

REGION WALLONNE
DIRECTION GENERALE DE L'AGRICULTURE
DIVISION DE LA GESTION DE L'ESPACE RURAL
DIRECTION DE L'ESPACE RURAL



→ Sens d'écoulement des eaux
○ Zones de sortie des parcelles.

Fascicule 2

**Guide méthodologique pour le choix
d'aménagements appropriés
en matière de conservation
des sols et des eaux**

(Convention « Erosion 243 » 03/01-02/03)

Système «Bande
enherbée - chenal
enherbé - talus »

Fossé de voirie
et voirie

Février 2003

Prof. Mme S. Dautrebande



gembloux
faculté universitaire
des sciences agronomiques

Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques (FUSAGx)
Hydrologie et Hydraulique agricole - Génie rural
Passage des Déportés, 2 ; B-5030 Gembloux (Belgique)
Tél. : +32(0) 81 62.21.87 ; Fax : +32(0) 81 62.21.81
E.mail : dautrebande.s@fsagx.ac.be

0 25 50 mètres

ETUDE DU PROBLEME D'EROSION DE
PORTELAINGE
Denis COLLIN & Jean-Christophe GANTE
Lic. - 2e année géomatique et géomatique
Dans le cadre du stage de géomatique
Lien de dépôt sur le serveur internet de l'Université de Gembloux
Mise à jour le 02/05/2003
Échelle des courbes de niveau : 0,5 m
178,2 x 84 cm | Lével de détail | 07/05/2001

Remerciements

Nous remercions Monsieur José HAPPART, Ministre de l'Agriculture et de la Ruralité de la Région Wallonne, pour avoir bien voulu porter intérêt à ce travail en signant cette Convention.

Nous remercions Monsieur Georges BOLLEN, Directeur de la Direction de l'Espace Rural, Division de la Gestion de l'Espace Rural, Direction Générale de l'Agriculture, Ministère de la Région Wallonne, président du Comité d'Accompagnement de la Convention, pour la bonne attention apportée au déroulement de l'étude.

Nous remercions également les autres membres du Comité d'Accompagnement de la Convention :

- Monsieur DECOCK, représentant de la FWA
- Monsieur J. DELWART, Direction Générale de l'Agriculture, Région Wallonne
- Monsieur F. DETHIER, Asbl Agrenwal
- Monsieur D. DE THYSEBAERT, DGRNE, Région Wallonne
- Monsieur R. MICHEL, responsable de la cellule « Aménagement – Environnement », DGATL, Région Wallonne
- Monsieur PREUHS, Délégué par Mme VANBOTERDAL-BIEFNOT, Direction Générale des Pouvoirs Locaux, Région Wallonne
- Monsieur F. ROBINET, Direction Générale de l'Agriculture, Région Wallonne
- Monsieur G. SERVOTTE, Direction Générale de l'Agriculture, Région Wallonne

Nous remercions Ir F. Colard pour sa contribution à la mise en forme finale du texte

Préambule

Ce fascicule n°2 constitue la deuxième partie du Rapport final de la Convention, « *Etude méthodologique pour la prévention et la correction des problèmes d'érosion et de colluvionnement des terres en zone rurale* ».

Le Fascicule n°1 porte sur la « *Cartographie des zones à risques de ruissellement et d'érosion en région wallonne : Méthodologie et cas pilotes* ».

Points traités

| | |
|--|-----------------|
| I. VERS UNE APPROCHE INTEGREE « PETIT BASSIN VERSANT »..... | 9 PAGES |
| II. INONDATIONS PAR RUISSELLEMENT, EROSIONS, RAVINEMENTS, COULEES DE BOUE : CAUSES ET REMEDES..... | 33 PAGES |
| III. FICHE TECHNIQUE N°1 : LES BANDES ENHERBEES..... | 18 PAGES |
| IV. FICHE TECHNIQUE N°2 : LES SYSTEMES FOSSES-TALUS-HAIES ET LES BARRIERES VEGETALES..... | 18 PAGES |
| V. FICHE TECHNIQUE N°3 : LES VOIES D'EAU DE SURFACE TEMPORAIRES..... | 28 PAGES |
| VI. FICHE TECHNIQUE N°4 : LES PRATIQUES AGRICOLES : GESTION DU COUVERT ET GESTION DU SOL.... | 21 PAGES |
| VII. FICHE TECHNIQUE N°5 : LES SYSTEMES DE RETENUE DES EAUX DE RUISSELLEMENT ET DES SEDIMENTS | 16 PAGES |

I. Vers une approche intégrée « petit bassin versant »

Table des matières

| | |
|--|----------|
| 1. INTRODUCTION..... | 2 |
| 2. VERS UNE APPROCHE INTÉGRÉE « PETIT BASSIN VERSANT »..... | 3 |
| 3. LA NOTION DE RISQUE..... | 5 |
| LES TYPES DE ZONES À RISQUE DANS LE PETIT BASSIN VERSANT | 6 |
| 4. LISTE DES FIGURES..... | 9 |

1. Introduction

L'objectif du présent Guide est d'apporter des éléments d'information en vue de contribuer à orienter les choix d'aménagements de Conservation des Eaux et des Sols, appropriés aux zones rurales de la région wallonne, dans le contexte d'une approche intégrée et participative. Il ne s'agit donc pas d'élaborer un Manuel de techniques d'aménagement, au sujet desquelles il existe une documentation très importante et détaillée à l'usage des spécialistes.

La question de la conservation des eaux et des sols porte notamment sur le ruissellement des bassins versants, l'érosion et le ravinement des terres, les coulées de boue; de ce fait, le présent Guide s'intéresse aux flux temporaires d'eaux de surface et de sédiments, à leur production et à leur transfert ; il ne concerne donc pas la problématique des aménagements de cours d'eau eux-mêmes, eu égard en particulier aux inondations par débordement de cours d'eau.

Parmi les très nombreuses techniques existantes, en particulier aux USA et dans les pays en voie de développement, ou celles en inspirées ou innovées plus récemment en France, Allemagne et Flandre, il s'agit d'identifier et de décrire les approches et méthodes qui paraissent adéquates ou qui peuvent être transposées moyennant adaptation, compte tenu des conditions éco-climatiques et socio-économiques propres à la région wallonne.

En termes de modalités d'aménagements, ce Guide n'invente rien ; il ne prétend qu'identifier et rassembler les méthodes qui pourraient être les plus appropriées, soit directement, soit en les adaptant, et s'attache surtout à tenter de préciser au mieux leurs conditions d'application dans un souci d'efficacité.

Il tente de ce fait de mettre également en évidence la non praticabilité actuelle de certaines techniques d'aménagement parfois prônées, compte tenu de leurs exigences de mise en œuvre.

Le Guide n'est certes pas exhaustif et restera, c'est souhaitable, sujet à améliorations et compléments en fonction des expériences locales apportées; il doit rester ouvert aux idées et propositions, pour autant qu'elles s'inscrivent dans une approche nécessairement quantifiée, intégrée et participative, à l'échelle du petit bassin versant.

En effet, comme on le verra par des exemples, la « cause » des problèmes est bien souvent multiple, aussi bien sur le plan du milieu naturel que sur le plan de l'intervention des activités humaines.

2. Vers une approche intégrée « petit bassin versant »

Dans les sites à risque d'inondation par ruissellement, les afflux d'eaux et de boue peuvent occasionner des dégâts importants aux habitats, aux infrastructures (exemple Figure 1.a.), aux voiries, aux terres elles-mêmes (exemple Figure 1.b.), atteignant parfois des quartiers entiers de village ou de cité; ces afflux relèvent pratiquement toujours d'une causalité « petit bassin versant » (Schémas des Figures 2. et 3.), soit qu'un seul soit en cause, soit par convergence des effets de plusieurs d'entre eux.



Figures 1.a. et 1.b. Exemple de dégâts aux infrastructures, aux voiries et aux terres

Le choix de la solution (préventive ou curative) doit être effectué en conséquence sous peine d'être inefficace, et les coûts à supporter devront tenir compte des « responsabilités » réelles à l'échelle du bassin versant également. Il est dès lors important d'établir un projet à l'échelle du bassin versant (et non à l'échelle de l'exploitation agricole par exemple).

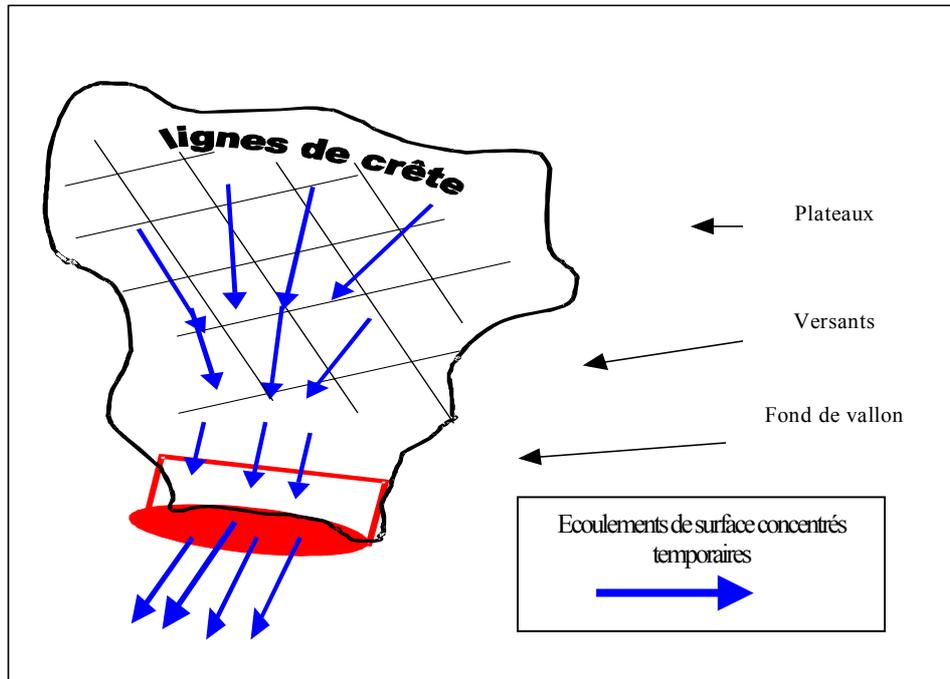


Figure 2. Schéma de bassin versant à risque

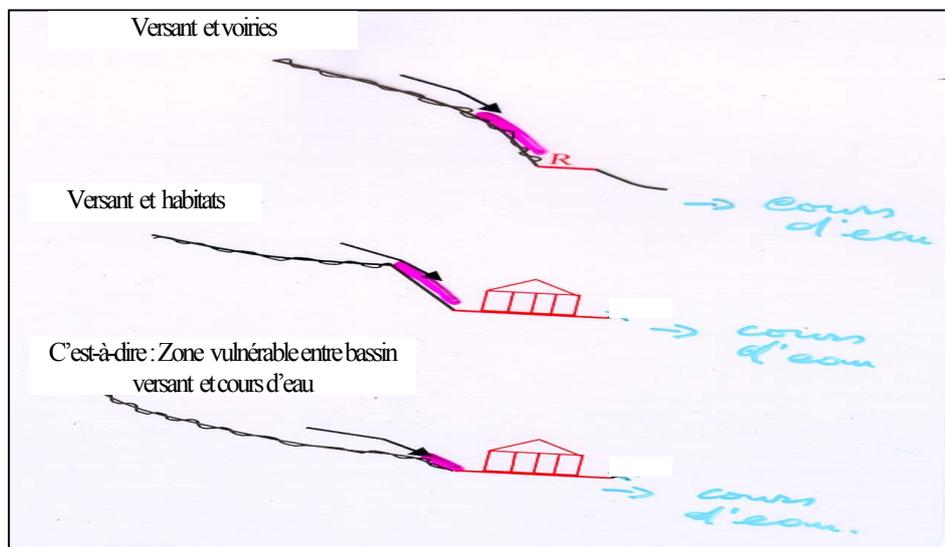


Figure 3. Zone « à problèmes » typique

Si des remèdes ou préventions sont possibles à plusieurs niveaux et de l'amont vers l'aval, la combinaison de différentes actions ainsi que la cohérence de ces actions à l'échelle du bassin versant sont les clés pour lutter efficacement contre les effets dommageables du ruissellement.

Il importe ainsi de tendre vers un schéma d'aménagement traitant le plus en amont possible les problèmes de ruissellement et d'érosion, ce qui entraîne la réalisation d'aménagements multiples, diversifiés et spécifiques, adaptés à l'habitat, aux voiries et collecteurs en tête de bassin, aux terres agricoles.

Pour être efficaces et durables, les aménagements, bien que souvent rustiques, doivent être conçus, menés et entretenus de façon rigoureuse tant sur le plan hydraulique que sur le plan agronomique, s'il en est.

Schématiquement, s'il convient de mettre en œuvre des actions curatives dans les communes d'une vallée réceptrice de flux, il sera également nécessaire de traiter les problèmes de ruissellement sur les communes du plateau « producteur des flux » et du versant « conducteur des flux »; ceci oblige à une démarche participative de gestion des eaux.

3. La notion de risque

Le risque définit le niveau d'effet potentiel, en termes de dommages, d'un événement susceptible de survenir sur un site, en relation avec la vulnérabilité de ce site eu égard à ce type d'événement; le niveau élevé ou faible de risque est lié à l'importance de l'événement d'une part, au degré de vulnérabilité du site d'autre part.

Ainsi, le risque le plus faible correspondra à un événement de faible ampleur survenant sur un site peu vulnérable au sens socio-économique ou environnemental du terme; le risque le plus élevé correspondra à un événement d'importance extrême, survenant sur un site dont le milieu naturel et/ou l'activité humaine sont tels que les dommages en conséquence sont très élevés.

En l'occurrence, en ce qui concerne les problématiques du ruissellement et de l'érosion des bassins versants, la vulnérabilité naturelle porte souvent sur les configurations suivantes du milieu, soit comme telles, soit en interaction entre elles :

- La succession plateau-versant abrupt
- Le bassin versant « en entonnoir » (Figure 4)

La vulnérabilité naturelle sera accrue (habitat, voiries, cours d'eau voûtés, certaines cultures et pratiques agricoles,...) ou diminuée (aménagements appropriés) par le fait des activités humaines.



Figure 4. Zone à risque d'inondation par ruissellement : bassin versant amont en forme « d'entonnoir »

Les types de zones à risque dans le petit bassin versant

En relation avec la problématique du ruissellement des bassins versants, on peut distinguer six types de zones à risque, déterminables sur base de caractéristiques liées au milieu naturel d'une part, à l'occupation du sol d'autre part, à savoir :

1. les zones à risque lié à l'occurrence de ruissellement diffus
2. les zones à risque de ruissellement concentré
3. les zones à risque d'érosion diffuse
4. les zones à risque d'érosion concentrée (ravinements)
5. les zones à risque de coulées de boue
6. les zones à risque d'inondation par ruissellement concentré.

La méthodologie de détermination des zones à risques proposée document concerne les trois premiers types de risque, les trois suivants en découlant sur le plan de la séquence des processus physiques (schéma en Figure 5).

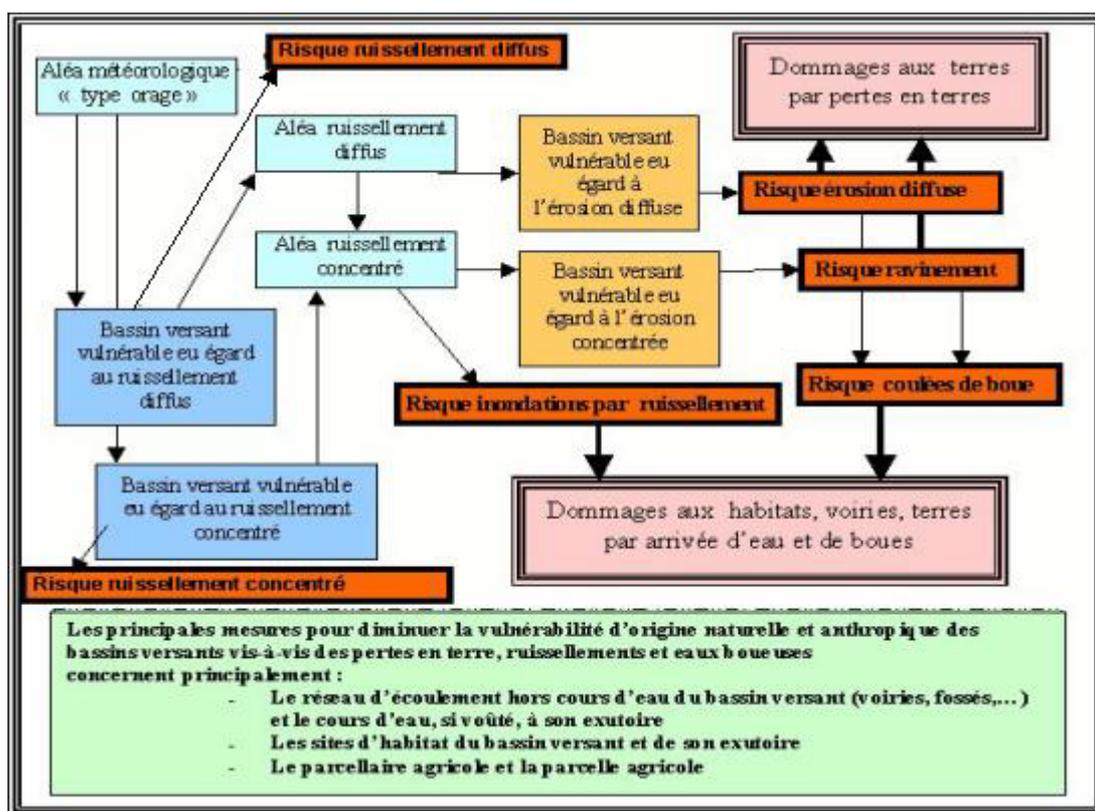
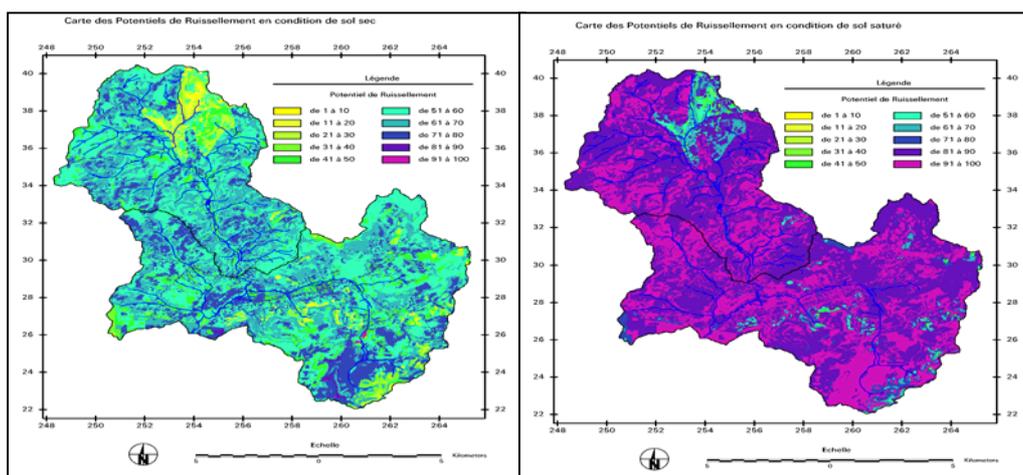


Figure 5. Schéma relationnel « Aléa-vulnérabilité-risques-dommages » pour les différents types de risque concernés

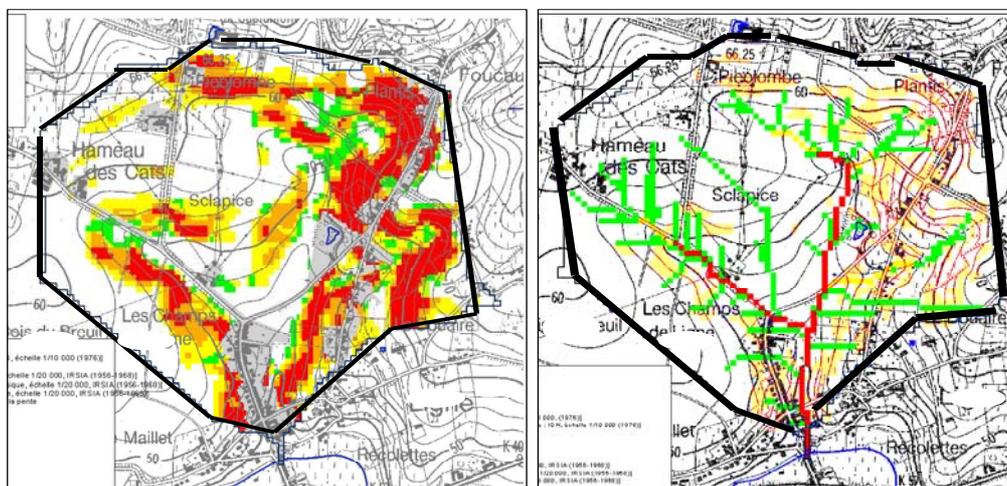
Les bases de la méthode de détermination des zones à zones à risque de type 1. (ruissellement diffus) ont été élaborées, pour la région wallonne, dans le cadre du projet CARHY (projet UHAGx-FUSAGx, 1995 ; financement SETHY-MET et SSTC).

Les méthodologies pour la détermination des deux autres types de zone à risque (ruissellement concentré, érosion diffuse) ont été mises au point dans le cadre de la présente Etude et décrites dans un Fascicule séparé (Fascicule 1 : « Cartographie des zones à risque de ruissellement et d'érosion en région wallonne : Méthodologie et cas pilotes »).

Un exemple de classement des zones à risque de type 1. (ruissellement diffus) en suite à des conditions climatiques antérieures sèches ou humides est présenté en Figures 6.a. et 6.b. ; un exemple de zone à risque d'érosion diffuse (type 3.) est présenté en Figure 7.a. et un exemple de zone à risque de ruissellement et érosion concentrés (regroupant donc les risques de type 2. et 4.) en Figure 7.b.



Figures 6.a. et 6.b. Classements des zones à risque de ruissellement diffus pour un bassin versant en condition moyenne d'humidité initiale du sol sèche ou humide, et pour une pluie de projet centennale d'une heure.



Figures 7.a. et 7.b. Exemple de classement des zones à risque d'érosion diffuse pluie de projet Wischmeier (fig.7.a.) et de zones à risque d'érosion concentrée (fig.7.b.) – Confer Fascicule n°1 pour les développements méthodologiques (UHAGx-FUSAGx)

4. Liste des figures

| | |
|---|---|
| FIGURE 2. SCHÉMA DE BASSIN VERSANT À RISQUE..... | 4 |
| FIGURE 3. ZONE « À PROBLÈMES » TYPIQUE..... | 4 |
| FIGURE 4. ZONE À RISQUE D'INONDATION PAR RUISSELLEMENT : BASSIN VERSANT AMONT EN FORME « D'ENTONNOIR »..... | 6 |
| FIGURE 5. SCHÉMA RELATIONNEL « ALÉA-VULNÉRABILITÉ-RISQUES-DOMMAGES » POUR LES DIFFÉRENTS TYPES DE RISQUE CONCERNÉS..... | 7 |
| FIGURES 6.A. ET 6.B. CLASSEMENTS DES ZONES À RISQUE DE RUISSELLEMENT DIFFUS POUR UN BASSIN VERSANT EN CONDITION MOYENNE D'HUMIDITÉ INITIALE DU SOL SÈCHE OU HUMIDE, ET POUR UNE PLUIE DE PROJET CENTENNALE D'UNE HEURE. | 8 |
| FIGURES 7.A. ET 7.B. EXEMPLE DE CLASSEMENT DES ZONES À RISQUE D'ÉROSION DIFFUSE PLUIE DE PROJET WISCHMEIER (FIG.7.A.) ET DE ZONES À RISQUE D'ÉROSION CONCENTRÉE (FIG.7.B.) – CONFER FASCICULE N°1 POUR LES DÉVELOPPEMENTS MÉTHODOLOGIQUES (UHAGx-FUSAGx) | 8 |

II. Inondations par ruissellement, érosions, ravinements, coulées de boue : Causes et Remèdes

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUCTION..... | 2 |
| 2. DETERMINATION DES CAUSES | 2 |
| 2.1. SCHEMA DIRECTEUR « BASSIN VERSANT » POUR LA DETERMINATION DES CAUSES . | 3 |
| 2.2. RECHERCHE DES CAUSES | 4 |
| 3. QUELS REMEDES ? | 21 |
| 4. EXEMPLES..... | 23 |
| 4.1. EXEMPLE A..... | 23 |
| 4.2. EXEMPLE B..... | 31 |
| 5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 33 |
| 6. LISTE DES FIGURES..... | 34 |
| 7. LISTE DES TABLEAUX | 35 |

1. Introduction

La problématique d'ensemble des causes et remèdes, que ce soit à titre curatif ou préventif, est synthétisée dans ce Point II.

Le but est de proposer une vision globale de l'approche bassin versant, avant d'en venir, dans les points ultérieurs, à une présentation, nécessairement plus sectorielle, de fiches techniques.

2. Détermination des causes

« ...On accuse souvent les champs de maïs ; cependant, lors d'une pluie d'orage, les champs de maïs de la zone sous l'orage sont loin de tous présenter des problèmes ou d'être tous mis en cause ; c'est donc que les choses ne sont pas aussi simples.... »

La cause première reste l'importance de la pluviosité, cependant le fait essentiel de l'interaction entre les activités humaines et les modalités naturelles du mouvement des eaux au sein du bassin versant à risque (Confer Photo aérienne de la Figure 1) justifie en soi une approche intégrée et participative.

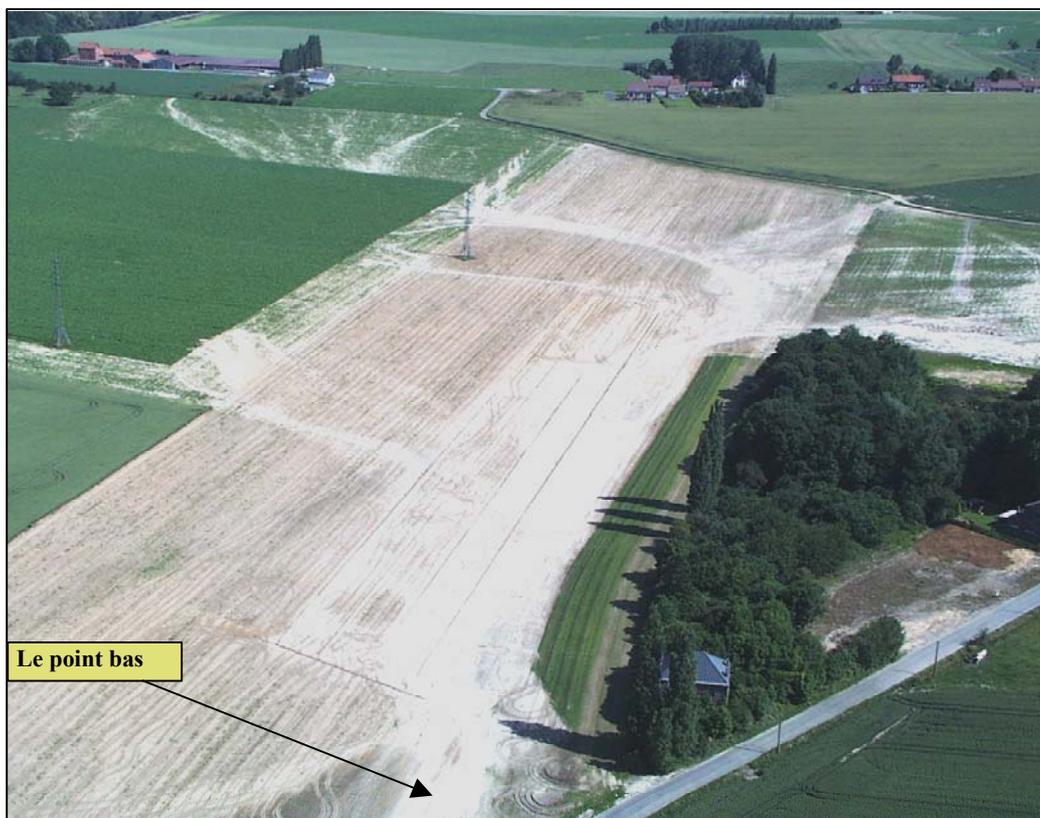


Figure 1. Le réseau d'écoulement hors cours d'eau dans un petit bassin versant ; traces au sol après un orage violent. (Photo aérienne R. Caussin, Fusagx, 2002)

En effet, la cause est rarement à attribuer à elle seule parcelle agricole (sauf si la parcelle agricole incriminée est située le long d'une ligne de crête de bassin); nombre de problèmes de ruissellement et/ou de coulées de boue sont dus en partie ou même en totalité à des problèmes de voiries, de fossés de voirie, ou autres. Se pose aussi le problème de l'ensemble du parcellaire « désorganisé » à l'échelle du petit bassin versant (à ne pas confondre avec l'échelle de l'exploitation, échelle inefficace pour la gestion de ces problèmes).

Enfin, si l'habitat du bassin versant lui-même peut être mis en cause dans un certain nombre de cas, plus souvent, à cet égard, il s'agit de la question de l'habitat dans les zones à risque d'inondation par ruissellement elles-mêmes ; on peut en effet citer comme cause assez fréquente d'inondation par ruissellement, la présence d'un cours d'eau voûté sur lequel un habitat conséquent ou des voiries se sont développés. De ce fait, le site devient extrêmement vulnérable aux afflux d'eau de ruissellement que le voûtement ne peut absorber en situations exceptionnelles, ou même lors de pluies moins exceptionnelles si le conduit est encombré ou devenu insuffisant en raison d'extensions d'habitat.

Ceci pose également le choix approprié de la période de retour des données hydrologiques nécessaires au dimensionnement des ouvrages de collecte des eaux, en ce y compris les structures de sécurité associées ; rappelons en effet que le choix de la période de retour relève, par définition, d'un choix socio-économique lié aux risques de dommages aux personnes et aux biens.

2.1. Schéma directeur « bassin versant » pour la détermination des causes

2.1.1. Détermination des risques liés au milieu naturel (Confer Fascicule 1¹)

Les étapes sont les suivantes :

1. Délimitation du bassin versant naturel en amont de la zone incriminée
2. Détermination des zones à risque de ruissellement diffus
3. Détermination des axes naturels de concentration des eaux de ruissellement, jusqu'au cours d'eau récepteur à ciel ouvert au droit ou en aval de la zone incriminée
4. Classement des zones à risque de ruissellement concentré (type et importance)
5. Classement des zones à risque d'érosion diffuse

¹ Dautrebande S. et Colard Fr. « Cartographie des zones à risque en région wallonne ; méthodologie et cas pilotes », Financement DGA, Direction de l'Espace Rural, Région Wallonne, 2003

2.1.2. Détermination des risques liés à l'activité humaine

Ils concernent les modalités de production et de transfert des eaux de ruissellement ; soit :

1. La production du ruissellement et des boues

- le parcellaire agricole : cultures vulnérables, critères Wischmeier, agencement en relation avec le milieu naturel et avec l'habitat
- l'habitat : agencement en relation avec le milieu naturel, le réseau d'écoulement des eaux, le parcellaire.

2. Le réseau d'écoulement des eaux de ruissellement

- le réseau artificiel d'écoulement des eaux de ruissellement jusqu'au cours d'eau récepteur à ciel ouvert : les voiries, fossés, discontinuités de réseau, drains, cours d'eau voûtés
- modifications du bassin versant lié au réseau artificiel d'écoulement

2.2. Recherche des causes

(résumées aux Tableaux 1a et 1b) :

Au sein du bassin versant à risque, l'analyse des causes « actuelles » (en vue d'une remédiation) ou potentielles (en vue de la prévention) doit considérer les catégories suivantes :

1. Le bassin versant dans son ensemble (parfois ramené à une seule parcelle en crête de bassin versant)
2. Les voiries du bassin versant (pour rappel : 80.000 km de voiries en région wallonne)
3. Les cours d'eau voûtés et les collecteurs à l'exutoire du bassin versant à risque (nombre de problèmes sont dus à l'augmentation ou au vieillissement de la vulnérabilité aval, et :ou à de mauvais raccords aval locaux (voiries/collecteurs/obstacles habitat, haies,...))
4. L'organisation du parcellaire du bassin versant
5. La parcelle agricole.

Cette analyse vaut autant pour le diagnostic que pour une étude d'aménagement intégré qui serait à envisager.

Compte tenu des catégories précitées, il importe alors de quantifier, où nécessaire (Confer Fascicule 1) :

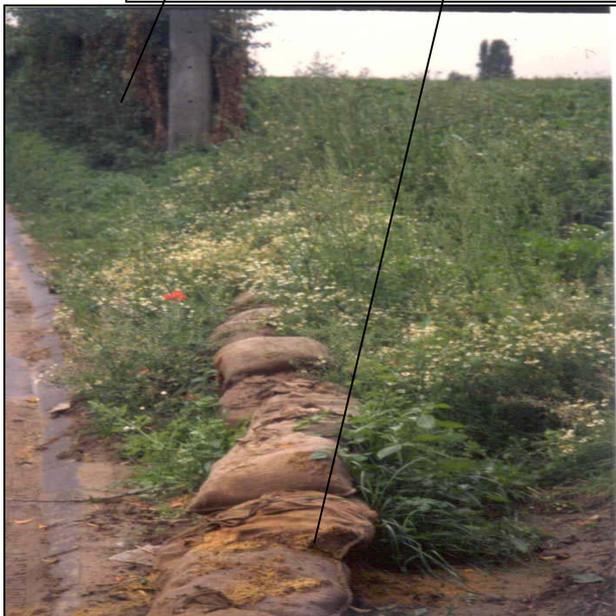
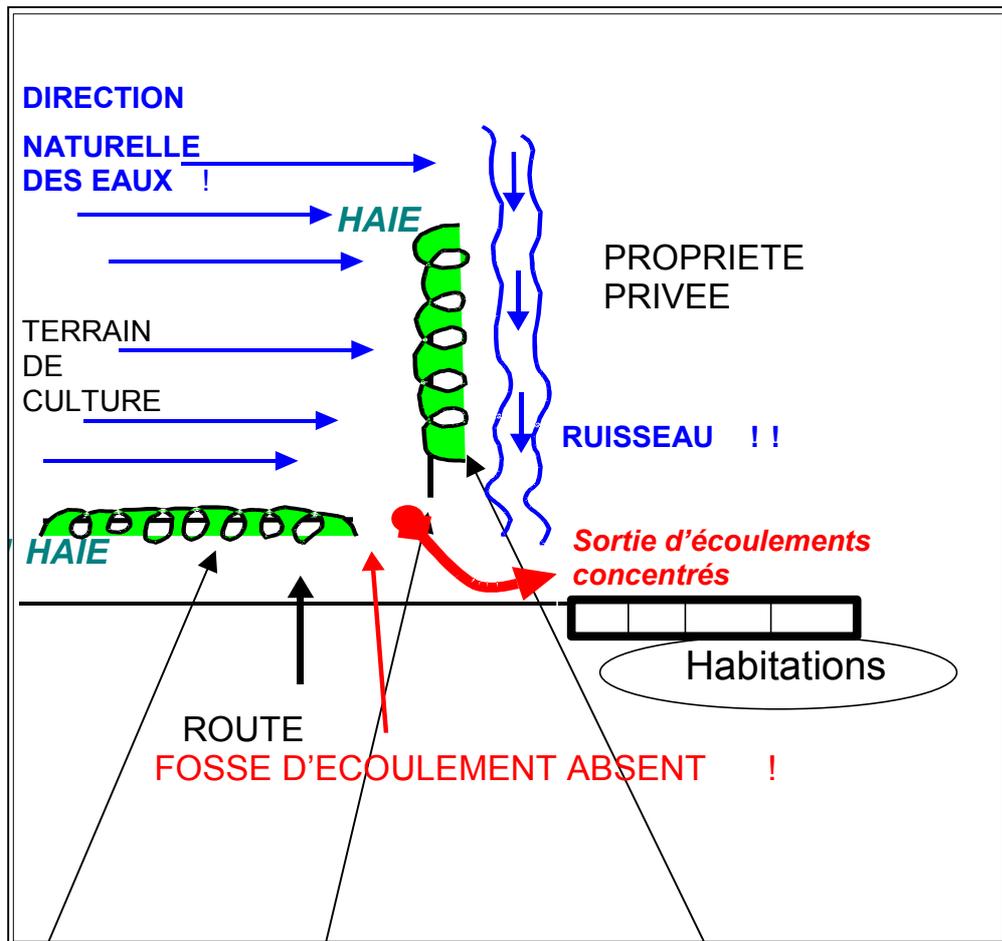
1. Dans les axes de concentration des eaux, l'importance des flux de ruissellement concentré, pour diverses pluies de projet (méthode SCS) (c'est-à-dire pour divers niveaux socio-économiques, y compris de sécurité en conditions exceptionnelles)
2. L'état actuel du risque d'érosion diffuse à l'échelle de la parcelle agricole, par calcul des pertes en terre diffuses moyennes annuelles « Wischmeier », pour la pluviométrie « Bollinne-Wischmeier ».

Tableau 1.a. Causes principales des problèmes d'inondations par ruissellement, érosions, ravinements, coulées de boue

| <u>Qu ?</u> | <u>Quoi ?</u> | <u>Pourquoi ?</u> | <u>Comment ?</u> | <u>Accroissement de l'aléa</u> | <u>Aléa concerné dans bassin versant naturellement vulnérable (« à risque »)</u> |
|--------------------------------------|---|---|---|--|---|
| Le bassin versant | Pluie de projet inadaptée, <i>et/ou</i> sa période de retour | Augmentation de la vulnérabilité (habitat, voiries, cultures,...) et/ou de l'aléa (climat) | Ouvrages de récolte et transfert des eaux non adaptés à l'évolution de la vulnérabilité et/ou à celle de l'aléa pluie | Pluviométrie, Ruissellement diffus et concentré, érosions, boues | Inondations par ruissellement concentré, boues, ravinements, pertes en terre |
| | Réseau de récolte et transfert des eaux de ruissellement (Ex. Figure 2) | Infrastructures de transfert des eaux de ruissellement hors cours d'eau | <u>Non – continuité et/ou non entretien</u> (drains, fossés de parcelles ou de voiries,...) <u>jusqu'au cours d'eau récepteur</u> | Ruissellement concentré | Inondations par ruissellement concentré, boues, ravinements, pertes en terre |
| | Voiries du bassin versant (Ex. Figure 3) | Agencement et orientation | Agencement du réseau et orientation défavorables | Ruissellement concentré | Inondations par ruissellement concentré, boues, ravinements, pertes en terre |
| | Parcelleire du bassin versant (Ex. Figure 4) | Agencement et proportion de cultures vulnérables (en relation aussi avec le réseau de récolte des eaux) | Agencement et proportion défavorables | Ruissellement diffus et/ou concentré | Inondations par ruissellement concentré, boues, ravinements, pertes en terre |
| | Habitat et loisirs sur le bassin versant (Ex. Figures 5 et 6) | Agencement et proportion (en relation aussi avec les voiries) | - Agencement le long des voiries - Proportion d'imperméabilisation | Ruissellement concentré | Inondations par ruissellement concentré, boues, ravinements, pertes en terre |
| Les voiries du bassin versant | Absence de fossés de voirie (Ex. Figures 7 et 8) | Aménagement routier inapproprié pour les eaux de ruissellement | Ruissellement diffus ou concentré intercepté par la voirie et non maîtrisé | Ruissellement concentré | Inondations par ruissellement concentré, boues, ravinements, pertes en terre |
| | Rehaussement de voirie (Ex. Figure 9) | Aménagement routier inapproprié pour les eaux de ruissellement | Rejette les eaux de ruissellement concentrées sur les côtés | Ruissellement concentré | Inondations par ruissellement concentré, boues, ravinements, pertes en terre |
| | Point bas de voirie lors de pente/contre-pente (Ex. Figure 10) | Défaut dans l'aménagement routier | Concentre et rejette les eaux diffuse ou concentrée vers la plus grande pente locale | Ruissellement concentré | Inondations par ruissellement concentré, boues, ravinements, pertes en terre |
| | Voirie barrant un versant ou un bassin versant – cas (1) | Aménagement routier inapproprié pour les eaux | Cas (1) : Concentre et stocke les afflux d'eaux diffus ou concentré en amont, <i>avec risque de « claquage » du « barrage » routier</i> | Ruissellement concentré | Inondations par ruissellement concentré, coulées de boue, ravinements, pertes en terre |
| | Voirie barrant un versant ou un bassin versant – cas (2) (Figure 11) | Aménagement routier inapproprié pour les eaux | Cas (2) : Concentre et re-dirige les eaux diffuses ou concentrées vers point bas | Ruissellement concentré | Inondations par ruissellement concentré, boues, ravinements, pertes en terre |
| Collecteur, Cours d'eau | Cours d'eau voûté ou collecteur au point bas de bassin versant (Figure 12) | Collecteur ou voûtement encombré ou non dimensionné pour les pluies violentes | Empêche les eaux de ruissellement de pénétrer dans le cours d'eau ou le collecteur | Ruissellement concentré | Inondations par ruissellement concentré, le cours d'eau voûté ou le collecteur ne reprenant pas les flux amenés |

Tableau 1.b. (suite). Causes principales des problèmes d'inondations par ruissellement, érosions, ravinements, coulées de boue

| <u>Où ?</u> | <u>Quoi ?</u> | <u>Pourquoi ?</u> | <u>Comment ?</u> | <u>Aléa directement concerné</u> | <u>Aléa concerné dans bassin versant naturellement vulnérable (à risque)</u> |
|---|--|--|---|--|---|
| L'organisation du parcelle agricole du bassin versant | Fossés interparcelles (Figure 13) | Agrandissement des parcelles | - Suppression des fossés entre parcelles - Désorganisation du réseau de récolte des eaux entre parcelles | Ruissellement diffus ou concentré | Inondations par ruissellement concentré, ravinements, coulées de boue, pertes en terre |
| | Succession des parcelles le long d'un versant (Figure 13) | Parcelles amont vulnérables (cultures vulnérables ou bien sur plateau peu perméable) | Pour certaines associations vulnérables de sols/ pentes/ longueurs de parcelle | Ruissellement concentré, ravinements, sur les parcelles en bas de pente | Inondations par ruissellement concentré, coulées de boue, pertes en terre |
| La parcelle dans son bassin versant | Longueur de parcelle suivant la pente (Figure 14) | Agrandissement des parcelles suivant la pente dépassant les critères Wischmeier | Combinaison (sols x pentes x couvert) vulnérable au sens de l'USLE (équation universelle des pertes en sols de Wischmeier) | Erosion diffuse | Coulées de boue |
| | Travail du sol (Figure 15) | Sol trop affiné en surface | Pour certaines cultures (<i>chicorées, carottes,...</i>) | Erosion diffuse | Coulées de boue, pertes en terre |
| | Passage de machines (Figure 16) | Tassement en surface (lors du débardage en particulier) | Machines de récolte, certaines cultures | Ruissellement diffus ou concentré | Inondations par ruissellement concentré, ravinements, coulées de boue, pertes en terre |
| | Transformation d'une prairie ou d'une zone boisée en champ de culture | Le couvert protège le sol contre l'énergie cinétique des pluies, favorise l'infiltration et ralentit le ruissellement de surface (rugosité de surface) | Vulnérabilité locale et/ou bassin versant | - Particulièrement dans des aires critiques ; sensibilité accrue à l'érosion diffuse et concentrée ; souvent interprété à tort comme un effet « arrachage de haies » | Inondations par ruissellement ; si concentration des eaux en aval : ravinements, coulées de boue, pertes en terre |
| | Implantation d'une culture de type « sarclé » (plants espacés) (Figure 17 et 18) | Sol dénudé : mal protégé vis à vis de pluies de forte intensité ou de vitesses érosives du ruissellement | Combinaison (sols x pentes x couvert) vulnérable au sens de l'USLE (équation universelle des pertes en sols diffuses de Wischmeier (<i>maïs, chicorée, ..., froment et escourgeon après récolte, ...</i>), ou bien vallon dans le champ (ravinements) | Ruissellement diffus, érosion diffuse ; ruissellement concentré si provenance amont | Inondations par ruissellement concentré, ravinements, coulées de boue, pertes en terre |
| | Champ en bordure de talus abrupt (Figures 19 et 20) | - Mise en culture trop près du talus - et/ou rainure d'écoulement en bordure | Accumulation d'eau et infiltration locale excessive | Ruissellement concentré | Coulées de boue par effondrement de talus boisé ou herbeux |



La haie détourne les flux diffus de leur trajet naturel vers le ruisseau et les concentre vers la voirie et habitat ; la concentration des eaux favorise des vitesses érosives et de ce fait accentue les coulées de boue (en outre, aucune collecte des eaux n'est organisée au niveau de la voirie pour les amener vers le ruisseau).

Figure 2. Réseau de récolte et transfert des eaux de ruissellement

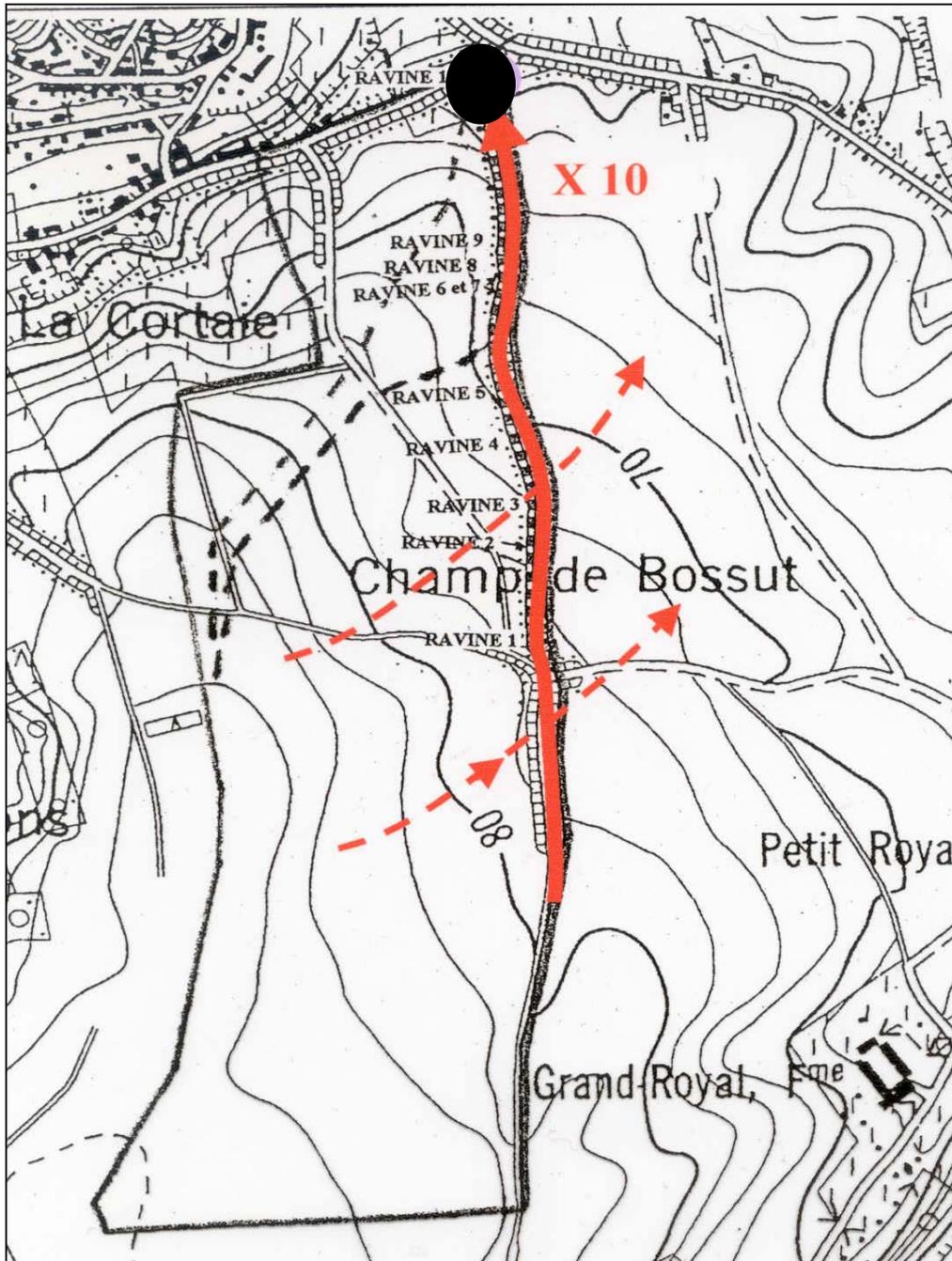


Figure 3. cas où le chemin divise le bassin versant naturel et agrandit de ce fait de 10 fois le bassin versant du point le plus aval (point noir sur le schéma), d'où les coulées de boue importantes.



Bassin versant amont « tout maïs »
et voirie en concentrant les eaux....



...vers la parcelle maïs la
plus aval, qui dès lors se
ravine....

...et amène eaux de
ruissellement vers la
bande enherbée aval qui
se ravine fortement
(ruissellement concentré
en cause).



Figure 4. Cas où l'organisation du parcellaire du bassin versant est telle qu'une majorité de cultures vulnérables (maïs en l'occurrence) y apparaît en même temps, outre le fait de la voirie qui intercepte et concentre les eaux de ruissellement : la parcelle (maïs) la plus aval et la bande enherbée en bas de parcelle en sont victimes et se ravinent fortement.



Figure 5. Profonde ravine dans chemin en zone naturellement vulnérable (pente forte), avec plateau amont déboisé et dénudé pour aire de jeux.



Figure 6. Dégâts et boue en zone habitée naturellement vulnérable, plateau amont du bassin versant habité et boisé (aucune culture)

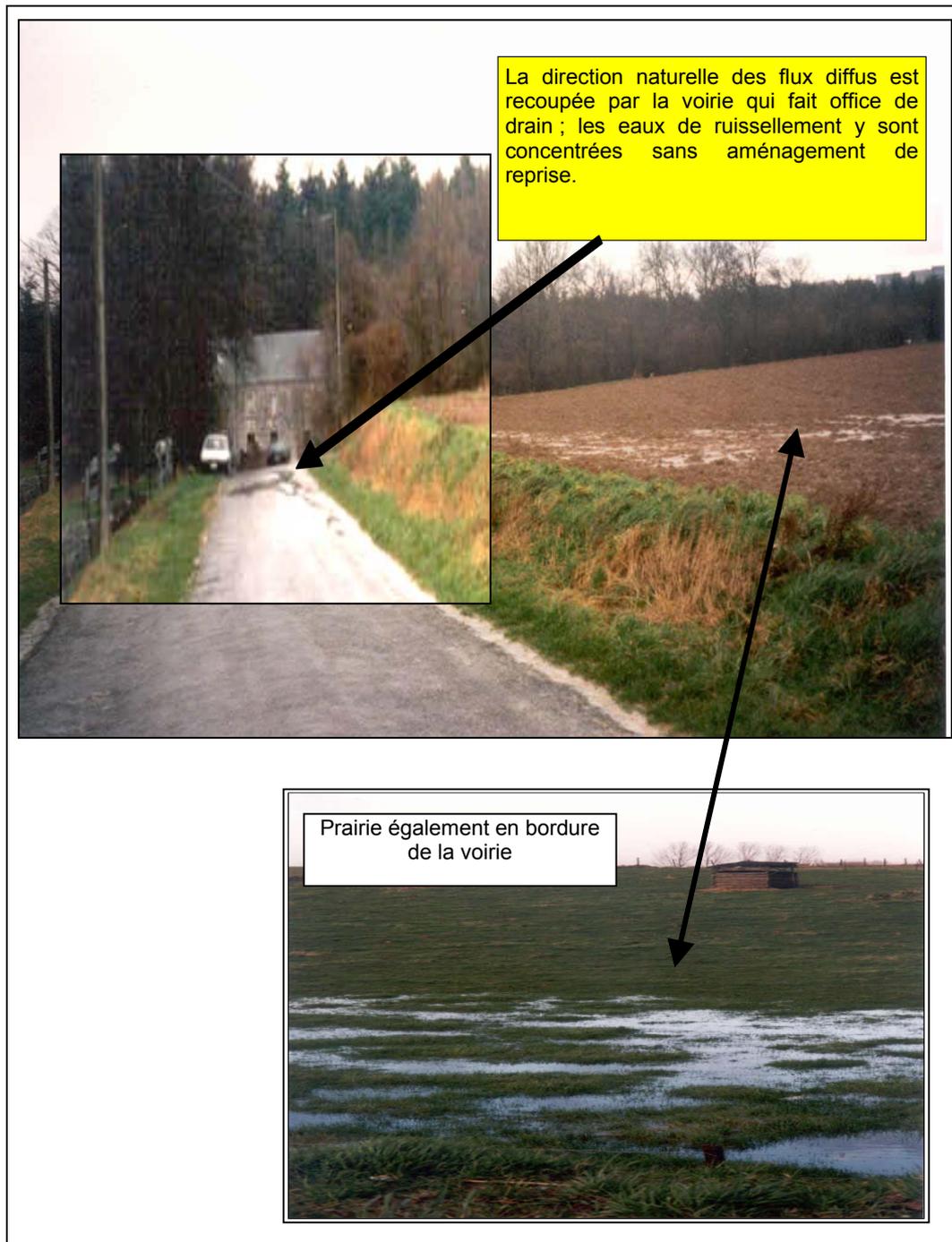


Figure 7. Aucun fossé de reprise n'est aménagé le long de la route : les flux diffus interceptés par la voirie sont concentrés sans maîtrise de la direction qu'ils prennent pour rejoindre le cours d'eau en aval ; la présence d'une prairie à la place du champ ne modifie pas le problème.



**78.000 km de routes et
chemins en
région wallonne !**

Figure 8. Rejets des eaux de voirie vers le champ et ravinement du champ en conséquence



Figure 9. Le chemin a été rehaussé et rejette les eaux vers la bande enherbée...- D'autres cas relativement fréquents portent sur des voiries plus importantes qui, rehaussées lors d'un asphaltage ou autre, rejettent localement et brutalement les eaux de ruissellement vers des habitations

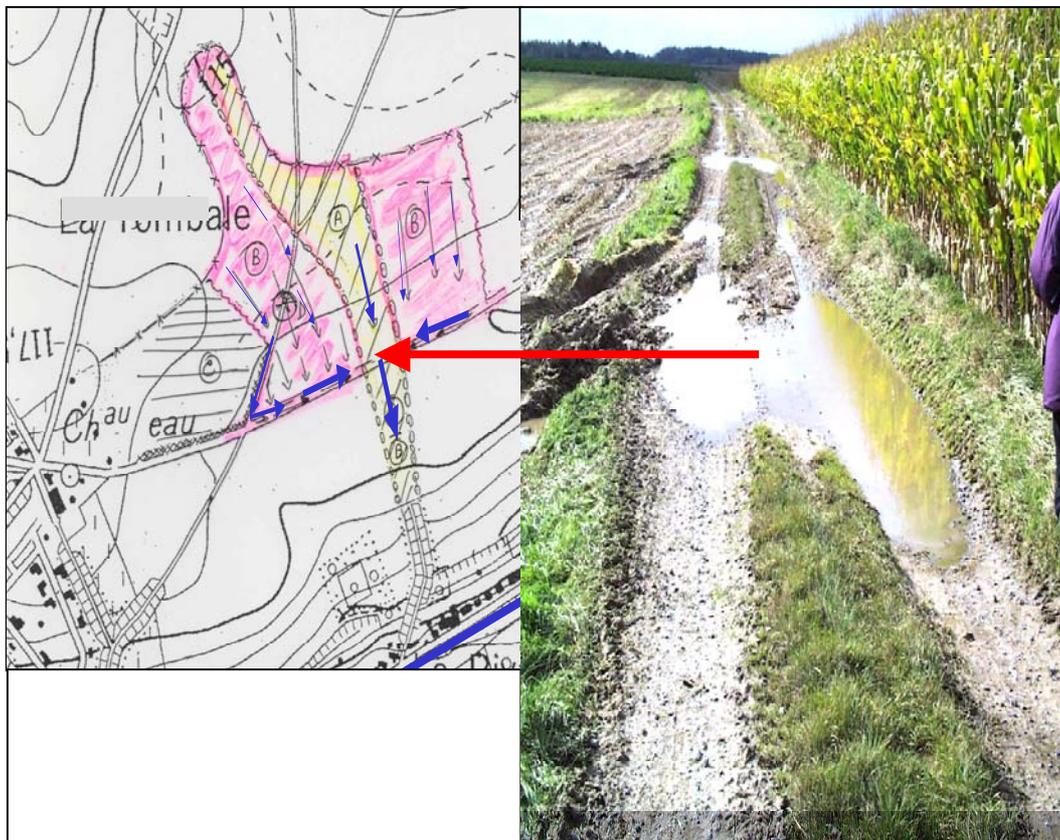


Figure 10. La pente/contre-pente du chemin agrandi (zone rouge) le bassin versant d'origine (zone jaune) et provoque inondations, ravinements et coulées boueuses au niveau des habitats situés en aval, en zone naturellement vulnérable.

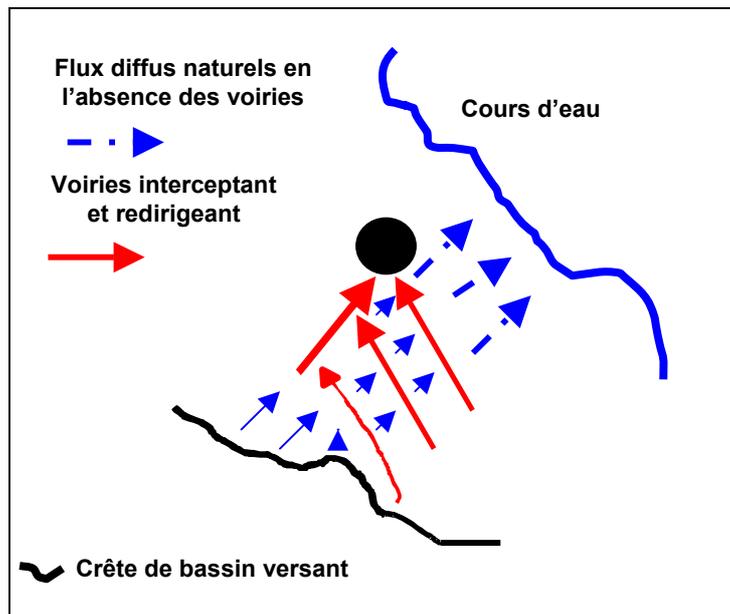


Figure 11. D'importants dégâts sont occasionnés aux habitations et voiries dans une zone à risque, par la concentration des eaux de ruissellement déviées par les voiries, sur un versant



Figure 12. Tête de cours d'eau voûtée, sans sécurité de déverse pour les pluies exceptionnelles, outre les diminutions de capacité du conduit pour diverses raisons, l'encrassement par boues et pailles, collecteurs supplémentaires raccordés, etc.) : les eaux de ruissellement n'ont d'autre possibilité que de passer en surface, traversant habitations et voiries



Figure 13. En l'absence de fossé interparcellaire, le ravinement dans le froment (avec afflux de boue en aval) est occasionné par des apports de ruissellements concentrés issus de cultures vulnérables (maïs) en amont sur le versant



Figure 14. Parcelle trop longue suivant la pente pour cette association sol x pente (à calculer suivant Critères Wischmeier)

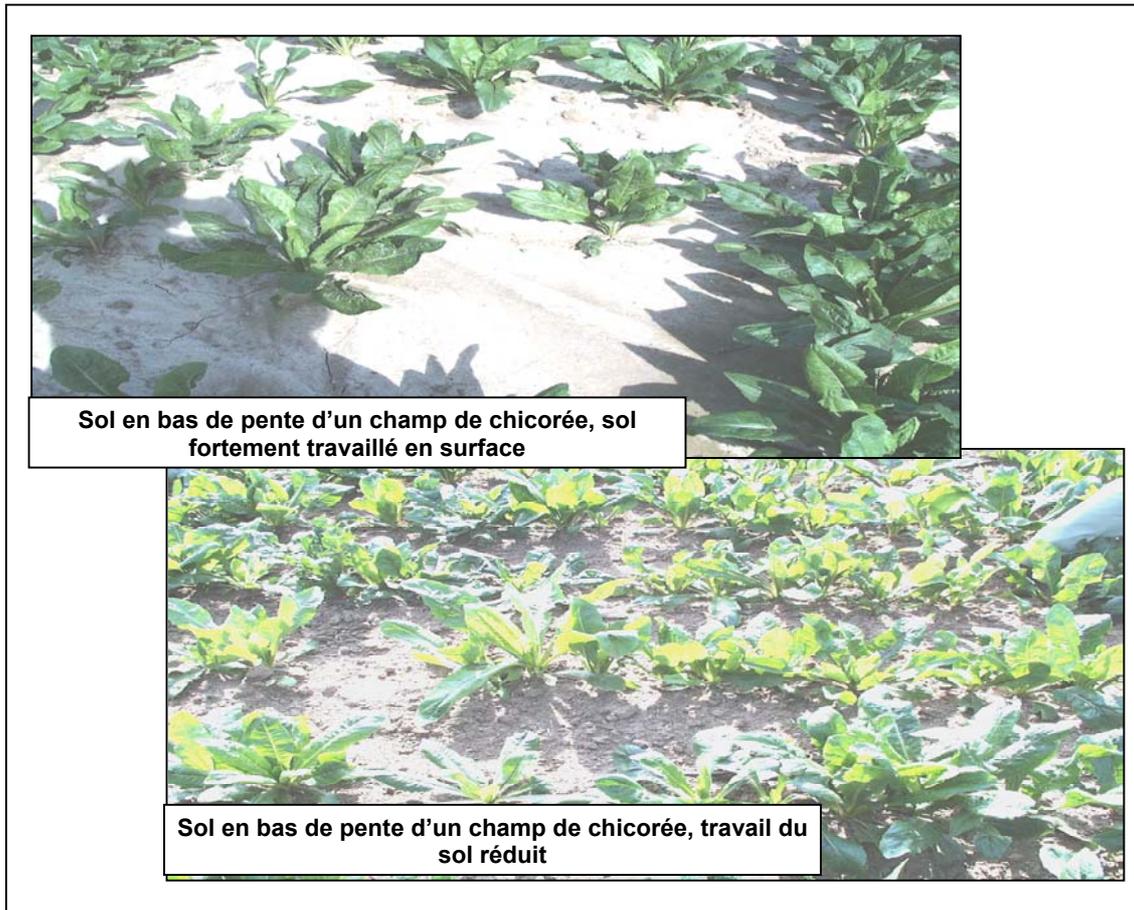


Figure 15. Comparaison après pluies entre les effets d'un travail du sol affinant fortement la couche de surface dans un cas, avec travail réduit du sol dans l'autre cas : état de surface en bas de pente de deux champs de chicorée voisins



Figure 16. Sol tassé en surface par les machines (machines de récolte, etc.)



Figure 17. Les cultures à couvert peu dense en saison de végétation favorisent le ruissellement et l'érosion des terres

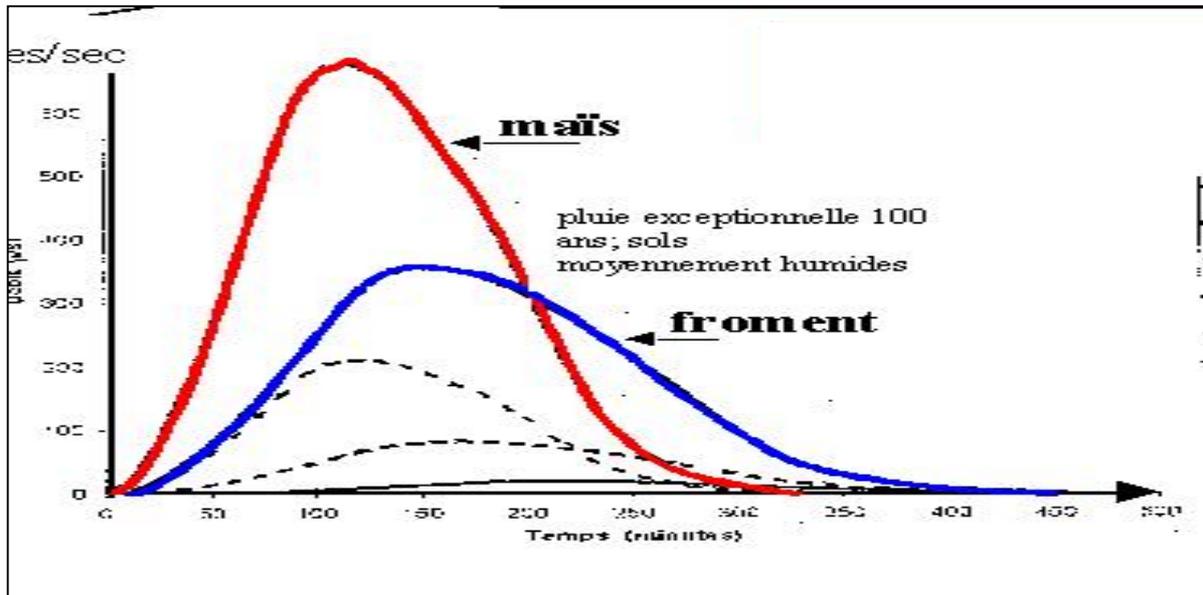


Figure 18. Simulation par modèle hydrologique SCS : Effet d'une pluie d'orage centennale sur champ de maïs ou champ de froment, sols non saturés : le maïs couvrant peu le sol "ruisselle plus", aussi bien en termes de volume que de débit



Figure 19. Infiltration locale excessive le long d'un talus herbeux abrupt

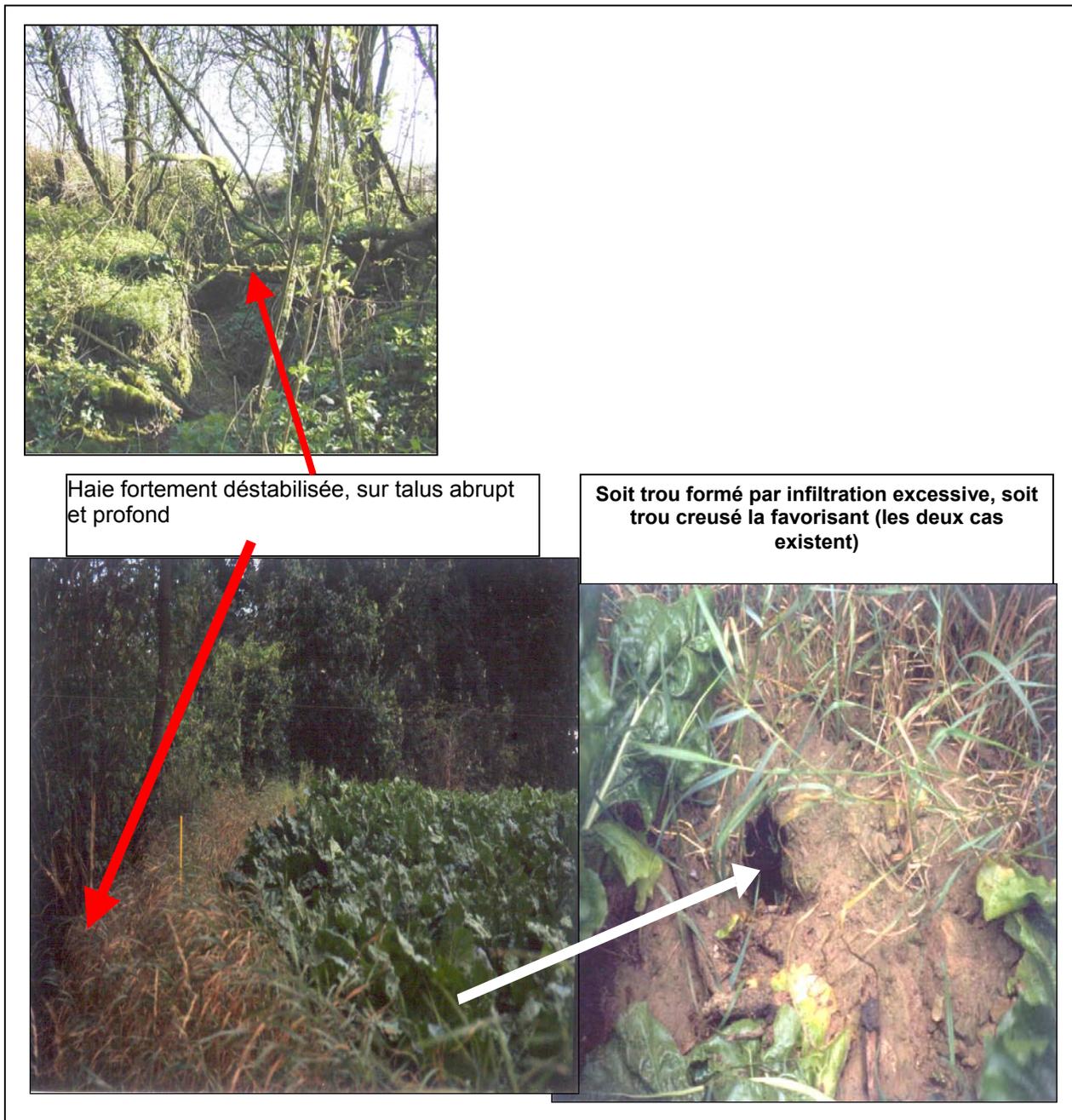


Figure 20. Infiltration locale excessive le long d'un talus boisé abrupt

3. Quels remèdes ?

Le diagnostic préalable ayant été réalisé à l'échelle du bassin versant, afin d'établir le classement des zones à risque (aspects potentialités) (Confer Fascicule 1) aussi bien que les causes (aspects actuels), il apparaît le plus souvent que la prévention et les remèdes relèvent également d'une approche intégrée, mettant en œuvre autant les techniques d'aménagement de bassins versants proprement dites (mesures d'hydraulique douce) que les pratiques agricoles et les mesures d'aménagement du territoire.

Cette approche intégrée inclut aussi bien la production des flux que leur transfert et leur collecte ou évacuation ; elle doit tenir compte et des paramètres du milieu et de ceux relatifs aux activités humaines.

On se référera au schéma de la Figure 21 et au Tableau 2 pour une vision synthétique sur la question.

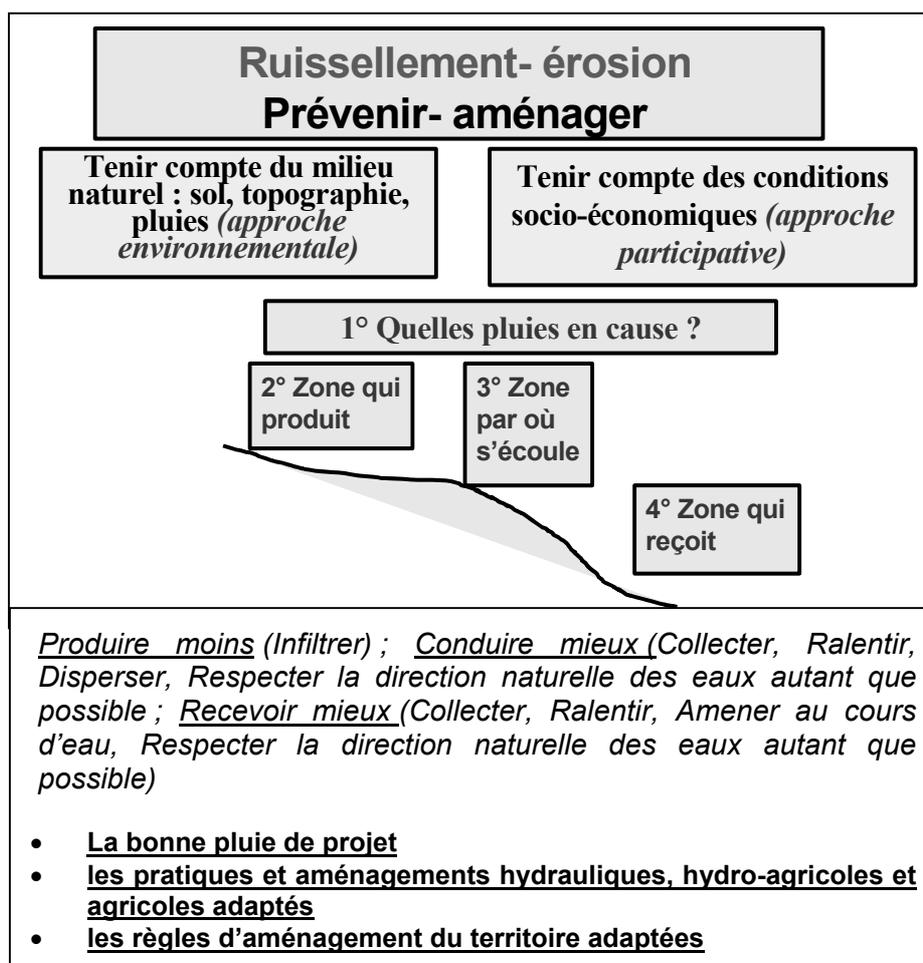
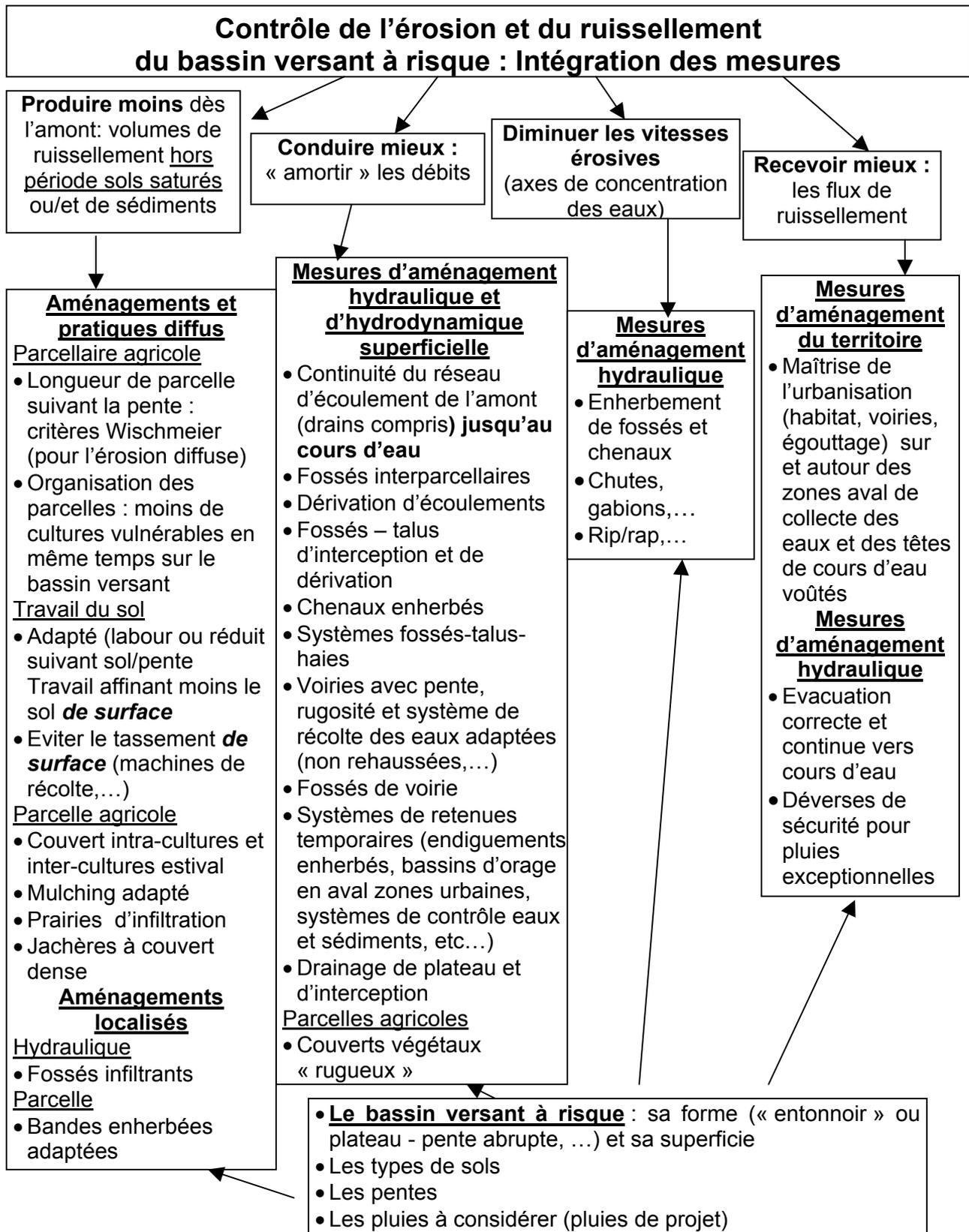


Figure 21. Schéma « remèdes »

Tableau 2. Contrôle de l'érosion et du ruissellement du bassin versant à risque : Intégration des mesures

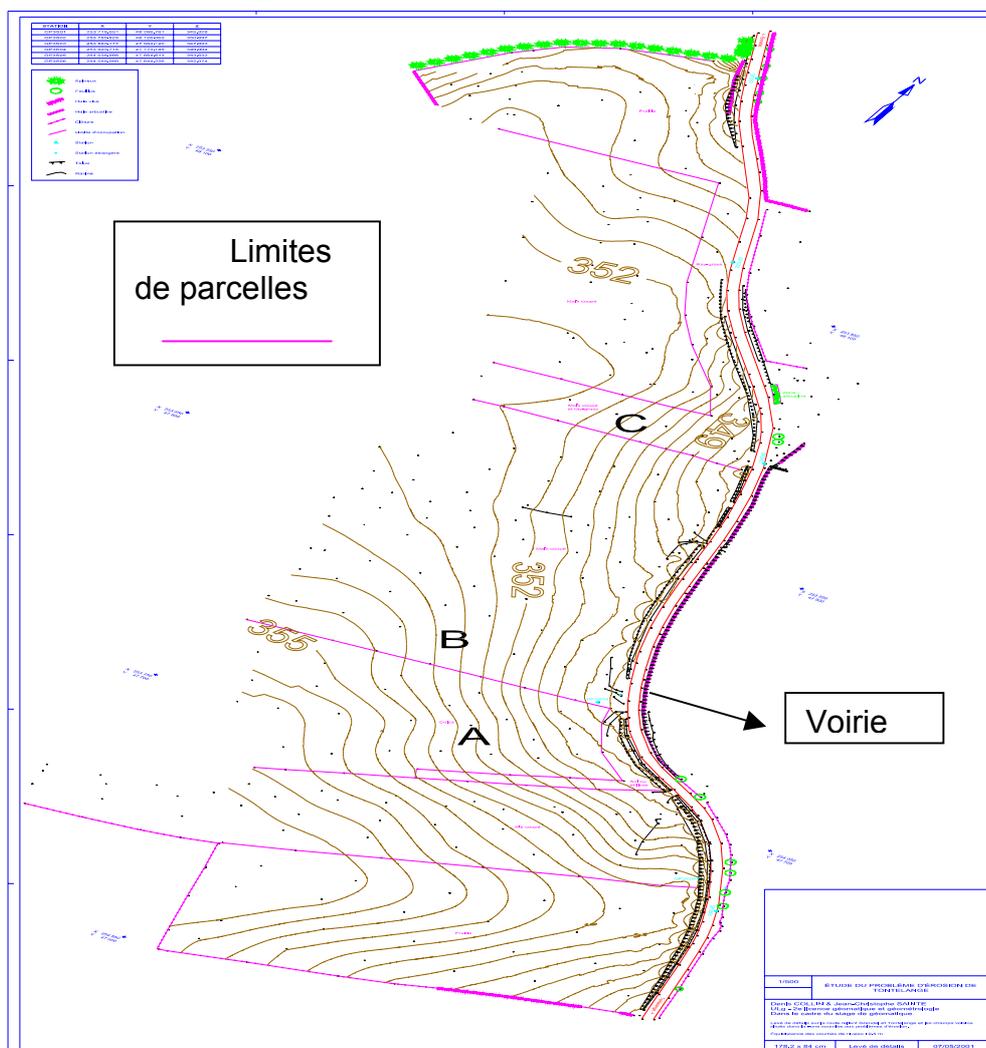


4. Exemples

Deux exemples de propositions d'aménagement sont présentés ici (localisation non renseignée) ; on s'est volontairement limité à deux cas particuliers où les parcelles constituent à elles seules le (petit) bassin versant, car situées le long de la crête de celui-ci.

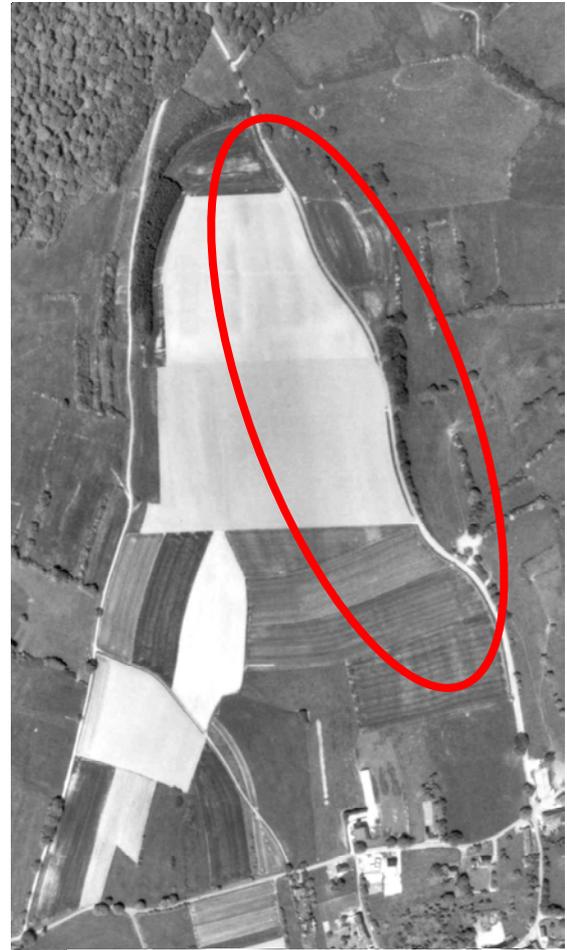
4.1. Exemple A

Le site incriminé est composé d'un ensemble de parcelles agricoles représentant une superficie totale de 12 ha ; un schéma du parcellaire est reporté en Figure 22, celui-ci ayant subi une évolution notable entre 1986 et 1992 (Figures 23a et 23b).





a) Parcelle 1984



b) Parcelle 1992

Figure 23.a. et 23.b. Evolution du parcellaire entre 1984 et 1992 (photos aériennes IGN, 1984 et 1992 ; échelle 1/10 000)

De la visite de terrain (Figure 24), il apparaît que les parcelles sont situées sur un plateau suivi d'un versant et longent un fossé et une voirie, cette dernière bordant elle-même un versant abrupt. Le problème consiste essentiellement en arrivées de boues sur la voirie en provenance des parcelles de terre précitées ; celles-ci subissent essentiellement un processus d'érosion diffuse mais aussi quelques concentrations d'eaux de ruissellement. Quelques ravinements sont présents en bas de parcelles, dus en bonne part au passage des engins agricoles.

Les terres érodées se déposant en bas de parcelle nécessitent de fréquents entretiens du fossé et de la voirie, sans compter les pertes en terre fertile et de rendements agricoles.

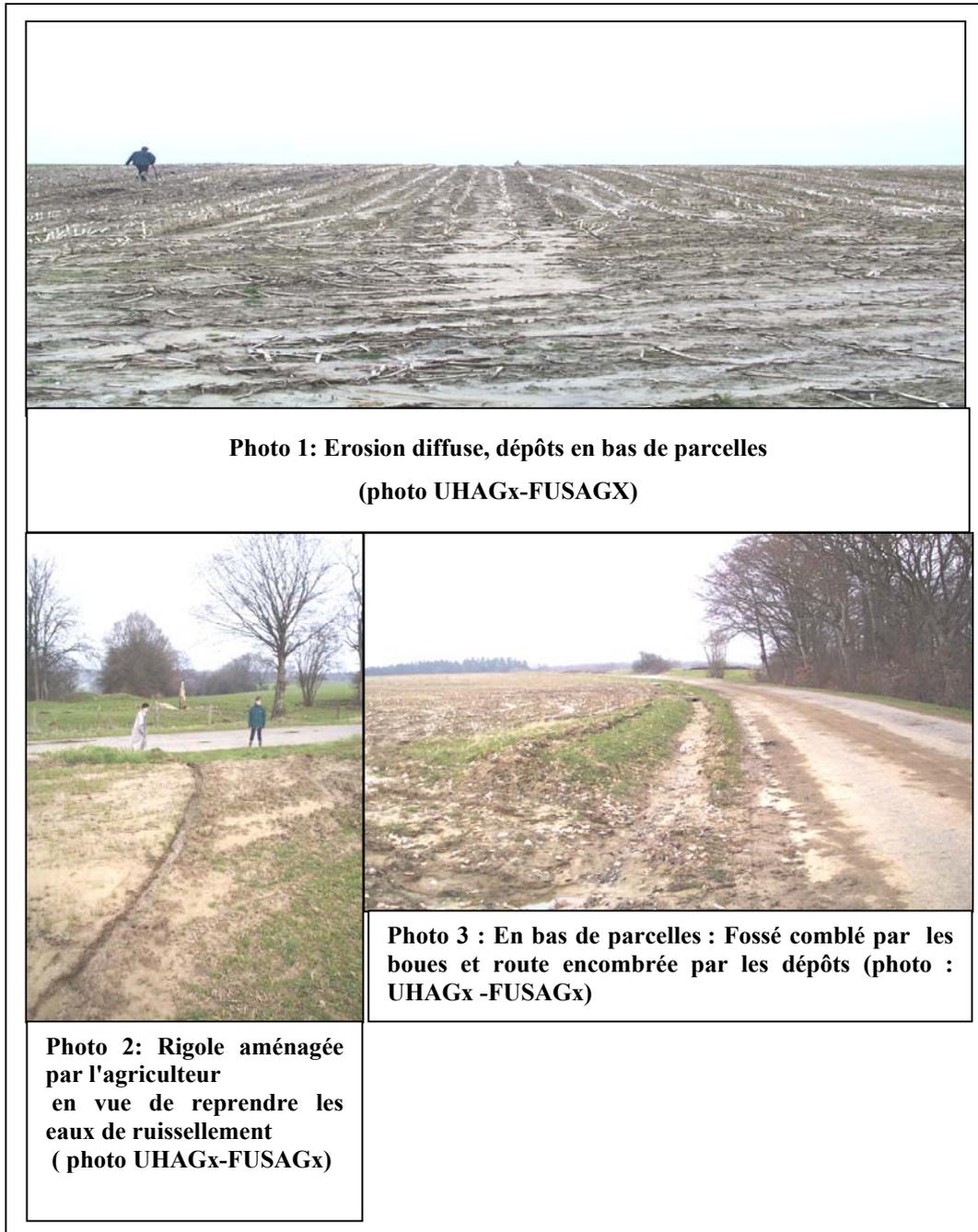


Figure 24. Visite de terrain

4.1.1. Les données du milieu

a) Les pluies

Les précipitations annuelles sont relativement élevées et de l'ordre de 1000 mm.

b) Le bassin versant

Le bassin versant d'amenée des eaux est limité à une partie des parcelles elles-mêmes; il n'y a donc pas lieu dans ce cas particulier d'examiner d'autres apports d'eau que ceux des parcelles.

c) Les sols

L'estimation des pertes diffuses en sol par la méthode de Wischmeier nécessite la connaissance texturale du sol de surface; les résultats de mesure montrent que la texture est limono-sableuse et le taux d'humus inférieur à 1% en haut de parcelle (zone des dépôts) et sablo-limoneuse, avec 1,6 à 2,3 % en taux d'humus en bas de parcelles (ceci est la conséquence de l'érosion en haut de parcelles et du dépôt de sédiments en bas de parcelle, avec modification texturale et perte de matière organique).

d) Les pentes et longueurs des parcelles

Les parcelles sont composées, depuis la crête du versant et de l'amont vers l'aval, d'un plateau de 20 à 30 m de long, d'un versant de pente approximative de 4 % sur 120 à 130 m de long, d'un replat aval de quelques mètres bordant le fossé parallèle à la route.

e) Données agronomiques

La culture principale est le maïs, quoique d'autres cultures telles que le froment, l'escourgeon et le colza sont également présentes. Lors des évaluations des taux potentiels d'érosion diffuse suivant la méthode de Wischmeier, seule la culture de maïs sera considérée (rotation maïs - maïs - maïs), de façon à prendre en compte la spéculation la plus vulnérable, le maïs étant une culture recouvrant relativement peu le sol même en saison de végétation.

4.1.2. Evaluation des pertes en sol par érosion diffuse

La méthode de WISCHMEIER [1965] est utilisée pour évaluer les pertes en sol en fonction des paramètres de longueur et inclinaison de pente, de culture, de pratiques culturales, d'érodabilité du sol et d'érosivité de la pluie. Selon BOLLINE [1982], qui a validé la méthode de Wischmeier en Wallonie, le seuil de pertes en sol recommandé en Région Wallonne est de 5 t/ha.an et le seuil critique de 10 t/ha.an.

Tenant compte des différents paramètres énoncés ci-dessus, les pertes en sols moyennes pluriannuelles sont de l'ordre de 17 à 20 t/ha.an., ce qui est largement supérieur aux 5 à 10 t/ha.an recommandés.

4.1.3. Propositions d'aménagement

Suite aux estimations de pertes en sol diffuses par la méthode de Wischmeier, il paraît nécessaire de définir des aménagements permettant de diminuer les pertes en sol de moitié pour le moins, au quart de leur valeur pour le mieux.

Deux types de mesures sont à associer, à savoir des mesures agronomiques et des mesures d'hydraulique douce concernant la maîtrise des eaux de ruissellement du petit bassin versant en question.

a) Mesures agronomiques

Les mesures de type agronomique, qui englobent les techniques culturales, sont de deux ordres, selon qu'elles concernent le couvert végétal ou le travail du sol. Les indications qui suivent sont orientatives ; il convient de prendre conseil auprès de spécialistes agronomes pour des recommandations précises quant aux modalités pratiques de mise en œuvre.

- Le couvert végétal

Au-delà du remède « radical » qu'est la mise en prairie des parcelles, si l'on veut conserver une spéculature « maïs », hautement vulnérable, il convient d'appliquer des mesures de couverture maximale du sol, non seulement en interculture mais aussi et même surtout (pluies estivales orageuses) en intraculture (par exemple ray-grass sous maïs).

Les rotations incluant froment, escourgeon et autres cultures à couvert plus dense en saison de pluies orageuses seraient à favoriser.

- Le travail du sol

Tout travail du sol visant à éviter d'ameublir trop le sol en surface (pour éviter une trop facile mise en boue) est important à considérer, comme il est important également d'éviter le « retassement » du sol en surface (en particulier par les machines de récolte).

Suivant les références en la matière, les mesures agronomiques peuvent dans le meilleur des cas permettre des réductions de pertes en sol moyennes de l'ordre de 50 à 60%, à compléter par des mesures d'hydraulique douce associées.

b) Mesures d'hydraulique douce

En complément aux mesures agronomiques, et compte tenu de ce que :

- *le processus en cause est essentiellement un processus d'érosion diffuse,*
- *le bassin versant est limité aux parcelles elles-mêmes,*
- *quelques concentrations des eaux sont susceptibles d'apparaître dans les micro-vallons des parcelles,*

les mesures d'aménagement suivantes peuvent être proposées en matière d'hydraulique douce.

- Réorganisation parcellaire

Une mesure efficace et suffisante, mais probablement difficilement acceptée par les agriculteurs, pourrait être une réorganisation parcellaire en au moins trois parcelles selon la pente, orientées perpendiculairement à la pente et séparées par des fossés amenant les eaux de ruissellement de chacune des parcelles vers un fossé collecteur (celui-ci parallèle à la pente donc).

- Installation d'une banquette de dérivation

Compte tenu notamment du fait que la partie basse des parcelles est suffisamment éloignée de l'importante rupture de pente aval, l'installation d'une « banquette de dérivation » en bas des parcelles paraît appropriée dans les conditions de culture, sols, et topographie présentes.

Le concept combine l'effet de la bande enherbée, du talus et du chenal enherbé et permet en l'occurrence le dépôt des sédiments diffus résiduels (effet bande enherbée), la limitation des érosions de bordure de champ liées aux manœuvres des machines agricoles, une infiltration locale partielle des eaux de ruissellement si le sol est suffisamment filtrant.

Le chenal enherbé est un chenal large et peu profond tapissé d'un couvert herbacé ; ce chenal a en général un profil parabolique large, dimensionné pour transférer les eaux de surface y amenées sans occasionner l'érosion du dit chenal ; il doit être donc correctement calculé pour des vitesses non érosives et pour une capacité adéquate d'écoulement des flux de ruissellement susceptibles de survenir lors d'une pluie d'orage « exceptionnelle » (pluie de projet)).

Compte tenu des normes existantes pour les problèmes d'érosion diffuse, la partie « bande enherbée » devra avoir une largeur minimale de 20 mètres.

L'installation du talus de bordure de dimensions adéquates, enherbé également, sur toute la longueur aval de la bande enherbée (donc le long de la voirie) permettra à la structure, compte tenu des pentes rencontrées sur la longueur de cette bande enherbée, de fonctionner comme un ensemble de chenaux enherbés conduisant les eaux excédentaires de ruissellement de façon répartie vers trois issues de reprise des eaux (Confer Schéma de la Figure 25) correspondant aux voies empruntées par les charrois agricoles.

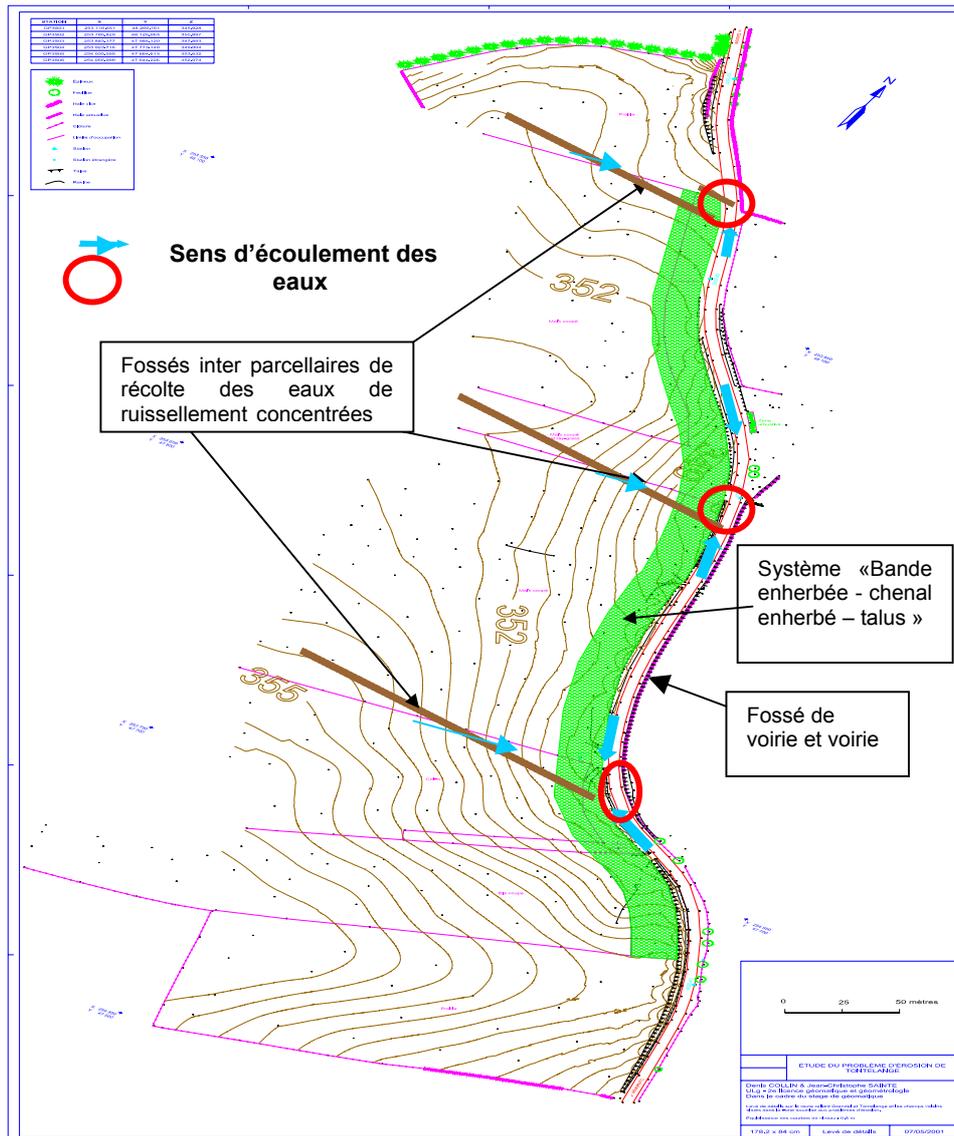


Figure 25. Proposition d'aménagement de conservation des eaux et des sols, partim « Mesures d'hydraulique douce : Système « bande enherbée – chenal enherbé-talus » en bas de parcelles et fossés de récolte inter-parcelles

Signalons que les recommandations relatives aux bandes enherbées, quand installées pour favoriser le dépôt des sédiments résiduels, portent sur :

- *l'installation d'un couvert dense et permanent,*
- *une hauteur de végétation maintenue à 10-20 cm,*
- *le nettoyage des sédiments quand une couche de 10-15 cm s'est installée.*

En considérant des pertes en sol ramenées par le fait des mesures agronomiques à un ordre de 10 t/ha.an, pour une largeur de bande enherbée de 20 mètres, la couche annuelle moyenne sédimentée représente une hauteur « uniforme » de l'ordre de 5 mm. Il est cependant à remarquer que ceci est une valeur moyenne pluriannuelle et que lors d'une averse exceptionnelle, l'épaisseur des sédiments dans la bande enherbée peut être occasionnellement plus importante.

En complément des aménagements précités, compte tenu d'une certaine concentration des eaux vers de légers vallons au sein des parcelles, trois fossés de récolte inter-parcellaires seront utilement adjoints (Confer schéma de la Figure 25).

4.1.4. En résumé

En vue de remédier aux excès de pertes en sol, il est proposé, à l'échelle du petit bassin versant concerné de combiner d'une part des mesures anti-érosives de type agronomique, permettant de limiter globalement l'érosion des terres elles-mêmes, d'autre part des mesures d'hydraulique douce, permettant une maîtrise améliorée du ruissellement et des flux boueux résiduels en particulier lors d'événements pluvieux exceptionnels.

Les mesures de type agronomique permettent de limiter l'érosion « à la source », moyennant des mesures liées d'une part à la couverture des sols et d'autre part des mesures portant sur le travail du sol lui-même.

Les aménagements d'hydraulique douce nécessitent un dimensionnement et une localisation appropriés; leur bon fonctionnement demande un entretien régulier. Les modalités proposées combinent des effets de rétention des sédiments et de transfert des eaux de ruissellement.

4.2. Exemple B

La parcelle agricole est pratiquement en tête de bassin ; les sillons de culture sont parallèles aux courbes de niveaux. Un nouveau lotissement s'est installé en bordure ; des problèmes d'inondation par ruissellement (peu de flux boueux) y sont récurrents.

L'analyse montre que les habitations se situent dans un des deux axes de concentration des eaux, sans qu'aucun aménagement d'évacuation des eaux de ruissellement vers le ruisseau n'y ait été effectué (Figure 26).

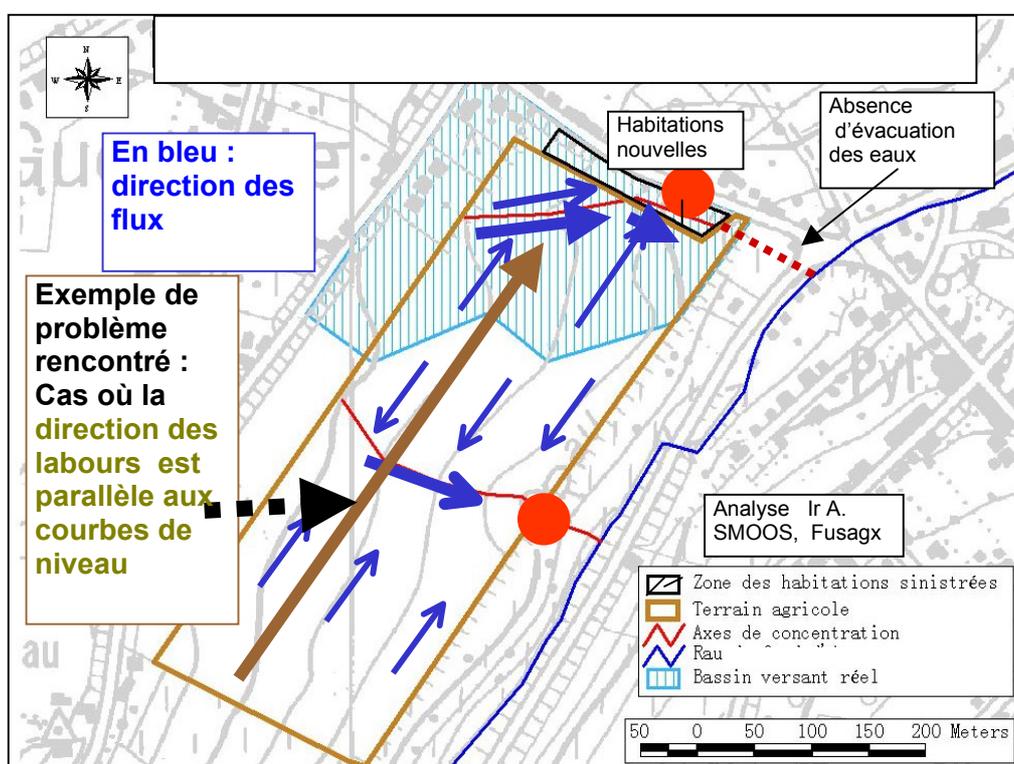


Figure 26. Cas de ruissellement concentré en provenance d'une partie de parcelle

Une solution est de proposer, outre l'aménagement d'une évacuation adéquate des eaux, une combinaison bande enherbée – fossé enherbé - talus (ce dernier enherbé également et avec ou sans haie au choix); le système est à dimensionner en fonction des apports d'eaux du petit bassin versant (Figure 27).

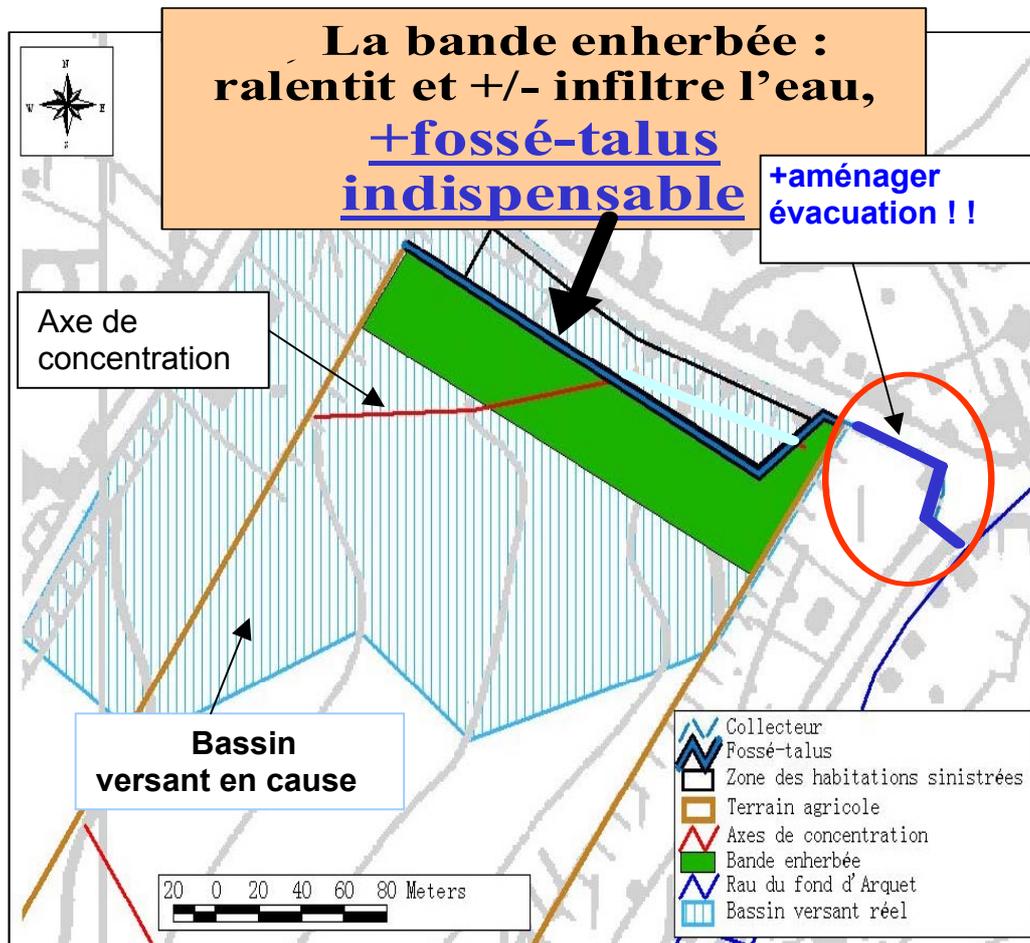


Figure 27. Proposition de solution : aménagement combinant bande enherbée, fossé enherbé, talus (talus enherbé, avec ou sans haie), et évacuation des eaux vers le ruisseau.

5. Références bibliographiques

Bollinne A., Etude et prévision de l'érosion des sols limoneux cultivés en moyenne Belgique, thèse présentée pour l'obtention du grade de docteur en sciences géographiques, Liège : Ulg, 1982, 356 pages et annexes.

COLARD F., DAUTREBANDE S., Cartographie des zones à risque de ruissellement et d'érosion en région wallonne : *Méthodologie et cas pilotes*, Fascicule 1, rapport final, Gembloux : Hydrologie et Hydraulique agricole - Génie rural Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques (FUSAGx), 2003, 86 pages.

WISCHMEIER W.H., SMITH D., Predicting rainfall erosion losses from croplands east of the rocky mountains, Handbook n° 282, Washington : USDA Agr. Res. Serv., 1965, 47 pages.

6. Liste des figures

| | |
|---|----|
| FIGURE 1. LE RESEAU D'ÉCOULEMENT HORS COURS D'EAU DANS UN PETIT BASSIN VERSANT ; TRACES AU SOL APRES UN ORAGE VIOLENT. (PHOTO AERIENNE R. CAUSSIN, FUSAGX, 2002) | 2 |
| FIGURE 2. RESEAU DE RECOLTE ET TRANSFERT DES EAUX DE RUISSellement | 8 |
| FIGURE 3. LE CHEMIN DIVISE LE BASSIN VERSANT NATUREL ET AGRANDIT DE CE FAIT DE 10 FOIS LE BASSIN VERSANT DU POINT LE PLUS AVAL (POINT NOIR SUR LE SCHEMA), D'OU LES COULEES DE BOUE IMPORTANTES. | 9 |
| FIGURE 4. L'ORGANISATION DU PARCELLAIRE DU BASSIN VERSANT EST TELLE QUE UNE MAJORITE DE CULTURES VULNERABLES (MAÏS EN L'OCCURRENCE) Y APPARAISSENT EN MEME TEMPS, OUTRE LE FAIT DE LA VOIRIE QUI INTERCEPTE ET CONCENTRE LES EAUX DE RUISSellement : LA PARCELLE (MAÏS) LA PLUS AVAL ET LA BANDE ENHERBEE EN BAS DE PARCELLE EN SONT VICTIMES ET SE RAVINENT FORTEMENT. | 10 |
| FIGURE 5. PROFONDE RAVINE DANS CHEMIN EN ZONE NATURELLEMENT VULNEBRABLE(PENTE FORTE), AVEC PLATEAU AMONT DEBOISE ET DENUDE POUR AIRE DE JEUX. | 11 |
| FIGURE 6. DEGATS ET BOUE EN ZONE HABITEE NATURELLEMENT VULNERABLE, PLATEAU AMONT DU BASSIN VERSANT HABITE ET BOISE (AUCUNE CULTURE)..... | 11 |
| FIGURE 7. AUCUN FOSSE DE REPRISE N'EST AMENAGE LE LONG DE LA ROUTE : LES FLUX DIFFUS INTERCEPTES PAR LA VOIRIE SONT CONCENTRES SANS MAITRISE DE LA DIRECTION QU'ILS PRENNENT POUR REJOINDRE LE COURS D'EAU EN AVAL ; LA PRESENCE D'UNE PRAIRIE A LA PLACE DU CHAMP NE MODIFIE PAS LE PROBLEME..... | 12 |
| FIGURE 8. REJETS DES EAUX DE VOIRIE VERS LE CHAMP ET RAVINEMENT DU CHAMP EN CONSEQUENCE | 13 |
| FIGURE 9. LE CHEMIN A ETE REHAUSSE ET REJETTE LES EAUX VERS LA BANDE ENHERBEE...- D'AUTRES CAS RELATIVEMENT FREQUENTS PORTENT SUR DES VOIRIES PLUS IMPORTANTES QUI, REHAUSSEES LORS D'UN ASPHALTAGE OU AUTRE, REJETTENT LOCALEMENT ET BRUTALEMENT LES EAUX DE RUISSellement VERS DES HABITATIONS | 14 |
| FIGURE 10. LA PENTE/CONTRE-PENTE DU CHEMIN AGRANDIT (ZONE ROUGE) LE BASSIN VERSANT D'ORIGINE (ZONE JAUNE) ET PROVOQUE INONDATIONS, RAVINEMENTS ET COULEES BOUEUSES AU NIVEAU DES HABITATS SITUES EN AVAL, EN ZONE NATURELLEMENT VULNERABLE. | 14 |
| FIGURE 11. D'IMPORTANTES DEGATS SONT OCCASIONNES AUX HABITATIONS ET VOIRIES DANS UNE ZONE A RISQUE, PAR LA CONCENTRATION DES EAUX DE RUISSellement DEVIEES PAR LES VOIRIES, SUR UN VERSANT | 15 |
| FIGURE 12. TETE DE COURS D'EAU VOUTEE, SANS SECURITE DE DEVERSE POUR LES PLUIES EXCEPTIONNELLES, OUTRE LES DIMINUTIONS DE CAPACITE DU CONDUIT POUR DIVERSES RAISONS, L'ENCRASSEMENT PAR BOUES ET PAILLES, COLLECTEURS SUPPLEMENTAIRES RACCORDES, ETC.) : LES EAUX DE RUISSellement N'ONT D'AUTRE POSSIBILITE QUE DE PASSER EN SURFACE, TRAVERSANT HABITATIONS ET VOIRIES..... | 15 |
| FIGURE 13. EN L'ABSENCE DE FOSSE INTERPARCELLAIRE, LE RAVINEMENT DANS LE FROMENT (AVEC AFFLUX DE BOUE EN AVAL) EST OCCASIONNE PAR DES APPORTS DE RUISSellementS CONCENTRES ISSUS DE CULTURES VULNERABLES (MAÏS) EN AMONT SUR LE VERSANT | 16 |
| FIGURE 14. PARCELLE TROP LONGUE SUIVANT LA PENTE POUR CETTE ASSOCIATION SOL X PENTE (À CALCULER SUIVANT CRITÈRES WISCHMEIER) | 16 |

| | |
|--|----|
| FIGURE 15. COMPARAISON APRES PLUIES ENTRE LES EFFETS D'UN TRAVAIL DU SOL AFFINANT FORTEMENT LA COUCHE DE SURFACE DANS UN CAS, AVEC TRAVAIL REDUIT DU SOL DANS L'AUTRE CAS : ETAT DE SURFACE EN BAS DE PENTE DE DEUX CHAMPS DE CHICOREE VOISINS | 17 |
| FIGURE 16. SOL TASSE EN SURFACE PAR LES MACHINES (MACHINES DE RECOLTE, ETC.) .. | 17 |
| FIGURE 17. LES CULTURES A COUVERT PEU DENSE EN SAISON DE VEGETATION FAVORISENT LE RUISSellement ET L'EROSION DES TERRES | 18 |
| FIGURE 18. SIMULATION PAR MODELE HYDROLOGIQUE SCS : EFFET D'UNE PLUIE D'ORAGE CENTENNALE SUR CHAMP DE MAÏS OU CHAMP DE FROMENT, SOLS NON SATURES : LE MAÏS COUVRANT PEU LE SOL "RUISSELLE PLUS", AUSSI BIEN EN TERMES DE VOLUME QUE DE DEBIT | 18 |
| FIGURE 19. INFILTRATION LOCALE EXCESSIVE LE LONG D'UN TALUS HERBEUX ABRUPT | 19 |
| FIGURE 20. INFILTRATION LOCALE EXCESSIVE LE LONG D'UN TALUS BOISE ABRUPT | 20 |
| FIGURE 21. SCHÉMA « REMÈDES » | 21 |
| FIGURE 22. SCHEMA DE DETAIL DU PARCELLAIRE A L'ETUDE | 23 |
| FIGURE 23.A. ET 23.B. ÉVOLUTION DU PARCELLAIRE ENTRE 1984 ET 1992 (PHOTOS AERIENNES IGN, 1984 ET 1992 ; ECHELLE 1/10 000)..... | 24 |
| FIGURE 24. VISITE DE TERRAIN | 25 |
| FIGURE 25. PROPOSITION D'AMENAGEMENT DE CONSERVATION DES EAUX ET DES SOLS, PARTIM « MESURES D'HYDRAULIQUE DOUCE : SYSTEME « BANDE ENHERBEE –CHENAL ENHERBE-TALUS » EN BAS DE PARCELLES ET FOSSES DE RECOLTE INTER-PARCELLES | 29 |
| FIGURE 26. CAS DE RUISSellement CONCENTRÉ EN PROVENANCE D'UNE PARTIE DE PARCELLE | 31 |
| FIGURE 27. PROPOSITION DE SOLUTION : AMENAGEMENT COMBINANT BANDE ENHERBEE, FOSSE ENHERBE, TALUS (TALUS ENHERBE, AVEC OU SANS HAIE), ET EVACUATION DES EAUX VERS LE RUISSEAU..... | 32 |

7. Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| TABLEAU 1.A. CAUSES PRINCIPALES DES PROBLEMES D'INONDATIONS PAR RUISSellement, EROSIONS, RAVINEMENTS, COULEES DE BOUE | 6 |
| TABLEAU 1.B. (SUITE). CAUSES PRINCIPALES DES PROBLEMES D'INONDATIONS PAR RUISSellement, EROSIONS, RAVINEMENTS, COULEES DE BOUE | 7 |
| TABLEAU 2. CONTROLE DE L'EROSION ET DU RUISSellement DU BASSIN VERSANT A RISQUE : INTEGRATION DES MESURES..... | 22 |

III. Fiche technique N°1 :

Les bandes enherbées

(« *Field borders* » et « *Filter Strips* » ou « *buffer strips* »)

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| 1. DEFINITION..... | 2 |
| 2. OBJECTIF | 5 |
| 2.1. BANDES ENHERBÉES DE BORDURE (USA ET CANADA)..... | 5 |
| 2.2. BANDES ENHERBÉES RIVERAINES (USA, FR.) OU NON RIVERAINES (FR.) | 5 |
| 3. ZONES A RISQUE EROSIF CONCERNÉES | 6 |
| 4. DESCRIPTION ET PROCESSUS..... | 6 |
| 5. LIMITATIONS GÉNÉRALES | 7 |
| 6. DIMENSIONNEMENT | 9 |
| 6.1. LARGEURS DE BANDE ENHERBÉE (FRANCE)..... | 9 |
| 6.2. LARGEURS DE BANDE ENHERBÉE, RECOMMANDATIONS USA..... | 10 |
| 7. INSTALLATION ET ENTRETIEN | 13 |
| 8. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 14 |
| 9. LISTE DES FIGURES..... | 16 |
| 10. LISTE DES TABLEAUX | 16 |

1. Définition

Les bandes enherbées relèvent de deux types d'aménagement :

- les bandes enherbées de bordure (*field border*), qui sont des bandes végétales denses et permanentes (généralement herbage) établies le long d'un ou de plusieurs côtés d'un champ (bandes enherbées proprement dites) (Figure 1)
- les bandes végétales riveraines (*filter strips* ou encore *buffer strips* ou *riparian zones*), qui sont des bandes de végétation permanentes à couvert d'herbage, de buissons, d'arbustes ou autre, établies aux abords de cours d'eau, plans d'eau, sources ou zones humides (Figure 2).



Figure 1. Bande enherbée type USA (« Field border »)
(http://www.cjnetworks.com/~sccdistrict/shw_rms/rms_tp.htm)



Figure 2. Bande riveraine type USA (« Filter Strip »)
(http://www.cjnetworks.com/~sccdistrict/shw_rms/rms_tp.htm)

En France, on adopte le terme de « dispositif enherbé », pour désigner tant la bande enherbée de bordure que celle riveraine, ou aussi le chenal enherbé ou encore la banquette d'infiltration enherbée. (Figure 3)

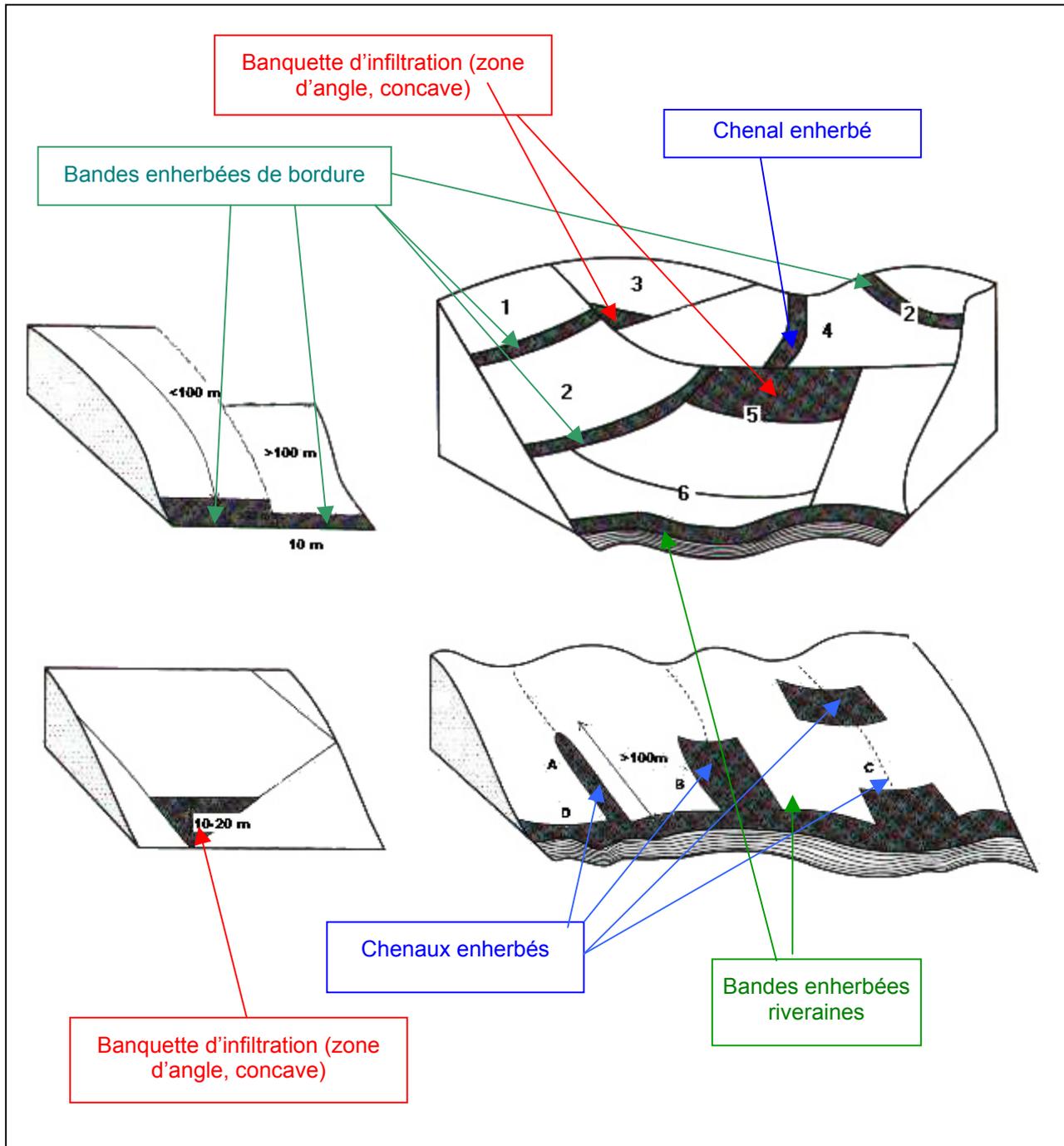


Figure 3. Dispositifs enherbés - commentaires suivant D. Gauvin (2000) ; schémas reproduits notamment par Soltner D. (2001) et extraits de documents du CORPEN, Fr., 1997.

2. Objectif

2.1. Bandes enherbées de bordure (USA et Canada)

Les bandes enherbées en bordure de parcelle (*field border*) sont utilisées essentiellement pour diminuer l'érosion des bordures elles-mêmes, en fournissant une aire qui permet la manoeuvre des machines agricoles en évitant les dégâts au terrain durant les opérations de travail du sol et de récolte.

2.2. Bandes enherbées riveraines (USA, Fr.) ou non riveraines (Fr.)

Les bandes enherbées riveraines ont les fonctions suivantes, pour autant que des mesures de conservation suffisantes soient prises vis à vis des sols en amont (voir limitations et critères) :

- filtration/dépôt des nutriments, pesticides, matières organiques et sédiments
- réduction du ruissellement
- possibilité d'habitat d'une faune et flore sauvage.

Commentaires

Cette pratique ne contribue évidemment pas à diminuer l'érosion des terres amont en tant que tel, mais bien éventuellement celle de terres en aval, du fait de la diminution de l'apport d'eaux de ruissellements.

Pour les terres amont, des mesures de conservation des sols doivent être prises en vue de respecter un critère d'acceptabilité de pertes en sol, sous peine de non efficacité des bandes enherbées (Confer Critères ci-dessous).

3. Zones à risque érosif concernées

Sont concernées :

- les zones à risque d'érosion diffuse faible
- les zones à risque d'érosion diffuse importantes mais qui ont fait l'objet de mesures préalables de conservation des sols.

4. Description et processus

Etablies perpendiculairement au sens des écoulements diffus et suivant des critères adéquats liés aux sols, aux pentes, à l'occupation du sol et aux pluies, les bandes enherbées favorisent trois types de processus :

- le ralentissement du ruissellement diffus de surface qui les traverse, du fait de la rugosité de surface importante de la végétation de la bande enherbée
- la diminution éventuelle de ce flux de ruissellement diffus, par infiltration accrue due à la présence d'une végétation dense
- du fait des deux processus précédent, le dépôt de sédiments.

5. Limitations générales

Suivant les critères USA, il convient d'installer une bande enherbée de bordure en amont de la bande (enherbée ou autre) riveraine, si accommodation doit être prise pour le passage des machines agricoles.

Suivant Soltner (2001), un ajout de « talus bocager » en bordure de la bande enherbée (riveraine) ajoute à son efficacité (Haies et bocages : Confer Fiche technique « Haies »).

Quel que soit le type de bande enherbée, riveraine ou non, les bandes enherbées ne conviennent pas pour les problèmes de ruissellement et d'érosion concentrés (Confer Fiche technique « Chenaux enherbés ») (Confer photos des Figures 4 et 5).



Figure 4. Développement d'une ravine dans une bande enherbée suite au rehaussement et comblement du chemin en déblai (Photo Dautrebande S., 1998).



Figure 5. Ravine étroite mais profonde dans une bande enherbée suite au ruissellement concentré issu du bassin versant et du chemin en amont du champ de maïs ; le flux traverse le champ puis la bande enherbée et induit en aval des affaissements de terrain et des coulées de boue en aval (Photo Dautrebande S., 1998).

Commentaires

Aux règles précitées, il importe d'ajouter l'analyse du risque vis-à-vis de la réception des eaux amont (y compris par exemple celles d'une voirie de crête de bassin) si le versant n'est pas en tête de bassin, ainsi que l'importance de l'accroissement du risque aval, lorsque l'averse de projet est dépassée.

Comme indiqué dans les critères, la bande enherbée ne saurait être qu'une mesure complémentaire à des mesures de conservation des sols sur les versants concernés.

6. Dimensionnement

Le bon fonctionnement d'une bande enherbée sera fonction :

- des conditions de sol (infiltrabilité du versant mais aussi de la bande enherbée)
- de la longueur du versant suivant la pente et de sa pente
- de la pente de la largeur de bande elle-même
- du type de culture et des façons culturales sur le versant
- du type de sol et du bon drainage naturel du versant et de la zone correspondant à la bande enherbée
- des intensités de pluies.

La première démarche est de déterminer le taux moyen annuel de pertes en sol (méthode Wischmeier et dérivées), afin de vérifier les conditions infra-critiques ; si ce n'est pas le cas, des mesures complémentaires de conservation des sols sur la parcelle sont impératives pour assurer ensuite l'efficacité des bandes enherbées.

6.1. Largeurs de bande enherbée (France)

Suivant Soltner (2001), la bande enherbée (riveraine ou non) en aval d'un versant producteur de sédiment doit avoir :

- 10 m de large pour des (longueurs de) pentes de versant inférieures à 100 m
- 10 à 20 m pour des (longueurs de) pentes de versant supérieures à 100 m ou pour des angles de parcelle (la plus grande largeur de l'angle enherbé est considéré dans ce cas)
- les bandes enherbées doivent être d'autant plus grandes que les conditions de sol/culture/pluviométrie/surface de parcelle sont érosives.

Suivant d'autres références (« Les coulées boueuses en Haute-Normandie », <http://www.arehn.asso.fr/soleteau/dispoherb.htm>), pour des longueurs de pente supérieures à 100 m, il est conseillé des largeurs de bande d'au moins 20 m, ordre de grandeur à adapter localement. Pour les angles de parcelle, recommandation est faite d'être particulièrement attentif aux traces de roues créant des écoulements préférentiels.

La même référence recommande que la bande enherbée soit de forme concave et rappelle qu'il est important de ne pas orienter le travail du sol parallèlement à la bande enherbée (les sillons doivent donc être plutôt parallèles à la pente générale du versant) ; une façon d'éviter cet écueil est d'étendre au moins quelque peu les bandes enherbées sur les côtés latéraux du champ (+/- type d'installation bande enherbée aux USA, comme cité plus haut), de façon à assurer la récolte des eaux à l'intérieur de l'enclave ainsi formée aussi bien que la manœuvre virage des machines, sans dégât de bordure.

Si le versant a une pente faible, il faut profiler (et entretenir) la bande enherbée pour que le rehaussement du sol lié aux dépôts ne compromette pas son efficacité.

Commentaires

Il est à remarquer que les essais INRA (Fr.) sur lesquels sont essentiellement basées ces indications, ont porté sur des largeurs de bandes enherbées relatives à des longueurs de versant amont de 50 m et en conditions érosives faibles.

D'autres essais aux USA citent les performances d'une bande riveraine de 20 m, pour une longueur de versant de 130 m.

6.2. Largeurs de bande enherbée, recommandations USA

Suivant le USDA-NRSC (2002) of USA, les bandes enherbées de bordure (*field border*) n'auront pas moins de 7 m de large et ne dépasseront pas 25% de la superficie totale de la parcelle ; rappelons qu'aux USA, elles ont essentiellement pour but de permettre le charroi agricole sans risque érosif de la bordure (Confer Définition).

Il s'ensuit que la notion et fonction de bande enherbée de bordure, telle qu'adoptée en France, correspond plutôt aux notions et fonctions attribuées à la bande enherbée riveraine aux USA.

Dès lors, les critères ci-dessous, bien que relatifs aux bandes enherbées riveraines pour la plupart, peuvent être appliqués à toute bande enherbée riveraine ou non, ayant pour objet la réduction du ruissellement et le dépôt de sédiments issus de l'érosion diffuse des terres du versant amont.

Pour rappel, aux USA, l'aménagement n'est recommandé que pour les cas où le taux annuel d'érosion diffuse du versant est inférieur aux normes de tolérance de 5 et 25 t/ha (cette dernière valeur étant supérieure aux normes admissibles en termes de conservation des sols) suivant les références (à calculer suivant formule USLE – Wischmeier).

Commentaire

A titre d'exemple, pour un versant de 500 m de long suivant la pente et une bande enherbée de 20 m de large, sur une longueur de 20 m, on est en présence d'une superficie de versant producteur de sédiments de 1 ha, et de bande enherbée de 400 m², soit un rapport 25/1 de longueur de versant/largeur de bande ; à raison de soit 5 t/ha.an soit 25 t/ha.an produits par le versant et supposés se déposer en totalité sur la bande enherbée, la couche annuelle moyenne sédimentée respective représente une hauteur « uniforme » de l'ordre de 1,25 cm ou de 7,5 cm.

On admet un rapport largeur de bande / longueur de pente de versant au maximum de 50/1 ou 30/1 suivant les références, cependant le plus souvent compris entre 8/1 et 3/1 ; une longueur de versant de plus de 100 m est à considérer comme un facteur défavorable de même que des pentes de versant de plus de 10%.

On admet des normes de largeurs minimales de bande en fonction des pentes des versants, quelque peu différentes suivant les références (Exemples des Tableaux 1 à 3).

Tableau 1. Largeurs de bande enherbée (riveraine) (USDA NRCS Maryland, 2001)

| Pente du champ en % | Largeur <u>minimale</u> de la bande enherbée en mètres |
|---------------------|--|
| < 6 | 8 |
| 7 | 9 |
| 8 | 11 |
| 9 | 12 |
| 10 | 13 |

- Ne pas installer pour des champs au-delà de 10% de pente sans pratiques de conservation des sols associées
- Largeur maximale nécessaire = 30 m
- Valable pour conditions infra-critiques de 25 t/ha du versant

Tableau 2. Largeurs de bande enherbée (riveraine) (T. G. Franti, Univ. Nebraska, Coop. Ext., 1997)

| Pente du champ en % | Largeur <u>minimale</u> de la bande enherbée en mètres |
|---------------------|--|
| < 1 | 3 |
| 1-10 | 5 |
| 10-20 | 7 |
| 20-30 | 8 |

• Rappel : valable pour conditions infra-critiques du versant

Tableau 3. Largeurs de bande enherbée (riveraine) (K.J. Eck, Purdue Univ., 2000)

| Pente du champ en % | Largeur <u>minimale</u> la bande enherbée en mètres |
|---------------------|---|
| 0-5 | 7 |
| 5-6 | 10 |
| 6-9 | 13 |
| 9-13 | 17 |
| 13-18 | 20 |

• Rappel : valable pour conditions infra-critiques du versant

On trouvera en Tableau 4, les pentes maximales recommandées pour les bandes enherbées.

Tableau 4. Pentes maximales de bande enherbée riveraine (USDA – NRCS Maryland, 2001)

| Type de sol de la <u>bande enherbée</u> (de couvert dense) | Pente <u>maximale</u> de la <u>bande enherbée</u> en % |
|---|--|
| Sableux | 7 |
| Autres | 8 |

Les largeurs minimales sont à augmenter si les bandes enherbées sont établies sur des sols à texture fine (encore suffisamment perméables cependant) ou si les sols ont une érodibilité significative (Confer méthode Wischmeier).

Dans les cas les plus défavorables (pentes élevées et sols peu infiltrants et/ou se saturant rapidement), des largeurs de bande enherbée jusqu'à 30 à 35 m sont recommandées.

Si l'on recherche un effet d'infiltration, il n'est pas utile d'installer des bandes enherbées sur des sols très argileux (très peu perméables).

Commentaires

En ce qui concerne l'influence des types de sol, on citera les recherches par modèle de simulation de Leeds-Harrison P.B. et al. (1996) qui montre que la largeur de la bande riveraine enherbée peut varier de moins de 1 m si établie sur sols sableux de faible pente à plus de 180 m si établie sur sols limono-sableux de plus de 16% de pente.

Une largeur de bande de 16 m serait nécessaire en aval de versants boisés (site [http de Purdue Univ.](http://www.purdue.edu)), par ailleurs, des normes particulières existent pour des bandes végétatives en aval de zones résidentielles.

Commentaires

On constate que les normes françaises sont prudentes, si ce n'est qu'elles ne mettent pas en évidence la diminution d'efficacité sur sols peu perméables, ni, explicitement, que le versant amont doit d'abord se trouver dans des conditions érosives relativement infra-critiques.

7. Installation et entretien

On recommande notamment :

- l'installation d'un couvert dense et permanent
- une hauteur de végétation maintenue à 10 - 20 cm
- et le nettoyage des sédiments quand une couche de 15 cm s'est installée.

8. Références bibliographiques

Eck K.J., Vegetated filter strips for improved water quality, Indiana's Soil and water Conservation Educ. program, AGRONOMY Guide, Purdue Univ. Cooperative Extension Service, soils (tillage) AY-285, 2000, 5 pages.

Gauvin D., Inventaire des zones sensibles à l'érosion des sols en vallée d'Authie dans une perspective d'application des mesures agri-environnementales, D.U.E.S.S. "Eau et Environnement" D.E.P., Amiens : Univ. Picardie Jules Verne, 2000 105 p. + annexes et cartes.

Leeds-Harrison P.B., Quinton J.N., Walker, et Al., Buffer Zones in headwater catchments, Report on AFF/English Nature Buffer Zone Project CSA 2285. Cranfield University, Silsoe, UK, 1996.

Leeds Rob, Brown L.C., Sulc M.R. et Al., Vegetative filter strips : application, installation and maintenance, Ohio state Univ. Extension, Note « water Quality », aex – 467.ah , 05-1997, 1997.

(National Corn Growers Association of USA- Conservation & Environment)

Natural Resources Conservation Service, New Jersey, Conservation Practice Standard field border , Code 386, NRCS, NJFOTG March, 2001

NRCS of USA Conservation Practice Standard ; Connecticut/Rhode Island, 2001 « Filter strip (acres), code 303 »

NRCS of USA Conservation Practice Standard NHFOTG, 2002 « Field border ; code 386 »

Palone S. R. and Todd A.H., Chesapeake Bay Riparian Handbook : A Guide for establishing and maintaining riparian forest buffers ; section V et section VI, USDA Forest Service. NA – TP-02_97. ; Radnor, PA. 1998.

Soltner D., Bandes enherbées et autres dispositifs enherbés, Collection Sciences et Techniques agricoles, 2001, 24 pages

Soltner D., Bandes enherbées et autres dispositifs bocagers, Collection Sciences et Techniques agricoles, 2001, 23 pages

USDA-NRCS Tennessee Jobsheet , Filter Strip (393), 2000.

V. Jovy, Transfert de produits phytosanitaires per le ruissellement et l'érosion de la parcelle du bassin versant, résumé d'étude N°99 AGRI1., INRA – Sciences du Sol – Orléans (V. Lecomte), 2002.

Supports électroniques :

Agence Régionale de l'Environnement de Haute-Normandie. *Les coulées boueuses en Haute-Normandie : causes, conséquences, remèdes* **[en ligne]** Disponible sur : <http://www.arehn.asso.fr/soleteau/p3b.htm> (consulté le ?)

Agence Régionale de l'Environnement de Haute-Normandie. *Réalisation de dispositifs enherbés* **[en ligne]** Disponible sur : <http://www.arehn.asso.fr/soleteau/dispoherb.htm> (consulté le ?)

Department of Health and Environmental Control. *Vegetated Riparian Buffers And Buffer Ordinances* **[en ligne]** Disponible sur : <http://www.scdhec.net/ocrm/pubs/buffers.pdf> (consulté le ?)

FRANTI Thomas. G. *Vegetative Filter Strips for agriculture* **[en ligne]** Disponible sur : <http://www.ianr.unl.edu/pubs/water/nf352.htm> (consulté le ?)

Shawnee County Conservation District. *Conservation Practices For Natural Resource Management* **[en ligne]** Disponible sur : http://www.cjnetworks.com/~sccdistrict/shw_rms/index.htm (consulté le ?)

9. Liste des figures

| | |
|---|---|
| FIGURE 1. BANDE ENHERBEE TYPE USA (« FIELD BORDER ») (HTTP://WWW.CJNETWORKS.COM/~SCCDISTRICT/SHW_RMS/RMS_TP.HTM) | 2 |
| FIGURE 2. BANDE RIVERAINE TYPE USA (« FILTER STRIP ») (HTTP://WWW.CJNETWORKS.COM/~SCCDISTRICT/SHW_RMS/RMS_TP.HTM) | 3 |
| FIGURE 3. DISPOSITIFS ENHERBES - COMMENTAIRES SUIVANT D. GAUVIN (2000) ; SCHEMAS REPRODUITS NOTAMMENT PAR SOLTNER D. (2001) ET EXTRAITS DE DOCUMENTS DU CORPEN, FR., 1997..... | 4 |
| FIGURE 4. DEVELOPPEMENT D'UNE RAVINE DANS UNE BANDE ENHERBEE SUITE AU REHAUSSEMENT ET COMPLEMENT DU CHEMIN EN DEBLAI (PHOTO DAUTREBANDE S., 1998). | 7 |
| FIGURE 5. RAVINE ETROITE MAIS PROFONDE DANS UNE BANDE ENHERBEE SUITE AU RUISSELLEMENT CONCENTRE ISSU DU BASSIN VERSANT ET DU CHEMIN EN AMONT DU CHAMP DE MAÏS ; LE FLUX TRAVERE LE CHAMP PUIS LA BANDE ENHERBEE ET INDUIT EN AVAL DES DES AFFAISSEMENTS DE TERRAIN ET DES COULEES DE BOUE EN AVAL (PHOTO DAUTREBANDE S., 1998). | 8 |

10. Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| TABLEAU 1. LARGEURS DE BANDE ENHERBEE (RIVERAINE) (USDA NRCS MARYLAND, 2001) | 11 |
| TABLEAU 2. LARGEURS DE BANDE ENHERBEE (RIVERAINE) (T. G. FRANTI, UNIV. NEBRASKA, COOP. EXT., 1997) | 12 |
| TABLEAU 3. LARGEURS DE BANDE ENHERBEE (RIVERAINE) (K.J. ECK, PURDUE UNIV., 2000) | 12 |
| TABLEAU 4. PENTES MAXIMALES DE BANDE ENHERBEE RIVERAINE (USDA – NRCS MARYLAND, 2001)..... | 12 |

IV. Fiche technique N°2 : **Les systèmes Fossés –Talus - Haies** **et les Barrières Végétales** ***(Hedgerows and Vegetative Barriers)***

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| 1. DEFINITION..... | 2 |
| 2. OBJECTIF | 4 |
| 3. ZONES A RISQUE EROSIF CONCERNEES | 4 |
| 4. DESCRIPTION ET PROCESSUS..... | 5 |
| 4.1. SYSTEME FOSSE-TALUS-HAIE | 5 |
| 4.2. LE FOSSE-TALUS-HAIE DE CEINTURE EN FOND DE VALLEE | 7 |
| 4.3. BARRIERES VEGETALES | 7 |
| 5. LIMITATIONS GENERALES | 8 |
| 6. DIMENSIONNEMENT | 11 |
| 6.1. LE SYSTEME HAIE-TALUS-FOSSE | 11 |
| 6.2. LES BARRIERES VEGETALES | 12 |
| 7. INSTALLATION ET ENTRETIEN | 13 |
| 8. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 14 |
| 9. LISTE DES FIGURES..... | 16 |
| 10. LISTE DES TABLEAUX | 16 |

1. Définition

Les haies des systèmes fossés-talus-haies (Figure 1) et les barrières végétales (Figure 2) anti-érosives sont des bandes étroites de végétation dense et érigée, installées selon les courbes de niveau ou en travers d'axes de concentration des eaux.

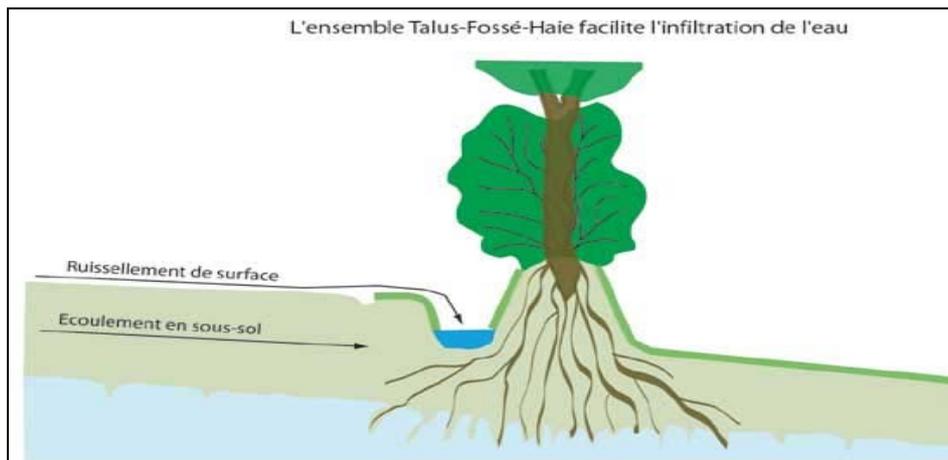


Figure 1. Système Fossé-talus-haie (Fr.)
<http://www.promhaies.net/roles.html>

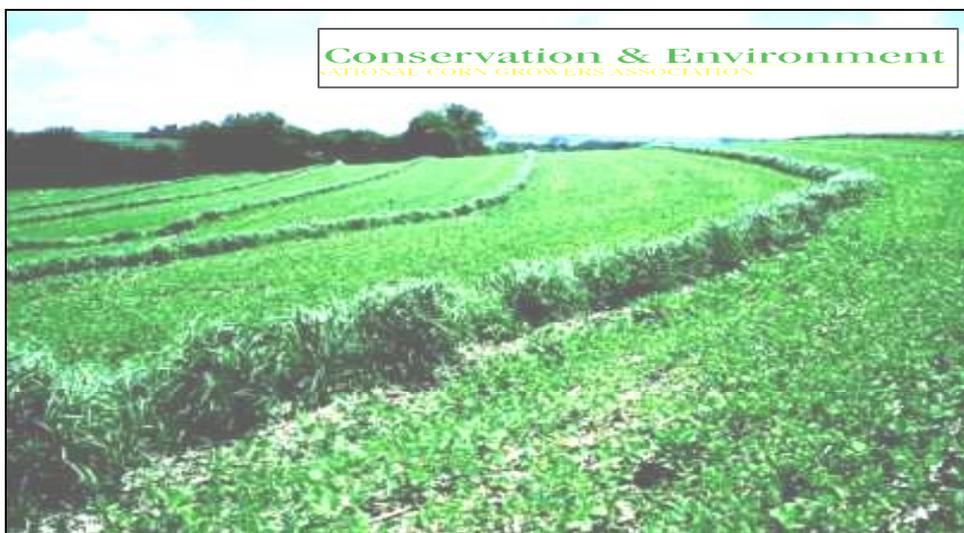


Figure 2. Barrières végétales (USA)

Les haies sont constituées de buissons et arbustes ; les barrières végétales sont en général une végétation de type herbacé.

(Les corridors boisés (*shelterbelts*) ne sont pas traités ici.)

Le fossé-talus-haie de ceinture est une disposition particulière associée à une bande enherbée riveraine, installée en sols hydromorphes, longeant les cours d'eau (Figure 3) ; elle ne concerne pas les mesures anti-érosives.

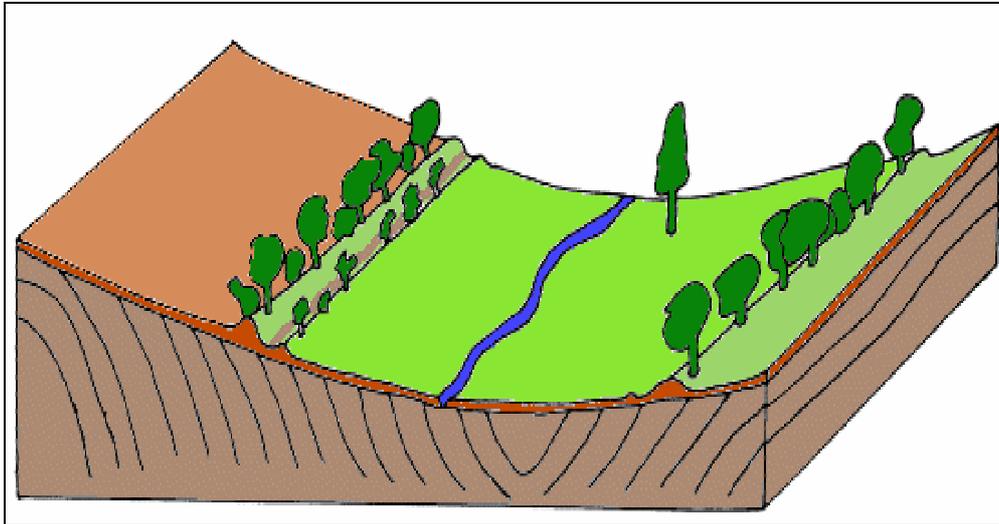


Figure 3. Fossé-haie-talus de ceinture (Académie de Rennes, Fr. ; site <http://www.ac-rennes.fr/pedagogie/sv>)

Le bocage est un réseau plus ou moins maillé de haies (Figure 4), dont certains éléments ne sont pas placés selon les courbes de niveau.



Figure 4. Bocage inondé (Revue : L'aménagement foncier et rural, mars 1995, Courrier de l'Ouest, Fr.)

Les rangées de haies denses seules (sans talus-fossé) ne sont pratiquement utilisables que dans des conditions de culture non mécanisées, en raison de la nécessité de leur très faible écartement entre rangs perpendiculaires à la pente (confer Tableau 1).

Tableau 1. Distances minimales entre rangées de haies placées selon les courbes de niveau

| Pentes en % | Distances en mètres |
|--|---------------------|
| 5-10 | 20 |
| 10-15 | 15 |
| 15-25 | 10 |
| 25-35 | 7 |
| 35-50 | 5 |
| 50-60 | 3 |
| Source : USDA NRCS, 1991, <i>Vegetative Row Barriers</i> | |

2. Objectif

Selon la localisation et les modalités d'installation, l'objectif sera :

- de contribuer à réduire l'érosion en nappes et en rigoles (haies-talus-fossés et barrières végétales)
- de contribuer à réduire l'érosion concentrée (barrières végétales)
- de diminuer l'apport en volume et débit des eaux de ruissellement de surface et subsurface
- de contribuer à stabiliser les pentes abruptes
- de favoriser le dépôt de sédiments.

3. Zones à risque érosif concernées

Suivant les modalités d'installation, les zones à risque d'érosion diffuse peuvent être concernées, aussi bien que les zones à risque d'érosion concentrée.

4. Description et processus

Installés de façon appropriée, les systèmes fossés-talus-haies et barrières végétales modifient le ruissellement diffus ou concentré en favorisant une infiltration localisée accrue ; ils permettent également le dépôt localisé de sédiments diffus ou concentrés.

A l'échelle du versant, ils contribuent à réduire la longueur de pente (confer paramètres Wischmeier) , ce qui induit une diminution de l'érosion diffuse.

4.1. Système fossé-talus-haie

4.1.1. Ruissellement diffus (de surface et subsurface)

C'est le système talus-fossé qui apporte l'efficacité.

Etablis perpendiculairement au sens des écoulements diffus (Figures 5 et 6) et moyennant un écartement adéquat entre rangées fonction des sols, pentes, occupation du sol et importance des précipitations, ces aménagements ont les fonctions suivantes :

- le flux de ruissellement diffus est diminué grâce à l'infiltration accrue dans le fossé amont
- à l'échelle du versant, il y a ralentissement global du ruissellement diffus, du fait de la diminution du volume de ces flux, car ramenés à un élément de longueur de pente par fossé-talus
- au droit de chaque fossé-haie-talus, du fait des deux processus précédents et de la présence du talus, les dépôts de sédiments tendent à surélever le profil amont
- à l'aval du talus, l'érosion limitée favorise l'abaissement du profil en long aval
- et dès lors, il y a modification générale du profil en long des terres du versant, en termes de succession de banquettes tendant à l'horizontale et contribuant en retour à infiltrer et ralentir globalement les écoulements.

Le rôle, limité, de la haie elle-même sera de contribuer à améliorer l'infiltrabilité, la capacité de rétention en eau et la stabilité du sol du fait de son système racinaire ; on manque cependant de démonstration réelle en la matière.

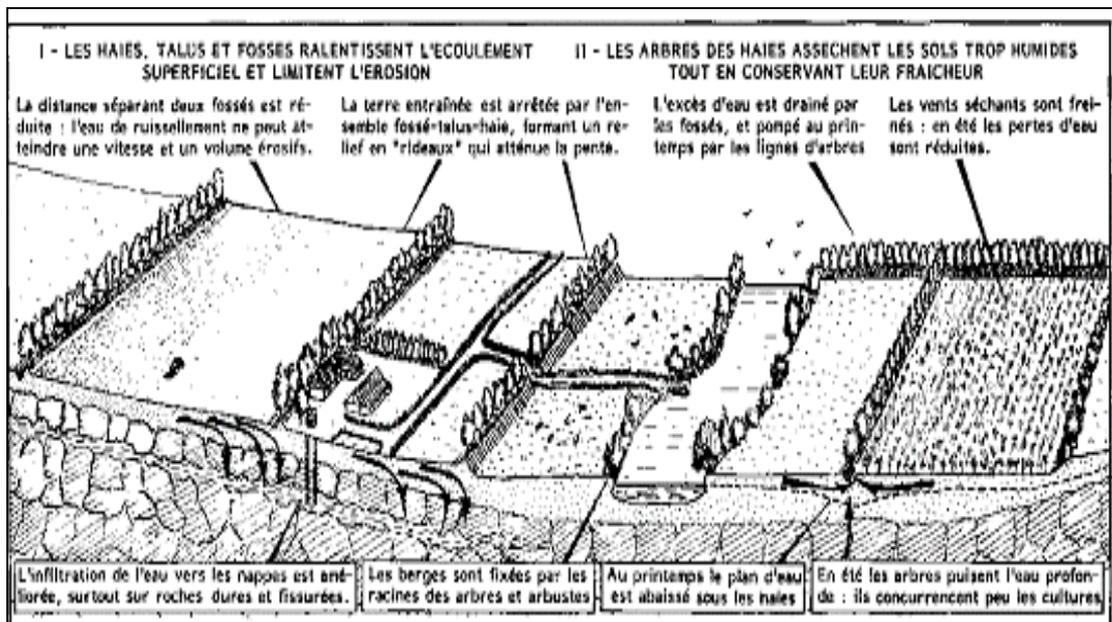


Figure 5. Réseau de haies perpendiculaires à la pente (Soltner D., 1985)

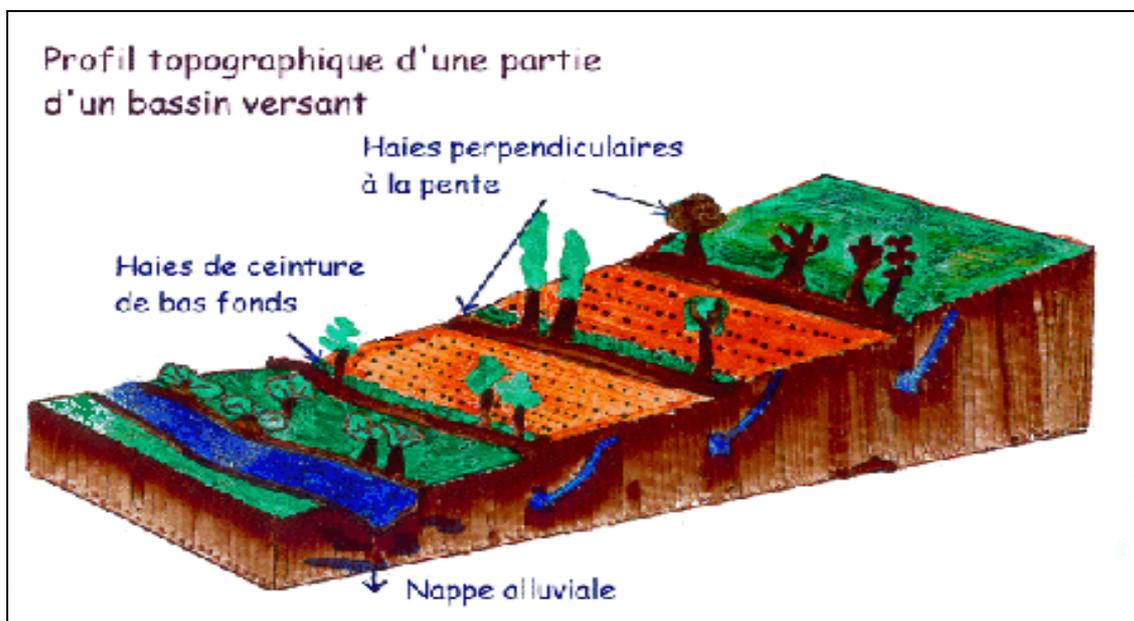


Figure 6. Réseau de haies perpendiculaires à la pente (<http://pharouest.ac-rennes.fr/e350028R/svt/roledes.htm>)

4.1.2. Axes de ruissellement concentré

L'aménagement vient en complément d'autres dispositifs enherbés (chenal enherbé, prairie herbeuse ou autre).

4.2. Le fossé-talus-haie de ceinture en fond de vallée

En Bretagne, les talus de ceinture de fonds de vallée ont essentiellement une fonction d'endiguement, augmentant ainsi la capacité de la zone humide réceptrice des écoulements rapides ; cette zone inondable est susceptible de tempérer les crues en ralentissant l'arrivée rapide des eaux de surface et subsurface vers le cours d'eau (effet de stockage et de laminage).

4.3. Barrières végétales

La barrière végétale, de par la densité et la résistance de la végétation, a le même effet que le talus en créant une zone de rétention-infiltration, à ceci près que la modification du profil en travers du versant s'installera de façon quelque peu différente (Figure 7).

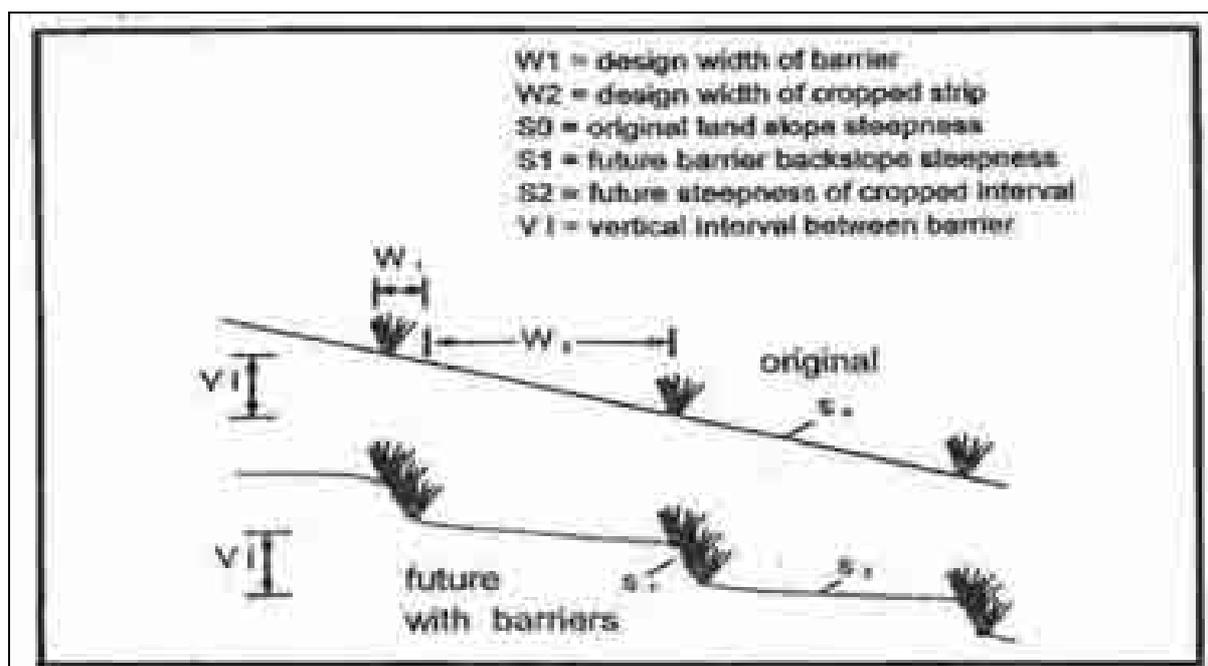


Figure 7. Evolution du profil du versant avec Barrières végétales
(http://www.vetiver.org/USA_NGHRT.htm)

5. Limitations générales

Ces mesures s'appliquent en conjonction avec d'autres pratiques de conservation des sols à l'échelle du petit bassin versant, telles que :

- pratiques agricoles
- bassins de sédimentation, drainage de subsurface, exutoires en conduits souterrains, etc.

Sauf dimensionnement approprié des fossés-talus, le système n'est pas, ou est peu, efficace lors des périodes de saturation des sols liées à des pluies intenses ou prolongées (infiltration accrue limitée à un ordre de 5 à 6 mm, selon Mérot M., INRA), et donc n'a pas de fonction significative pour les cas de crues et inondations exceptionnelles

Le bocage n'accroît pas l'effet des systèmes précités, sauf s'il est conçu et organisé globalement pour apporter, en complément, des fossés de récolte et évacuation des eaux (Figure 8).

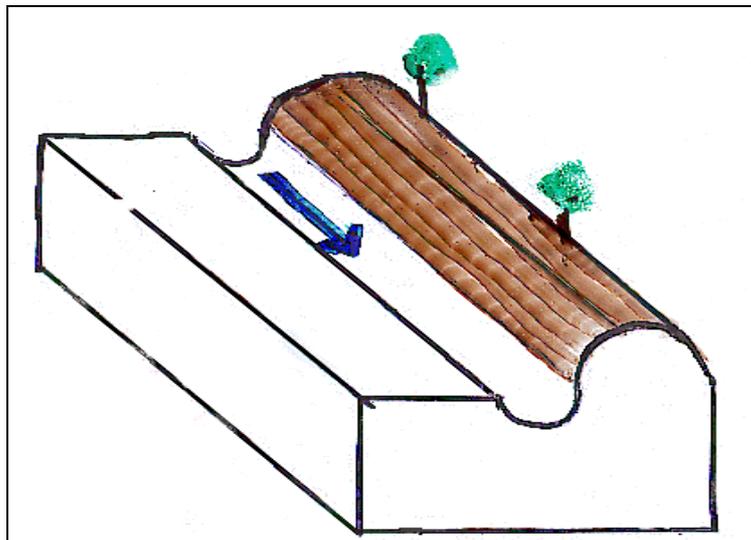


Figure 8. Élément de Haie parallèle à la pente d'un système haie-talus-fossé

<http://pharouest.ac-rennes.fr/e350028R/svt/haieparal.gif>

Commentaires

Les haies installées de façon non appropriée peuvent contribuer aux dommages par ruissellement et coulées de boue (Figure 9).

Par ailleurs, en bordure immédiate d'une rupture de pente importante, il n'est pas indiqué d'installer un fossé d'infiltration (ou une zone de rétention) avec haie pente sans précautions particulières : une infiltration excessive peut être la cause d'érosions et éboulements de terrain importants (Exemple photos des Figures 10a, 10b, 10c pour un cas défavorable, et la de photo de la Figure 10d, cas favorable).

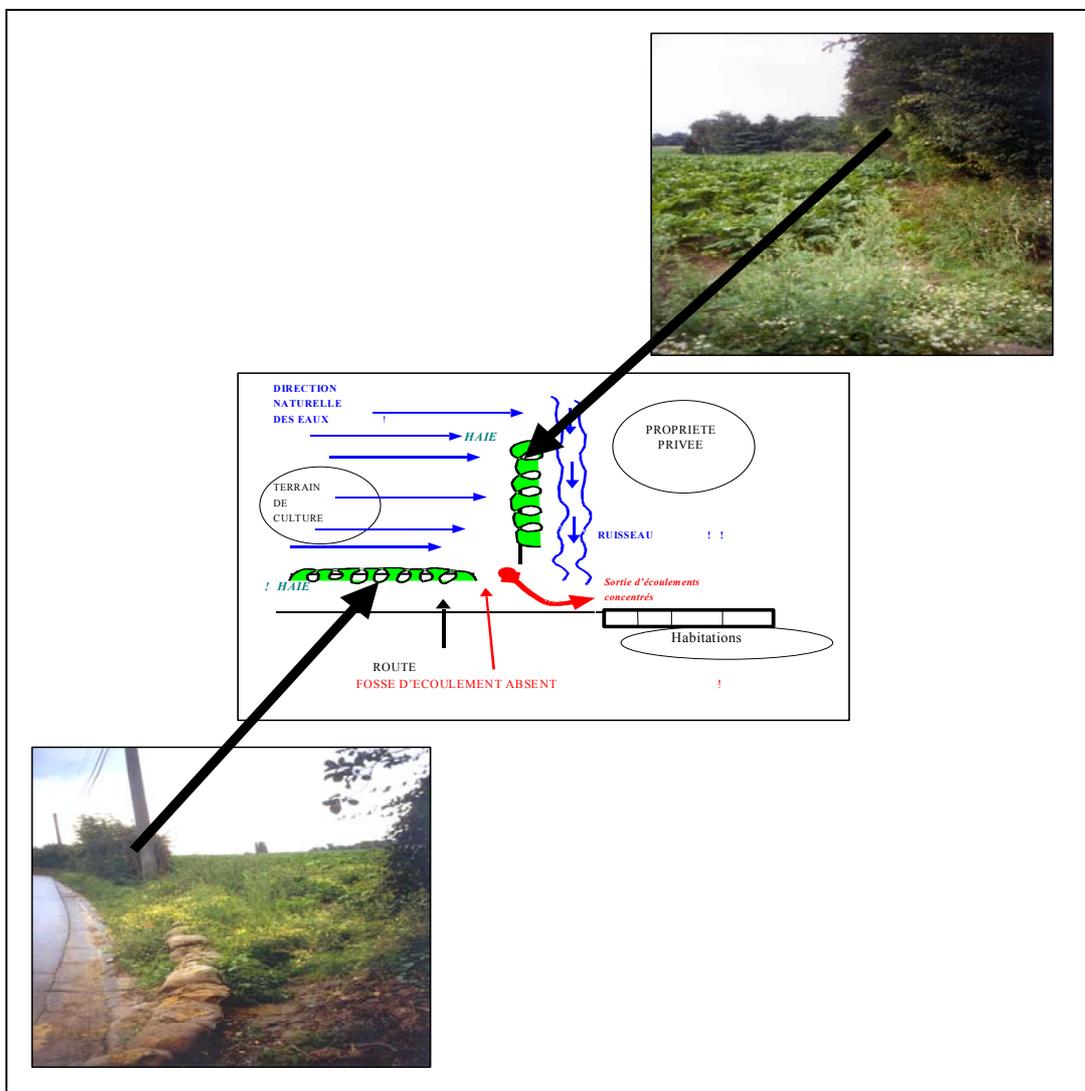


Figure 9. Les haies empêchent d'une part l'écoulement diffus vers le ruisseau et obligent d'autre part les eaux de ruissellement à se concentrer (Photos et Schéma Dautrebande S., 1998)



Figure 10.a. Fossé-talus en bordure de rupture de pente ; haie sur talus profond de forte pente (Photo Dautrebande S., 1998)



Figure 10.b. ... infiltration élevée dans le fossé de bordure (trous de petits animaux, sols très filtrants) (Photo Dautrebande S.) 1998), ...



Figure 10.c. ... d'où érosion importante du talus de pente et effondrement de la haie (Photo Dautrebande S. 1998), ...

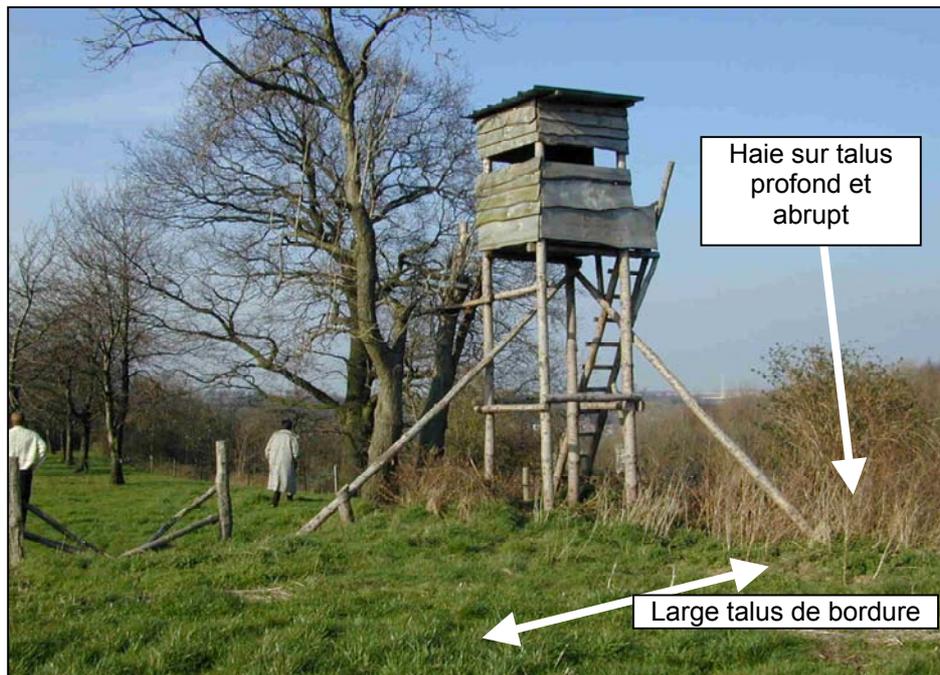


Figure 10.d. ... Bonne disposition : talus de bordure très large, et prairie légèrement encaissée en amont du talus de bordure, permettant une infiltration bien répartie.

6. Dimensionnement

Le bon fonctionnement et l'utilité d'un système de haies ou de barrières végétales sera fonction d'un espacement adéquat entre haies perpendiculaires à la pente.

6.1. Le système haie-talus-fossé

6.1.1. Erosion diffuse

L'espacement entre haies-fossés-talus parallèles aux courbes de niveau le long de la pente peut être évalué par l'approche Wischmeier (formule USLE ou RUSLE), tenant compte des sols, pentes, pluies, occupation du sol, et considérant que la valeur de longueur de pente est celle de l'intervalle entre haies ; on pourra aussi se baser sur les critères relatifs aux barrières végétales pour l'érosion diffuse.

Le talus peut être soit en terre, soit en terre avec ossature de pierre, soit encore renforcé par des murets construits de part et d'autre.

6.1.2. Erosion concentrée

L'essentiel de la protection est le système de talus conçus pour réaliser une succession de banquettes d'absorption-diffusion ; la haie est ajoutée essentiellement pour renforcer la diguette (bourrelet de terre) en cas de débordement lors des pluies exceptionnelles et est à installer au sein d'une prairie ou vallon en pente légère vers le cours d'eau (suivant Soltner, D., 2001).

6.2. Les barrières végétales

(Figures 11 et 12)

6.2.1. Erosion diffuse

L'intervalle vertical entre barrières végétales successives, dont le maximum est de 2 m, devra être moindre pour les pentes de versant inférieures à 5% ou pour des terrains à sols superficiels.

La largeur de la barrière végétale fois le nombre de barrières sera de 12% de la surface totale pour des pentes de moins de 5%, de 8% pour des pentes de 5 à 10%, et de 4% pour des pentes de 10 à 15% ; au-delà les largeurs sont « négligeables » en termes de dimensionnement.

6.2.2. Erosion concentrée (USA)

L'espacement est déterminé par l'intervalle vertical entre barrières végétales, celui-ci étant au maximum de 2 m (75 cm pour des sols de type vertisols). La barrière végétale aura au moins 1 m de large et deux rangs de végétation. La végétation doit être très dense et de hauteur de l'ordre de 40 cm toute l'année.

Suivant les conditions de sol de surface et subsurface, de pente, de pluviométrie et d'occupation du sol, un système complémentaire de dérivation des eaux en surface, ou de drainage de subsurface parallèle à la pente, peut être utile notamment pour les cas de précipitations importantes, eu égard à la capacité d'infiltration des sols et de rétention de la zone en amont de la barrière végétale.

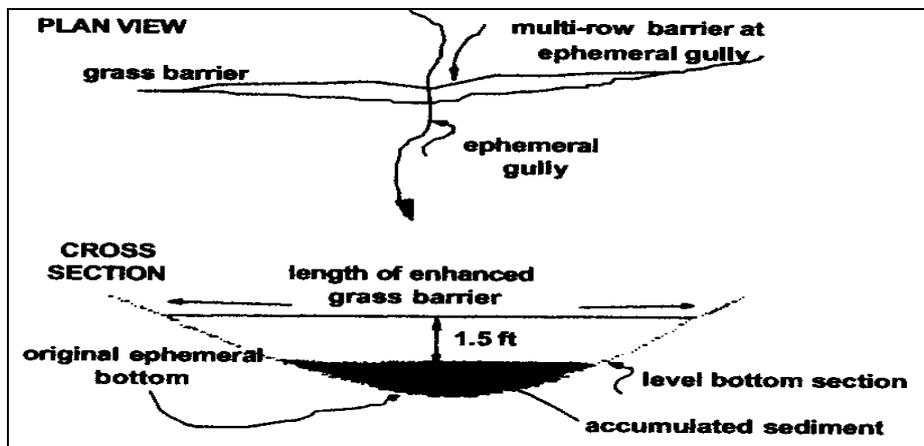


Figure 11. Barrière Végétale - Vue en plan et section transversale
(http://www.vetiver.org/USA_NGHRT.htm)

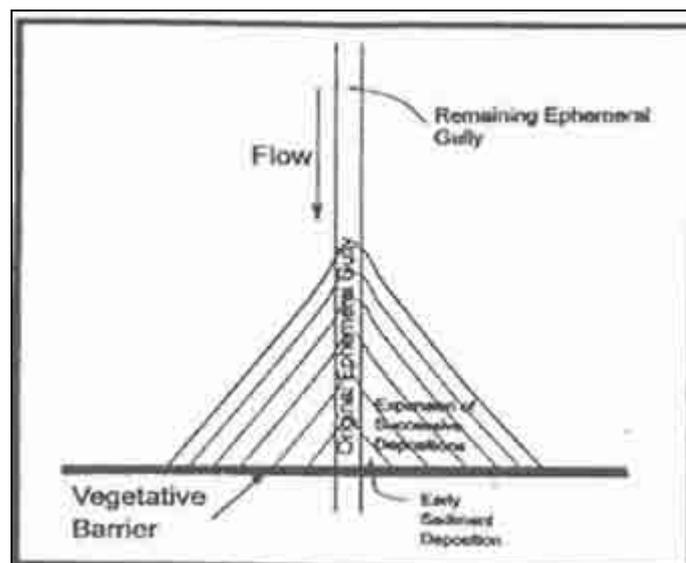


Figure 12. Barrière Végétale - Vue en plan, détail
(http://www.vetiver.org/USA_NGHRT.htm)

7. Installation et entretien

On recommande essentiellement le maintien du bon état de la végétation ainsi qu'une protection contre les dégradations (machines agricoles, piétinement animal, ...).

8. Références bibliographiques

Agroforestry Information Service (AIS) for the Pacific, A guide to orchard alley cropping, Fact Sheets, FACT Net, Morrilton, Arkansas, 1999.

Augé S., La bourse aux arbres dans la Manche, Le courrier de l'Environnement de l'INRA, n°36, 1999, 13 pages.

Dabney S.M., Meyer L.D., Harmon W.C., et Al., Depositional patterns of sediment trapped by grass hedges, Trans. of ASAE, Vol. 38(6) : 1719-1729, 1995.

Dalton P.A., Smith R.J., Truong P.N., Vetiver grass hedges for erosion control on a cropped flood plain : hedge hydraulics, Agr. Water manag. 31 (1996) 91-104, 1996.

Direction Générale de l'Agriculture, Min. de la Région Wallonne, Plantation et entretien des arbres et haies, Les nouvelles de l'hiver, 1^{er} Trimestre , 2000, pages 18-19.

Forman R.T.T., Hedgerows and hedgerows networks in landscape ecology Environm. Manag., Vol 8, N°6, pp 495-510, 1984.

Gastaldi J., Ed., L'aménagement foncier agricole et rural, Numéro 84 , Paris, Bulletin de l'Andafar, mars 1995.

Gastaldi J., Ed., L'aménagement foncier agricole et rural, Paris, Numéro 88, Bulletin de l'Andafar, mars 1996.

Kemper D., Dabney S., Kramer L., et Al. Hedging against erosion, Journal of Soil and water Conservation 47, 284-288, 1992.

Los P., Anderson S.H., Gantzer C.J., Vegetative barriers for erosion control agricultural MU Guide, extension of Univ. of Missouri-Columbia, 1996, 4pages.

Meine van Noordwijk and Bruno Verbist, Soil and Water Conservation, ICRAF's "Lecture notes", International Centre for Research in Agroforestry, Southeast Asian Regional Research Programme, 2000, 16 pages.

Mérot Ph., Les haies en Bretagne : une solution d'avenir, La revue durable, 2002, pages18-22.

Mérot Ph., Gascuel-Odoux C., Zhang X., et Al. Influence du réseau de haies des paysages bocagers sur le cheminement de l'eau de surface, Résumé extrait de Rev. Sci. Eau 12 (1) :23-44, 1999.

Merot Ph., Bruneau P., Sensitivity of bocage landscapes to surfaces run-off : application of the Kirky Index, Hydrological processes, vol . 7, 167-176, 1993.

Ministère de la région wallonne, Division Nature et Forêts, Guide pour la plantation des haies, brochure Technique N°3, 80 pages.

NRCS of USA, Conservation Practice Standard : vegetative Barrier - code 601, NHCP, 2001

Soltner D., L'arbre et la haie pour la production agricole, pour l'équilibre écologique et le cadre de vie rurale, 7^{ème} édition , Coll. Sc. et Techn. Agricoles, Angers, 1985.

Soltner D, Bandes enherbées et autres dispositifs enherbés, Collection Sciences et Techniques agricoles, 2001, 24 pages.

Young A., agroforestry in the control of soil erosion by water, Agroforestry Abstract, Vol. 1, N° 2/3, 1988, 10 pages.

Support électronique :

1ère S option Sciences expérimentales du Lycée Bréquigny de Rennes. *Rôle des haies* **[en ligne]**. Disponible sur :

<<http://pharouest.ac-rennes.fr/e350028R/svt/roledes.htm>> (consulté le ?)

1ère S option Sciences expérimentales du Lycée Bréquigny de Rennes. *Coupe d'une haie parallèle à la pente* **[en ligne]**. Disponible sur :

<<http://pharouest.ac-rennes.fr/e350028R/svt/haieparal.gif>> (consulté le ?)

Académie de Rennes. *Sciences de la vie et de la terre en Bretagne* **[en ligne]**. Disponible sur : <<http://www.ac-rennes.fr/pedagogie/svt>> (consulté le ?)

Campagnes vivantes. *Agriculture raisonnée, Paysage et Patrimoine bâti, Biodiversité* **[en ligne]**. Disponible sur : <<http://www.campagnes-vivantes.asso.fr/>> (consulté le ?)

US Natural Resources Conservation Service. *Core4 Conservation Practices Chapter 3i Vegetative Barriers* **[en ligne]**. Disponible sur :

<http://www.vetiver.org/USA_NGHRT.htm> (consulté le ?)

9. Liste des figures

| | |
|--|----|
| FIGURE 1. SYSTEME FOSSE-TALUS-HAIE (FR.) HTTP://WWW.PROMHAIES.NET/ROLES.HTML . | 2 |
| FIGURE 2. BARRIERES VEGETALES (USA)..... | 2 |
| FIGURE 3. FOSSE-HAIE-TALUS DE CEINTURE (ACADEMIE DE RENNES, FR. ; SITE HTTP://WWW.AC-RENNES.FR/PEDAGOGIE/SV) | 3 |
| FIGURE 4. BOCAGE INONDE (REVUE : L'AMENAGEMENT FONCIER ET RURAL, MARS 1995, COURRIER DE L'OUEST, FR.)..... | 3 |
| FIGURE 5. RESEAU DE HAIES PERPENDICULAIRES A LA PENTE (SOLTNER D., 1985)..... | 6 |
| FIGURE 6. RESEAU DE HAIES PERPENDICULAIRES A LA PENTE (HTTP://PHAROUEST.AC-RENNES.FR/E350028R/SVT/ROLEDES.HTM) | 6 |
| FIGURE 7. EVOLUTION DU PROFIL DU VERSANT AVEC BARRIERES VEGETALES (HTTP ://WWW.VETIVER.ORG/USA_NGHRT.HTM)..... | 7 |
| FIGURE 8. ELEMENT DE HAIE PARALLELE A LA PENTE D'UN SYSTEME HAIE-TALUS-FOSSE HTTP://PHAROUEST.AC-RENNES.FR/E350028R/SVT/HAIEPARAL.GIF | 8 |
| FIGURE 9. LES HAIES EMPECHENT D'UNE PART L'ECOULEMENT DIFFUS VERS LE RUISSEAU ET OBLIGENT D'AUTRE LES EAUX DE RUISSELLEMENT A SE CONCENTRER (PHOTOS ET SCHEMA DAUTREBANDE S., 1998)..... | 9 |
| FIGURE 10.A. FOSSE-TALUS EN BORDURE DE RUPTURE DE PENTE ; HAIE SUR TALUS PROFOND DE FORTE PENTE (PHOTO DAUTREBANDE S., 1998) | 10 |
| FIGURE 10.B. ... INFILTRATION ELEVEE DANS LE FOSSE DE BORDURE (TROUS DE PETITS ANIMAUX, SOLS TRES FILTRANTS) (PHOTO DAUTREBANDE S.) 1998), | 10 |
| FIGURE 10.C. ... D'OU EROSION IMPORTANTE DU TALUS DE PENTE ET EFFONDREMENT DE LA HAIE (PHOTO DAUTREBANDE S. 1998), | 10 |
| FIGURE 10.D. ... BONNE DISPOSITION : TALUS DE BORDURE TRES LARGE, ET PRAIRIE LEGEREMENT ENCAISSEE EN AMONT DU TALUS DE BORDURE, PERMETTANT UNE INFILTRATION BIEN REPARTIE..... | 11 |
| FIGURE 11. BARRIERE VEGETALE - VUE EN PLAN ET SECTION TRANSVERSALE (HTTP://WWW.VETIVER.ORG/USA_NGHRT.HTM)..... | 13 |
| FIGURE 12. BARRIERE VEGETALE - VUE EN PLAN, DETAIL (HTTP://WWW.VETIVER.ORG/USA_NGHRT.HTM)..... | 13 |

10. Liste des tableaux

| | |
|---|---|
| TABEAU 1. DISTANCES MINIMALES ENTRE RANGEES DE HAIES PLACEES SELON LES COURBES DE NIVEAU | 4 |
|---|---|

V. Fiche technique N°3 : Les voies d'eaux de surface temporaires

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| 1. DEFINITION..... | 2 |
| 2. OBJECTIF | 2 |
| 3. ZONES A RISQUE CONCERNEES | 2 |
| 4. DESCRIPTION, PROCESSUS, INSTALLATION | 3 |
| 4.1. LE CHENAL ENHERBE | 6 |
| 4.2. LES FOSSES ENHERBES | 7 |
| 4.3. LES FOSSES-TALUS OU LES CHENAUX-TALUS | 10 |
| 4.4. LES CHENAUX EMPIERRES | 11 |
| 4.5. LES CHENAUX TASSES | 12 |
| 4.6. LES SILLONS ET RIGOLES EN PENTE DOUCE..... | 12 |
| 4.7. LE « SILLON-FOSSE » TASSE | 13 |
| 5. LIMITATIONS GENERALES | 14 |
| 6. DIMENSIONNEMENT | 15 |
| 6.1. DIMENSIONS DES VOIES D'EAU | 16 |
| 6.2. LES CHENAUX ENHERBES DE TALWEG..... | 21 |
| 6.3. LES FOSSES ENHERBES | 22 |
| 7. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 23 |
| 8. LISTE DES FIGURES..... | 25 |
| 9. LISTE DES TABLEAUX | 25 |

1. Définition

Dans le présent contexte, les voies d'eaux de surface sont des ouvrages linéaires d'hydraulique douce qui interceptent et transportent temporairement des eaux de surface et subsurface d'origine diffuses ou concentrées, en provenance d'une terre, d'un parcellaire agricole, d'un petit bassin versant.

La jonction des voies d'eau temporaires doit **impérativement** être assurée jusqu'au cours d'eau émissaire.

2. Objectif

Les voies d'eau sont conçues et situées en vue de minimiser les inondations et coulées boueuses consécutives aux ruissellements directs et en vue d'éviter le ravinements des terres (érosion concentrée).

(Rappelons que la somme des écoulements de surface et de subsurface rapide constitue ce qu'on appelle le ruissellement direct.)

Eu égard au ruissellement, le réseau de voies d'eau a pour but d'organiser l'écoulement des eaux de façon à limiter leur apport incontrôlé vers l'aval, en interceptant et/ou dérivant tout ou partie des écoulements amont.

Eu égard au problème de l'érosion, l'interception et la récolte des eaux de ruissellement ont pour objectif :

- de protéger les axes de concentration des eaux de ruissellement eux-mêmes, de façon à éviter la formation de rigoles et ravines par érosion concentrée
- de diminuer le risque d'érosion diffuse ou concentrée (et dans certains cas les glissements de talus et terrains pentus sous l'effet d'infiltrations concentrées excessives)
- de protéger les zones aval vulnérables aux coulées de boue en conséquence du transport par les eaux de ruissellement des sédiments issus de l'érosion diffuse ou concentrée des terres.

3. Zones à risque concernées

Suivant les modalités d'aménagement, sont concernées aussi bien les zones à risque d'érosion diffuse (diminution des longueurs de parcelle suivant la pente et des flux de ruissellement) que concentrée (ravinements).

4. Description, processus, installation

Suivant les conditions d'installation et la localisation des voies d'eau, les processus hydrauliques ou hydrologiques en cause sont résumés comme suit :

- l'interception partielle ou totale des eaux d'écoulement des versants dans des structures de transport adéquates diminue l'importance quantitative de flux incontrôlés dommageables
- la présence de fossés d'interception diminue les longueurs d'écoulement et donc le risque d'érosion diffuse sur les terres
- les caractéristiques géométriques (sections transversales et pentes) de ces voies d'eau et leur revêtement, enherbé ou autre, sont déterminés de telle façon que les vitesses d'écoulement soient non érosives, évitant ainsi la formation de ravines
- dans des sols à bon drainage naturel et suffisamment perméables, le revêtement enherbé et les vitesses d'écoulement faibles sont susceptibles de favoriser l'infiltration
- outre les eaux de ruissellement de surface, les voies d'eau enherbées sont susceptibles de drainer les eaux de subsurface, cette fonction étant utile pour désengorger les sols de surface et favoriser ainsi l'infiltrabilité et le ralentissement des flux.

On peut classer les voies d'eau :

- suivant leur localisation :
 - ❑ chenal de dérivation (en travers d'une terre) (Figure 1)
 - ❑ chenal de talweg (Figures 2 et 3)
 - ❑ fossé interparcellaire
 - ❑ fossé le long d'une voirie perpendiculaire aux lignes d'écoulement d'un bassin versant
 - ❑ fossé de ceinture
 - ❑ ...
- suivant la forme générale de leur section transversale :
 - ❑ le chenal à large base (Figure 4), peu profond et de pente de paroi faible
 - ❑ le fossé, à base plus étroite et plus profond que le chenal pour un débit identique, et de pente plus forte de paroi
- suivant la nature de leur revêtement :
 - ❑ chenal ou fossé enherbé
 - ❑ chenal ou fossé partiellement enherbé

- rigoles compactées
- ...
- suivant l'ajout de structures complémentaires :
 - soit qui leur sont parallèles :
 - système fossé-bandes enherbées riveraines
 - système fossé-talus
 - système fossé-haie-talus (Voir Note technique « Les haies »)
 -
 - soit qui leur sont perpendiculaires :
 - succession de mini-dépressions, mini-barrages, fossés-tampon (fossés discontinus, sur des plateaux ou des fonds peu pentus ou en bordure de voirie), partiellement infiltrants en sols appropriés, ayant fonction de détention temporaire partielle (Figures 5 et 6)
 - dans certaines conditions (Confer dimensionnement), afin de réguler et limiter les vitesses d'écoulement, structures spécifiques d'hydraulique douce complémentaires (chutes, micro-barrages déversants, ...)
 - soit en termes d'ouvrages ou aménagements appropriés au niveau de la jonction vers la structure aval.

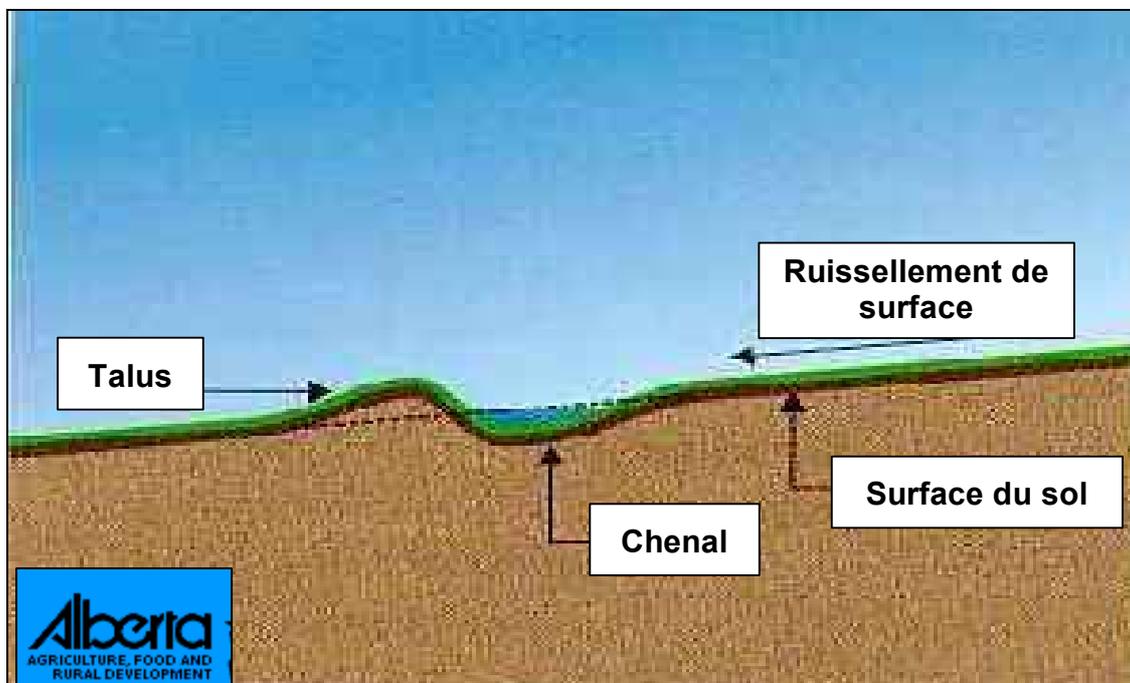


Figure 1. Chenal enherbé de dérivation (traduit de Alberta Agriculture, Food and Rural Development)



Figure 2. Chenal enherbé de talweg

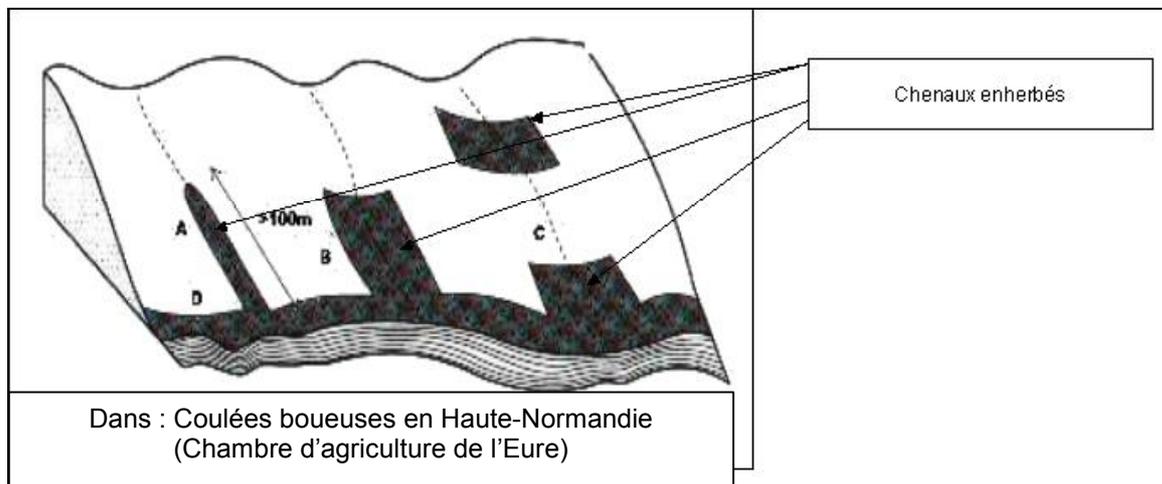


Figure 3. Chenaux enherbés de talweg

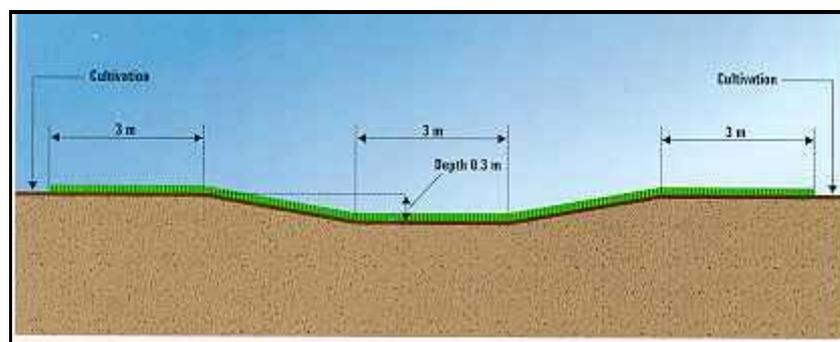


Figure 4. Section transversale d'un chenal enherbé à large base

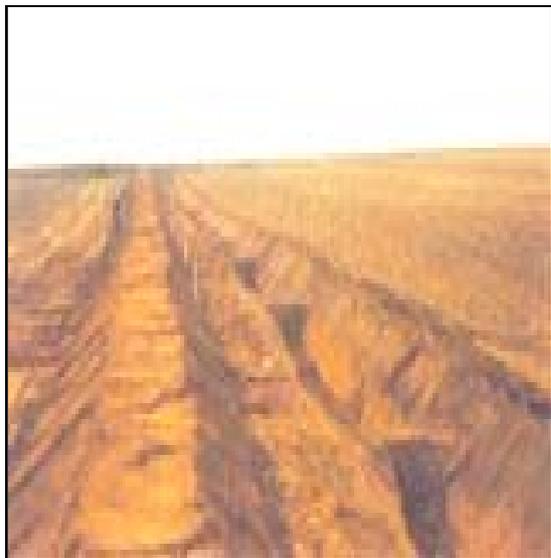


Figure 5. Fossés-tampon (Photo Ch. d'Agric. Eure (Fr.))



Figure 6. Fossé-tampon (région de Gembloux)

4.1. Le chenal enherbé

Dans le contexte des aménagements de maîtrise des eaux et de conservation des sols, un chenal enherbé (*grassed waterways*) est un chenal large et peu profond, tapissé d'un couvert herbacé ; ce chenal a en général un profil de forme parabolique (de préférence), trapézoïdale, triangulaire ou autre (Figure 7), dimensionné pour écouler l'eau de ruissellement de surface y concentrée sans occasionner l'érosion du dit chenal. Dans certains cas, la forme naturelle du chenal peut être conservée.

Sa couverture herbacée, sa forme, ses dimensions et, si utile, de petites structures de génie rural associées (chutes, etc.) sont calculées pour garantir des vitesses d'écoulement non érosives ; le chenal enherbé est également considéré comme un filtre pour les nutriments et pesticides entraînés dans les eaux de ruissellement, au même titre que les bandes enherbées.

A l'instar de la bande enherbée, on peut souligner l'intérêt de cet aménagement pour la biodiversité (faune et flore).

Commentaire

*Il importe de distinguer chenal enherbé et bande enherbée proprement dite (confusion fréquente de termes), cette dernière ayant pour fonction d'infiltrer des flux **diffus** de ruissellement qui la traversent et d'arrêter des flux **diffus** de sédiments; les bandes enherbées ne sont donc pas à aménager pour une fonction de transport, en particulier de ruissellement concentré.*

Installation

Le chenal enherbé est installé :

- dans des axes de concentration des eaux de ruissellement (vallons secs) : chenal de talweg (Figures 8a et 8b)
- ou dans des axes aménagés pour dérivation des eaux de ruissellement : chenal de dérivation.

Il importe que ces structures, quoique rustiques, soient convenablement conçues et rigoureusement dimensionnées sur le plan hydraulique (confer point 6.), pour une bonne efficacité, stabilité et durabilité.

Les lignes de travail du sol et les traces de roue doivent veiller à diriger le ruissellement vers le chenal en respectant au mieux la direction naturelle des eaux.

Il convient de semer un couvert végétal de manière à obtenir une implantation facile et rapide, une occupation homogène et dense de l'ensemble de la surface à enherber ; on préférera des graminées aux légumineuses ainsi qu'aux mélanges graminées/légumineuses ; le choix des espèces doit se faire en fonction du contexte local et la dose de semis à conseiller est celle pour l'établissement des prairies temporaires ou permanentes. L'entretien doit être effectué de façon à assurer la pérennité de la bande enherbée.

4.2. Les fossés enherbés

Les fossés enherbés peuvent être :

- les émissaires d'eaux drainées par des chenaux enherbés
- situés entre parcelles
- situés en bordure de voiries
- situés en ceinture de parcelles
- etc.

Par rapport aux chenaux enherbés, ils sont plus étroits et plus profonds et ont donc une emprise moindre ; ils présentent cependant l'inconvénient de ne pas être franchissables par les machines sans aménagement d'un passage local (passage busé ou dalot).

En particulier, le long des voiries, la reprise des eaux des terres par des fossés (pouvant être maintenus en fauche tardive si correctement dimensionnés) ainsi qu'une pente longitudinale régulière du chemin sont des éléments importants à maintenir ou installer pour éviter le débordement et la formation de ravines longeant la route et l'afflux non contrôlé d'eaux de ruissellement érosif vers des terres et autres en aval (Figures 9 et 10).

Quand le terrain s'y prête, en zone peu pentue, on peut souhaiter préconiser pour le dimensionnement du fossé, une pluie de projet à (relativement) faible période de retour, afin de laisser se développer des zones inondables le long de ce fossé en cas d'orages exceptionnels. Dans ce cas il est préférable de localiser et aménager (de façon rustique) ces zones inondables, de façon à éviter des dégâts.

Ils peuvent être laissés utilement en fauche tardive (rugosité des parois plus élevée, eaux ralenties) à condition de prévoir un élargissement approprié (confer dimensionnement).

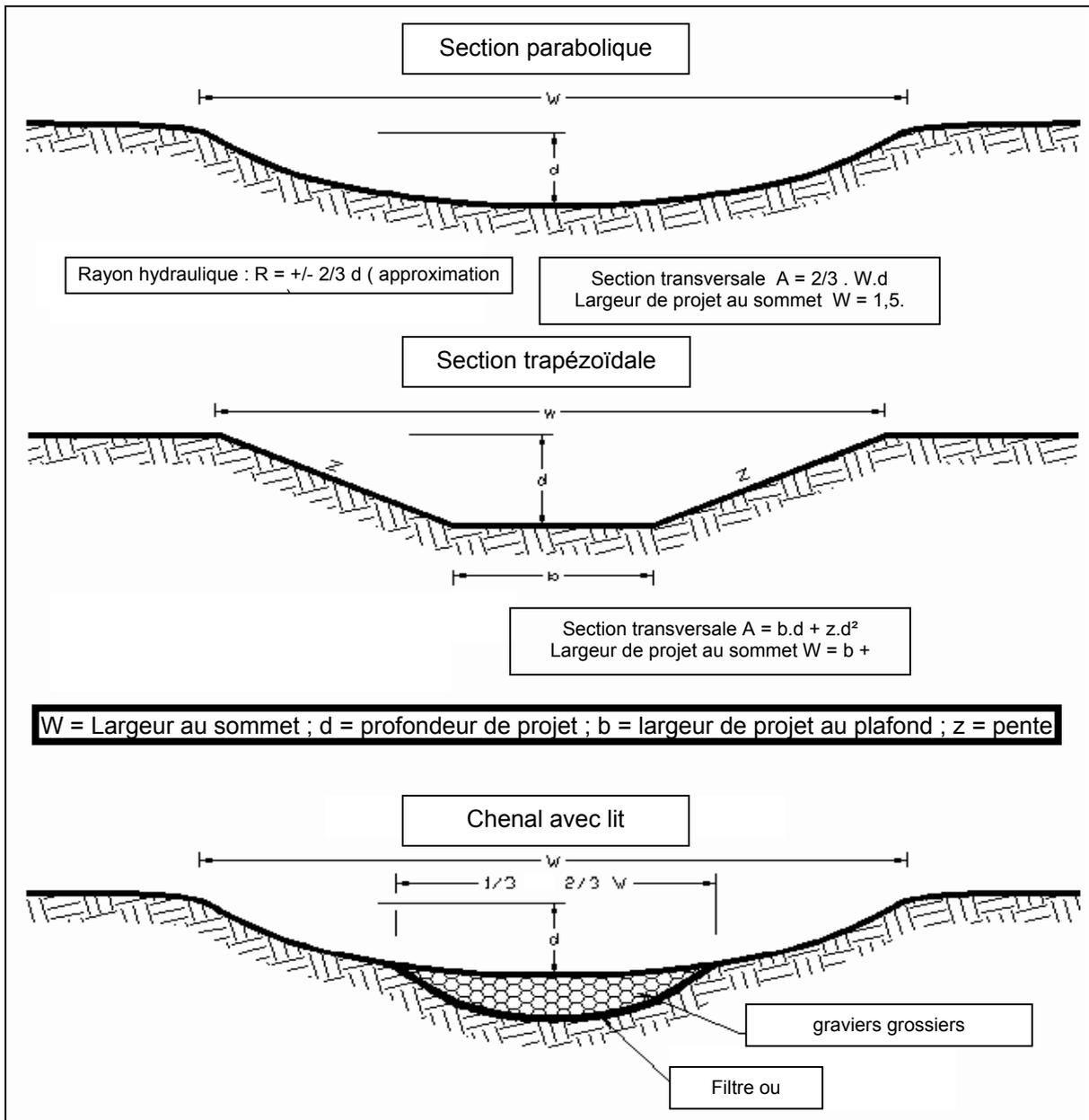


Figure 7. Différents types de section transversale de chenaux enherbés



Figure 8.a. Des chenaux naturels de concentration des eaux de ruissellement se développent dans les talwegs (Photo R. Caussin, FUSAGx, 2002 ; Brabant wallon)



Figure 8.b. Chenaux enherbés en talwegs



Figure 9. Fossé de route non entretenu, débordant vers les champs (Photo Dautrebande S., 1999)



Figure 10. Route rehaussée et fossé comblé : nouvelle ravine se développant dans la bande enherbée (Photo Dautrebande S., 1999)

4.3. Les fossés-talus ou les chenaux-talus

Les talus associés à des fossés ou à des chenaux enherbés garantissent au mieux que les eaux s'écouleront bien dans la direction prévue (Figure 11) ; une bande enherbée dimensionnée de façon classique améliorera encore la protection.

Moyennant un dimensionnement approprié tenant compte des afflux diffus amont, le système « bande enherbée - fossé – talus » est proche d'une technique de dérivation des eaux (Figure 12) .

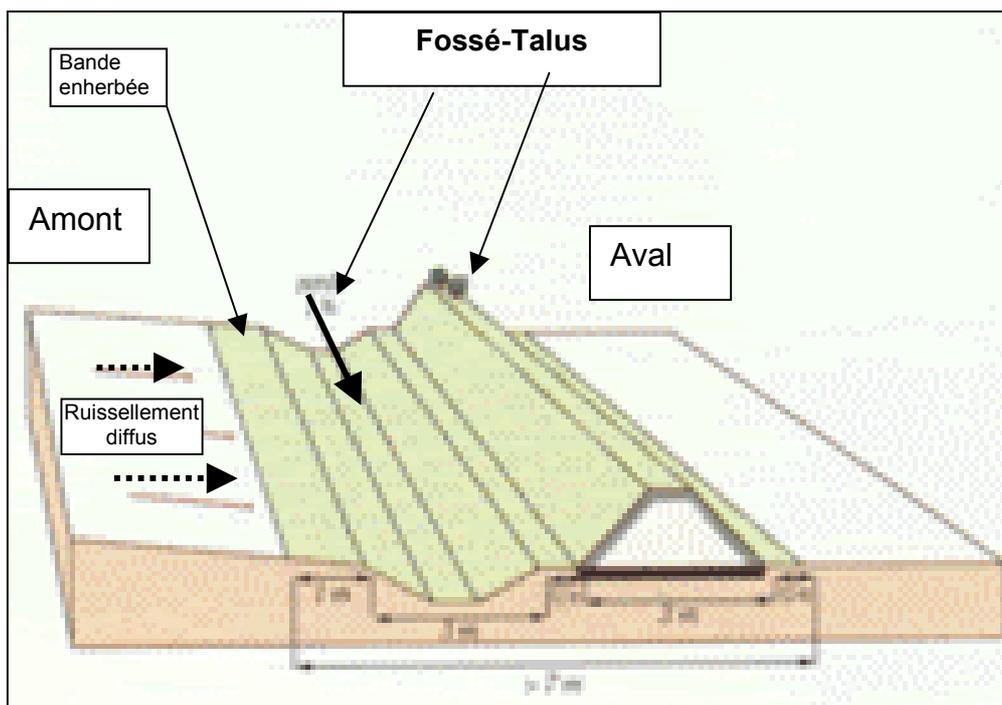


Figure 11. Fossé-Talus (Schéma : Chambre d'Agriculture de l'Eure (Fr.))

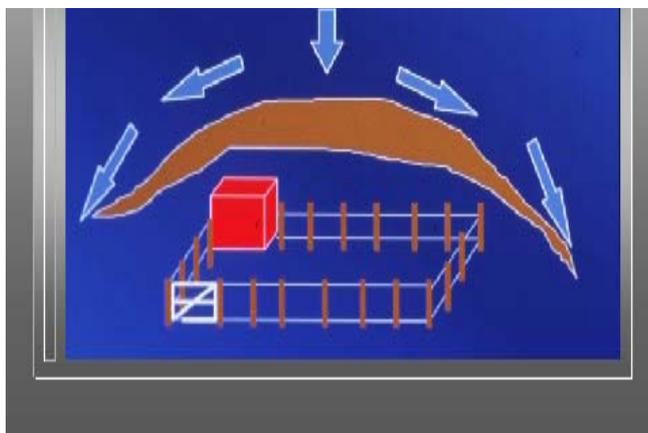


Figure 12. Système de dérivation (schéma ...) :
chenal enherbé – talus
ou fossé – talus
ou bande enherbée – chenal – talus,...

4.4. Les chenaux empierrés

Dans certains cas de risque de ravinement important, il peut être prudent de protéger le lit du chenal (pour des pentes longitudinales jusqu'à 10%), par un revêtement empierré ou un géotextile recouverts d'une couche de terre convenablement enherbée (Figure 13).

Pour des pentes de 10 à 25%, des chenaux revêtus (*riprap*, gabions, géotextiles enherbés ou non, etc. ...) correctement dimensionnés contre les forces érosives sont nécessaires.

Au-delà de 25%, des structures complémentaires deviennent impératives.



Figure 13. Aménagement d'un chenal à base empierrée et enherbée (USA)

4.5. Les chenaux tassés

Ce sont des bandes de terre de forme concave, soit tassées mécaniquement ou alors non travaillées. Elles se placent dans les petits fonds de talweg, sur de faibles pentes en aval de quelques hectares. Ces bandes de terre tassée doivent être conçues pour résister à l'incision de l'eau dans le sol et éviter l'arrachement de terre (Chambre d'Agriculture de l'Eure et de la Seine-Maritime ; AREAS-1997).

Les chenaux en terre compactée sont proposés (Bussièrre M., 1996) en remplacement des chenaux enherbés, pour les zones où « les risques sont faibles ou peu fréquents » (« en cas d'orage, les dégâts d'érosion sont diminués » suivant Ouvry, 1990) et dans les conditions suivantes :

- bassin versant inférieur à 50 ha de superficie
- pente du talweg inférieure à 2%.

Commentaire

Cette solution n'est donc pas adaptée notamment aux vallons en sols trop fragiles sur le plan érosif ni aux cas de plateaux surplombant une pente abrupte.

Suivant les auteurs précités, la bande tassée doit être recompactée par un ou deux allers et retours de tracteur, après n'importe quel travail du sol. La largeur de la bande doit être au moins de 6 à 8 m (10 à 15 m suivant d'autres références).

Quelques recommandations spécifiques complémentaires intéressantes sont également considérées:

« ...Cette opération est d'autant plus utile que le travail du sol réalisé sur la parcelle laisse beaucoup de terre fine (ex : déchaumage après pois ou pommes de terre, semis de lin, betteraves sucrières, ...)... »

« ...Pour les semis de céréales, il est conseillé de réaliser un double semis à condition de retasser le tout une dernière fois. Dans le cas de betteraves sucrières, il ne faudra pas biner cette surface tassée. En interculture, le non-travail du sol des zones à risque d'érosion est tout aussi efficace. Si un ravinement se produit malgré le retassement, il faudra envisager la création d'un chenal enherbé... ».

4.6. Les sillons et rigoles en pente douce

Semblent avoir faits quelque preuve dans certaines régions en France (A. Delaunois, 2000) :

- des sillons obliques par rapport aux courbes de niveau (N.B. : orientés pour permettre l'écoulement des eaux mais sans atteindre une vitesse érosive), effectués par labour avec versoir vers le haut sur des parcelles « pas trop pentues » (inférieures à 10-20%), ou jusqu'à 30% de pente avec certaines charrues bien réglées (expériences dans le Tarn),
- et des rigoles constituées par une raie de charrue (profondeur 15 cm, mais compliquant les récoltes) ou, mieux, par une raie de sous-soleuse, réalisées au maximum 2 jours après le semis.

Ces sillons ou rigoles artificiellement créés font ainsi office de dispersion (et donc ralentissement) des eaux de ruissellement ; il est indispensable de leur déterminer un émissaire aménagé tel un chenal enherbé ou un fossé.

4.7. Le « sillon-fossé » tassé

Pour des parcelles uniformes en pente douce et de longueur de pente limitée (critères Wischmeier pour l'érosion diffuse), bordant un talus, un sillon-fossé bien aménagé peut amener les eaux de ruissellement arrivant en bordure d'une parcelle vers un émissaire adapté (Figure 14), afin d'éviter l'infiltration excessive locale de ces eaux et l'effondrement du talus, ainsi que les coulées de boue sur la voirie.



Figure 14. Sillon-fossé en bordure de petit talus abrupt, conduisant les eaux de ruissellement vers l'avaloir (photo Dautrebande S.) : petit aménagement réalisé pour éviter les problèmes récurrents de coulées de boue importantes sur la voirie. Cependant, compte tenu de la proximité fossé/ talus, le risque d'effondrement du talus persiste; l'ajout d'une bande enherbée pour le moins permettrait de mieux répartir les infiltrations.

5. Limitations générales

Il y a intérêt à maintenir (ou restaurer) autant que possible ces voies d'eau suivant leur trajet naturel, afin de limiter le risque de voir se développer de nouveaux problèmes de « méandrage » érosif, du fait de la perte du régime d'équilibre du chenal naturel.

Il importe de rappeler :

- que ces voies d'eau n'ont pas pour but en général de conduire un débit solide important (sédiments en suspension ou débit solide de fond)
- que la continuité hydraulique des écoulements de reprise des eaux de ruissellement doit absolument être assurée et maîtrisée jusqu'au cours d'eau permanent émissaire proprement dit, ou vers une zone de rétention temporaire (zone d'infiltration, de rétention, ...), un autre chenal, un fossé ou un collecteur, une prairie inondable, etc.
- que ces structures doivent nécessairement s'inscrire dans un plan général d'aménagement du bassin versant, combinant l'ensemble des solutions de maîtrise de l'eau et des sols.

Cependant :

- les voies d'eau ne peuvent être placées sans précautions particulières (berme ou bande enherbée intercalée) comme chenal de dérivation en amont et au voisinage immédiat d'un talus ou versant en forte pente (par exemple reprise des eaux d'un plateau en amont d'un versant à forte pente ou d'un talus abrupt), car il y a risque d'infiltration excessive entraînant déstabilisation du sol de pente
- installées dans un talweg humide (sur substrat peu drainant), elles peuvent devoir être adjointes d'un drain de subsurface répondant à des conditions adéquates d'installation (Voir dimensionnement) pour les mêmes raisons.

En ce qui concerne le chenal enherbé, l'inconvénient de ce procédé est qu'il mobilise une surface cultivable ; il sera d'autant moins bien accepté par les agriculteurs que le ravinement du champ sera peu important ou peu fréquent. Par ailleurs, ces chenaux doivent être fauchés et respectés par les exploitants: il convient de ne pas les utiliser comme voie de circulation en période humide et fermer les buses de traitement herbicide lors des franchissements (CEMAGREF, 1987).

S'il est mis en place au sein même d'une parcelle agricole, il doit donc pouvoir être traversé autant que possible lors des opérations culturales en prenant la précaution de relever les outils par exemple.

De même, la voie d'eau enherbée ne peut servir de zone de pâture ni servir de zone de stockage de matériel ou de matériaux divers.

6. Dimensionnement

La voie d'eau enherbée, qu'elle soit parallèle à et dans un thalweg ou bien de dérivation des eaux, est destinée à recevoir les eaux (temporaires) d'un petit bassin versant ; un dimensionnement est à effectuer sur les bases suivantes :

- détermination du débit de projet par utilisation (par exemple) de la méthode SCS (Service de Conservation des Sols, USA), celle-ci permettant de tenir compte de la pluie de projet, des types de sol, de l'humidité des sols, de la topographie et de l'occupation du sol
- capacité d'écoulement suffisante pour évacuer le débit maximum (débit de projet)
- vitesse non érosive pour ce débit maximum (débit de projet), en particulier en considérant que la végétation de recouvrement sera ou non faucardée régulièrement.

Il importe de vérifier que l'on est en condition de régime d'écoulement soit subcritique (contrôle aval éventuel) soit supercritique (contrôle amont éventuel).

La voie d'eau doit être protégée d'apports non contrôlés et prévoir un franc-bord de sécurité (15 à 20 cm).

Suivant la pente transversale des terres, le type de sol, la disposition et la profondeur des voies d'eau enherbées, celles-ci peuvent drainer non seulement des eaux de ruissellement de surface mais aussi des eaux de subsurface rapide (« ruissellement de saturation des sols », schéma de la Figure 15).

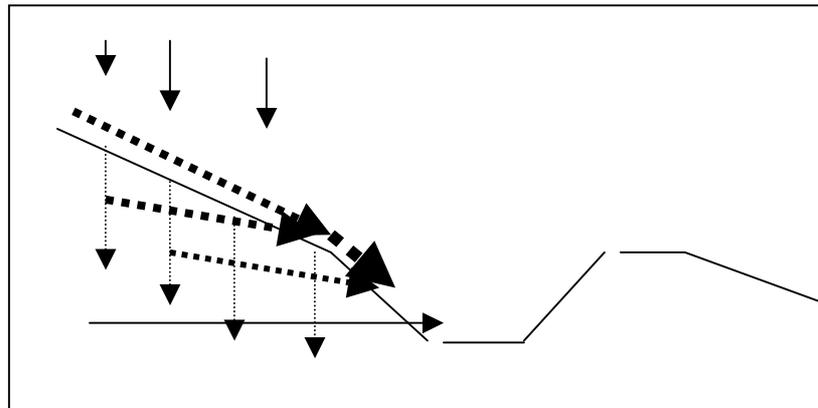


Figure 15. Ruissellement de surface et subsurface vers un chenal ou fossé

6.1. Dimensions des voies d'eau

On se base sur la relation de Manning en régime uniforme et sur les effets « retard » de la végétation herbeuse « retardance » ; en outre, en vue d'éviter l'érosion du chenal, un critère de vitesse moyenne maximale doit être imposé.

On est donc en présence un système de quatre équations :

$$n = f(\text{retardance}, V.R) \quad ,$$

$$V.R = R^{5/3} \cdot \frac{i^{1/2}}{n} \quad (\text{Manning}) \quad ,$$

$$A = (Q \cdot n) / (i^{1/2} \cdot R^{2/3}) \quad ,$$

$$h = f(A, W \text{ ou } b, z) \quad (\text{Figure 7}) \quad ,$$

avec (unités m et sec):

- n = coefficient de rugosité Manning
- R = rayon hydraulique
- V = vitesse moyenne de courant maximale admissible
- i = pente longitudinale du chenal
- Q = débit de projet
- A = section transversale du chenal
- h = hauteur maximale d'eau dans la section A
- W = largeur au sommet
- b = largeur de projet au plafond
- z = pente de paroi

La vitesse de projet doit être inférieure aux normes recommandées par le Tableau 1 ; pour éviter les dépôts, il conviendra cependant d'éviter de choisir des vitesses de projet trop faibles en hautes eaux (pas moins de 0,60 m/sec).

Tableau 1. Vitesses moyennes maximales admises, m/sec

| Texture du substrat du chenal | Condition de végétation du chenal | | | |
|---|-----------------------------------|-------|------------|--------------|
| | dénudé | dense | très dense | lit empierré |
| Sable, limon, limon sableux, sable limoneux | 0,5 | 0,6 | 0,9 | 1,5 |
| Limon argileux, sable limono-argileux | 0,6 | 0,9 | 1,2 | 1,6 |
| Argile, limon argileux, argile sableuse, argile limoneuse | 0,7 | 1,2 | 1,5 | 1,8 |
| <i>Critères : Natural Resources Conservation Service of USA, for Grassed Waterways (Code 412, NHCP, NJ FOTG, July 2000)</i> | | | | |

La « *retardance* » est une mesure de la résistance de la végétation dans un chenal d'écoulement, qui se traduit par une méthode de classification (Tableau 2) permettant ensuite de déterminer le coefficient de rugosité de l'équation de Manning en fonction du type de végétation et de son stade de croissance, de la vitesse moyenne de courant et du rayon hydraulique.

Tableau 2. Classes de retardance

| Hauteur moyenne de la végétation | Etat de la végétation | |
|--|-----------------------|-----------|
| | Bon | Clairsemé |
| > 760 mm | A | B |
| 80 à 610 mm | A | B |
| 150 à 250 mm | C | D |
| 50 à 150 mm | D | D |
| < 50 mm | E | E |
| <i>A = retardance très élevée ; E = retardance très faible</i> | | |

La Figure 16 montre un exemple de variation du coefficient de retardance au fur et à mesure de la montée des eaux, pour une végétation et un chenal déterminé.

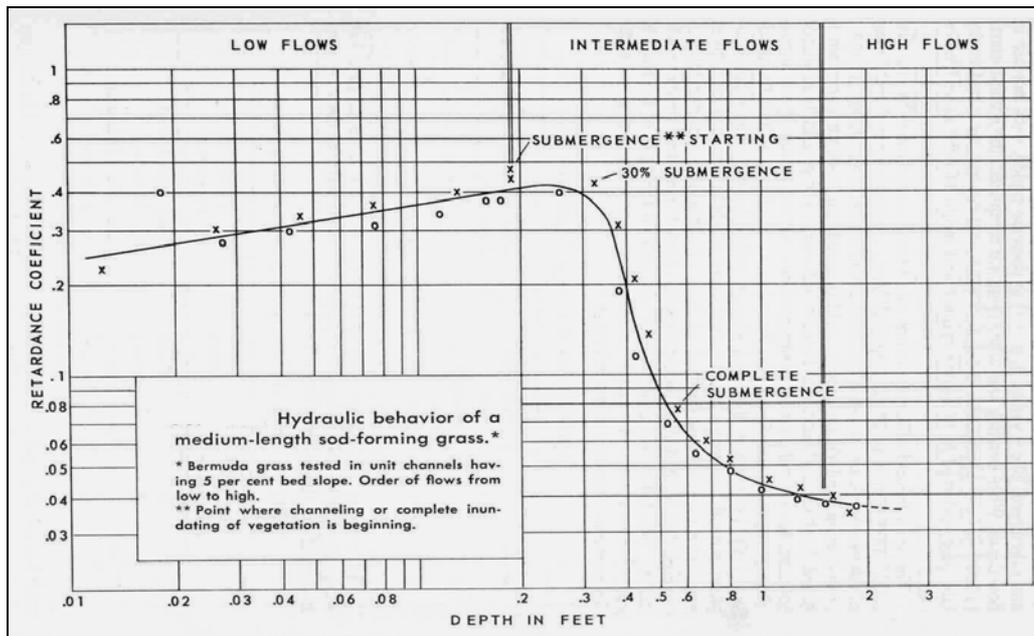


Figure 16. Coefficient de retardance en fonction de l'évolution de la hauteur d'eau dans le chenal

Cette notion est à prendre en considération dans le cas où la végétation installée est susceptible de subir des effets d'aplatissement sous l'action d'afflux d'eau temporaires importants, diminuant ainsi parfois considérablement l'effet de résistance à l'écoulement.

On dimensionne la section utile et la largeur de base :

- d'abord pour la retardance minimale rencontrée pendant l'année
- ensuite, la largeur de base étant déterminée, on recalcule la hauteur d'eau définitive à donner, pour le cas de la retardance maximale (herbes hautes) (franc-bord à ajouter ensuite).

Les abaques correspondants sont donnés en Figures 17.a. à 17.d.

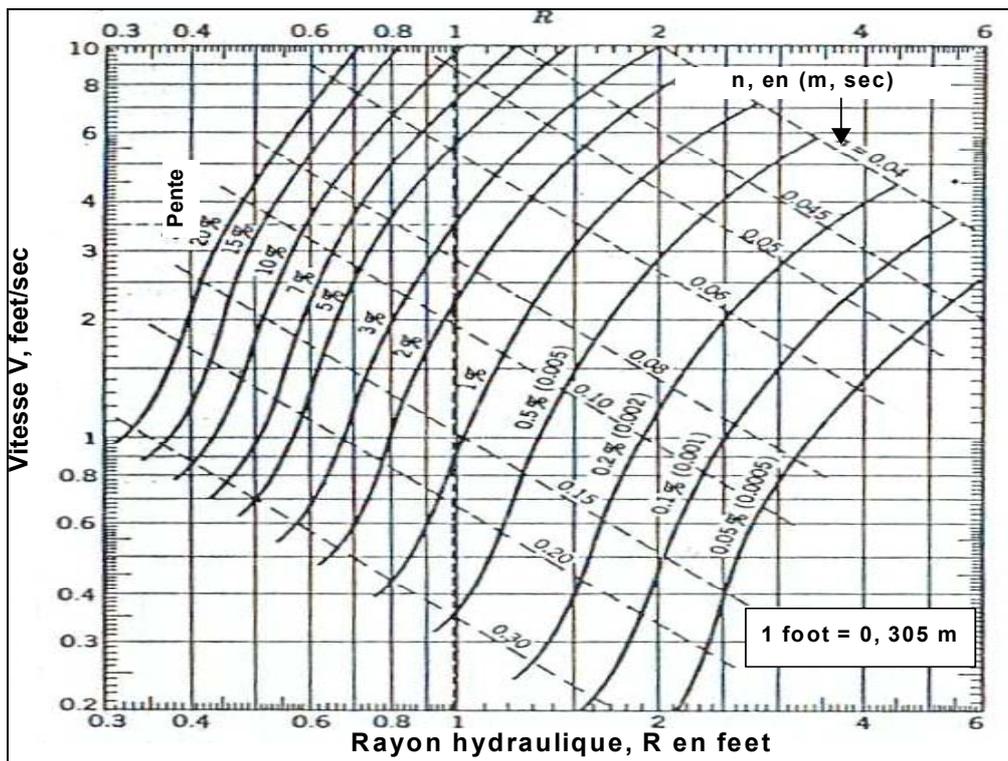


Figure 17.a. Solution de la formule de Manning pour des chenaux et fossés enherbés de « Class B » (retardance élevée) (U.S. SCS handbook of Channel design for Soil and water Conservation, SCS – TP- 61, 1947 ; cité par J.H. Stallings, 1959)

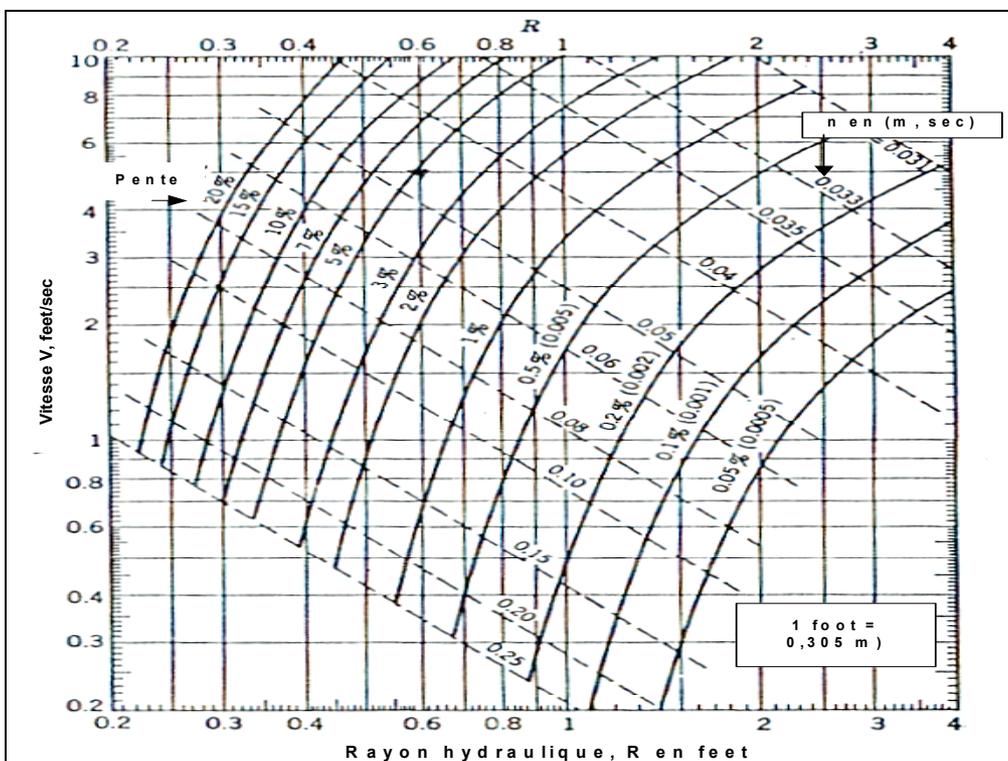


Figure 17.b. Solution de la formule de Manning pour des chenaux et fossés enherbés de « Class C » (retardance modérée)

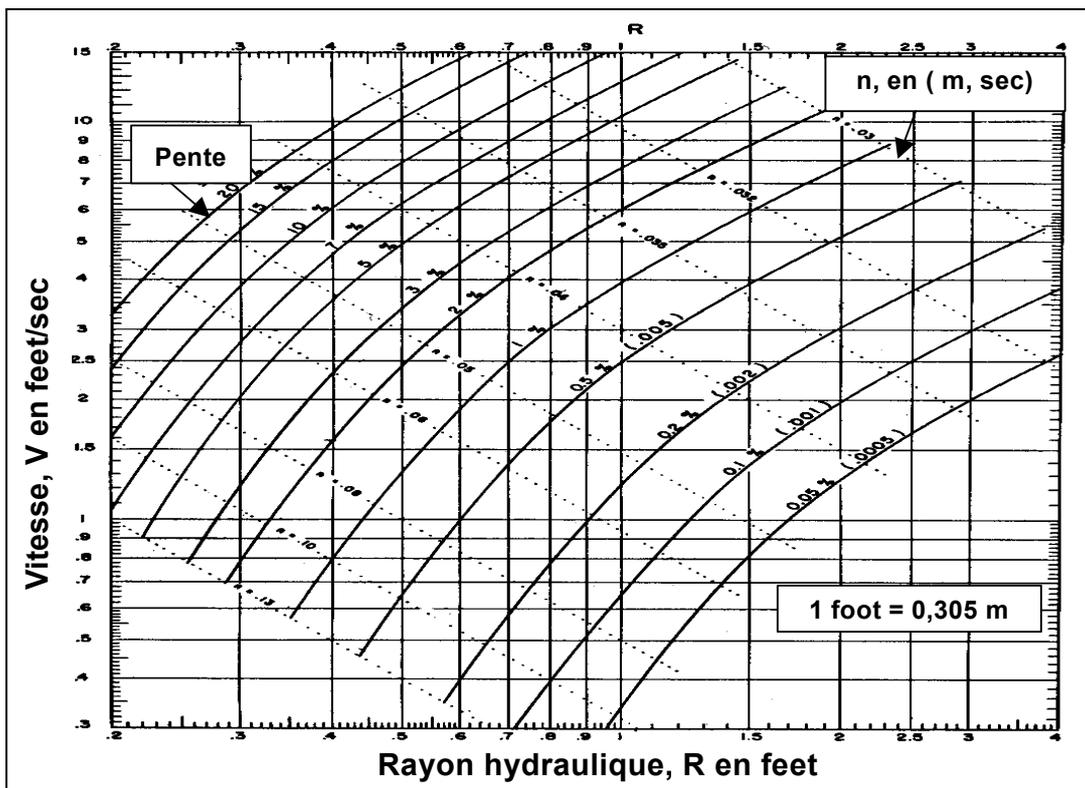


Figure 17.c. Solution de la formule de Manning pour des chenaux et fossés enherbés de « Class D » (retardance faible)

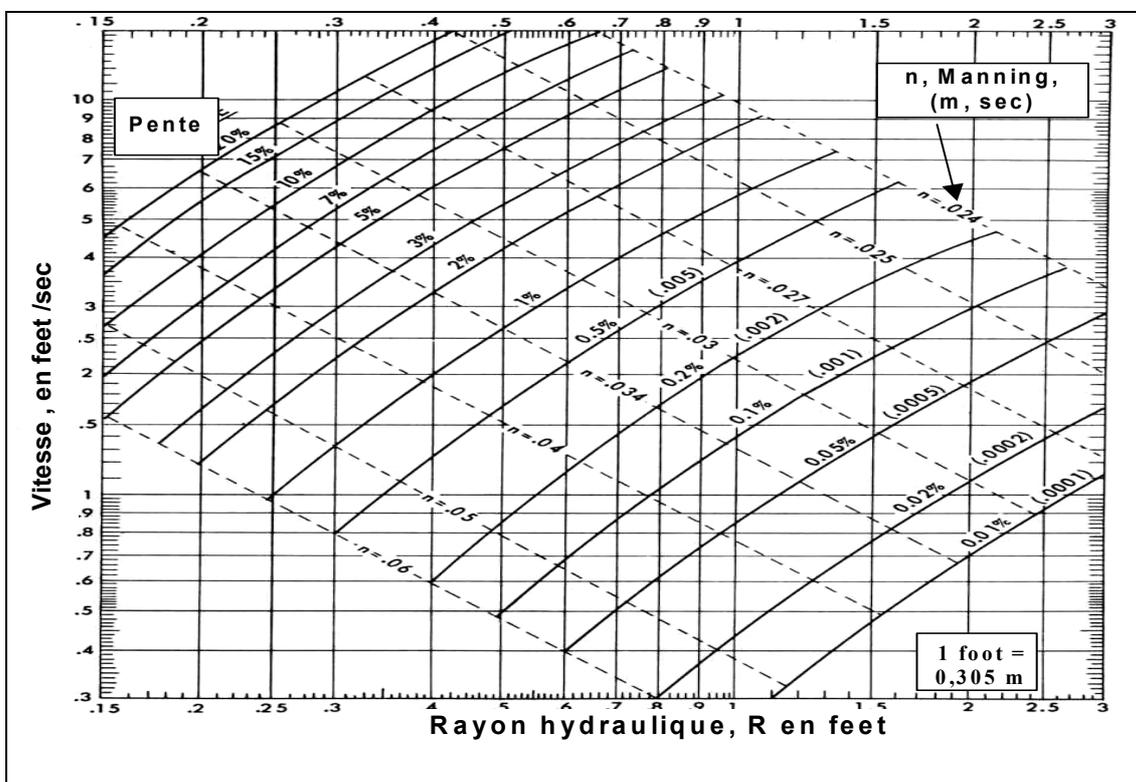


Figure 17.d. Solution de la formule de Manning pour des chenaux et fossés Enherbés de « Class E » (retardance très faible = végétation courte)

Dans les autres cas, on pourra s'en tenir à l'utilisation classique de la formule de Manning avec une valeur de n constante (Tableau 3).

Tableau 3. Type de sections et Substrat n (Manning) (m, sec)

| A. Chenaux sans végétation | | |
|-----------------------------------|---|-------------|
| Sections uniformes | Sédimentaire fin | 0,016 |
| Sections uniformes | Argileux compact | 0,018 |
| Sections uniformes | Limono-argileux | 0,020 |
| Sections quelque peu irrégulières | Sableux ou argileux, + quelque végétation | 0,0225 |
| Sections irrégulières | Gravier + quelque végétation | 0,025 |
| Sections irrégulières | Gravier | 0,030 |
| Sections irrégulières | Rochers | 0,030 |
| B. Chenaux avec végétation | | |
| | Herbe 50-150 mm | 0,030-0,060 |
| | Herbe 150-250 mm | 0,030-0,085 |
| | Herbe 250-600 mm | 0,040-0,150 |

6.2. Les chenaux enherbés de talweg

Dans la mesure du possible, le chenal doit suivre la pente naturelle du terrain ; toutefois la pratique a démontré que la pente la plus satisfaisante varie de 1 à 5%.

Dans les cas de pentes prononcées (dépassant 5%), il faut aménager des chutes aux points critiques dans le trajet du cours d'eau pour réduire la déclivité à 5% ; s'il s'agit de pentes raides, on devra recouvrir la partie centrale du lit du chenal d'un matériau anti-érosion (empierrement ou autre). En revanche, quand la pente naturelle est inférieure à 1%, il convient de l'accentuer par creusement.

La hauteur d'eau de projet sera de 1 mètre au maximum et au minimum de 30 cm.

La largeur du fond sera d'au moins 6 à 8 fois la hauteur d'eau, jusqu'à 20 à 30 fois communément, et d'un minimum de 2 mètres ; elle sera d'au moins 6 mètres quand susceptible d'être traversée par les machines agricoles.

Si le débit de projet est de plus de 3 m³/sec et/ou la vitesse moyenne de courant plus élevée que la vitesse critique érosive autorisée, le chenal sera dimensionné avec empierrement du lit ou autre matériau, et des structures auxiliaires pourront devoir être adoptées ; la largeur du chenal enherbé sera dans la mesure du possible de moins de 20 mètres au total.

La pente des parois pour les chenaux trapézoïdaux sera au moins 4:1, les pentes de parois de 6:1 à 8:1 facilitant le trafic.

6.3. Les fossés enherbés

Il est parfois recommandé de ne pas surdimensionner les fossés : on considère qu'il est préférable qu'ils débordent en cas de pluie orageuse ; ceci évite d'accroître la brutalité de la crue en aval ; ceci n'est possible que lorsqu'il y a présence d'une zone de détention aisément inondable temporairement.

Les fossés peuvent déboucher dans une zone de détention aménagée.

Il est recommandé de respecter une distance de 5 à 10 m par rapport aux habitations.

Des critères de vitesses, non-érosives, doivent être respectés.

Les pentes latérales des fossés (2:1 ou autre) doivent assurer une bonne stabilité.

En cas d'arrivée d'eau latérale, il convient de prévoir une pente de 3:1 avec une mise en herbe sur 3,0 m en bordure.

Dans le cas où l'on associe un talus enherbé, il est recommandé de prévoir une bande de roulement de 3,0 m entre le fossé et le talus pour permettre un entretien mécanique.

7. Références bibliographiques

C.R.E.T., Manuel de Conservation des Sols, Traduction du Manuel SCS des USA, 1950.

Dautrebande S., Cours d'aménagement des bassins versants, Gembloux, Unité d'Hydrologie et d'Hydraulique Agricole, FUSAGx.

Delaunois A., Diagnostic territorial sur l'érosion – Exploitations agricoles du Tarn – synthèse des résultats, Chambre d'Agriculture du Tarn, Juin 2000, 42 pages.

FAO, La défense des terres cultivées contre l'érosion, Collection FAO : Progrès et mise en valeur – Agriculture, 1967, 202 pages.

GAUVIN D., Inventaire des zones sensibles à l'érosion des sols en vallée d'Authie dans une perspective d'application des mesures agri-environnementales., Mém. D.U.E.S.S. "Eau et Environnement", D.E.P., Univ. Picardie Jules Verne, 2000, 105 p. + annexes et cartes.

J.H. Stallings, Soil Conservation, Prentice-Hall, Inc., 1959, 575 pages.

Manuel SCS traduit par le CRET, FAO Documentation, 1950.

Meindertma D., Design principles of technical measures, Notes de Cours, Wageningen, 38 pages.

Merle J.P., Huet P., Martin X., et al. Inondations et coulées boueuses en Seine-maritime : Propositions pour un plan d'action. Affaire n° IGE/00/032. Rapport général de l'Inspection de l'Environnement. Lieu : editeur CGPC et CGGREF. 2001.

Soltner D., Bandes enherbées et autres dispositifs bocagers, Collection Sciences et Techniques agricoles, 2001, 23 pages.

Vandaele K., De Vrieze M., Swets M., et Al., Kleuinschalige erosiebestrijdingswerken. Een praktijkvoorbeeld, Soresma nv en Min. van de Vlaamse Gemeenschap, Febr. 2002, 40 bldz.

Van Haveren B.P., Management of in-stream flows through runoff detention and retention, Water Resources Bulletin, AWRA, Vol 22, N0.3, June 1986, pp399-404.

Supports électroniques :

Agence Régionale de l'Environnement de Haute-Normandie. *Les coulées boueuses en Haute-Normandie : causes, conséquences, remèdes [en ligne]*. Disponible sur : <<http://www.arehn.asso.fr/soleteau/p3b.htm>> (consulté le ?)

Alberta, Agriculture, food and rural Development. *Grassed Waterway Construction* **[en ligne]**. Disponible sur : <<http://www.agric.gov.ab.ca/agdex/500/7300006.html>> (consulté le ?)

ANDERSON Carl E. *Vegetated Waterways* **In** : ANDERSON Carl E. AST324, 2002, Ames **[en ligne]**. Ames : Agricultural and Biosystems Engineering Department of Iowa State University. Disponible sur : <<http://www.abe.iastate.edu/ast324/Lesson7VegetatedWaterways.ppt>> (consulté le ?)

BUSSIÈRE M. *La lutte contre le ruissellement et l'érosion des sols* **[en ligne]**. Disponible sur : <http://www.u-picardie.fr/~beacham/duer/bussière/bussière.htm> (1996) « L'érosion des sols cultivés en France : manifestation, coûts, remèdes » Mém. D.E.S.S. , Univ. Picardie Jules Verne, 136 p (consulté le ?)

Chambre d'Agriculture de l'Eure. *Lutter contre l'érosion : Bande de terre retassée, chemin d'eau enherbé* **[en ligne]**. Disponible sur : <<http://www.eure.chambagri.fr/eireta.htm>> (consulté le ?)

Dekalb Manual (Georgia) **[en ligne]**. : Disponible sur : <http://www.co.dekalb.gausap.htm> (consulté le ?)

Iowa State University. *Maintaining grass waterways* **[en ligne]**. Disponible sur : <<http://www.ent.iastate.edu/ipm/icm/1999/5-31-1999/waterways.html>> (consulté le ?)

JOURDAIN P. *Les rôles principaux de la haie* **[en ligne]**. Disponible sur : <<http://www.promhaies.net/roles.html>> (consulté le ?)

NRCS. *Mississippi Environmental Quality Incentives Program (EQIP) Manual FY2001* **[en ligne]**. Washington : Natural Resources Conservation Service of United States Department of Agriculture, 2000. Disponible sur : <<http://www.ms.nrcs.usda.gov/eqip2000b.pdf>> (consulté le ?)

STONE Robert P., ENG P. *Cours d'eau enherbé*, fiche technique Agdex 751 **[en ligne]**. Ontario : Ministère de l'agriculture et de l'alimentation de l'Ontario, août 1987. Disponible sur : <<http://www.gov.on.ca/OMAFRA/french/engineer/facts/94-040.htm>> (consulté le ?)

University of Illinois at Urbana-champaign. *Designing, Building, and Maintaining a Grassed Waterway* **[en ligne]**. Disponible sur : <<http://www.age.uiuc.edu/classes/age357/grass.html>> (consulté le ?)

8. Liste des figures

| | |
|---|----|
| FIGURE 1. CHENAL ENHERBE DE DERIVATION (TRADUIT DE ALBERTA AGRICULTURE, FOOD AND RURAL DEVELOPMENT) | 4 |
| FIGURE 2. CHENAL ENHERBE DE TALWEG..... | 5 |
| FIGURE 3. CHENAUX ENHERBES DE TALWEG | 5 |
| FIGURE 4. SECTION TRANSVERSALE D'UN CHENAL ENHERBE A LARGE BASE | 5 |
| FIGURE 5. FOSSES-TAMPON (PHOTO CH. D'AGRIC. EURE (FR.)) | 6 |
| FIGURE 6. FOSSE-TAMPON (REGION DE GEMBLoux)..... | 6 |
| FIGURE 7. DIFFERENTS TYPES DE SECTION TRANSVERSALE DE CHENAUX ENHERBES | 8 |
| FIGURE 8.A. DES CHENAUX NATURELS DE CONCENTRATION DES EAUX DE RUISSELLEMENT SE DEVELOPPENT DANS LES TALWEGS (PHOTO R. CAUSSIN, FUSAGx, 2002 ; BRABANT WALLON) | 9 |
| FIGURE 8.B. CHENAUX ENHERBES EN TALWEGS..... | 9 |
| FIGURE 9. FOSSE DE ROUTE NON ENTRETENU, DEBORDANT VERS LES CHAMPS (PHOTO DAUTREBANDE S., 1999) | 10 |
| FIGURE 10. ROUTE REHAUSSEE ET FOSSE COMBLE : NOUVELLE RAVINE SE DEVELOPPANT DANS LA BANDE ENHERBEE (PHOTO DAUTREBANDE S., 1999)..... | 10 |
| FIGURE 11. FOSSE-TALUS (SCHEMA : CHAMBRE D'AGRICULTURE DE L'EURE (FR.)) | 10 |
| FIGURE 12. SYSTEME DE DERIVATION (SCHEMA ...) : | 11 |
| FIGURE 13. AMENAGEMENT D'UN CHENAL A BASE EMPIERREE ET ENHERBEE (USA) | 11 |
| FIGURE 14. SILLON-FOSSE EN BORDURE DE PETIT TALUS ABRUPT, CONDUISANT LES EAUX DE RUISSELLEMENT VERS L'AVALOIR (PHOTO DAUTREBANDE S.) : PETIT AMENAGEMENT REALISE POUR EVITER LES PROBLEMES RECURRENTS DE COULEES DE BOUE IMPORTANTES SUR LA VOIRIE. CEPENDANT, COMPTE TENU DE LA PROXIMITE FOSSE/TALUS, LE RISQUE D'EFFONDREMENT DU TALUS PERSISTE; L'AJOUT D'UNE BANDE ENHERBEE POUR LE MOINS PERMETTRAIT DE MIEUX REPARTIR LES INFILTRATIONS. ... | 13 |
| FIGURE 15. RUISSELLEMENT DE SURFACE ET SUBSURFACE VERS UN CHENAL OU FOSSE ... | 16 |
| FIGURE 16. COEFFICIENT DE RETARDANCE EN FONCTION DE L'EVOLUTION DE LA HAUTEUR D'EAU DANS LE CHENAL | 18 |
| FIGURE 17.A. SOLUTION DE LA FORMULE DE MANNING POUR DES CHENAUX ET FOSSES ENHERBES DE « CLASS B » (RETARDANCE ELEVEE) (U.S. SCS HANDBOOK OF CHANNEL DESIGN FOR SOIL AND WATER CONSERVATION, SCS – TP- 61, 1947 ; CITE PAR J.H. STALLINGS, 1959) | 19 |
| FIGURE 17.B. SOLUTION DE LA FORMULE DE MANNING POUR DES CHENAUX ET FOSSES ENHERBES DE « CLASS C » (RETARDANCE MODEREE) | 19 |
| FIGURE 17.C. SOLUTION DE LA FORMULE DE MANNING POUR DES CHENAUX ET FOSSES ENHERBES DE « CLASS D » (RETARDANCE FAIBLE)..... | 20 |
| FIGURE 17.D. SOLUTION DE LA FORMULE DE MANNING POUR DES CHENAUX ET FOSSES ENHERBES DE « CLASS E » (RETARDANCE TRES FAIBLE = VEGETATION COURTE) | 20 |

9. Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| TABLEAU 1. VITESSES MOYENNES MAXIMALES ADMISES, M/SEC | 17 |
| TABLEAU 2. CLASSES DE RETARDANCE..... | 17 |
| TABLEAU 3. TYPE DE SECTIONS ET SUBSTRAT N (MANNING) (M, SEC) | 21 |

VI. Fiche technique N°4 : Les pratiques agricoles : Gestion du couvert et Gestion du sol

Tables des matières

| | |
|--|-----------|
| 1. LES PRATIQUES AGRICOLES ANTIEROSIVES..... | 2 |
| 1.1. DEFINITION | 2 |
| 1.2. OBJECTIF..... | 2 |
| 1.3. ZONES A RISQUE EROSIF CONCERNEES | 2 |
| 1.4. DESCRIPTION ET PROCESSUS | 3 |
| 1.5. LIMITATIONS GENERALES..... | 4 |
| 1.6. CRITERES | 4 |
| 2. GESTION DU COUVERT | 6 |
| 2.1. RESIDUS DE CULTURE (<i>CROP RESIDUE USE</i>)..... | 6 |
| 2.2. LES CULTURES DE COUVERTURE..... | 7 |
| 3. GESTION DU SOL..... | 9 |
| 3.1. LE LABOUR MOTTEUX | 10 |
| 3.2. TRAVAIL DU SOL REDUIT | 10 |
| 3.3. DECOMPACTAGE, SOUS-SOLAGE | 11 |
| 3.4. LABOUR SUIVANT LES COURBES DE NIVEAU (<i>CONTOUR FARMING</i>) | 13 |
| 3.5. LABOUR ORIENTÉ (<i>GRADED FURROWS</i>)..... | 15 |
| 3.6. PASSAGE CONTROLE DES MACHINES AGRICOLES (<i>CONTOUR TRAFFIC FARMING</i>) .. | 15 |
| 4. MESURES COMPOSITES..... | 16 |
| 4.1. STRIP TILL OU STRIP NO-TILL | 16 |
| 4.2. MICROBILLONNAGE..... | 17 |
| 5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 19 |
| 6. LISTE DES FIGURES..... | 21 |
| 7. LISTE DES TABLEAUX | 21 |

1. Les pratiques agricoles antiérosives

On ne considérera ici les pratiques agricoles que sous l'angle de leurs fonctions antiérosives et de limitation du ruissellement ; les conseils personnalisés et détaillés sont à apporter auprès des agriculteurs par les services agronomiques spécialisés en matière de phytotechnie.

A l'échelle de la parcelle agricole, la concertation reste cependant indispensable entre agronomes phytotechniciens et du Génie Rural, car il reste indispensable d'intégrer l'approche « parcelle » dans une perspective intégrée « petit bassin versant » (Confer notamment Introduction générale).

En effet des mesures associées de pratiques agricoles et d'hydraulique douce seront souvent nécessaires. A simple titre d'exemple, pour les sols de plateau à mauvais drainage naturel, donc favorisant le ruissellement de surface, les pratiques cherchant à favoriser l'infiltration des eaux pourront être inefficaces, et on s'orientera plutôt vers des techniques agricoles protégeant le sol contre l'impact des pluies et/ou ralentissant les eaux de ruissellement, associées elles-mêmes à tout aménagement complémentaire visant à diminuer le ruissellement de façon adéquate, par dérivation des eaux en particulier (Confer Fiches ad hoc).

1.1. Définition

Les pratiques agricoles antiérosives sont des pratiques :

- de couverture du sol nu
- de techniques de travail du sol adaptées.

1.2. Objectif

Ces pratiques ont pour but de diminuer le risque d'érosion diffuse d'une parcelle agricole.

1.3. Zones à risque érosif concernées

Il s'agit des parcelles agricoles soumises à de l'érosion diffuse dont les taux dépassent les normes admissibles de 5 à 10 tonnes par hectare et par an en moyenne sur plusieurs années (Critères Wischmeier, USLE et RUSLE).

1.4. Description et processus

D'une manière générale, les pratiques agricoles de conservation des sols tendant à (et/ou) :

- limiter l'effet de l'impact érosif des pluies
- diminuer la production de ruissellement diffus (en nappe et en rigoles)
- ralentir les eaux de ruissellement diffuses.

1.4.1. Gestion du couvert

On distingue les modalités suivantes :

- Gestion des résidus
- Gestion des cultures de couverture
 - cultures de couverture (intercalaires et intercultures)
 - rotations adaptées
 - couverts denses permanents (prairies, boisements).

1.4.2. Gestion du sol

On distingue les principales modalités suivantes :

- Travail du sol conservatoire (pratiques TCS) (labour motteux, semis direct, travail du sol superficiel, ...)
- Décompactage, sous-solage
- Cultures en courbes de niveau (« *contour farming* »)
- Labour orienté (« *graded furrows* »)
- Passage contrôlé des machines (« *Traffic farming* »).

1.4.3. Pratiques composites

On citera essentiellement :

- « *Strip till* » « *strip no till* »
- micro-billonnage (« *ridge till* »)

1.5. Limitations générales

Aucune de ces méthodes n'est adaptée pour pallier l'érosion concentrée sur la parcelle ; elles ne protègent pas non plus la parcelle aménagée, ni son aval, des effets des flux de ruissellement (diffus ou concentrés) en provenance de l'amont.

Les mesures ne sont pas suffisantes à elles seules pour contrer les effets d'un orage violent.

1.6. Critères

Le choix des pratiques culturales antiérosives sera fonction notamment du type de sol et de la topographie de la parcelle.

Il y aura lieu d'évaluer l'amélioration du risque potentiel moyen de pertes en terres suivant la méthode Wischmeier qui tient compte, pour rappel :

- du sol de surface (texture, matière organique, structure, perméabilité)
- de la longueur de la parcelle suivant la pente
- de la pente et de son uniformité
- des scénarios de pratiques antiérosives.

Une attention particulière sera apportée aux apports éventuels de flux de ruissellement amont, ainsi qu'au risque de concentration des flux au sein de la parcelle elle-même si celle-ci :

- présente un vallon
- une rupture de pente (Figure 1)
- se trouve en bordure d'une rupture de pente.

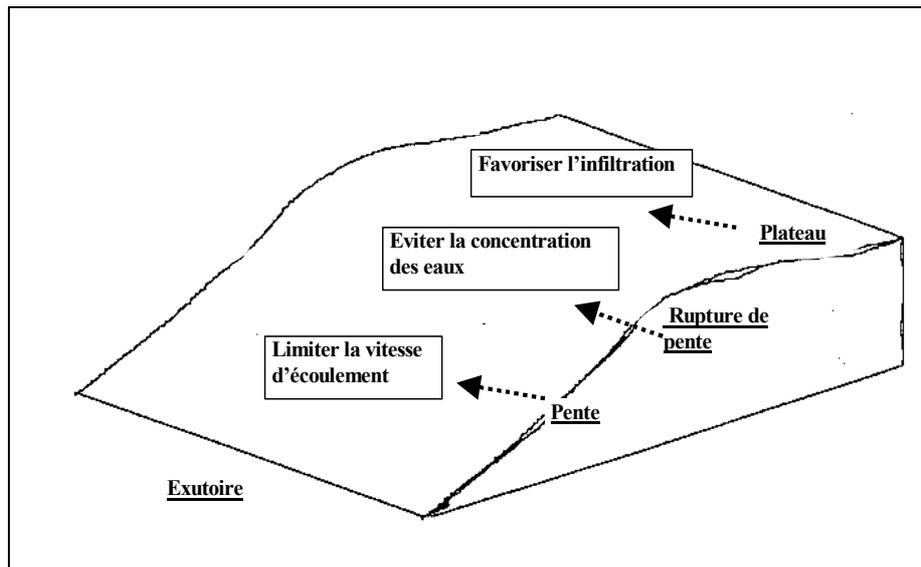


Figure 1. Schéma d'approche d'aménagement pour une parcelle avec ou proche de - rupture de pente (d'après Gauvin, 2000)

Dans ces cas, d'autres mesures décrites dans les différentes Fiches du présent Document seront à envisager. A simple titre d'exemple, si on induit une infiltration accrue sur une parcelle établie sur un plateau jusqu'à une rupture de pente abrupte, il sera nécessaire dans certains cas de sols et de rupture de pente abrupte, de prévoir un aménagement spécifique pouvant aller jusqu'à une évacuation adéquate par fossé-talus enherbé large ou autre (confer Fiche « Voies d'eau » et « Bandes enherbées ») spécialement en bordure de la parcelle, afin d'éviter des glissements de terrain sur la rupture de pente.

2. Gestion du couvert

2.1. Résidus de culture (*crop residue use*)

Le recouvrement du sol par des résidus végétaux est une technique de post-récolte qui laisse un large pourcentage de matière résiduelle (feuilles, racines, chaumes, paille, ...) sur ou proche de la surface.

Deux modalités sont utilisées :

- les chaumes laissés en place (le « non-déchaumage »)
- les résidus déchaumés, broyés, incorporés superficiellement ou bien laissés en surface.

Les résidus laissés en place protègent le sol nu contre l'effet érosif de l'impact des gouttes de pluie et des vitesses de ruissellement (figure 2).



Figure 2 : Résidus sous maïs

En sol à bon drainage naturel, les résidus broyés incorporés (superficiellement) ou laissés en surface favorisent l'infiltration ; sur faible pente, ils sont susceptibles de ralentir les flux diffus. Sur pente forte, le déchaumage et broyage des résidus seront à éviter, ces derniers pouvant non seulement être entraînés mais aussi obturer des collecteurs en aval ; le procédé est donc à réserver aux sols filtrants, à bon drainage naturel et de pente faible.

A contrario, le non-déchaumage sera à préférer sur sols très érodibles et/ou de pente forte (> 3%) ; il peut être par ailleurs utile en zones de faible concentration des eaux de ruissellement.

Un couvert de 70% à 80% de la surface du sol est recommandé.

Ce type de mesure vient en complément d'autres mesures, dont les effets sont à évaluer suivant Wischmeier ; en particulier, la technique de travail du sol réduit (Confer Point 3.2.) est une pratique qu'il peut être jugé important d'associer.

2.2. Les cultures de couverture

Les cultures de couverture considérées sont des cultures destinées à couvrir le sol de façon aussi permanente et uniforme que possible.

Dans le contexte de mesures de protection des sols contre l'érosion, il s'agit de rechercher des cultures de couverture en interculture et/ou en intra-culture adaptées aux conditions des cultures principales, visant à réduire l'effet érosif des pluies et du ruissellement.

Cette pratique est destinée à minimiser la vulnérabilité à l'érosion d'un sol dénudé hors saison de végétation, ou d'un sol partiellement dénudé en raison d'une végétation débutante, de cultures « sarclées » ou peu denses (betteraves, maïs, chicorée, pommes de terre, carottes, chicons, pois, ...).

Un couvert végétal dense :

- protège le sol contre l'impact des précipitations
- favorise l'infiltrabilité (lorsque le sol de surface n'est pas saturé) de par le développement racinaire et le maintien ou l'amélioration de la structure de surface (apport de matière organique)
- ralentit les flux de ruissellement de surface par la « rugosité » de la végétation
- piège les sédiments.

Le choix des cultures de couverture est lié aux modalités et contraintes relatives aux cultures principales, et porte sur le choix des espèces, dates de semis et types de travaux du sol nécessaires ; il dépend donc fortement de critères locaux et de conditions de site.

L'efficacité sera moindre à nulle en sols à mauvais drainage naturel.

2.2.1. Cultures de couverture en interculture

On cite en interculture le plus souvent les ray-grass ou autres graminées et petits grains, crucifères, légumineuses et tout « engrais vert », choisis suivant les conditions écoclimatiques et de culture, pour autant qu'ils couvrent bien le sol et aient un développement rapide.

On les installe :

- après une récolte estivale (moutarde, phacélies, ray-grass, avoine, ...)
- après une récolte tardive (cas du maïs)
- en jachère de printemps.

2.2.2. Couverts intercalaires

Les termes de semis « sous culture abri » ou « semis sous couvert » sont également utilisés.

Le semis direct sous couvert est recommandé en France par exemple pour le maïs, au stade 8-10 feuilles ; les couverts utilisés peuvent être du trèfle/ray-grass, de la moutarde, des repousses de vesce, ...

2.2.3. Culture couvrante dans la rotation

Les végétations couvrantes susceptibles d'être recommandées dans une rotation sont la prairie temporaire, les légumineuses, ..., à défaut, le froment, escourgeon.

Les cultures défavorables car peu couvrantes sont les betteraves, les maïs, carottes, chicorées, chicons, pomme de terre, ...

Il est hautement souhaitable en principe de ne pas mettre « n'importe quoi n'importe où » : à simple titre d'exemple, une culture de chicorée en sols à bon drainage naturel a de meilleures chances de couvert suffisant pendant les périodes où apparaissent le plus fréquemment les orages (E. Triffin, CGTA, Plein Champs, 21/02/02)

2.2.4. Végétations denses permanentes

Prairies, reboisement, buissons épais sont recommandés pour protéger les fortes pentes et les ravines importantes ; il convient de rappeler ici encore que ces aménagements ne résolvent pas nécessairement à eux seuls les problèmes d'afflux d'eau et de boue concentrés en provenance d'amont, vers l'aval.

3. Gestion du sol

Les pratiques de travail du sol antiérosives regroupent les techniques de travail du sol telles que labour superficiel, le semis direct, le « *ridge-till* », le « *strip-till* » et autres, qui favorisent la résistance du sol à l'érosion :

- en maintenant les résidus végétaux (sur au moins 30% de la surface du sol)
- en maintenant ou améliorant la structure et la porosité du sol
- en favorisant la rétention diffuse et l'infiltration à l'échelle de la parcelle (labour motteux, techniques de « labour orientés »).

Ces pratiques peuvent limiter les pertes en sol diffuses en maintenant ou favorisant sa structure sans nécessairement diminuer le ruissellement.

Elles favorisent dans certains cas le ralentissement des flux diffus par augmentation de la rugosité de surface.

En tout état de cause, on peut être amené, au sein d'une parcelle de grande étendue, à différencier le travail du sol sur plateau et sur versant : sur plateau, on préconisera par exemple un labour motteux infiltrant et un déchaumage (pour autant que le sol soit à bon drainage naturel), tandis que sur les versants on pourra préférer un travail du sol réduit et le non-déchaumage.

Dans tous les cas, on recherchera des solutions qui évitent :

- l'affinage excessif du sol de surface, très néfaste à la bonne stabilité des particules de sol sous l'effet des pluies (croûte de battance, diminution de l'infiltration) et du ruissellement (mise en boues et entraînement aisé de celles-ci)
- le lissage du sol en surface ou dans les couches de subsurface
- le tassement de surface (sauf en zones de concentration des flux).

Ainsi, il est recommandé autant que possible (Confer Documentation française) d'éviter les outils à dents vibrantes, d'affiner par exemple seulement la bande du rang et laisser l'inter-rang motteux, de choisir des graines permettant un travail du sol plus rustique (espèces rustiques ou enrobées), ...

Pour les sols à mauvais drainage naturel, des mesures ayant pour objet une amélioration de l'infiltration seront cependant peu efficaces, ou seront même parfois dommageables (écoulements de subsurface mal maîtrisés en raison d'un sous-sol imperméable à faible profondeur).

Pour limiter le risque érosif des bordures et ornières en raison du passage des machines agricoles, on recommandera suivant les sols, la topographie et les conditions de culture, des bandes enherbées ou des talus-fossés (Voir Notes techniques sur les Bandes enherbées et les Voies d'eau enherbées).

Si un labour reste d'usage, il sera recommandé de travailler le sol « en oblique » par rapport aux courbes de niveau, vers un fossé, une rigole ou un chenal de récolte des eaux (confer le point sur les labours orientés ou en courbes de niveau) ; on favorisera des sillons larges et peu profonds plutôt que des sillons étroits et profonds (vitesse érosive moindre).

Diverses autres recommandations sont possibles au cas par cas :

- créer un réseau de rigoles tassées correctement localisées (de préférence là où les rigoles naturelles ont tendance à s'installer) espacées et orientées (en oblique ou légère pente vers un chenal de récolte aménagé - confer Note technique Chenaux et fossés), éventuellement en profitant des traces de roue pour ce faire
- réduire la pression des pneumatiques pour limiter la compaction
- ...

3.1. Le labour motteux

Le labour à grosses mottes reste favorable sur les plateaux ayant des sols profonds, infiltrants, bien structurés et non battants.

3.2. Travail du sol réduit

Plusieurs variantes existent ; elles ont en général l'intérêt d'éviter l'affinage excessif du sol, la mise en boues et le glaçage de surface (confer comparaison en Figures 3a et 3b, sous chicorées, en bas de pente, d'une parcelle labourée ayant subi des afflux de boues diffuses, et d'une parcelle avec travail du sol réduit).

On reconnaît à ces techniques moins d'érosion mais parfois plus de ruissellement que le labour.

Les avantages et inconvénients sont à peser sur le plan agronomique et phytosanitaire.

3.2.1. Semis direct (no-till)

Cette technique protège les versants et les zones de faible concentration de ruissellement.

Le non-labour favorise la structuration du sol tout en le maintenant compact, d'infiltrabilité suffisante (sols à bon drainage naturel) ou éventuellement améliorée lorsque les résidus sont laissés en surface.

Les semis sont effectués sur chaumes sans travail du sol, ou avant déchaumage.

Le semis direct sous couvert se développe en France (par exemple blé sur moutarde). Dans certains cas, le couvert est « mulché » lors du semis, la pratique étant considérée comme positive pour les intercultures courtes.

3.2.2. Travail superficiel

La pratique, utiles pour favoriser l'infiltration et la structure du sol, comprend plusieurs variantes ; elle reste non souhaitable en sols à mauvais drainage naturel.

3.3. Décompactage, sous-solage

Pour un sol compact en surface ou subsurface, un décompactage ou un sous-solage (éventuellement directionnel pour évacuer latéralement les flux) peut s'avérer utile pour améliorer la capacité de stockage ou de percolation du sol non-saturé ; cependant il n'est pas souhaitable de favoriser l'infiltration sur ou au voisinage de versants et talus très pentus, en raison du risque de déstabilisation du sol par flux hypodermiques.



Figures 3.a. et 3.b. Parcelles de chicorée ; comparaison entre une parcelle labourée (a) et une parcelle conduite en labour superficiel (b) - Situation en bas de pente après un orage.

3.4. Labour suivant les courbes de niveau (*contour farming*)

Un nivellement « parfait » est requis pour orienter les sillons de labour (Photo de la Figure 4) ; la profondeur et l'écartement des sillons sont fonction de la capacité d'infiltration des sols et de l'importance des pluies (en raison de l'effet « micro-réservoirs »).

Un risque érosif important existe pour des pluies de forte intensité par débordement brusque des sillons et concentration des flux (Photo de la Figure 5)

En outre, la technique est à éviter en sols à mauvais drainage naturel et n'est pas adaptée aux topographies vallonnées et irrégulières.

Le Tableau 1 donne les longueurs maximales de parcelle suivant la pente qu'il est recommandé de respecter si l'on souhaite appliquer la technique du labour en courbes de niveau (ou bien calculer cette longueur suivant les critères de Wischmeier).

Tableau 1. Limites de longueur de pente de parcelle pour le labour en courbes de niveau

| Pentes % | Longueur maximale suivant la pente, en mètres |
|---|---|
| 1-2 | 130 |
| 3-5 | 100 |
| 6-8 | 70 |
| 9-12 | 40 |
| 13-16 | 25 |
| 17-20 | 20 |
| 21-25 | 15 |
| Ces longueurs peuvent être augmentées de 25% si des pratiques de couvert par résidus végétaux sont utilisées, moyennant couverture du sol dépassant 50% ; | |



Figure 4. Labour et sillons suivant les courbes de niveau



Figure 5. Ruissellement et érosion ont endommagé les sillons labourés suivant les courbes de niveau (Photo Bolline, 1971)

3.5. Labour orienté (*graded furrows*)

L'évacuation des eaux des sillons est organisée en légère pente « quasi-parallèle » aux courbes de niveau, vers un émissaire; les billons doivent avoir au moins 8 cm de hauteur.

Pour les sols peu infiltrants ou mal drainés ou pour les cultures peu couvrantes, les pentes des rangées labourées seront de 0,5% au minimum, avec un maximum acceptable de 3% au voisinage de l'émissaire, en direction et jonction vers un fossé émissaire, chenal enherbé ou autre, ceci afin d'éviter le débordement érosif des sillons. A l'extrémité des rangées, il y a lieu de prévoir une tournière enherbée pour permettre le mouvement des machines.

Si la technique de labour est utilisée et pour des cultures peu couvrantes, la hauteur des sillons de labour sera de 0,5 à 5 cm au minimum ou à calculer suivant les critères de Wischmeier (formule USLE ou RUSLE) en fonction des sols et pentes et de la période culturale la plus critique eu égard aux pluies érosives ; cette hauteur pourra devoir être augmentée si les rangs ont plus de 150 m (accroissement des débits affluant dans le sillon au fur et à mesure de leur parcours vers l'émissaire).

Un réglage « parfait » des pentes est requis comme pour les labours en courbe de niveau.

3.6. Passage contrôlé des machines agricoles (*Contour traffic farming*)

Dans les labours en courbe de niveau ou orientés, les sillons interceptent les flux descendants et de petites irrégularités topographiques peuvent occasionner des dégâts érosifs importants ; par contre, si les rangs de culture restent orientés principalement suivant la pente, l'aire contributive est réduite mais les vitesses érosives sont importantes.

Le passage contrôlé est un parcours et une mise en culture suivant la pente de la parcelle (à l'inverse du parcours suivant les courbes de niveau), moyennant une subdivision permanente de la parcelle en bandes de culture et en zones de passage des machines ; il comporte donc l'usage répété des mêmes traces de roue.

L'aire contributive de ruissellement est ramenée au sillon élémentaire et les zones tassées minimisées et contrôlées.

Cette modalité est associée utilement avec un travail réduit du sol mais est également efficace avec la pratique du labour ou la culture en sillons.

La technique serait utile lors de fortes pluies et pour des sols peu perméables.

Elle n'élimine pas, pour de fortes pentes ou des sols très érodibles, la nécessité de vérifier les critères de vitesses érosives, compte tenu cependant d'un

afflux réduit de ruissellement d'aire contributive, avec comme conséquence d'orienter éventuellement en oblique, mais cette fois-ci par rapport à la plus grande pente, les lignes de cultures de façon appropriée (Confer critères de vitesse érosive, Fiche « Les voies d'eau »).

Comme pour les labours en courbes de niveau (*contour farming*) ou orientés par rapport à celle-ci (*graded furrow*), un levé et suivi topographique précis sont requis (GPS ou autre), qui pourra peut-être être rencontré dans un futur développement des techniques de l'agriculture de précision.

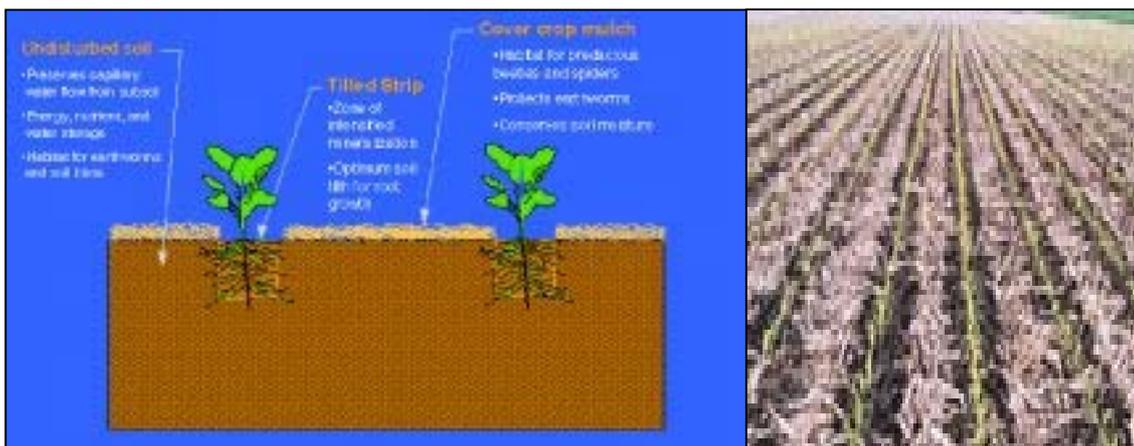
La récolte des eaux en bas de parcelle doit être effectuée par une voie d'eau appropriée (fossé-talus ou autre, confer Fiche « Voies d'eau »).

4. Mesures composites

Les deux techniques citées valent actuellement surtout pour le maïs.

4.1. Strip till ou strip no-till

La méthode consiste en une alternance de bandes de résidus de cultures ou d'un couvert végétal suivant des bandes non travaillées, alternant avec des bandes étroites de culture avec ou sans travail du sol (Figure 6a et 6b).



Figures 6.a. et 6.b. Principe du « strip till »

Les bandes de cultures sont labourées (*strip till*) ou non labourées (*no-till strip*) ; elles ont de 5 cm (*strip no-till*) à 30 cm (*strip till*) de large.

Le sol de la bande de semis est légèrement rehaussé et ameubli par le travail du sol.

L'orientation des sillons et le taux de couvert sont évalués en accord avec la méthode Wischmeier (USLE ou RUSLE).

4.2. Microbillonnage

Le principe est identique au précédent si ce n'est que les bandes cultivées sont préformées en billons alternés avec des sillons protégés par les résidus ou le couvert végétal (Figure 7a et 7b). Le système est temporaire et remis à plat après la culture.

La méthode existe aussi en billons/sillons permanents aux USA (*Ridge till*) : les billons ne sont pas labourés après récolte, seulement écrêtés.

En tant que technique antiérosive, l'orientation des sillons doit se faire dans le respect des règles générales, en pente douce par rapport aux courbes de niveau (confer *graded contour farming*), en vérifiant USLE-RUSLE, la capacité d'infiltration des sols, l'évacuation des eaux des sillons vers un émissaire chenal enherbé, fossé ou autre.

Il s'agit d'une technique de semis sur billons permettant de conserver les avantages des techniques sans labour et de la couverture de sol tout en écartant les résidus du rang de culture grâce à une proportion importante de sol non travaillé, et en évitant notamment le problème de retard de réchauffement du sol dans les régions à sols « froids » au printemps (et en limitant semble-t-il le problème des limaces) (synthèse Thomas Fr., 2002).

Seulement 15 à 20% de la surface du sol sont travaillés et les résidus laissés se placent dans les sillons ; la technique est utilisable surtout pour les monocultures en rang peu couvrantes tel le maïs.

Sur le plan des propriétés de conservation des sols et des eaux :

- le billon permet un bon ressuyage au voisinage du plant
- la technique serait favorable en sols mal drainés car le billon se draine par lui-même.



Figures 7.a. et 7.b. Microbillonnage (Culture sur le billon, sillon avec résidus)

5. Références bibliographiques

Bussière M., la lutte contre le ruissellement et l'érosion des sols, extrait de « L'érosion des sols cultivés en France : manifestation, coûts, remèdes » mém. D.E.S.S., Univ. Picardie Jules Verne, 136 p.

Dautrebande Publications.

De Ploey J., Erosional systems and perspectives for erosion control in European loess areas Soil technologies Series I, 1989, p 93-102.

FAO Collection, La défense des terres cultivées contre l'érosion hydraulique, Progrès et mise en valeur – Agriculture, Rome, 1967, 202 pages.

Gauvin D., Les moyens de lutte contre l'érosion des sols, extrait de Mémoire D.U.E.S.S., Univ. Picardie Jules Verne, 2000, 105 p.

Lagace R., La pollution diffuse et la protection de l'environnement, Compte Rendu des Conférences prononcées lors du 13^{ème} Colloque de Génie Rural, rapport GR-H-86-01, Génie Rural, Univ. Laval, 1986, 20 pages.

Mabit L., Laverdière M.R., Bernard Cl., L'érosion hydrique : méthodes et études de cas dans le Nord de la France, Cahiers Agriculture ; 11 : 195-206, 2002.

Marin P., Papy F., Souchère V., et Al., Ruissellement agricole : cerner les marges de manœuvre par une modélisation des pratiques de production, Ingénieries – EAT – N°23, sept. 2000, Pp 25-37.

Meyer L.D., Dabney S.M., Murphree C.E., et Al., Crop production systems to control erosion and runoff from upland silty soils, Trans ; ASAE, Vol. 42(6) : 1645-1652.

Ministère de l'Agriculture, Le travail du sol, Agriculture et Environnement en harmonie, Service Information, N°4 , septembre 1991, 16 pages.

Mississippi EQIP, Environmental quality Incentives Programm (EQIP) Manual, FY 2001, Program Year, 2001, 85 pages.

Natural Resources Conservation Service New Jersey, Conservation Practice Standard : residue management, ridge till ; code 329C, NRCS, NJFOTG, 2001.

Natural Resources Conservation Service New Hampshire, Conservation Practice Standard : mulching ; code 484, NRCS, NHFOTG, 2002.

Ouvry J.F., effet des techniques culturales sur la susceptibilité des terrains à l'érosion par ruissellement concentré – expérience du pays de Caux (France), Cah. Orstom, sér. Pédol., vol. XXV, n°1-2, 1989-90 : 157-169.

Papy Fr., Martin P., Bruno J.F., Comment réduire les risques d'érosion par les pratiques agricoles ?, Forum : Sécheresse, pollution, inondation, érosion ; que fait la recherche ?, Futuroscope – Poitiers, 29 sept – 1 oct, 1996.

Thomas Fr., Semis direct sous couvert, revue TCS N°18, juin/juillet/août 2002, pages 20-21.

Thomas Fr., Strip-till : le coup de pouce pour le maïs, revue TCS N° 19, septembre-octobre 2002, pages 30 – 32.

Triffin E., CGTA, Journal Plein Champs, 21/02/02.

Support électronique :

Department of primary industries of Queensland Government. *controlled traffic farming* [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.dpi.qld.gov.au/fieldcrops/5602.html>> (consulté le ?)

FARMER Phillip Kerr. *Controlled traffic farming at the farm level* [en ligne]. Disponible sur : <http://www.grdc.com.au/growers/res_upd/irrigation/01/RU_I_2001_P5.html> (consulté le ?)

Grains Research & Development Corporation. *Does row orientation affect soil loss ?* [en ligne]. Disponible sur : <http://www.grdc.com.au/growers/oft/trials/qld/20_bauhinia/> (consulté le ?)

Natural Resources Conservation Service. *Conservation Practice Standard, Contour farming* [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.il.nrcs.usda.gov/resources/fotg/section4/330/330.htm>> (consulté le ?)

Natural Resources Conservation Service of Alabama. *Tillage* [en ligne]. Disponible sur : <<http://www.al.nrcs.usda.gov/bmp/tillage.html>> (consulté le ?)

Purdue university. [en ligne]. Disponible sur : <http://hermes.ecn.purdue.edu:8001/http_dir/agen/agen521/lessons/erosion/steep.html> (consulté le ?)

<<http://www.auf.org/revues:agri/2.98/images/syn1fig2.gif>>

6. Liste des figures

| | |
|---|----|
| FIGURE 1. SCHEMA D'APPROCHE D'AMENAGEMENT POUR UNE PARCELLE AVEC- OU PROCHE DE - RUPTURE DE PENTE (D'APRES GAUVIN, 2000)..... | 5 |
| FIGURE 2 : RESIDUS SOUS MAÏS | 6 |
| FIGURES 3.A. ET 3.B. PARCELLES DE CHICOREE ; COMPARAISON ENTRE UNE PARCELLE LABOUREE (A) ET UNE PARCELLE CONDUITE EN LABOUR SUPERFICIEL (B) - SITUATION EN BAS DE PENTE APRES UN ORAGE..... | 12 |
| FIGURE 4. LABOUR ET SILLONS SUIVANT LES COURBES DE NIVEAU | 14 |
| FIGURE 5. RUISSELLEMENT ET EROSION ONT ENDOMMAGE LES SILLONS LABOURES SUIVANT LES COURBES DE NIVEAU (PHOTO BOLLINE, 1971) | 14 |
| FIGURES 6.A. ET 6.B. PRINCIPE DU « STRIP TILL » | 16 |
| FIGURES 7.A. ET 7.B. MICROBILLONAGE (CULTURE SUR LE BILLON, SILLON AVEC RESIDUS)..... | 18 |

7. Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| TABLEAU 1. LIMITES DE LONGUEUR DE PENTE DE PARCELLE POUR LE LABOUR EN COURBES DE NIVEAU | 13 |
|---|----|

VII Fiche technique N°5 : **Les systèmes de retenue** **des eaux de ruissellement et des** **sédiments**

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| 1. DÉFINITION..... | 2 |
| 2. OBJECTIF | 2 |
| 3. ZONES À RISQUES CONCERNÉES..... | 2 |
| 4. DESCRIPTION ET PROCESSUS..... | 2 |
| 4.1. LES RETENUES SÈCHES ET LES MARES TAMPON | 4 |
| 4.2. LES « STRUCTURES DE CONTRÔLE DES EAUX ET DES SÉDIMENTS » (TYPE « WASCOB'S ») | 6 |
| 4.3. LES PRAIRIES INONDABLES (EXTRAIT NOTAMMENT DES FICHES TECHNIQUES DE LA CHAMBRE D'AGRICULTURE DE SEINE MARITIME, HAUTE NORMANDIE)..... | 9 |
| 4.4. LES CHAMPS D'ÉPANDAGE DES EAUX..... | 10 |
| 4.5. LES BASSINS D'INFILTRATION : | 10 |
| 4.6. LES BASSINS DE SÉDIMENTATION | 10 |
| 5. LIMITATIONS GÉNÉRALES | 10 |
| 6. DIMENSIONNEMENT | 10 |
| 7. INSTALLATION ET ENTRETIEN | 11 |
| 8. DOCUMENTATION | 12 |
| 9. LISTE DES FIGURES..... | 14 |

1. Définition

Les retenues considérées sont les structures de rétention temporaire d'eaux de ruissellement et /ou de sédimentation de débits solides.

2. Objectif

Ces retenues sont destinées à protéger l'aval contre les afflux **concentrés** d'eau et de boue issus d'un petit bassin versant ; pour certains systèmes de retenues, l'objectif est aussi de limiter la concentration des flux et le ravinement des terres.

3. Zones à risques concernées

En aval des retenues, sont concernées les zones à risque d'inondation par apport de ruissellement concentré et/ou de coulées de boue ; il peut s'agir aussi bien d'habitats que de voiries, ou un cours d'eau récepteur.

En amont, est concerné le petit à très petit bassin versant producteur de ruissellement concentré.

Il importe de rappeler que les voiries peuvent participer largement à la concentration des eaux de ruissellement en interceptent les flux , amplifiant ainsi parfois fortement le problème (ravinelements, concentration des eaux et des boues); un diagnostic du réseau des voies d'amenée d'eau hors cours d'eau est donc indispensable, (confer Points I et II).

4. Description et processus.

On peut distinguer les principaux types et systèmes suivants :

- les retenues d'eau (bassins de rétention, mares tampon, bassins d'orage,...) (exemple en Figure 1) installées pour stocker temporairement les eaux de ruissellement et effectuant un laminage de l'onde de ruissellement en la libérant en différé ; les bassins peuvent être creusés, non creusés, partiellement creusés
- les bassins d'infiltration, qui sont aménagements destinés à stocker l'eau pour l'infiltrer et l'évacuer dans le sol soit latéralement (écoulements hypodermiques), soit par percolation

- les systèmes de contrôle des eaux et des sédiments (« wascob's »)
- les plaines d'épandage des eaux (et des sédiments)
- les prairies inondables
- les bassins de sédimentation.

Ces structures sont à distinguer des retenues d'eaux destinées à écrêter les crues de cours d'eau par débordement ou détournement d'une partie des eaux, et situées au voisinage de ceux-ci.

Les systèmes de retenues d'eau de ruissellement peuvent être classés sur la base de leur localisation:

- *stockages "sur site"* : petits stockages construits au sein de parcelles individuelles, résidentielles, agricoles, commerciales ou industrielles
- *stockages collectifs* : construits dans des espaces publics pour des collectivités (par exemple les bassins d'orage en aval de municipalités)
- *stockages "régionaux"* : construits à l'exutoire d'un bassin versant, avant le rejet des eaux dans le cours d'eau récepteur

On peut encore faire la distinction suivante :

- *stockage "en ligne"* : les flux sont interceptés directement
- *stockage « en dérivation* : les flux sont interceptés par exemple via un déversoir latéral.

On ne considérera pas ici les bassins d'orage tels qu'installés en aval ou en dérivation de zones d'habitat dense ou de voiries importantes, et dimensionnés pour la reprise d' eaux de ruissellement de surfaces fortement imperméabilisées ; ces questions sortent du contexte des présentes notes techniques.

Les stockages « régionaux en ligne » sont situés en général en tête de petit cours d'eau ou en fin de vallée sèche de petits bassins versants, à l'amont de zones urbanisées à protéger contre les inondations par ruissellement concentré et coulées de boue ; dans ce cas, ils ne relèvent donc pas de mesures antiérosives mais ont une fonction de protection contre les inondations par ruissellement et permettent de réduire la dimension des structures d'évacuation des eaux en aval.

Les stockages « en ligne sur site » sont des structures de contrôle des eaux et sédiments, et relèvent donc de pratiques antiérosives (pour le ruissellement et

l'érosion concentrés) ; elles sont à installer suffisamment en amont dans le petit bassin versant.

4.1. Les retenues sèches et les mares tampon

Les retenues temporaires d'eaux de ruissellement peuvent être creusées ou non creusées; elles sont situées en fond de vallon sec, parfois sur flanc de vallon, mais toujours dans un axe d'écoulement (Figure 1, extrait des Documents des Chambres d'Agriculture de Seine Maritime, de l'Eure, et de l'ARFAS).

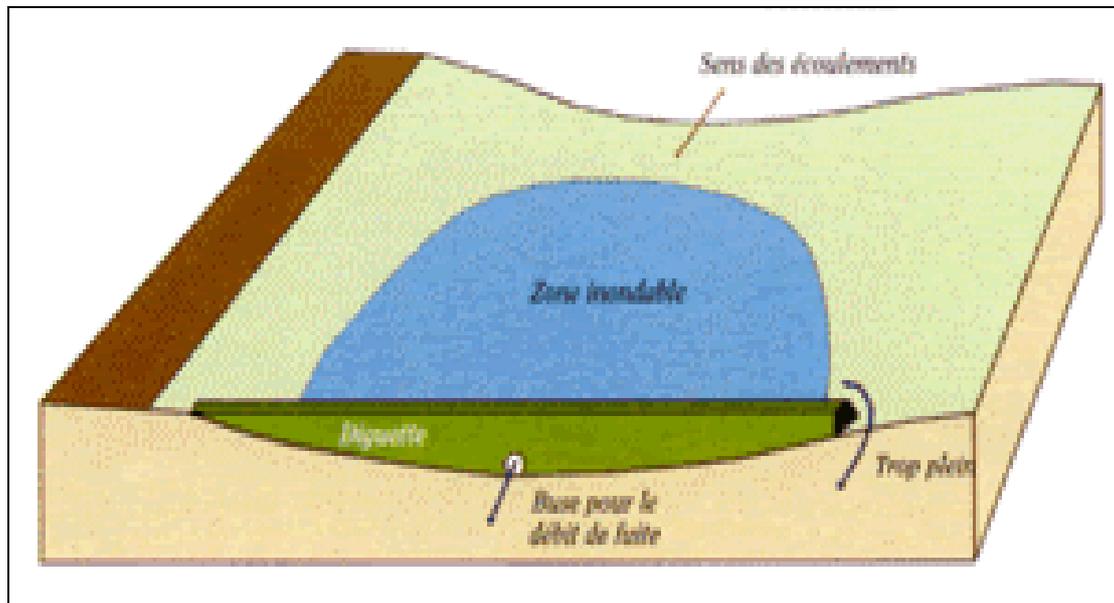


Figure 1. Schéma de retenue non creusée (Schéma Chambre d'agriculture Seine maritime, Eure et ARFAS).

Non creusées, si les conditions s'y prêtent, elles peuvent être délimitées - par exemple - par une digue en terre mise en végétation (exemple en Figure 2 : projet « Gembloux » , Xanthoulis D., 2002), avec structure pour le débit de fuite et surverse pour circonstances exceptionnelles (Figure 3) , éventuellement infiltration dans le sol pour drainage latéral ou pour percolation en profondeur pour autant que le sol et le sous-sol le permettent ; dans certains cas il pourra être nécessaire d'imperméabiliser le fond.

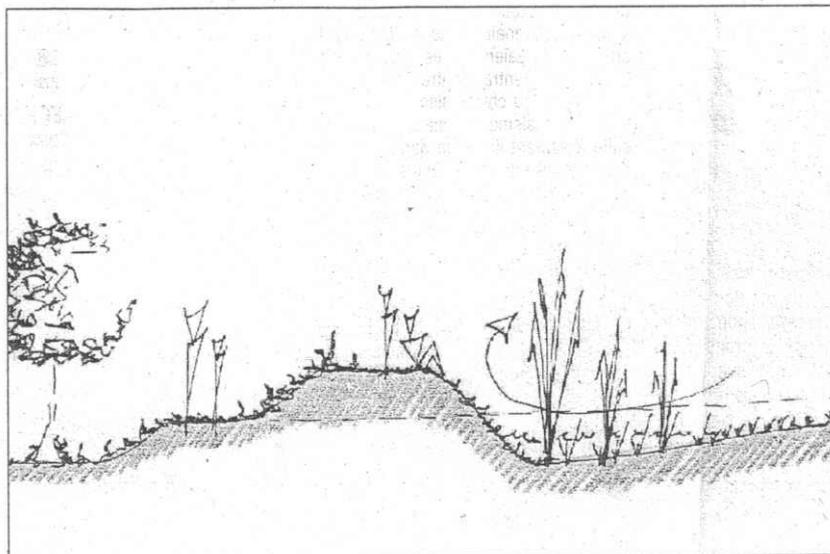


Figure 2. Schéma du profil en travers de l'endiguement enherbé de la retenue « projet Gembloux » (D. Xanthoulis, Fusagx, 2002) (structure pour débit de fuite non représentée)

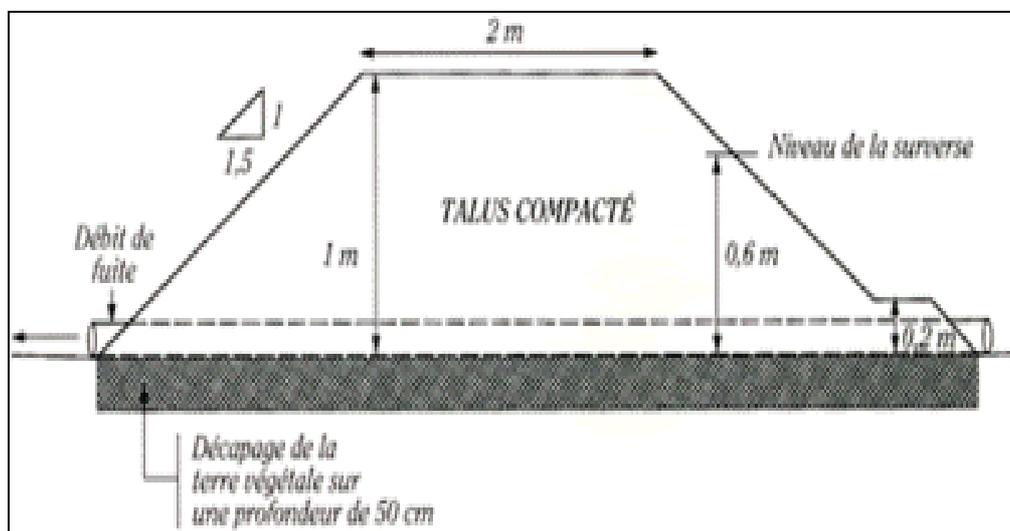


Figure 3. Schéma de digue pour retenues non creusées (Schéma Chambre d'agriculture Seine maritime, Eure et ARFAS).

Elles peuvent comprendre une zone toujours en eau (mare permanente)
 (Figure 4, in « Chambres d'Agriculture de Seine Maritime, de l'Eure, et de

l'ARFAS »), moyennant notamment des conditions spécifiques de dimensionnement et de sécurité.

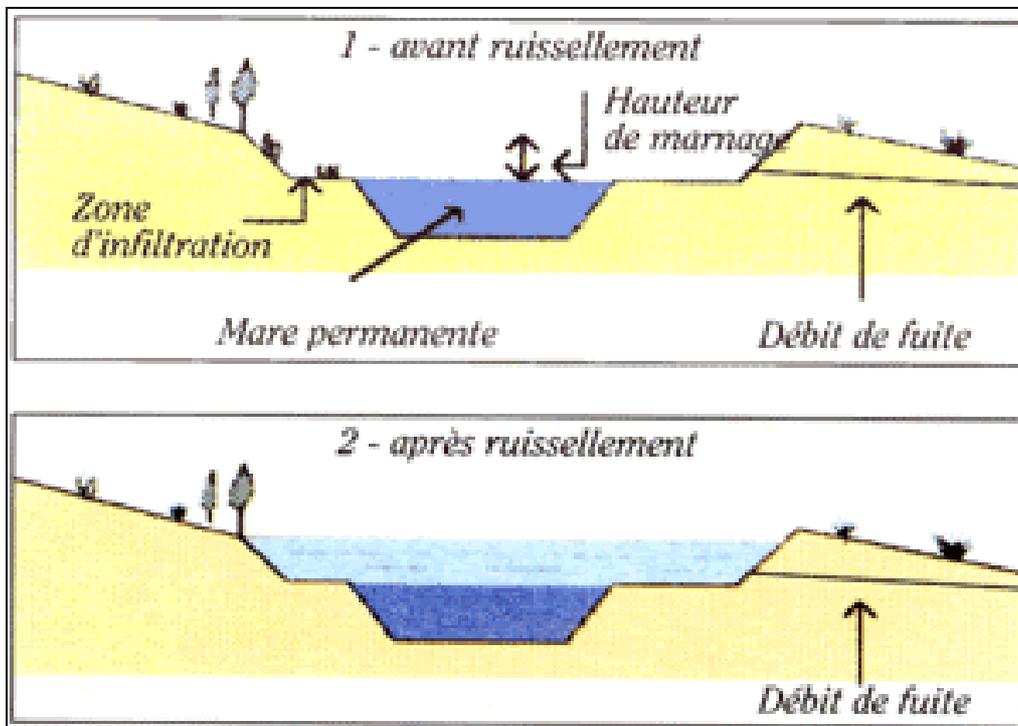


Figure 4. Mare - tampon (Schéma Chambre d'agriculture Seine maritime, Eure et ARFAS).

4.2. Les « structures de contrôle des eaux et des sédiments » (type « Wascob's »)

Les « systèmes de contrôle des eaux et des sédiments » (**Wascob's : Water and Sedimentation Control Basins**) sont des éléments de banquette, talus, bermes ou simples bourrelets, barrant un petit talweg, installés et aménagés pour favoriser la sédimentation et/ou la rétention d'eau ; un tuyau perforé, un drain de subsurface, ou un chenal d'écoulement peut être utilisé pour évacuer lentement les eaux retenues.

Ces structures permettent de prévenir le ravinement et autres effets du ruissellement concentré et ne sont pas adaptées pour prévenir l'érosion diffuse des terres ; leur rôle de décantation limite le transfert de boue vers l'aval. Comme structures installées sur site agricole en particulier, elles relèvent, à ce titre, des aménagements antiérosifs proprement dits, contrairement aux bassins de retenue définis ci-dessus.

La pratique est adaptée à des situations remplissant les conditions suivantes :

1. topographie irrégulière
2. Sol et sous-sol adaptés

3. ruissellement concentré et/ou érosion par ravinement significatifs
4. érosion diffuse contrôlée par d'autres mesures de conservation des eaux et des sols (confer Points ad hoc)
5. possibilités adéquates d'évacuation des eaux (chenal, drain, infiltration latérale ou profonde)

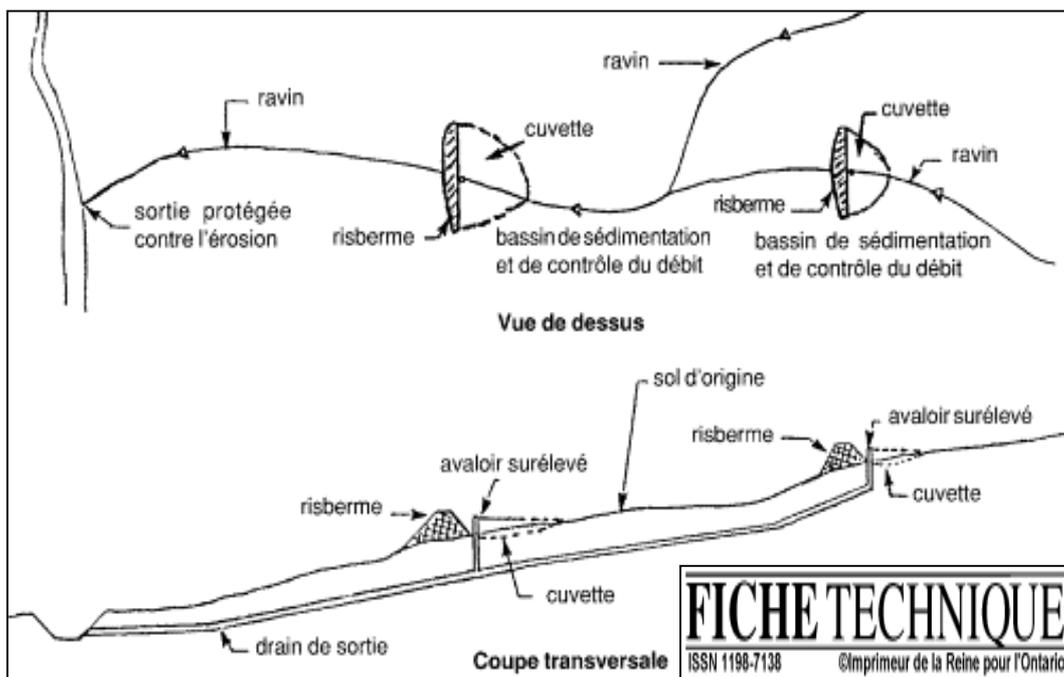


Figure 5. Systèmes de bassins de contrôle des eaux et sédiments : vue en plan et profil en long

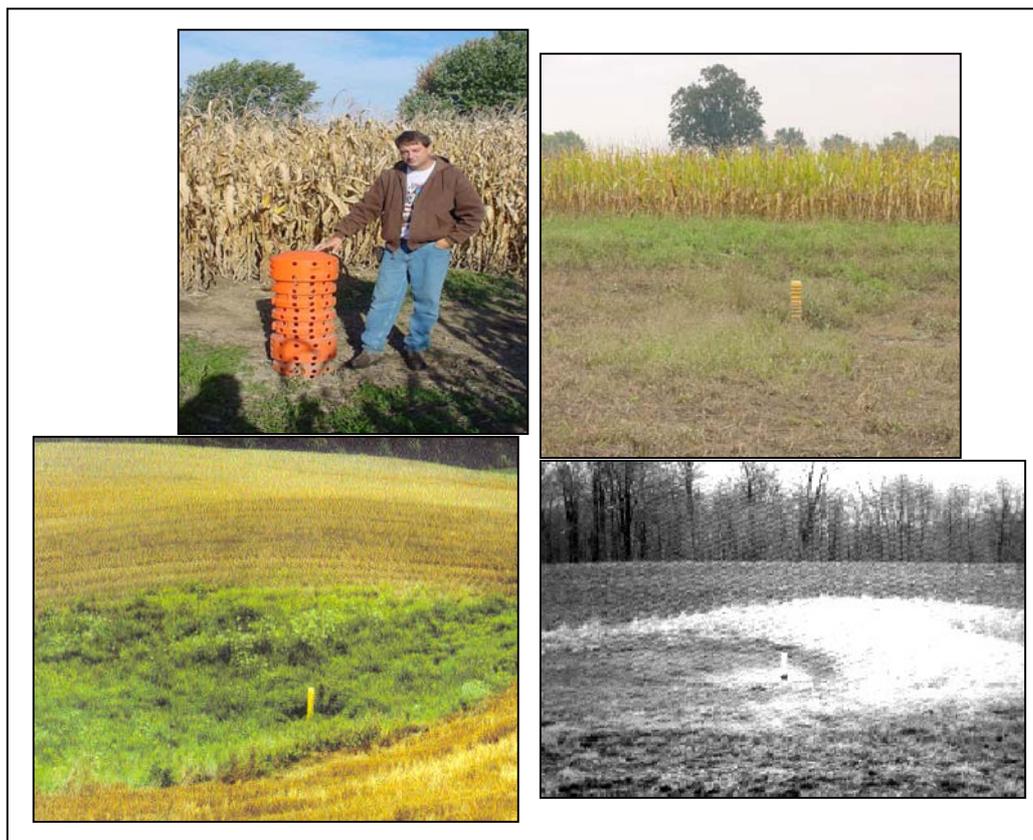


Figure 6. Systèmes de contrôle des eaux et sédiments (différents aménagements)



Figure 7. Vue aval d'un bassin de contrôle des eaux et sédiments



Figure 8. Bourrelet installés en fonction de la topographie locale

4.3. Les prairies inondables (extrait notamment des Fiches techniques de la Chambre d'Agriculture de Seine Maritime, Haute Normandie)

Les prairies inondables sont des aménagements hydrauliques dimensionnés et conçus comme zones d'épandage et de passage d'eau, en vue de réguler les débits apportés par ruissellement (notamment) en stockant un volume d'eau sur une faible épaisseur ; elles sont à situer dans un fond de vallon (par exemple zone plus ou moins humide) barré par talus mis en végétation, par une diguette en terre ou par une voirie, et doivent prévoir comme les autres ouvrages, un système de vidange pour le débit de fuite (buse,...) et une sécurité auxiliaire (trop plein latéral par exemple).

Les prairies inondables sont situées en aval de petits bassins versants au maximum de 100 ha. ; elles sont constituées d'une grande surface d'herbe, 1 à 5 ha, et l'herbe doit être exploitée soit par pâturage (*danger d'afflux d'eau cependant, en période d'orage important*) soit par ensilage.

Comme les autres types de retenue, ces ouvrages doivent être conçus et réalisés avec l'aide de spécialistes.

Elles peuvent également contribuer au dépôt des sédiments.

4.4. Les champs d'épandage des eaux

Ce sont des zones inondables à la fois par débordement de cours d'eau et par ruissellement, car situées à leur confluence cours d'eau - axes d'écoulement de ruissellement concentré (vallées sèches).

Moyennant un aménagement approprié tenant de ces deux types d'apport, ce sont des zones inondables souvent à maintenir de façon privilégiée.

4.5. Les bassins d'infiltration :

Les principes sont voisins de ceux des bassins de retenue en surface, à ceci près que la vidange du bassin s'effectue vers le sol et non vers un exutoire de surface. (Envirhonalpes, 1994); L'efficacité d'un bassin d'infiltration dépend de la perméabilité des couches de sol sous-jacentes ; ils ne conviennent en outre évidemment pas en présence d'une nappe superficielle.

4.6. Les bassins de sédimentation

Les bassins de sédimentation sont des bassins aménagés et dimensionnés pour de stockage des sédiments apportés par les flux de ruissellement.

5. Limitations générales

Les règles de dimensionnement et de sécurité utilisées en matière d'aménagement de Génie Rural restent de rigueur et sont fonction :

- de l'importance de l'ouvrage
- de la vulnérabilité aval.

Plus un ouvrage est important et plus la vulnérabilité aval est élevée, plus les exigences de sécurité vis-à-vis de la rupture de l'ouvrage, du dépassement de ses capacités et de sa durée de vie attendue seront élevées et entraîneront des coûts d'aménagement et d'entretien élevés, et plus la période de retour (généralement exprimée en années) des données de projet (pluies, débits, volumes) devra être choisie élevée.

6. Dimensionnement

Les systèmes de retenue, quels qu'ils soient, doivent avoir un volume utile, c'est-à-dire un volume ne contenant pas d'eau hors des périodes pluvieuses,

déterminé en fonction de données de projet adéquates ; ils comprennent, suivant les cas, des structures telles que digues en terre (engazonnées par exemple) ou autres, ouvrages pour le débit de fuite, sécurités auxiliaires notamment pour le dépassement du volume de projet, etc.; ils devront comprendre souvent une « tranche morte », susceptible d'être progressivement remplie par sédimentation.

La période de retour des données de projet (volume, débit) relève d'un choix socio-économique ; rappelons que les données de projet sont, par définition, appelées à être dépassées un jour ou l'autre, d'où l'importance des structures de sécurité principales et auxiliaires.

Toutes les questions relatives aux études et portant notamment sur le choix du site (topographie, sol, sous-sol, vulnérabilité aval,...), l'hydrologie, l'hydraulique, la stabilité des digues ou talus, le revêtement enherbé ou autre, etc., sont largement détaillées dans nombre de Traités techniques relatifs aux petits et moyens ouvrages de retenue en milieu rural.

En ce qui concerne les bassins de contrôle des eaux et des sédiments en particulier, il est recommandé dans les Traités techniques de les limiter à un volume de 3000 m³ et à 2.0 m de hauteur d'eau au maximum ; il est aussi fait état de limitation relative à la superficie de bassin versant afférents, comprise entre un maximum de 4 à 20 hectares, suivant les régions.

Ces « bassin-talus » de faible dénivelée peuvent être soit à large base, et alors être cultivés, soit à base étroite ; dans ce dernier cas, ils sont enherbés et non cultivés, mais doivent rester peu gênants pour les travaux agricoles (CEMAGREF 1987). Les talus et digues sont à installer de façon approximativement perpendiculaires à la pente du terrain et doivent respecter des règles de stabilité et de mise en végétation; le calcul et l'aménagement des bassins doit se conformer aux les règles habituelles de sécurité et de normes de projet relatives aux petits bassins versant ruraux (confer méthode SCS).

7. Installation et entretien

Les ouvrages doivent être dimensionnés afin d'être opérationnels pour la durée de vie ou pour la récurrence des entretiens pour laquelle ils ont été prévus ; en particulier, le volume de la « tranche morte » de sédimentation devra être restauré dans les délais, et aucune modification de la topographie locale ne devra être effectuée qui compromette les arrivées d'eau. (dépôts des boues, etc...).

8. Références bibliographiques

Bergue J.M. et Ruperd Y., Guide technique des bassins de retenue d'eaux pluviales, Service Technique de l'Urbanisme ; Technique et Documentation - Lavoisier Ed., 1994, 275 pages.

Bergue J.M. et Ruperd Y., Storm water retention basins, A.A. Balkema Ed., 2000, 229 pages.

Bourrier R., Les réseaux d'assainissement, Techniques et Documentation, Fr, 1997, 661 pages.

CEMAGREF, Dimensionnement d'un bassin de décantation pour petits bassins versants, Note du 14/11/85, 52 pages.

CEMAGREF, Petits barrages : informations techniques, N° Hors série, Octobre 1992.

Chambres d'Agriculture de Seine Maritime, de l'Eure, et de l'ARFAS (Association Régionale pour l'Etude et l'Amélioration des Sols, Haute-Normandie), Documentation technique, Erosion, inondation, turbidité, 1998.

Gril J.J. et Duvoux B., Maîtrise du ruissellement et de l'érosion, conditions d'adaptation des méthodes américaines, CEMAGREF, Anthony, France, 1991, 157 pages.

Natural Resources Conservation Service Conservation Practice Standard (NRCS), Sediment Basin, Code 350, NHFOTG, 3 pages, Aug. 2002.

Natural Resources Conservation Service Conservation Practice Standard (NRCS), Field Office Technical, Water and Sediment Control Basin, Code 638, Indiana; December 2001.

Natural Resources Conservation Service Conservation Practice Standard (NRCS), WATER AND SEDIMENT CONTROL BASIN, CODE 638, Guide Section IV, Mississippi, January 2000.

Nef L., Verniers G., Rouxhet S., Aménagement et fonctionnement des bassins d'orage, GIREA, Les Cahiers du MET, N°2, Mars 1993, 28 pages.

STU, Guide technique des bassins de retenue d'eaux pluviales, Techniques et Documentation, FR, 1994, 275 pages.

Stone R.P., Bassins de sédimentation et de contrôle du débit, Services du génie agricole, MAAO., Agriculture et affaires rurales, Gouvernement de l'Ontario, 1997

Stone R.P. and Hilborn D., La maîtrise de l'érosion à l'aide de bermes en terres, Fiche Technique, Min. de l'Agriculture et de l'Alimentation, Division Agriculture et Affaires Rurales, Ontario, 1995.

Wood A.D., Richardson E.V., Design of small water storage and erosion control dams, colorado State University, June 1975, 77 pages.

Supports électroniques :

Min. de l'Agriculture, des pêches et de l'aquaculture. Bassins de sédimentation et de rétention des eaux **[en ligne]** Disponible sur : <<http://www.gnb.ca/afa-apa/20/05/2005041f.htm>> (consulté le ?)

Bussière M., La lutte contre le ruissellement et l'érosion des sols **[en ligne]** Disponible sur : <<http://www.u-picardie.fr/~beaucham/duée/bussière/bussière.htm>> (consulté le ?)

9. Liste des figures

| | |
|---|---|
| FIGURE 1. SCHÉMA DE RETENUE NON CREUSÉE (SCHÉMA CHAMBRE D'AGRICULTURE SEINE MARITIME, EURE ET ARFAS). | 4 |
| FIGURE 2. SCHÉMA DU PROFIL EN TRAVERS DE L'ENDIGUEMENT ENHERBÉ DE LA RETENUE « PROJET GEMBLoux » (D. XANTHOULIS, FUSAGX, 2002) (STRUCTURE POUR DÉBIT DE FUI TE NON REPRÉSENTÉE) | 5 |
| FIGURE 3. SCHÉMA DE DIGUE POUR RETENUES NON CREUSÉES (SCHÉMA CHAMBRE D'AGRICULTURE SEINE MARITIME, EURE ET ARFAS). | 5 |
| FIGURE 4. MARE - TAMPON (SCHÉMA CHAMBRE D'AGRICULTURE SEINE MARITIME, EURE ET ARFAS). | 6 |
| FIGURE 5. SYSTEMES DE BASINS DE CONTROLE DES EAUX ET SEDIMENTS : VUE EN PLAN ET PROFIL EN LONG | 7 |
| FIGURE 6. SYSTÈMES DE CONTRÔLE DES EAUX ET SÉDIMENTS (DIFFÉRENTS AMÉNAGEMENTS)... | 8 |
| FIGURE 7. VUE AVAL D'UN BASSIN DE CONTRÔLE DES EAUX ET SÉDIMENTS | 8 |
| FIGURE 8. BOURRELET INSTALLÉS EN FONCTION DE LA TOPOGRAPHIE LOCALE | 9 |

