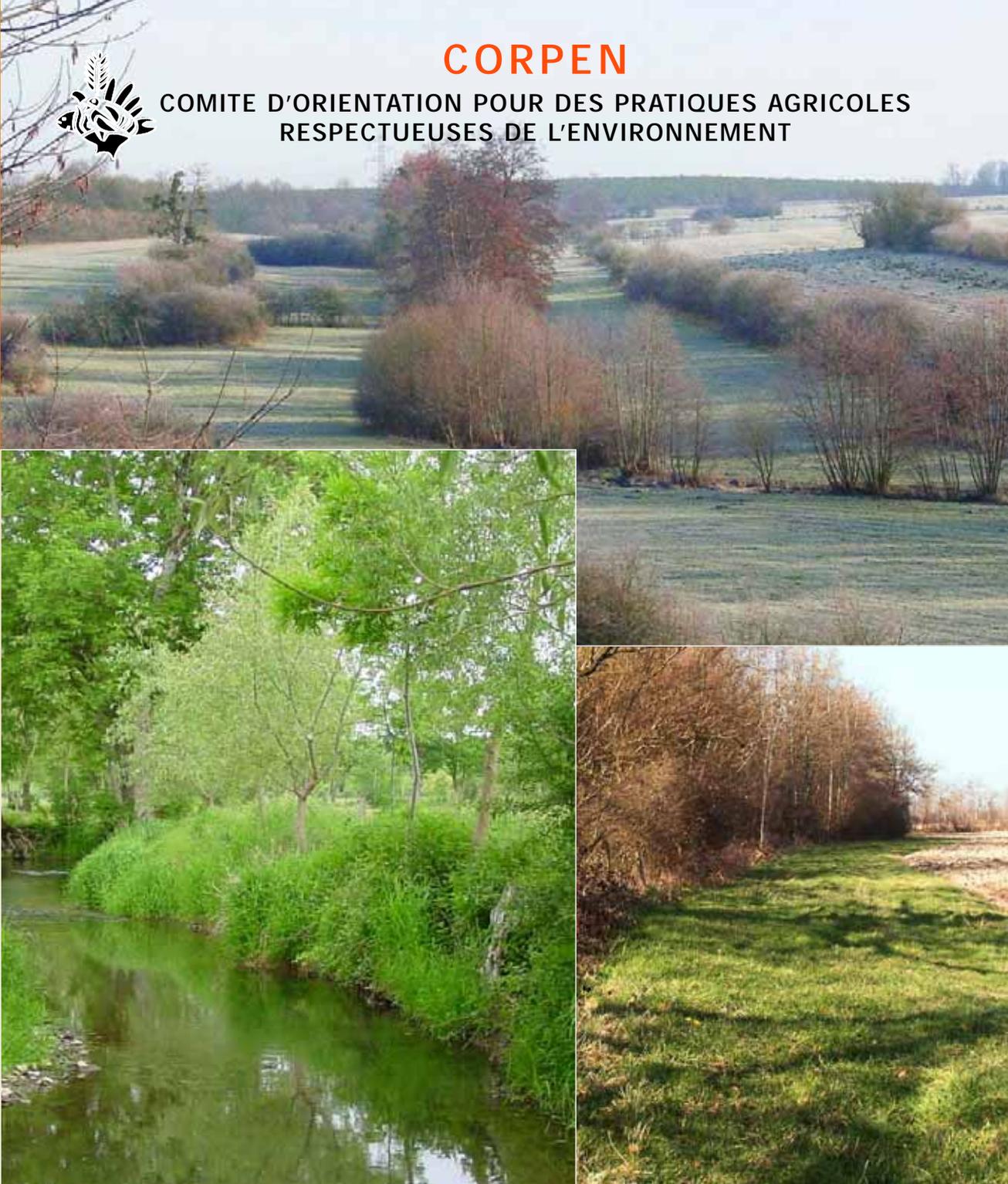


Z
E
P
R
O
C



CORPEN

COMITE D'ORIENTATION POUR DES PRATIQUES AGRICOLES
RESPECTUEUSES DE L'ENVIRONNEMENT



Les fonctions environnementales des zones tampons

PREMIÈRE ÉDITION

**Les bases scientifiques et techniques
des fonctions de protection des eaux**

CORPEN / Groupe Zones tampons
2007

20 avenue de Ségur - 75302 Paris 07sp - Tél. 01 42 19 12 86 - www.developpement-durable.gouv.fr

PARTICIPANTS AU GROUPE DE TRAVAIL ZONES TAMPONS

SOUS-GROUPE EAUX Animateur : J.J Gril	BONNET Franck	<i>CRPF Pays de la Loire</i>
	CLOSTRE Florence	<i>APCA</i>
	COHU Kristell	<i>MAP/DGFAR</i>
	DUBOIS DE LA SABLONNIÈRE François	<i>AE Loire Bretagne</i>
	DUCLAY Edwige	<i>MEDD DE</i>
	Gril JEAN-JOEL	<i>Cemagref Lyon</i>
	Guyot CHRISTIAN	<i>Bayer Cropscience</i>
	Javelle AURÉLIE	<i>Ecobio Université Rennes</i>
	Julien NATHALIE	<i>Syngenta Agro</i>
	LAUCHER Stéphane	<i>SCORPEN</i>
	MAILLET-MÉZERAY Julie	<i>Arvalis Institut du Végétal</i>
	NIVON Claire	<i>Chambre d'Agriculture 69</i>
	OUVRY Jean-François	<i>AREAS Haute Normandie</i>
	PONS Nelly	<i>MAP/DGAL</i>
	PINAY Gilles	<i>CNRS Toulouse</i>
	POMMARET Eugénia	<i>FNSEA</i>
TOURNEBIZE Julie	<i>Cemagref Antony</i>	

SOUS-GROUPE BIODIVERSITÉ Animatrice : J. Bertrand	AUBINEAU Jacky	<i>ONCFS</i>
	BAUDRY Jacques	<i>INRA-SAD Rennes</i>
	BERTRAND Julie	<i>MAP/DGFAR</i>
	BONNET Franck	<i>CRPF Pays de la Loire</i>
	COHU Kristell	<i>MAP/DGFAR</i>
	DECOURTYE Axel	<i>ACTA Lyon</i>
	ERNOULT Aude	<i>Ecobio Université Rennes</i>
	FLATRES Sylvie	<i>LPO</i>
	FOUGEROUX André	<i>Syngenta Agro</i>
	HERVIEU François	<i>MAP/DGAL</i>
	JOLIVET Christophe	<i>LPO</i>
	LAUCHER Stéphane	<i>SCORPEN</i>
	LECOEUR Didier	<i>Agrocampus Rennes</i>
	LE ROUX Caroline	<i>Chambre d'Agriculture 69</i>
	LOUSSOT Philippe	<i>Chambre d'Agriculture 77</i>
	MAILLET-MÉZERAY Julie	<i>Arvalis Institut du Végétal</i>
	MORIN Sophie	<i>ONCFS</i>
	POINTEREAU Philippe	<i>Solagro Toulouse</i>
	SARTHOU Jean-Pierre	<i>Dynafor ENSAT Toulouse</i>

Aux différentes phases de son élaboration, cette brochure a bénéficié de la relecture critique des personnes suivantes, qu'elles soient remerciées ici pour leur collaboration.

BALAY Dominique	CRPF Pays de la Loire
CARLUER Nadia	Cemagref Lyon
CASTILLON Pierre	Arvalis Institut du Végétal
CUGNY-SEGUIN Marie	IFEN
DEDIEU Jacques	Président du CORPEN
DELOUVÉE René	APAD
DELPORTE MARC	CTIFL
DORIOZ Jean-Marcel	INRA Thonon

FOURRIÉ Laëtitia	ACTA
GOUY Véronique	Cemagref Lyon
L'HELGOUALCH Eric	Ch.Agri. Vaucluse
RÉAL Benoît	Arvalis Institut du Végétal
SÉBILLOTTE Michel	CORPEN
TROCHERIE Francis	SCORPEN
VINATIER Jean-Marie	Ch. d'Agri.Rhône-Alpes

SOMMAIRE

pages

	Introduction	5
	1. Contexte et objectif de cette brochure	5
	2. Définition du terme « zone tampon » dans ce document	7
	3. Délimitation du sujet	8
Chapitre 1.	Les connaissances scientifiques de base : présentation synthétique	10
	1. Quelques bases d'hydrologie	10
	2. Fonction d'atténuation hydrique des zones tampons	12
	3. Fonction de rétention des matières en suspension	14
	4. Fonction de limitation du transfert du phosphore	17
	5. Fonction de limitation du transfert hydrique de produits phytosanitaires	19
	6. Fonction de limitation du transfert de l'azote	20
	7. Fonction de protection contre la dérive de pulvérisation des produits de traitement	22
	8. Fonction de préservation de la qualité biologique des cours d'eau	24
Chapitre 2.	Les questions pratiques	27
	1. Où les zones tampons doivent-elles être localisées ?	27
	2. Quel dimensionnement ?	41
	3. Quels aménagements complémentaires ?	45
	4. Quelle végétation ?	51
	5. Quel entretien ?	55
	6. Synthèse des questions pratiques	58
Chapitre 3.	Éléments pour une démarche de diagnostic visant la mise en œuvre de zones tampons destinées à la protection des eaux	65
	1. La localisation des zones tampons	66
	2. Le dimensionnement des zones tampons	74
	3. Les aménagements complémentaires	74
	4. Choix du couvert végétal et entretien de la zone tampon	75
	ANNEXES	77
	A1. Quelques rappels d'hydrologie	78
	A2. Fonction d'atténuation hydrique des zones tampons	94
	A3. Fonction de rétention des matières en suspension	108
	A4. Fonction de limitation du transfert du phosphore	125
	A5. Fonction de limitation du transfert hydrique des produits phytosanitaires	135
	A6. Fonction de limitation du transfert de l'azote	152
	A7. Fonction de protection contre la dérive de pulvérisation des produits de traitement	164
	A8. Fonction de préservation de la qualité biologique des cours d'eau	171

1. Contexte et objectif de cette brochure

Au début des années 90, quand la problématique de la contamination de l'eau par les produits phytosanitaires est montée en puissance avec la transcription en droit français de la directive européenne relative à la qualité des eaux destinées à la consommation humaine, les dispositifs enherbés ont suscité un grand intérêt. Dans ce contexte, le CORPEN a mis en place, au sein du Comité Phytoprat, un groupe de travail sur ce thème qui a produit la brochure « Produits phytosanitaires et dispositifs enherbés » dès 1997. Les connaissances sur l'efficacité de ces zones tampons étaient toutefois encore limitées, du fait d'un très faible nombre d'expérimentations dédiées à cette question. Depuis, le nombre de ces dernières a augmenté en France et à l'étranger, ce qui a permis une mise au point récente (Cemagref 2004).

Dans le contexte actuel, les exigences de la directive cadre sur l'eau et l'application en France de la conditionnalité des aides de la Politique Agricole Commune viennent renforcer l'intérêt porté à ces aménagements et le besoin de disposer d'éléments techniques à l'usage de l'encadrement agricole et des autres acteurs de l'espace rural, ainsi que des formateurs.

Par ailleurs, ce besoin ne concerne pas que les seuls dispositifs enherbés, mais aussi les autres éléments du paysage qui occupent l'espace interstitiel entre les parcelles cultivées et que l'on regroupera ici sous le terme générique de « zones tampons » (voir la définition un peu plus loin). De même, il ne concerne pas que la seule contamination par les produits phytosanitaires, mais également les autres sources de pollutions liées aux transferts d'eau en territoire agricole : en particulier, les matières en suspension, l'azote et le phosphore.

De plus, et au-delà de la seule protection des eaux, ces zones tampons sont susceptibles de remplir d'autres fonctions environnementales, comme la préservation et la restauration de la biodiversité et du gibier, de la faune auxiliaire, des paysages, ...

Chacune de ces différentes fonctions présente des exigences propres permettant de garantir l'aptitude des zones tampons à les remplir. Or, ces exigences ne sont pas toujours compatibles entre elles et nécessitent de trouver des compromis, quand on souhaite en profiter simultanément sur un territoire donné (1).

A terme, l'objectif de cette brochure est de répondre à la demande exprimée ci-dessus en fournissant des éléments propres à faciliter la mise en œuvre de zones tampons aptes à remplir simultanément un certain nombre de ces fonctions, tant en rapport avec la protection des eaux qu'avec la préservation de la biodiversité.

(1) Plus largement, les zones tampons doivent être appréhendées en prenant en compte non seulement les enjeux environnementaux, mais également les enjeux économiques - en particulier, comme partie intégrante du système de production des agriculteurs, dans le cadre d'une agriculture durable. Mais ceci dépasse les limites imparties à cette brochure.

Ce document ne prétend pas fournir un modèle unique directement applicable sur tout le territoire national : il s'agit d'une démarche, proposant des références et une base de raisonnement, destinées à être adaptées à la diversité des situations locales.

Le document complet devra ainsi comprendre quatre parties :

I. Une présentation des conditions techniques propres aux fonctions de protection des eaux.

II. L'équivalent pour les fonctions de préservation de la biodiversité.

III. Un point sur le contexte réglementaire et incitatif de la mise en œuvre et de la gestion des zones tampons.

IV. La présentation d'exemples de réalisations.

Cette première édition ne traite que de la partie I.

Les trois suivantes, non terminées à ce jour, seront ajoutées ultérieurement : la publication en ligne favorise ce mode de parution. Ce choix a été fait pour ne pas trop retarder la publication de cette documentation, pour laquelle il y a une forte attente, en particulier dans le contexte actuel d'élaboration des SDAGE et des programmes liés à l'application de la DCE, ainsi que de mise en place des nouvelles mesures agri-environnementales.

Chaque fonction fait l'objet d'une présentation de l'état actuel des connaissances : à la fois d'ordre général et concernant plus spécifiquement le rôle joué par les zones tampons pour cette fonction. Chacune de ces présentations est succincte et limitée à l'essentiel dans le premier chapitre, des compléments techniques plus détaillés étant portés en annexe. Leur développement est justifié par la diversité des compétences des acteurs à qui cette brochure est destinée : chacun doit pouvoir trouver les informations et les arguments nécessaires pour élargir les objectifs environnementaux visés, au-delà du domaine qui lui est familier.

La mise en application des principes ainsi décrits est présentée ensuite sous la forme de réponses à des questions pratiques, en rapport avec l'efficacité des zones tampons et qui se posent systématiquement quelle que soit la fonction envisagée : quelle localisation, quel dimensionnement, etc. Les exigences identifiées, spécifiques à chaque fonction, sont confrontées pour mettre en évidence leurs compatibilités et incompatibilités, ainsi que les compromis nécessaires pour poursuivre simultanément plusieurs objectifs environnementaux sur un secteur donné.

Enfin, ces considérations permettent de proposer une démarche de diagnostic spécifique à la mise en place des zones tampons, dans le but de compléter les outils de diagnostic plus généraux mis en œuvre préalablement à un plan d'action local de lutte contre différents types d'altérations.

On conclura cette présentation du contexte et des objectifs par un constat qui, bien que fort connu, mérite toujours d'être rappelé : dans la grande majorité des situations, aucune action corrective environnementale n'est suffisante à elle seule pour régler les problèmes concernés. Les zones tampons n'échappent pas à cette règle : si les aménagements AUTOUR des parcelles cultivées peuvent rendre des services indéniables, ils n'affranchissent certainement pas de mettre en œuvre des pratiques respectueuses de l'environnement DANS les parcelles elles-mêmes.

2. Définition du terme “zone tampon” dans ce document

La brochure “produits phytosanitaires et dispositifs enherbés” de 1997 donnait la définition suivante de ces derniers :

«Le terme de “dispositif enherbé” recouvre toute surface en herbe, maintenue ou mise en place expressément, susceptible d'intercepter des écoulements de surface diffus ou concentrés. Ces surfaces ne sont pas nécessairement longilignes, comme on se les représentent souvent : c'est pourquoi le terme de dispositif enherbé a été préféré à celui de bande enherbée ... »

En effet, le terme très usuel de “bande” suggère une forme particulière qui fait référence à une position en bordure de rivière ou de parcelle : bien que ces cas soient les plus fréquents, ils ne sont pas exclusifs et d'autres formes et positions sont possibles.

À l'usage, le terme de “dispositif” a paru assez vague. C'est pourquoi, on a finalement choisi d'utiliser le terme de “zone tampon”, beaucoup plus précis et équivalent de l'anglais “buffer zone” ⁽¹⁾. Sur le fond toutefois, la définition précédente garde sa validité, tout en élargissant la nature de leur végétation.

(1) Ce terme de “tampon” met en avant la capacité de ces espaces situés entre les parcelles à atténuer les effets négatifs liés à la fonction de production de ces dernières. Cela n'exclut évidemment pas le fait que les zones tampons aient également des effets négatifs, en particulier sur cette production, en l'absence d'une mise en œuvre et d'une gestion appropriée.

3. Délimitation du sujet

3.1. Éléments du paysage

On abordera ici le cas des zones tampons enherbées et boisées. Divers éléments du paysage entrent dans ces catégories.

- ▶ les bordures de champs étroites
- ▶ les bandes enherbées
- ▶ les chenaux enherbés de talwegs
- ▶ les prairies permanentes
- ▶ les friches
- ▶ les chemins enherbés
- ▶ les talus
- ▶ les haies (associées ou non aux talus)
- ▶ les bois et bosquets, les taillis à courte ou très courte rotation
- ▶ les ripisylves (boisements linéaires le long des cours d'eau)

On notera que **toute parcelle agricole peut jouer le rôle de zone tampon** dans la mesure où son état cultural du moment lui permet de modérer un effet environnemental négatif des parcelles voisines. C'est là que réside, en particulier, l'intérêt de la « mosaïque » de culture par rapport à de grands îlots en monoculture. Cette question ne sera pas traitée ici, à l'exception, toutefois, des prairies : dans beaucoup de cas, celles-ci se comportent très différemment des terres labourées et constituent d'efficaces zones tampons. Ce constat doit néanmoins être nuancé, comme on le verra par la suite.

Les milieux humides et les fossés constituent un autre groupe d'espaces interstitiels entre les parcelles, susceptibles de jouer un rôle de tampon. Les prairies humides et les ripisylves seront prises en compte, mais pas les milieux où un plan d'eau libre est présent la plus grande partie de l'année (mares, marais, étangs ou lagunes) : ces éléments du paysage relèvent d'une approche spécifique et les informations pratiques sur leur mise en œuvre sont encore trop limitées en France. Des expérimentations sont actuellement entreprises et il sera sûrement possible de les intégrer dans une approche générale d'ici quelques années.

Enfin, on n'abordera pas les aspects techniques de la protection des berges au sens strict, traitée spécifiquement par ailleurs ⁽¹⁾.



3.1. Fonction de protection des eaux

On traitera des fonctions environnementales en relation avec le fonctionnement hydrique ⁽²⁾ du bassin versant : mouvements de l'eau elle-même et transfert, qui en découle, des matières en suspension (MES) ⁽³⁾, du phosphore, des produits phytosanitaires et de l'azote vers les milieux aquatiques.

On abordera également deux autres fonctions qui ont en commun de concerner les zones tampons qui longent les cours d'eau et de ne pas être directement liées au fonctionnement hydrique du bassin : la protection contre la dérive de pulvérisation qui se produit lors des traitements phytosanitaires et la fonction de préservation de leur qualité biologique.

On ne traitera pas des transferts diffus de médicaments vétérinaires, faute de disposer de suffisamment de références, ni des contaminations microbiennes. On n'abordera pas non plus les transferts ponctuels liés aux élevages ou à la manipulation des produits de traitements, dont la correction ne relève pas d'une logique d'aménagement de l'espace.

Enfin, on précisera que ces fonctions sont abordées essentiellement à l'échelle locale : parcelles, îlots de parcelles, très petits bassins versants. Évaluer le rôle des zones tampons à l'échelle de territoires plus vastes implique non seulement de bien comprendre leur fonctionnement à cette échelle locale, mais aussi de maîtriser les spécificités du changement d'échelle. Or, cette approche globale est encore peu documentée et on ne dispose pas, à notre connaissance, d'outils opérationnels permettant de la mettre concrètement en œuvre. On renverra à Viaud et al. (2004) pour une présentation théorique de cette question.

Références citées

- ♦ Cemagref, 2004. Intérêt des zones tampons enherbées et boisées pour limiter le transfert diffus des produits phytosanitaires vers les milieux aquatiques : de l'état des connaissances aux recommandations pratiques. Rapport Cemagref pour le MAP (DGFAR) et le MEDD (DE). 37 p.
- ♦ CORPEN, 1997. Produits phytosanitaires et dispositifs enherbés. 88 p.
- ♦ VIAUD V., MÉROT P., BAUDRY J. 2004. Hydrochemical buffer assessment in agricultural landscapes : from local to catchment scale. Environmental Management Vol. 34, n° 4, 559-573.

(1) Voir la note du chapitre 1, § 8.

(2) On emploiera ce terme général, qui recouvre à la fois une notion hydrologique (les débits) et hydraulique (les caractéristiques de l'écoulement : vitesse, hauteur, ...).

(3) Conformément à ce qui a été dit ci-dessus, il s'agira des MES produites par la circulation de l'eau sur les versants, à l'exclusion de l'érosion des berges.

Chapitre 1

Les connaissances scientifiques de base : présentation synthétique

Ce chapitre résume, en insistant sur les points essentiels, l'exposé développé dans les annexes. Les paragraphes ci-dessous leur correspondent.

1. Quelques bases d'hydrologie

Le cycle de l'eau a fait l'objet de nombreuses présentations, dans toute sa complexité ou plus ou moins simplifiées. On s'attachera ici à mettre en évidence quelques aspects importants pour la compréhension du rôle des zones tampons dans la protection des eaux.

L'eau des précipitations interceptée par le sol, en excès par rapport à sa capacité de la stocker, s'écoule ⁽¹⁾ verticalement vers le sous-sol (infiltration) ou latéralement : en surface (ruissellement) ou dans le sol (écoulement hypodermique ou subsuperficiel). Le partage entre ces différentes voies dépend de très nombreux facteurs : climatiques, géologiques et pédologiques, topographiques et liés à la végétation et aux pratiques agricoles. Une typologie simplifiée est proposée par le CORPEN (1999), à laquelle on renverra (voir chapitre 3 et annexe A - 1).



Genèse
du ruissellement

B. Augéard / Cemagref

Dans un bassin versant, les écoulements latéraux suivent les pentes et se concentrent progressivement de l'amont vers l'aval en relation avec la topographie. Les activités humaines compliquent ce phénomène naturel, parfois en le ralentissant ou en l'accéléralant : depuis l'effet du travail du sol, jusqu'aux aménagements hydrauliques.

(1) Une fraction de l'eau des précipitations peut également stagner à la surface du sol et être évaporée directement. Cette fraction, généralement faible, est d'autant plus importante que le terrain est plat, imperméable et présentant un microrelief marqué, et d'autant moins que la hauteur de pluie est grande.



B. Augeard / Cemagref

Début de concentration
dans des traces de roues



AREAS

Concentration
dans un thalweg

Fort ruissellement concentré
submergeant une zone tampon
et intercepté par un talus routier



J.F. Ouvry / AREAS



J.J. Gril / Cemagref

Concentration
dans une dérayure

Des échanges sont possibles entre écoulements verticaux et latéraux : infiltration à la faveur de la traversée d'une zone plus perméable et, dans le cas inverse, résurgence ponctuelle (source) ou diffuse (exfiltration) sur le versant ou alimentation des cours d'eau par les nappes.

Les zones tampons seront aptes à jouer un rôle hydrique dans les territoires où les écoulements latéraux sont significatifs et non dans ceux où l'infiltration verticale vers les nappes domine largement.

2. Fonction d'atténuation hydrique des zones tampons

Les zones tampons sont susceptibles d'exercer une influence sur le fonctionnement hydrique des bassins versants où elles sont implantées. On emploiera ici le terme « d'atténuation hydrique » en relation avec la double action que sous-entend ce dernier terme : les zones tampons sont susceptibles à la fois de ralentir le ruissellement, d'en diminuer le volume et de réduire les pics de débit. Deux propriétés fondamentales des surfaces herbacées et boisées sont à l'origine de cette capacité : leur rugosité hydraulique et leur perméabilité. Cette influence présente un intérêt en soi, mais elle est aussi essentielle vis-à-vis du transfert vers les milieux aquatiques des substances transportées par l'eau, comme on va le voir.

La rugosité ralentit le ruissellement (loi de Strickler), ce qui a aussi un effet positif sur le volume infiltré. Sur le versant, où l'épaisseur de la lame de ruissellement reste généralement faible, ce sont les couverts herbacés (et surtout celui des graminées, du fait de leur densité de tiges) qui sont les plus efficaces, devant les couverts ligneux. Par contre, quand

Interception d'un écoulement
dans un thalweg
par une surface herbacée



la lame d'eau devient importante, tout particulièrement en cas de débordement des cours d'eau, les couverts ligneux sont plus efficaces, du fait de leur hauteur et de leur rigidité.

La capacité d'infiltration des zones tampons est globalement élevée, souvent supérieure dans le cas des zones tampons boisées par rapport à celui des zones tampons herbacées. En situation moyenne, une zone tampon de 10 m de large permettra dans la majorité des cas l'infiltration d'au moins 50 % du ruissellement. Cette capacité rencontre toutefois deux types de limites :

- Elle est attachée à l'horizon de surface des zones tampons, en rapport avec la puissance de leur système racinaire, de leur teneur élevée en matière organique et de l'activité biologique qui s'y produit. Toutefois, si le contexte géologique et pédologique et les conditions climatiques se traduisent par un engorgement des horizons sous-jacents, voire de l'horizon de surface lui-même, elle peut être considérablement réduite ou même annulée.

Engorgement
dans un bosquet et un pré



► Face à un écoulement concentré, les zones tampons peuvent perdre une partie plus ou moins importante de leur efficacité. Un cas extrême est constitué par les « courts-circuits » que sont les fossés et les réseaux de drainage.

Il sera particulièrement important de prendre en compte cette question pour raisonner la localisation des zones tampons dans un bassin versant : la concentration du ruissellement est le principal obstacle à l'efficacité des zones tampons, du moins pour les fonctions de protection qui concernent principalement cette voie de circulation de l'eau – soit, la rétention des MES et du phosphore, la limitation du transfert hydrique des produits phytosanitaires.

3. Fonction de rétention des matières en suspension

Le ruissellement entraîne des matières en suspension (MES), constituées par les particules détachées par l'érosion. Ces MES peuvent provoquer différents types de désordre dans les milieux aquatiques, comme l'envasement des plans d'eau, la dégradation des habitats des organismes aquatiques, la turbidité des eaux destinées à la consommation ... De plus, elles sont le support de substances polluantes fixées sur les particules.

Parallèlement à l'érosion des terres, l'érosion des berges constitue une autre source de MES : compte tenu des limites qui ont été fixées, cette question ne sera pas traitée ici.

En complément des actions à la source, visant à limiter les phénomènes d'érosion dans les parcelles, on peut mettre à profit les propriétés hydriques des zones tampons qui leur confèrent une grande aptitude à limiter le transfert des MES.

L'érosion

L'érosion hydrique débute par l'effet destructeur de la pluie sur les agrégats présents à la surface du sol (le "splash") ; le ruissellement entraîne les particules ainsi détachées et incise la surface du sol. Les facteurs de l'érosion sont ceux du ruissellement, plus des facteurs spécifiques : en particulier, le degré de couverture du sol par la végétation et l'importance de son système racinaire, la pente et l'épaisseur de la lame de ruissellement. La concentration progressive du ruissellement entraîne celle de l'érosion, avec l'apparition de figures plus ou moins marquées : rigoles, puis ravines. Globalement, à l'échelle d'un bassin versant, toute la terre érodée n'atteint pas le cours ou plan d'eau ⁽¹⁾ car un tri granulométrique s'opère, les particules grossières se déposant plus rapidement sur le trajet du ruissellement que les plus fines.

(1) Par la suite et pour simplifier, le terme « cours d'eau » inclura implicitement les plans d'eau, dans la majorité des cas.



B. Augeard / Cemagref

Surface du sol "battue"
par la pluie



AREAS

CORPEN - 2007

Erosion de la couche de sol
travaillée, jusqu'à la semelle de labour



C. Guyot

Ravinement dans un thalweg
au relief peu marqué



J.F. Ouvry / AREAS

Erosion de talus provoquée
par un ruissellement concentré



J.F. Ouvry / AREAS

Dépôt de terre
dans une zone tampon
interceptant
un ruissellement concentré

La rétention des MES par les zones tampons

Les propriétés fondamentales des zones tampons vis-à-vis de la rétention des MES sont les propriétés hydriques déjà identifiées : le ralentissement du ruissellement et l'augmentation de l'infiltration.

◆ La rugosité hydraulique, en limitant la vitesse de l'écoulement, favorise le dépôt des particules. Les plus grossières sont ainsi très facilement piégées, jusqu'à former un bourrelet de terre sur la frange amont de la zone tampon en territoire sensible à l'érosion. Les particules très fines sont bien plus difficilement interceptées. En terme de bilan global, les expérimentations montrent une grande efficacité des zones tampons avec des largeurs assez faibles (5 m, jusqu'à 10 m si la pente est forte).



Formation d'un bourrelet à l'interface vigne - prairie dans un milieu sensible à l'érosion

- ◆ L'infiltration diminue le volume du ruissellement et sa capacité de transport : à l'extrême, si tout l'écoulement s'infiltré dans la zone tampon, toutes les particules sont retenues quelle que soit leur dimension.

La densité de tiges du couvert végétal est le principal facteur de la rugosité : les graminées sont les plus efficaces, comme on l'a déjà noté. De la même manière toutefois, la situation est différente quand l'épaisseur du ruissellement est importante (inondations alluviales en particulier) où les boisements, surtout arbustifs, sont plus performants. Hormis ce cas, le meilleur résultat doit être attendu de l'association d'une zone enherbée (en amont) à une zone boisée (en aval), la première pour sa rugosité, la seconde pour sa perméabilité. Les chenaux enherbés, mis en place pour limiter l'érosion dans les thalwegs sont susceptibles de contribuer à la rétention des MES, à condition de les dimensionner plus largement.

4. Fonction de limitation de transfert du phosphore

Le phosphore est un nutriment dont la présence excessive dans les eaux de surface continentales engendre l'eutrophisation, évolution dommageable pour la vie aquatique et les usages divers de l'eau. Elle peut être déclenchée par des concentrations faibles de P dans les milieux aquatiques sensibles (quelques dizaines de $\mu\text{g/l}$). A côté de pollutions ponctuelles pouvant être engendrées par des activités industrielles et domestiques et des bâtiments d'élevage, il existe une origine diffuse aux apports de ce nutriment. Ils sont quantitativement moins importants que les précédents mais plus difficiles à maîtriser. Les zones tampons peuvent contribuer, en complément de pratiques culturales adaptées, à limiter ces transferts diffus.

Dynamique du phosphore

Le phosphore est présent dans les êtres vivants, les eaux et les sols sous des formes diverses dans un très grand nombre de combinaisons chimiques, organiques ou minérales. Le phosphore est un élément dit « conservatif », car il ne peut être éliminé par volatilisation (le phosphore n'a pas de forme gazeuse abondante). Le phosphore est présent dans les sols à des teneurs variant de 500 à 3000 mg/kg. La fraction présente dans la solution du sol n'en représente qu'une infime partie. Toutefois, celle-ci est en permanence approvisionnée par le phosphore présent sur la phase solide, notamment lorsque les racines des végétaux absorbent les ions phosphoriques. Dans les eaux, deux formes sont conventionnellement distinguées : le phosphore particulaire et le phosphore dissous (fractions respectivement retenue ou non par un filtre aux pores de 0,45 µm). Le phosphore dissous, seule forme directement biodisponible, et le phosphore fixé sur les particules sont en équilibre : certaines situations, comme des conditions réductrices, favorisent la libération du phosphore fixé par les particules solides.

Le ruissellement et l'érosion qu'il provoque transfèrent du phosphore dissous et particulaire vers les cours d'eau, en proportion variable selon l'état du sol en surface et selon l'intensité des événements pluvieux. En général, dans les bassins versants agricoles, la part de phosphore particulaire est sensiblement plus importante que celle de phosphore dissous (sauf sur prairie où ce dernier prédomine).

A l'exception des parcelles drainées dans lesquelles le drainage se substitue au ruissellement pour évacuer l'eau en excès, l'eau qui s'infiltré en profondeur perd l'essentiel de son phosphore qui est énergiquement fixé sur les surfaces solides, notamment au dessous de la couche habituellement travaillée. De ce fait, les eaux souterraines sont en général pauvres en phosphore (quelques µg P/L).

Rétention du phosphore par les zones tampons

Globalement, au contact d'une zone tampon, le phosphore particulaire est associé au devenir des MES et le phosphore dissous est en partie fixé par le sol et absorbé par les végétaux. Les propriétés des zones tampons mises en jeu pour modifier la charge de phosphore sont donc le ralentissement et l'infiltration.

Les expérimentations, qui concernent presque exclusivement les zones tampons enherbées et des pas de temps court, montrent que l'efficacité des dispositifs est très variable. Globalement, elle est assez bonne pour le phosphore particulaire (50 à 97 %) et nettement moins pour le phosphore dissous (20 à 30 %). Il semble qu'une zone tampon d'une largeur de 5 à 12 m donne des résultats corrects pour le premier et qu'il faille au moins 15 m pour le second – en l'absence de concentration significative du ruissellement.

Néanmoins, il y a toujours un risque que le phosphore fixé soit relargué tôt ou tard. Ainsi, l'amendement de la zone tampon avec des composés du calcium, du fer ou de l'aluminium conduit à la formation de composés phosphatés peu mobilisables mais on manque cependant de données sur leur re-mobilisation à long terme.



L'exportation de la biomasse reste le seul moyen vraiment efficace pour éliminer le phosphore accumulé. Toutefois, ce prélèvement ne sera généralement pas suffisant pour compenser l'accumulation.

Le rôle que les zones tampons sont susceptibles de jouer vis-à-vis du phosphore ne peut dispenser de la mise en œuvre de mesures appropriées dans les parcelles cultivées. La première, la plus importante, est de limiter les teneurs en phosphore des sols au strict nécessaire pour bien alimenter les plantes cultivées. Favoriser l'infiltration en profondeur, freiner le ruissellement et l'érosion constituent des moyens d'action complémentaires.

En conséquence, l'intérêt des zones tampons vis-à-vis de la pollution phosphorée est inévitablement temporaire. Toutefois, l'inertie du système fait que les actions en amont peuvent mettre beaucoup de temps à produire un résultat effectif, ce qui conforte l'intérêt des zones tampons pendant une période transitoire, qui peut s'avérer assez longue, dans les secteurs très sensibles (fort enrichissement des sols en phosphore, milieux aquatiques vulnérables).

5. Fonction de limitation du transfert hydrique de produits phytosanitaires

En France, c'est principalement la pollution des eaux par les produits phytosanitaires qui a suscité l'intérêt pour les zones tampons. L'origine, assez récente, de cet intérêt est la transposition en droit français de la directive européenne sur l'eau potable (CEE 80-778), en 1989. Parallèlement, les travaux à l'étranger (en particulier aux États-Unis) ont sérieusement débuté à la même époque, les références antérieures se limitant à quelques publications : les bandes enherbées étaient déjà bien connues dans ce dernier pays, mais pour leur rôle vis-à-vis de l'érosion. Les connaissances ont progressé depuis, même si certains aspects restent encore insuffisamment étudiés.

Le transfert hydrique des produits phytosanitaires

Deux propriétés fondamentales des molécules conditionnent leur devenir : l'adsorption (essentiellement sur la matière organique et les particules très fines du sol) et la persistance dans le sol. Ces deux propriétés sont estimées respectivement par le coefficient d'adsorption (Koc) et la demi-vie (DT50).

Ces propriétés n'interviennent pas seules, mais d'une manière complexe, en forte interaction avec les caractéristiques du milieu, le climat et les pratiques agricoles. On retiendra en particulier deux points importants pour notre propos :

- ◆ les produits phytosanitaires sont entraînés essentiellement sous forme dissoute et col-



loïdale : leur transfert en surface est à mettre en relation avec le ruissellement, plus qu'avec l'érosion – à l'exception des molécules à Koc très élevé.

- ◆ les plus forts transferts ont lieu à l'occasion des premières pluies efficaces (qui engendrent du ruissellement ou de l'infiltration).

Les produits phytosanitaires qui migrent en profondeur seront assez peu retenus une fois dépassée la couche de sol. En revanche les produits phytosanitaires qui sont transférés latéralement, dans le ruissellement ou les écoulements à faible profondeur, sont susceptibles d'être retenus. Cette rétention est fonction de la capacité à les fixer et à les dégrader des milieux qu'ils traversent sur leur chemin vers la ressource en eau.

Rôle des zones tampons

Les zones tampons présentent une réelle aptitude à intercepter les produits phytosanitaires. Il convient toutefois de préciser les points suivants :

- ◆ les performances des zones tampons peuvent beaucoup varier d'un site à l'autre ;
- ◆ celles-ci peuvent également varier significativement au cours de l'année, surtout si les zones tampons sont engorgées pendant la période hivernale ;
- ◆ l'infiltration est le processus dominant de l'interception, avant l'adsorption des produits sur la surface enherbée ou boisée et la sédimentation ;
- ◆ le devenir des produits phytosanitaires infiltrés dans les zones tampons reste encore trop peu étudié ;
- ◆ la compréhension des modes de circulation de l'eau dans le système constitué par la zone tampon, son amont et son aval est essentielle pour apprécier son efficacité ;
- ◆ les expérimentations fournissent des ordres de grandeur d'efficacité : 50 % pour 6 m, 80-90 % pour 12 m. La grande majorité ont été conduites en l'absence d'écoulement concentré.

6. Fonction de limitation du transfert de l'azote

La pollution par le nitrate pose un problème bien connu en matière de potabilité de l'eau (seuil réglementaire de 50mg/L pour l'eau potable, seuils caractérisant l'état écologique de la Directive Cadre sur l'Eau). Il participe, avec le phosphore, à l'eutrophisation des eaux de surface, principalement côtières et marines, en favorisant la croissance des algues. Par ailleurs, les ions nitrite et ammonium sont toxiques pour les organismes aquatiques. En France, l'activité agricole est la première origine des transferts de nitrate vers les milieux aquatiques. Des pratiques culturales adaptées doivent permettre de mieux utiliser l'azote et de limiter la présence de reliquats en période de forts risques de transfert (raisonnement de la fertilisation, mise en œuvre des cultures pièges à nitrate). Les zones tampons peuvent constituer une solution complémentaire pour limiter ce phénomène.



Dynamique de l'azote

L'azote est présent dans tous les organismes. L'azote se trouve dans le sol et les eaux sous forme organique (organismes vivants et morts, humus) et minérale (essentiellement nitrate et, dans une moindre proportion, ammonium et nitrite), la première représentant un stock largement supérieur à la seconde forme. Il y a des échanges constants entre ces deux formes (minéralisation et réorganisation).

Le cycle de l'azote comprend également une phase gazeuse, elle-même susceptible d'échanges avec l'azote du sol et de l'eau : fixation de l'azote N_2 par certaines plantes symbiotiques, transformation des nitrates en azote gazeux (dénitrification) et lessivage de l'azote atmosphérique par la pluie. La dénitrification est un processus microbien qui se produit en présence simultanée de conditions anaérobies, de nitrate, d'une source de carbone assimilable et qui aboutit à la formation de N_2 , mais aussi d'une certaine proportion de protoxyde d'azote (N_2O), gaz à effet de serre.

Le nitrate, principale forme d'azote absorbé par les végétaux, occupe une place centrale dans ce cycle. Contrairement au phosphore, il n'est habituellement que très peu fixé par le sol et les particules : il est donc susceptible d'être lixivié, s'il n'est pas exporté par les végétaux, dénitrifié ou réorganisé. Ceci est à l'origine des problèmes de pollution nitrique.

En général, le transfert d'azote depuis les parcelles agricoles est essentiellement subsuperficiel et souterrain : le flux d'azote dans le ruissellement reste faible par rapport à celui des deux voies précédentes. La dynamique de l'azote est donc très différente de celle des MES et du phosphore (le transfert hydrique des produits phytosanitaires constituant un cas intermédiaire).

Limitation du transfert de l'azote par les zones tampons

La végétation stocke une grande quantité d'azote dont une partie peut sortir du système (fourrage, production de bois). Ainsi, une prairie de fauche productive est susceptible de permettre l'exportation annuelle de plusieurs centaines de kg par ha. Par contre, l'azote des résidus et des végétaux morts non enlevés retourne dans le système (broyage, boisements non exploités). Le retournement d'une prairie ou une coupe à blanc conduisent à la minéralisation intense de l'important stock d'azote racinaire.

Dans un bassin versant, les zones les plus propices à la dénitrification sont celles où des conditions d'anaérobiose apparaissent, à la fois pendant une durée significative et à faible profondeur. En pratique, les zones concernées se situent le plus souvent en bordure des cours d'eau : prairies de bas-fond et ripisylves (mais, à l'inverse, ces milieux rivulaires ne sont pas toujours hydromorphes).





C. Guyot

Prairie humide

Dans la mesure où il s'agit d'un processus qui se produit au niveau des écoulements subsuperficiels, la question de la concentration du ruissellement, maximale à ce niveau topographique, ne se pose pas autant que pour les fonctions précédentes.

Il semble qu'une largeur d'une dizaine de mètres permette d'obtenir une efficacité significative (supérieure à 80 %) si les conditions de la dénitrification sont bien respectées.

7. Fonction de protection contre la dérive de pulvérisation des produits de traitement

La dérive de pulvérisation représente la fraction de produit de traitement qui se dépose au voisinage de la parcelle. C'est une source importante de contamination des eaux par les produits phytosanitaires quand l'application est effectuée à proximité d'un cours d'eau.

La dérive s'exprime en pourcentage de la quantité de produit appliqué à l'hectare ayant dérivé dans l'espace libre à une distance donnée du bord de la parcelle

Différents moyens existent pour la limiter : réduire la quantité appliquée, agir sur la pulvérisation notamment en limitant la taille des gouttes, éloigner le traitement du point d'eau (notion réglementaire de « zone non traitée ») et mettre en place un écran. Le rôle des zones tampons concerne ces deux derniers points.

Pulvérisation sur culture haute



Cemagref / Agrom

Pulvérisation sur culture basse



Tecnoma

Leur végétation permanente en fait des zones non traitées clairement identifiées. Une largeur de 5 m permet de réduire la proportion de produit potentiellement interceptée par un cours d'eau d'environ 92 % à 98 %, selon le matériel de traitement utilisé, adapté à la hauteur de la culture.

Dans la zone tampon, la végétation haute rajoute à l'éloignement l'effet d'écran. Malheureusement les données expérimentales manquent pour préciser l'efficacité en fonction des caractéristiques de la zone tampon (hauteur, largeur, structure).

8. Fonction de préservation de la qualité biologique des cours d'eau

La végétation rivulaire joue un rôle de protection de la qualité biologique des cours d'eau, élément clé pour l'atteinte du bon état écologique requis par la Directive Cadre sur l'Eau. Elle joue ce rôle, tout d'abord, par le biais des différentes fonctions qui ont été abordées dans les paragraphes précédents.

Par ailleurs, elle joue également un rôle en exerçant une influence directe sur les conditions de vie dans le cours d'eau, ce qui est l'objet du présent paragraphe. Cette fonction concerne principalement les boisements rivulaires, c'est-à-dire les ripisylves, qui s'étendent à la fois sur les berges et au-delà de la limite supérieure de celles-ci : la distinction entre ces deux zones ne paraît pas pertinente pour aborder l'explication des mécanismes en jeu. Par contre, pour ce qui concerne les applications pratiques qui en découlent, on en restera au cadre fixé, en ne développant pas ce qui relève de la gestion du cours d'eau lui-même et de ses berges (1) .

24
176



D. Balay / CRPF Pays-de-Loire

Bois autour d'un étang

La végétation rivulaire influe sur la vie aquatique en modifiant l'ambiance climatique du cours d'eau et en y apportant des débris organiques ligneux de taille variée. Ces effets se manifestent à la fois par la création et la diversification des habitats dans le cours d'eau et peuvent être utilisés comme facteur de contrôle du fonctionnement trophique.

(1) A ce sujet, voir notamment le guide de Lachat (1994) et celui du Bassin RMC (1998).

Les racines des arbres qui bordent le cours d'eau créent des caches. Les arbres apportent une ombre qui permet aux poissons de se dissimuler. Les débris ligneux grossiers apportent une variabilité des paramètres physiques permettant la diversification de l'habitat des organismes aquatiques.



Ripisylve et embâcles végétales

X. Boulange / Chambre d'agriculture Vosges

Le contrôle du fonctionnement trophique peut s'exercer de différentes manières.

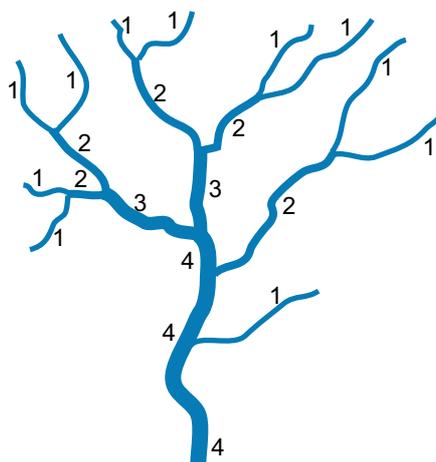
- ◆ L'ombrage limite la production primaire et donc les risques d'eutrophisation. Il a aussi pour effet de limiter la température, néfaste à certaines espèces (en particulier les salmonidés). Enfin, l'alternance d'ombre et de lumière influe sur la structure des peuplements d'invertébrés en diversifiant les habitats. L'alternance d'une végétation rivulaire ligneuse et herbacée est intéressante à ce titre.
- ◆ Les feuilles et les petits débris sont une source de matière organique ; les racines et les débris végétaux grossiers constituent des filtres, dont l'importance est d'autant plus grande que le cours d'eau est petit.

L'effet d'ombrage et la rétention des débris organiques ne sont importants que pour les petits et moyens cours d'eau (ordre inférieur à 5, voir encadré ci-dessous). En revanche, les effets morphologiques (diversification des habitats, abris en berge) concernent tous les cours d'eau.

ENCADRE I

La méthode d'ordination des cours d'eau de Strahler (1957)

Cette méthode consiste à attribuer le rang 1 aux cours d'eau en tête de bassin (sur la base du 1 :25 000, par exemple) ; ensuite, en progressant vers l'aval, chaque cours d'eau recevant un cours d'eau de même rang voit son rang augmenter d'une unité. Un « rang 2 » recevant un « rang 1 » reste un « rang 2 » ; s'il reçoit un « rang 2 », il devient un « rang 3 » et ainsi de suite. A titre d'exemple, la Loire à Nantes est un rang 8. (d'après AELB 2000, simplifié).



Références citées dans ce chapitre (voir aussi les références des annexes)

- ♦ Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 2000. L'ordination expliquée aux utilisateurs. 6 p.
- ♦ Bassin Rhône Méditerranée Corse, 1998. Guide technique n°1 : la gestion des boisements de rivières (fascicules 1 et 2).
- ♦ CORPEN, 1999. Désherbage : éléments de raisonnement pour une maîtrise des adventices limitant le risque de pollution des eaux par les produits phytosanitaires. 161 p.
- ♦ LACHAT B, BIOTEC. 1994. Guide de protection des berges de cours d'eau en techniques végétales (en collaboration avec Ph. Adam, P.-A. Frossard, R. Marcaud). Ministère de l'Environnement. Paris. DIREN Rhône-Alpes. 143 p.
- ♦ STRAHLER A.-N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. Washington : Geophys. Union Trans. 38, pp. 913-920.

Chapitre 2

Les questions pratiques

L'ensemble des connaissances, présentées d'une manière synthétique au chapitre précédent et plus détaillée en annexe A1, permet d'apporter des éléments pratiques pour la mise en oeuvre des zones tampons.

Ces éléments peuvent être présentés par le biais de réponses aux questions suivantes :

- où les zones tampons doivent-elles être localisées ?
- quel dimensionnement doit être appliqué ?
- quels aménagements peut-on leur associer pour renforcer leur efficacité ?
- quel type de végétation doit-on implanter ?
- quel entretien doit-on pratiquer ?

La réponse à ces questions devra permettre de mettre en évidence les compatibilités et incompatibilités qui existent entre ces différents objectifs de protection des eaux.

1. Où les zones tampons doivent-elles être localisées ?

Cette question ne se pose pas dans les mêmes termes pour les fonctions mettant en jeu les transferts hydriques que pour la dérive de pulvérisation et la préservation de la qualité biologique, non dépendantes de ce mode de transfert.

1.1. Les fonctions mettant en jeu les transferts hydriques

Au préalable, il convient de rappeler que la décision d'implanter une zone tampon doit être fondée sur un diagnostic destiné à identifier les situations à risque. On renverra aux outils du CORPEN, ou toute autre méthode fondée sur la connaissance des modes de transfert des substances visées, qui doivent permettre de décider si ce type d'aménagement est la méthode corrective appropriée. On verra au chapitre suivant quelques éléments de diagnostic concernant spécifiquement la mise en oeuvre des zones tampons.



Conditions fondamentales

Une surface en herbe ou boisée ne pourra jouer un rôle de zone tampon qu'à deux conditions :

- être en position topographique convenable : ainsi, un bois ou une prairie en haut d'une butte ne peuvent évidemment pas jouer un rôle de zone tampon ⁽¹⁾ ;
- que les écoulements du versant amont atteignent le dispositif sous forme de ruissellement ou, au moins, sous forme d'écoulement subsuperficiel à faible profondeur ⁽²⁾.

Ainsi, les court-circuits, évoqués au § 2 du chapitre 1, rendent inopérantes les zones tampons vis-à-vis des écoulements qu'ils collectent : rus, fossés ou drainage enterré (du moins, quand ce dernier réduit drastiquement le ruissellement).

Les différentes possibilités de localisation dans un bassin versant

Ces conditions étant réalisées, toute surface enherbée ou boisée (ou associant les deux) et située en position d'intercepter des écoulements latéraux provenant de parcelles cultivées peut constituer une zone tampon, comme l'indiquait déjà le guide du CORPEN de 1997 (figure 2.1).

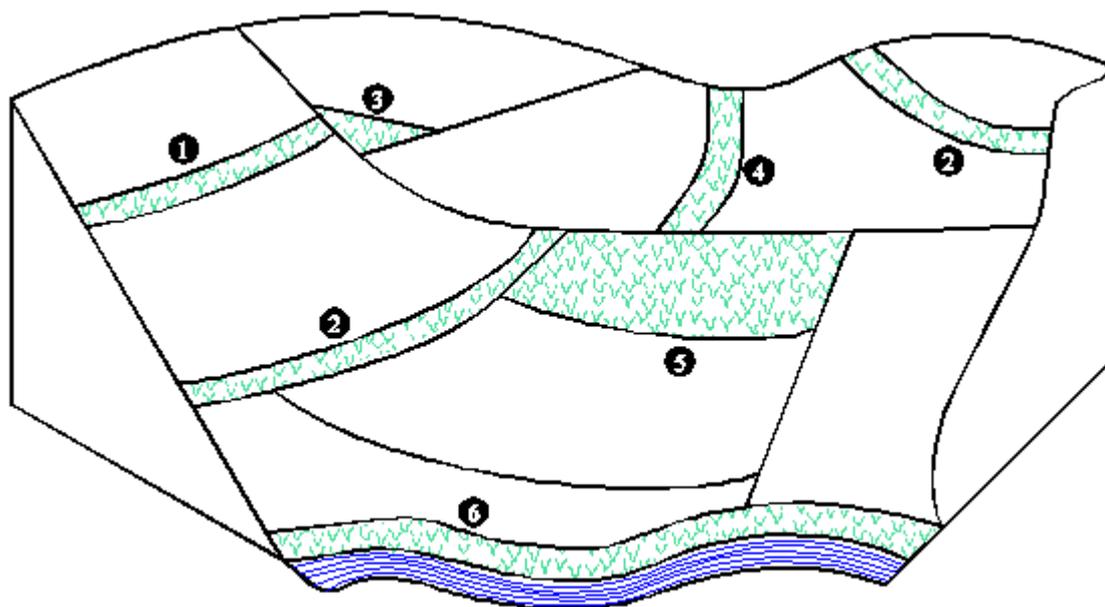


Figure 2.1 Localisation des zones tampons (CORPEN, 1997)

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| ❶ Bande intra-parcellaire | ❷ Chenal enherbé de thalweg |
| ❸ Bande en bordure aval de parcelle | ❸ Prairie en travers du thalweg |
| ❹ Coin aval | ❹ Bande en bordure de cours d'eau |

(1) Ils jouent néanmoins un rôle, du fait de leur consommation d'eau, par exemple.

(2) Ainsi, la présence d'un fossé bordant une zone enherbée ou boisée à l'amont l'empêchera généralement de jouer un rôle de zone tampon.

J.J. Grill / Cemagref



Zone tampon enherbée
en bordure de parcelle

J.F. Ouvy / AREAS



Fourrière enherbée

X. Boulangé / Chambre d'agriculture Vosges



Haies en bordure de parcelles

LES QUESTIONS PRATIQUES

CHAPITRE 2



J.J. Gril / Cemagref

Enherbement d'une entrée aval de parcelle



J.J. Gril / Cemagref

Bande enherbée en bordure de cours d'eau



J.J. Gril / Cemagref

Bande enherbée en bordure de fossé

Bande enherbée
en bordure de plan d'eau



J.J. Grill / Cemagref



J.J. Grill / Cemagref

Prairie en travers d'un thalweg



AREAS

Chenal enherbé dans un thalweg
au relief peu marqué

LES QUESTIONS PRATIQUES

CHAPITRE 2



J.F. Ouvry / AREAS

Chenal enherbé
dans un thalweg encaissé



J.Mc Cabe / US department of Agriculture

Réseau de chenaux enherbés aux Etats-Unis



J.J. Gil / Cemagref

Zone tampon enherbée
entre une vigne et une route

C. Guyot



Zone tampon enherbée
entre une parcelle et une route agricole

J.J. Grill / Cemagref



Chemin enherbé

C. Guyot



Chemin enherbé en vigne



J.J. Grill / Cemagref

Chemin enherbé en vigne de coteau

Ces zones tampons peuvent être des éléments linéaires ou étroits et longs, comme les bandes enherbées ou les haies. Cependant, cette géométrie n'est pas exclusive, même si elle apparaît être la plus classique.

De la même manière, il n'y a pas de raison technique – du moins pour les fonctions de transfert hydrique – de limiter les zones tampons aux seules formations végétales rivulaires, même si l'intérêt pour les zones tampons se limite souvent à cette seule localisation. Celle-ci présente, en fait, des avantages et des inconvénients sur lesquels on va revenir. Mais auparavant, il convient d'apporter quelques ajustements à ce schéma de localisation pour tenir compte de l'ensemble des fonctions traitées et de l'expérience acquise depuis la publication de 1997.

Élargissement à l'ensemble des fonctions de transfert hydrique : le cas des prairies et des boisements

Tout d'abord, ce schéma, conçu pour le cas des produits phytosanitaires, doit être nuancé pour être adapté au cas des autres polluants. En effet, les produits phytosanitaires ne sont pas utilisés sur les prairies et les boisements (ou très peu) ; par contre, ceux-ci sont potentiellement susceptibles d'émettre eux-mêmes des MES, du phosphore ou de l'azote :

➤ De l'érosion peut se produire dans les prairies et, surtout, dans les bois. Toutefois, ce phénomène est généralement bien moins marqué que sur les parcelles cultivées et se produit essentiellement dans des situations de forte pente, associées à l'interception d'écoulements concentrés.

Globalement, ces couverts végétaux restent efficaces, à condition toutefois de maîtriser l'apparition de ravines qui peuvent s'y former (Cf. § 4 de ce chapitre).

➤ Les boisements émettent des quantités négligeables d'azote et de phosphore, en dehors de celles qui sont associées au ravinement – ce qui renvoie au cas précédent. Ce n'est pas toujours le cas des prairies, en particulier les prairies pâturées :

- ◆ à l'extrême, le piétinement peut réduire la perméabilité des prairies et provoquer un entraînement de phosphore et d'azote par ruissellement ;
- ◆ le bilan entre l'azote apporté par les animaux et l'azote prélevé par l'herbe peut être excédentaire et produire un transfert nitrique subsuperficiel, ainsi que la concentration localisée de déjections.

Ce sont les prairies humides qui sont les plus concernées, tant par le tassement que par leur faible productivité : a contrario, il convient cependant de noter qu'elles sont également aptes à la dénitrification.

Ainsi, si les prairies de fauches constituent, dans la majorité des situations, des zones tampons favorables à la rétention des fertilisants, il convient d'être plus prudent pour ce qui concerne les pâtures : un diagnostic local peut s'avérer nécessaire.

Cas des zones tampons en coin aval

L'enherbement du coin aval d'une parcelle en dévers est intéressant car cette situation est fréquente. Cet intérêt doit néanmoins être nuancé par deux constats.

- Cette zone est souvent humide, ce qui est favorable à l'élimination de l'azote. Ce l'est déjà moins pour les MES et le phosphore. C'est nettement défavorable pour les produits phytosanitaires, du fait de la réduction de la capacité d'infiltration.
- L'entrée dans la parcelle est souvent située à ce niveau, pour des raisons historiques plus que par nécessité actuelle (sortie des charrois pleins dans le sens de la descente) : cela induit un tassement qui limite l'infiltration et la pousse de l'herbe, et la formation d'ornières qui court-circuitent la zone tampon : au total, c'est pénalisant pour toutes les fonctions. Il est donc intéressant de déplacer l'accès du côté amont de la parcelle quand l'organisation parcellaire le permet.

La voirie

Les localisations présentées sur la figure 2.1 correspondent, d'une manière très générale, au cas d'un paysage constitué d'un ensemble de parcelles agricoles. Un paysage rural intègre également un réseau plus ou moins dense de voies de circulation. Les chaussées elles-mêmes et les fossés qui les accompagnent constituent autant de collecteurs qui conduisent rapidement les eaux vers les cours d'eau qu'ils traversent : la localisation de zones tampons à la limite des parcelles et des chemins et routes qui les bordent est donc également pertinente. Toutefois, en présence d'un parcellaire de petite dimension, associé à un réseau de routes et de chemins dense (typiquement, le cas du maraîchage en zone périurbaine) ce mode d'aménagement peut se révéler difficilement réalisable. Dans ce cas, on devra privilégier le développement de pratiques culturales appropriées au problème à traiter plutôt que la mise en place de zones tampons.



Les régions karstiques

Dans les milieux karstiques où le ruissellement alimente directement une nappe souterraine par l'intermédiaire d'engouffrements (bétoires, aven), l'implantation d'une zone tampon autour de celles-ci devrait être efficace pour limiter la contamination par les MES : celle-ci pose en effet des problèmes fréquents de turbidité des eaux destinées à la consommation dans ces milieux. Pour les produits phytosanitaires, on peut attendre une performance analogue à celle des zones tampons en bordure de cours d'eau (voir ci-dessous). Par contre, l'élimination de l'azote sera a priori limitée au prélèvement par les plantes, un tel milieu ne favorisant pas la dénitrification, du fait de son drainage efficace : ce prélèvement sera réduit, sauf si le trajet dans le sol est suffisamment long. Cela peut être le cas des engouffrements situés dans un thalweg (cas fréquent), si celui-ci est équipé d'un chenal enherbé.



AREAS

Bétoire (engouffrement)
dans une parcelle

Les zones tampons bordant les cours et plans d'eau : avantages et limites

Ces zones tampons présentent des aspects variés, par leur végétation et leur géométrie : ripisylves, bandes enherbées ou association des deux types de végétation, plus ou moins continues le long du cours d'eau ; mais aussi prairies ou bois s'étendant jusqu'à la berge.

Leur présence en bordure des cours d'eau leur confère quelques avantages, quelle que soit la fonction que l'on envisage.

- D'un point de vue technique, elles constituent une « protection rapprochée » de ceux-ci, contre toute émission provenant des champs les plus proches – ne serait-ce que par l'éloignement qu'elles imposent.
- D'un point de vue social, le cours d'eau s'impose comme une contrainte incontournable

pour l'aménagement du territoire qui s'organise autour de lui : la végétation qui le borde, perçue comme son accompagnement « naturel », en tire une certaine légitimité. Bien entendu, cette légitimité est toute relative et ne résiste pas à une concurrence d'usage forte : culture des terres alluviales quand elles sont plus fertiles que les versants, concurrence avec des usages non agricoles. Néanmoins, quand cette pression n'est pas excessive, il reste que la végétation rivulaire paraît globalement mieux acceptée que l'emprise des zones tampons sur les versants.

Ces deux points de vue sont de nature différente, mais ils ont en commun de faire l'objet d'un assentiment général et spontané, au-delà du cercle restreint des spécialistes de tel ou tel aspect de la question : cela explique probablement pourquoi la localisation en bord de cours d'eau paraît souvent aller de soi, contrairement aux autres implantations.

On peut signaler également que la présence d'une zone non ou peu productive en bordure de cours d'eau rend plus tolérable un certain niveau d'érosion des berges dû à la dynamique naturelle de la rivière, limitant ainsi le recours à des enrochements, peu favorables à la vie aquatique.

Ceci précisé et en se plaçant maintenant strictement sur le plan technique, le rapport avantage – inconvénient des zones tampons rivulaires varie selon les fonctions envisagées. Au préalable, il convient de rappeler que cette localisation présente deux caractéristiques – outre la proximité des eaux de surface :

- la présence très fréquente, sous tout ou partie de la zone tampon, de la nappe d'accompagnement du cours d'eau ; sa profondeur est variable selon la topographie et la saison, mais elle n'est généralement pas très éloignée de la surface, ce qui limite l'infiltration mais crée des conditions hydromorphes favorables à la dénitrification.
- l'apparition progressive de la concentration du ruissellement et des courts-circuits le long du versant, qui atteint son maximum à l'arrivée au cours d'eau.

◆ Les MES et le phosphore

Ces substances sont essentiellement transportées par le ruissellement. Leur interception est fortement compromise quand la lame d'eau devient trop importante sous l'effet de la concentration. Rappelons aussi que l'infiltration contribue également à leur rétention par son action négative sur la capacité de transport : il est donc très souhaitable d'agir le plus en amont possible pour maîtriser ces deux paramètres.

De plus, les conditions hydromorphes favorisent le relargage du phosphore : de ce point de vue, les zones rivulaires (quand elles sont humides) ne sont pas les plus adaptées à sa rétention.

Il faut également signaler que le pâturage des prairies rivulaires, quand il est accompagné par l'accès des animaux au cours d'eau, est une source de contamination phosphorée directe (ainsi qu'azotée et bactérienne).



◆ Les produits phytosanitaires

L'infiltration de l'eau du ruissellement dans la zone tampon est le principal facteur d'efficacité des zones tampons pour ces substances, devant l'adsorption par la surface, ce qui a deux conséquences :

- la performance de la zone tampon en bord de cours d'eau sera souvent limitée une partie de l'année pour cause d'hydromorphie ;
- l'adsorption et la dégradation des substances infiltrées dans le sol de la zone tampon seront d'autant plus importantes que le trajet subsuperficiel de l'écoulement sera long. Quand une zone tampon borde un cours d'eau, le ruissellement du versant qui s'y infiltre rejoint celui-ci par un trajet court : soit latéralement, en présence d'un horizon imperméable, soit verticalement jusqu'à la nappe d'accompagnement du cours d'eau, habituellement proche. A l'inverse, la zone tampon éloignée permet à l'eau de ruissellement, après infiltration, de circuler suivant un trajet subsuperficiel plus important, fonction de sa distance au cours d'eau (figure 2.2).

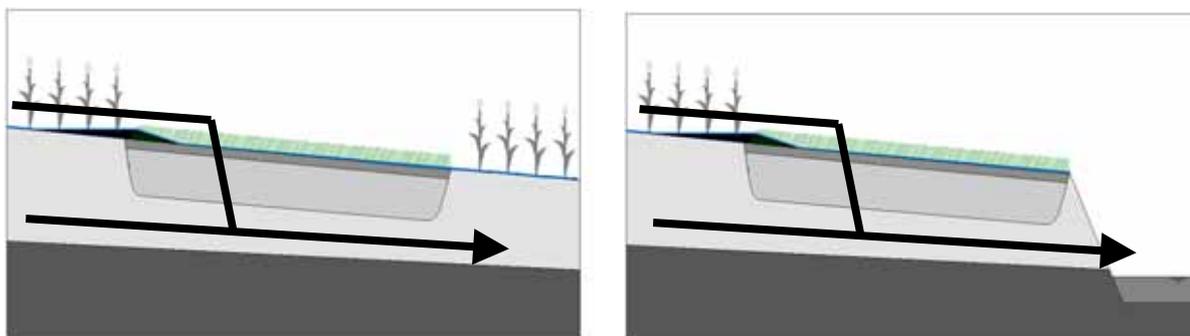


Figure 2.2. Infiltration dans une zone tampon avec ou sans proximité du cours d'eau (Cemagref, 2004)

Il faut toutefois apporter ici une nuance : ce qui vient d'être dit concerne principalement les flux de substances transportées par ces écoulements subsuperficiels. Mais, comme leur vitesse d'écoulement reste normalement (sauf très forte fissuration) sensiblement inférieure à celle du ruissellement, ce transfert sera plus étalé dans le temps que pour celui produit par le ruissellement. En conséquence, les pics de concentration seront plus faibles et l'effet toxique immédiat des produits phytosanitaires sur les organismes aquatiques sera atténué par rapport à celui d'un transfert superficiel.

Ces limites de la zone tampon rivulaire, identifiées par rapport au transfert hydrique des MES, phosphore et produits phytosanitaires concernent avant tout les bandes étroites et fréquemment en conditions d'hydromorphie. Si elles sont larges et situées à un niveau rela-

tivement élevé par rapport à celui de la nappe sur une partie importante de sa largeur, ces restrictions deviennent moins justifiées.

◆ L'azote

La situation par rapport à l'azote est à l'opposé des cas précédents :

- ◆ le transfert, essentiellement sous forme nitrrique et subsuperficiel de l'azote est beaucoup moins influencé par la concentration du ruissellement ;
- ◆ la dénitrification est, en règle générale, bien plus importante en bordure de cours d'eau que sur les versants.

En pratique, les zones tampons rivulaires sont donc les plus adaptées à l'élimination de l'azote, quand elles présentent effectivement des conditions hydromorphes. Mais le rôle des éventuelles zones tampons humides de versant, lorsqu'elles subsistent, ne doit pas être négligé.

Une manière de profiter des avantages des zones tampons rivulaires en compensant leurs inconvénients consiste à associer une bande rivulaire relativement étroite avec des zones tampons localisées d'une manière pertinente sur les versants pour intercepter les écoulements concentrés (voir § 2.1).

Quels sont les éléments du réseau hydrographique concernés ?

Les cours d'eau constituent un réseau organisé, du ruisseau jusqu'au grand fleuve. Par ailleurs, comme on l'a vu un peu plus haut, il existe très souvent un réseau de fossés en amont du réseau hydrographique à proprement parler : à partir d'où et jusqu'à quel niveau le « gainage » par des zones tampons a-t-il un intérêt ?

✓ **Concernant le réseau hydrographique (au sens strict)**

Ce qui précède s'applique directement aux cours d'eau d'ordre 1 (voir encadré du § 8, chapitre 1), qui constituent les rameaux initiaux du réseau hydrographique. Les cours d'eau d'ordre plus élevé sont-ils également concernés ? En principe, la réponse est positive ; en pratique, plus l'ordre est élevé, moins la question présente d'intérêt :

- ce qui a été dit ci-dessus à propos des courts-circuits s'applique également en changeant d'échelle : la zone tampon qui borde un cours d'eau d'ordre n n'intercepte pas les écoulements provenant du bassin de son affluent d'ordre $n-1$. On renverra au document CORPEN de 1997 (annexe 3) qui présente quelques exemples illustrant ce propos. Ainsi, il est essentiel, pour garantir une efficacité des zones tampons, de traiter les bassins dès l'amont : le « gainage » des rivières d'ordre supérieur n'aura qu'un effet limité.

- par ailleurs, les rivières d'une certaine taille sont déjà fréquemment gainées par une ripisylve plus ou moins importante et/ou bordées de prairies, en dehors des tronçons fortement

artificialisés où l'activité agricole est généralement peu présente : la question de l'implantation de zones tampons ne se pose que peu en pratique.

✓ **Concernant le réseau de fossés**

Le réseau de fossés prolonge le réseau hydrographique vers l'amont : il peut être très limité dans les territoires caractérisés par une forte perméabilité, et très dense là où les écoulements latéraux sont dominants, (donc dans des secteurs particulièrement concernés par les zones tampons) surtout si les parcelles sont de petite taille.

Ces fossés doivent-ils être considérés comme des cours d'eau et, donc, est-il justifié de les border de zones tampons ? La réponse est très variable et fonction tout particulièrement de l'encombrement végétal et du débit. Ce sujet a été encore peu étudié : on peut citer à ce sujet Margoum et al. (2001) et Carlier et al. (2004) pour le cas du transfert des produits phytosanitaires ; toutefois, ces travaux ne sont pas assez avancés pour en tirer des règles opérationnelles précises. On peut néanmoins suggérer d'éviter d'éliminer la végétation qui y pousse, au-delà de ce qui est nécessaire au bon fonctionnement hydraulique de ces fossés..

1.2. La protection contre la dérive et la préservation de la qualité biologique des cours d'eau

Ces deux fonctions fort différentes ont en commun d'impliquer nécessairement la localisation de la zone tampon en bordure de cours d'eau. La seule question qui reste à régler est donc celle des cours d'eau concernés.

Protection contre la dérive de pulvérisation

Tous les cours d'eau sont concernés, en principe. En pratique, les cours d'eau d'une certaine importance sont rarement bordés en proximité immédiate par des cultures.

Pour les fossés, la situation est la même que pour les transferts hydriques, mais en un peu plus critique : la concentration en produit est bien supérieure et est susceptible de détruire la végétation des fossés (herbicides). Par contre, les végétaux présents dans le fossé contribuent à l'interception de la dérive. De plus, leur application en période sèche peut laisser le temps à leur absorption dans les agrégats de sol et les végétaux et à leur dégradation plus ou moins importante.

Préservation de la qualité biologique des cours d'eau

Les fossés ne sont que très peu concernés par cette fonction, du fait de leur richesse biologique habituellement très faible.

Les ripisylves exercent un rôle plus complet sur les petits cours d'eau que sur les grands (voir § 8 du précédent chapitre).



2. Quel dimensionnement ?

2.1. Principe

La question du dimensionnement des zones tampons reste délicate :

- ◆ d'un côté, les données disponibles sont généralement obtenues à partir d'expérimentations dont l'utilisation des résultats n'est pas évidente en terme de généralisation (Cf. §3 de l'annexe A-3). En particulier, dans ces essais, le ruissellement intercepté est le plus souvent diffus ;
- ◆ de l'autre, il est difficile de se passer de ce type d'information pour la mise en oeuvre pratique des zones tampons.

Dimensionner les zones tampons en se fondant, non sur leur largeur, mais sur le rapport (Surface zone tampon/Surface impluvium) comme le propose Bren (1998) en Australie paraît plus satisfaisant en présence de ruissellement concentré (figure 2.3). Mais, dans la mesure où cette méthode s'appuie nécessairement sur un découpage topographique en ignorant les limites parcellaires, elle paraît difficilement applicable dans le contexte français.

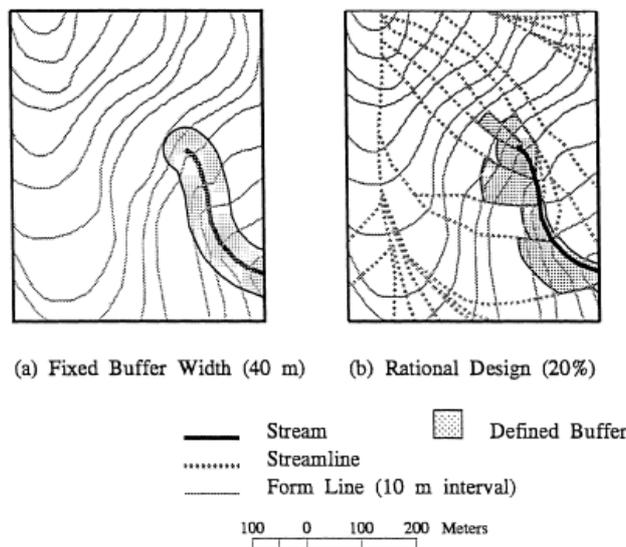


Figure 2.3 Comparaison entre le dimensionnement avec largeur constante et le dimensionnement fondé sur un rapport [Surface zone tampon/Surface impluvium] constant (Bren 1998)

De plus, en situation de concentration, le ruissellement ne transite que sur une partie de la ZT. En pratique, c'est la distance parcourue par l'écoulement au travers de la zone tampon qui est le critère le plus satisfaisant : c'est cette distance qui constitue la « largeur » de la zone tampon (voir encadré 2.2 de l'annexe A-2).

Les largeurs proposées seront considérées comme valables **en cas de ruissellement diffus ou légèrement concentré (concentration due au travail du sol, thalwegs très faiblement marqués)** ; en cas de concentration plus accentuée, on renverra au système d'association proposé par le CORPEN en 1997 (figure 2.4, schéma de droite) et déjà indiqué au paragraphe précédent : **associer une bande rivulaire relativement étroite avec des zones tampons localisées d'une manière pertinente sur les versants pour intercepter les écoulements concentrés.**

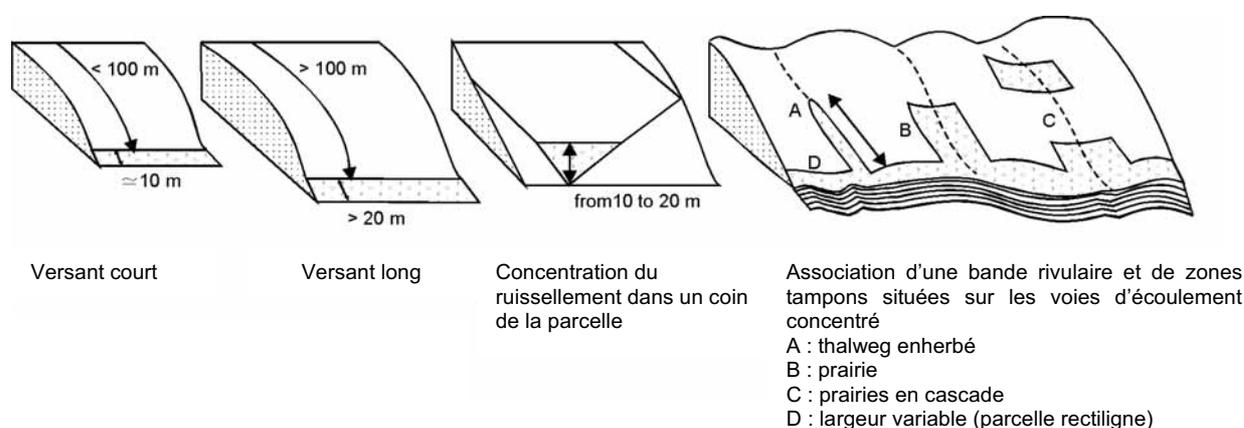


Figure 2.4 Dimensionnement des zones tampons enherbées (CORPEN, 1997)

Les zones tampons ne doivent pas servir à la circulation des engins, autrement que d'une manière exceptionnelle et hors période humide : le tassement et les ornières seront préjudiciables à leurs performances. Si une telle utilisation se révèle inévitable, il faut ajouter une largeur suffisante :

- ◆ cheminement des engins : ajouter 3 m (en bord de parcelle) dédiés à cet usage ;
- ◆ fourrière (tournière) : ajouter 5 à 10 m, en fonction du système de culture (plus ou moins « tassant ») et de la sensibilité du sol à la compaction.

Précisons enfin un point important : les largeurs proposées visent des niveaux de réduction d'au moins 70 à 80 %. Des largeurs plus faibles auront un impact également plus faible mais ne seront certainement pas sans effet. Néanmoins, il convient d'être prudent : il existe certainement des valeurs seuils en dessous desquelles cette efficacité chute drastiquement et ces valeurs ne sont pas connues.

Il aurait été plus satisfaisant de proposer une relation plus précise entre dimensionnement et efficacité : la multiplicité des facteurs en jeu, face au nombre limité de données utilisables rend cet exercice très difficile. Quand des outils de modélisation, à la fois fiables et opérationnels, seront disponibles, il sera possible d'être plus précis.

2.12. Largeurs proposées pour les différentes fonctions

✓ Atténuation hydrique

On retiendra une largeur minimale de 10 m, avec les conditions précisées en annexe A-2 (§ 2.4) :

- ♦ ruissellement diffus ou faiblement concentré ;
- ♦ longueur de versant < 100 m ;
- ♦ absence d'engorgement du sol ;
- ♦ pas de tassement par les engins agricoles ou le piétinement.

✓ MES

On abordera la question du couvert végétal un peu plus loin. Il paraît cependant utile de préciser ici que les ordres de grandeur ci-dessous correspondent à un couvert de graminées dense ; cette remarque vaut aussi pour le phosphore.

Dans beaucoup de cas, une largeur de 5 m sera suffisante pour retenir une proportion importante des MES. Toutefois, en région sensible à l'érosion ou si la pente de la zone tampon est forte (> 7 % environ), il vaut mieux se fixer une dizaine de mètres.

Néanmoins, les dépôts obtenus seront grossiers, principalement constitués par des sables : d'après la littérature, la rétention des limons devrait nécessiter 10 à 20 m et celle des argiles sensiblement plus : une centaine de mètres, d'après Barling (1994). Ces valeurs élevées sont toutefois contredites implicitement par les données expérimentales obtenues pour le phosphore particulaire, puisqu'il est surtout transporté par les particules fines. La considération précédente concernant la sensibilité à l'érosion et la pente s'applique également ici.

Il faut retenir que la largeur des zones tampons destinées à cette fonction dépendra de l'objectif visé :

- ♦ la réduction du volume de dépôts (en particulier dans les réservoirs) pourra souvent se contenter de zones tampons étroites ;
- ♦ la limitation de la turbidité de l'eau destinée à la consommation et la réduction du colmatage des frayères seront plus exigeantes.

✓ Phosphore

Une rétention efficace du phosphore particulaire peut être obtenue par une largeur de 7 à 10 m. Pour la rétention du phosphore dissous, il faut compter 10 à 15 m. Cependant, ces valeurs expérimentales ne prennent pas en compte les risques de relargage à long terme.



✓ Produits phytosanitaires (transfert hydrique)

La figure 2.4 reprend les préconisations du CORPEN de 1997 (10 à 20 m). Les résultats expérimentaux obtenus depuis ne contredisent pas ces valeurs pragmatiques. Elles sont par ailleurs cohérentes avec la valeur standard de 15 m préconisée aux USA (USDA 2000). Comme l'efficacité des zones tampons vis-à-vis de ce type de transfert est principalement fonction de leur capacité d'infiltration, ce dimensionnement renvoie aux conditions précisées à propos de l'atténuation hydrique, en particulier l'absence d'un horizon imperméable à faible profondeur, susceptible de produire un ruissellement par saturation dans la zone tampon.

De même, le devenir subsuperficiel des produits n'est pas pris en compte par ce dimensionnement.

Dans l'état des connaissances, cette question doit être abordée plus par le raisonnement de la localisation pertinente des zones tampons qu'en terme de dimensionnement.

✓ L'azote

Certaines données montrent des efficacités obtenues pour des largeurs assez faibles (7 – 10 m).

Une récente synthèse américaine (USEPA 2005) met en évidence une très grande variabilité des largeurs efficaces observées. En fait, comme la dénitrification est un phénomène rapide d'interface, c'est plus l'importance du développement de cette interface qui compte : à surface égale, de nombreuses petites zones tampons humides seront plus efficaces qu'une bande continue.

En pratique, ce critère n'est pas commode à manipuler : un diagnostic local peut permettre d'évaluer l'importance de cet interface. On retiendra ici qu'une largeur de 10 m au minimum convient pour l'élimination de l'azote par dénitrification.

✓ La dérive de pulvérisation

Une proportion importante des gouttelettes n'atteint pas le cours d'eau en éloignant la dernière buse du pulvérisateur de 5 m environ : une zone tampon étroite est donc capable de limiter assez significativement la contamination. Ceci doit toutefois être nuancé en prenant en compte la toxicité des produits, certaines molécules agissant à très faible dose sur les organismes. C'est le principe de la définition réglementaire de la zone non traitée (ZNT) qui peut atteindre une largeur très importante : jusqu'à 100 m, mais plus fréquemment 5 ou 20 m selon les molécules.

✓ Préservation de la qualité biologique des cours d'eau

Le service de développement de l'université du Maryland (Weber et al. 1999) considère qu'une largeur d'une dizaine de mètres est nécessaire au minimum pour que la zone tampon apporte un ombrage suffisant à la rivière. Cette largeur paraît également être le minimum nécessaire au développement d'une végétation spontanée d'une ampleur significative.



3. Quels aménagements complémentaires ?

Les aménagements dont il va être question ici sont, soit destinés à améliorer les performances des zones tampons, soit destinés à les remplacer là où elles ne peuvent pas être efficaces.

3.1. La dispersion des écoulements concentrés

Comme on l'a vu, la concentration du ruissellement peut compromettre très sérieusement les performances des zones tampons vis-à-vis du transfert hydrique des MES, du phosphore et des produits phytosanitaires, et aussi de l'azote, mais dans une bien moindre mesure. Il est donc souhaitable de le disperser quand c'est possible. Un cas très fréquent qui justifie une intervention pour rendre une ZT opérationnelle est celui des boisements anciens situés sur un versant pentu où les ruissellements concentrés interceptés produisent la formation de ravines : il faut donc commencer par corriger ce ravinement.



C. Guyot

Ravine formée dans un bois par le ruissellement concentré en aval d'une parcelle

Dégradation sévère d'une ripisylve due au ravinement



J.J. Gril / Cemagref

LES QUESTIONS PRATIQUES

CHAPITRE 2

Cette dispersion peut être obtenue par des aménagements légers spécifiques, au niveau de la zone tampon, consistant à réaliser un barrage sur le chemin de l'écoulement. Ces dispositifs sont assez simples à réaliser, mais l'expérience en matière de mise en œuvre et de maintenance est encore très limitée.

Deux types d'aménagement ont été répertoriés :

➤ **la banquette d'absorption-diffusion**, conçue pour limiter le ravinement et déjà proposée par le CORPEN en 1997 dans le cadre qui nous intéresse ici. Des dispositifs constitués de diguettes ou de fossés de dispersion (figure 2.5) sont préconisés aux USA. Il n'y a pas, à notre connaissance, d'aménagements de ce type en France en territoire agricole : il serait intéressant de les expérimenter. Il serait également possible de s'inspirer des anciennes techniques de défense et restauration des sols (DRS) ou de restauration des terres en montagne (RTM).

➤ **les fascines végétales** (figure 2.6) : cette technique (en fait une application particulière de l'ensemble des techniques précédentes), est intéressante en particulier pour les zones tampons boisées (disponibilité du matériau). Elle est testée actuellement dans le Beaujolais (Chambre d'Agriculture du Rhône 2004). Dans le cas présenté, ce dispositif est constitué de deux parties :

- ♦ un barrage en rondins, en travers de la ravine : ce barrage arrête le ravinement et, du fait de la sédimentation, provoque une remontée de la ligne d'eau au niveau de la surface du sol ;
- ♦ des fascines qui constituent un léger barrage poreux et dispersent le ruissellement.

En l'absence de ravinement, seules les fascines sont nécessaires.



Claire Nivon / Chambre d'agriculture Rhône

Correction de ravine
et dispersion du ruissellement



Fascines de dispersion en prolongation du dispositif précédent

Compte tenu de ce qui a été dit ci-dessus, il paraît important de promouvoir ce type de techniques simples et peu coûteuses, mais demandant néanmoins un minimum de savoir-faire pour les réaliser et les maintenir en état. La mise en place d'autres essais pilotes en France permettrait d'acquérir des références et de disposer d'éléments pour réaliser un guide de construction et d'entretien.

Signalons enfin que le nivellement des zones tampons lors de leur mise en place est préconisé aux USA : cette pratique peut se révéler efficace en l'absence de vallonnements trop importants. Nous n'avons toutefois pas d'information sur la mise en pratique effective de cet aménagement.

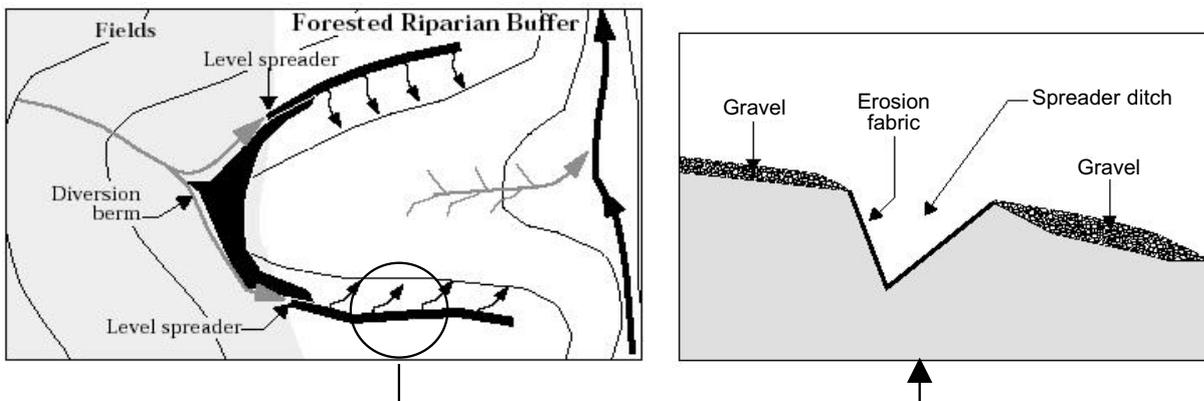


Figure 2.5 Exemple de dispositif proposé aux États-Unis pour la dispersion des écoulements en amont d'une bande enherbée (USDA, 2000)

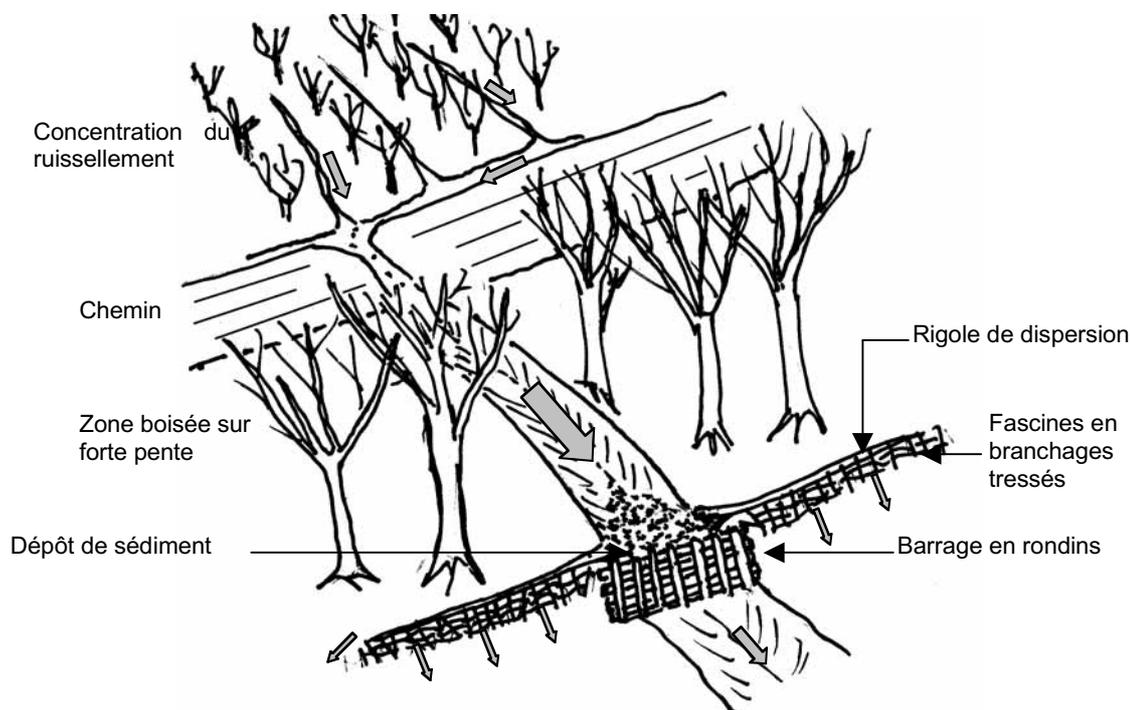


Figure 2.6 Correction de ravine et dispersion du ruissellement dans le Beaujolais (Cemagref, 2004)

3.2. Les aménagements anti-érosifs en amont

Dans les secteurs soumis à une forte érosion, il faut limiter les transferts de MES pour éviter un ensablement et une perte d'efficacité rapide des zones tampons. En complément des pratiques agricoles anti-érosives, des aménagements légers sont disponibles.

Les fascines précédentes peuvent également être implantées en amont des zones tampons, en bordure de parcelle (particulièrement dans les zones tampons en coin de parcelle) ou dans les thalwegs : si la distance ou la topographie n'entraînent pas la re-concentration du ruissellement, ces aménagements joueront le même rôle que quand ils sont implantés dans les zones tampons. Dans le cas inverse, ces fascines constituent des dispositifs amont de piégeage des MES et jouent également un rôle de limitation de l'érosion à leur niveau, en ralentissant le ruissellement.

Les chenaux enherbés, dans leur fonction première jouent également ce rôle, ainsi que les « bassins de maîtrise de l'eau et de la sédimentation » américains, les "Wascobs" (Gril et al. 1991), dispositifs proches des banquettes d'absorption – diffusion.

Pour que les chenaux enherbés remplissent aussi une fonction de piégeage des MES provenant des versants, il faut les dimensionner largement : dans le Pays de Caux, leur largeur varie entre 15 et 30 m, en fonction du débit susceptible de transiter dans le thalweg.

3.3. L'enherbement des chemins

L'enherbement des chemins qui concentrent fréquemment le ruissellement est une technique intéressante. Cependant, elle se heurte au problème du tassement et de la formation d'ornières qui annulent cet intérêt potentiel, surtout si les pentes sont fortes. Une solution consisterait à créer un modelé du chemin permettant de déconnecter les ornières du chemin de l'eau : par exemple, en créant une cuvette enherbée entre les passages de roues. Ce genre d'aménagement simple mériterait d'être testé et évalué.

On signalera aussi, pour les chemins pentus soumis au ravinement, l'intérêt de la mise en place de saignées qui interceptent le ruissellement et la dérive vers des zones latérales perméables. Toutefois, si cette technique est largement utilisée en zones forestières, elle n'est possible en milieu agricole que si l'eau ainsi collectée peut être envoyée dans un espace non cultivé.



J.J. Grill / Camagref

Enherbement d'un chemin rendu inefficace par le passage des engins

3.4. Les zones tampons humides⁽¹⁾

Comme cela a été précisé au début, les seules zones tampons humides abordées dans ce document, sont les prairies humides et les ripisylves. Les milieux humides conservant, au moins une grande partie de l'année, un niveau d'eau libre (fossés lagunants, lagunes, mares et marais) devront faire l'objet d'une documentation spécifique. Il convient néanmoins de les mentionner au titre des aménagements complémentaires.

En effet, si les sols hydromorphes sont les mieux adaptés à l'élimination de l'azote, c'est moins net pour les MES et le phosphore et beaucoup moins vrai pour les produits phytosanitaires, en l'absence d'infiltration et faute d'un temps de contact suffisant pour favoriser leur adsorption et leur dégradation.

(1) Pour éviter des confusions, il convient de bien distinguer les « zones humides », milieux généralement à protéger, des « zones tampons humides » destinées à protéger l'aval. Notons que la frange amont d'une zone humide peut être consacrée à l'implantation d'une zone tampon.

LES QUESTIONS PRATIQUES

CHAPITRE 2

Or, les zones tampons humides dont il est question ici sont adaptées à ces milieux et possèdent une aptitude à retenir l'ensemble de ces substances : ce n'est plus l'infiltration qui joue le rôle essentiel, mais le temps de séjour dans le volume d'eau.

Ainsi, ces zones tampons conviennent en particulier à une implantation au confluent d'un vallon et de la rivière qu'il alimente par ruissellement ou écoulement latéral subsuperficiel : d'une part, cette localisation est souvent naturellement une zone humide plus ou moins marquée et, d'autre part, ce type d'aménagement est plus à même de supporter les à-coups hydrauliques que les autres zones tampons.

Une zone tampon humide peut être construite entièrement (constructed wetland) ; il est possible aussi d'utiliser une zone humide existante en l'aménageant de manière à rallonger le temps de séjour. Comme on l'a vu, les références françaises manquent encore pour en préciser la conception et surtout le dimensionnement. En attendant plus d'information, il est possible néanmoins de proposer un aménagement simple et peu coûteux :

- ♦ creuser pour obtenir un plan d'eau libre de quelques décimètres de profondeur ;
- ♦ installer une levée de terre en aval avec un tuyau d'évacuation ;
- ♦ créer des chicanes (levées, par exemple) dans ce petit plan d'eau pour éviter les courts-circuits.

Ce type d'aménagement peut également convenir en présence d'un fossé ou à l'exutoire d'un collecteur enterré. Il est adapté au traitement des eaux collectées par les réseaux de drainage : on les trouve dans des milieux a priori favorables (présence d'une couche imperméable) et ces situations sont difficiles à traiter avec les autres zones tampons. Des expérimentations, concernant ce dernier cas de figure, démarrent actuellement en France. Cela permettra d'acquérir des références mieux adaptées que celles qui sont disponibles actuellement : en effet, les résultats expérimentaux actuellement disponibles concernent des régions plus chaudes (sud des USA, en particulier) ou, au contraire, des régions plus froides (Scandinavie).



J.J. Girel / Cemagrief

Lagune artificielle (constructed wetland)
à l'aval de parcelles en Norvège

4. Quelle végétation ?

Les différentes fonctions n'ont pas toutes les mêmes exigences vis-à-vis de la nature de la végétation des zones tampons. On va tout d'abord les passer en revue, pour ensuite s'intéresser aux possibilités d'association.

4.1. Exigences des différentes fonctions

✓ Atténuation hydrique

Le rôle principal est joué par l'infiltration. Toutes les espèces végétales qui présentent un système racinaire développé conviennent : c'est-à-dire l'ensemble des espèces végétales que l'on trouve habituellement dans les zones tampons. Néanmoins, il semble que la végétation ligneuse soit plus efficace que l'herbacée. La densité du feuillage présente aussi un intérêt, surtout sur sol battant, par son effet protecteur contre l'effet destructeur des gouttes de pluie.

La densité des tiges joue également un rôle en influant sur la rugosité, donc sur le ralentissement de l'écoulement. De ce point de vue, les graminées sont les mieux placées, à condition qu'elles soient fauchées pour éviter de se coucher sous l'effet d'un écoulement concentré important, ou encore qu'elles soient submergées.

A l'extrême, dans le cas de l'inondation fluviale, la végétation ligneuse (surtout arbustive), est mieux adaptée pour freiner l'écoulement.

✓ MES et phosphore

Dans ce cas, la densité des tiges est fondamentale pour provoquer la sédimentation des particules et du phosphore qui leur est associé : les graminées constituent le couvert le plus adapté à ces fonctions.

L'infiltration intervient aussi mais plus pour accélérer la déposition des particules les plus fines en réduisant le volume de l'écoulement.

Il faut noter aussi que les graminées sont très efficaces pour empêcher le ravinement dans la zone tampon.

✓ Transfert hydrique des produits phytosanitaires

Pour cette fonction, l'infiltration est largement le facteur décisif : dans ce cas, tout couvert végétal garantissant une bonne infiltration est donc satisfaisant.

✓ Azote

La seule exigence de la dénitrification vis-à-vis de la végétation est qu'elle produise une matière organique facilement assimilable : la plupart des formes végétales conviennent, à l'exception des résineux.

L'exportation d'azote sera d'autant plus importante que la végétation sera plus productive. Mais, d'un autre côté, une forte productivité complique l'entretien et ne sera généralement pas recherchée – sauf si la zone tampon a également une fonction de production.

Avec les légumineuses, se pose le problème d'un risque de minéralisation importante d'azote lors d'un retournement.





J.J. Grijl / Cemagref

Parcelle en friche traversée
par un thalweg

Hors coupes, l'exportation d'azote par les boisements reste très faible, dans la mesure où les feuillages restent sur place. Les coupes à blanc favorisent la minéralisation de l'azote du sol.

✓ **Dérive de pulvérisation**

L'éloignement de la pulvérisation est le but recherché : la végétation importe donc peu. Néanmoins, la végétation à la fois haute et dense apporte un effet d'écran en plus de l'éloignement : la végétation arbustive est la plus intéressante de ce point de vue.

✓ **Préservation de la qualité biologique des cours d'eau**

Cette fonction est principalement permise par la végétation ligneuse.

4.2. Intérêt des zones tampons composites

Le mélange d'espèces herbacées ou d'essences ligneuses est une question importante pour les fonctions des zones tampons en rapport avec la biodiversité terrestre, mais très secondaire pour ce qui concerne celles qui nous intéressent ici. En revanche l'implantation d'une zone tampon composite, associant une zone enherbée et une zone boisée (haie ou bois) présente des avantages significatifs que l'on va développer ci-dessous, en distinguant deux cas : les zones tampons des versants et les zones tampons rivulaires.

✓ **Les zones tampons des versants**

L'herbe ralentit l'écoulement et le disperse (en cas de faible concentration) et elle favorise la décantation ; la végétation ligneuse a une capacité d'infiltration importante (au moins quand elle a une certaine ancienneté). Bien que les travaux expérimentaux soient très limités, on peut supposer que leur association est intéressante :

Bande enherbée
doublée d'une zone boisée



- en amont, la zone herbacée opère la décantation des particules grossières et infiltre une partie du ruissellement ; elle protège également du ravinement la zone boisée en aval ;
- cette dernière achève le processus par son infiltration active.

Cette association est particulièrement utile pour la rétention des MES et du phosphore. Mais l'effet protecteur de l'herbe est intéressant pour l'ensemble des fonctions hydriques. Elle peut prendre, par exemple, la forme d'une association bande enherbée – haie (« banquette enherbée »), ou encore d'une bande enherbée en bordure d'un bois.

Est-ce qu'une zone tampon composite est plus efficace – à largeur égale – qu'une zone tampon simple, enherbée ou boisée ? La réponse est probablement positive, mais les données expérimentales sur cette question étant quasiment totalement absentes, on ne dispose pas des éléments nécessaires pour estimer ce gain, même approximativement.

Talus arboré





J.J. Grill / Cemagref

Bande enherbée sur une rive,
boisement sur l'autre

✓ Les zones tampons rivulaires

Cette association est aussi intéressante en bordure de cours d'eau. Les Américains (Weber et al. 1999) l'ont sophistiquée en développant le « three-zone buffer concept » (figure 2.7) qui consiste à composer la zone tampon rivulaire de trois parties, de la rivière au versant :

- ◆ la zone n°1 s'étend sur la berge et un peu au-dessus : c'est une zone arborée qui ne doit pas être exploitée, entretenue au minimum ; cette zone assure la protection de la vie aquatique (ombrage, embâcles) ;
- ◆ la zone n°2 est également ligneuse, associant des arbres et des arbustes : elle est exploitée pour son bois (pour la production de biomasse, par exemple) et assure essentiellement la fonction d'élimination de l'azote ;
- ◆ la zone n°3 est une bande herbacée qui assure les autres fonctions (les deux premières assurant une « finition »).

Les largeurs respectives de ces zones dépendent de l'importance de la rivière, des conditions locales et des objectifs principaux poursuivis.

- ◆ Le service forestier américain propose des largeurs de, respectivement, 4,5, 18 et 6 m (Welsch 1991).
- ◆ Fischer et al. (2000) laissent une plus grande marge au choix de la largeur de la zone centrale pour répondre à la variabilité des situations : les largeurs proposées pour les 3 zones sont : 5 à 8 m, 10 à 100 m (voire plus) et 4 à 5 m. On peut supposer que ces dimensions importantes sont adaptées au cas de rivières larges.

Le concept américain des trois zones est intéressant à étudier, mais il convient toutefois d'être prudent quant à sa transposabilité dans le contexte français : il demande probablement plus de largeur disponible qu'une « double zone » et l'absence d'entretien de la première zone ne sera pas acceptable partout : en particulier, dans le cas de rivières à crues rapides, en présence d'ouvrages à protéger.

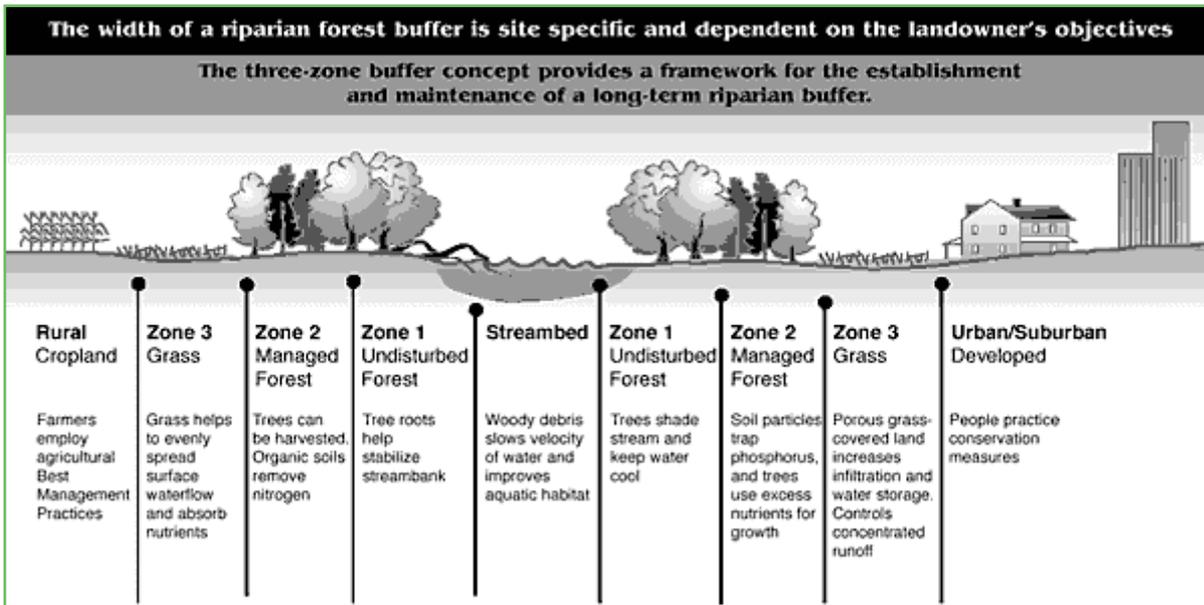


Figure 2.7 Le « Three-zone buffer concept » (Weber, 1999)

5. Quel entretien ?

L'entretien nécessaire au bon fonctionnement d'une zone tampon concerne à la fois la végétation et le sol.

5.1. Entretien végétal

Cette question concerne essentiellement les surfaces en herbe.

Quelle que soit la fonction visée, les zones dénudées doivent être ressemées ou replantées.

On a vu que le maintien d'une bonne rugosité, favorable à la rétention des MES et du phosphore, demande une herbe à la fois dense et drue, avec une hauteur optimale d'une quinzaine de cm. Cela peut nécessiter de pratiquer plusieurs coupes par an.

Le maintien de la perméabilité est moins exigeant : un entretien minimal (une coupe par an) conviendra donc pour la limitation du transfert des produits phytosanitaires.

Il n'y a pas d'exigence particulière pour ce qui concerne la dénitrification.

La fauche est préférable au broyage pour exporter les fertilisants. En revanche, ce dernier convient bien pour les produits phytosanitaires, les résidus végétaux contribuant à leur adsorption : c'est un processus secondaire de leur élimination, mais à ne pas négliger quand la largeur de la zone tampon est importante. Toutefois, ceci n'est valable que si les produits du broyage laissés sur le sol ne gênent pas trop la croissance des végétaux.

Le pâturage des zones enherbées génère le recyclage des nutriments sur place. A part

cela, son principal inconvénient provient, en cas de surpâturage, du tassement par les animaux qui réduit l'infiltration et donc leur efficacité vis-à-vis de l'interception des produits phytosanitaires, de l'azote et du phosphore. Pour ces derniers, s'y ajoutent les risques de contamination par les déjections des cours d'eau en cas de position rivulaire. On rappellera également l'importance d'interdire l'accès direct des animaux au cours d'eau.

Pour ce qui concerne la végétation ligneuse, l'exploitation du bois contribue à l'élimination de l'azote et du phosphore. Dans le système à trois zones présenté au paragraphe précédent, la zone rivulaire ne fait l'objet d'aucun entretien ni exploitation, autre que strictement nécessaire, contrairement à la zone centrale.

5.2. Entretien du sol

Les ravinements ou les atterrissements se produisant dans la zone tampon doivent être corrigés, ainsi que le bourrelet de terre susceptible de se former à sa frange amont. En pratique, cet entretien ne prendra une certaine importance qu'en secteur érosif. C'est fréquemment le cas aux États-Unis (Dillaha 1986), mais moins courant en France. A titre d'exemple, ces problèmes ont été observés dans le Beaujolais, mais pas dans l'Ouest : dans cette dernière situation, des bandes enherbées âgées d'une quinzaine d'années ne montraient pas de défaillance.

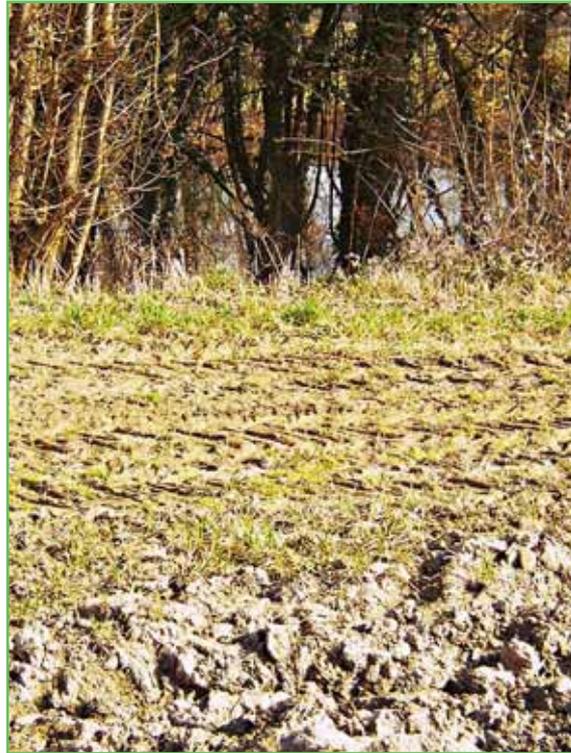
Dillaha propose de pratiquer un disquage parallèle à la zone tampon, juste en amont de celle-ci, pour effacer la dérayure et autres traces du travail du sol pouvant induire la concentration du ruissellement. Cette préconisation est judicieuse : l'observation sur le terrain doit permettre de vérifier si l'importance du phénomène justifie ce travail supplémentaire. On notera toutefois que les instruments à disques sont moins fréquents en France qu'aux États-Unis. Il faut veiller à ne pas former une sorte de fossé en réalisant ce travail.

Il convient enfin de rappeler l'importance de proscrire l'utilisation de la zone tampon comme voie de circulation : le tassement, la formation d'ornières et la diminution de la densité de la végétation sont autant de facteurs susceptibles de réduire considérablement l'efficacité de la zone tampon. Si la circulation est inévitable, il faut réserver une largeur supplémentaire à cet usage (Cf. § 2.1).

Enfin, le chaulage des zones tampons à sol acide peut sans doute contribuer à ralentir le relargage du phosphore. Mais on manque de données expérimentales à ce sujet.



J.J. Gril / Cemagref



Zone tampon enherbée dégradée
par le passage des engins



JJ Gril / cemagref

Fourrière enherbée :
en aval immédiat de la parcelle,
zone non utilisée par les engins

6. Synthèse des questions pratiques

Le tableau 2.1 rassemble, en les résumant, les exigences spécifiques de chaque fonction de protection des eaux. Ce qui suit reprend synthétiquement et commente ces exigences.

FONCTIONS	Atténuation hydrique	MES	Phosphore
Localisation	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Toutes situations filtrantes ◆ Traiter spécifiquement les zones de concentration ◆ Commencer le plus en amont possible 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Toutes situations filtrantes ◆ Traiter spécifiquement les zones de concentration ◆ Commencer le plus en amont possible 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Toutes situations filtrantes ◆ Traiter spécifiquement les zones de concentration ◆ Commencer le plus en amont possible
Largeur minimale (efficacité visée de 70 à 80 %)	10 m	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Part.grossières : 5 m (sauf pente forte) ◆ Part fines : 	Ppart 10 m Pdis : 15 m
Aménagements complémentaires	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Correction du ravinement ◆ Dispersion du ruissellement 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Correction du ravinement ◆ Dispersion du ruissellement 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Correction du ravinement ◆ Dispersion du ruissellement
Végétation	Toute végétation maintenant une bonne perméabilité	Graminées très préférables	Graminées très préférables
Entretien	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Maintien d'un couvert assez dense et surtout d'un bon enracinement ◆ Éviter les graminées trop hautes (flexibilité) ◆ Contrôle de la circulation des engins 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Idem, + importance particulière de la densité des tiges (plusieurs coupes annuelles) ◆ Éliminer les bourrelets de sédiments ◆ Contrôle de la circulation des engins 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Idem, + importance particulière de la densité des tiges (plusieurs coupes annuelles) ◆ Contrôle de la circulation des engins

Tableau 2.1a Bilan des exigences spécifiques des différentes fonctions de protection des eaux

Produits phytosanitaires (hydr.)	Azote	Produits phytosanitaires (pulv.)	Protection biologie
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Toutes situations filtrantes ◆ Traiter spécifiquement les zones de concentration ◆ Commencer le plus en amont possible 	Zones hydromorphes : surtout bords de rivières, mais ne pas négliger les zones favorables plus en amont	Bords de cours d'eau et bords de fossés (au moins ceux qui sont les plus actifs hydrologiquement).	Bords de cours d'eau, strictement
10 à 20 m	10 m	6 m et + (selon écotox.)	10 m
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Correction du ravinement ◆ Dispersion du ruissellement 	Sans objet	Sans objet	Sans objet
	Toute végétation ; légumineuses discutables et éviter les résineux ou autres espèces produisant une mat. org. difficilement dégradable	Toute végétation ; effet écran en plus pour la végétation haute	Ligneux uniquement (arbres et arbustes)
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Maintien d'un couvert assez dense et surtout d'un bon enracinement ◆ Éviter les graminées trop hautes (flexibilité) ◆ Contrôle de la circulation des engins 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Pas de contraintes particulières ◆ Éviter le pâturage intensif à proximité des cours d'eau 	Pas de contraintes particulières	Entretien le plus limité possible à proximité immédiate du cours d'eau

Tableau 2.1b Bilan des exigences spécifiques des différentes fonctions de protection des eaux

6.1. Localisation

On constate que, pour les cinq premières fonctions liées au transfert hydrique, il y a intérêt à implanter des zones tampons suffisamment en amont pour que leur action s'exerce avant les fortes concentrations du ruissellement, caractérisées par de forts débits et des flux importants de substances.

L'implantation de zones tampons entre un amont non agricole et une zone aval cultivée peut permettre de limiter le ruissellement avant qu'il ne génère des nuisances dans cette dernière.

Cet intérêt d'agir dès l'amont concerne également l'azote, mais à un moindre degré que pour les autres paramètres : d'une part, son transfert principalement en subsurface est moins sensible à la concentration et, d'autre part, l'assainissement a fait souvent disparaître la plupart des zones dénitrificatrices des versants.

Les zones tampons rivulaires restent importantes dans la plupart des cas :

- elles seules remplissent les deux dernières fonctions (dérive, protection biologique) ;
- elles exercent un effet de proximité en protégeant les eaux de surfaces contre les contaminations provenant des parcelles riveraines ;
- elles sont souvent mieux acceptées, d'un point de vue sociologique, que les zones tampons de versant.

Néanmoins, elles seront souvent insuffisantes à elles seules. L'association des deux types, rivulaire et de versant, permettant de profiter des avantages des deux, sera le plus souvent à préconiser.

Cette question renvoie, en pratique, à celle du dimensionnement.

6.2. Dimensionnement

✓ *Notion de largeur minimale*

Rappelons que la « largeur minimale » est celle qu'il faut au minimum mettre en œuvre pour obtenir une efficacité significative pour le paramètre considéré : c'est dire d'au moins 70 à 80 % d'abattement – valeur donnée à titre d'ordre de grandeur.

Rappelons également que ces valeurs sont issues d'une compilation des résultats expérimentaux disponibles. Or, les conditions d'extrapolation de ces données ne sont pas toujours faciles à préciser : elles doivent être considérées comme des ordres de grandeur et peuvent être ajustées pour tenir compte de contraintes techniques, mais, là encore, avec prudence.

Si le sol de la zone tampon est saturé pendant la saison humide (donc sans infiltration significative), son efficacité sera élevée pour la dénitrification des nitrates, mais partiellement

réduite pour ce qui concerne les MES et le phosphore et fortement pour les produits phytosanitaires transférés dans cette période. Dans l'état des connaissances, il est difficile de traduire quantitativement ce constat. Une grande largeur (à travers une prairie ou un bois, par exemple) pourra probablement apporter une compensation, alors qu'une bande enherbée humide et étroite (5, 10 m ...) aura une efficacité un peu limitée pour les MES et le phosphore et faible pour les produits phytosanitaires.

✓ *Prise en compte de la concentration du ruissellement*

Les valeurs qui sont indiquées dans le tableau 2.1 sont des largeurs minimales en l'absence de ruissellement concentré important (quand la concentration ne se limite pas à celle qui est due au travail du sol ou à de petits vallonnements intra-parcellaires).

C'est à ce sujet que la proposition d'associer une bande rivulaire (de largeur minimale) avec un ensemble de zones tampons de versant présente un certain intérêt.

Ce dispositif de versant peut comprendre, en se référant à la figure 2.1 :

- ♦ des bandes de bords de parcelles (voire intra-parcellaires), ainsi qu'en bordure des voies de circulation ;
- ♦ la mise en place (ou le maintien) de prairies ou de bois implantés en travers des principaux thalwegs, ou encore l'implantation de chenaux enherbés dans ces derniers.

✓ *Quelques propositions pour le dimensionnement*

Finalement, ce qui va compter principalement, c'est la largeur cumulée des zones tampons traversées par l'écoulement depuis sa naissance en amont jusqu'à son arrivée au cours d'eau.

On ne dispose pas actuellement de règle de dimensionnement qui permettent de proposer une méthode de calcul de cette largeur cumulée. Pragmatiquement, on peut raisonner en s'inspirant du schéma de dimensionnement proposé par la brochure CORPEN de 1997 (figure 2.4). La largeur appliquée au cas du ruissellement diffus dépendra de la fonction de protection des eaux recherchée. En pratique, celle qui est proposée pour le cas des produits phytosanitaires permettra de répondre à l'ensemble de ces fonctions ;

➤ en situation moyenne (de perméabilité, pente, climat, ...), il paraît raisonnable de penser qu'une zone tampon de quelques dizaines de mètres de large peut fortement limiter le ruissellement concentré issu d'un impluvium de quelques dizaines d'hectares, dans la mesure où la perméabilité de cette zone tampon est au moins « moyenne » : hors sols argileux mal structurés, hydromorphes ou compactés.

Cette dernière proposition, volontairement très vague, a juste pour but de fixer un ordre de grandeur : en aucun cas, il ne faut prendre ceci comme une règle de dimensionnement stricte. Dans la mesure où de très nombreux facteurs interviennent, il faut affiner cette question par l'observation locale (voir chapitre 3).

6.3. Les aménagements complémentaires

L'efficacité des zones tampons interceptant un écoulement concentré peut être sensiblement améliorée par la dispersion de cet écoulement.

Les dispositifs mis en place dans le Beaujolais (figure 2.6) sont particulièrement intéressants : les bois pentus situés en aval de parcelles agricoles sont en effet assez fréquents en France et constituent des zones tampons potentielles. Mais, sous l'effet de la pente et du manque d'entretien, les écoulements concentrés les traversent rapidement, souvent via des ravines, ce qui réduit considérablement leur intérêt.

Dans le cas des cultures pérennes où la mise en place de zones tampons est souvent problématique, l'enherbement des chemins et la dérivation du ruissellement vers les espaces interstitiels perméables est à privilégier. Dans les vignobles de coteaux, par exemple, même quand le « coefficient d'occupation du sol » par la vigne est élevé, les talus enherbés sont utilisables et il reste souvent des petits lopins enherbés ou en friche.

6.4. Le couvert végétal de la zone tampon

Pour ce qui est de la fonction de protection de la vie dans les cours d'eau, la présence et la bonne gestion de couverts ligneux peuvent être indispensables, au moins dans certaines zones. Pour les autres fonctions, l'intérêt relatif des différentes formes que peut prendre la végétation de la zone tampon est plus nuancé

Néanmoins, la recherche d'une efficacité maximale pour une largeur donnée conduit à exprimer des préférences : ainsi la protection contre le transfert de MES et de phosphore privilégie le couvert herbacé et plus précisément, les graminées.

Dans les cas où la largeur de zone tampon est sensiblement supérieure au minimum requis (par exemple, dans le cas d'un bois ou d'une prairie pré-existante), l'importance de cette préférence diminue : ainsi, une zone tampon boisée large pourra se révéler correctement efficace vis-à-vis du phosphore et des MES – du moins, en l'absence de ravinement marqué.

La zone tampon composite, associant une zone enherbée en amont et une zone boisée en aval présente un grand intérêt technique (haie avec banquette, zone rivulaire mixte).

6.5. Entretien et remise en état de la zone tampon

Globalement, le vieillissement d'une zone tampon est favorable à son efficacité, par le développement du système racinaire, l'enrichissement en humus, la densification du tapis végétal (pour les herbacées) et de la canopée (pour les ligneux). Mais cela n'est évidemment vrai qu'en absence de dégénérescence de la végétation, laquelle doit être maîtrisée



par l'entretien de la zone tampon.

Une végétation clairsemée limite la sédimentation et l'infiltration. Les surfaces dénudées doivent être ressemées ou replantées, ceci étant valable pour toutes les fonctions liées au transfert hydrique.

Dans le cas des zones tampons enherbées, une coupe d'entretien annuelle doit être suffisante pour assurer les fonctions d'atténuation hydrique, de rétention des produits phytosanitaires et de dénitrification de l'azote.

La rétention des MES et du phosphore exige, en revanche, une herbe dense et drue ne dépassant pas 15 cm environ, ce qui nécessite généralement plusieurs coupes. Dans ces conditions, la recherche de l'optimum technique pour prendre en compte ces différentes fonctions ensemble conduira à se plier à cette dernière exigence. D'autres contraintes (économiques ou en rapport avec la préservation de la biodiversité) peuvent cependant rendre ce choix difficile en pratique.

L'entretien des haies arbustives permet, du point de vue qui nous intéresse ici, de maintenir la vigueur de la végétation. L'exploitation des arbres ne pose pas de problème, à condition d'éviter des coupes à blanc dans des milieux sensibles au ruissellement et à l'érosion. Pour la fonction de protection biologique, l'exploitation n'est pas un avantage, sans être toutefois rédhibitoire : c'est ce qui justifie la distinction de deux zones boisées gérées différemment dans le cadre du système américain cité ci-dessus.

Références citées dans ce chapitre (voir aussi les références des annexes)

- ♦ BARLING R.D., MOORE I.D., 1994. Role of buffer strips in management of waterway pollution: a review. *Environmental Management* 18: 543-558.
- ♦ BREN L.J. 1998. The geometry of a constant buffer-loading design method for humid watersheds.
- ♦ CARLUER, 2004. Rôle des aménagements d'origine anthropique (dispositifs enherbés et fossés) dans le transfert et la dissipation des produits phytosanitaires en bassin versant viticole. Rapport Cemagref – INRA – Arvalis pour le programme produits phytosanitaires du MEDD. 124 P.
- ♦ CEMAGREF, 2004. Intérêt des zones tampons enherbées et boisées pour limiter le transfert diffus des produits phytosanitaires vers les milieux aquatiques : de l'état des connaissances aux recommandations pratiques. Rapport Cemagref pour le MAP (DGFAR) et le MEDD (DE). 37 p.
- ♦ CORPEN, 1997. Produits phytosanitaires et dispositifs enherbés. 88 p.
- ♦ Chambre d'Agriculture du Rhône, 2004. Programme Qualité des Eaux en Beaujolais viticole. Bulletin d'information de la CA 69, juillet 2004, 4 p.
- ♦ DILLAHA T.A., SHERRARD J.H., LEE D., 1986. Long-term effectiveness and maintenance of vegetative filter strips. Virginia water resources research center. Bulletin 153. 31 p.

LES QUESTIONS PRATIQUES

CHAPITRE 2

- ♦ FISCHER R.-A., FISCHENICH J.-C., 2000. Design Recommendations for Riparian Corridors and Vegetated Buffer Strips.
<http://el.ercd.usace.army.mil/elpubs/pdf/sr24.pdf>.
- ♦ GRIL J.-J., DUVOUX B., 1991. Maîtrise du ruissellement et de l'érosion : conditions d'adaptation des méthodes américaines. Cemagref ed. 157 p.
- ♦ MARGOUM C, GOUY V., WILLIAMS R., SMITH J., 2001. Le rôle des fossés agricoles dans la dissipation des produits phytosanitaires. . N° spécial Ingénieries EAT « phytosanitaires : transfert, diagnostic et solutions correctives ». pp. 55-66.
- ♦ MARIDET L., 1995. Rôle des formations végétales riveraines ; recommandations pour une gestion régionalisée. Rapport Ministère de l'Environnement, Direction de l'eau. 59 p.
- ♦ US Department of Agriculture, 2000. Conservation buffers to reduce pesticide losses. Natural Resources Conservation Service. 21 p.
<http://permanent.access.gpo.gov/lps9018/www.wcc.nrcs.usda.gov/water/quality/commo/pestmgt/files/newconbuf.pdf>
- ♦ US Environmental Protection Agency, 2005. Riparian buffer width, vegetative cover and nitrogen removal : a review of current science and regulation.
- ♦ WEBER G.M., TJADEN R.L., 1999. Riparian buffer management: riparian forest buffer design, establishment and maintenance. Maryland Cooperative Extension. FS n° 725. 8 p. <http://www.agnr.umd.edu/MCE/Publications/PDFs/FS725.pdf>
- ♦ WELSCH D.J., 1991. Riparian forest buffers - function and design for protection and enhancement of water resources. USDA Forest Service Northeastern Area State & Private Forestry. NA-PR-07-91. Radnor, PA. 20 p.



Chapitre 3

Éléments pour une démarche de diagnostic visant la mise en œuvre de zones tampons destinées à la protection des eaux

Il s'agit ici du diagnostic qui doit être réalisé pour proposer des actions correctives, donc dédié ici à la mise en place de zones tampons sur un territoire donné : on abordera dans ce chapitre, à la fois la démarche de diagnostic et les actions sur lesquelles il débouche. Il concerne les fonctions de protection des eaux et, spécifiquement celles qui mettent en jeu le transfert hydrique (MES, phosphore et produits phytosanitaires) : en effet, c'est sur celles-ci que les conditions locales exercent l'influence la plus contraignante, particulièrement en terme de localisation et de dimensionnement.

La réalisation de ce diagnostic présuppose celle d'un diagnostic général destiné à établir des priorités et à identifier des actions appropriées, tel celui qui est proposé par le CORPEN pour la limitation du transfert des produits phytosanitaires (CORPEN 1999, 2001). Dans son principe, cette démarche vaut pour l'ensemble des transferts hydriques, dans la mesure où elle est fondée sur la compréhension des mouvements de l'eau dans un bassin versant. Ce diagnostic général inclut la mise en œuvre de zones tampons ; cependant son approche reste, par construction, limitée au cas des produits phytosanitaires. Le but de ce qui suit est de fournir des éléments pour approfondir cette approche dans les situations où les zones tampons ont un rôle significatif à jouer et pour l'étendre aux autres fonctions de limitation des transferts hydriques.

Cet approfondissement sera réalisé en abordant de nouveau successivement les questions pratiques traitées au chapitre 2 : localisation, dimensionnement, aménagements complémentaires, couvert végétal et entretien.

Comme dans le cas du diagnostic général, deux échelles doivent être envisagées, locale et régionale ⁽¹⁾ :

- ♦ l'échelle locale est, ici, celle de la parcelle ou de l'îlot de parcelle, en prenant en compte le bassin versant élémentaire ⁽²⁾ : à ce niveau, les réponses aux différentes questions pratiques doivent être complètes et précises.

(1) En fait, le diagnostic phytosanitaire général du CORPEN distingue trois échelles : parcellaire (locale), du (grand) bassin versant et régionale. Du point de vue qui nous intéresse ici, il n'y a pas lieu de distinguer les deux dernières.

(2) Lorsque l'infiltration verticale domine largement, le raisonnement à la parcelle peut avoir un sens. En revanche, en présence d'écoulements latéraux (ruissellement ou écoulement hypodermique) significatifs, il est impératif de raisonner à l'échelle du bassin versant élémentaire, la position relative des parcelles au sein de celui-ci étant alors un élément essentiel du diagnostic.

- ♦ l'échelle régionale (terme à prendre dans un sens large et non uniquement administratif) est à considérer pour définir une politique d'actions sur un territoire donné. Il s'agira de justifier l'intérêt des zones tampons comme moyen de lutte (ce qui relève du diagnostic général) et de réaliser une typologie des localisations pertinentes des zones tampons.

Ce qui suit concernera l'échelle locale. L'approche régionale en découle directement et cette question est abordée succinctement à la fin de l'annexe A-1.

Enfin, il est important d'insister sur le fait que, comme dans le cas du diagnostic général conçu par le CORPEN, il s'agit ici de proposer une démarche, qui doit être adaptée à la diversité des situations.

1. La localisation des zones tampons

Il est particulièrement important de régler correctement la question de la localisation des zones tampons : quel que soit le soin apporté à la réponse aux autres questions pratiques, les performances d'une zone tampon seront fortement réduites, voire complètement annulées par une localisation inappropriée.

Le diagnostic général permettra d'établir des transects ⁽¹⁾ entre la crête du versant et le fond de la vallée où pourront être positionnées les zones tampons favorables aux différentes fonctions.

Rappelons que les positions sur le versant, le plus en amont possible, seront généralement les mieux adaptées pour ce qui concerne les MES et le phosphore, et les positions rivulaires pour l'azote. Le cas des produits phytosanitaires est plus nuancé : leur transfert hydrique les place sur le même plan que les premiers et l'interception de la dérive justifie de les localiser en bord de cours d'eau.



J.J. Gril / Cemagref

Diagnostic à l'échelle locale :
une vue générale du secteur étudié pour
appréhender globalement
son fonctionnement hydrologique

(1) « Ligne ou bande étroite qui traverse un milieu donné, le long de laquelle sont localisées des stations d'observation, de mesure ou d'échantillonnage qui permettent de faire l'analyse, le profil ou la cartographie de ce milieu » (Grand dictionnaire terminologique du Québec)

Un diagnostic général étendu à l'ensemble de ces fonctions, permettra d'établir des priorités dans la recherche d'actions correctives et, donc, d'influer sur les décisions en matière de localisation des zones tampons dans le bassin versant.

Conformément à ce qui a été établi précédemment, cette question de localisation doit être abordée en terme de circulation de l'eau sur les versants : d'abord au niveau du profil de sol, (voir encadré 3.1) puis en prenant en compte l'extension en surface des voies d'écoulement (c'est à dire leur concentration).

1.1. La circulation de l'eau dans le profil de sol

C'est l'information clé apportée par le diagnostic général phytosanitaire, type CORPEN (voir la typologie de l'annexe A-1) : on rappellera que les zones tampons ne présentent un intérêt qu'en présence de ruissellement et/ou d'écoulement subsuperficiel latéral à faible profondeur : dans les secteurs où l'infiltration verticale prédomine largement, elles perdent leur intérêt vis-à-vis des transferts hydriques (mais pas des autres fonctions, dérive et protection biologique).

Sol profond et sain d'alluvions récentes :
ruissellement absent (ou quasi)



J.M. Vinatier / Chambre d'agriculture Rhône-Alpes



Sol limoneux profond, neutre à calcaire :
ruissellement en période d'orage

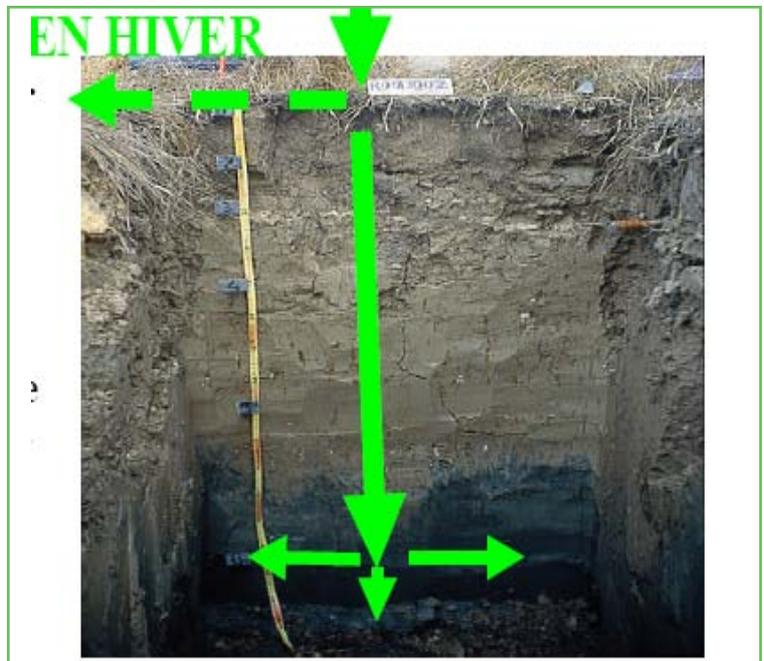
MISE EN ŒUVRE

CHAPITRE 3



J.M. Viatier / Chambre d'agriculture Rhône-Alpes

Limon lessivé : ruissellement sur sol battu et écoulement latéral sur l'horizon d'accumulation (Bt)



J.M. Viatier / Chambre d'agriculture Rhône-Alpes

Sol alluvial hydromorphe à nappe permanente ;
du ruissellement apparaît quand la nappe monte
jusqu'à la surface



J.M. Viatier / Chambre d'agriculture Rhône-Alpes

Sol alluvial hydromorphe drainé ;
le drainage limite l'apparition
du ruissellement au profit de l'écoulement
subsuperficiel

Ceci précisé, les différentes fonctions n'ont pas les mêmes exigences en terme de proportion entre ruissellement, écoulement subsuperficiel et infiltration pour les raisons rappelées brièvement dans l'encadré 3.1.

ENCADRE 3-1

Circulation de l'eau dans le profil du sol et fonctions hydriques

- ◆ Pour les **produits phytosanitaires**, c'est l'infiltration du ruissellement dans une zone tampon perméable qui conditionne principalement l'efficacité de cette dernière.
- ◆ Pour les **MES** et le phosphore particulaire, le ralentissement du ruissellement produit par la rugosité et la densité de tiges de la surface végétalisée exerce un rôle important. Néanmoins l'infiltration contribue également à l'efficacité de la zone tampon en réduisant le volume et la capacité de transport du ruissellement ; pour les particules fines, difficiles à piéger, et le phosphore dissous, ce dernier mécanisme devient particulièrement important.
- ◆ Pour l'**azote nitrique**, qui circule latéralement essentiellement par voie subsuperficielle, c'est la présence d'une zone anaérobie qui est favorable à sa dénitrification, mécanisme essentiel de son élimination. Par contre, l'exportation par la végétation pendant la saison végétative sera relativement indépendante de la localisation. Les conditions de l'élimination de l'azote ammoniacal (en général, largement minoritaire) seront à peu près celles du phosphore dissous.

1.2. L'extension en surface des voies d'écoulement

On a vu dans les premiers chapitres les problèmes posés par la concentration progressive des écoulements, depuis l'amont des versants jusqu'au cours d'eau. Ce phénomène affecte sensiblement plus le ruissellement que l'écoulement hypodermique : l'élimination de l'azote sera donc moins concernée. Le diagnostic s'appuiera sur l'identification et l'observation de ces voies de concentrations.

On rappellera au préalable qu'on ne traite ici que de la mise en place des zones tampons : il faut garder à l'esprit l'importance des autres actions correctives qui permettent de limiter la genèse du ruissellement (choix des productions, pratiques culturales, enherbement des inter-rangs de cultures pérennes) et sa concentration (morcellement des grands îlots en « mosaïque » de cultures d'hiver et de printemps).

✓ Identification et observation des voies de concentration

Une visite du terrain est toujours nécessaire, de préférence hors saison de végétation et en période où les sols sont humides (même recommandation que pour le diagnostic général).



B. Augéard / Cemagref

Facilité du diagnostic
en période très humide !

Un examen préalable de la carte topographique permettra d'identifier les voies de concentrations naturelles (thalwegs) et les boisements existants, susceptibles ou non de jouer un rôle de zone tampon. Les photographies aériennes permettront de préciser les limites des parcelles, les caractéristiques (repérables à cette échelle) de l'occupation de leurs bordures et, éventuellement, des manifestations de la concentration du ruissellement ⁽¹⁾.

En principe, les diagnostics généraux produisent des documents cartographiques où ces observations sont indiquées. Dans ce cas, la visite permettra de les compléter.

Ruissellement et début d'érosion
mettant en évidence un thalweg
au relief très peu marqué



J.J. Gril / Cemagref

(1) Les missions aériennes sont généralement réalisées à la belle saison, ce qui n'est pas favorable à ce dernier type d'observation (sauf effet des orages estivaux). Néanmoins, apparaîtront les manifestations les plus sérieuses qui se traduisent par une atteinte aux cultures : ravinements, zones de sédimentation ou asphyxie.

Si les voies de concentrations sont à enregistrer, il faut aussi observer les différents obstacles au ruissellement, comme les talus ou les chemins surélevés qui favorisent l'infiltration, mais également la concentration du ruissellement excédentaire. En présence de zones d'accumulation d'eau en amont de ces obstacles, relever l'éventuelle présence de courts-circuits (buses, ouverture dans les talus). Les zones tampons existantes (prairies, bois, haies, ...) sont, bien entendu, à noter.

Ouverture dans un talus



C. Guyot

Pour revenir aux voies de concentration, il convient de distinguer :

- ♦ les phénomènes de concentration qui sont induits par la topographie naturelle ;
- ♦ ceux dus aux pratiques agricoles (lignes de semis ou de plantation, dérayures, fourrières et traces de roues) et à la présence de fossés et de réseaux de drainage enterrés.



B. Augéard / Cemagref

Accumulation d'eau dans une fourrière

La concentration due au relief, sans occupation du thalweg par un élément du réseau hydrographique peut correspondre au drainage de très petites surfaces (quelques centaines à quelques milliers de m²) ou au contraire de très grandes (quelques centaines d'hectares) : cette dernière situation est caractéristique, en particulier, des plateaux limoneux du nord de la France. La réponse doit évidemment être proportionnée à leur dimension, et aussi à l'importance et à la fréquence des épisodes de ruissellement. Quand la superficie de l'impluvium est étendue, il est clair qu'une bande relativement étroite positionnée le long du cours d'eau, à l'exutoire de ces thalwegs, aura une efficacité très limitée. En complément, deux types de zones tampons peuvent être envisagés (voir figure 2.4 du chapitre 2) : des zones tampons en « cascade », en travers du thalweg (par exemple des prairies) ou un chenal enherbé le long de celui-ci.

Le nivellement du terrain à l'échelle du bassin versant est évidemment une solution irréaliste ; par contre, elle peut être envisagée au niveau de la zone tampon elle-même pour améliorer sa capacité de dispersion, quand l'encaissement des thalwegs qui la traversent n'est pas trop accentué.

La concentration induite par les pratiques agricoles est habituellement moins importante que la précédente, du moins en présence de longs thalwegs inter-parcellaires. Elle doit être prise en compte de la même manière, mais il existe également la possibilité d'intervenir sur le sens du travail du sol et la circulation des engins quand les contraintes ne sont pas insurmontables (forme et dimension des parcelles, topographie et voirie). On peut ainsi, dans certains cas, modifier le sens des semis ou remplacer un accès aval par un accès amont pour que la zone tampon ne soit pas court-circuitée par les ornières.

Fréquemment, les parcelles, surtout les grandes, ne sont pas planes et incluent un ou plusieurs thalwegs. De ce fait, les deux précédents modes de concentration interfèrent fréquemment (figure 1.4 de l'annexe A-1). L'enherbement de la fourrière (en respectant la règle d'une zone de roulement associée à une zone non tassée : voir § 3 du chapitre 2) est intéressant en général et particulièrement dans ce cas.

Quand des courts-circuits sont identifiés et non corrigéables, les zones tampons doivent être implantées à l'amont. Les éléments ci-dessous peuvent aider à évaluer à quel point les fossés et le drainage enterré observés doivent être considérés comme tels.

L'observation des fossés, confortée par les informations fournies par les agriculteurs, permettra d'estimer grossièrement s'il doivent être considérés comme de simples collecteurs ou s'ils sont susceptibles de contribuer à la limitation des transferts. Cette estimation doit être modulée en fonction de la saison et de la fréquence des épisodes de fonctionnement intense.

Comme on l'a vu (chapitre 2, § 2.1), les travaux de recherche sur le rôle des fossés ne sont pas encore assez développés pour proposer une approche vraiment opérationnelle. Cependant, des critères simples comme la présence (ou l'absence) de végétaux, de débris ou de sédiments et l'estimation de la surface de l'impluvium collecté peuvent contribuer à cette évaluation. On trouvera dans Kao et al. (2002) des éléments de typologie utiles.

Quand le ruissellement des parcelles rejoint un chemin ou une route (avec ou sans fossé), il faut observer si l'eau ainsi collectée rejoint directement un cours d'eau ou non. La

réponse affirmative est fréquente : des zones tampons sont alors à mettre en place en amont de ces voies de collecte.



J.J. Gril / Cemagref

Connexion entre un fossé routier
et un cours d'eau

Dans le cas du drainage enterré, il convient de savoir si sa présence limite drastiquement le ruissellement ou non : si ce n'est pas le cas, la présence d'une zone tampon au-dessus garde un sens. Sinon, la zone tampon ne pourra être implantée qu'à son débouché quand c'est techniquement réalisable. En pratique, dans la majorité des situations, il ne pourra s'agir alors que d'une zone tampon humide (voir le § 3, aménagements complémentaires).

1.3. Association d'une zone tampon rivulaire et de zones tampons de versant

Les avantages et les limites des zones tampons rivulaires ont été discutés au chapitre 2. Il ressort de cette analyse qu'il sera toujours judicieux de les mettre en place. Différentes réglementations contribuent d'ailleurs actuellement à les rendre quasi-systématiques. Dans ces conditions, la question qui reste posée est celle de l'importance qu'il y a ou non à leur associer des zones tampons de versant.

Compte tenu de ce qui précède, l'intérêt de ces dernières est justifiée par trois conditions dont le diagnostic (général et spécifique) doit permettre de vérifier la pertinence sur le bassin concerné :

- si le dispositif est destiné à remplir les fonctions de protection des eaux contre la contamination par le transfert hydrique des MES, du phosphore ou des produits phytosanitaires ; en règle générale, cela sera moins vrai pour l'azote, sauf si des zones de dénitrification significatives sont présentes sur les versants ;

- il existe un vallonnement prononcé avec de nombreux thalwegs secs de petite à moyenne dimension ou des zones de plateau avec de grands thalwegs (impluvium de plus de 10 ha environ) ;
- la zone tampon rivulaire qui existe ou est prévue est étroite et son versant amont est large.

En pratique, l'ensemble de ces conditions est souvent réuni : dans la majorité des situations, il y aura donc intérêt à associer des zones tampons de versant à la zone tampon rivulaire.

2. Le dimensionnement des zones tampons

Au chapitre précédent, un certain nombre de règles indicatives sont proposées, avec des considérations de prudence concernant la précision des valeurs annoncées. Le diagnostic peut permettre de les infléchir en prenant en compte les particularités et les contraintes locales. On en donnera ici quelques exemples.

Le diagnostic général conduit à identifier les fonctions recherchées, mais aussi à les hiérarchiser en terme d'enjeu. Le respect des dimensions adaptées au principal enjeu devra être aussi strict que possible, mais on pourra être moins exigeant vis-à-vis des enjeux secondaires si leur importance est sensiblement en retrait par rapport au premier.

Les règles proposées sont adaptées au ruissellement diffus ou faiblement concentré. En cas de niveau de concentration plus élevé et si l'implantation de zones tampons de versant soulève des difficultés, il est possible de compenser plus ou moins leur insuffisance en élargissant la zone tampon rivulaire à l'exutoire des thalwegs.

A l'inverse, quand les terres les plus riches sont concentrées dans une plaine alluviale étroite, il pourra être difficile d'implanter une zone tampon rivulaire suffisamment large pour intercepter le ruissellement des versants. Des zones tampons implantées en amont de la plaine intercepteront ce dernier : cela limitera les débits interceptés par la zone rivulaire et sera utile, même en l'absence de contamination significative, pour agir à ce niveau plus élevé.

3. Les aménagements complémentaires

L'observation attentive des formes de concentrations observées dans les zones tampons pré-existantes est essentielle, pour deux raisons :

- ◆ tout d'abord, et surtout, pour que ces dernières puissent jouer effectivement un rôle. En particulier, le ravinement est souvent présent dans les zones boisées par manque d'intérêt pour l'entretien de ces zones potentiellement très efficaces. Ce phénomène est moins fréquent dans les prairies, où la concentration peut néanmoins limiter l'interception, en l'absence de ravinement visible ;

- ◆ mais également pour extrapoler ces observations aux zones tampons à mettre en place.

Les petits aménagements de dispersion (bourrelets de terre, fascines) peuvent considérablement limiter la concentration dans les zones de départ : en particulier, au niveau des écoulements provenant des dérayures et des fourrières qui se concentrent dans les coins de parcelles.

Quand la mise en place de nouvelles zones tampons paraît problématique (cultures pérennes, parcelles péri-urbaines), le diagnostic doit particulièrement s'intéresser aux surfaces utilisables existantes et à leur aménagement (chemins pouvant être enherbés, lopins non plantés, talus, ...).

En suivant le bord des cours d'eau, on détectera les secteurs humides. Ceux-ci sont souvent localisés au débouché des thalwegs, du fait de la simultanéité logique de leur situation topographique et de l'importance des écoulements. Si la fonction de protection contre les transferts hydriques de produits phytosanitaires est recherchée, cette situation n'est pas favorable. La présence à ce niveau d'une prairie large peut être suffisante ; mais si l'objectif est d'implanter une bande étroite, l'aménagement d'une zone tampon humide peut améliorer la situation.

4. Choix du couvert végétal et entretien de la zone tampon

Il y a peu à dire sur ces deux questions pour ce qui concerne spécifiquement le diagnostic. On citera simplement deux points :

- ◆ l'observation des espèces locales, spontanées ou cultivées doit guider le choix des espèces et variétés à planter, tant herbacées que ligneuses ;
- ◆ en région à forte érosion, l'observation des dépôts qui se forment en limite amont des prairies en place, aidera à prévoir la fréquence d'entretien des zones tampons à inscrire dans le plan d'action.

Références citées dans ce chapitre (voir aussi les références des annexes)

- ◆ CORPEN, 1999. Désherbage : éléments de raisonnement pour une maîtrise des adventices limitant le risque de pollution des eaux par les produits phytosanitaires. 161 p.
- ◆ CORPEN, 2001. Diagnostic de la pollution des eaux par les produits phytosanitaires : bases pour l'établissement de cahiers des charges des diagnostics de bassins versants et d'exploitations. 34 p.
- ◆ KAO C., VERNET G., LE FILLEUL J.M., NÉDÉLEC Y., CARLUER N., GOUY V., 2002. Élaboration d'une méthode de typologie des fossés d'assainissement agricoles et de leur comportement vis-à-vis des produits phytosanitaires. Ingénieries EAT, n° 29. pp.49-66.