 66 p.
- 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.
- LUDWIG B. (2013) – *Etude ANTEA-group n°A66244 : Cartographie de l'aléa érosion des sols sur le périmètre du SAGE du Commerce+ annexes ; Communauté de communes Caux Vallée de Seine*, 110 p.
- OUVRY J.F., RICHET J.B., BRICARDO O., LHERITEAU M., BOUZID M., SAUNIER M. (2012) – Fascines et Haies pour réduire les effets du ruissellement érosif : Caractérisation de l'efficacité et conditions d'utilisation ; synthèse des résultats. *Brochure Areas*, 64p.
- PANNET P. (2012) – Etude BRGM n°RP-60619-FR : Cartographie de l'aléa érosion des sols, des enjeux et des zones à protéger sur le territoire du SAGE des bassins versants Cailly-Aubette-Robec. *Propositions d'actions de protection adaptées aux enjeux. La CREA*, 86 et annexes.
- RÉGION HAUTE-NORMANDIE (2014) – *Schéma régional de cohérence écologique*, 120 p.
- VAN-CAMP L., BUJARRABAL B., GENTILLE A.R., JONES R.J.A., MONTANARELLA L., OLAZABAL C., SEL VARARDJOU 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 pp.
- Quelques sites internet français sur les zones tampons : www.zones-tampons.onema.fr/ et www.areas.asso.fr