



CENTRE DE LYON

UNITÉ DE RECHERCHE MILIEUX AQUATIQUES, ÉCOLOGIE ET POLLUTIONS

**MISE EN PLACE DE ZONES TAMPONS ET EVALUATION DE L'EFFICIENCE
DE ZONES TAMPONS EXISTANTES DESTINÉES À LIMITER LES
TRANSFERTS HYDRIQUES DE PESTICIDES**

***GUIDE DE DIAGNOSTIC
A L'ÉCHELLE DU PETIT BASSIN VERSANT***



***Jean-Joël Gril
Guy Le Hénaff
Karine Faidix (logiciel d'aide à la décision)***

DÉCEMBRE 2010

**TRAVAIL RÉALISÉ AVEC UN FINANCEMENT DU MINISTÈRE DE L'ALIMENTATION, DE L'AGRICULTURE ET
DE LA PÊCHE
DIRECTION GÉNÉRALE DES POLITIQUES AGRICOLE, AGROALIMENTAIRE ET DES TERRITOIRES (DGPAAT),
BUREAU DES SOLS ET DE L'EAU
PROGRAMME EAHER**

I. PRÉSENTATION

1. Préliminaires

1.1 *Quelles zones tampons ?*

Ce guide concerne les zones tampons susceptibles de limiter les transferts par ruissellement de pesticides. Les mêmes milieux peuvent remplir d'autres fonctions, comme le contrôle de la dérive de pulvérisation des mêmes molécules, mais les conditions d'efficacité sont différentes – et donc le diagnostic aussi.

Il s'agit, tout d'abord, des zones tampons, telles qu'elles sont décrites dans la brochure du CORPEN¹ sur le sujet et qui est supposée avoir été lue avant de s'intéresser au diagnostic qui leur est dédié : bandes enherbées, prairies, haies, bois, etc. : on trouvera en effet dans ce qui suit de nombreuses références à ce document (abrégée « CORPEN-ZT ») afin d'éviter d'alourdir le texte avec des informations déjà disponibles par ailleurs.

Par ailleurs, il existe également des « zones tampons humides » (non développées dans la précédente brochure), qui se caractérisent par l'existence d'un plan d'eau libre et un type de végétation bien distincte de celle des précédentes : lagunes, mares, fossés végétalisés, ... Quand ces zones tampons sont créées spécifiquement, on parle de « zones humides artificielles » (ZHA, correspondant à l'anglais *constructed wetlands*). Si les conditions d'efficacité de ces milieux pour traiter les eaux résiduaires sont bien connues, ce n'est pas encore tout à fait le cas pour ce qui concerne les eaux de ruissellement en milieu rural. Des travaux en cours devraient apporter des indications sur leur mise en œuvre, dans un avenir assez proche.

Le présent guide anticipe en prenant en compte ces zones tampons humides au même titre que les « sèches » : en effet, on sait déjà sans équivoque quelles conditions du milieu sont plus favorables à l'implantation des premières qu'à celle des secondes.

1.2 *Dans quel cadre se situe ce guide et à qui est-il destiné ?*

Le recours aux zones tampons est à situer dans le cadre d'un plan d'action visant à limiter la contamination des eaux par les pesticides. Ce type de dispositifs est proposé lorsqu'un diagnostic général préalable met en évidence les transferts de pesticides par ruissellement comme cause significative de la contamination.

Ce guide est un outil de diagnostic – spécifiquement dédié à la mise en œuvre des zones tampons² – destiné aux services techniques et bureaux d'étude chargés de la mise en œuvre concrète sur le terrain de ces aménagements, ainsi qu'aux Services de l'administration amenés à susciter ces études.

¹ « Les fonctions environnementales des zones tampons ; première édition 2007 : les bases scientifiques et techniques des fonctions de protection des eaux. » (texte, annexes et brochure de présentation). Certains passages plus spécialement utiles à la réalisation du diagnostic sont signalés dans le texte. Disponibles en ligne <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Productions-de-la-Corpen.html>. Pour approfondir les différents aspects de cette question, nous renvoyons à la bibliographie de ce document.

² Sur la relation entre diagnostic « général » et diagnostic « zones tampons », voir CORPEN-ZT, chapitre 3.



J.J. Gril Cemagref
Bande enherbée rivulaire (type « PAC »)



J.J. Gril Cemagref
Bois rivulaire



J.J. Gril Cemagref
Bande enherbée sur une rive, bois sur l'autre



J.J. Gril Cemagref
Lagune expérimentale (Villedomain 37)



J.J. Gril Cemagref
Bande enherbée de versant



J.J. Gril Cemagref
Prairie en travers d'un talweg

1.3. Rappel sur les conditions d'efficacité des zones tampons « sèches »

a) Les bases du diagnostic

On rappelle ici, d'une manière très brève, quelques points concernant les conditions d'efficacité et la localisation des zones tampons « sèches » (ZT) qui, à la fois, justifient et sont le fondement de la méthode de diagnostic qui est proposée ici. En pratique les ZT « humides » conviendront là où les « sèches » ne seront pas en mesure d'être efficaces : on y reviendra à la fin de ce paragraphe.

Il convient de rappeler tout d'abord que l'action des ZT sur le transfert hydrique ne peut s'exercer que si elles sont en position d'intercepter du ruissellement provenant des terres cultivées : quand l'eau circule depuis la parcelle jusqu'au cours d'eau essentiellement par voie souterraine, ce rôle ne peut être significatif. Les exigences liées au rôle des ZT vis à vis de la pollution par le ruissellement sont bien distinctes de celles en rapport avec l'interception de la dérive et plus complexes.



J.J. Gril Cemagref

***Bande enherbée rivulaire sur terrain filtrant :
intérêt strictement pour limiter la dérive de pulvérisation***



J.J. Gril Cemagref

***Seules les haies plus ou moins perpendiculaires à la pente
sont propres à intercepter le ruissellement***

L'efficacité d'une ZT à retenir les pesticides contenus dans l'eau de ruissellement peut être très importante : d'après des expérimentations en France, elle est habituellement supérieure à 50 % et fréquemment à 90 %. Néanmoins, elle peut aussi être beaucoup plus faible en l'absence de conditions favorables.

Cette capacité est fonction de l'intimité et de la durée du contact entre l'écoulement chargé en pesticides et le substrat constitué par le sol qui permet la rétention et la dégradation des substances. Cette aptitude est principalement le fait de la **capacité d'infiltration** des ZT, habituellement bien supérieure à celle d'une parcelle cultivée, et plus stable dans l'année. Le rôle de la sédimentation des particules chargées en substances et de l'adsorption des substances dissoutes sur les résidus et l'humus à la surface d'une surface enherbée restent généralement secondaires par rapport à celui de l'infiltration et n'est probablement significatif que pour des molécules à capacité d'adsorption élevée et une largeur de ZT assez importante. Les données expérimentales disponibles sont encore trop limitées pour en tirer des réponses vraiment opérationnelles ; mais il semble que les couverts forestiers soient plus efficaces que les couverts herbacés, du fait d'une épaisseur de litière plus importante.

En conséquence, pour qu'une ZT joue le rôle attendu, il faut avant tout que sa capacité d'infiltration soit préservée. Ce n'est pas le cas dans les situations suivantes :

- Quand sa perméabilité est réduite, soit du fait de la saturation du sol en eau (hydromorphie), soit du fait du tassement (par les animaux en cas de surpâturage, plus habituellement par la circulation des engins agricoles) ;

- Quand le ruissellement intercepté est concentré du fait, soit de la topographie, soit des pratiques culturales et que ce phénomène a une trop grande ampleur pour que la ZT soit capable de le disperser et de l'infiltrer. A l'extrême, on trouve le cas des ZT « court-circuitée » par un fossé ou un collecteur enterré de drainage.

Certains aménagements des ZT sont conçus pour améliorer cette dispersion du ruissellement.

Un autre point important est la largeur de la ZT, en regard de la surface de l'impluvium en amont et de ses caractéristiques pédo-climatiques et agricoles.

Enfin, l'état de la végétation et la formation de dépôts engendrés par l'érosion sont des aspects qui doivent également être pris en compte, à la fois comme indicateur d'érosion et parce que ces dépôts peuvent provoquer la concentration du ruissellement dans la zone tampon.

b) Mouvements de l'eau et transfert des pesticides

Ainsi, l'observation du tassement, de l'hydromorphie et de voies de concentration du ruissellement éventuels, ainsi que la présence de drainage enterré ou de busages, constituent le cœur du diagnostic de l'efficacité d'une ZT vis à vis du transfert de pesticides.

On peut néanmoins formuler une objection à cette manière de procéder : en effet, la part la plus importante du transfert des pesticides se produit lors des premières pluies capables d'engendrer le mouvement de l'eau (infiltration, ruissellement ou écoulement subsuperficiel) après l'application des produits³. Donc, si aucun traitement n'est réalisé dans cette période humide, le diagnostic risque d'être exagérément pessimiste.

Cette situation n'est pas la plus fréquente, mais elle ne doit pas être éludée. Toutefois, prendre en compte simultanément le transfert d'eau et de pesticides, à la fois sur le versant amont et dans la zone tampon, dans la pratique du diagnostic est beaucoup trop complexe, compte tenu des outils actuellement disponibles. On proposera donc, en pratique, de confronter les informations obtenues lors du présent diagnostic avec celles du diagnostic général des causes de la contamination (voir note 2, page 2) quand ce dernier est disponible. A défaut, il conviendra de s'informer sur le calendrier des pratiques phytosanitaires du secteur étudié en se rapprochant des structures locales de conseil aux agriculteurs.

³ Habituellement, dans le contexte français, les transferts importants ont lieu lorsque les pluies « efficaces » se produisent dans les quelques jours à quelques semaines qui suivent l'application. Néanmoins, si le sol reste très sec plus longtemps, des pluies plus tardives peuvent également provoquer un transfert significatif : cette situation a, par exemple, été observée dans le Sud pour des applications de printemps suivies d'une période de sécheresse prolongée.

c) Complémentarité entre zones tampons « sèches » et « humides »

Les zones tampons humides sont caractérisées par la présence d'un plan d'eau libre : leur efficacité est dépendante de l'activité biologique qui s'y produit, et du temps de séjour de l'écoulement. A part cela, elles sont moins dépendantes du milieu local que les zones tampons sèches, du moment que le milieu est suffisamment imperméable : ce en quoi elles sont adaptées à des situations qui ne conviennent pas aux zones tampons sèches. Elles sont capables également de traiter des écoulements à intercepter un peu en dessous de la surface du sol (drainage enterrés, fossés) ce que ne peuvent faire les précédentes quand la pente du terrain est faible. Le cas des prés et bois périodiquement hydromorphes est intermédiaire et sera abordé dans la notice B2.

1.4 Localisation : ZT rivulaires et ZT sur les versants

Pour une argumentation détaillée de ce qui suit, voir CORPEN-ZT, chap. 2 § 1 (particulièrement p. 36) et chap. 3, p. 73.

Comme le montre le schéma de la figure ci-dessous (CORPEN-ZT, p 28), les ZT peuvent être localisées en bordure de cours (ou plan) d'eau, ainsi que de différentes manières sur les versants (photos page 4).

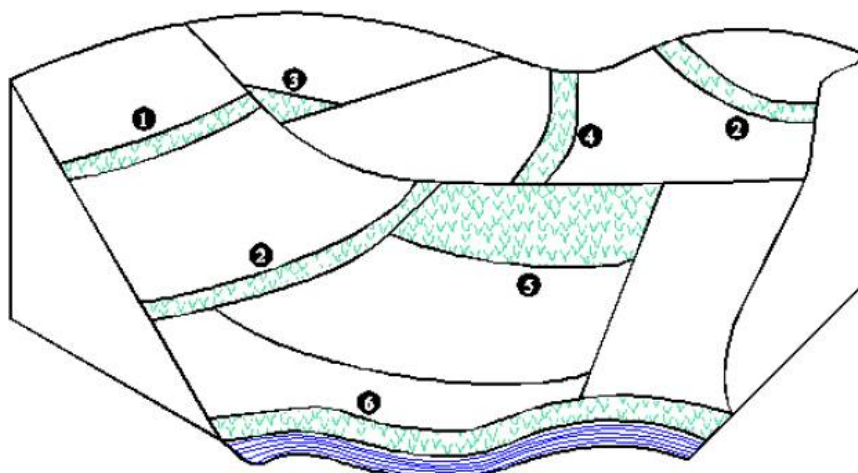


Figure 2.1 Localisation des zones tampons (CORPEN, 1997)

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

Pour ce qui concerne les transferts hydriques et d'un point de vue strictement technique, la localisation en bordure de cours d'eau n'est pas *a priori* la plus appropriée :

- à ce niveau, le degré de concentration des écoulements est maximal ;
- le risque de présence d'hydromorphie aussi (quoique ce ne soit pas systématique) ;
- le ruissellement infiltré rejoint rapidement le cours d'eau.

Néanmoins, pour de nombreuses raisons, à la fois techniques, sociologiques et réglementaires, il ne s'agira à peu près jamais d'en conclure que les ZT rivulaires sont inappropriées et doivent être remplacées par des ZT de versant.

Sans entrer ici dans le détail, on rappellera simplement l'importance des ZT rivulaires comme zones non traitées (protection contre la dérive de pulvérisation), comme protection rapprochée

contre les écoulements des parcelles riveraines, comme corridors biologiques et du fait de leur meilleure acceptabilité (en général) par rapport aux ZT de versants.

Ainsi, dans beaucoup de situations, la décision en matière de mise en place et de restauration de zones tampons sur un bassin versant pourra être élaborée en deux phases successives :

1°) proposer la mise en place de ZT rivulaires quand elles sont absentes et proposer, si besoin, des améliorations de leur fonctionnement quand elles sont présentes ;

2°) analyser si le dispositif rivulaire ainsi constitué est suffisant ou non ; et, dans la négative, proposer un dispositif complémentaire constitué de zones tampons sur les versants.

1.5 Le diagnostic et ses phases

Ce qui vient d'être dit a deux conséquences.

1°) Tout d'abord, cela implique la nécessité de réaliser un diagnostic local pour proposer un dispositif efficace de zones tampons sur un bassin versant.

Comme on l'a vu, les zones tampons ne joueront un rôle vis à vis des transferts hydriques qu'en présence de ruissellement ou d'écoulements latéraux à très faible profondeur (en général, avec présence d'assainissement agricole)

Cette information préalable peut être apportée en consultant les diagnostics régionaux réalisés sous l'égide des groupes phytosanitaires régionaux (CORPEP, GRAPPE, ...) ou toute source d'information locale (chambres d'agriculture, etc.).

Une fois cette information acquise, le diagnostic spécifique pour la mise en œuvre des zones tampons peut être entrepris. Il sera réalisé à l'échelle du bassin versant d'un cours d'eau d'ordre 1 (voire 2, au maximum), échelle à laquelle le diagnostic peut conduire à la proposition d'un plan d'aménagement de zones tampons, à la fois cohérent et précis. Ce n'est donc pas l'échelle d'un diagnostic « régional » (au sens administratif de ce mot comme pour les groupes phytosanitaires évoqués ci-dessus ou au sens large du terme), échelle qui permet de vérifier l'intérêt global des zones tampons pour limiter la pollution par les pesticides, mais qui n'est pas adaptée à une approche concrète d'aménagement.

Pour une présentation général des principes de ce diagnostic, voir CORPEN-ZT, chapitre 3 (p. 65).

2°) Ensuite, cela conduit à proposer que ce diagnostic soit décomposé en deux phases successives.

Première phase : un diagnostic « vu du cours d'eau »

Ce premier diagnostic consistera à suivre le cours d'eau pour réaliser un certain nombre d'observations, concernant la berge, l'éventuelle zone tampon existante (ripisylve, bande enherbée, ...) et les parcelles riveraines : occupation et état du sol (hydromorphie), végétation et connexions hydrauliques entre le cours d'eau et le bas du versant⁴.

Deuxième phase : diagnostic des versants et ingénierie des zones tampons

Cette deuxième phase sera réalisée ensuite, elle-même en deux opérations successives.

- L'analyse des observations obtenues dans la première phase, confrontée à la compréhension du fonctionnement hydrique global du bassin versant ; cette première opération doit permettre de

⁴. A noter que les observations à réaliser sur les zones tampons concernant l'hydromorphie et les court-circuits sont également valables pour les versants : voir le « guide de diagnostic de l'efficacité des zones tampons rivulaires vis à vis du transfert hydrique de pesticides ».

conclure si les zones tampons rivulaires sont suffisantes (éventuellement avec quelles améliorations à y réaliser) ou si elles doivent être complétées par des ZT sur les versants.

- Le cas échéant, un diagnostic complémentaire, associant observations et propositions d'aménagements sur les versants devra être proposé.

Justification de la distinction de ces deux phases

Comme on le voit, ces deux phases ne sont pas équivalentes, surtout en terme de type de compétences : la première consiste à réaliser des observations, la deuxième associe observations et compétence en matière d'ingénierie (compréhension du fonctionnement hydrique du BV, conception et dimensionnement des aménagements).

Ainsi, outre que ce phasage est logique en lui-même compte tenu de ce qui a été précisé au § 1.2, cette distinction peut permettre éventuellement de séparer les rôles.

- La deuxième phase nécessite des compétences en matière d'agronomie, de pédologie et d'hydraulique rurale alors que la première, elle, devrait pouvoir être acquise par des agents ne possédant pas l'ensemble de ces compétences, moyennant une formation légère (formation continue courte).

- La première phase représente, par contre, un certain investissement en temps. Une économie non négligeable devrait pouvoir être réalisée, en déchargeant le gestionnaire ou son consultant, si elle est effectuée par des agents qui arpentent habituellement les bords de cours d'eau pour toute ou partie de leur activité, comme les techniciens de rivières ou les agents de l'ONEMA, dans la mesure où ils pourraient être disponibles pour ce type d'action. L'expérience acquise par ces agents en matière d'observation du milieu devrait grandement leur faciliter l'acquisition des connaissances nécessaires.

Ce dernier point paraît stratégiquement important : en effet, le coût d'un diagnostic dédié à la mise en place de zones tampons peut se révéler dissuasif, et conduire à se limiter aux seules zones tampons rivulaires rendues obligatoires par les différents dispositifs réglementaires ou incitatifs (ZNT, écoconditionnalité PAC, zones vulnérables nitrates) qui pourront se révéler suffisants dans certaines situations, mais pas dans d'autres.

2. La réalisation du diagnostic à l'échelle du bassin versant

2.1 Principe

Ce diagnostic vise à déterminer le choix du type de zone tampon (et des éventuels aménagements complémentaires destinés à améliorer leur fonctionnement) en fonction de la position dans le bassin versant et des caractéristiques locales du milieu.

La question du dimensionnement, qui vient juste après le positionnement à la fois en terme logique et en terme d'importance, n'est pas abordé ici. En effet, pour aller plus loin que les standards encore proposés actuellement (CORPEN et USDA américain), il faut disposer d'une méthode fondée sur l'utilisation d'un modèle opérationnel qui est encore en cours de développement ; **quand il sera disponible, le diagnostic du positionnement et celui du dimensionnement pourront être associés dans le même outil.**

2.2 L'arbre d'aide à la décision et ses critères

La méthode s'appuie sur l'utilisation d'un arbre d'aide à la décision qui vise, autant que possible, à prendre en compte toutes les situations possibles : certaines sont fréquentes, d'autres nettement moins.

Les critères de décision sont fondés sur l'observation de la situation vis à vis de l'hydromorphie et de la concentration du ruissellement, conformément à ce qui a été présenté ci-dessus.

L'observation de la concentration du ruissellement est assez simple ; en revanche, celle de l'hydromorphie exige un peu de compétence, ainsi que du temps et de l'effort (tarière, profil). Les cartes pédologiques et les diagnostics existants (diagnostic régional phytosanitaire en particulier) doivent être mis à profit, ainsi que les compétences locales.

On part du constat de la présence ou de l'absence de ruissellement sur les parcelles en amont, les zones tampons n'ayant aucun intérêt pour limiter le transfert hydrique dans le second cas⁵.

Ensuite, on observe le caractère diffus ou plus ou moins concentré du ruissellement émis par les parcelles. Puis le tri s'effectue sur les critères d'hydromorphie et de morphologie pour orienter vers les « situations-types » qui constituent les solutions d'aménagement adaptées au contexte local.

2.3 Epoques favorables au diagnostic

Globalement, on privilégiera une période pendant laquelle les sols sont humides pour être en mesure d'identifier les manifestations de l'hydromorphie et de la concentration du ruissellement (photo ci-dessous).

On peut, toutefois, être un peu plus nuancé, en tenant compte de ce qui a été dit plus haut (§ 1.3 b).

- Les périodes de transfert maximal correspondent aux premières pluies capables d'engendrer du ruissellement après l'application des produits : idéalement, le diagnostic devrait être réalisé dans ces moments.

- De ce point de vue, les périodes les plus adaptées pour les cultures d'hiver sont la fin de l'automne alors que pour les cultures de printemps, il s'agit plutôt de la sortie d'hiver - début du printemps (traitements herbicides). Dans le cas d'apparition de forts ruissellements sous l'effet des orages estivaux, la belle saison peut être une période de transfert des fongicides et insecticides.

Notons que la présence de plantes hydrophiles (joncs, carex, ...), visibles toute l'année, constitue également un indicateur utile d'hydromorphie. En été, d'autres plantes indicatrices sont présentes (voir guide du diagnostic des zones tampons rivulaires).

- En pratique, pour des raisons de disponibilité et de coût on ne pourra généralement pas multiplier les tournées.

Si un diagnostic général a été réalisé dans la région, on pourra y trouver des éléments de choix ; sinon, on se renseignera auprès des acteurs locaux compétents. Par ailleurs, l'expérience de ce diagnostic et une bonne connaissance du milieu peuvent laisser une certaine souplesse. On recommandera simplement de porter une attention particulière à cette question lors des premières interventions.



G. Le Hénaff Cemagref
Conditions humides, favorables au diagnostic

⁵ Un point important doit être signalé : le drainage enterré peut réduire considérablement le ruissellement dans les parcelles concernées. Dans ce cas, ce seront plus spécifiquement les zones tampons humides qui conviendront (voir notice A5).



***Talweg**
L. Liger Cemagref*

II. L'ARBRE D'AIDE A LA DÉCISION

Quelques précisions préalables

La position de l'arbre dans la démarche générale de diagnostic des zones tampons

Rappelons les différentes étapes qui aboutissent à la conception d'un dispositif de zones tampons dans un bassin versant dans l'objectif de limiter la contamination des eaux par les pesticides⁶.

Etape 1. Le diagnostic général des modes de transfert des pesticides et des causes de la contamination : quand il a été réalisé préalablement, il permet de savoir en particulier si la mise en œuvre de zones tampons est pertinente dans le secteur étudié (CORPEN-ZT, chap. 3). En son absence la notice A1 donne des éléments pour y suppléer.

Etape 2. Le diagnostic réalisé par observation des zones tampons de bords de cours d'eau (et autres « points d'eau ») qui donne des éléments d'appréciation pour savoir si ce dispositif rivulaire peut être considéré comme suffisant ou s'il a besoin d'être complété par des aménagements complémentaires sur les versants. Cela sera souvent le cas (sur l'ensemble du bassin ou sur certaines parties) et c'est ce qui justifiera de passer à la présente démarche.

Etape 3. L'arbre d'aide à la décision doit permettre de préciser en fonction des caractéristiques locales des écoulements sur les versants (concentration, hydromorphie, topographie, ...) si la mise en œuvre d'une zone tampon est possible et, le cas échéant, quel est le type adapté et quels sont les aménagements complémentaires qui pourraient être mis en œuvre.

Etape 4. L'outil de dimensionnement, in fine, doit permettre de préciser quelle doit être la dimension de la zone tampon pour qu'elle remplisse son rôle. A noter que cet outil peut être mis à contribution aux étapes antérieures :

- pour aider à évaluer si le dispositif tampon rivulaire présent est suffisant ou non ;
- lors du déroulement de l'arbre d'aide à la décision (voir notice A2).

Organisation du travail de diagnostic

En pratique, deux questions se posent.

- Qu'est ce qui peut être fait au bureau, sur plans et cartes, et qu'est-ce qui doit être obtenu en circulant sur le terrain ?
- Sur le terrain, doit-on partir du cours d'eau et remonter vers la ligne de crête ou faire l'inverse ?

⁶ L'adaptation au cas des autres polluants agricoles peut être envisagée sans trop de difficultés, en particulier en s'appuyant sur les informations contenues dans les annexes de CORPEN-ZT.

Il n'y a probablement pas de réponse systématique à ces deux questions : cela peut dépendre, en particulier, de la complexité de la situation locale, de l'expérience de l'opérateur et de sa connaissance du terrain

A priori et pour commencer, on peut proposer la démarche suivante :

- Commencer par bien comprendre l'organisation progressive des écoulements sur cartes et photographies aériennes. Ce travail doit être associé à l'analyse du rapport d'observation des zones tampons rivulaires (étape 2).

- Ensuite, aller sur le terrain et partir des points bas que sont les confluent du cours d'eau avec les talwegs latéraux en remontant ceux-ci et en cherchant à vérifier ce que l'observation sur cartes et photos faisait pressentir. L'intérêt du sens de l'aval vers l'amont est de partir du plus concentré vers le plus diffus : plus on est situé bas, moins on aura à mettre en place d'aménagements. Ainsi, on ne remonte au cran supérieur que si un aménagement plus bas n'apparaît pas satisfaisant – et cela, jusqu'à la zone tampon de bord de parcelle, voire intra-parcellaire dans le cas des très grands champs.

Support papier et support informatique

L'arbre d'aide à la décision et ses notices d'aide sont disponibles sous forme « papier » dans le présent document et aussi sous forme informatisée et progressive, disponible selon la procédure décrite en annexe (Annexe 1).

On trouvera ci-dessous :

- l'arbre d'aide à la décision ;
- des notices destinées à faciliter les choix lors du cheminement : notices A1 à A10 ;
- des notices des différentes solutions correctives auxquelles aboutissent ces choix : notices B1 à B7.

Légende de l'arbre d'aide à la décision

**Ruissellement diffus ou
légèrement concentré A3**

**Critère de choix
(avec référence de la notice)**

**ZT
« modèle »
B3**

**Type de zone tampon
(avec référence de la notice)**

**Aménagement
dispersif B5**

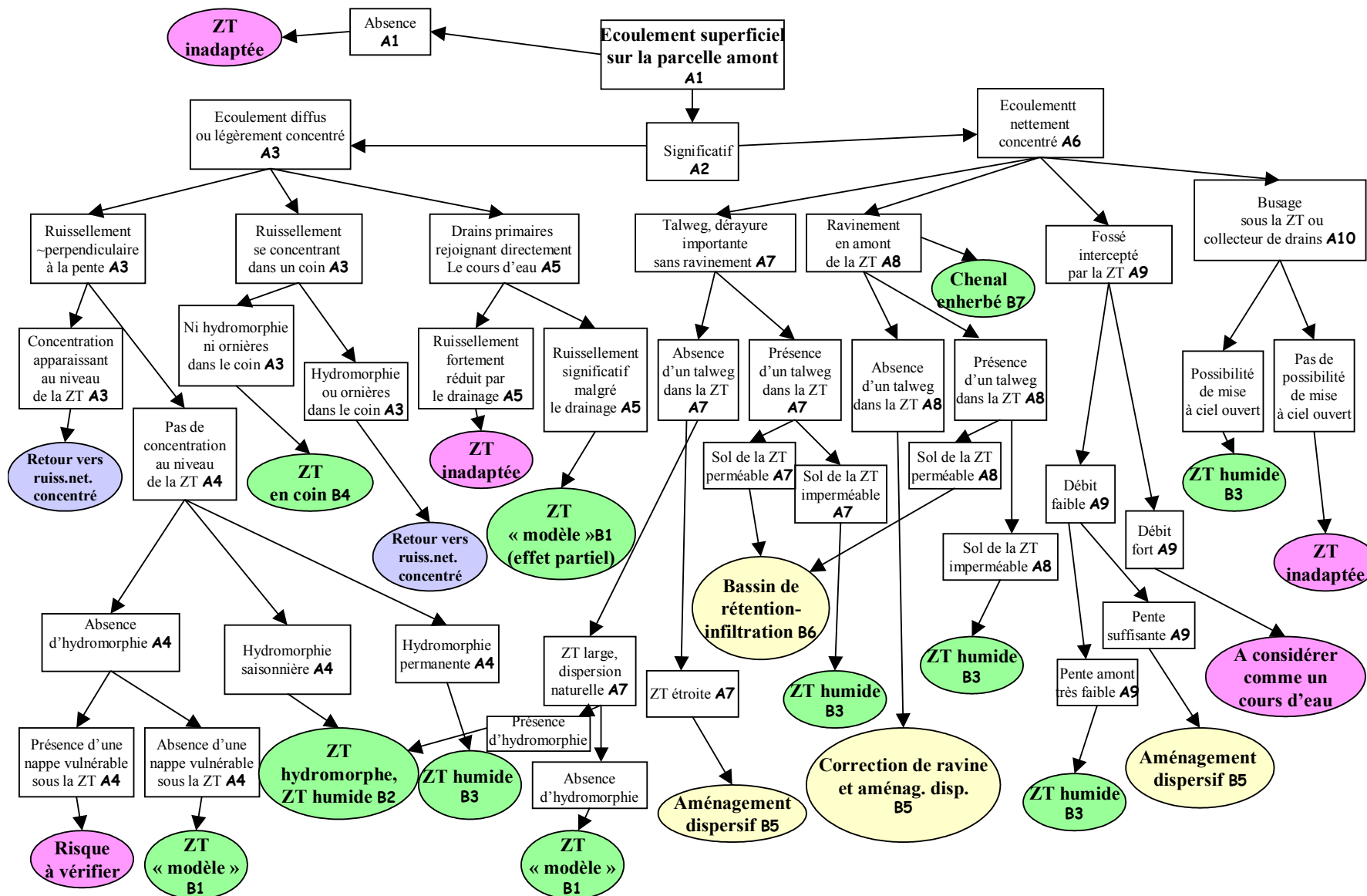
**Aménagement complémentaire
(avec référence de la notice)**

**Retour vers
Ruissellement
concentré**

Retour en amont de l'arbre

**Zone tampon
inadaptée**

**Arrêt de l'analyse : inadaptation
ou autre problème**



Identification des types de zones tampons adaptées aux conditions locales

Arbre d'aide à la décision

Zones tampons : guide de diagnostic à l'échelle du petit bassin versant

Notices de documentation de l'arbre d'aide à la décision

A. Explicitation des critères de choix

Les textes en encadré apparaissent dans l'outil informatique au niveau du choix à opérer. Les textes qui suivent dans certains cas les encadrés dans la version papier (accessibles par un lien dans la version informatique) fournissent une information plus détaillée.

A1. Présence d'écoulement superficiel sur la parcelle en amont de la zone tampon (existante ou à créer) ou présence d'un réseau de drainage

Par « écoulement superficiel », on entend à la fois le ruissellement et l'écoulement « hypodermique » (écoulement latéral à faible profondeur). C'est ce dernier qui est fortement accéléré par la mise en place de systèmes d'assainissement : fossés et drains enterrés.

Pour que les zones tampons jouent un rôle vis à vis du transfert hydrique des produits phytosanitaires, il faut qu'une partie au moins du trajet suivi par l'eau, depuis l'interception de la pluie par les parcelles traitées jusqu'au milieu aquatique récepteur soit superficiel ou hypodermique. Notons que le milieu aquatique qui constitue la destination finale peut être de l'eau de surface ou souterraine, la zone tampon devant être en position d'intercepter ces écoulements.

Quand l'infiltration verticale en profondeur domine largement sur tout ce trajet, les zones tampons ne conservent leur intérêt qu'en bordure de points d'eau superficiels, en constituant une zone non traitée qui limite les effets du transfert aérien au moment de la pulvérisation (la dérive).

A l'échelle régionale (au sens large du terme), la connaissance des modes de circulation de l'eau dans un secteur donné peut être fournie par des études pédologiques ou le diagnostic des groupes régionaux phytosanitaires quand ils ont été réalisés. Par ailleurs, cette information peut être fournie par les agriculteurs ou leur encadrement technique.

En bordure de point d'eau, une zone tampon joue toujours le rôle de « zone non traitée », protégeant ce point d'eau du transfert de pesticides par voie aérienne produit par la dérive de pulvérisation. (Cf. CORPEN-ZT).

Cette situation est simple, contrairement à celle de leur transfert par voie hydrique, beaucoup plus complexe : c'est ce qui justifie cet arbre d'aide à la décision qui concerne exclusivement cette dernière voie de transfert.

Rappel succinct sur le ruissellement

Pour plus de précision voir CORPEN-ZT, annexes 1 et 2 et les références bibliographiques associées. On consultera également les bases du diagnostic proposé par le CORPEN et exposé dans le document sur le désherbage (voir lien vers la documentation du CORPEN, note 1 page 2).

Le ruissellement peut être dû à une capacité d'infiltration à la surface du sol plus faible que l'intensité de la pluie (ruissellement dit « hortonien »)⁷ ou à la présence d'une couche imperméable à faible profondeur entraînant d'abord un « remplissage » du réservoir constitué par le sol au-dessus de cette rupture de perméabilité, puis « débordement » à la surface de sol (ruissellement « par saturation »).

⁷ Le phénomène de la « battance », dû à la destruction des agrégats de sols en surface sous l'effet de l'énergie des gouttes de pluies, est fréquemment la cause de l'imperméabilisation de la surface des sols. Les sols limoneux y sont particulièrement sensibles.

L'eau accumulée dans le sol s'écoule aussi, à une vitesse qui dépend de la pente – mais toujours plus lentement qu'à la surface du sol : c'est l'écoulement « subsuperficiel » ou « hypodermique ».

Les zones tampons « sèches », du type bandes enherbées ou boisées, haies, ... (celles qui sont abordées dans le document du CORPEN) sont aptes à traiter les eaux de ruissellement (avec certaines restrictions en sols très humides). Pour le ruissellement également, mais aussi dans le cas de l'interception d'écoulements hypodermiques sans ruissellement, en présence de fossés et/ou de drainages enterrés (si leur présence réduit très fortement le ruissellement), on se tournera vers les zones tampons « humides » (notice B3).

Pour vérifier si on se trouve dans une situation où les zones tampons présentent un intérêt pour traiter ces transferts hydriques superficiels, on pourra se référer aux documents de diagnostic des groupes régionaux phytosanitaires ainsi qu'aux documents de l'IGCS (Inventaire Gestion et Conservation des Sols) quand ils existent.

Par ailleurs, c'est une information facile à obtenir localement auprès des agriculteurs et de leurs conseillers – ainsi que par des observations directes sur le terrain, qui sont, de toute façon, toujours recommandées.



G. Le Hénaff Cemagref

Une cause de la formation du ruissellement : la battance



G. Le Hénaff Cemagref

***Les signes du ruissellement : sol très humide ;
écoulement dans les traces de roues ; dérayure transformée en rigole***



L. Liger Cemagref

Les signes du ruissellement : ravinement et dépôts

Cas de la protection des eaux souterraines par les zones tampons

Comme on l'a vu, les zones tampons sont susceptibles de protéger les ressources en eaux souterraines, à partir du moment où une partie du trajet suivi par l'eau depuis l'interception de la pluie par la parcelle jusqu'à cette ressource est un écoulement superficiel latéral, ruissellement ou écoulement subsuperficiel.

C'est, en particulier, une situation très classique des plateaux calcaires (craie ou autres) couverts par une épaisseur plus ou moins importante de limons éoliens. Ces derniers sont sensibles à la battance qui génère du ruissellement, lequel est capté et infiltré plus loin en rencontrant une zone plus filtrante. Dans ce type de situations, la démarche présentée ici s'applique donc à ce secteur d'écoulement superficiel en amont de la zone d'infiltration.

Il existe différentes variantes de ce type d'écoulement : on en signalera deux très courants.

- La couverture limoneuse, épaisse et non pierreuse sur le plateau s'affine progressivement sur les versants des vallées (sèches ou avec cours d'eau) pour former des sols très superficiels et filtrants à forte charge de cailloux calcaires où le ruissellement s'infiltré. Il faut toutefois introduire ici une importante nuance : en effet l'infiltration peut être associée ou non à un transfert de pollution direct vers les eaux souterraines. Dans le cas des sols à forte réserve utile (100 à 120 mm environ) non faillés, les risques de transfert restent assez limités⁸. Par contre, en présence de failles provoquant une infiltration rapide et/ou d'une faible réserve utile, l'infiltration se traduit par un risque réel de pollution. Les « cranettes », par exemple, sols superficiels sur substrat crayeux ont une réserve utile très variable : il convient donc de s'informer auprès des acteurs locaux compétents.

Sur les sols filtrants à risque de transfert, les zones tampons doivent être mises en place en amont, au niveau des « bons » limons : il convient d'insister sur ce point, car il est tentant pour les agriculteurs de les implanter sur ces sols superficiels moins productifs plutôt qu'en amont sur sols profonds.

⁸ Sur cette question voir le document sur le désherbage (1999) qui pose les bases de la démarche de diagnostic proposée par le CORPEN (même site que CORPEN-ZT).



J.J. Gril Cemagref

Cranettes : affleurement de la craie au niveau d'un coteau



J.J. Gril Cemagref

***Jachère implantée au niveau d'une zone de cranette,
peu fertile et vraisemblablement à très forte perméabilité***

- La couverture superficielle du substrat calcaire est « perforée » ponctuellement par des engouffrements karstiques (les « bétoires ») qui sont souvent positionnés sur des voies d'écoulements associées à un talweg. Si cette couverture reste épaisse jusqu'au bord de la bétoire, on peut installer des zones tampons à leur amont immédiat, mais c'est toujours mieux de le faire plus haut, par exemple en limite de la parcelle supérieure. Si le talweg est encaissé ou l'impluvium collecté important, la mise en place d'un chenal enherbé (notice B7) paraît intéressante – surtout si elle est justifiée par la présence d'un fort ravinement.



AREAS
Bétoire

A2. Ruissellement diffus ou concentré ?

Il n'est pas très difficile de distinguer le ruissellement diffus, qui suit souvent les lignes de semis ou de plantation, du ruissellement concentré par le relief (les talwegs, hors réseau hydrographique ou hydraulique) ou par les travaux agricoles (dérayures, fourrières).

Il est, par contre, plus délicat de distinguer un faible niveau de concentration, qui peut être traité comme le ruissellement diffus, d'un fort niveau qui doit être traité d'une manière spécifique.

Deux manières de faire sont proposées :

- avec un outil de dimensionnement, en recherchant la largeur de zone tampon nécessaire et en vérifiant qu'elle est réaliste ;
- qualitativement, en prenant l'option « ruissellement nettement concentré » en présence de grands talwegs inter-parcellaires ou internes à de grandes parcelles.

On trouvera dans CORPEN-ZT (annexe 2, §2) des éléments pour distinguer les ruissellements diffus et concentré. Le point qu'il reste à préciser est la limite qui permet de distinguer le ruissellement concentré suffisamment faible pour le regrouper avec le diffus et celui qui est suffisamment important pour être traité distinctement.

En toute rigueur, il faudrait tenir compte à la fois du débit potentiel susceptible d'être intercepté par la zone tampon - qui dépend de la surface de l'impluvium, mais aussi de très nombreux autres facteurs - , et de la capacité d'absorption de la ZT – qui dépend de sa largeur, de sa perméabilité, etc.

Cela renvoie à la question du dimensionnement et, en pratique, à deux cas de figure.

a) On dispose d'un outil de dimensionnement (modèle opérationnel) et on prévoit de l'utiliser en simultanéité avec cet arbre d'aide à la décision : dans ce cas, la simulation permet de déterminer la largeur de la zone tampon adaptée pour traiter l'écoulement concentré à un certain niveau du versant. Si cette largeur est réaliste, on est ramené au cas « diffus », si elle ne l'est pas, cela renvoie au cas « concentré ». Ce critère de réalisme sera, bien entendu, très différent si on prévoit de mettre en place une bande enherbée étroite (par exemple de 5 ou 10 m de large) ou si on s'intéresse à l'interception par une prairie ou un bois en place de plusieurs dizaines (voire centaines) de mètres de large.

b) On en reste à une approche qualitative, au moins au niveau de ce travail. Dans ce cas, on pourra s'appuyer sur les considérations – très simplificatrices et pragmatiques – suivantes :

- Si on a affaire à un parcellaire de taille petite ou moyenne (quelques hectares), on distinguera les figures de concentrations (talwegs, dérayures, fourrières, rigoles d'assainissement⁹) intra-parcellaires des grands systèmes (généralement des talwegs) qui s'étendent sur plusieurs parcelles : les premières seront traitées avec le ruissellement diffus et les seconds comme ruissellement concentré.

- Si on a affaire à de grandes parcelles (par exemple, 10 à 20 ha), les figures de concentration s'étendant sur une large part de la parcelle relèveront du ruissellement concentré.



G. Le Hénaff Cemagref

***Petite concentration intra-parcellaire
mise en évidence par l'effet de l'hydromorphie sur le colza***



G. Le Hénaff Cemagref

***Petite concentration intra-parcellaire, mise en évidence par le verdissement, dû sans doute
à une humidité plus importante que dans le reste de la parcelle***

⁹ Mode d'assainissement complémentaire de surface, pratiqué dans certaines régions comme la Bresse et la Dombes.



J.J. Gril Cemagref

Petit talweg intra-parcellaire, sans encaissement et avec un léger ravinement



G. Le Hénaff Cemagref

Dérayure dans un talweg



J.J. Gril Cemagref

Talweg plus important, peu encaissé



L. Liger Cemagref
talweg encaissé ave traces d'érosion sur les versants
et dépôts dans la dépression



G. Le Hénaff Cemagref
Fourrière collectant le ruissellement diffus de la parcelle



L. Liger Cemagref
Rigole d'assainissement recoupée par des traces de roues



J.J. Gril Cemagref

Dérayure transformée en rigole d'assainissement

A3. Cas du ruissellement diffus ou légèrement concentré

A ce niveau, trois cas sont distingués : le ruissellement vraiment diffus, le ruissellement qui se concentre dans un coin de la parcelle et les réseaux de drains élémentaires.

A3.1 Cas simple

Dans le cas le plus simple, le ruissellement suit les lignes de semis ou de plantation et parvient d'une manière effectivement diffuse à la zone tampon, perpendiculairement ou en oblique.

Dans cette situation classique, c'est la présence ou non d'hydromorphie qui conduira à des choix différents (notice A4). Néanmoins, il faut envisager le cas où le ruissellement est bien diffus dans la parcelle, mais se concentre dans la zone tampon elle-même (figure 3) : si ce phénomène paraît vraiment important, on renvoie au choix du « ruissellement nettement concentré ». Ce cas est abordé par souci d'exhaustivité : en pratique, il paraît peu fréquent et ne devrait concerner que des prairies ou bois plutôt larges.

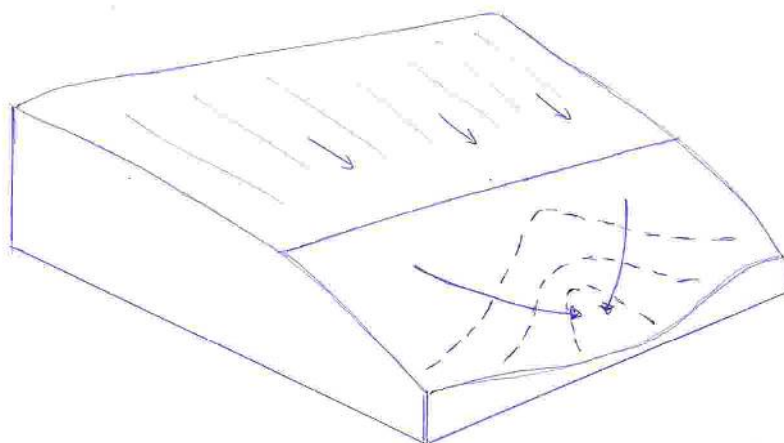


Figure 3 : concentration débutant au niveau de la ZT

A3.2 Concentration en coin de parcelle

La présence d'une « contre-pente » significative sur la parcelle, surtout quand elle associée à une fourrière ou à des traces de roues, conduit souvent à un premier niveau de concentration dans un coin de celle-ci. Si cela concerne le ruissellement de toute la parcelle ou d'une majeure partie de celle-ci, on distinguera ce cas du précédent.

Si ce coin est fortement marqué par du tassement et des ornières (entrée de parcelle), on renvoie au choix du « ruissellement nettement concentré », à moins qu'il soit possible de proposer de déplacer l'entrée de la parcelle en amont de celle-ci, ce qui est toujours souhaitable, mais peut se révéler difficile à mettre en œuvre en pratique.

Quand le coin n'est pas affecté par ce problème, on peut y implanter une zone tampon « en coin ».

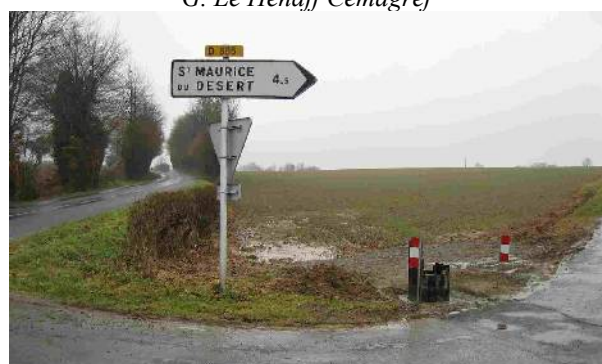


J.J. Gril Cemagref

Sortie en coin aval et tassement



G. Le Hénaff Cemagref



J.J. Gril Cemagref

Coins de parcelle où se concentre le ruissellement

A3.3. Drains primaires rejoignant directement le cours d'eau : voir A5

A4. Ruissellement diffus et hydromorphie

Quand le sol est sain toute l'année, on est dans la meilleure situation possible (zone tampon modèle, notice B1).

En présence d'hydromorphie temporaire, la zone tampon aura une efficacité extrêmement limitée dans la période où le phénomène se produit – ce qui peut être acceptable ou non, en fonction, en particulier, des périodes de traitements (zone tampon « hydromorphe »).

Quand cela ne l'est pas, et a fortiori si l'hydromorphie est plus ou moins permanente, seule la zone tampon humide est envisageable.

Rappelons que l'efficacité d'une zone tampon (de type « sec ») est principalement due à sa capacité d'infiltration (voir CORPEN ZT) : le critère d'hydromorphie, saisonnière ou permanente, est essentiel pour orienter vers un type de zone tampon adapté.

Pour une présentation de l'hydromorphie et de son observation, on renverra, par exemple, vers le site du « Programme sols de Bretagne », dont est tirée l'illustration ci-dessous.



Sol hydromorphe ressuyé (en surface) : pseudogley (tâches rouilles sur fond clair)

Sol ennoyé (en dessous) : gley (gris bleu)

<http://www.sols-de-bretagne.fr>

- En présence de ruissellement diffus et en l'absence d'hydromorphie, la zone tampon « modèle » (notice B1) est parfaitement adaptée.

Un cas toutefois mérite attention : quand le ruissellement est intercepté à proximité immédiate d'un captage avec un risque de contamination directe par l'eau infiltrée. Dans ce cas seulement, a priori plutôt exceptionnel et localisé, l'implantation d'une zone tampon peut se révéler plus nuisible qu'utile.

- En présence d'hydromorphie saisonnière, la zone tampon perdra une bonne partie de son efficacité pendant la période humide et sera performante dans la période sèche. Dans ce cas, deux options sont possibles.

a) On accepte que la zone tampon ne joue pleinement son rôle qu'une partie de l'année : cela peut être tout à fait admissible, en particulier quand les principaux risques de transfert apparaissent dans cette période en relation avec la climatologie et les pratiques phytosanitaires. C'est le diagnostic général des risques de transfert qui permet d'avoir une information à ce sujet (voir CORPEN ZT, introduction du chapitre 3). Dans ce cas, la zone tampon « hydromorphe » (notice B2) est adaptée. Il convient également de préciser que les zones tampons hydromorphes boisées paraissent plus performantes en période hivernale que les zones enherbées (voir également notice B2).

b) On peut mettre en place une « zone humide artificielle » (notice B3) qui peut, potentiellement au moins, assurer une efficacité plus pérenne – avec les limites qui sont précisées dans cette dernière notice.

- En présence d'hydromorphie plus ou moins permanente, seule la zone humide artificielle peut être mise en œuvre.

A5. Drains enterrés primaires rejoignant directement le cours d'eau

Des drains enterrés élémentaires peuvent être traités comme le ruissellement diffus et les collecteurs ou les fossés busés comme le concentré.

Toutefois, si la présence des drains limite fortement le ruissellement, la zone tampon ne sera pas adaptée.

On rattache cette situation au ruissellement diffus, comme on rattache les collecteurs de drainage, les busages et les fossés au ruissellement concentré.

En général, les parcelles agricoles sont drainées par des drains élémentaires disposés en épis qui rejoignent un collecteur enterré, conduisant à un fossé ou un cours d'eau. Néanmoins, des parcelles en bordure de cours d'eau peuvent être assainies par un réseau de drains élémentaires le rejoignant directement ; le faible diamètre et le nombre de ces drains permettent de les repérer. Toutefois si un tel drain est isolé, il s'agit sans doute du drainage ponctuel d'une mouillère (zone hydromorphe limitée, dépression ou source).

Dans beaucoup de situations régionales, la présence du drainage fait drastiquement chuter l'importance du ruissellement par rapport au transfert d'eau par les drains : c'est typiquement le cas des écoulements hivernaux dans l'ouest de la France. Par contre, dans le Sud-Ouest, les orages printaniers sur sol encore humide provoquent le fonctionnement des drains, tout en laissant une part non négligeable au transfert d'eau par ruissellement (figure 4). Dans le premier cas, les zones tampons paraissent inadaptées pour maîtriser les transferts de pesticides ; dans le deuxième, elles auront une efficacité partielle.

Cet embryon rudimentaire de typologie régionale a évidemment besoin d'être affiné et confirmé. Dans l'attente, il convient de chercher des informations auprès des acteurs locaux compétents.



Figure 4 : types "pédo-climatiques »

- A gauche « Ouest – hivernal »
- A droite : « Sud-Ouest – printanier »



J.J. Gril Cemagref
Drain primaire (faible diamètre)



G. Le Hénaff Cemagref
Mouillère, susceptible d'être assainie par un drain primaire isolé

A6. Cas du ruissellement nettement concentré

Par un talweg concentrant le ruissellement d'un impluvium étendu, peut transiter un débit important qu'une zone tampon risque fort de ne pouvoir infiltrer significativement : dans la majorité des cas, une zone tampon simple ne sera pas suffisante à elle toute seule. Des aménagements complémentaires destinés à permettre la dispersion du ruissellement peuvent être proposés. Ce sont principalement les contraintes topographiques du fonctionnement superficiel de la zone tampon « sèche » et de la dispersion qui sont à l'origine des différentes options qui vont suivre, ainsi que les conditions d'hydromorphie, comme précédemment.

Cette concentration peut être produite par la présence d'un talweg (notice A7 et A8), d'un fossé (notice A9) ou encore associée à la présence d'un collecteur enterré ou d'un busage (notice A10).

A7. Concentration produite par la présence d'un talweg encaissé dans une grande parcelle ou d'un talweg inter-parcellaire sans présence de ravinement

La topographie à l'origine de la concentration du ruissellement à l'amont peut se poursuivre dans la zone tampon ou non : ce dernier cas est, en particulier, celui du passage entre un versant et une zone alluviale. Ces deux situations doivent être examinées d'une manière distincte.

A7.1. Encaissement du talweg ne se poursuivant pas au travers de la zone tampon

Une zone tampon, surtout herbacée, est capable d'assurer une certaine dispersion.



AREAS

Dispersion provoquée par une prairie temporaire

Si la zone tampon est large (plusieurs dizaines de mètres), la dispersion peut se produire naturellement. Cela ramène au cas du ruissellement diffus qui oriente vers la zone tampon « modèle » ou la zone tampon hydromorphe, suivant les conditions d'hydromorphie. Dans le cas d'une bande étroite, il faudra, soit proposer la mise en place d'aménagements dispersifs avant interception par la bande (notice B5), soit étudier la possibilité d'installer des zones tampons plus en amont.

A7.2. Continuité de l'encaissement à travers la zone tampon

Dans ce cas, la dispersion n'est pas possible.

- Si le sol de la zone tampon est perméable, la technique du « bassin de rétention – infiltration » est envisageable (notice B6).
- En cas d'imperméabilité, seule la zone tampon humide est envisageable (notice B3).

A8. Concentration produite par la présence d'un talweg dans une grande parcelle ou d'un talweg inter-parcellaire avec présence de ravinement

Globalement, le cheminement est le même qu'en l'absence de ravinement. Le problème posé par ce dernier est l'enfoncement de l'écoulement en-dessous de la surface du sol qui empêche de procéder directement à la dispersion : il est nécessaire de mettre en place un dispositif de correction de ravine en complément du dispositif de dispersion (notice B5). Globalement, l'apparition de ravines profondes justifie la mise en oeuvre d'actions de lutttes contre l'érosion, associant des pratiques adaptées au niveau des parcelles et de l'ensemble du bassin versant.

Notons que si le ravinement est peu profond (profondeur du labour ou moins) et qu'une petite pente est présente, le problème ne se pose pas et on est alors ramené au cas précédent : la dispersion reste possible en l'état.

Dans tous les cas, la mise en place d'un chenal enherbé dans le talweg soumis à l'érosion peut permettre non seulement de contrôler le ravinement, mais aussi de servir à l'interception des produits phytosanitaires s'il est dimensionné correctement et non tassé par les engins (voir notice B7 et CORPEN-ZT, chap 2, p.48).

A9. Cas de l'interception d'un fossé

D'un point de vue technique, un fossé qui coule avec un fort débit, - au moins saisonnièrement - devrait être traité comme un cours d'eau.

Un petit débit peut raisonnablement être dispersé (voir notice B5), à condition qu'il existe une pente locale qui permet de le faire sans remonter en amont le niveau de l'eau du fossé en l'empêchant ainsi de jouer son rôle.

Cette dispersion ne paraît envisageable que si la zone tampon est large et son sol suffisamment perméable.

En cas de trop faible pente et de sol imperméable, c'est la zone tampon humide qui est le dispositif adapté.

A10. Cas de l'interception d'un collecteur de drainage enterré ou d'un fossé busé.

S'il y a possibilité de mettre le tuyau à ciel ouvert, l'implantation d'une zone tampon humide peut être envisagée. Si ce n'est pas le cas, il n'a pas possibilité de mettre en place une zone tampon.



*J.J. Gril Cemagref
Sortie de collecteur de drainage*



G. Le Hénaff Cemagref
Bande enherbée court-circuitée par un collecteur

B. LES DIFFÉRENTS SOLUTIONS CORRECTIVES :

TYPES DE ZONES TAMPONS ET AMÉNAGEMENTS COMPLÉMENTAIRES

Le cheminement le long de l'arbre d'aide à la décision conduit à identifier les zones tampons et les aménagements complémentaires décrits ci-dessous, adaptés aux différentes situations rencontrées. Il convient de noter que dans beaucoup de cas, ces dispositifs ne seront pas exclusifs et qu'il peut y avoir intérêt à les associer pour traiter le problème en agissant à plusieurs niveaux : par exemple, en associant des bandes enherbées très en amont en bordure de parcelles avec le traitement de l'écoulement concentré en aval.

B1. La zone tampon « modèle »

Le cas modèle : ruissellement diffus, en amont et dans la zone tampon et capacité d'infiltration convenable toute l'année (sol sain). C'est typiquement la situation qui a fait l'objet de la majorité des expérimentations visant à quantifier l'efficacité des zones tampons.

Les quelques travaux sur les zones boisées tampons permettent d'envisager une efficacité analogue quand la couverture végétale est ligneuse.

Quand le ruissellement est bien diffus, la seule contrainte concerne leur dimensionnement.

Toujours en présence d'un sol sain mais avec une concentration du ruissellement restant à un niveau encore pas trop important, elles peuvent conserver leur efficacité si la largeur est suffisante (voir notice A2). Une concentration plus importante renvoie à deux possibilités :

- étudier la possibilité d'implanter des zones tampons plus en amont de l'écoulement ;
- mettre en place un aménagement dispersif ou un bassin de rétention infiltration (notices B5 et B6)



G. Le Hénaff Cemagref
La zone tampon « modèle »

B2. La zone tampon « hydromorphe »

L'amont est souvent lui-même hydromorphe et engendre un écoulement subsuperficiel et du ruissellement par saturation.

On peut aussi rencontrer l'apparition au niveau de la zone tampon d'un substrat imperméable à faible profondeur (alors que l'amont ne l'est pas), souvent marqué par la présence d'un pré ou d'un bois, a priori intéressants comme zone tampon déjà en place. La présence d'hydromorphie sera plus marquée si la pente dans la zone tampon est faible que si elle est forte.

Une zone tampon (enherbée ou boisée) ne sera pleinement efficace que pour les transferts pendant la période où l'hydromorphie disparaît. Les transferts hivernaux ne seront vraisemblablement un peu épurés que si elle est large : prairie ou bois, plutôt qu'une bande enherbée ou une haie.

Toutefois, il semble que le bois soit plus intéressant que le pré dans cette situation : en effet, le ruissellement circule dans l'épaisse couche de résidus végétaux et de feuilles plus ou moins décomposées qui joue un meilleur rôle d'épurateur que celle, plus fine, de la prairie.

Une expérimentation a été menée sur une zone boisée existante représentant une surface d'environ 1% du bassin versant amont. Un aménagement rustique a été mis en place par la création d'un fossé sans exutoire, à déversement latéral. Ceci a pour objectif de diffuser l'écoulement sur une large section, et ainsi diminuer la lame d'eau tout en garantissant un contact maximal avec l'humus de la forêt. Pour les pesticides transférés en grande culture, l'efficacité de ce dispositif varie entre 40 et 90% selon les propriétés des pesticides, malgré un temps de séjour relativement court¹⁰.

A noter qu'il s'agit probablement plutôt d'une propriété intéressante des vieux boisements (comme on en rencontre beaucoup en bordure de plateau, par exemple) que des jeunes, du fait de la plus grande richesse en humus de leur sol et de l'abondance de la litière – mais cela reste à confirmer expérimentalement.

Toutefois, en présence d'une zone hydromorphe, il sera toujours préférable d'essayer de déplacer la zone tampon vers une zone plus favorable. Il sera toujours mieux d'implanter des zones tampons plus en amont (bandes de bords de parcelles, en général), si cela permet d'éviter le plus possible d'avoir à traiter des écoulements concentrés – le mieux étant de traiter à la fois les deux niveaux, amont et aval.



J.J. Gril_Cemagref

***Zone tampon boisée hydromorphe en période hivernale
(expérimentation de Villedomain 37)***

B3. La « zone tampon humide »

On désigne par ce terme les zones tampons intégrant un plan d'eau libre (temporaire ou permanent, peu profond) : lagunes, fossés végétalisés, mares, ... et dont le fonctionnement épuratoire est essentiellement lié au devenir des produits dans ce milieu aquatique particulier. En pratique, il s'agit principalement des « zones humides artificielles » (anglais *constructed wetlands*) assez connues pour le traitement des eaux usées en France, et plus récemment testées chez nous dans leur application aux

¹⁰ Richard Benjamin. 2009. Evaluations des conditions fonctionnelles d'une zone tampon boisée humide pour la rétention des pesticides en milieu agricole. Mémoire de Master 2, UPMA – AgroParisTech et Cemagref. 53 p. Voir aussi note 11, page 33.

eaux de ruissellement et de drainage (mais mieux connues pour cet usage dans différents pays, dans des contextes climatiques assez différents).

Comme pour les zones tampons boisées hydromorphes, des premiers résultats expérimentaux sont maintenant disponibles¹¹, adaptés au cas du drainage agricole : devant l'importance des débits écoulés et les périodes d'application de pesticide, il a été testé une stratégie d'interception des écoulements présentant les plus forts risques de transferts par la mise en place d'une zone humide artificielle en parallèle du fossé d'assainissement. Les règles d'ouverture fermeture de cet aménagement en parallèle dépendent des dates d'application de pesticide et de la quantité de pluie suivant leur application. La zone humide artificielle est dimensionnée sur une base de 10 à 30 m³ de stockage par hectare drainé, dans la limite de 100ha. Des chicanes sont implantées pour augmenter le cheminement hydraulique et ainsi le temps de séjour. La végétation implantée est de type local et caractéristique des zones humides.

L'efficacité de ce système est basée sur deux aspects : 1) l'évaluation des écoulements interceptés (entre 10 et 80% des flux de pesticides, selon les circonstances climatiques) et 2) l'efficacité interne du dispositif (entre 20% et 90% selon les pesticides). Globalement à l'échelle du bassin versant, l'expérimentation a conclu en une diminution de 40% des flux annuels de pesticides. Des travaux se poursuivent pour améliorer la connaissance et l'efficacité de ce type de dispositif.

D'une manière provisoire et faute de mieux, le terme « zone tampon humide » a été retenu ici, car il peut, en principe, s'agir également de milieux naturels équivalents déjà en place que quelques aménagements légers peuvent rendre efficaces (en améliorant le temps de séjour, notamment)¹².



Cemagref
Lagune expérimentale de Bray (37 Villedomain)

Quand l'écoulement intercepté est concentré, avec ou sans ravinement et que l'emplacement de la zone tampon est hydromorphe plus ou moins en permanence, c'est la zone tampon humide qui sera efficace.

Une situation classique est celle d'un écoulement concentré dans une prairie humide : écoulement plus ou moins temporaire (présence de joncs ou autres plantes indicatrices), fossé, voire tronçon amont de

¹¹ Passeport Elodie. 2010. Efficacité d'une zone humide artificielle et d'une zone tampon forestière pour dissiper la pollution par les pesticides issues d'un bassin versant agricole drainé. Thèse de doctorat AgroParisTech et Cemagref, soutenue le 12 novembre 2010.

¹² Dans le contexte réglementaire français actuel, il paraît difficile d'envisager cette utilisation des milieux humides existants. Néanmoins, nous nous plaçons ici à un point de vue strictement technique et, par ailleurs, il paraît raisonnable d'envisager une évolution réglementaire dans la mesure où ces milieux reçoivent en général de toute façon ces eaux de ruissellement ou de drainage : il devrait être possible de montrer que leur donner une fonction épuratoire n'aggrave pas la situation.

petit cours d'eau. Un aménagement léger (mini-barrages, creusement avec élargissement si besoin) pourrait être réalisé. Mais, on n'est pas encore capable de proposer un dimensionnement pour ce type d'aménagement.



AREAS

Ecoulement concentré dans une prairie

Un cas particulier de zone tampon humide : les bassins d'orage

Les bassins d'orage sont des ouvrages destinés à protéger les habitations et les équipements contre les inondations (brutales et généralement boueuses) provenant des écoulements concentrés des versants. Moyennant certains aménagements, ces ouvrages sont susceptibles de jouer un rôle de rétention et d'élimination des pesticides, en plus de leur fonction première d'atténuation des crues. Nommés « ouvrages de rétention et de remédiation » quand ils remplissent ces deux fonctions, ils sont étudiés par le laboratoire d'hydrologie et de géochimie de Strasbourg ([http :\\ enrhy.u-strasbg.fr](http://enrhy.u-strasbg.fr)).



C. Grégoire ENGEES
Bassin d'orage

Dans le cas d'un ruissellement diffus, une ZTH serait en principe intéressante, mais probablement irréaliste, surtout en région d'élevage, du fait de son emprise au sol ; une prairie humide faiblement

productive constitue encore une pâture. En région de grande culture, ce problème ne se pose pas ; néanmoins il subsiste celui de la perte du droit aux primes PAC associé à la superficie de ces zones.

Le plus souvent, ce genre de situation concerne une zone rivulaire : il faudra plutôt envisager la mise en place de ZT plus en amont. On peut aussi envisager de concentrer le ruissellement diffus quand la disposition locale s'y prête : c'est le seul cas, à notre connaissance, où la concentration peut être préférable à la dispersion et c'est plus facile à réaliser que le mouvement inverse !

B4. La zone tampon « en coin »

C'est une situation courante : les parcelles « à double pente » sont fréquentes.

Voir dans CORPEN-ZT (chap. 2, § 1.1) ce qui concerne les ZT « en coin » et leurs limites. Rappelons que la présence de l'accès à la parcelle à ce niveau est un critère très invalidant (compactage et éventuellement orniérage par les engins). Si ce n'est pas le cas et si le sol est sain au niveau de la ZT et l'impluvium capté pas trop important, la ZT en coin peut être efficace, moyennant éventuellement un petit aménagement de dispersion (voir aménagements). Sinon, la zone tampon humide peut bien convenir.



*J.J. Gril Cemagref
Coin enherbé étroit*

B5. Les aménagements dispersifs et la correction de ravine

Un écoulement concentré peut être dispersé par différents moyens. Deux sont présentés dans CORPEN-ZT (chap. 2, § 3) : ce sont la banquette de dispersion - diffusion et les fascines de dispersion, en général associées à la correction de ravine. En l'absence d'érosion marquée, les fascines peuvent suffire. Mais, quand le creusement est trop profond, la technique classique de la correction de ravine peut être employée : elle consiste à barrer la ravine avec un petit barrage provoquant la sédimentation des MES transportées et à remonter ainsi le niveau ; les fascines pouvant alors jouer leur rôle de disperseur.



J.J. Gril Cemagref

Photo 14 : aménagement destiné à disperser un ruissellement concentré dans le Beaujolais
Au centre, barrage destiné à la correction de la ravine ; à gauche, début de fascine en branchages destinée à disperser le ruissellement après remontée du niveau

Une autre solution, plutôt adaptée aux terrains peu pentus, consiste à créer un réseau de rigoles de dispersion.



J.J. Gril Cemagref

Rigole de dispersion dans une zone tampon boisée expérimentale
(zone tampon expérimentale de Villedomain 37)

B6. Le bassin de rétention – infiltration

Quand le sol au niveau de la ZT est perméable et que la topographie interdit la dispersion, un, ou plusieurs en cascade, « bassin de rétention infiltration » constitue une solution adaptée (fig. 5) : il s'agit en fait d'un petit bassin d'orage perméable. En fonction de la place, de la pente, des débits à intercepter, de la perméabilité ..., on peut jouer sur la hauteur et la dimension des évacuations pour en optimiser le fonctionnement. Les règles d'ingénierie d'un tel aménagement (plus utilisé en hydraulique urbaine et routière) restent à préciser.

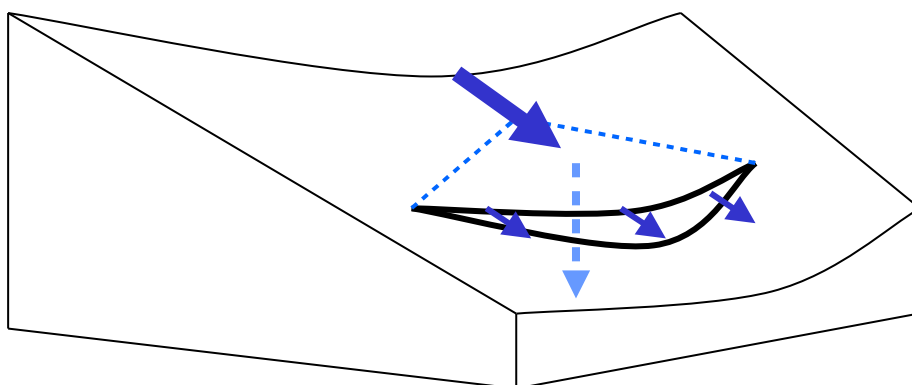


Figure 5 : schéma de principe d'un bassin de rétention infiltration

Equipé d'un drain à sa partie aval pour permettre une évacuation lente de l'eau accumulée (disposition d'ailleurs nécessaire si le sol est imperméable), ces ouvrages ont été développés aux USA pour limiter le ravinement sous le nom de « water and sediment concentration basins » (*Wascobs*).

Dans ce cas, leur conception est la même dans le principe que celle des bassins d'orages signalés dans la notice B3.

B7. Le chenal enherbé

Le chenal enherbé, implanté dans le talweg au travers des parcelles cultivées, est une solution adaptée à la concentration du ruissellement, en condition érosive ou non. En pratique, les chenaux enherbés ne seront vraisemblablement mis en place que quand ils sont justifiés par la lutte contre l'érosion.

Ils doivent être plus larges pour jouer ce rôle de zone tampon que dans leur utilisation pour la lutte contre l'érosion (voir CORPEN-ZT, annexe A3, §4).



AREAS

Chenal enherbé pour la lutte contre l'érosion



AREAS

Petit chenal enherbé dans un talweg encaissé

ANNEXE 1

UTILISATION DE L'OUTIL INFORMATIQUE D'AIDE À LA DÉCISION

L'arbre de décision informatique "Diagnostic Zones Tampons" a été développé avec les technologies Web (langages Html, PHP, Javascript) pour un environnement Windows. Il fonctionne avec un serveur Web embarqué pour Windows (ZazouMiniWebServer) qui permet son utilisation hors ligne et un navigateur Firefox Portable qui assure un usage correct de l'outil.

L'application se présente sous la forme d'un site Web "autonavigable" pouvant s'afficher sans être connecté à Internet.

Installation de l'application :

L'application est entièrement contenue dans le répertoire **DiagnosticZT_ZMWS** fournit sur le CD. Il n'y a donc pas d'installation à proprement parler puisqu'il suffit d'avoir accès au répertoire **DiagnosticZT_ZMWS** pour pouvoir utiliser l'interface "Diagnostic ZT". Le répertoire pourra éventuellement être copié sur votre poste de travail.

Lancement de l'application :

1- Avant de lancer l'application, fermer les instances de Mozilla Firefox qui peuvent être déjà ouvertes sur le poste.

2- Double-cliquer sur le fichier **lancer_diagzt.bat** pour lancer l'interface "Diagnostic ZT" (créer éventuellement un raccourci sur le poste).

→ La page d'accueil "Diagnostic ZT" s'affiche alors dans le navigateur Web Firefox Portable.

Remarque : L'action déclenche à la fois l'ouverture du navigateur Firefox Portable ainsi que le démarrage du serveur ZMWS (icône  situé dans la barre d'outil en bas à droite de l'écran).

Fonctionnement de l'interface :

L'outil s'utilise comme un site Web.

Il permet un affichage progressif de l'arbre de décision à partir de la sélection entre les différents choix de cheminement représentés sous forme de radio-boutons.

L'interface principale se compose de 2 parties :

- dans la partie gauche de l'écran, l'arborescence en radio-boutons des critères de choix,
- à droite, la documentation associée au critère sélectionné,

La sélection d'un critère (clic sur le radio-bouton, cf ①) active le déroulement de l'arborescence sous-jacente au critère correspondant et affiche la documentation associée dans la partie droite de l'écran. Dans certains cas, cette documentation est complétée par une information plus détaillée, accessible en cliquant sur le lien "Plus d'informations" (situé à la fin de l'article, cf ②).

Diagnostic ZT

Identification des types de zones tampons adaptées aux conditions locales

Arbre d'aide à la décision :

1 ☐ Absence de ruissellement sur la parcelle amont

☒ Ruissellement significatif provenant de l'amont

☐ Ruissellement diffus ou légèrement concentré

☐ Ruissellement nettement concentré

A2 - Ruissellement diffus ou concentré ?

Il n'est pas très difficile de distinguer le ruissellement diffus, qui suit souvent les lignes de semis ou de plantation, du ruissellement concentré par le relief (les talwegs, hors réseau hydrographique ou hydraulique) ou par les travaux agricoles (dérayures, fourrières).

Il est, par contre, plus délicat de distinguer un faible niveau de concentration, qui peut être traité comme le ruissellement diffus, d'un fort niveau qui doit être traité d'une manière spécifique.

Deux manières de faire sont proposées :

- avec un outil de dimensionnement, en recherchant la largeur de zone tampon nécessaire et en vérifiant qu'elle est réaliste
- qualitativement, en prenant l'option « ruissellement nettement concentré » en présence de grands talwegs interparcellaires ou internes à de grandes parcelles.

[Plus d'informations](#) 2

La documentation détaillée s'affiche alors dans une nouvelle page.

Notice A2

A2 - Ruissellement diffus ou concentré ?

On trouvera dans CORPEN ZT (annexe 2, §2) des éléments pour distinguer les ruissellements diffus et concentré. Le point qu'il reste à préciser est la limite qui permet de distinguer le ruissellement concentré suffisamment faible pour le regrouper avec le diffus et celui qui est suffisamment important pour être traité distinctement.

En toute rigueur, il faudrait tenir compte à la fois du débit potentiel susceptible d'être intercepté par la zone tampon - qui dépend de la surface de l'impluvium, mais aussi de très nombreux autres facteurs, et de la capacité d'absorption de la ZT - qui dépend de sa largeur, de sa perméabilité, etc.

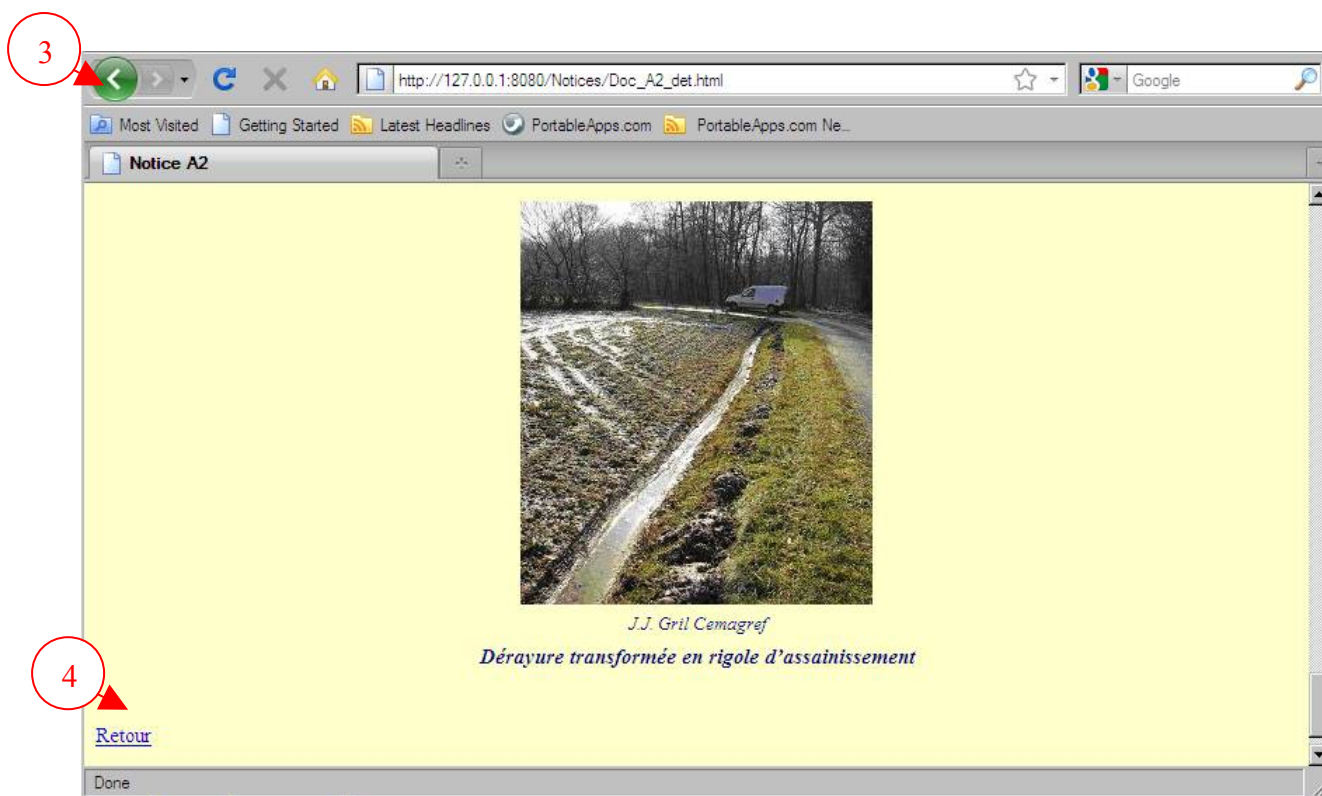
Cela renvoie à la question du dimensionnement et, en pratique, à deux cas de figure.

a) On dispose d'un outil de dimensionnement (modèle opérationnel) et on prévoit de l'utiliser en simultanéité avec cet arbre d'aide à la décision : dans ce cas, on peut par la simulation déterminer la largeur de la zone tampon adaptée pour traiter l'écoulement concentré à un certain niveau du versant.

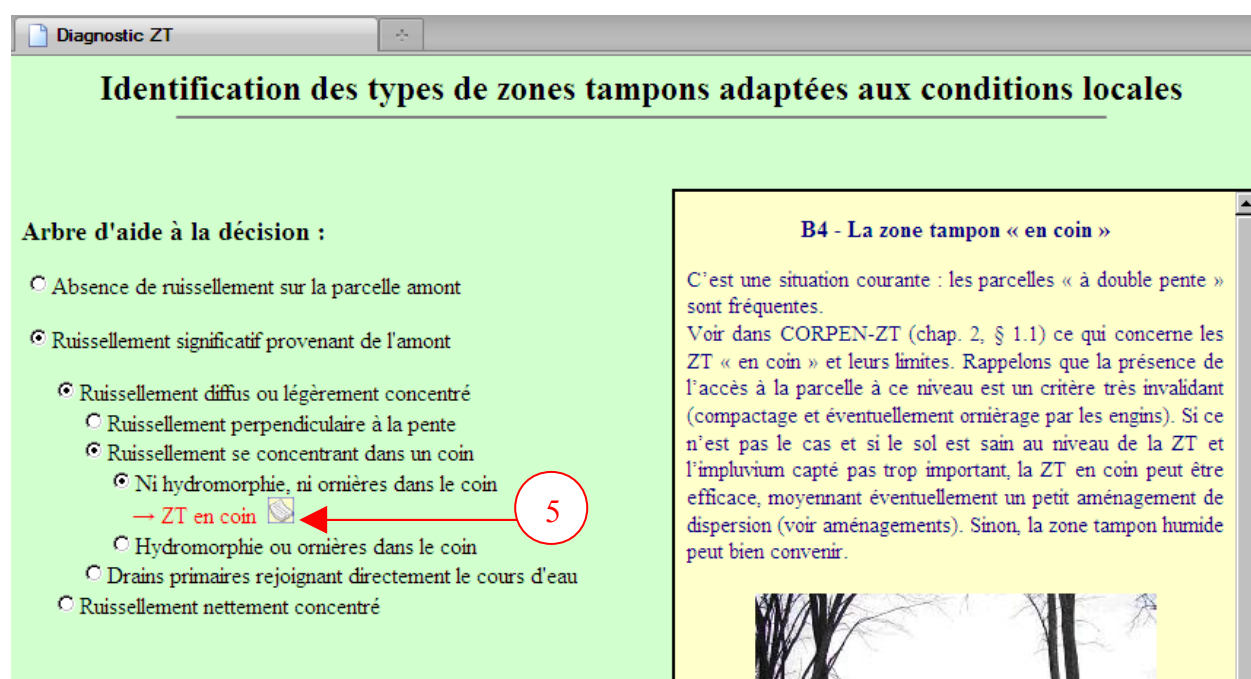
Si cette largeur est réaliste, on est ramené au cas «diffus», sinon au cas «concentré». Ce critère de réalisme sera, bien entendu, très différent si on prévoit de mettre en place une bande enherbée étroite (par exemple de 5 ou 10 m de large) ou si on s'intéresse à l'interception par une prairie ou un bois en place de plusieurs dizaines (voire centaines) de mètres de large.

b) On en reste à une approche qualitative, au moins au niveau de ce travail. Dans ce cas, on pourra s'appuyer sur les considérations - très simplificatrices et pragmatiques - suivantes.

Le retour à l'interface précédente s'effectue par le lien "Retour" (en fin de page, cf ④) ou par l'icône "Page précédente" du navigateur (③).



La documentation associée à une solution corrective (Zones tampons, aménagements) est accessible en cliquant sur l'icône  associé (cf ⑤)



Arrêt de l'application :

Pour quitter "proprement" l'application, il suffit de cliquer sur le lien "Quitter" situé en bas à gauche de la page principale. Cette action permet d'arrêter le serveur ZMWS qui continue de tourner si l'on se contente simplement de fermer le navigateur Web (sinon, il faut l'arrêter manuellement en faisant un clic droit sur l'icône  , option Quitter).

Références :

- ZazouMiniWebServer : <http://www.zmws.com/>
- Firefox Portable : http://portableapps.com/support/firefox_portable