

L'INTÉGRATION DES ZONES TAMPONS DANS LE BASSIN VERSANT : CHOIX ET POSITIONNEMENT DES DISPOSITIFS POUR PROTÉGER EFFICACEMENT LES RESSOURCES EN EAU

⇒ Pré-requis



Un certain nombre de principes président au choix des dispositifs tampons à mettre en place, à leurs positionnements dans le bassin versant ainsi qu'à leurs modes de gestion et d'entretien. Ces différents aspects reposent sur la connaissance du fonctionnement de chaque type de dispositif (fiche n°1) et, bien entendu, l'identification des processus à l'origine de la contamination des eaux par les substances agricoles (fiche n°2).

Ces choix doivent s'appuyer sur un diagnostic mené à différents niveaux, depuis l'échelle du territoire à enjeu pour prioriser les secteurs où il est pertinent d'intervenir jusqu'à l'échelle du petit bassin versant (ou du versant) pour déterminer concrètement quelles sont les solutions à mettre en place (fiche n°3).

Cette fiche vient compléter les notions précédentes en présentant les solutions préconisées face à trois problématiques principales :

- La maîtrise des transferts de nitrates
- La maîtrise des transferts de matières en suspension et des contaminants adsorbés
- La maîtrise des transferts de pesticides en solution

Celles-ci se distinguent en effet par des modes d'action spécifiques liés au comportement des substances dans le milieu.

⇒ La maîtrise des transferts de nitrates

Les transferts de nitrates vers les milieux aquatiques récepteurs s'effectuent selon trois modes de circulation principaux : par écoulements hypodermiques dans le sol, via les drainages enterrés et par infiltration profonde vers les nappes. Ces transferts surviennent généralement durant les périodes d'excédent hydrique, lorsque la réserve utile des sols est atteinte et que l'eau en surplus circule verticalement ou latéralement à travers le sol en emportant les nitrates avec elle pour rejoindre les nappes souterraines ou les cours d'eau (on parle alors de lessivage sous-racinaire).

La maîtrise des transferts de nitrates au sein d'une zone tampon passe par deux mécanismes : l'absorption par les végétaux et/ou la dénitrification.

Le premier de ces deux mécanismes n'est cependant que temporaire si l'azote est restitué au sol sous forme de matière organique lors de la mort ou de la sénescence des végétaux en place. Autrement dit, un export de ces végétaux (fourrage, biomasse) est nécessaire pour que le bilan soit réellement positif à moyen terme. Si cet objectif est recherché, une végétation arborée ou arbustive sera nettement plus adaptée en raison de la profondeur d'enracinement des végétaux qui permettra d'aller puiser l'eau et l'azote sur une importante épaisseur de sol.

Présents à l'état naturel dans les sols et dans l'eau, les nitrates peuvent se retrouver en excès et générer une pollution lorsqu'un déséquilibre apparaît entre le stock issu des apports de fertilisants, la décomposition de la matière organique (minéralisation de l'azote) et ce qui est réellement consommé par les plantes (notamment durant les périodes d'interculture et en hiver, lorsque les besoins en azote des végétaux sont faibles).

Le second mécanisme ne se produit que dans des conditions particulières, lorsque le milieu est saturé en eau (conditions d'anaérobiose) et suffisamment riche en matière organique (les conditions de température et de pH ont également un rôle important mais s'avèrent moins décisives). Certaines bactéries présentes dans le milieu transforment alors la molécule de nitrate en sous-produits gazeux (N_2 et N_2O) pour en extraire l'oxygène nécessaire à leur respiration.

Les limites des zones tampons pour atténuer les flux de nitrates

L'une des principales limites des zones tampons à limiter les flux de nitrates reste que ces transferts se déroulent principalement en période hivernale, lorsque les températures sont peu favorables à l'activité biologique et que les volumes d'eau à intercepter sont importants. Par ailleurs le processus de dénitrification, lorsqu'il est incomplet, est susceptible de générer des rejets de protoxyde d'azote (N_2O), gaz qui contribue fortement à l'effet de serre. Aussi, on rappellera qu'une gestion raisonnée des apports azotés à la parcelle doit avant tout être privilégiée pour éviter les effets néfastes résultants d'un excès de nitrates dans le milieu.

Le tableau ci-dessous présente de manière synthétique les principales solutions préconisées pour agir sur les transferts de nitrates selon le type de transfert en jeu et le mode d'action recherché :

Type de transfert en jeu	Type de zone tampon préconisé	Positionnement	Mode d'action	Quelques précisions utiles
Drainage	Plans d'eau végétalisés	Entre les exutoires de drainage (ou de fossés collecteurs) et le cours d'eau	Dénitrification (Absorption racinaire)	Il est préconisé d'implanter le plan d'eau en série de manière à intercepter les eaux chargées en nitrates tout au long de la période de drainage
Écoulements hypodermiques	Boisements et prairies humides	Généralement dans les bas-fonds hydromorphes, à proximité des cours d'eau	Dénitrification et absorption racinaire	Attention, la demande évapotranspiratoire de la végétation en place peut conduire à limiter temporairement la saturation en eau du sol
	Haies bocagères	En versant, implantées selon les courbes de niveau	Absorption racinaire	Les haies auront également un effet bénéfique pour d'autres types de contaminants

Le cas des transferts de nitrates par infiltration pose une question supplémentaire. Si cette infiltration est diffuse sur de grandes surfaces, les zones tampons s'avèrent inappropriées et seul le recours à des pratiques agronomiques adaptées (réduction ou fractionnement des apports de fertilisants, mise en place de CIPAN...) permettra de réduire les transferts. En revanche, si cette infiltration s'effectue de manière concentrée après un cheminement superficiel (cas d'une perte en rivière ou d'une bétouille, fréquents en milieu karstique), les solutions précédentes restent valables si elles sont mises en œuvre en amont de la zone d'infiltration préférentielle.

⇒ La maîtrise des transferts de matières en suspension, de matière organique et des contaminants adsorbés

Les transferts de matières en suspension (MES), de matière organique et de contaminants adsorbés sur les particules de sol (phosphore, pesticides à fort Koc) interviennent principalement en présence de ruissellement érosif. Ce processus peut apparaître lorsqu'un sol à faible stabilité structurale est peu couvert et exposé aux pluies. Celles-ci décomposent les agrégats de sol en fines particules qui sont facilement emportées par les eaux de ruissellement, même en présence de pentes modestes. En présence de pentes plus fortes et de concentration du ruissellement liée à la topographie, l'eau peut aussi acquérir une vitesse suffisante pour arracher et entraîner des particules de sols, allant dans certains cas jusqu'à la création de ravines plus ou moins profondes.

La maîtrise des transferts de MES et de contaminants adsorbés par les zones tampons vise alors deux effets conjoints :

- Favoriser la rétention des particules de sol entraînées par le ruissellement avant qu'elles n'atteignent le milieu aquatique récepteur en créant localement des conditions favorables à la sédimentation (diminution des vitesses d'écoulement liée à la rugosité du couvert de la zone tampon).
- Éviter que l'eau de ruissellement n'acquière un caractère érosif en limitant sa vitesse au plus près des parcelles émettrices, voire dans les parcelles elles-mêmes.



Certains territoires s'avèrent particulièrement sensibles à l'érosion, comme ici en Pays de Caux où une érosion linéaire peut survenir même en présence de faibles pentes. Photo : Irstea

Zones tampons et pratiques à la parcelle : des mesures complémentaires

L'adoption de pratiques agricoles adaptées s'avère particulièrement décisive pour limiter la survenue de l'érosion dans les parcelles elles-mêmes : modes de travail et de préparation du sol, maintien d'une couverture en interculture (ou dans les interrangs), répartition spatiale des cultures d'hiver et de printemps... Les zones tampons auront surtout pour vocation de limiter les départs de sédiments que les pratiques à la parcelle n'auront pas permis d'empêcher.

Le tableau ci-dessous présente les principales solutions préconisées pour répondre aux objectifs énoncés précédemment :

Type de transfert en jeu	Charge en sédiment	Type de zone tampon préconisé	Positionnement	Quelques précisions utiles
Ruissellement érosif en nappe	Faible	Bandes enherbées	En versant, implantées selon les courbes de niveau	En plus de leur rôle de rétention des sédiments, l'étagement de ces dispositifs dans le versant empêchera l'eau de prendre trop de vitesse et de générer une incision en aval.
	Moyenne à forte	Haies denses		
Ruissellement érosif linéaire	Faible à moyenne	Chenal enherbé	Suivant le cheminement de l'eau (généralement en fond de thalweg)	Le chenal enherbé intercepte aussi les ruissellements diffus arrivant de manière latérale
	Moyenne à forte	Haies denses et fascines	Perpendiculairement à l'écoulement (généralement en fond de thalweg)	L'accumulation progressive des sédiments en amont du dispositif modifiera localement la pente de manière à créer une zone d'eau calme favorable à la sédimentation

Les dispositifs cités ici visent à faire obstacle aux sédiments mais laissent l'eau circuler. Ils constituent des aménagements « légers » à mettre en place assez haut dans le versant. En aval, on aura éventuellement recours à des techniques plus lourdes – talus et fossés végétalisés, bassins de décantation – visant à stocker temporairement et/ou détourner l'eau pour la protection d'enjeux plus localisés.

⇒ La maîtrise des transferts de produits phytosanitaires en solution

Les produits phytosanitaires à faible affinité pour les particules de sols (faible K_{oc}) sont particulièrement sensibles aux transferts hydriques, quels qu'ils soient, en particulier lorsqu'une pluie survient peu de temps après l'application des substances. Néanmoins, les teneurs en contaminant peuvent différer fortement selon les conditions de transfert et les vitesses de circulation associées. En effet, le rôle de rétention joué par le sol s'avère déterminant et l'on constate que, lorsque l'eau a circulé à travers le profil de sol, les concentrations des pesticides en solution sont généralement très inférieures à celles relevées dans les eaux de ruissellement (diminution d'un facteur 10 à 1000, Voltz et Louchart, 2001).

De fait l'implantation de zones tampons pour la maîtrise des transferts de pesticides en solution recherche avant tout l'atténuation des transferts les plus rapides (ruissellement et drainage). Le but est d'optimiser le temps de contact entre l'eau, le sol et la végétation de manière à favoriser les processus de dégradation des substances.

En présence de ruissellement diffus ou moyennement concentré, l'aménagement d'une zone tampon enherbée ou boisée aura pour principal objectif d'intercepter les écoulements et de favoriser leur infiltration dans le sol. Au contact de celui-ci, les substances véhiculées par l'eau pourront alors être partiellement retenues et/ou dégradées, notamment grâce à des conditions favorisant la bonne activité biologique au sein du dispositif (richesse en matière organique, mat racinaire bien développé).

En présence d'écoulements hydrauliquement concentrés, qu'il s'agisse d'eaux de ruissellement ou d'eaux de drainage collectées par un réseau de fossés, un dispositif de type plan d'eau sera généralement plus adapté. Dans ce cas, c'est le temps de séjour de l'eau (et des contaminants qu'elle véhicule) qui constitue le principal critère d'efficacité en permettant aux différents processus de dégradation, qu'ils soient biologiques ou abiotiques, de se dérouler correctement.



Bétoire enherbée proche d'une parcelle agricole. La végétation protège la bétoire et permet ainsi de limiter les transferts rapides de contaminants d'origine agricole vers les ressources en eau souterraine. Photo : AREAS

Les zones tampons seront en revanche rarement envisagées pour la maîtrise des transferts de pesticides par écoulements hypodermiques. En effet, sauf à circuler dans les horizons les plus riches en matière organiques, l'interception de l'eau chargée en contaminants par les différents dispositifs sera généralement peu efficace.

La question des mesures adaptées à la maîtrise de l'infiltration se pose enfin de la même manière que pour l'atténuation des transferts de nitrates. Une intervention en amont des zones d'infiltration préférentielle sera en effet possible avec les mesures évoquées plus haut mais inappropriée en présence d'infiltration diffuse généralisée.

Le tableau ci-dessous résume les principaux moyens d'action pour limiter les transferts de pesticides en solution vers les milieux aquatiques récepteurs :

Type de transfert en jeu	Type de zone tampon préconisé	Positionnement	Mode d'action	Quelques précisions utiles
Ruissellement diffus	Bandes enherbées ou boisées (haies)	En versant, implantées selon les courbes de niveau. Le long des fossés et du petit chevelu hydrographique	Infiltration, rétention et dégradation dans le sol	L'efficacité de ce type de dispositifs tient avant tout à leur capacité d'infiltration et à la rugosité du couvert qui permet de ralentir l'écoulement. L'ancienneté du dispositif sera aussi accompagnée d'un enrichissement progressif en matière organique favorable à l'activité biologique qui permettra la dégradation des substances.
Ruissellement moyennement concentré (petit thalweg, coin de parcelle)	Chenal enherbé, coin de parcelle enherbé	Suivant le cheminement de l'eau	Infiltration, rétention et dégradation dans le sol	
Ruissellement concentré ou drainage collectés par un réseau de fossé	Plan d'eau végétalisé	En dérivation des fossés collecteurs, de préférence au plus près des parcelles émettrices pour recueillir les flux les plus concentrés dans un minimum de volume.	Rétention et dégradation	Contrairement au cas des nitrates, il est préconisé d'implanter le plan d'eau en dérivation et de prévoir une gestion appropriée de manière à ne collecter que les eaux les plus chargées en pesticides lors des premières pluies succédant une application.

La complémentarité des dispositifs : exemple de l'association fascine / bande enherbée

L'association de différents dispositifs peut tout à fait être envisagée pour gagner en efficacité ou agir conjointement sur plusieurs aspects. Ce sera notamment le cas de fascines associées aux bandes enherbées. Les premières auront pour rôle de ralentir et disperser le ruissellement tout en retenant l'essentiel de la charge solide (fraction grossière), la seconde permettra l'infiltration de l'eau, la sédimentation des particules fines et la rétention des contaminants adsorbés ou en solution.

Faire jouer aux fossés le rôle de zone tampon ?

Le rôle des fossés dans le transfert de contaminants est souvent perçu comme un facteur aggravant en permettant une circulation rapide des eaux contaminées vers les milieux aquatiques récepteurs. Ils peuvent toutefois participer à la rétention des contaminants si le temps de séjour y est suffisant (au prix d'un compromis entre la fonction première des fossés et l'objectif visé ici). Les facteurs susceptibles de ralentir voire retenir temporairement l'eau au sein du fossé – pente adaptée, rugosité induite par la végétation, redents – ont donc un effet bénéfique pour limiter les flux de contaminants. La nature du substrat se révèle également importante : la présence de végétaux (macrophytes notamment), de sédiments fins et la richesse en matière organique sont en effet des éléments favorables, à divers degrés, la fixation des substances phytosanitaires ou l'activité biologique nécessaire à leur dégradation.

⇒ Pour en savoir plus

- CORPEN (2007a). Les fonctions environnementales des zones tampons : les bases scientifiques et techniques des fonctions de protection des eaux. Première édition, 176 p.
- Gril J-J. et Le Henaff G. (2010). Mise en place de zones tampons et évaluation de l'efficacité de zones tampons existantes destinées à limiter les transferts hydriques de pesticides - Guide de diagnostic à l'échelle du petit bassin versant. Rapport Cemagref, 42 pp.
- Voltz M. et Louchart X. (2001). Les facteurs-clés de transfert des produits phytosanitaires vers les eaux de surface. SET, pp. 45-54.