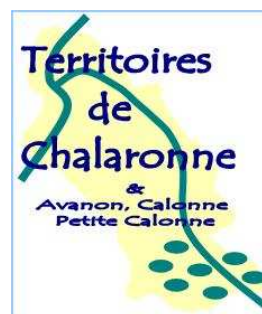


MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

Montpellier  
**SupAgro**



## **MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES**

**présenté pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome**

**Spécialisation : Gestion de l'eau, des milieux cultivés et de l'environnement**

**Caractérisation de l'érosion et du ruissellement des territoires aval de la Chalaronne. Propositions de mesures de gestion.**

par

**Jennifer DRUAIS**

**Année de soutenance : 2009**

**Organisme d'accueil : Syndicat des Rivières des Territoires de Chalaronne**



## MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

présenté pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur Agronome

Spécialisation : Gestion de l'eau, des milieux cultivés et de l'environnement



**Caractérisation de l'érosion et du ruissellement  
des territoires aval de la Chalaronne. Propositions  
de mesures de gestion.**

par

**Jennifer Druais**

Mémoire préparé sous la direction de :

**Stéphane FOLLAIN**

Présenté le : 16/10/2009

devant le Jury :

- François COLIN
- Olivier PLANCHON
- Nicolas DEVAUX

Organisme d'accueil :

Syndicat des Rivières des Territoires de  
Chalaronne.

Maître de Stage :

Yannick BOISSIEUX

Alice PROST



## **Remerciements**

Je remercie tout particulièrement l'équipe du Syndicat des Rivières des Territoires de Chalaronne :

Alice Prost, pour ces précieux conseils, ses connaissances des collectivités territoriales et sur la gestion des milieux naturels et des territoires, et son enthousiasme,

Yannick Boissieux, pour son aide et ses questionnements intéressants tout au long de mon stage, aussi bien sur les problématiques agricoles, que sur la logique de mon raisonnement,

Maxime Beaujouan et Véronique Gelin, pour leur soutien et les discussions autour du café.

Je tiens à remercier également mon tuteur école, Stéphane Follain, pour ses conseils, notamment au cours de la mise en place de ma méthodologie.

Enfin, je remercie vivement l'ensemble des personnes présentes lors des réunions communales pour avoir participé de manière active aux recensements des fossés et dysfonctionnement hydrologique du territoire.

## Résumé

Suite à la dégradation de la qualité de l'eau observée sur les territoires de la Chalaronne et aux inondations de l'hiver 2008-2009, cette étude s'intéresse aux problématiques d'érosion et de ruissellement constatés sur l'aval du périmètre du Syndicat des Rivières des Territoires de Chalaronne. Cette étude propose une réflexion en deux temps. Tout d'abord, un diagnostic est réalisé afin de déterminer les régions les plus sensibles à ces deux problématiques. Ensuite, des mesures de gestion sont proposées en fonction des résultats de ce diagnostic.

Le diagnostic hiérarchise les sous-bassins versants selon leur sensibilité à l'érosion et leur contribution relative aux volumes d'eau observés à l'exutoire. Cette classification prend en compte plusieurs paramètres tels que l'occupation du sol, la topographie ou encore les types de sols. Le diagnostic conclut que le territoire de l'étude est particulièrement sensible à l'érosion des sols et que les sous-bassins versants ne contribuent pas tous de la même manière aux écoulements générateurs de crues. Les cartes produites servent donc d'aide à la décision pour orienter les bonnes solutions sur les zones prioritaires, notamment sur des bassins versants urbanisés sur l'aval ou présentant une zone de versant (cotières).

Des mesures de lutte sont proposées à l'issue du diagnostic, et leur faisabilité technico-économique en fonction du contexte local est discutée. Ces actions concernent l'ensemble des acteurs du territoire (agriculteurs, collectivités,...) de l'échelle parcellaire à celle du bassin versant.

### Mots-clés :

Erosion des sols, ruissellement, bassin versant, mesure de gestion, eaux pluviales

# **Sommaire**

I.	Bibliographie et contexte .....	2
1.1	Bibliographie .....	2
1.1.1	Le ruissellement .....	2
1.1.2	L'érosion des terres agricoles.....	4
1.1.3	Analyse des phénomènes de l'échelle parcellaire à celle du bassin versant. ....	6
1.2	Contexte .....	7
1.3	Problématique.....	11
II.	Matériels et Méthodes .....	12
2.1	Cartographie des fossés et de leurs bassins d'alimentation.....	12
2.2	Mise en place de deux indicateurs permettant de mieux comprendre les enjeux érosion et ruissellement à l'échelle des bassins versants .....	13
2.2.1	Les données utilisées .....	14
2.2.2	Les méthodes utilisées.....	14
2.3	Mise en place d'une typologie de bassin versant dégageant des panels de mesures de gestion. ....	21
III.	Résultats et discussion.....	22
3.1	Vers une typologie des sous-bassins versants .....	22
3.1.1	Cartographie des fossés et de leurs bassins versants.....	22
3.1.2	Caractérisation des bassins versants.....	23
3.1.3	Typologie de bassin versant associant des panels de mesures de gestion aux risques érosion/ruissellement/vitesses des écoulements. ....	30
3.2	Propositions de mesures de gestion.....	32
3.2.1	Technique de lutte contre l'érosion et le ruissellement.....	32
3.2.2	Exemple d'application locale en fonction des enjeux identifiés.....	42
3.3	Analyse critique.....	45
3.3.1	Validation et limites des résultats cartographiques .....	45
3.3.2	Les limites des mesures de gestion préconisées.....	46
	Conclusion et Perspectives.....	47
	Glossaire.....	50

## Tables de Figures et des Tableaux

### **Figures**

Figure 1 : Schéma et processus simplifié des écoulements .....	2
Figure 2 : Influence de la rugosité du sol sur le ruissellement.....	3
Figure 3 : Influence de l'état hydrique du sol et rôle de la couverture dans la réduction de la quantité de ruissellement .....	4
Figure 4 : naissance d'une croûte de battance.....	5
Figure 5 : Croûte de battance .....	5
Figure 6 : dépôt de terres fines.....	5
Figure 7 : Illustration de l'hétérogénéité des processus de ruissellement et d'érosion dans un même bassin versant .....	7
Figure 8 : Périmètres et communes du SRTC et de la zone d'étude.....	8
Figure 9 : Principales formations géologiques affleurantes en fonction de leurs positions dans le relief .....	9
Figure 10 : Evolution des productions végétales entre 1988 et 2000 sur la zone d'étude .....	10
Figure 11 : Précipitations moyennes mensuelles sur 30 ans .....	10
Figure 12 : Photographies prises lors d'évènements pluvieux .....	11
Figure 13 : Etapes à réaliser dans l'étude.....	12
Figure 14 : Schéma « enjeux/paramètres explicatifs ».....	13
Figure 15 : Schématisation des étapes du modèle de l'aléa érosion .....	15
Figure 16 : Ordre d'entrée des paramètres explicatifs dans le modèle Aléa érosion..	16
Figure 17 : Modèle arborescent pour le calcul de la sensibilité potentielle des terrains à l'érosion.....	17
Figure 18 : cheminement pour le calcul de l'indicateur "volume ruisselé" .....	18
Figure 19 : Typologie primaire .....	19
Figure 20 : Construction de la typologie primaire .....	20
Figure 21 : Arbre type utilisé pour le croisement des indicateurs, dans le but d'associer des mesures de gestions aux différents types de bassins versants .....	21
Figure 22 : Carte des fossés recensés lors des enquêtes communales.....	22
Figure 23 : Carte des bassins versants représentés en fonction de leurs cours d'eau exutoire.....	23
Figure 24 : Carte pédologique de la zone d'étude.....	24
Figure 25 : Carte de des bassins versants représentés selon la valeur de leur indicateur "sensibilité potentielle à l'érosion" .....	25
Figure 26 : Carte de des bassins versants représentés selon la valeur de leur indicateur "volume ruisselé" .....	26
Figure 27 : Carte de la morphologie générale de la zone d'étude .....	27
Figure 28 : Carte des bassins versants répartis selon la typologie basée sur la morphologie du relief.....	28
Figure 29 : Zones à caractère « urbain » important.....	29
Figure 30 : Code mesure des bassins versants de la zone d'étude.....	31
Figure 31 : Principe du modelé des parcelles cultivées .....	34
Figure 32 : Photographie de rigoles dans des champs cultivés.....	34
Figure 33 : illustration bandes enherbées et fascines .....	35
Figure 34 : exemple de positionnement et de combinaison de différents aménagements d'hydraulique douce .....	37
Figure 35 : schéma de principes du revêtement poreux et de du stockage temporaire dans les noues et fossés .....	41
Figure 36 : Exemple de gestion d'un bassin versant de type "RU-ER-P" .....	43



***Tableaux***

Tableau 1 : Coefficients de ruissellement selon le type d'occupation du sol .....	18
Tableau 2 : Estimation des coûts et dispositifs de financement.....	38

## **Introduction**

Parti d'une forte volonté locale d'agir pour l'amélioration de la qualité des ressources naturelles et la préservation des milieux, le contrat de rivière « Territoires de Chalaronne », signé le 8 février 2008, est un outil de gestion du territoire face aux problématiques environnementales et humaines. Lors des études préalables au contrat, plusieurs enjeux forts ont été pointés et des actions ont été programmées sur la durée du contrat (2008-2015). Parmi ces enjeux, l'amélioration de la qualité de l'eau est un des plus importants.

La diminution de la qualité des eaux superficielles, observée notamment dans la Chalaronne, est en partie due à la présence d'importantes quantités de particules en suspension issue de l'érosion des sols (appelées localement les « fines »). En colmatant le fond des lits des rivières, elles contribuent également à banaliser le milieu et limiter la diversité de la faune aquatique. Par ailleurs, elles comblent progressivement les ouvrages aménagés sur les cours d'eau principaux, ce qui engendre des coûts d'entretien importants.

De plus, les évolutions des surfaces agricoles et urbaines des quarante dernières années ont fortement modifié les paysages des territoires de Chalaronne. On peut notamment citer l'homogénéisation de l'occupation du sol (grandes cultures), la disparition partielle d'éléments structurants du paysage (fossés, haies, talus), ou encore le développement des zones urbaines et périurbaines. Aujourd'hui, l'impact de ces évolutions se manifeste notamment par la présence de ravines dans les parcelles, de dépôts de sédiments sur les voiries et de ruissellements superficiels plus importants.

Ces différents constats ont poussé le Syndicat des Rivières des Territoires de Chalaronne (SRTC), porteur du contrat de rivière, à mettre en place une fiche action spécifique : « Actions de maîtrise des pollutions diffuses et ponctuelles par les produits phytosanitaires et de lutte contre le départ des fines ». La présence des étangs de la Dombes sur l'amont du territoire, et le relargage important des sédiments fins lors de leur vidange, a conduit le SRTC à encadrer plusieurs études en lien avec cette thématique sur ce secteur (état des fossés, pollutions diffuses). D'autre part, de récents événements pluvieux particulièrement intenses et rares ont soulevé des problèmes de gestion des ruissellements agricoles et urbains. Les observations de terrain ont montré que la discontinuité des paysages entre la Dombes et la Saône, formée de côtières et de cours d'eau incisant les plateaux, génère des figures d'érosion et des problèmes de ruissellement spécifiques aux territoires aval. Le SRTC a donc choisi de lancer une étude ciblée sur l'aval, afin de mieux comprendre les processus de formation de ces phénomènes et de proposer des moyens de lutte appropriés.

La première partie de cette étude présentera tout d'abord un aperçu bibliographique sur les processus de genèse du ruissellement et de l'érosion des sols, ainsi que les éléments du contexte qui ont amené à prendre en compte ces phénomènes à l'échelle locale.

La deuxième partie expliquera les méthodes utilisées dans l'élaboration d'un « diagnostic érosion-ruissellement » des territoires aval de la Chalaronne.

La troisième partie proposera tout d'abord les résultats du diagnostic, en termes de vulnérabilité des milieux face à l'érosion et au ruissellement. Ensuite les moyens de lutte et leurs possibilités d'application face aux enjeux identifiés seront discutés. Cette dernière partie comprendra également une analyse critique du travail réalisé.

# I. Bibliographie et contexte

## 1.1 Bibliographie

### 1.1.1 Le ruissellement

Le ruissellement correspond à l'écoulement par gravité de l'eau à la surface du sol suite à des précipitations (Le Bissonnais et *al.*, 2002). Deux principaux types de ruissellement ont été observés (Ambroise, 1999) : le ruissellement hortonien, qui correspond au dépassement de la capacité d'infiltration, et le ruissellement sur surface saturée, observé lorsque les sols sont déjà saturés en eau avant l'apport d'eau des précipitations. Le premier type sera d'autant plus présent dans les cas où la surface du sol est fermée, notamment sur les sols battants (explication plus détaillée par la suite, cf § 1.1.2). Le second, fortement influencé par le cumul des précipitations, se retrouve en bordure de cours d'eau, et sur les sols hydromorphes. D'après Ambroise (2004), ce deuxième type de ruissellement joue un rôle non négligeable dans la génération des crues. Ces processus élémentaires coexistent à l'échelle de la parcelle agricole, ainsi qu'à l'échelle du bassin versant.

Une fois formé, l'excès d'eau ruisselle de manière diffuse, (on peut parler de lame d'eau) ou de manière concentrée, selon la structure du paysage (fossés, talweg, talus, sillons de passages d'engins agricoles ...). C'est notamment à la suite d'une telle concentration des écoulements superficiels que le creusement de ravines et autres figures d'érosion des sols sont constatés (cf § 1.1.2). La Figure 1 schématise les différentes étapes de la formation du ruissellement.

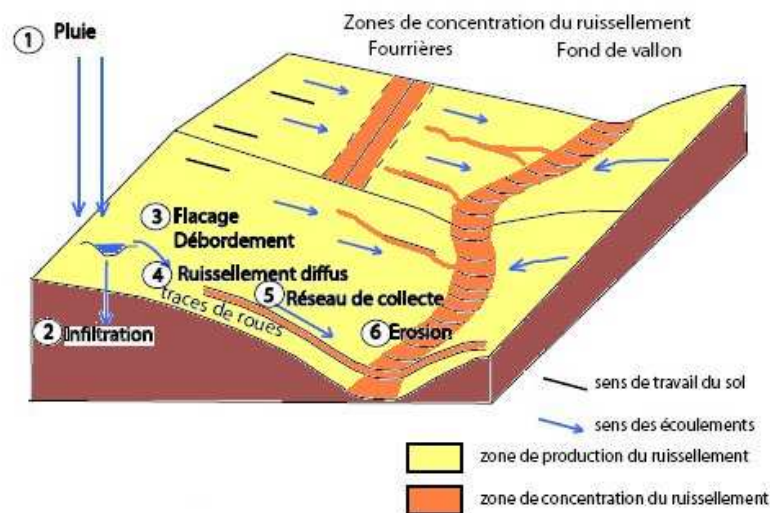


Figure 1 : Schéma et processus simplifiés des écoulements (d'après Bussière, 1996)

Il existe plusieurs facteurs connus responsables de la genèse du ruissellement (Ambroise, 1998) :

- Les caractéristiques climatiques, notamment les hauteurs des précipitations et leurs intensités.

Les pluies engendrant du ruissellement peuvent être soit des pluies d'intensité faible mais de longue durée, soit des pluies de forte intensité plus ou moins longues.

- Les propriétés hydrodynamiques des milieux et interfaces traversés, telles que la densité du couvert végétal (occupation du sol), certaines caractéristiques du sol (conductivité hydrique, granulométrie, ...), ou encore la rugosité de surface.

La rugosité de surface dépend notamment du travail du sol. La Figure 2 permet d'observer que sous une même pluie, une parcelle motteuse (mottes supérieures à 3 cm de diamètre sur l'inter-rang) génère plus de 25% de ruissellement en moins.

La comparaison de différents états de surfaces (motteux, affiné, imperméable,...) se fait par le calcul d'un coefficient de ruissellement pour chacun d'entre eux. Ce dernier se définit comme étant le rapport entre le volume d'eau précipitée et le volume d'eau ruisselée. Sa valeur dépend donc de la rugosité de surface des terrains ou encore plus généralement de l'occupation du sol. Tandis que sur une prairie le coefficient de ruissellement sera autour de 0,1, celui d'une parcelle urbanisée sera proche de 1.

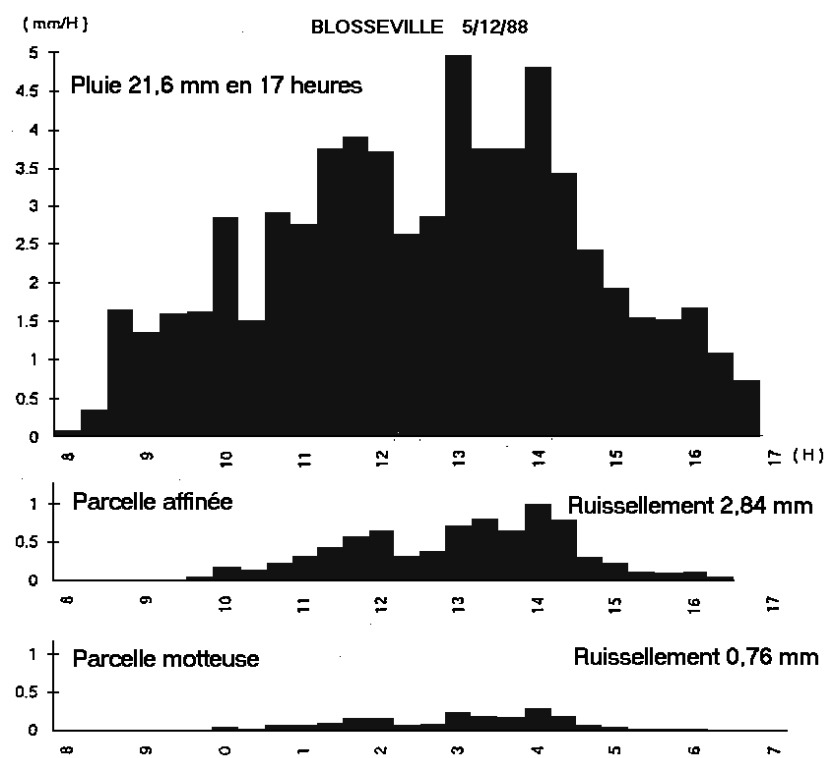
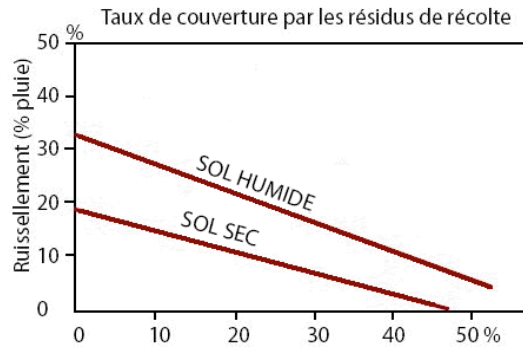


Figure 2 : Influence de la rugosité du sol sur le ruissellement (étude INRA, Bussière, 1996)

- Les conditions hydriques et hydrologiques initiales (épisodes pluvieux ou évaporants précédents).

La Figure 3 montre les effets d'un sol humide par rapport à un sol sec sur la genèse du ruissellement, en fonction également du taux de couverture du sol (plus ce taux est important, plus la rugosité de surface est importante). Les sols humides, déjà en partie gorgés d'eau, arriveront plus vite à saturation, ce qui génèrera un ruissellement plus important sous une même pluie, que sur un sol sec.



**Figure 3 : Influence de l'état hydrique du sol et rôle de la couverture dans la réduction de la quantité de ruissellement (d'après une étude INRA<sup>1</sup>).**

- La topographie et la morphométrie 3D du bassin considéré (pentes, réseaux de collecteurs, microtopographie).

D'après Laubier *et al.* (2001) et Aurousseau *et al.* (1996), les seuils de pente souvent retenus concernant la thématique du ruissellement sont : les pentes de 0 à 2% (pas de ruissellement de surface strict), les pentes de 3 à 5% (un ruissellement peut se produire, selon les caractéristiques des sols ou dans les cas d'intensités de pluies importantes) et enfin les pentes supérieures à 5% (ruissellement sous n'importe quelle pluie).

### 1.1.2 L'érosion des terres agricoles

L'érosion désigne le processus de détachement et de transport de particules solides (Le Bissonnais *et al.*, 2002). On distingue l'érosion éolienne (détérioration par le vent) et l'érosion hydrique (détérioration par l'eau). C'est ce deuxième type d'érosion qui sera traité dans cette étude.

Les processus d'érosion se mettent en place à la suite d'une réorganisation de la structure du sol sous l'effet de la pluie (on parle d'« effet splash »), ce qui a pour conséquence d'éclater les mottes de sols et de rendre les particules les plus fines mobilisables. En contexte de sols limoneux, on peut aller vers une fermeture progressive du sol (Le Bissonnais *et al.*, 1996), consécutive à la destruction de la structure superficielle et d'une sédimentation des particules de sol. Une croûte de battance se forme alors et s'oppose à l'infiltration (schéma Figure 4 et photographie Figure 5). Dans de telles conditions, un ruissellement diffus (lame d'eau) se forme et transporte les particules de terres les plus fines. C'est ainsi qu'on peut observer des zones de dépôts dans les bas de parcelles, là où l'eau stagne et s'infiltré (Figure 6, photographie de droite). En l'absence d'incision des surfaces (rigoles, ravines), on parle d'érosion diffuse. Ce type d'érosion peut notamment être responsable de pertes en sédiments fins importantes sur les plateaux (D.Geissert, 1979,1981).

Lorsque le ruissellement s'est concentré (cf. §1.1.1), la force des écoulements va arracher les particules de sols et former les rigoles puis les ravines (Le Villio *et al.*, 2001), et ce d'autant plus que la topographie est accentuée. On parle dans ce cas d'érosion linéaire (Figure 6).

<sup>1</sup> Institut National de la Recherche Agronomique

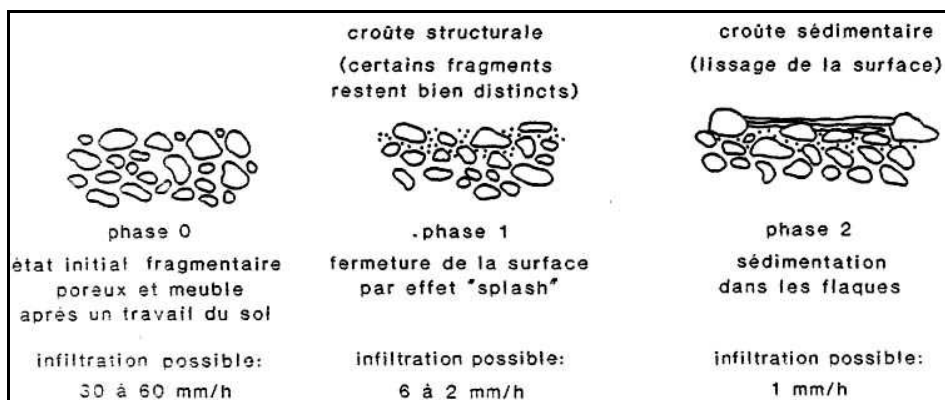


Figure 4 : naissance d'une croûte de battance (croûte sédimentaire), (Boiffin, 1984)



Figure 5 : Croûte de battance (Culture de blé, Saint Etienne sur Chalaronne, Avril 2009)



Figure 6 : dépôt de terres fines (à gauche, Baneins Avril 2009), Fossé raviné (à droite, Abergement Clémentiat, Avril 2009)

De la même manière que pour la genèse du ruissellement, plusieurs critères ont été identifiés comme responsables de l'érosion des sols :

- La texture des horizons de surface des sols : les sols de texture limoneuse et à teneur en argile inférieure à 15%<sup>2</sup> présentent des risques d'érosion diffuse (Robert 1996), et sont particulièrement sensibles à la battance, ce qui pourra générer des flux d'eau importants et favoriser l'érosion linéaire en aval.
- La teneur en matières organiques (MO) : En deçà d'un seuil de 3%<sup>3</sup> de MO on constate l'apparition de rigoles dans les parcelles (G.Govers, 1986, et Le Bissonnais et Arrouay, 1997). La matière organique est en effet un élément structurant qui a différents rôles, que ce soit physique, chimique ou biologique (Baledescent, 1996). Les particules du sol seront moins mobilisables dans les cas de sols à teneurs en matières organiques élevées.
- L'intensité de la pluie : D'après Le Bissonnais, et *al.* (1996), les observations réalisées lors d'épisodes pluvieux significatifs montrent que la charge en MES est très dépendante de l'intensité de la pluie. Plus les pluies seront de fortes intensités, plus les particules de sols seront éclatées et mobilisables par le ruissellement.
- La topographie : Ce facteur jouera un rôle important selon les caractéristiques des sols et leurs couvertures végétales.

### 1.1.3 Analyse des phénomènes de l'échelle parcellaire à celle du bassin versant.

Les travaux de Le Bissonnais et *al.* (1996) sur la genèse du ruissellement sur des sols limoneux ont permis de montrer une différence de sensibilité à l'intensité des pluies entre la parcelle agricole et le bassin versant. En effet, à l'échelle de ce dernier, des phénomènes de stockages (microtopographie, macrotopographie) ou d'infiltrations préférentielles permettent de tamponner le ruissellement de surface, tant que celui-ci ne dépasse par un seuil limite. Cependant, les résultats montrent une certaine dépendance du ruissellement global à l'exutoire avec la proportion de chacun des différents types d'états de surfaces que l'on trouve sur le bassin-versant. Ainsi, une bonne caractérisation spatiale du potentiel de ruissellement des parcelles d'un même bassin versant, permet une relativement bonne estimation du ruissellement moyen du bassin versant.

On constate un effet de « lissage » de la charge en MES<sup>4</sup> mesurée en sortie de parcelle et à l'exutoire du bassin versant. Ceci s'explique notamment par la variabilité spatiale et temporelle de l'intensité de la pluie, et la présence éventuelle de piège à sédiments (comblement de fossés secondaires non entretenus, ...) (Le Bissonnais, et *al.* 1996).

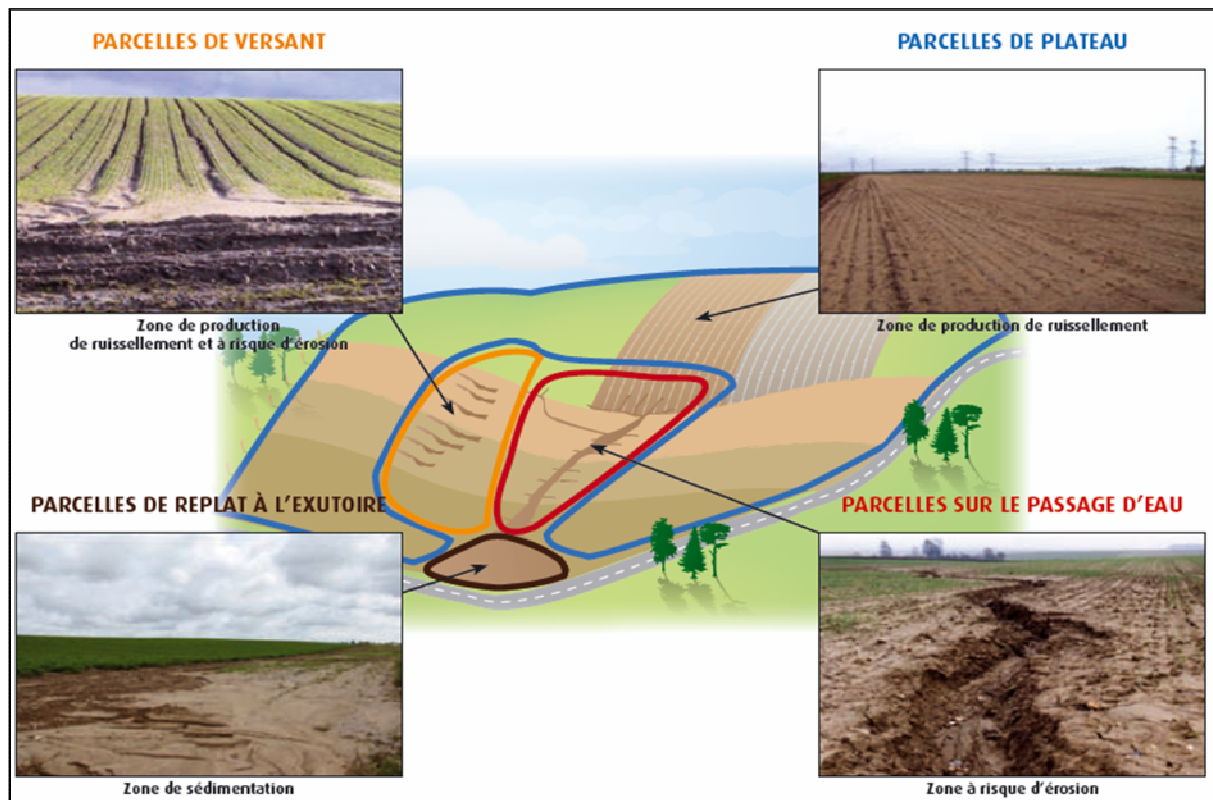
Par ailleurs, les processus en jeu ne sont pas homogènes sur un bassin versant. Selon l'organisation parcellaire et la contiguïté d'une même occupation du sol (par exemple un bassin très céréalier), des phénomènes localisés pourront être observés (Hauchard et *al.*, 2002). Par exemple, sur les plateaux (érosion diffuse notamment) ou encore sur les versants (accélération des flux, ravinement), les processus majoritaires seront différents. Il faudra donc prendre en compte cette hétérogénéité dans le choix des solutions de lutte (Figure 7).

---

<sup>2</sup> sur la zone d'étude, la teneur moyenne en argiles des sols est de 14% avec un minimum de 11% et un maximum de 21%

<sup>3</sup> Sur la zone d'étude, la teneur moyenne en Matières Organiques est de 1,8%, avec un minimum de 1,8% et un maximum de 2,8%.

<sup>4</sup> Matière En Suspension



**Figure 7 : Illustration de l'hétérogénéité des processus de ruissellement et d'érosion dans un même bassin versant (Source : Chambres d'Agriculture de la Seine-Maritime et de l'Eure, AREAS)**

Les réflexions à l'échelle du bassin versant impliquent que toutes les décisions doivent être le fruit de concertations et de coordinations entre les différents acteurs pour que les actions collectives aient le plus d'impact (agence régionale de l'environnement de Haute-Normandie).

Une gestion collective de la quantité d'eau ruisselée, mais aussi de la qualité de ces mêmes écoulements apparaît donc nécessaire. En effet, les pertes en terre sont très souvent associées aux pollutions diffuses des eaux de surfaces par les produits phytosanitaires. Il semble que les pratiques agricoles peuvent jouer un rôle important dans cette gestion (Angeliaume et *al.*, 1997). De même, si la mise en place de gros ouvrages (digues, bassins de rétention, ...) peut s'avérer indispensable, leurs entretiens coûteux (curage par exemple) nécessitent de traiter le problème lié au transport de MES plus en amont, afin de limiter les départs d'eau et de terre (Ouvry, 1992).

## 1.2 Contexte

### Le Syndicat des Rivières des Territoires de Chalaronne (SRTC) et le contrat de rivière

❖ Le Syndicat des Rivières des Territoires de Chalaronne est la structure porteuse du contrat de rivières de Territoires de Chalaronne. Il assure l'étude, la coordination, l'animation et la communication des actions définies dans le contrat de rivière. L'équipe du syndicat est constitué de son président, M. Christophe Mégard, et de quatre agents techniques, Mme Alice Prost (chargée de mission), M. Yannick Boissieux (animateur agricole), M. Maxime Beaujouan (technicien de rivière) et Mme Véronique Gelin (secrétaire comptable).

❖ Le contrat de rivière est un programme d'actions visant à la réhabilitation et la valorisation des milieux aquatiques. Il est le fruit d'un accord technique et financier concerté





170m (NGF). La pente moyenne de la zone d'étude est de 3,6%, avec des zones de plateaux importantes et des zones de versants à plus fortes pentes (supérieures à 10%).

### La géologie et les sols

Les principales formations affleurantes du territoire sont décrites dans la Figure 9. De manière générale, on trouve des sols limoneux dégradés, lessivés et hydromorphes sur la Dombes et la Bresse et des sols plutôt sableux en bordure de Saône. Les sols, grâce aux travaux de Vinatier (1986), ont été caractérisés en fonction de leur substrat géologique et de leur topographie. Une cartographie détaillée des différents types de sols rencontrés sur la zone d'étude a été élaborée au cours de cette étude et est proposée dans la partie résultat.

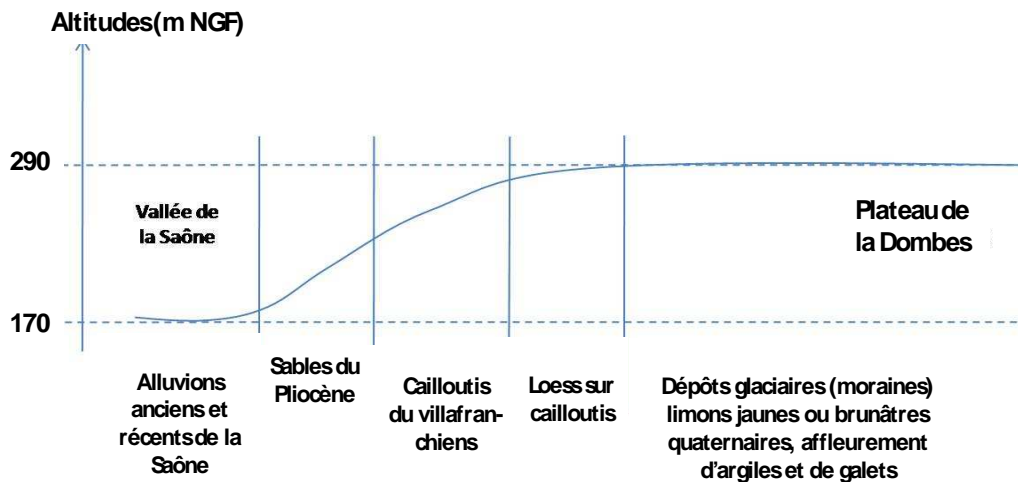


Figure 9 : Principales formations géologiques affleurantes en fonction de leurs positions dans le relief  
(Source : Chambre d'agriculture de l'Ain)

### L'occupation du sol

Dans une région où l'agriculture majoritaire est de type polyculture-élevage, le Val de Saône est caractérisé par une dominance de l'élevage extensif (nombreuses prairies). La Dombes des étangs présente une agriculture diversifiée, mais allant vers une augmentation des surfaces céréalières. Ce constat évolue cependant vers une intensification de l'agriculture et une diminution des élevages, même dans les régions de côtières. La Figure 10 montre l'évolution des productions végétales sur les communes de la zone étudiée. On constate en effet qu'entre 1988 et 2000, les surfaces toujours en herbe ont été divisées par deux, au profit notamment des surfaces de grandes cultures, essentiellement blé et maïs-grain (en hausse respectivement de 15% et 31%).

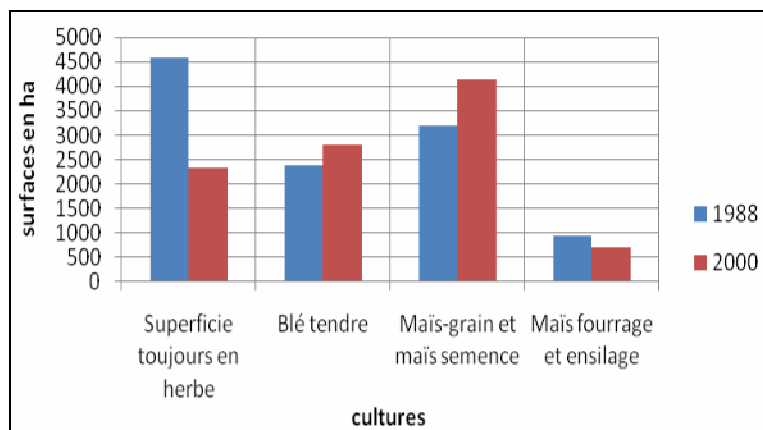


Figure 10 : Evolution des productions végétales entre 1988 et 2000 sur la zone d'étude (source : RGA)

### La pluviométrie

Le climat est de type océanique dégradé avec des influences continentales. Ceci se traduit par des hivers longs, assez froids et très pluvieux en fin de saison. En moyenne, la zone d'étude reçoit 800 mm par an. Les mois d'avril à juin et de septembre à novembre sont les plus pluvieux de l'année. C'est au cours de ces deux périodes que le départ de particules fines des terres agricoles est potentiellement le plus important. La Figure 11 présente les pluies moyennes mensuelles (sur une période de 30 ans, 1978-2009, illustrées par l'histogramme), avec les débits moyens mensuels de la Chalaronne (courbe noire).

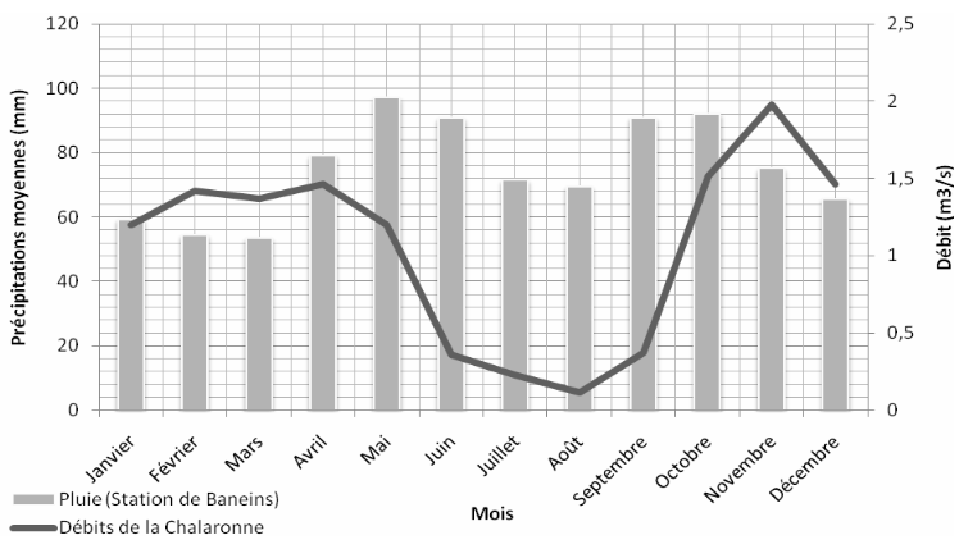


Figure 11 : Précipitations moyennes mensuelles sur 30 ans (histogramme, Données Météo France), et débit moyen mensuel de la Chalaronne à Châtillons sur Chalaronne (Courbe, Données Banque Hydro W2804020)

Par ailleurs, les deux récentes crues de novembre 2008 et février 2009 (photographies en Figure 12), de période de retour proche de la cinquantennale pour la Chalaronne et de la centennale pour la Calonne (Hydrétude, 2009), causant de nombreux dégâts, ont conduit le SRTC à la réalisation d'une étude post crue. Cette étude, confiée à un bureau d'études, s'est intéressée à l'analyse des événements (hydrogrammes de crues, période de retour), et a proposé des solutions de protection des personnes et des biens (de type digue de sur-inondation).



**a** **b** **c**  
**Figure 12 : (a) MES dans la Chalaronne à la suite d'un épisode pluvieux important (2009, Châtillon sur Chalaronne), (b) et (c) débordements de fossés et inondations lors de la crue de février 2009 (source : SRTC).**

### **1.3 Problématique**

Les enjeux érosion et ruissellement sont importants sur le périmètre du contrat de rivière de la Chalaronne. Les derniers évènements pluvieux causant les dernières crues nous le rappellent bien. Dans le cadre du volet A du contrat de rivière, une fiche action a été mise en place pour caractériser ces phénomènes et a pour ambition de proposer des outils de gestion de ces problèmes sur le territoire.

Cette étude souhaite donc proposer des moyens de gestions du territoire face à ces deux enjeux particuliers. Pour cela, trois étapes seront développées, en réponse aux questions suivantes :

- Comment caractériser le réseau hydrographique de la région des Côtiers du Val de Saône?
- Comment caractériser le milieu vis-à-vis de sa sensibilité à l'érosion et à la genèse du ruissellement ? Peut-on délimiter des zones d' « actions prioritaires »?
- Quelles actions peut-on envisager à l'échelle parcellaire et du bassin versant, pour lutter contre l'érosion des terres agricoles, et limiter le ruissellement agricole et urbain?

## II. Matériels et Méthodes

Pour chacune des trois étapes listées dans la problématique (§1.3), cette 2<sup>ème</sup> partie présente les données disponibles, les méthodes et les unités spatiales utilisées pour produire les résultats (figure 9).

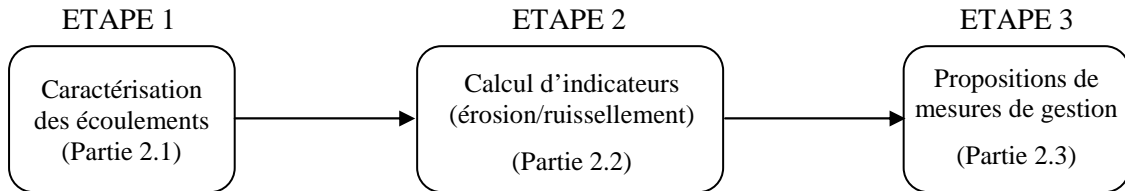


Figure 13 : Etapes à réaliser dans l'étude

### 2.1 Cartographie des fossés et de leurs bassins d'alimentation

L'un des premiers objectifs de l'étude correspond à la réalisation d'un état des lieux des connaissances locales en matière de fonctionnement des structures hydrologiques de types fossés et petits cours d'eau. Cet état des lieux aboutit à la délimitation des sous-bassins versants de la zone d'étude.

Deux phases ont permis de réaliser cet objectif. Tout d'abord une phase d'enquête pour recenser les fossés puis une phase de cartographie sous SIG des sous-bassins versants. Ces deux phases sont associées à une validation partielle sur le terrain.

Les enquêtes (quasi exhaustives) se sont déroulées dans 20 des 21 communes concernées par l'étude, et se sont étalées sur un mois. La 21<sup>ème</sup> commune, Thoisse, n'a pas été enquêtée car elle présente une très faible superficie (1,4 km<sup>2</sup>) et est principalement urbaine (les fossés de cette commune ont été recensés à partir des données issues des communes limitrophes). Les réunions se sont déroulées avec les personnes connaissant bien le territoire et les fossés (agriculteurs, employés communaux, élus), autour du plan cadastral de chacune des communes (format papier A0). Les fossés aériens et canalisés, les mares ainsi que les zones de débordements et les figures d'érosion ont ainsi été cartographiés. Les récents événements pluvieux de novembre 2008 et février 2009 ont notamment permis de mieux situer les dysfonctionnements du réseau de fossés.

La cartographie a été réalisée avec le logiciel SIG MapInfo (version 8.5). A partir du réseau de fossés recensés et des courbes de niveau du Scan25 de l'IGN (à 5m), un premier découpage des versants et sous-bassins versants a été proposé, avec pour exutoires les principaux cours d'eau du territoire. Une validation de l'emplacement des fossés, de leur sens d'écoulement, mais aussi des limites des bassins-versants a été réalisée lorsque des incohérences ou des incertitudes de la part des personnes enquêtées se sont présentées.

Dans une optique de plan de gestion du ruissellement et de l'érosion des sols, il a semblé indispensable de regrouper certains versants (par exemple les bassins versants de surface inférieures à 80 ha et donc faiblement contributeurs par rapport à des bassins de 300 ha), afin d'avoir des surfaces adaptées aux dispositifs et aménagements qui seront proposés (§3.2). Nous avons suivi les règles de « regroupement » présentées en annexe 1. Toutefois, lorsqu'aucun regroupement n'était pas pertinent, certaines petites unités géographiques

inférieures à 80ha ont été conservées. Pour simplifier par la suite, le terme bassins versants regroupera les sous-bassins versants et les versants de la zone d'étude.

## **2.2 Mise en place de deux indicateurs permettant de mieux comprendre les enjeux érosion et ruissellement à l'échelle des bassins versants**

Afin d'évaluer les enjeux érosion et ruissellement de chacun des bassins versants délimités précédemment, deux indicateurs ont été utilisés : la sensibilité des terrains à l'érosion et les volumes ruisselés théoriques.

Le premier, issu d'un modèle de type système expert<sup>5</sup> développé par l'INRA (Le Bissonnais et *al.*, 2002), permet de calculer un aléa érosion des terres agricoles. L'aléa érosion se définit comme étant la probabilité qu'un évènement érosif se produise. Il est issu du croisement de la sensibilité des milieux à l'érosion avec les caractéristiques des précipitations locales. Basé sur les processus élémentaires de l'érosion des sols, le modèle a été envisagé en termes de « surfaces émettrices de particules solides ». Le devenir de ces particules n'est pas pris en compte.

Pour intégrer le transport des particules dans le bassin versant, un deuxième indicateur, le volume ruisselé théorique, a été calculé. Ce dernier a pour vocation de distinguer les bassins versants les plus contributeurs en volume d'eau des cours d'eau exutoires.

Le croisement de ces deux indicateurs permet de hiérarchiser les bassins versants de la zone d'étude en termes d'enjeux érosion (potentiel de départ de particules fines, érosion diffuse), ruissellement (volume d'eau ruisselée important, contribution aux crues) et « érosion/ruissellement » (érosion linéaire, coulées de boues).

Cette seconde partie s'attachera à présenter tout d'abord les données disponibles pour le calcul des indicateurs (Figure 14) et leur obtention, puis le détail des méthodes utilisées. Tout au long de cette deuxième partie, plusieurs diagrammes du type de la Figure 14 illustreront le cheminement de la méthode.

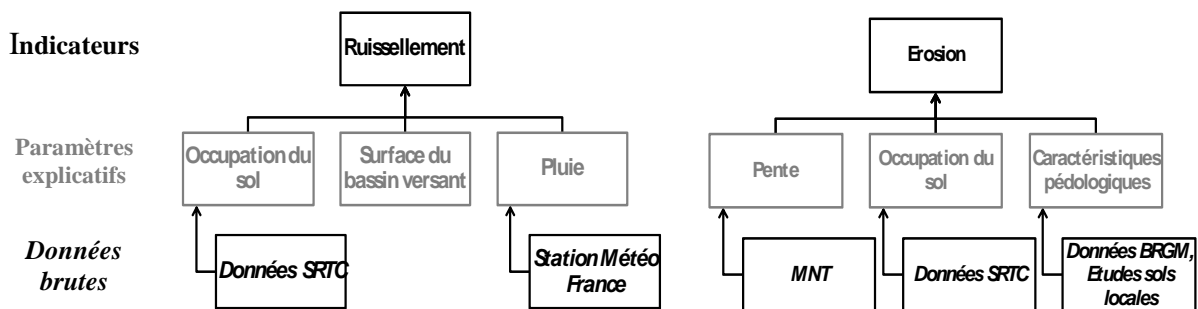


Figure 14 : Schéma « enjeux/paramètres explicatifs »

<sup>5</sup> Modélisation basée sur la connaissance des processus, ici érosif, et un ensemble de règles permettant des combinaisons logiques des paramètres d'entrée du modèle (occupation du sol, pente,...).

## 2.2.1 Les données utilisées (obtention des paramètres explicatifs)

### a) L'occupation du sol

Une couche SIG de l'occupation du sol a été réalisée à partir des orthophotoplans de l'IGN (2000) (étude interne, SRTC). Cinq classes sont distinguées : les cultures (ensemble de parcelles cultivées, qui peuvent être nues sur une période de l'année), les prairies, les bois et peupliers, les étangs (très présents sur le plateau de la Dombes) et les zones urbaines.

### b) Les pentes

La carte des pentes a été générée à partir du MNT de la BD Alti de l'IGN (résolution de 50m), et l'extension Vertical Mapper de MapInfo. Dans un premier temps des classes de pas de 1% ont été constituées (0%, 1%, 2%, 3%, ..., 18%), puis regroupées par la suite.

### c) La pédologie

Une carte pédologique de la zone d'étude a été élaborée à l'aide de la carte géologique du BRGM (Carte géologique 1/50 000 vecteur harmonisée avec MNT du BRGM), et des données précises sur les sols de Dombes, du Val de Saône et de la Bresse (d'après Vinatier, 1987). Ces derniers travaux proposent une fiche descriptive (teneur en argiles, limons, sables, éléments grossiers, calcaire et matières organiques) de chaque type de sol selon sa position géographique (Dombes, Bresse, Val de Saône), son substrat (alluvions, cailloutis villafranchiens, moraine, limons éoliens, ...) et sa topographie. Les caractéristiques, notamment granulométriques, des différents types de sol sont présentées en annexe 2. Une vérification de terrain a permis de valider cette carte.

### d) Les pluies

Trois stations météorologiques sont disponibles sur le bassin versant de la Chalaronne ou à proximité : Marlieux, Baneins et Messimy. Marlieux est située dans la Dombes : elle est indicatrice des pluies du sud est du territoire. Messimy est située au sud des communes les plus à l'ouest du territoire : elle est indicatrice de pluie du Val de Saône. Baneins est située au centre du territoire : elle est considérée comme observant des valeurs moyennes de précipitations du BV.

Les données météorologiques disponibles (Station de Baneins, Messimy, Marlieux) montrent une répartition non homogène des précipitations sur la zone d'étude de 272 km<sup>2</sup> (gradient Est-Ouest). N'ayant pas d'information plus précise sur la répartition des pluies, la station de Baneins a été choisie comme station de référence. Une pluie type de 61mm par jour (observée à la station de Baneins et de période de retour de 5 ans) a été choisie pour les calculs.

### e) Les surfaces des bassins versants

La surface de chacun des bassins versants a été calculée avec le logiciel SIG MapInfo.

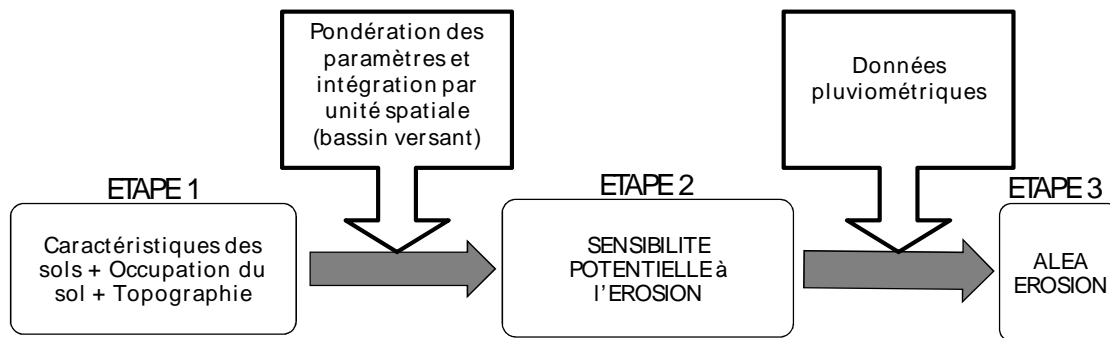
## 2.2.2 Les méthodes utilisées

### a) L'indicateur « sensibilité potentielle des bassins versants à l'érosion »

Basé sur le modèle de l'Aléa érosion, développé par l'INRA à l'échelle du territoire français (Le Bissonnais et *al.* 1998, 2002) et affiné pour une échelle régionale (Le Bissonnais et *al.*

2004), l'indicateur « sensibilité potentielle à l'érosion » croise des paramètres sous forme de combinaisons logiques. Le modèle Aléa Erosion, combine la sensibilité « agro-pedo-géomorphologique » des surfaces avec un indice de précipitation<sup>6</sup>. Ne disposant pas de données chiffrées permettant de comparer les précipitations locales à celles du modèle (données saisonnières / spatiales), l'analyse est arrêtée à l'évaluation de la sensibilité potentielle des terrains à l'érosion. Cependant, à titre d'informations, l'annexe 3 présente les indices de précipitations à l'échelle de la France entière utilisés dans le modèle Aléa érosion.

Trois étapes principales guident l'application du modèle (Figure 15 : Schématisation des étapes du modèle de l'aléa érosion).



**Figure 15 : Schématisation des étapes du modèle de l'aléa érosion**

Cette étude propose d'appliquer uniquement les étapes 1 et 2 (sensibilité relative des bassins versants à l'érosion).

Les paramètres d'entrée du modèle sont choisis puis pondérés en fonction de leurs importances relatives dans les processus d'érosion des sols. La méthodologie suivie privilégie les facteurs sur lesquels les activités humaines peuvent avoir une influence, ce qui peut se représenter sous la forme d'un schéma (Figure 16). L'annexe 4 présente les principes généraux utilisés pour la hiérarchisation des paramètres du modèle, ainsi qu'un organigramme complet sur les étapes de la modélisation.

<sup>6</sup> Indice calculé à partir des hauteurs d'eau mensuelles moyennées sur 30 ans et des fréquences mensuelles des pluies supérieures à 15mm/h (données d'un ensemble de stations météorologiques situées sur le territoire français).



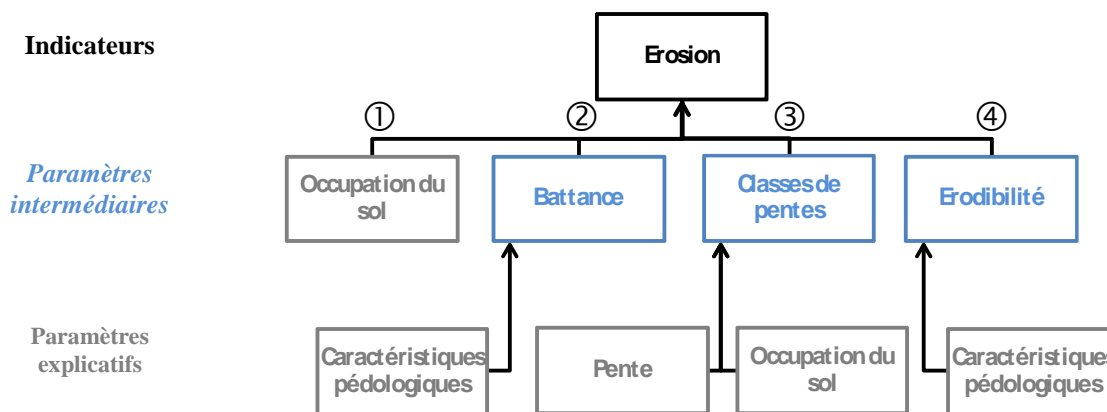


Figure 16 : Ordre d'entrée des paramètres explicatifs dans le modèle Aléa érosion

① - L'occupation du sol utilisée est celle décrite précédemment (cf. §2.2.1). Les applications du modèle à l'échelle régionale ou départementale (Le Bissonnais et *al.*, 2004) utilisent souvent la base de données Corine Land Cover. La couche SIG du SRTC est cependant plus précise sur la zone d'étude et plus simple (5 classes).

② et ④ - La sensibilité à la battance et l'érodibilité des terrains sont des indices traduisant l'un, le caractère battant des sols, et l'autre, la sensibilité des matériaux à être emportés par le ruissellement. Le modèle aléa érosion propose des règles de pédo-transfert de base qui attribuent un indice de battance et un indice d'érodibilité aux différents types de sols, selon la texture de l'horizon de surface. Ces valeurs d'indices sont ensuite affinées selon d'autres paramètres, comme la texture de l'horizon sous-jacent et sa profondeur, la teneur en calcaire, la pierrosité et enfin une estimation de la teneur en matière organique établie à partir de la couverture de l'occupation du sol. L'annexe 5 reprend les règles de pédo-transfert de base et l'affinement des indices. La carte pédologique élaborée précédemment fournira les données sur les sols (les caractéristiques physico-chimiques des différents types de sol sont présentées en annexe 2).

③ - Le modèle de l'aléa érosion distingue des classes de pentes selon l'occupation du sol (une forêt sur un plateau ou sur une pente moyennement forte aura la même sensibilité à l'érosion, tandis qu'une faible variation de pentes aura beaucoup d'influence sur une culture sur sol battant). Plusieurs classes de pentes sont donc générées pour être utilisées selon l'occupation du sol.

Le modèle génère cinq classes de sensibilité des terrains à l'érosion. Les classes de sensibilité vont de 1 (faible) à 5 (très forte).

La Figure 17 présente le modèle arborescent simplifié d'après le contexte de la zone d'étude (seules les branches se rencontrant sur la zone d'étude sont représentées).

Le croisement des paramètres se réalise à l'échelle parcellaire. L'intégration spatiale de la sensibilité potentielle à l'érosion à l'échelle du bassin versant a été réalisée d'après la méthode décrite par Le Bissonnais et *al.* (2002) sur l'intégration de l'aléa (et de la sensibilité) par Unité Spatiale d'Intégration (annexe 6).

Une validation des résultats de la modélisation se fera simplement par la connaissance des phénomènes érosifs du territoire par les experts locaux.

Le modèle utilisé permet de déterminer *une probabilité de départ des particules fines des terres agricoles*. Il ne prend pas en compte le transfert de ces particules, ni la présence des zones urbanisées, dites imperméabilisées. Un second indicateur « volume ruisselé » a été utilisé, afin notamment de prendre en compte ces deux paramètres, et d'introduire la notion de contribution relative des bassins versants aux volumes de crues.

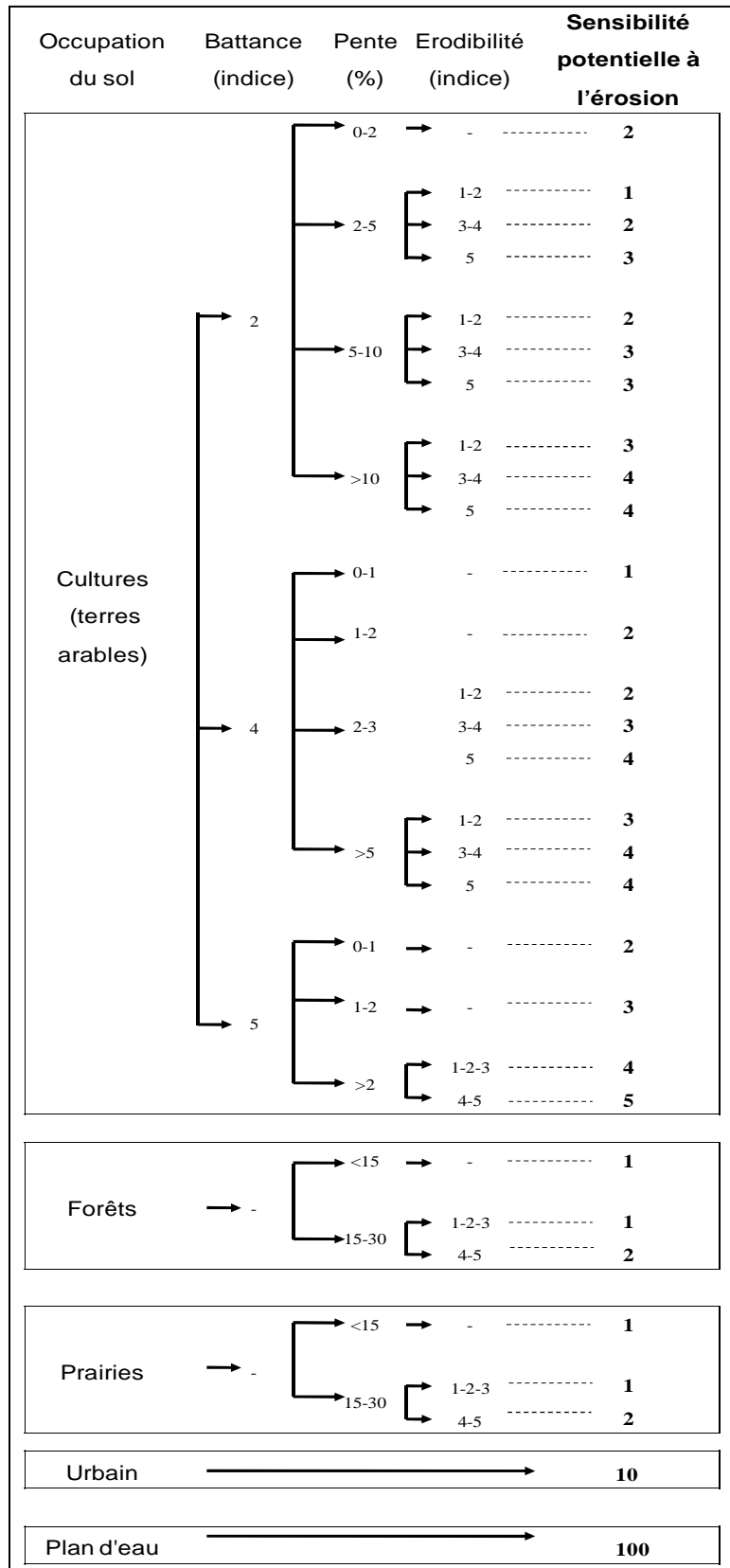


Figure 17 : Modèle arborescent pour le calcul de la sensibilité potentielle des terrains à l'érosion (d'après Le Bissonnais et al., 2002). Les valeurs de sensibilité vont de 1 : « très faible » à 5 : « très forte ». L'annexe 7 présente les sorties du modèle avec les différents indices de précipitations expliqués précédemment).

b) L'indicateur « volume ruisselé » (Figure 18)

Afin de pouvoir comparer les bassins versants entre eux en termes de contributions aux volumes d'eau observés à l'aval, les volumes ruisselés théoriques ont été calculés d'après la formule suivante :

$$V_R = (S_T * P) * C_{RM}$$

où  $V_R$  est le Volume ruisselé en  $m^3$  ;  $S_T$ , la surface totale du bassin versant en  $m^2$  ;  $P$ , une pluie type en  $m^3/m^2$  <sup>(7)</sup> et  $C_{RM}$ , le coefficient de ruissellement moyen du bassin versant sans unité (note :  $S_T * P =$  Volume précipité).

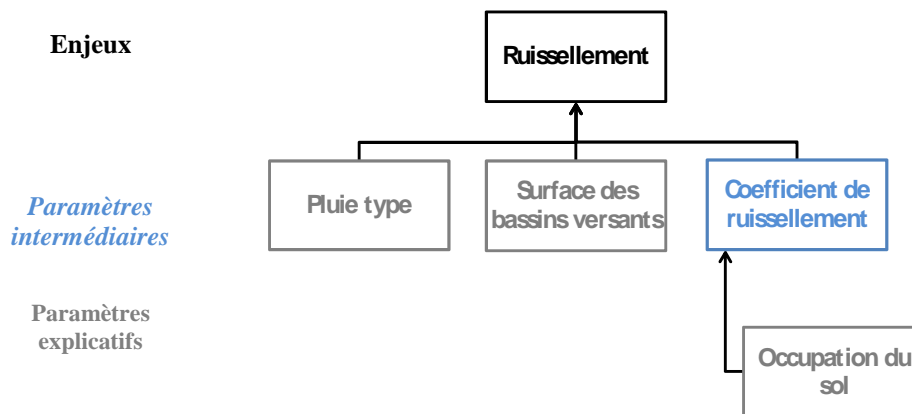


Figure 18 : cheminement pour le calcul de l'indicateur "volume ruisselé"

Le tableau 1 présente les valeurs de coefficient de ruissellement pris pour chaque occupation du sol. Une étude sur le plateau de Beynost (à 40km de la zone d'étude, sur les mêmes types de sols, étude de cas Beynost), a notamment servi pour le choix des valeurs de coefficients sur cultures et sur forêt. Les autres valeurs sont issues de normes suisses (SNV 640 351) souvent utilisées dans des études similaires à celle-ci.

Le coefficient de ruissellement moyen ( $C_{RM}$ ) a été calculé de la façon suivante :

$$C_{RM} = S_C * C_{RC} + S_P * C_{RP} + S_U * C_{RU} + S_F * C_{RF}$$

où  $S_C, S_P, S_U, S_F, S_E$  correspondent respectivement aux pourcentages de la surface totale en cultures, prairies, urbains et forêts, et  $C_{RC}, C_{RP}, C_{RU}, C_{RF}$  aux coefficients de ruissellement sur cultures, prairies, zones urbanisées et forêts (valeurs présentées dans le Tableau 1).

Tableau 1 : Coefficients de ruissellement selon le type d'occupation du sol

Occupation du sol	Coefficient de ruissellement
Cultures	0,3
Prairies	0,1
Forêts	0,1
Zones urbanisées	0,9

<sup>(7)</sup> 1 mm d'eau = 1 L/m<sup>2</sup> d'eau

Le coefficient de ruissellement moyen utilise des valeurs de coefficient de ruissellement en fonction de l'occupation du sol uniquement. Or le ruissellement dépend également fortement de la pente locale (Ambroise, 1998), l'indicateur « volume ruisselé » peut donc présenter un biais.

Les valeurs de l'indicateur « volume ruisselé » ont été reclassées en quintiles, donnant 5 classes : très faible, faible, moyen, fort et très fort. Ce choix de classification permet de dégager un volume ruisselé moyen observable sur la zone d'étude, et des volumes plutôt forts et plutôt faibles. La validation de la carte se fait grâce aux problèmes d'inondations et de débordements recensés lors des enquêtes communales.

### c) Une typologie primaire

Afin d'intégrer la pente et plus généralement la morphologie des bassins versants à la réflexion sur les enjeux érosion et ruissellement, une typologie primaire a été proposée, basée uniquement sur la morphologie (plateau, versant, fond de vallée). En effet, l'hétérogénéité des phénomènes érosifs (cf 1<sup>ère</sup> partie) ainsi que la connaissance du terrain (enquêtes) ont poussé à la distinction des bassins versants selon leur comportement hydrologique. Par ailleurs, il a semblé intéressant d'ajouter un facteur non pris en compte dans le calcul des indicateurs et pourtant important dans l'optique d'une bonne gestion des enjeux : la « pente de versant » (figure 15).

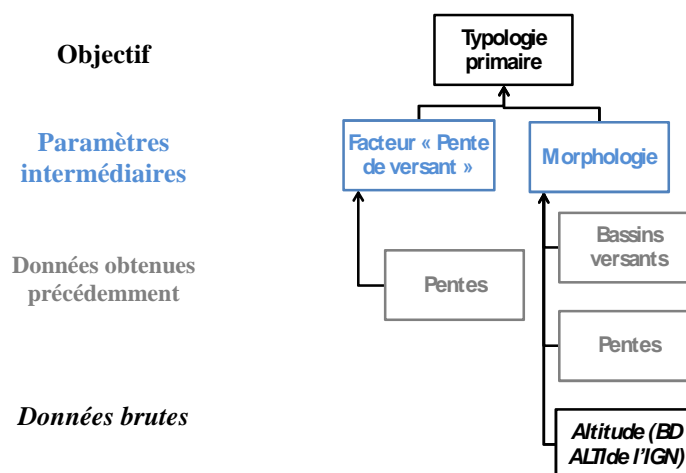


Figure 19 : Typologie primaire

#### ▪ *Détermination des paramètres intermédiaires*

##### 1) La morphologie générale

On différenciera les bassins versants de la façon suivante :

- les bassins versants à morphologie « Plateau/Versant/Fond de vallée »,
- les bassins versants situés principalement sur le plateau,
- les zones principalement situées en fond de vallée,
- les unités à morphologie « Versant/Fond de vallée ».

Il a semblé intéressant de dissocier les bassins « Versant/Fond de vallée » des autres, car ces unités présentent un caractère pente non négligeable en termes d'accélération des débits d'eau ruisselée, sans pour autant présenter de zones « productrices » de flux du plateau.

La couche SIG a été construite à l'aide de la carte des pentes (précédemment citée), et de la carte des principaux cours d'eau. Le plateau est caractérisé par de faibles pentes (entre 0 et 2%) et à une altitude supérieure à 225m (début du plateau au niveau des côtières de Val de Saône), la vallée, par de faibles pentes et la présence d'un cours d'eau (lits majeurs), et enfin les versants par une pente supérieure ou égale à 3%.

## 2) Le facteur «Pente de versant »

Ce facteur a été élaboré afin de prendre en compte le facteur pente dans les vitesses d'écoulements. Cette pente contribuera en effet au caractère torrentiel des écoulements. Son rôle est de distinguer les bassins versants qui ont une pente importante sur les versants ce qui contribue à l'arrivée rapide du pic de crue, et de l'érosion des berges des cours d'eau principaux. Les bassins versants dont la pente moyenne de versants est supérieure à 5% sont dissociés (seuil issu de la littérature, traduisant un ruissellement indépendant de l'intensité de la pluie et du type de sol).

### ▪ *Elaboration de la typologie primaire*

Chaque unité bassin versant a ensuite été répartie dans un type selon les règles présentées dans les tableaux à doubles entrées de la Figure 20.

<i>Morphologie</i>		<b>Pourcentage de la surface du bassin versant dans la vallée</b>			
		≤ 10%	Entre 10 et 90%	≥ 90%	
<b>Pourcentage de la surface du bassin versant sur le <u>plateau</u></b>	≤ 10%	-	Versant/Vallée	Vallée	
	Entre 10 et 90%	Plateau/Versant/Vallée	Plateau/Versant/Vallée	-	
	≥ 90%	Plateau	Plateau/Versant/Vallée	-	
<i>Typologie primaire (code)</i>		<b>Morphologie</b>			
		Vallée	Versant/Vallée	Plateau/Versant/Vallée	Plateau
<b>pente moyenne de versant</b>	<5%	V	V*	PLVV	PL
	≥5%	-	VV	PLVVP	-

\* en terme de gestion du territoire face aux enjeux étudiés, il n'a pas semblé pertinent de dissocier ce groupe de bassins, et plutôt de l'intégrer à un groupe à morphologie proche.

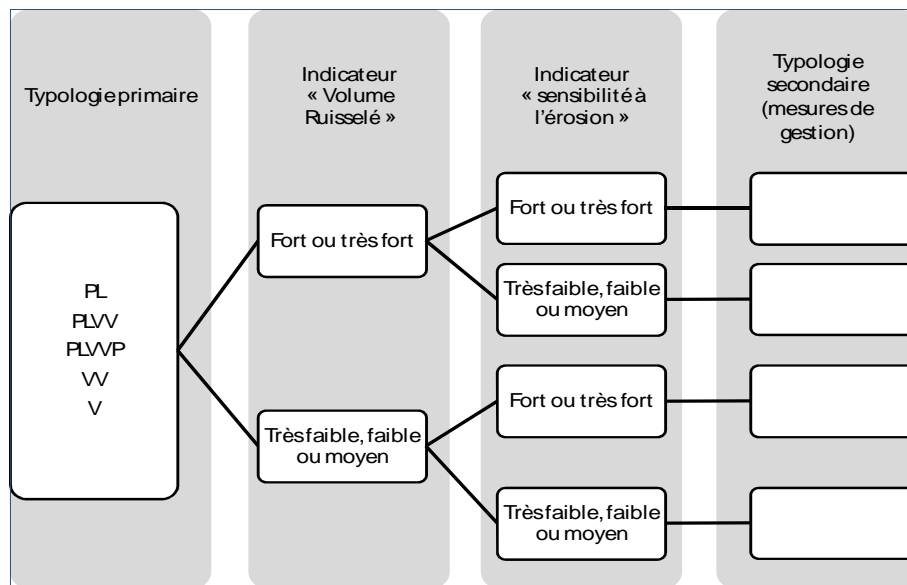
**Figure 20 : Construction de la typologie primaire**

Les valeurs « frontières » utilisées (90%, 10%) sont issus des connaissances de terrains. En effet, au-delà de 90% sur le plateau on retrouve des bassins versants de la Dombes avec un fonctionnement hydrologique particulier (fossés de chaines d'étangs). De même au-delà de 90% de vallée, il s'agit de zones situées dans le Val de Saône, ou d'îles sur la Chalaronne, au fonctionnement hydrologique proche des zones humides.

### **2.3 Mise en place d'une typologie de bassin versant dégageant des panels de mesures de gestion selon les risques « érosion », « ruissellement », et « accélération des débits ».**

Le croisement de la typologie primaire avec les indicateurs érosion et ruissellement permettra d'attribuer à chaque type de bassin versant un panel de mesures de gestion répondant au mieux aux enjeux locaux (typologie secondaire).

La Figure 21 présente un arbre explicitant ce croisement.



**Figure 21 : Arbre type utilisé pour le croisement des indicateurs, dans le but d'associer des mesures de gestions aux différents types de bassins versants**

Bien qu'intégrée dans le calcul des volumes ruisselés, les surfaces urbanisées, souvent appelées surfaces imperméabilisées, empêchent l'infiltration (augmentation des volumes ruisselés) et accélèrent les vitesses d'écoulement (peu ou pas de micro-rétention). Il a donc été choisi de mettre en évidence les bassins versants ayant plus de 20% de leur superficie totale de zone urbanisées, ce qui induira des mesures de gestion propres aux eaux pluviales. Cette valeur de 20% désigne le seuil à partir duquel les surfaces urbanisées influencent fortement le volume ruisselé (source : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques).

### III. Résultats et discussion

#### 3.1 Vers une typologie des sous-bassins versants

##### 3.1.1 Cartographie des fossés et de leurs bassins versants

Les résultats des enquêtes communales permettent de cartographier un réseau de fossés important sur la zone d'étude (Figure 22). 570 km de fossés ont ainsi pu être recensés.

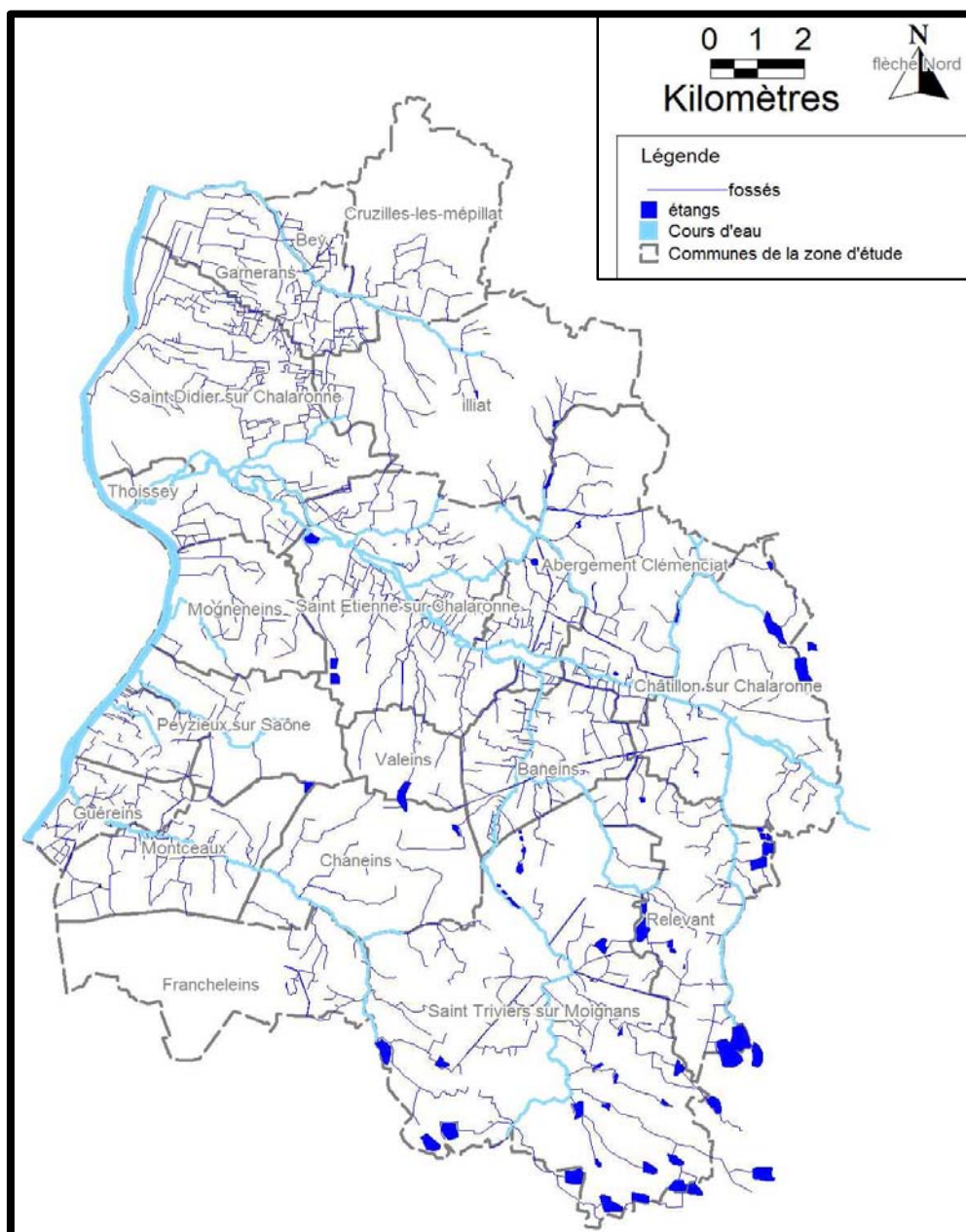


Figure 22 : Carte des fossés recensés lors des enquêtes communales.

Ce réseau de fossé développé est constitué de fossés de gabarit variables (de 0,5m à 3m de largeur environ), entretenus ou non et à fonction variée (vidange d'étangs, drainage des terres agricoles, évacuation des eaux de voiries,...). La densité des fossés recensés n'est cependant

pas homogène sur la zone d'étude (biais de la phase d'enquête). Pour notre étude, ces réseaux secondaires permettront dans un premier temps de délimiter les bassins versants (Figure 223), puis de localiser les mesures de gestion des écoulements (cf. 3.2).

Au nombre de 188, les sous-bassins versants cartographiés ont une surface moyenne de 145 ha. La Figure 23 présente leur répartition selon leur « cours d'eau exutoire ».

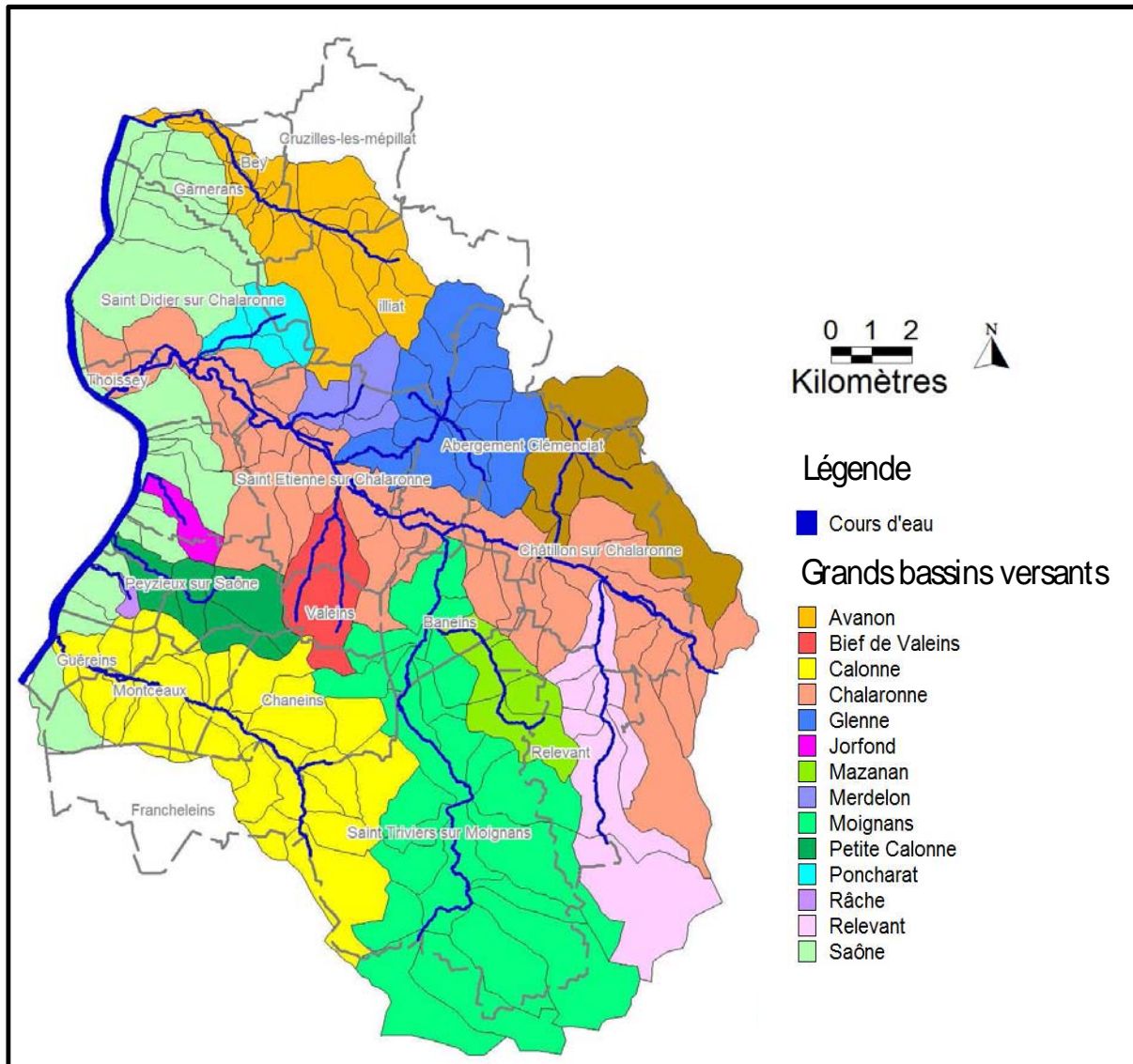


Figure 23 : Carte des bassins versants représentés en fonction de leurs cours d'eau exutoire.

### 3.1.2 Caractérisation des bassins versants

L'utilisation du modèle de l'aléa érosion (Le Bissonnais et *al.*, 1998,2002) nécessite des informations précises sur les types de sols (échelle requise au moins 1/250 000ème). La Figure 24 propose une cartographie de la pédologie de la zone d'étude, sur laquelle s'est basée l'analyse de la sensibilité à l'érosion des terrains agricoles.



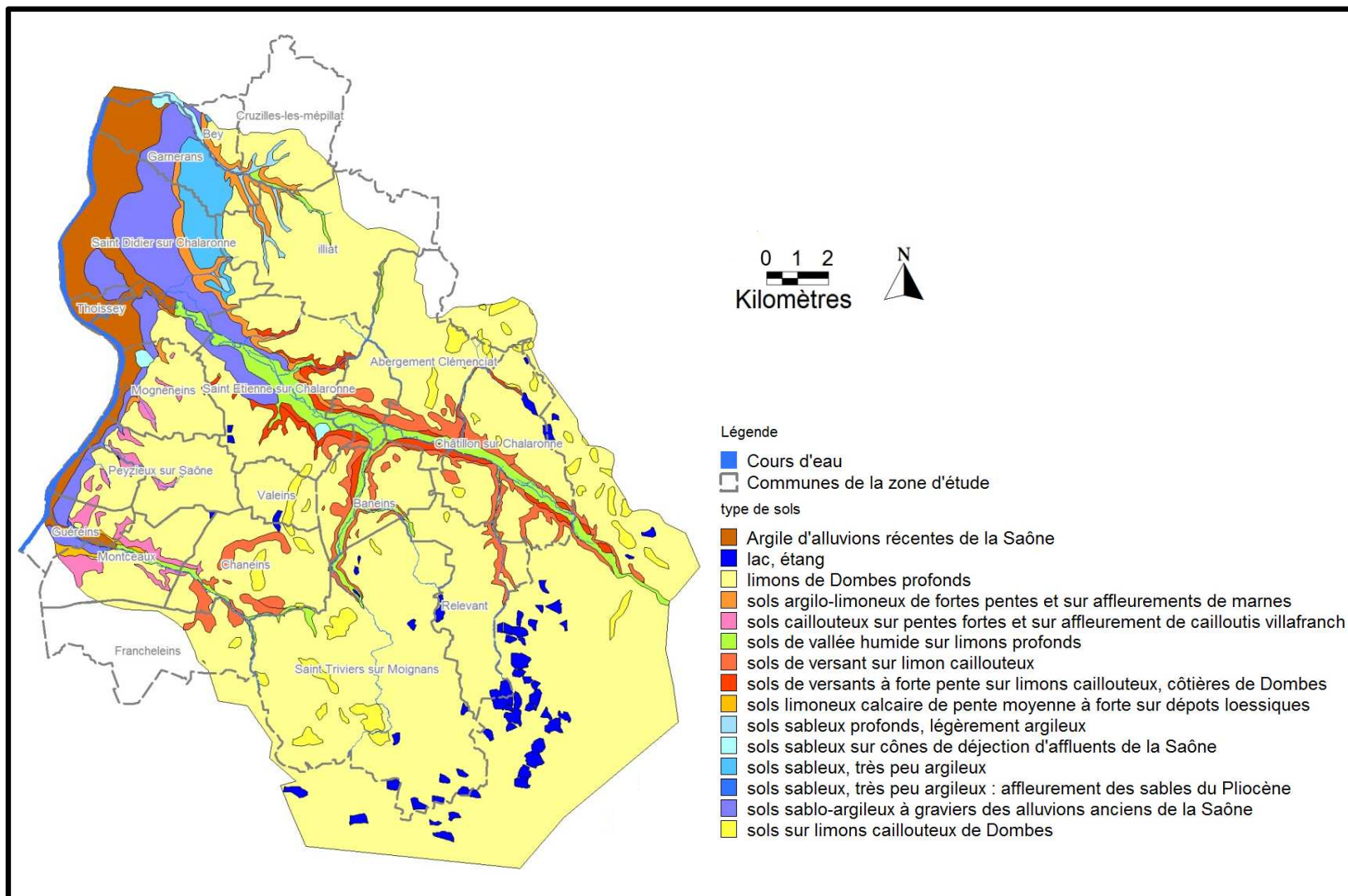
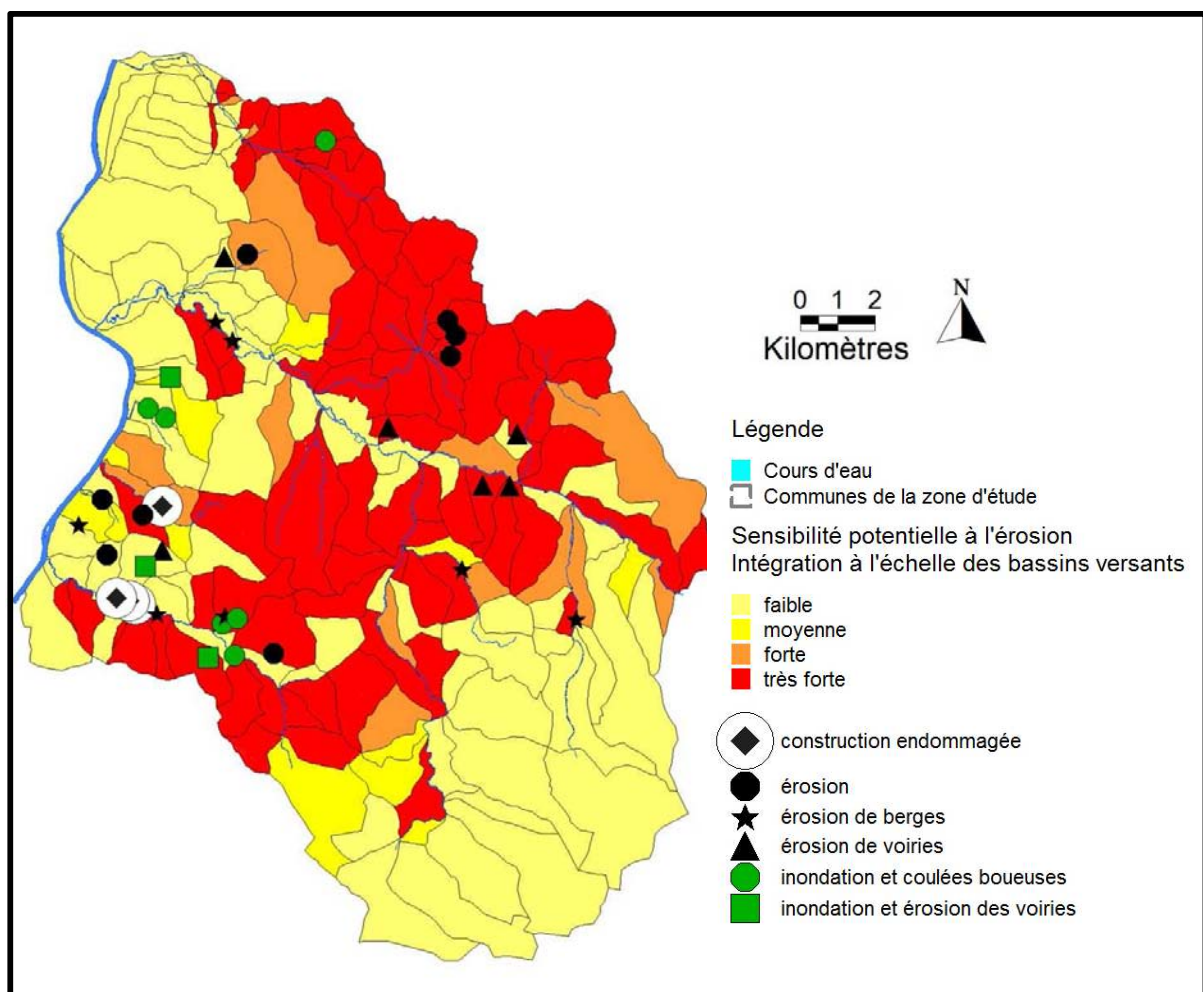


Figure 24 : Carte pédologique de la zone d'étude

La cartographie de la pédologie détaillée de la zone d'étude concorde au contexte limoneux général, avec plus de 80% des sols de type limons de plateau de Dombes profonds (jaune pâle). Leurs caractéristiques granulométriques, et chimiques (66% de limons, 12% d'argiles) en font des sols très sensibles à la battance. On distingue également plusieurs zones où les sols sont à caractère sableux (jusqu'à 45% de sable, en nuances bleues sur la carte, sauf lacs), et qui représentent donc des zones d'infiltration privilégiée.

La cartographie de l'indicateur « sensibilité à l'érosion » (Figure 25) montre que près de la moitié du territoire (48%) présente une sensibilité potentielle forte (orange) ou très forte (rouge). Le recensement des « zones à problèmes » lors des réunions communales (figurés ponctuels) nous permet de valider la carte. En effet, la majorité des constats d'érosion sont dans des bassins versants très sensibles à l'érosion, sauf pour quelques points. Ces derniers sont des érosions de chemins ou de voiries principalement dues au mauvais dimensionnement des fossés de bords de route.



**Figure 25 : Carte de des bassins versants représentés selon la valeur de leur indicateur "sensibilité potentielle à l'érosion"**

Le deuxième indicateur (Figure 26) permet de comprendre les différents enjeux ruissellements des bassins versants les uns par rapport aux autres. On constate ici que près de 45% de la surface totale (121 km<sup>2</sup>) peut potentiellement produire des volumes d'eau fort ou très fort (les deux nuances bleues).

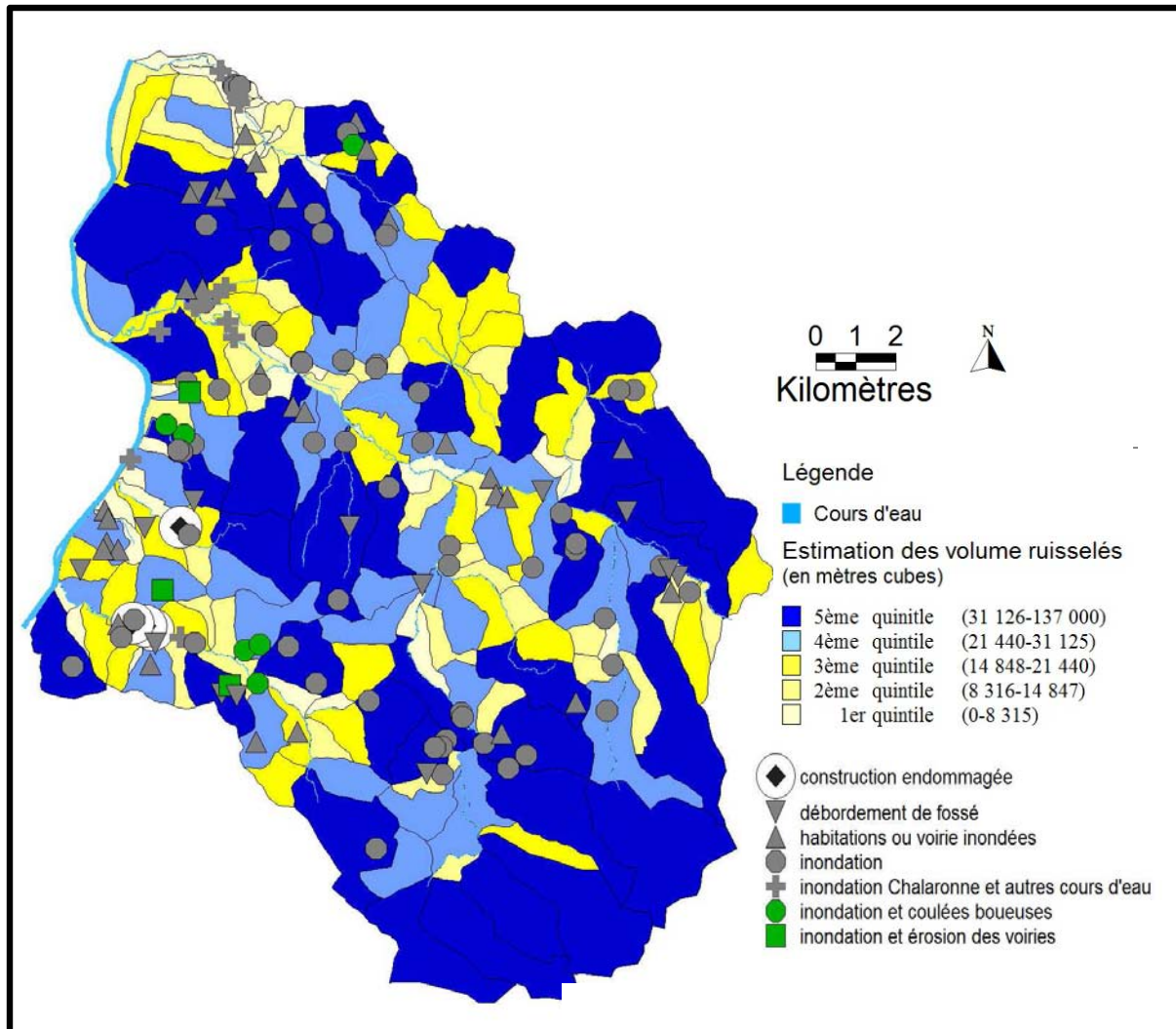
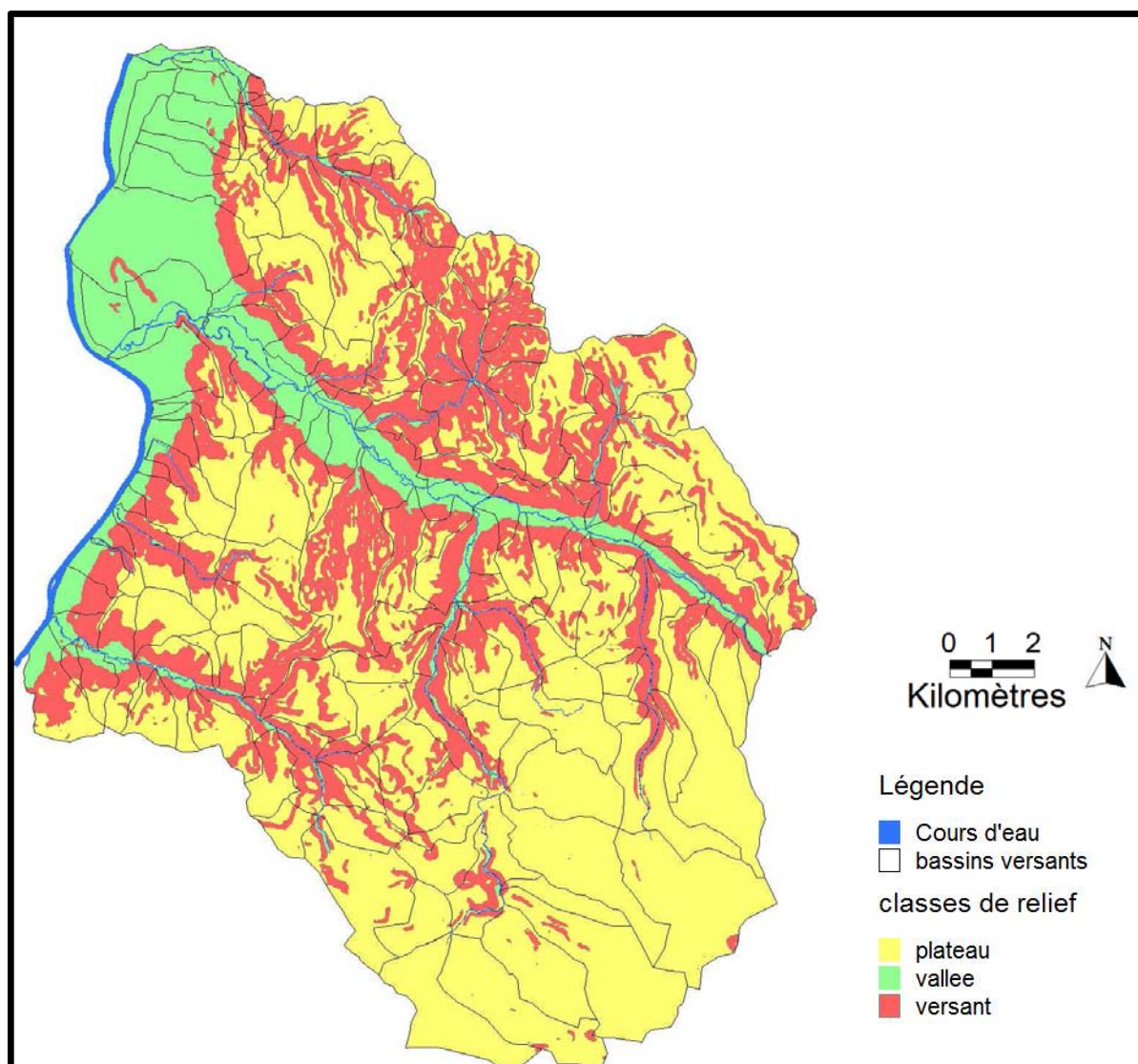


Figure 26 : Carte de des bassins versants représentés selon la valeur de leur indicateur "volume ruisselé" (valeur en m<sup>3</sup>).

De même que pour la carte de l'indicateur « sensibilité à l'érosion », les nombreuses zones de débordements, d'inondations et de coulées boueuses observées sur le terrain (enquêtes) permettent de valider la carte du deuxième indicateur. Ces zones sont en effets principalement situés sur des bassins versants fortement contributeurs en termes de volumes d'eau. Les points sur des bassins moins contributeurs sont essentiellement des problèmes de dimensionnement ou sont à l'aval des cours d'eau principaux (accumulation des flux de l'amont).

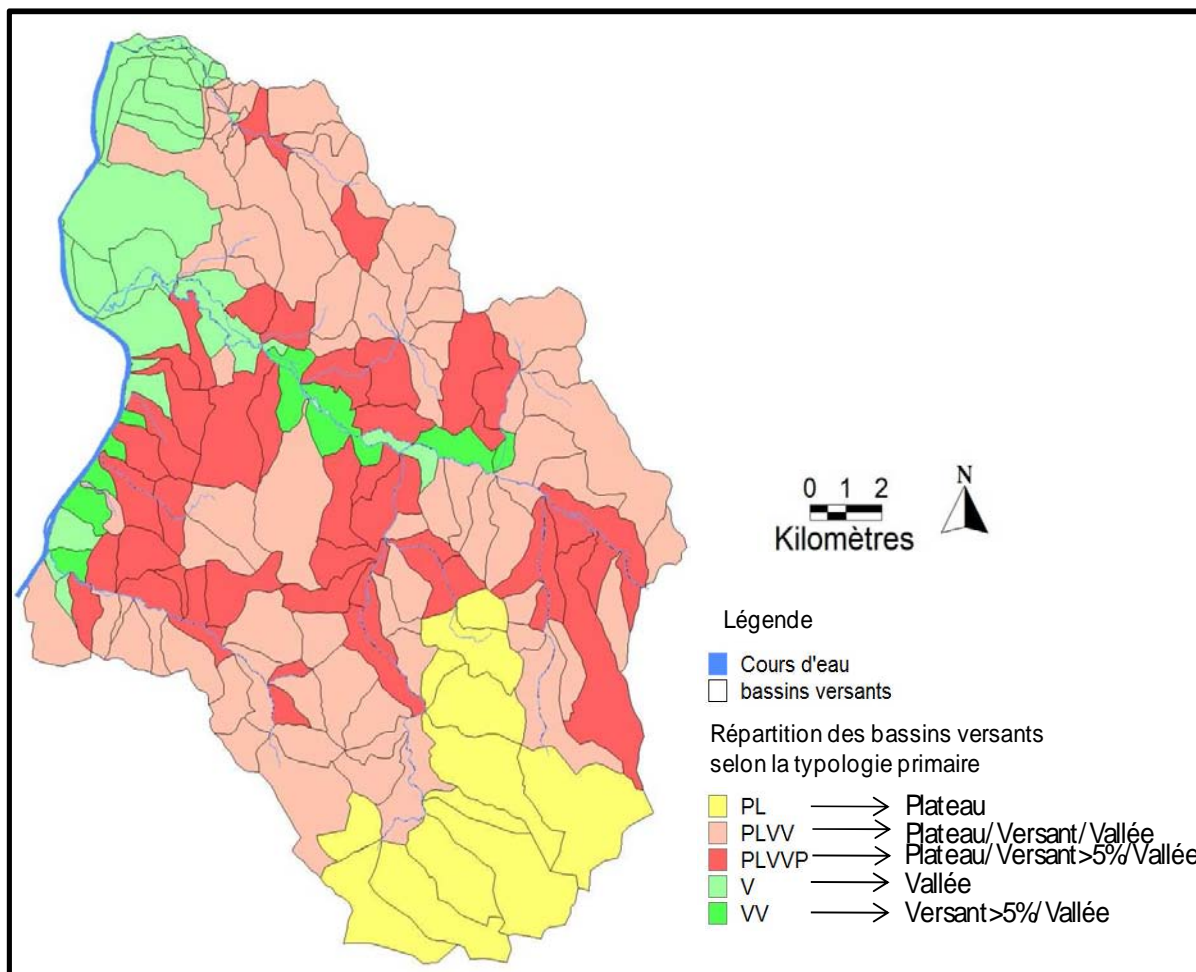
Afin d'intégrer la morphologie et la pente moyenne de versant, les pentes de la zones d'étude (annexe 8) ont été utilisées. La Figure 27 présente la morphologie générale : plateau (jaune), versant (rose), fond de vallée (vert).



**Figure 27 : Carte de la morphologie générale de la zone d'étude**

Les vallées de la Saône et de ses affluents représentent 15% (40 km<sup>2</sup>) du territoire. Les zones de ruptures de pente, ou versants, se trouvent en bordures des principaux cours d'eau, et font la jonction plateau/vallée. Ils couvrent 30% de la zone d'étude (soit 84 km<sup>2</sup>). Enfin, le plateau de la Dombes est très présent sur le territoire (plus de 50%, soit 149 km<sup>2</sup>).

Après découpage de la carte présentée en Figure 27 selon les bassins versants précédemment présentés, le calcul de la pente moyenne de versant a été réalisé. Il en a résulté la répartition de bassins selon la typologie primaire (Figure 28).



**Figure 28 : Carte des bassins versants répartis selon la typologie basée sur la morphologie du relief.**

On constate que les types mixtes « Plateau/Versant/Vallée » (PLVV) et « Plateau/Versant >5%/Vallée » (PLVVP), en roses clair et foncé sur la Figure 28, sont nettement majoritaires (près de 70% du territoire, soit 190 km<sup>2</sup>). Ce sont des bassins situés aux interfaces entre les bassins « Vallées (V) » et « Plateau de la Dombes (PL) », qui représentent respectivement 11% (30 km<sup>2</sup>) et 16% (44 km<sup>2</sup>) de la zone d'étude. Le quatrième type « Versant/Vallée » (VV en vert foncé) est situés ponctuellement en bordure de Saône ou de Chalaronne (Côtières) et couvre seulement 3% du territoire (soit 9 km<sup>2</sup>).

Cette typologie primaire permet de distinguer les bassins d'après leurs zones de « production » et de « réception » des flux d'eau et de particules fines. Associée aux deux indicateurs présentés précédemment, chaque bassin versant sera caractérisé par ses enjeux ruissellement et érosion. On peut déjà remarquer les éléments suivants :

- L'essentiel des bassins versants à sensibilité forte ou très forte à l'érosion sont principalement de type PLVV ou PLVVP. En effet, le facteur pente jouant un rôle important sur cette sensibilité, on pouvait s'attendre à ce que les bassins versants de types PL et V soient moins « à risque ». Cet indicateur permet néanmoins de hiérarchiser les bassins PLVV, PLVVP et VV vis-à-vis de leur potentiel érosif.
- On observe que les bassins de type PL présentent de manière générale des volumes ruisselés théoriques très fort. Il s'agit en effet de bassins versants de grandes superficies (362 ha en moyenne pour les types PL), et en grande partie cultivés (coefficient de ruissellement supérieur à celui d'une prairie). De la même manière, les

bassins de types V et VV semblent produire des volumes très faibles, faibles ou moyens. On a en effet davantage de prairies et de bois que sur les zones plateau, et surtout, les superficies drainées sont en moyenne plus petites (de l'ordre de la centaine d'hectares).

Pour finir sur la caractérisation des bassins versants, la Figure 29 présente les bassins dont la superficie urbanisée (hachures grises) a un rôle important dans le ruissellement total des bassins.

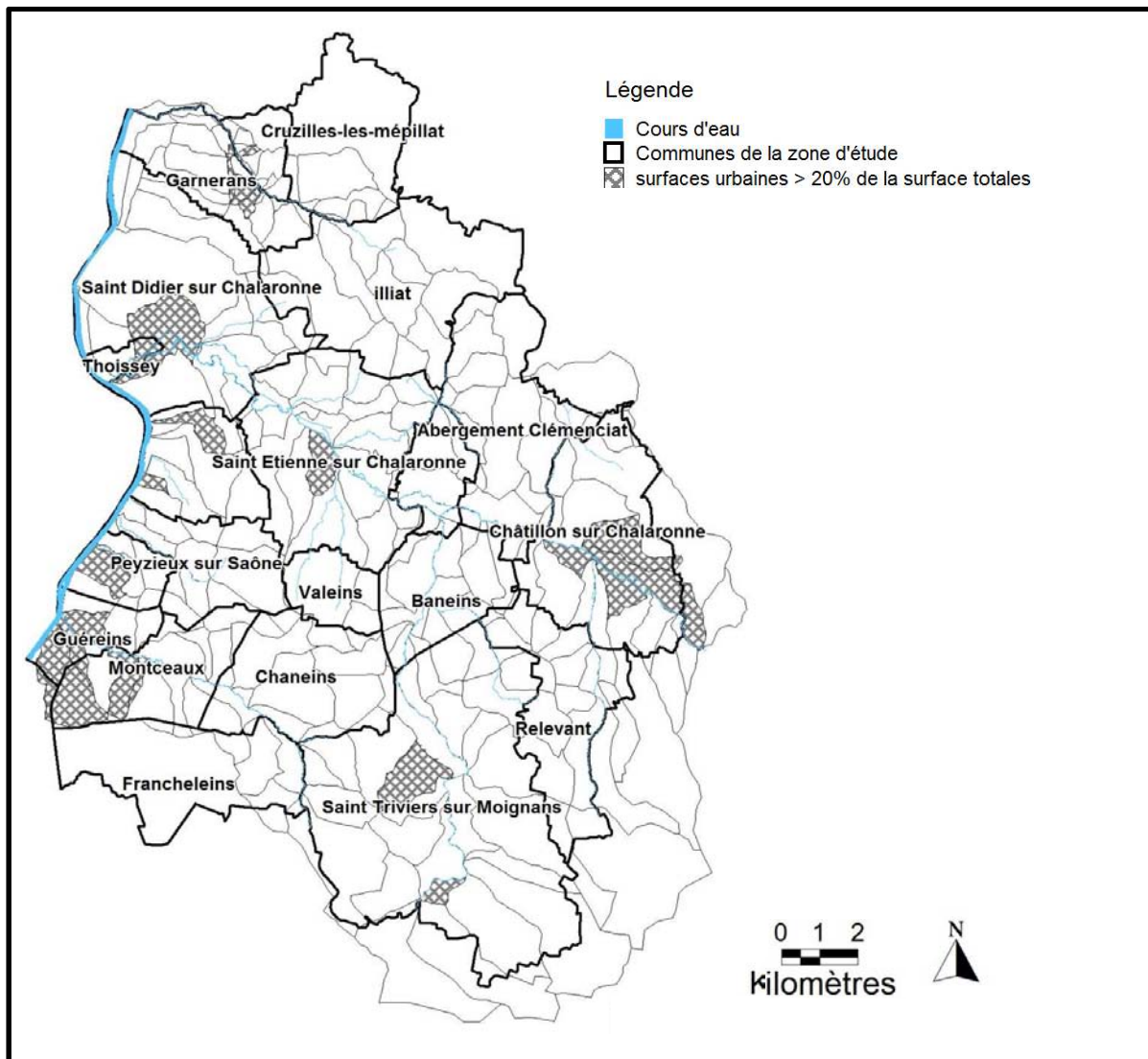


Figure 29 : Zones à caractère « urbain » important

On observe que peu de bassins présentent le caractère « urbain ». Il faut cependant modérer ce constat car ce caractère « urbain » est basé sur la cartographie de l'occupation du sol datant de 2000 (nombreuses constructions depuis) et ne distingue pas toutes les infrastructures urbaines (axes de transports notamment). D'après les données de l'Insee, la population du territoire (21 communes) a fortement augmenté entre 1999 et 2006 (taux de croissance moyen de 1,9% par an). En considérant donc que le caractère urbain représenté sur la Figure 29 est sous-estimé, on peut identifier les centres bourgs des principales villes de la zone d'étude, à savoir Châtillon sur Chalaronne, Saint Etienne sur Chalaronne, Saint Didier sur Chalaronne,

Guéreins et Garnerans, comme des zones où la gestion des eaux pluviales urbaines devra être prise en compte.

### **3.1.3 Typologie de bassin versant associant des panels de mesures de gestion aux risques érosion/ruissellement/vitesses des écoulements.**

Les deux indicateurs et la typologie primaire permettent de dégager les principaux enjeux de chaque bassin versant. Il est ainsi envisageable d'attribuer à chaque type de bassins versants et selon ses enjeux identifiés, un code « mesure » correspondant à un ensemble de mesures de lutttes contre le ruissellement, l'érosion et/ou visant à ralentir les flux d'eau sur les versants (cf. 3.2). Ainsi on distinguera :

- Les mesures de gestion concernant la lutte contre l'érosion des sols (mesures à l'échelle parcellaire) : Code « ER»
- Les mesures de gestion des volumes d'eau ruisselée (mesure plutôt à l'échelle parcellaire et du bassin versant) : code « RU »
- Les mesures de gestion visant à ralentir les débits de crues sur les zones de versants (mesures à l'échelle parcellaire et du bassin versant) : code « P»
- Les mesures visant à prendre en compte les eaux pluviales en zones urbaines : code « U ».

La Figure 30 récapitule le croisement des indicateurs pour chaque type de bassin versant (PL, PLVV, PLVVP, VV, V). Les mesures « U » seront présentées dans une partie distincte (elles n'apparaissent pas dans la Figure 30), puisqu'il s'agit de mesures pouvant s'ajouter aux mesures précédentes selon les superficies urbanisées.

Lorsque plusieurs codes mesures s'appliquent, le code final reprend chacun des codes des mesures individuelles (ex : volume ruisselé important et érosion potentielle forte : code « RU-ER »,...). Par ailleurs, les cases vides correspondent soit à une absence de mesure (pas d'enjeux forts), soit à des cas n'existant pas sur la zone d'étude. Enfin, afin d'alléger la figure, les mesures pour les bassins de types « Vallée » et « Plateau » ont été résumé deux codes (ruissellement RU et érosion ER). En effet, les autres enjeux n'ont pas été identifiés pour ces deux types de bassins.

Des fiches récapitulatives (une par codes mesure) avec les mesures de gestion appropriées aux enjeux ont été réalisées. Un exemple d'une de ses fiches est présenté plus loin (cf. § 3.2.2).

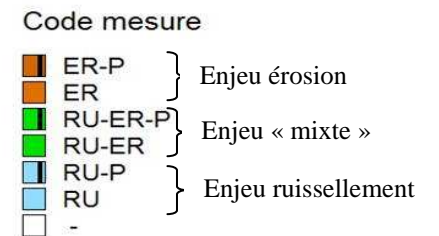
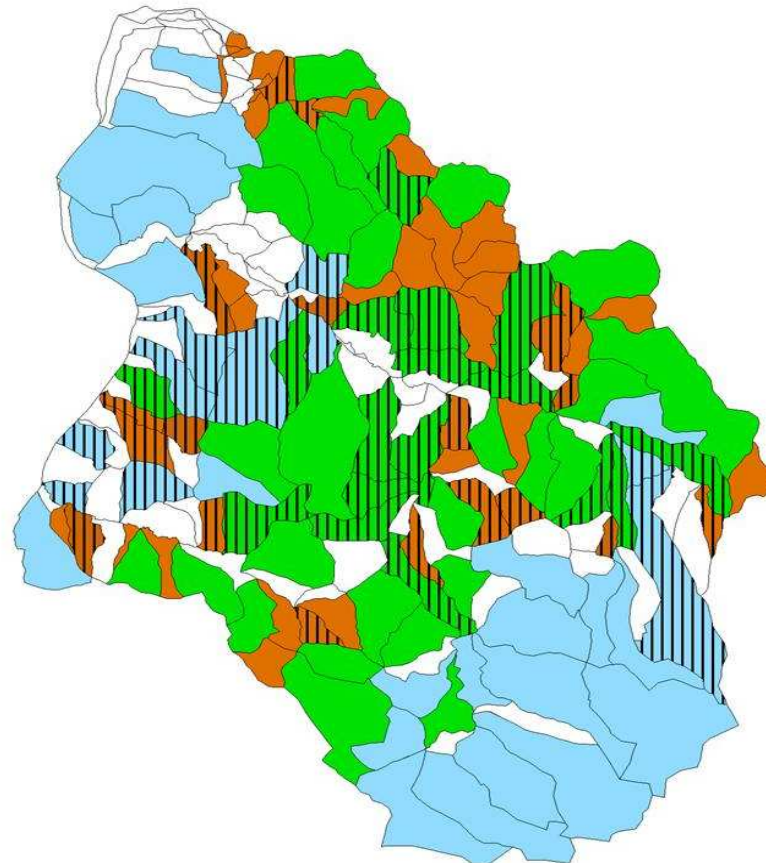
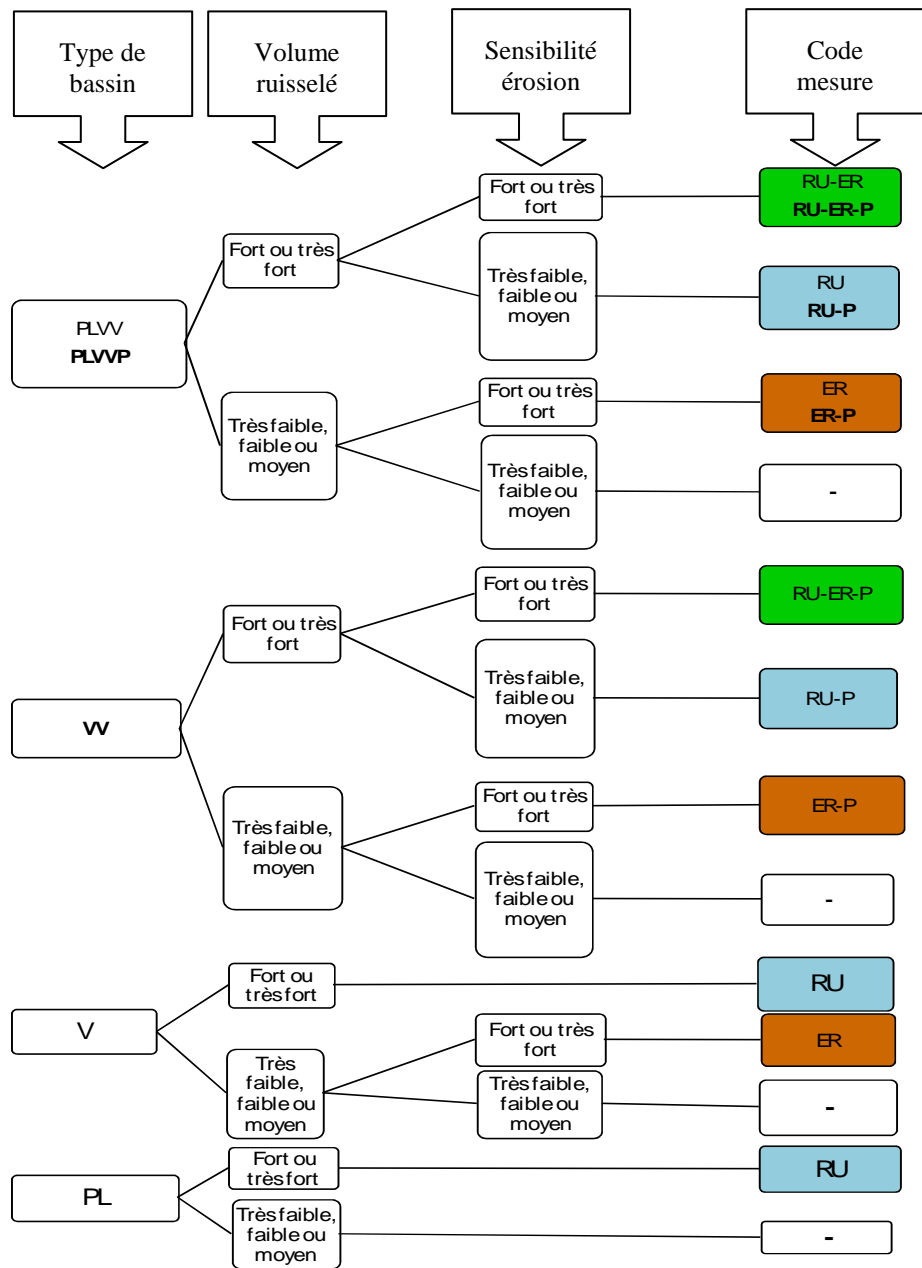


Figure 30 : Code mesure des bassins versants de la zone d'étude (typologie secondaire)



## **3.2 Propositions de mesures de gestion**

Les inondations et la dégradation des ressources naturelles (érosion des sols, qualité de l'eau) poussent les collectivités locales à agir. Actuellement, des mesures « curatives » sont en cours de réflexion afin d'assurer en premier lieu la protection des personnes et des biens. Ces solutions, du type bassin écrêteur de crue, digue de sur-inondation, ont leurs limites et sont particulièrement coûteuses<sup>8</sup>. La recherche de solutions « préventives » efficaces et moins onéreuses pousse à prendre le problème à son origine : limiter le départ de fines ou favoriser la sédimentation le plus en amont possible, favoriser l'infiltration sur place ou stocker localement et temporairement l'eau.

La première partie expliquera les différentes solutions disponibles aux gestionnaires des cours d'eau et agriculteurs en fonction du contexte local de l'étude, avec les dispositifs d'aides financières existants. La deuxième partie présentera un exemple d'application de ces solutions, selon les enjeux des bassins versants déterminés précédemment.

### **3.2.1 Technique de lutte contre l'érosion et le ruissellement**

#### a) Les mesures agronomiques et les aménagements en milieu rural

Les solutions de lutte contre le ruissellement et celles contre l'érosion en milieu agricole sont intimement liées, du fait des processus de formation de ces deux phénomènes. Ainsi, les solutions proposées seront très souvent les mêmes, mais leurs localisations et leurs combinaisons devront se faire en fonction des objectifs suivants : augmenter l'infiltration, mettre en place des actions anti-érosives, laminar les crues ou encore gérer les débits. Plusieurs échelles d'action existent : la parcelle, les abords de parcelles (inter-parcellaire) et le bassin versant. Selon l'échelle, les réflexions de mises en place de ces solutions seront d'ordre individuelles (parcelle) ou collectives (inter-parcellaire et bassin versant).

#### ▪ *Les techniques à l'échelle parcellaire*

Il s'agit de techniques permettant de réduire le ruissellement et l'érosion à la source (limite les flux d'eau ruisselée et le départ de particules) ou de retenir les flux solides et liquides sur la parcelle.

#### Des pratiques culturales adaptées

Des solutions agronomiques permettent d'augmenter la capacité d'infiltration du sol. De ce fait, les flux d'eau ruisselée en sortie de parcelle sont diminués, ce qui limite la force des écoulements, et donc la mobilisation des particules de terres. On peut notamment citer un travail de sol peu affiné (uniquement sur l'inter-rang pour la culture de maïs), le déchaumage rapide après récolte (décompacte le sol après le chantier de récolte), le binage ou l'écroûtage (destruction de la croûte de battance sur l'inter-rang), ou encore la couverture des sols lors de l'interculture (détails et outils conseillés présentés en annexe 9). A titre d'information, une

---

<sup>8</sup> Ces mesures « lourdes » et leurs coûts font l'objet d'une étude menée en parallèle par un bureau d'étude (étude post crue).

parcelle de limon fraîchement travaillée infiltre entre 30 et 60 mm/h, contrairement à une parcelle avec une croûte de battance développée qui n'infiltre plus qu'entre 1 et 10 mm/h).

Certaines de ces solutions agronomiques sont regroupées sous l'appellation « Techniques simplifiées » (ou « Techniques Sans Labour » (TSL)). Les TSL (détaillées dans l'annexe 10) combinent plusieurs effets positifs sur le ruissellement et l'érosion (maintien des résidus en surface pour réduire l'érosion, amélioration de la stabilité du sol (résistance à l'arrachement), augmentation de la porosité et donc l'infiltration en surface,...).

Ces pratiques agronomiques semblent se développer progressivement sur le territoire de l'étude. La moutarde est la principale culture intermédiaire utilisée. Elle présente de nombreux avantages (type CIPAN<sup>9</sup>, augmente la MO en surface) et sa destruction est facilitée par le gel. Les TSL sont également peu à peu mises en place par les agriculteurs. Ces techniques simplifiées sont perçues comme une modernisation du travail agricole. Avec moins de temps passé aux champs, et donc des coûts diminués, les TSL permettent un travail plus adapté au contexte local des sols battants.

Néanmoins, la conversion en TSL, ou l'adaptation d'une pratique agricole particulière sont des changements profonds du raisonnement agronomique. Un matériel spécifique et une réflexion sur le système d'exploitation global sont indispensables. Ce sont avant tout des moyens permettant de répondre à des enjeux ciblés, tels que l'érosion.

#### Les prairies, le reboisement

Les prairies et les bois ralentissent les écoulements sur les zones de versants notamment, tandis que dans les vallées, ils favorisent l'infiltration et la sédimentation. La reconversion de surfaces de grandes cultures en prairies ou en bois (sur des zones pertinentes) est une piste intéressante à explorer. Elle est cependant difficilement acceptée par les agriculteurs, sauf peut-être par les éleveurs qui pourront les valoriser en pâturage. Cette mesure pourra bénéficier d'un soutien financier (cf. § *Les dispositifs de financements*, page 36). Le recours à l'achat de certaines parcelles pertinentes pourra exceptionnellement être une solution pour la collectivité, avec la mise en place d'un fermage pour l'exploitation et l'entretien de la prairie.

#### Les mares

Les mares permettent d'écrêter les pics de crues et favorisent la sédimentation. Traditionnellement présentes dans la région (sols imperméables, activités d'élevage), on en dénombre beaucoup moins aujourd'hui (comblement volontaire ou abandon), au profit notamment des évolutions de l'agriculture (remembrement, drainage, diminution des élevages), et à l'urbanisation. Très efficaces et présentant peu de contraintes une fois réalisées (entretien raisonné avec curage, débroussaillage, enlèvement des déchets, fauchage), les mares doivent avoir un débit de fuite vers le réseau naturel, assurant ainsi « la libre circulation de l'eau » (article 640 et 641 du Code Civil).

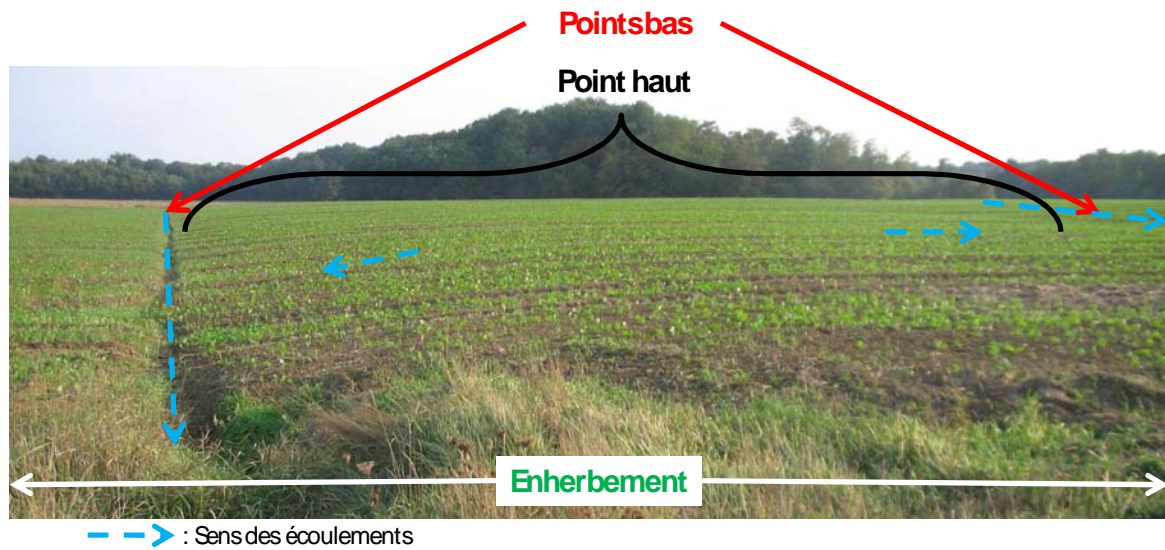
#### Le modelé des parcelles cultivées

Sur certaines parcelles de la zone d'étude, le léger vallonnement naturel est accentué mécaniquement par les agriculteurs (générer des « points hauts » et plusieurs « points bas », augmenter la microtopographie de l'ordre de quelques dizaines de centimètres seulement), permettant ainsi de modérer la concentration des flux et de diriger les écoulements (Figure

---

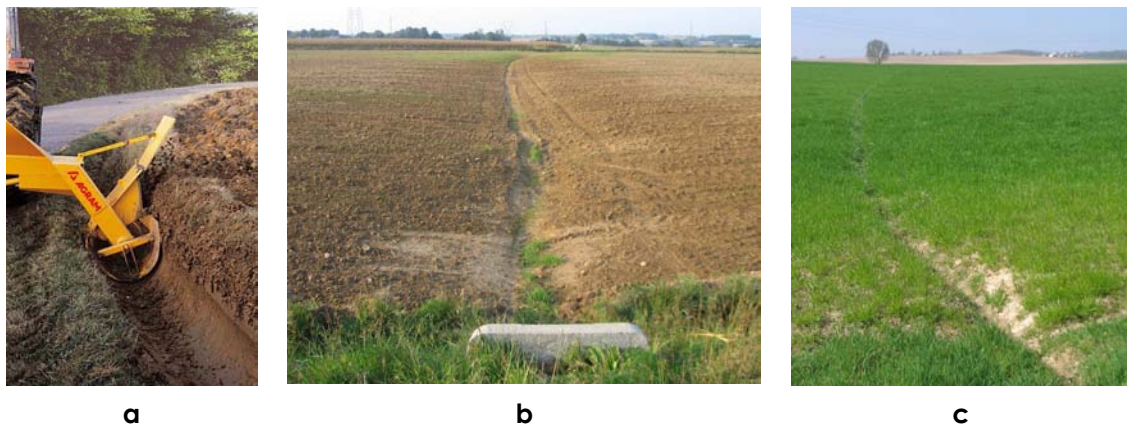
<sup>9</sup> Culture Intermédiaire Piège A Nitrates

31). Cette solution pourrait être envisagée sur les autres zones de plateau pouvant se prêter à ce léger « remodelage », et si possible perpendiculaire à la pente.



**Figure 31 : Principe du modelé des parcelles cultivées**

Ce léger vallonement ne revient cependant pas à créer une simple rigole en milieu de parcelle. Sur la zone d'étude, les parcelles sont souvent drainées en surface, à l'aide de ces petites rigoles, du fait de la faible infiltrabilité des sols (Figure 32a). Ce système de drainage peut cependant accélérer les débits solides et liquides à l'aval si la pente de versant est supérieure à 3% et/ou lorsque ces rigoles ne sont pas enherbées. On peut alors constater l'arrachement des particules du sol au niveau de cette rigole (Figure 32b), ou encore la sédimentation des fines sur l'aval (Figure 32c).



**Figure 32 : passage de la rigoleuse (a, source : site agram), rigoles sur un sol nu (b, Avril 2009), et dans champs de blé (c, Juillet 2009)**

### ▪ *Les techniques à l'échelle inter-parcellaire*

L'annexe 11 présente deux tableaux récapitulatifs de l'ensemble des solutions proposées ci-dessous, avec leurs modes d'action chiffrés (ex : pourcentage de sédiments retenus), ainsi que leurs principaux avantages et inconvénients (entretien, intérêts parallèles, coûts).

#### Les bandes enherbées

En augmentant la rugosité de surface, ces dispositifs facilitent la micro-rétention locale, l'infiltration et la sédimentation. Les bandes enherbées (largeur minimum de 5 mètres) sont très développées en bordures de cours d'eau, et de fossés (enjeux pollutions diffuses, soutenus par des fonds européens), mais peu rencontrées ailleurs. Ces dispositifs sont cependant aussi efficaces lorsqu'ils sont positionnés à la perpendiculaire des écoulements (frein hydraulique), ou encore sur les chemins préférentiels de l'eau (évite l'incision et ralentit les écoulements). La Figure 33 présente plusieurs zones pertinentes pour l'implantation d'une bande enherbée.

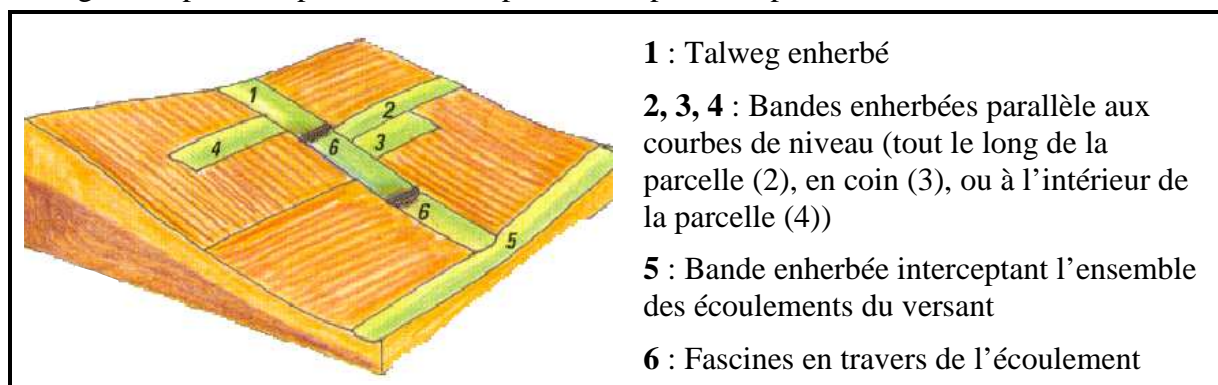


Figure 33 : illustration bandes enherbées et fascines (source : pôle de compétence « sol et eau » de Haute-Normandie)

Cependant, selon leur positionnement, ces bandes enherbées seront plus ou moins faciles à mettre en place par les agriculteurs. En effet, les bandes en milieu de parcelles (talweg<sup>10</sup>, rupture de pente) nécessitent une manipulation supplémentaire des engins agricoles à chaque passage, ce qui ne favorise pas leur implantation. Concernant l'enherbement des ruptures de pente (création d'une discontinuité des écoulements entre le plateau et le versant), une commune voisine (Beynost) a notamment profité du remembrement pour acquérir des bandes de terrain en rupture de pente et implanter des prairies permanentes. L'acquisition foncière (communes, syndicat) est en effet une solution afin d'enherber ces zones pertinentes. De plus, une animation plus importante sur ces dispositifs permettrait de les développer sur les zones fortement ravinées et/ou en amont de celles-ci.

#### Les fossés

Réaliser pour drainer les parcelles agricoles des terres argileuses, les fossés peuvent également contribuer au stockage temporaire de volumes d'eau et à la sédimentation (perpendiculaire à la pente, enherbés, méandres). Cependant, afin d'assurer au mieux ces rôles « secondaires », les fossés ne doivent pas être curés trop souvent (effet « autoroute »), comme on peut encore le constater sur des fossés gérés par des associations foncières agricoles. La végétation doit également être entretenue. La phase d'enquête montre un réseau dense, mais recense plusieurs problèmes de débordements et d'érosion de voiries. Dans la plupart des cas, les fossés en question étaient comblés de sédiments ou mal dimensionnés. Lors des opérations

<sup>10</sup> « Chemin préférentiel de l'eau » sur la parcelle (inflexion naturelle)

d'entretien (d'après le cahier technique sur le curage des canaux et fossés de l'ADEV Sud-Vendée), il est préconisé dans la mesure du possible de travailler premièrement par tronçon. On évite ainsi l'effet « autoroute » en cas de fortes pluies, et facilite par ailleurs le « réensemencement » de la végétation d'un tronçon à un autre. Puis deuxièmement il est conseillé de favoriser un gabarit du fossé de forme trapézoïdale (un angle de parois n'excédent pas 70° diminue le risque d'effondrement).

Des obstacles aux écoulements (perpendiculaire au sens d'écoulement), tels que des redents<sup>11</sup>, des ballots de pailles (à renouveler) ou des fascines<sup>12</sup> en bois (fixes ou mobile), permettent de piéger les sédiments dans les fossés. Un curage raisonné (en fonction des dépôts) à l'amont de ces obstacles est recommandé pour que ces aménagements soient efficaces sur le long terme.

### Les haies, les talus et les fascines

Ces obstacles aux écoulements permettent de limiter la concentration des ruissellements et ont un rôle important dans la retenue des particules solides. Les haies ont peu à peu été arrachées, ou abandonnées. Leur maintien ou replantation dépend beaucoup des compensations financières proposées aux agriculteurs (cf. Les dispositifs de financements).

Les fascines ne se rencontrent pas sur les parcelles ni en bordures (ralentissement des écoulements, sédimentation) dans le périmètre de la zone d'étude. Leur coût (entre 60 et 80€ si appel à une entreprise) est l'un des principaux freins à leur développement.

Des fascines vivantes ou mortes sont envisageables et présentent chacune leurs avantages (évolution en haie pour les fascines vivantes, possibilité de déplacer l'ouvrage pour les fascines mortes). Le gabion (panier en grillage remplis de pierres, cailloux ou galets) est un aménagement très coûteux, mais davantage résistant si des torrents d'eaux boueuses se présentent. Ils ont par exemple été mis en place dans le cas de la gestion des débits torrentiels de certains fossés sur la commune de Beynost.

Les talus pourraient être envisagés en bordures de parcelles et perpendiculaires aux écoulements, mais surtout pas le long des cours d'eau, les empêchant ainsi de débordés et donc favoriser la concentration des flux (liquides et solides).

### Favoriser les retenues temporaires au niveau des buses

Sur certains fossés des terres agricoles, une légère diminution du diamètre des buses permet de créer des micro-retenues d'eau, provoquant un débordement à l'amont des fossés. Cette solution est à envisager au cas pas cas, en fonction de la topographie locale, du type de couvert qui sera inondé (les zones de prairies et de bois seront favorisées), mais aussi et surtout du bon vouloir des exploitants et propriétaires (car cela implique l'inondation des terres en amont). L'achat et l'installation d'une nouvelle buse pourrait éventuellement être pris en charge par le SRTC (réflexions en cours), mais il reste encore à trouver les zones pertinentes, et les exploitants ouverts à ce principe (sensibilisation).

---

<sup>11</sup> Obstacles en terre tassée ou en pierre, permettant de piéger les sédiments à l'amont

<sup>12</sup> Branches de saules ou de plants adaptés au milieu aquatique, attachées solidement ensemble par du fil de fer galvanisé et fixés au moyen de pieux enfoncés tous les 80 cm par battage mécanique (génie végétal).

- *Les techniques à l'échelle du bassin versant*

### L'organisation parcellaire

La diversification des cultures sur un même bassin versant, la limitation de la surface des parcelles, ou encore la limite de parcelles à 15-20 m avant la rupture de pente, sont autant de critères qui influent positivement sur le ruissellement et l'érosion (Le Bissonnais et *al.* (2003)). Cependant, ces solutions sont difficilement applicables, tout du moins sur le court terme. La forme traditionnelle de nombreuses parcelles (la plus grande longueur des parcelles parallèle à la ligne de plus grande pente des versants) ainsi que la multiplicité des exploitants agricoles sur un même bassin versant rend difficile les échanges avec la profession agricole. La sensibilisation et les soutiens financiers semblent être les outils les plus adaptés pour faire évoluer les pratiques.

### La combinaison des mesures de lutte

Une réflexion à l'échelle du bassin versant est essentielle et indispensable pour réduire significativement les risques. La combinaison des mesures proposées est donc nécessaire pour lutter efficacement contre l'érosion des terres agricoles et le ruissellement superficiel (Figure 34). Le syndicat et son périmètre d'action, découpé selon les bassins versants de cinq affluents de la Saône, permettent cette réflexion « de bassin » et la concertation entre les différents acteurs (élu, associations, profession agricole, services de l'état, et simples citoyens).

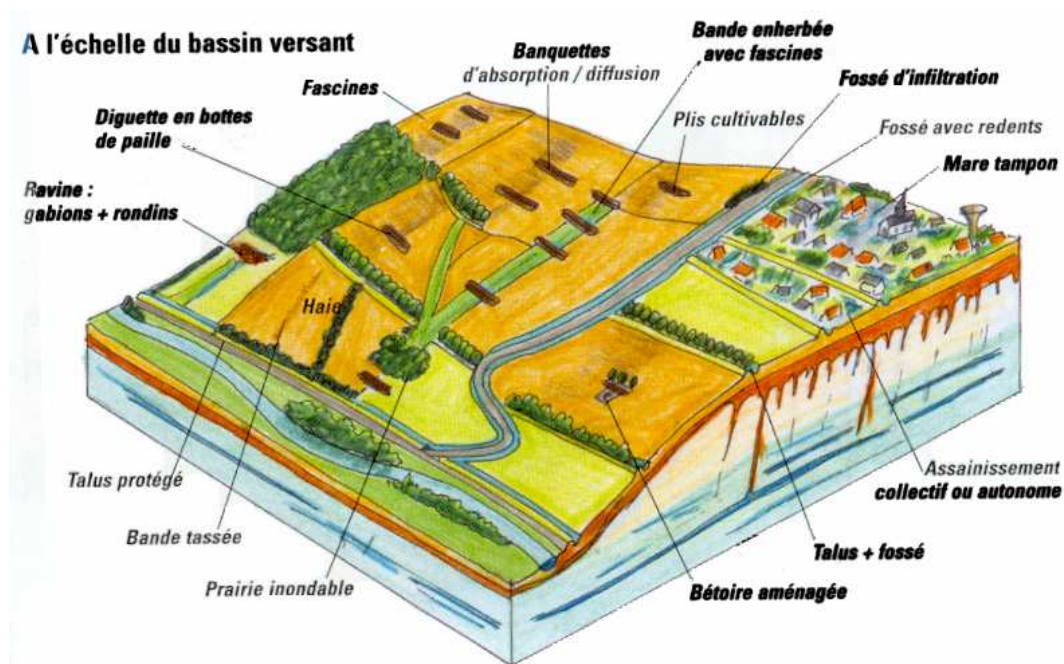


Figure 34 : exemple de positionnement et de combinaison de différents aménagements d'hydraulique douce (source : pôle de compétence « sol et eau » de Haute-Normandie)

- *Les dispositifs de financements (Tableau 2)*

La mise en place d'une stratégie de lutte contre l'érosion et le ruissellement coûte en argent et/ou en temps, et si ces investissements ne sont pas aidés ou compensés, l'agriculteur peut refuser de changer ses pratiques.

Plusieurs aides existent ou sont envisageables à moyen terme sur les territoires de Chalaronne. Premièrement, les aides financières encouragent l'adoption de certaines pratiques souhaitées par l'Etat ou l'Europe.

Les Mesures Agro-environnementales Territorialisées (MAET), financées par l'état, l'Europe et la région Rhône-Alpes : Lorsque l'exploitant souscrit à une MAET, il s'engage sur une période de 5 ans à respecter un cahier des charges précisément défini. Trois mesures sont actuellement proposées aux agriculteurs depuis 2008 (mesures à enjeux pollutions diffuses : bandes enherbées, limitation de fertilisation et l'entretien de haies). Le SRTC envisage de proposer d'autres mesures en lien avec le ruissellement et l'érosion, telles que la restauration de mares, le soutien aux cultures intermédiaires et le retour en herbe. Cependant, s'agissant d'aides financières impliquant un engagement sur 5 ans de la part de l'agriculteur, la question se pose sur la pérennité des changements de pratiques encouragées par ces subventions. Il ne s'agit pas en effet de retourner une prairie au bout des 5 ans, ni d'arracher les haies. L'animation de ces mesures, en parallèle aux dossiers de demandes de subvention, est indispensable pour convaincre durablement les agriculteurs.

Le Plan Végétal pour l'Environnement : L'investissement dans du matériel agricole permettant de lutter contre l'érosion (matériels améliorant les pratiques culturales ou permettant l'implantation de cultures intermédiaires) peut être aidé à hauteur de 40% par l'Etat et les Agences de l'Eau. Les bénéficiaires de ce soutien financier doivent être dans le zonage régional « enjeu érosion » piloté par la DDAF. Au vu des résultats précédents, le SRTC va engager des discussions pour intégrer certaines des communes du SRTC dans ce zonage.

Les aides publiques : Les collectivités peuvent soutenir ponctuellement ces mesures de gestion. Dernièrement, un appel à projet régional « plantation de haies », financé par l'état, l'Europe et l'Agence de l'Eau RMC, a permis de conduire à la plantation d'une douzaine de kilomètres sur les territoires aval.

Deuxièmement, le SRTC envisage la mise en place d'une « équipe rivière », ayant pour rôle l'entretien et la restauration des cours d'eau. Certaines techniques comme le fascinage (réalisation de fascines) sont également utilisées pour la gestion des berges. Certains des aménagements proposés précédemment pourront alors être réalisés par cette équipe technique (matériel à disposition et formation en génie végétal).

**Tableau 2 : Estimation des coûts et dispositifs de financement**

Solutions	Dispositifs de financements	Indemnités possibles/ Estimations des coûts	Financeurs
<b>Bandes enherbées</b>	MAET « bandes enherbées »	369€/ha/an	Etat, EU, Région Rhône-Alpes
<b>Fossés</b>	MAET « entretien de fossé »	0,57€/ml/an (=2,85€/ml/5ans)	Etat, EU, Région Rhône-Alpes
<b>Mare</b>	MAET « entretien et restauration des mares »	55€/an (1 curage/5ans)	Etat, EU, Région Rhône-Alpes
<b>Pratiques culturales favorables</b>	PVE	Soutien à 40% pour les investissements dans du matériel agricole adapté (liste en annexe 12)	Etat, Agence de l'Eau RMC
<b>Haies</b>	MAET « entretien de haies »	0,19€/ml*/an pour 1 côté 0,34€/ml/an pour 2 côtés	Etat, EU, Région Rhône-Alpes

	Appel à projet régional « haies bocagères »	15€ HT	Etat, Agence de l'Eau RMC, EU
<b>Fascines</b>	Equipe rivière ?	60/80€ ml*	SRTC
<b>Gabion</b>	-	200€/m <sup>3</sup> (sur 100cm*120cm)	-
<b>Prairies</b>	MAET « retour en herbe » / MAET « limitation de fertilisation »	290€/ha/an / 99,90€/ha/an	Etat, EU, Région Rhône-Alpes
<b>Cultures intermédiaires</b>	MAET « cultures intermédiaires »	86€/ha/an	Etat, EU, Région Rhône-Alpes

\*mètre linéaire

## b ) Les mesures d'hydraulique urbaine

Historiquement positionnées dans les fonds de vallées, les villes du territoire « reçoivent » les eaux des terres agricoles en amont. Les mesures précédentes visent à ralentir et diminuer ces ruissellements des zones amont vers l'aval. Les problèmes d'inondation ne viennent cependant pas uniquement de ces ruissellements « amont », mais des limites de la gestion traditionnelle du « tout au réseau » des eaux pluviales urbaines. Il faut désormais intégrer les aspects aussi bien techniques (réseaux, canalisations), qu'hydrologiques (réflexions à l'échelle du bassin versant) et socio-économiques (quels ouvrages, à quels coûts et quels gains pour la population?) dans l'aménagement urbain.

Actuellement, les communes des territoires aval de la Chalaronne ne disposent pas de gestion particulière des eaux pluviales (pas de maîtrise des rejets ni des impacts sur le milieu naturel). Par ailleurs, faute d'outils juridiques et certaines incohérences dans des PLU (anciens ou récents) sur la classification des zones constructibles par rapport aux risques réels d'inondation, on a pu observer la construction en zones inondables, ou sans restriction pour les aménageurs des débits maximum à rejeter dans les réseaux communaux. Les conséquences ont été des inondations plus importantes, notamment à cause d'une saturation des réseaux d'eaux pluviales et/ou d'assainissement des communes.

Dans un premier temps, les nouvelles technologies de gestion des eaux pluviales seront présentées puis, dans un second temps, un point sera fait sur les outils disponibles et parfois inconnus permettant d'aider les décideurs.

### ▪ *Des nouvelles technologies pour une meilleure gestion des eaux pluviales*

Les solutions alternatives, souvent identiques à la gestion des eaux de ruissellement en zone agricole, peuvent s'appliquer à l'échelle individuelle (particuliers) et collective (infrastructures publiques). L'annexe 13 présente un panel de mesures de gestion des eaux pluviales et leurs coûts associés. Nous détaillerons ici les solutions retenues en fonction du contexte local.

De nombreuses techniques alternatives proposent l'**infiltration locale** des eaux pluviales, le plus en amont possible (« à la source »). Les aménagements tels que les puits d'infiltration ou les tranchées infiltrantes sont particulièrement efficaces. Ces solutions ont cependant leurs limites sur le territoire étudié. En effet, le caractère battant et argileux de la majorité des sols (Figure 24), rend les terrains particulièrement imperméables lors d'évènements pluvieux de longue durée ou de très fortes intensités. Ces solutions restent néanmoins envisageables pour



infiltrer les faibles précipitations. Leur connexion en réseau et un exutoire naturel contribuera au ralentissement du ruissellement lors des fortes pluies.

Par ailleurs, certains sols du territoire sont de nature sableuse, notamment en bordure de Saône (exemple de la commune de Garnerans). Ce sont donc des zones d'infiltration à privilégier. Dans ces régions infiltrantes, on pourra également penser aux matériaux de construction poreux pour le revêtement des voiries ou des parkings (Figure 35).

**Le ralentissement et le stockage temporaire** des eaux le plus en amont possible contribue également à la prévention des inondations à l'aval. On peut citer les aménagements de types fossés drainants, noues, mares, parking enherbés, bassin de rétention et toitures stockantes (végétalisées ou non).

Très présents sur le territoire, les fossés ne sont pas systématiquement gérés pour leurs potentiels de stockages temporaires ou leurs capacités de filtration des eaux, ni entretenus en conséquence. Les fossés et les noues<sup>13</sup> en zone urbanisées ont cependant de nombreux avantages (infiltration, ralentissement par la végétation, entretien facile, coût peu élevé, intégration paysagère). La faible infiltrabilité des sols du territoire déjà présentés implique que les fossés doivent être connectés en réseau. Il est par ailleurs indispensable d'assurer un entretien régulier pour limiter la stagnation d'eau (refus d'infiltration) et le colmatage des buses (débit de fuite diminué). De plus, il est envisageable tout comme en milieu rural d'installer des obstacles (redents), afin de créer des micro-retenues (Figure 35), et retenir les particules fines (limite le nombre de curages des ouvrages en aval).

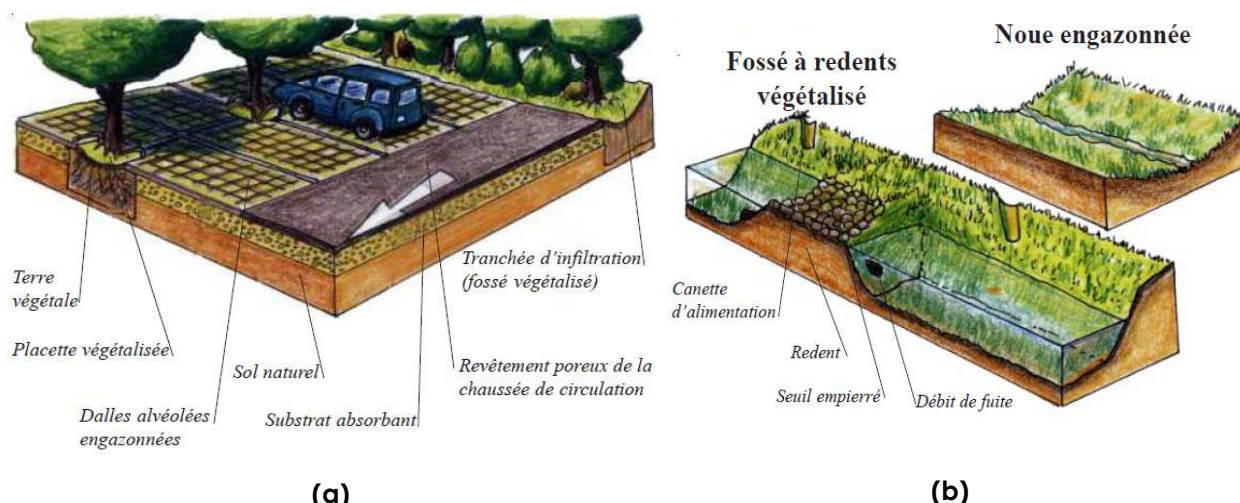
La restauration des mares en milieu urbain permet un stockage temporaire des volumes d'eau (déjà cité précédemment), tout en procurant un lieu de loisirs, et en sensibilisant les citoyens (panneaux descriptifs des sites aménagés).

Les bassins de rétention sont souvent utilisés lors d'aménagement de nouveaux lotissements, mais sans concertation avec les collectivités, et sans un débit de rejet maximum fixé (pour les rejets dans le réseau communal). Par ailleurs, ses bassins sont souvent dimensionnés pour une pluie de période de retour décennale, on peut se demander si cette pluie de référence est suffisante au regard des derniers événements pluvieux. Les collectivités peuvent imposer certaines obligations aux aménageurs en termes de rejets des eaux pluviales (cf. § *les outils adaptés pour aider les collectivités*).

Les toitures stockantes restent encore marginales sur le périmètre du syndicat, même pour les nouvelles constructions. Cette technique nécessite de repenser l'architecture locale (pente de toit inférieure à 2%), et donc une évolution de l'imaginaire collectif. Une sensibilisation des riverains, des élus et des lotisseurs serait une manière de faire découvrir cette alternative au grand public et ainsi faciliter son implantation.

---

<sup>13</sup> Une noue est un fossé peu profond et large servant au recueil, à la rétention et/ou l'infiltration des eaux pluviales.



**Figure 35 : schéma de principes du revêtement poreux (a) et de du stockage temporaire dans les noues et fossés (b), (source : arehn)**

Enfin, tout comme pour les mesures proposées sur les terrains agricoles, les solutions de gestion des eaux pluviales seront efficaces si elles sont raisonnées à l'échelle du bassin versant, et combinées. Les ouvrages plus « lourds » tels que les digues de sur-inondation, ne sont pas présentées ici, faisant l'objet de l'étude post crue menée en parallèle à celle-ci.

- ***Des outils adaptés pour aider les collectivités***

Pour faire face aux problématiques « inondation » et « ruissellement en zone urbaine », des outils sont à la disposition des décideurs, afin de concilier planification urbaine (documents d'urbanismes) et gestion durable des milieux aquatiques (documents spécifiques à la gestion de l'eau).

L'articulation de ces différents outils est nécessaire pour aborder la gestion des eaux pluviales et tenir compte de la qualité de la ressource, d'une limitation des risques naturels et du développement urbain.

Quelques exemples :

- Le Code de l'Environnement (Article R 214-1 modifié par le décret n°2008-283) liste les rejets d'eaux pluviales soumis à autorisation ou déclaration au titre de la loi sur l'eau (LEMA, du 30/12/06) :

« Rejet d'eaux pluviales dans les eaux douces superficielles ou sur le sol ou dans le sous-sol, la surface totale du projet, augmentée de la surface correspondant à la partie du bassin naturel dont les écoulements sont interceptés par le projet, étant :

- 1° Supérieure ou égale à 20 ha (Autorisation) ;
- 2° Supérieure à 1 ha mais inférieure à 20 ha (Déclaration). »

Cet article implique qu'en cas de rejet direct vers le milieu, les travaux d'un aménageur sont soumis à déclaration ou autorisation (en fonction de la surface), mais qu'en cas de rejet dans le réseau communal, c'est la commune qui doit porter le dossier au titre de la loi sur l'eau.

- Le SCOT permet de fixer les grandes lignes sur l'évolution des agglomérations. Sur la question des eaux pluviales, le SCOT « Val de Saône-Dombes » (projet de modification, Juillet 2009) indique que les collectivités devront, par le biais de leurs documents d'urbanisme, prendre toutes les mesures visant à limiter les ruissellements à la source, à améliorer l'infiltration des eaux pluviales et à maîtriser leur écoulement et leur débit. Plusieurs techniques sont préconisées, telles que celles permettant un stockage momentané ou la limitation de l'imperméabilisation.
- Le PLU est un outil permettant notamment d'appliquer les préconisations du SCOT. Il peut par exemple imposer un contrôle sur les rejets d'eau pluviale des nouvelles constructions. Ainsi, il est souvent préconisé d'imposer des dispositifs appropriés afin de limiter les débits évacués, de favoriser l'infiltration et/ou le rejet au milieu naturel, ou encore de traiter les rejets allant au réseau communal (bassin de décantation). Il est également possible de classer les haies dans le PLU. Ces haies ne pourront alors plus être arrachées sans la mise en place de compensations (replantation).
- La mise en place d'un zonage pluvial, volet du schéma directeur d'assainissement, est un outil réglementaire particulièrement adapté. Il permet de fixer des prescriptions cohérentes en fonction des spécificités locales. Par ailleurs, lorsqu'il est intégré au PLU, le zonage pluvial a plus de poids car il est alors consulté systématiquement lors de l'instruction des permis de construire.
- L'instruction des permis de construire : La signature du permis de construire implique que la commune donne son accord au système de rejets des eaux pluviales (EP) et des eaux usées (EU) proposé dans le permis. L'instruction du permis est donc dans l'absolu l'ultime étape où la commune peut prescrire certains aménagements ou certaines mesures de rejets des EP. Faute de personnel technique qualifié sur ces sujets dans les petites communes rurales, les élus sont souvent mal armés pour étudier en détail les solutions techniques proposées. Cet ultime recours est donc bien souvent peu utilisé.

Les documents d'urbanismes doivent aussi prendre en compte les directives du type de celles sur la loi paysage (loi n°93-24, du 08/01/1993) permettant la protection d'éléments du paysage tels que les haies ou les bois.

### **3.2.2 Exemple d'application locale en fonction des enjeux identifiés**

Les enjeux localisés et les « codes mesure » présentés dans la partie en début de cette troisième partie (Figure 30) permettent de préconiser localement certaines des mesures décrites précédemment. Un exemple d'application des propositions de mesures aux enjeux identifiés est présenté en Figure 36. Pour cet exemple, un bassin de type « RU-ER-P » (enjeux érosion, ruissellement, et accélération des débits) a été choisi. Il s'agit d'un bassin se déversant dans la Calonne et drainant 2,78km<sup>2</sup> (soit 7% de la surface du bassin versant de la Calonne). C'est aussi le bassin le plus contributeur en termes de volume d'eau ruisselée (près de 10% de la somme des volumes théoriques de l'ensemble des sous-bassins versants de la Calonne).

La page 44 présente un exemple de fiche récapitulative « code mesure » (les autres fiches sont présentées en annexe 14).

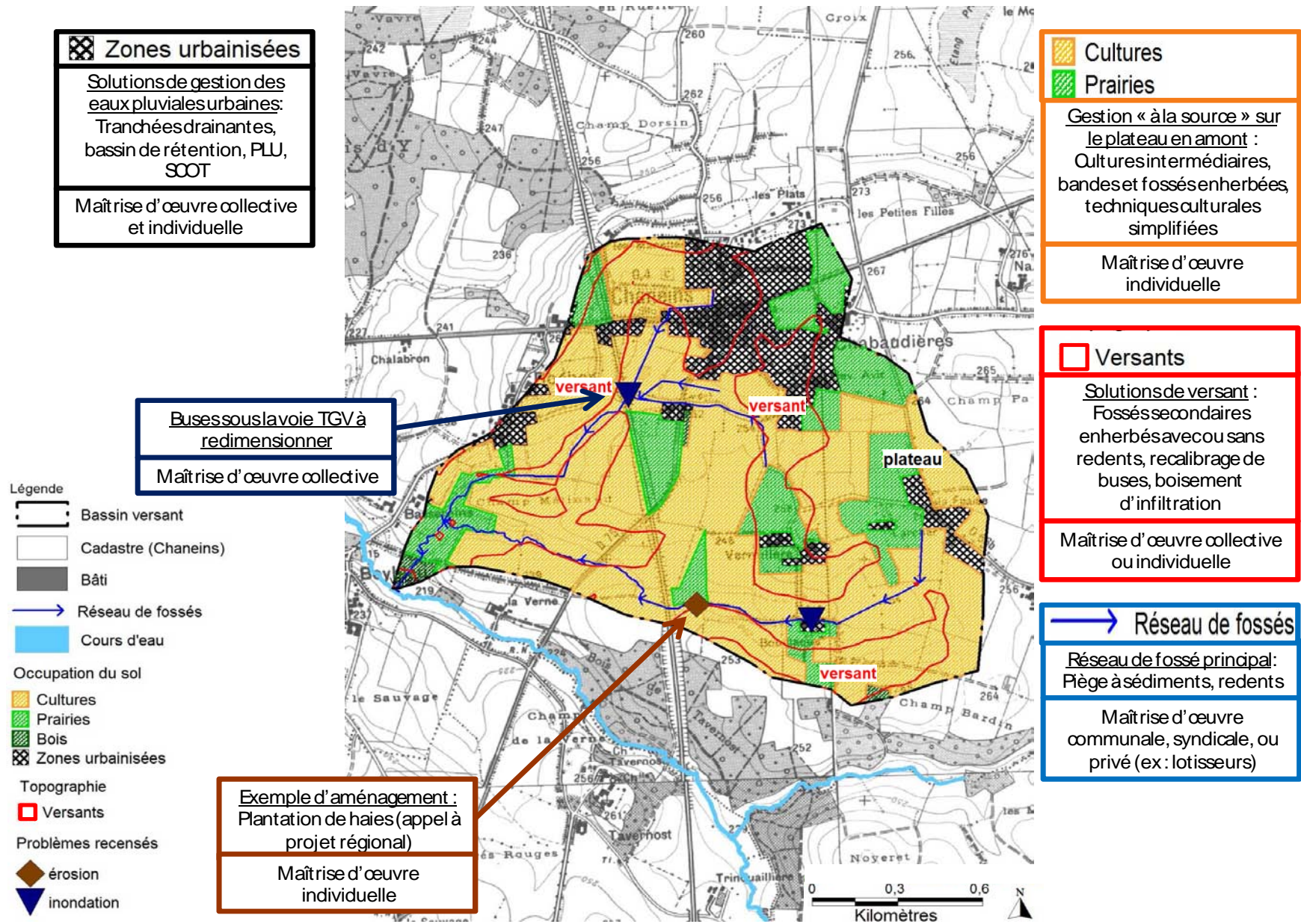


Figure 36 : Exemple de gestion d'un bassin versant de type "RU-ER-P"

## MESURES RU-P

Les mesures de type RU-P visent à limiter le ruissellement dès sa formation (échelle parcellaire) mais aussi une fois le ruissellement formé (échelle bassin). Le code P implique que le facteur pente entre en jeu et des mesures spécifiques aux zones de versants sont proposées.

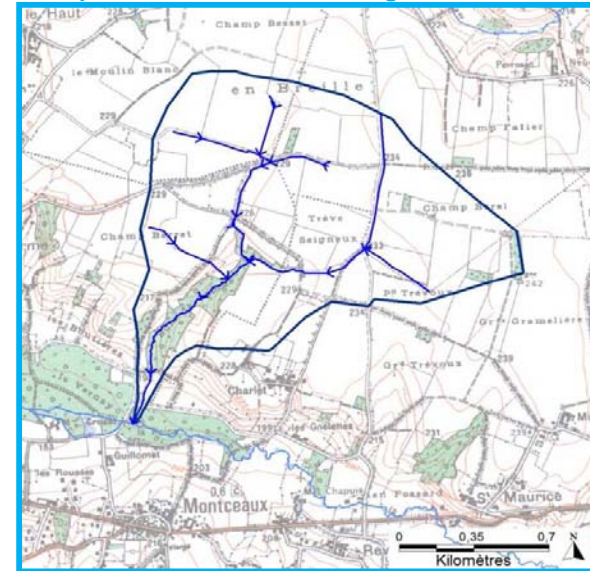
Description des bassins RU-P	unités	données globale zone étude	bassins à mesure RU-P*	
			PLVVP	VV
nb de bassins versants (bv)	ss bv	188	7	3
superficie moyenne des bv	km <sup>2</sup>	1,44	2,7	0,9
pourcentage de la surface totale de la zone d'étude	%	100	7	1
Volume ruisselé moyen	m <sup>3</sup>	24 198	42 933	23 816
sensibilité érosion	(indice)	3-4	2	2-3
pente de versant moyen	%	4	6,3	6,7

\*PLVVP : Morphologie « Plateau/Versant>5%/Vallée », VV : Morphologie « Versant>5%/Vallée »

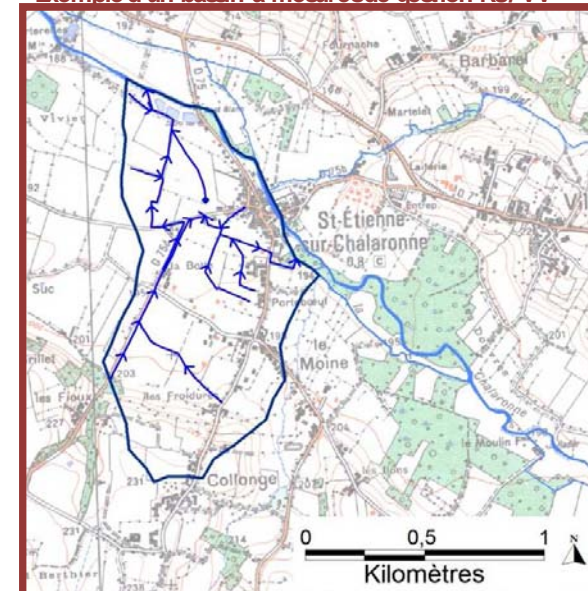
Mesure RU-P	Action sur l'infiltrabilité, le laminage des cue	Echelle d'action	maitrise d'ouvrage	Dispositifs de financements
Fossé simple ou à redents	+++ / ++	Parcelle / bassin	Privée, collective	MAET
Bandes enherbés	++ / ++	Parcelle	collective	MAET
<b>Mesures spécifiques RU P/PLVVP</b>				
Pratiques culturales favorisant l'infiltration (dont culture intermédiaire)	+++	Parcelle	Privée	PVE ?
Mares	+ / +++	Parcelle	privée	MAET
<b>Mesures spécifiques RU-P/VV</b>				
Sens du travail perpendiculaire à la pente	++ / ++	Parcelle	Privée	
Plantation de haies (ou petits merlons**) parallèle aux courbes de niveau	++ / +++	Parcelle / bassin	Privée, collective	Appel à projet régional

\*\*merlons : ici, petits talus de terre (mais non en bordures de cours d'eau ni de fossés)

Exemple d'un bassin à mesures de gestion RU/ PLVVP



Exemple d'un bassin à mesures de gestion RU/ VV



### 3.3 Analyse critique

#### 3.3.1 Validation et limites des résultats cartographiques

- *Précision des données*

Les données utilisées dans cette étude présente certains biais.

Notamment, la couche SIG d'occupation du sol, disponible au SRTC (étude 2005) est basée sur des photographies aériennes datant de 2000 (campagne IGN). Depuis cette campagne, les zones urbaines se sont développées, et une partie des prairies a été reconvertie en cultures. Ces dernières évolutions ne sont donc pas prises en compte. Par ailleurs, l'interprétation des clichés avait présenté quelques difficultés, notamment pour la distinction entre les prairies et les cultures sur certaines zones. De plus, la digitalisation de ces photographies en couche SIG (format vecteur) ne distingue que cinq classes d'occupation du sol (urbain, cultures, prairies, bois et étangs), ce qui simplifie nettement la réalité, notamment en terme de rugosité de surface.

La carte pédologique réalisée distingue à certains endroits des îlots de types de sols différents, parfois de faibles surfaces (quelques hectares). Basée en grande partie sur les données géologiques du BRGM, les limites des formations superficielles ont été conservées pour la cartographie des sols. Cependant, ces petites « inclusions » de sols sont de types similaires à ceux qui sont majoritaires. Par exemple, on observe plusieurs inclusions de « limons caillouteux de Dombes » correspondant aux dépôts morainitiques décrit par le BRGM, entourés de « limons de Dombes profond ».

Le recensement des réseaux de fossés et des problèmes d'inondation et d'érosion présente un biais propre à l'enquête. En effet, selon les communes, la cartographie d'après les dires d'experts locaux, a été plus ou moins précise, selon le nombre de personnes présentes et leurs connaissances. Dû en partie à ce biais et aux manques de précisions sur les caractéristiques des fossés (gabarit, enherbement), le réseau a été validé en partie, et n'a servi qu'à la délimitation des bassins versants. La phase d'enquête a fourni cependant beaucoup d'informations indispensables à l'étude.

- *Choix des indicateurs*

Les indicateurs utilisés dans cette étude sont le résultat de simplification des processus réels de genèse du ruissellement et d'érosion hydrique.

La méthode de calcul de l'indicateur « sensibilité des terrains à l'érosion » a été choisie par rapport à d'autres, pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les données nécessaires à l'application du modèle Aléa érosion développé par l'INRA étaient disponibles à des échelles suffisamment précises. En effet, adapté pour une analyse du phénomène d'érosion des sols à l'échelle nationale, le modèle a été testé et adapté pour des échelles plus fines (département. De l'Aisne, Le Bissonnais et *al.*, 2004). Quelques recommandations concernant l'échelle des données d'entrées pour une application locale sont précisées. Certaines simplifications ont cependant du être faites par manque de données, tels que celles concernant le caractère érosifs des pluies locales, ou l'intégration des superficies drainées par chaque pixel. De même, l'occupation du sol « Cultures » (carte disponible au SRTC) a été considérée comme « Terres arables » (entrée du modèle), c'est-à-dire comme surfaces homogènes, pouvant être à nu

pendant une période de l'année. On a fait l'hypothèse que la catégorie « Cultures » ne présentait pas d'éléments structurants de type haie ou fossé enherbé. Le modèle propose également l'entrée « zones agricoles hétérogènes », mais ces surfaces incluent des bosquets, des prairies temporaires et des bois, ce que les données disponibles distinguent assez bien.

De plus, la validation des résultats fournis par le modèle de type système expert, nécessite des observations de terrains, et des avis d'experts. Ce type de validation était tout à fait envisageable, contrairement à d'autres modèles, par exemple de type conceptuel, qui nécessite des mesures aux champs (quantités de sédiments quittant la parcelle par exemple), difficiles à réaliser au cours de cette étude (nécessite un site expérimental). Enfin, le choix de ce modèle s'est également basé sur la nombreuse bibliographie associés et les multiples exemples d'applications du modèle sur des territoires variés en France.

L'indicateur « volume ruisselé » a été calculé afin de hiérarchiser les bassins entre eux en termes de contribution aux crues. Leur répartition en cinq classes, correspondant aux quintiles, a été choisie après plusieurs tests statistiques (ACM, ACP), mais aussi afin de dégager une valeur moyenne correspondant au territoire.

#### ▪ *Représentativité des résultats*

La méthodologie élaborée pour le diagnostic est le fruit de nombreuses réflexions sur les résultats attendus (distinction des zones « érosives », « ruisselantes »,...). Les choix et hypothèses sont propres au contexte local des côtières du Val de Saône et de la Chalaronne, et ne sont pas extrapolables en dehors du périmètre de l'étude. Les résultats permettent de comparer les bassins versants de manière relative. Cependant, l'utilisation du modèle Aléa érosion connu et plusieurs fois éprouvé (en tenant compte des simplifications réalisées dans cette étude) permet de constater l'importance des phénomènes érosifs sur le territoire. Ceci pourra peut-être faciliter l'intégration des certaines communes dans le zonage érosion piloté par la DRAF. Les agriculteurs ayant leurs sièges d'exploitation dans ces communes pourraient alors éventuellement bénéficier de subventions PVE (Plan Végétal pour l'Environnement).

### **3.3.2 Les limites des mesures de gestion préconisées**

Les propositions de solutions sont basées sur des méthodes (pratiques culturales et aménagements) déjà testées ailleurs en France, notamment dans les régions Haute-Normandie et Picardie où l'érosion des sols est un enjeu important. La bibliographie et les expérimentations sont par ailleurs très développées dans ces régions et donnent des valeurs chiffrées sur l'efficacité des mesures. Les informations fournies lors des enquêtes communales et par l'animateur agricole du SRTC ont cependant permis de proposer les solutions les plus adaptées et envisageables à plus ou moins long terme sur le territoire de l'étude.

Ces mesures proposées manquent de détails sur les coûts qu'engendrent leurs applications. Pour ce qui concerne les changements de pratiques culturales, un article (Michaud, M. et Bourgain O., 2005) s'est penché sur les coûts de mise en place des pratiques agricoles limitant le ruissellement érosif. Cet article propose des méthodes d'évaluation des coûts (incluant le temps de travail) associés aux cultures intermédiaires, à l'enherbement et au désherbage mécanique.

Pour ce qui concerne les aménagements en milieu agricole et urbain, quelques chiffres d'estimation des coûts sont proposés dans les annexes 11 et 13.

## Conclusion et Perspectives

La présence de ravines et de zones de sédimentation ainsi que les récentes inondations montrent que le territoire est soumis à des événements pluvieux importants et intenses, engendrant des dégâts en milieu urbain et agricole. La compréhension des processus déclencheurs de ces phénomènes est nécessaire pour réfléchir aux moyens de lutte adaptés.

En réponse aux objectifs fixés, qui étaient d'étudier les processus de formation du ruissellement et de l'érosion des sols à l'échelle locale, cette étude présente un diagnostic « érosion-ruissellement » et des mesures de gestion associées aux enjeux identifiés.

En fonction de leurs caractéristiques, certains bassins versants sont sensibles à l'érosion, ou contribuent fortement aux volumes d'eau observés aux exutoires, ou les deux. La répartition des enjeux est très hétérogène à l'échelle des sous-bassins versants, mais on peut distinguer trois grandes régions sur la zone d'étude: les grands bassins versants du plateau de la Dombes, les bassins de la vallée de la Saône, et les côtières du Val de Saône et des cours d'eau principaux. Les deux premières régions présentent des enjeux plutôt liés à la quantité importante d'eau ruisselée à l'exutoire, tandis que la troisième combine les enjeux érosion et ruissellement.

L'échelle du sous-bassin versant devient pertinente lorsqu'on envisage des mesures de gestion locale appropriées aux enjeux rencontrés. De telles mesures sont proposées en fonction de leurs échelles d'application, parcellaires et sous-bassin versant.

Afin de développer au mieux les actions préconisées, il est essentiel de sensibiliser les populations et les décideurs politiques sur leurs influences sur ces enjeux. La majorité des solutions proposées dans cette étude sont en effet basées sur le volontariat, ou repose sur des décisions stratégiques des collectivités. L'application de certaines mesures pourra dans un premier temps bénéficier d'un appui technique et financier, notamment à travers le contrat de rivière. Mais au-delà de ses soutiens, c'est l'évolution des mentalités qui est recherchée, afin de pérenniser les bonnes pratiques et la prise en compte de la vulnérabilité des milieux.

La concertation de l'ensemble des acteurs est par ailleurs indispensable car c'est uniquement grâce aux réflexions à l'échelle du bassin versant que la mise en place de solutions efficaces sera réalisable.

Par ailleurs, une partie des solutions proposées pourra être mise en place à titre expérimental sur un site pilote en cours de réalisation et mené par le SRTC. Principalement orienter sur l'enjeu « pollutions diffuses », certaines des techniques proposées dans cette étude, également efficaces sur la limitation des transferts des produits phytosanitaires, pourront donc être préalablement testées à l'échelle de ce site pilote, tel que les fossés enherbés et les techniques culturales simplifiées. L'impact de ces pratiques et leur efficacité devra être suivi par des mesures de MES à l'exutoire des principaux fossés, en parallèle aux relevés pluviométriques.

Enfin, la réglementation française et européenne sur la gestion des eaux pluviales et du ruissellement agricole, notamment à travers le SDAGE et le SCOT, donne des grandes orientations sur la mise en place de meilleures pratiques. Reste à transcrire ces préconisations dans les dispositifs adaptés aux communes, tel que les PLU, et à sensibiliser la profession agricole.



## **BIBLIOGRAPHIE**

Ambroise B., 1998 : *Genèse des débits des petits bassins versants en milieu tempéré*. Revue des sciences de l'eau, Numéro 4, p. 471-495.

Angeliaume A., Wicherek S., 1997 : *Contribution d'un bassin versant élémentaire cultivé à la formation de crues*. Géomorphologie : relief, processus, environnement, Numéro 2, p.155-166.

Armand R., 2009 : *Étude des états de surface du sol et de leur dynamique pour différentes pratiques de travail du sol. Mise au point d'un indicateur de ruissellement*, Mémoire de Thèse.

Aurousseau P., Squividant H., Baqué M-C., Simon F., 1997 : *Analyse des facteurs de risque de transferts de pesticides dans les paysages. Etablissement d'une hiérarchie de ces risques : application au calcul d'un indice de risque par bassin versant et par parcelle*. Rapport de contrat pour l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 22 p.

Auzet V., 1987 : *L'érosion des sols cultivés en France sous l'action du ruissellement*, Annales de géographie, Année 1987, Volume 96, Numéro 537, p. 529 – 556

Balesdent J., 1996 : *Un point sur l'évolution des réserves organiques des sols en France*. Etude et Gestion des Sols, 3 (4) Numéro spécial, p. 245-260.

BOIFFIN J., 1984 : *La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies*. Thèse de docteur-Ingénieur de l'INA-PG, 320 p.

Brochure Haute Normandie, l'hydraulique douce

Brochure MAET Dombes et Veyle-Chalaronne, Janvier 2009

Bussière M., (1996) : *L'érosion des sols cultivés en France: manifestation, coûts, remèdes*. Mém. D.E.S.S., Univ. Picardie Jules Verne, 136 p.

Cahier technique, 2005 : *Curage des canaux et fossés d'eau douce en marais littoraux*, Des Touches H. (ADE Sud-Vendée), et Anras L. (Forum des Marais Atlantique).

Chambre d'Agriculture de l'Ain, 1987, d'après un ouvrage de Vinatier, 1986 : *Géologie du département de l'Ain, Les sols de Dombes, du Val de Saône et de la Bresse*.

Geissert D., 1979 : *L'érosion agricole des sols abordée par la cartographie des géomicrochores : exemple des collines loessiques d'Outre Forêt, Alsace, France*, Colloque sur l'érosion des sols en milieu tempéré non méditerranéen (Strasbourg-Colmar), p.219-224.

Govers G., Rauws G., 1986 : *Transporting capacity of overlandflows on plane and on irregular beds*, Earth Surface Processes, 11, p.515-524

Hauchard E., Delahaye D., Freiré-Diaz S., 2002 : *Organisation fractale de l'occupation du sol : Conséquences sur le ruissellement et le ravinement dans les terres de grandes cultures*, Géomorphologie : relief, processus, environnement, Numéro 3, p.51-64.

Latulippe, Peiry J-L : *Essai de hiérarchisation des zones de production de matière en suspension dans le bassin-versant d'un grand cours d'eau : l'Isère en amont de Grenoble*, Revue de Géographie Alpine, Année 1996, Volume 84, Numéro 2, p. 29 – 44

Laubier F., 2001 : *La méthode de diagnostic parcellaire du risque de contamination des eaux superficielles et le détachement des particules des sols cultivés*, Ingénieries EAT, Numéro spécial phytosanitaire, pp. 91-97.

Le Bissonnais Y., Benkhadra H. Gallien E., Eimberck M., Fox D., Martin P. Douyer C., Ligneau L., Ouvre J-F., 1996 : *Genèse du ruissellement et de l'érosion diffuse sur sols limoneux*. Géomorphologie : relief, processus, environnement, Numéro 2, p.181-196.

Le Bissonnais Y. et Arrouays D., 1997 - *Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility : II. Application to humic lomy soils with various organic carbon contents*, European Journal of soil science, pp.39-48

Le Bissonnais Y., Thorette J., Bardet C., Daroussin J., 2002 : *L'état hydrique des sols en France*, Rapport IFEN, INRA.

Le Bissonnais Y., Dubreuil N., Daroussin J., Gorce M., 2004 : *Modélisation et cartographie de l'aléa d'érosion des sols à l'échelle régionale : Exemple du département de l'Aisne*, Étude et Gestion des Sols, Volume 11, 3, 2004, p.307 à 321.

Ouvry J-F., 1992 : L'évolution de la grande culture et l'érosion des terres dans le Pays de Caux, Bull. Assoc. Géogr. Franç., Paris, p.45-51.

Programme GESSOL, rapport final, 2003 : Maitrise de l'érosion hydrique des sols cultivés, coordinateur Le Bissonnais Y.

Robert M., 1996 : *Le Sol : Interface dans l'environnement ressource pour le développement*. Masson, Paris, 244 p.

Syndicat des Rivières des Territoires de Chalaronne, 2005 : *Etude des pollutions diffuses d'origine agricole*, Rapport de stage, Yannick Boissieux

Syndicat des Rivières des Territoires de Chalaronne, 2008 : *Contrat de Rivière*, document définitif, Alice Prost et Yannick Boissieux.

Sites internet :

SIG :

- <http://infoterre.brgm.fr/viewer/MainTileForward.do>

Indicateurs ruissellement :

- <http://archive.certu.fr/doc/technologies/its/documentations/web/Hydrouiti10/ch02s02s02.html>
- <http://echo.epfl.ch/e-drologie/chapitres/chapitre2/chapitre2.html>

Indicateurs érosion :

- [www.ifen.fr](http://www.ifen.fr)
- <http://www.areas.asso.fr/>
- <http://erosion.orleans.inra.fr/index2.php>

Moyens de lutte :

- [www.umr-lisah.fr/download.php?f...pratiques\\_culturelles.pdf](http://www.umr-lisah.fr/download.php?f...pratiques_culturelles.pdf)
- [http://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/Erosion\\_sol/Erosion-sol.htm](http://www.u-picardie.fr/beauchamp/mst/Erosion_sol/Erosion-sol.htm)
- <http://www.areas.asso.fr/>

## Glossaire

**Battance** : Formation d'une croûte sédimentaire à la surface du sol, provenant de la réorganisation de la structure du sol sous l'effet de la pluie. La sensibilité des sols à la battance est fonction de leurs caractéristiques physico-chimiques (granulométrie, pH, MO,...).

**Bassin versant** : Le bassin versant représente une surface hydrologiquement close, c'est-à-dire qu'aucun écoulement n'y pénètre de l'extérieur et que tous les excédents de précipitations s'évaporent ou s'écoulent par une seule section à l'exutoire. La ligne séparant les bassins versants est appelée « ligne de partage des eaux ».

**Binage** : Pratique culturale permettant d'ameublir la couche superficielle du sol. Cette pratique est exécutée à la houe ou avec un instrument à dents.

**Capacité d'infiltration** : La capacité d'infiltration correspond au flux d'eau maximal pouvant traverser la surface du sol lorsqu'il reçoit une pluie efficace ou s'il est recouvert d'eau. Elle dépend de la texture et de la structure du sol, mais également de la teneur en eau initiale du profil et de la teneur en eau imposée en surface. Le terme « infiltrabilité » est équivalent (Girard *et al.*, 2005).

**Erodibilité des terrains** : Sensibilité des sols ou des matériaux superficiels à être emportés par le ruissellement. Cette sensibilité est liée à la stabilité structurale, mais aussi de l'état physique de la surface (tassement, travail du sol, battance,...)

**Erosion** : Il s'agit d'un processus de détachement et de transport de matières solides. Ce terme désigne aussi le bilan d'exportation de matière par unité de surface.

**Etat de surface** : Expression utilisée pour décrire la microtopographie à la surface du sol. Plus il y aura de grosses mottes (bosses et creux importants) par exemple, plus l'état de surface sera rugueux. Au contraire, au niveau des traces de roues, l'état de surface est lisse et fermé à l'infiltration.

**Risque** : Combinaison d'une vulnérabilité du milieu avec la probabilité d'occurrence d'une pluie érosive (lame d'eau précipitée et intensité des pluies). Par exemple, un risque fort d'érosion se rencontre sur les zones très sensibles combinant les caractéristiques jouant un rôle dans les processus érosifs (ex : sol battant nu en hiver), et où les pluies peuvent être intenses sur une partie de l'année.

**Ruissellement** : Le ruissellement est l'écoulement par gravité de l'eau à la surface du sol.

## **LISTE des ANNEXES**

Annexe 1 : Règles de « regroupement » des bassins versants.

Annexe 2 : Caractéristiques des sols rencontrés sur la zone d'étude. (Source : Chambre d'Agriculture de l'Ain, Service "Agronomie-Environnement"(Janvier 1987))

Annexe 3 : carte d'indice annuel de précipitations à l'échelle de la France entière

Annexe 4 : Organigramme des étapes de la modélisation de l'Aléa érosion (d'après Le Bissonnais et *al.* 2004).

Annexe 5 : Règles de Pédoto-Transfert de base du modèle Aléa Erosion

Annexe 6 : Méthode d'intégration de l'aléa par Unité Spatiale d'Intégration (USI), d'après Le Bissonnais et *al.*, 2002

Annexe 7 : Aléa Erosion sous différents indices de précipitation (Q1 : indice faible, Q5 : indice fort)

Annexe 8 : Carte des pentes reclassées de la zone d'étude (couche créée à partir du MNT de la BD ALTI de l'IGN).

Annexe 9 : Détails de différentes pratiques culturales favorisant l'infiltration

Annexe 10 : Comparaison des différents types de TCSL (source : ADEME 2007)

Annexe 11 : Synthèse des aménagements de lutte contre le ruissellement et l'érosion, et leurs moyens d'actions (en gras, rôle principal des aménagements)

Annexe 12 : Liste du matériel éligible aux aides à l'investissement du PVE

Annexe 13 : Description des différentes alternatives de gestion des eaux pluviales en milieu urbain (source : guide pratique, Grand Lyon)

Annexe 14 : Fiches récapitulatives des mesures en fonction de la typologie secondaire des bassins versants.

## Annexe 1 : Règles de « regroupement » des bassins versants.

Nous avons regroupé certains bassins versants et/ou versants selon les règles suivantes :

- Critère « taille » : le regroupement vise à diminuer les surfaces versantes inférieures à 80ha, toutefois, si aucun regroupement pertinent avec une unité voisine n'est possible, ou si un enjeu fort érosion/ruissellement est connu, les petites unités seront conservées,
- Critère « zone humide » : les bassins versants à exutoire unique ont été fusionnés avec les versants voisins. En effet, lors de gros épisodes pluvieux, les flux d'eau rejoignent le cours d'eau en diffusant dans la zone humide.
- Regroupement des deux versants d'un cours d'eau, lorsque le relief est identique en rive gauche et rive droite (ex : aval du Poncharat).

**Annexe 2 : Caractéristiques des sols rencontrés sur la zone d'étude. (Source : Chambre d'Agriculture de l'Ain, Service "Agronomie-Environnement"(Janvier 1987))**

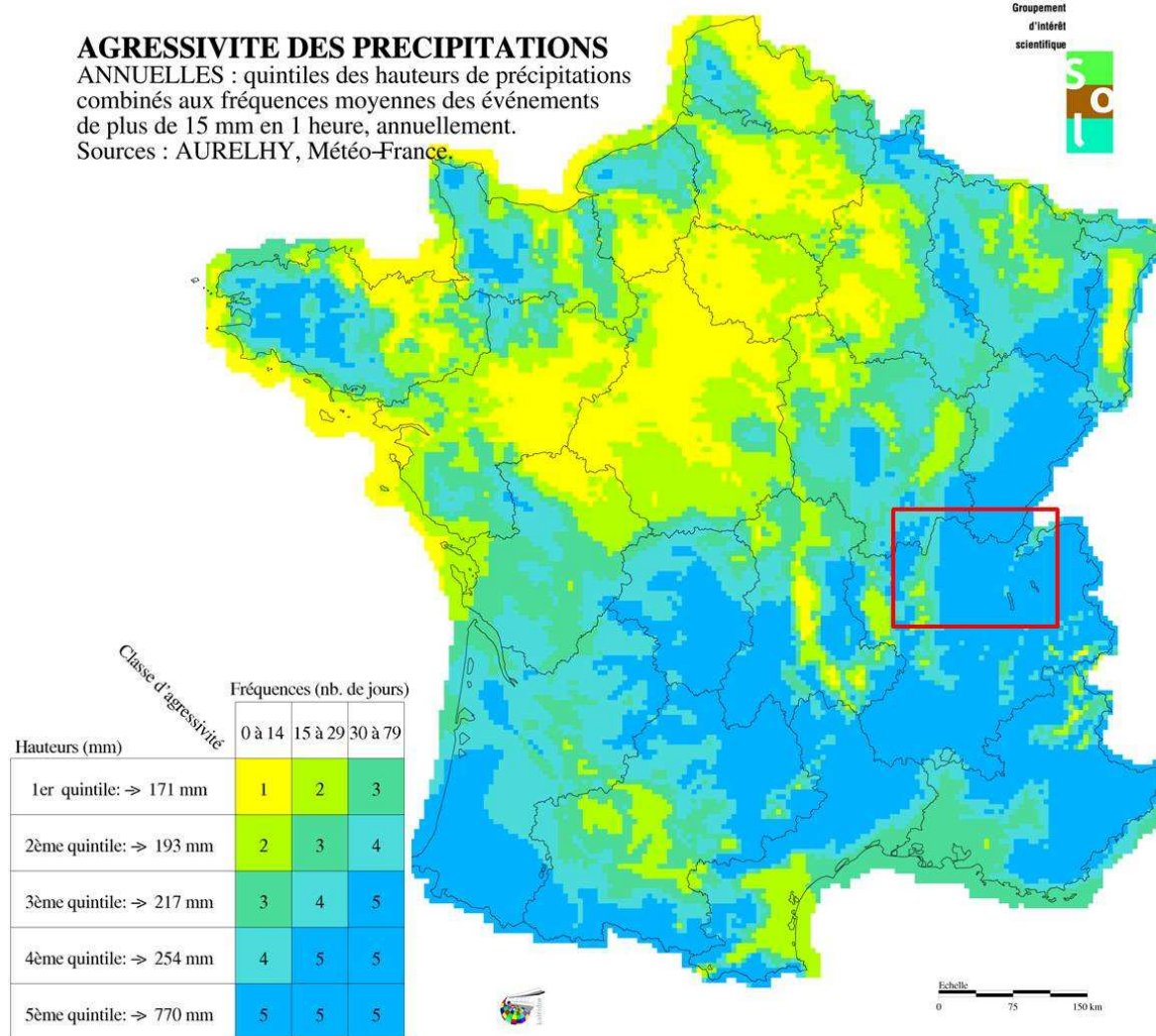
Pédologie (descriptif)	Données concernant le premier horizon de sol						Commentaires**	Texture de surface (triangle GEPPA)	
	Argiles	Limons fins	Limons grossiers	Sables	pH	MO		T1***	T2***
sols sablo-argileux à graviers des alluvions anciens de la Saône	15	5	5	37,5	7,5	2*	sols hydromorphes (nappe d'accompagnement de la Saône), peu sensible à la battance, unité n° 8 des sols de Val de Saône Sud	Sal	AS
sols de versants à forte pente sur limons caillouteux, côtières de Dombes	18	21,5	34,4	19,3	6,3	1,6	sols hydromorphes, sensibles à la battance, unité n°1b/1a des sols de Dombes	LAs/Lsa	Lsa
sols caillouteux sur pentes fortes et sur affleurement de cailloutis villafranchiens	12	7,5	7,5	36	5,5	1	sols non sensibles à la battance, unité n°6 des sols de Val de Saône Sud	Sa/Sal	SS
sols sableux, très peu argileux	4,2	28,5	1,5	28,5	5	2,3	sols brun sableux, unité n°6 des sols de Val de Saône Nord, pas d'excès d'eau, très sensible au tassement	SS	SS
sols sur limons caillouteux de Dombes	12	23	47,5	9	6,6	1,5	sols hydromorphes, très sensible à la battance et au tassement, structure très instable, unité n°3c des sols de Dombes	Ls	L
sols de versant sur limon caillouteux	18	21,5	34,4	19,3	6,3	1,6	sols hydromorphes, substrat imperméable autour de 50-60cm, sensible à la battance et au tassement, unité n°1b des sols de Dombes	LAs/Lsa	Lsa
sols sur limons caillouteux de Dombes	12	23	47,5	9	6,6	1,6	sols hydromorphes, très sensible à la battance et au tassement, structure très instable, unité n°3c des sols de Dombes	Ls	L
sols limoneux calcaire de pente moyenne à forte sur dépôts lœssiques	12	37,5	37,5	6	7,5	2	sols sensible à la battance, très stables, très sensible à l'érosion, unité n°4 des sols de Val de Saône Sud	Lsa/Ls	L/LL
sols argilo-limoneux de fortes pentes et sur affleurements de marnes	26	17	25	23	7,2	2,71	sols peu sensibles à la battance, unité n° 3 des sols de Bresse Ouest	LAs/Als	Als
sols de vallée humide sur limons profonds	21	42	29,2	4	5,7	2,8	sols hydromorphes (nappe d'accompagnement des affluents de la Saône), peu sensible à la battance, très sensible au tassement, unité n°7 des sols de Dombes	La/L	L
sols sableux, très peu argileux : affleurement des sables du Pliocène	4	2	2	45	7,5	2,3	sols infiltrants n'ayant pas de structure, sensible à la battance, et très sensible au tassement	SS	SS
sols sableux sur cônes de déjection d'affluents de la Saône	3,3	3,9	4,7	30,4	5,3	1	sols sensibles à la battance, sensibles à très sensibles au tassement, unité n°8bis des sols de Val de Saône Nord	SS/S	SS
sols sableux profonds, légèrement argileux	6,6	3,6	2,5	26,4	6,2	1,3	sols sensibles à la battance, en amont des sables de Manziat et de Garnerans, unité n°5 des sols de Val de Saône Nord	S	SS
limons de Dombes profonds	12	22	44,4	11	6,2	1,6	sols hydromorphes, horizon autour de 60-70cm très imperméable, très sensible à la battance et au tassement	Ls/LL	L
Argile d'alluvions récentes de la Saône	40	25	25	5	7,5	7	sols hydromorphes (nappe d'accompagnement de la Saône), pas sensible à la battance, unité n°9 des sols de Val de Saône Sud	A/Als/ Al	-
lac, étang	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* : Valeur estimée par comparaison avec d'autres sols (absence de données pour ce type de sol dans le document source utilisé), \*\* : les numéros d'unités correspondent à la source bibliographique, pour retrouver les caractéristiques des sols non présentées dans ce tableau. \*\*\* : T1 correspond à la texture du premier horizon, T2 à celle du second horizon.

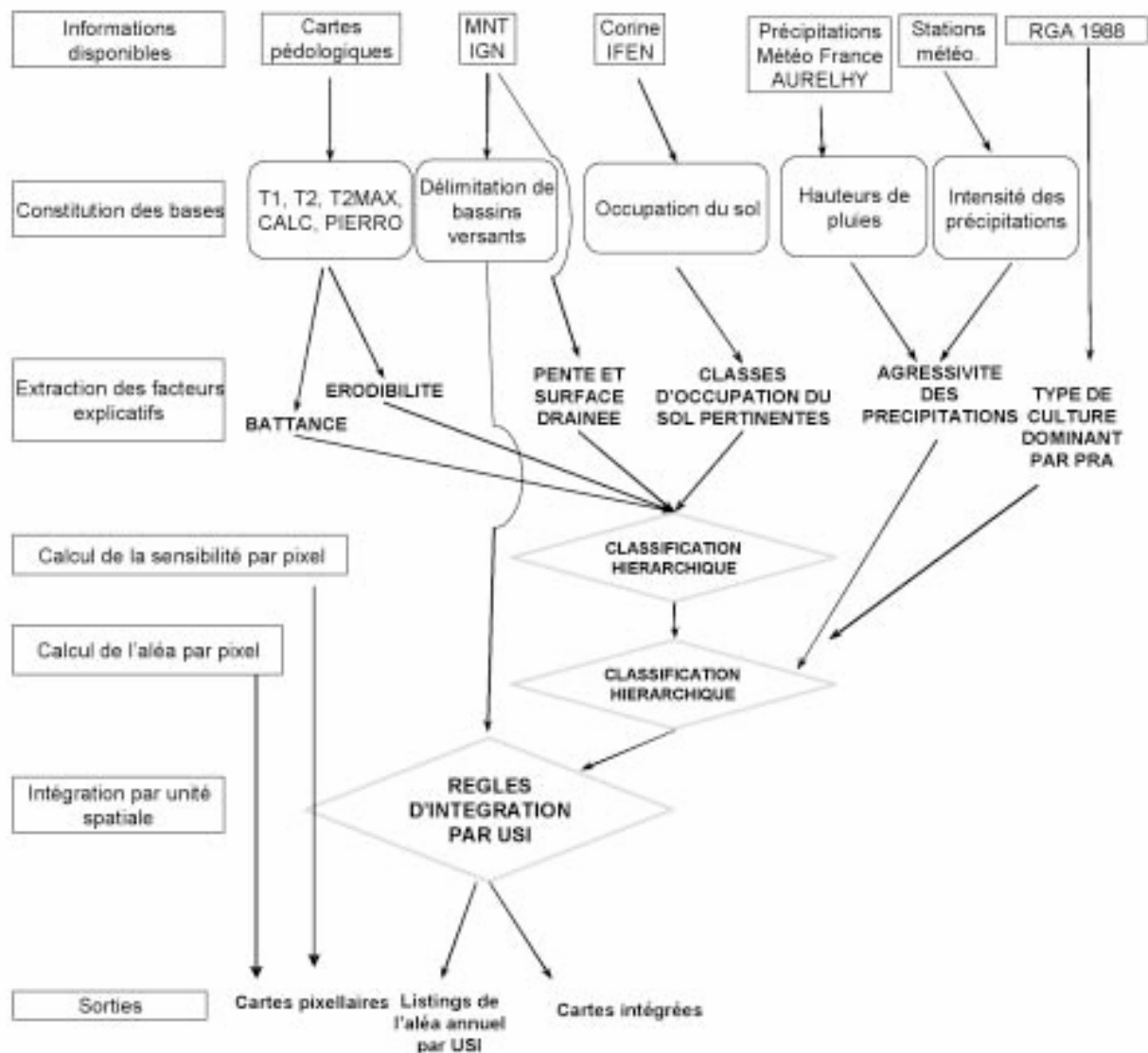
## Annexe 3 : carte d'indice annuel de précipitations à l'échelle de la France entière

Des cartes d'indice par saison sont disponibles et téléchargeable en haute résolution sur le site : <http://erosion.orleans.inra.fr/rapport2002/>

**AGRESSIVITE DES PRECIPITATIONS ANNUELLES** : quintiles des hauteurs de précipitations combinés aux fréquences moyennes des événements de plus de 15 mm en 1 heure, annuellement.  
Sources : AURELHY, Météo-France.



Annexe 4 : Organigramme des étapes de la modélisation de l'Aléa érosion  
(d'après Le Bissonnais et al. 2004).



Les principes généraux utilisés dans le modèle Aléa érosion, pour la détermination des différentes branches sont les suivants:

- Seuls les sols nus et les sols cultivés sont sensibles à la battance. Elle n'a pas d'influence sur les prairies et les forêts ;
- L'influence de la pente augmente quand elle est associée à la battance ;
- Le facteur érodibilité intervient uniquement dans le cas des pentes fortes.



## Annexe 5 : Règles de Pédo-Transfert de base du modèle Aléa Erosion

### **Description des règles de pédo-transfert**

Le paramètre d'ordre 1 pour la battance comme l'érodibilité est la texture de l'horizon de surface. Le Tableau 1 donne la valeur initiale de la battance et de l'érodibilité basée sur la texture de surface. Cette valeur est ensuite affinée en prenant en compte les autres paramètres comme la texture de l'horizon sous-jacent et sa profondeur, la teneur en calcaire, la pierrosité et enfin une estimation de la teneur en matière organique établie à partir de la couverture de l'occupation du sol. Par exemple, si on a une texture de surface correspondant à des limons moyens mais que l'horizon sous-jacent, peu profond (moins de 30 cm) est composé de limons argileux alors on attribuera une sensibilité à la battance de 4 au lieu de 5 car on estime que des mélanges peuvent intervenir lors du labour. Si la pierrosité est importante on diminue aussi d'une classe la sensibilité à la battance. Les règles de décision retenues sont les suivantes:

**Tableau 1 : Indice de battance et d'érodibilité des terrains en fonction de la texture de surface**

<b>Texture de surface (T1)</b>	<b>battance</b>	<b>érodibilité</b>
ALO: argile lourde	1	1
AL: argile limoneuse	2	2
AS: argile sableuse	1	2
A: argile	2	2
S: sable	2	5
SA: sable argileux	2	4
SL: sable limoneux	3	5
LM: limon moyen	5	4
LMS: limon moyen sableux	5	4
LS: limon sableux	4	4
LA: limon argileux	3	3
LAS: limon argilo sableux	3	3
LSA: limon sablo argileux	3	3
LL : limon léger	5	5
LLS et LSL : limon léger sableux	5	5
LC: limon crayeux (CaCO <sub>3</sub> > 50 %)	3	3
t : pseudo-tourbe (12,5 < MO < 25 %)	1	1
T: tourbe (MO > 25 %)	1	1
888: zones remaniées	-	-
777 : plan d'eau	-	-

#### ***Pour la battance :***

On note : T1 la texture de l'horizon de surface, T2max la profondeur d'apparition de la deuxième texture, et T2 pour la seconde texture.

Lorsque T1 est constituée de LM ou de LMS (ou LL ou LLS) :

*Condition 1:* si  $T2_{max} \leq 30$  cm et T2 constituée de LA ou LAS ou AL ou A, alors la battance est égale à 4 (au lieu de 5)

*Condition 2:* si l'intensité de la pierrosité est forte ou très forte alors la battance est égale à 4 (au lieu de 5).

*Condition 3:* si la teneur en calcaire est supérieure à 12,5 %, alors la battance est égale 4 (au lieu de 5).

Lorsque T1 est constituée de LA ou LAS :

*Condition 4:* si  $T2_{max} \leq 30$  cm et T2 constituée de LM ou LMS ou AL ou A, alors la battance est égale 4 (au lieu de 3).

Pour toutes les textures sauf ALO et Lc, les conditions 2 et 3 diminuent d'une classe la battance.

***Pour l'érodibilité :***

Pour toutes les textures sauf ALO et Lc, les conditions 2 et 3 diminuent d'une classe l'érodibilité

***Prise en compte indirecte de la teneur en Matière Organique :***

L'analyse statistique de données de teneur en matière organique à l'échelle nationale montre que sous forêt et prairie, la teneur en Matière Organique est en moyenne environ deux fois plus importante que dans les zones cultivées. On a donc choisi de tenir compte de cette information fournie par l'occupation du sol et de diminuer la sensibilité à la battance et l'érodibilité d'une classe des sols sous prairie et forêt. La prise en compte de la matière organique à ce stade ne modifie pas le résultat final du modèle, mais permet de fournir des cartes de battance et d'érodibilité plus fidèles à la réalité au moment de la réalisation de la base de données sur l'occupation du sol.

## Annexe 6 : Méthode d'intégration de l'aléa par Unité Spatiale d'Intégration (USI), d'après Le Bissonnais et al., 2002

L'intégration automatique des aléas par USI est réalisée à l'aide d'une règle de décision prenant en compte les pourcentages de surfaces de chaque classe d'aléa dans l'USI. Les seuils de pourcentages de chaque classe à partir desquels est affecté une certaine valeur d'aléa ont été choisis à partir de l'analyse des résultats du modèle.

*Le tableau ci-dessous résume la méthode utilisée par la règle de décision et les seuils d'aléas utilisés pour l'intégration.*

Ordre de priorité	Pourcentage de surface de l'aléa dans l'USI	code de l'aléa affecté à l'USI
n° 1	aléa 1 > 88% ou aléa 45 < 1% ou aléa 345 < 5%	très faible
n° 2	villes > 50%	zones urbaines
n° 3	espaces ouverts > 21%	haute montagne
n° 4	surfaces en eau > 44%	zones humides
n° 5	sans information > 20%	pas d'information
n° 6	aléa 5 < 7% ou 2% < aléa 45 < 12% ou 6% < aléa 345 < 20%	Faible
	8% < aléa 5 < 11% ou 13% < aléa 45 < 20% ou 21% < aléa 345 < 28%	Moyen
	12% < aléa 5 < 17% ou 21% < aléa 45 < 28% ou 29% < aléa 345 < 39%	Fort
	aléa 5 > 18% ou aléa 45 > 29% ou aléa 345 > 40%	Très fort

### **Code de l'aléa**

aléa 1 = aléa très faible

aléa 45 = aléa fort + aléa très fort

aléa 345 = aléa moyen + aléa fort + aléa très fort

aléa 5 = aléa très fort

Ordre de priorité : lorsqu'une USI peut prendre plusieurs valeurs d'aléa, c'est l'aléa correspondant à l'ordre de priorité le plus fort qui est retenu. Pour l'ordre de priorité 6, c'est l'aléa le plus fort qui est retenu en cas de possibilité multiple.

Pourcentage de surface de l'aléa dans l'USI : le modèle considère les pourcentages de surfaces des codes 1, 5, 4+5, 3+4+5, des villes, des espaces ouverts, des surfaces en eau, et des surfaces non informées.

Aléa affecté à l'USI : pour les ordres de priorité 1 et 6, au moins une des trois possibilités doit être réalisée pour que le code de l'aléa soit affecté.

Exemple : l'aléa 5 est affecté à l'USI si l'aléa 5 est supérieur à 18%, ou si la somme des aléas 4+5 est supérieur à 29%, ou si la somme des aléas 3+4+5 est supérieur à 40%.

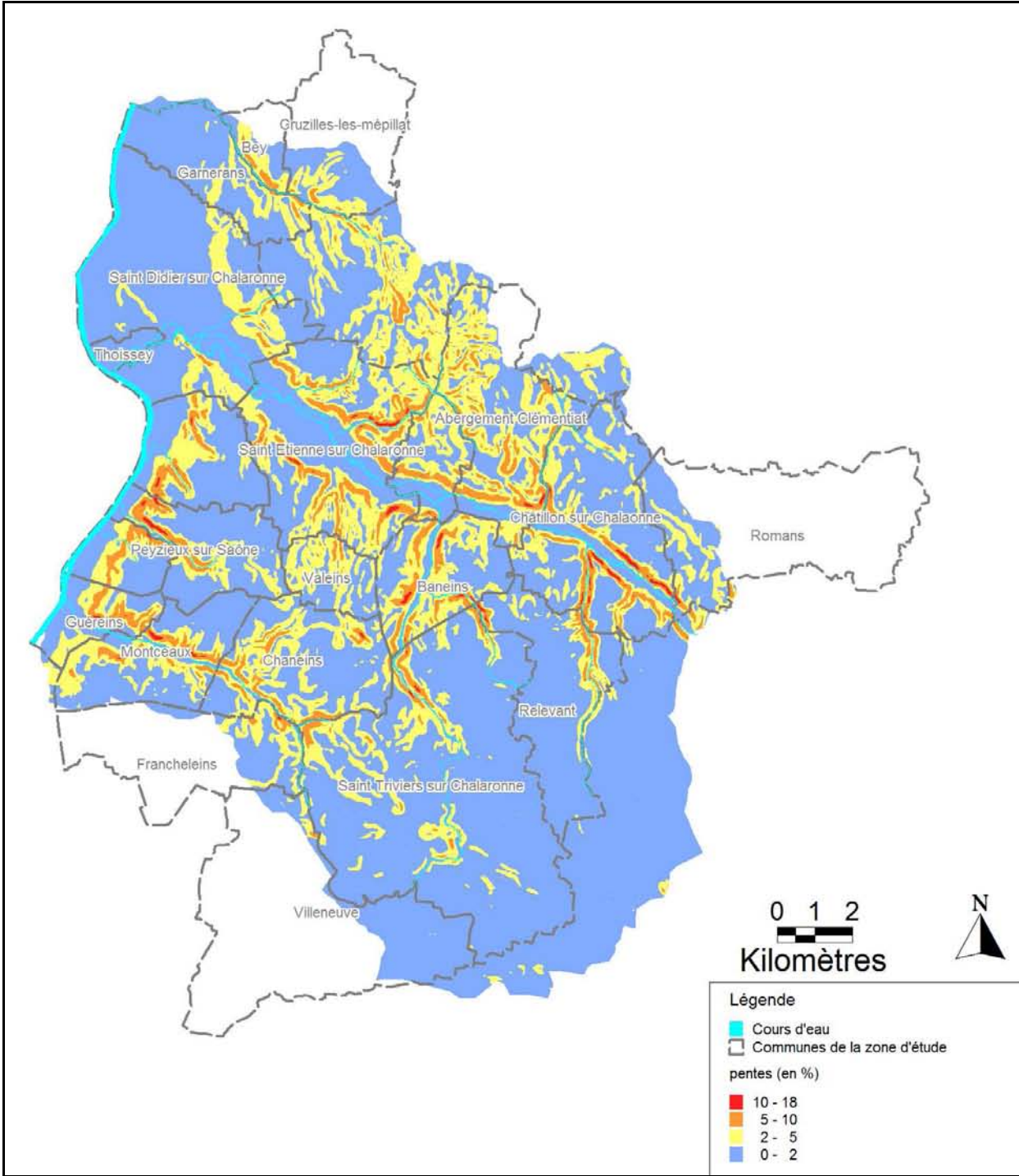
Ainsi, l'aléa intégré par unité spatiale sera très fort dans un des cas suivants :

- l'intensité de l'aléa est très forte pour un petit nombre de pixels (>18%),
- un nombre important de pixels présentent un aléa au moins moyen (40%) ou fort (29%).

Annexe 7 : Aléa Erosion sous différents indices de précipitation (Q1 : indice faible, Q5 : indice fort)

Occupation du sol	Battance (indice)	Pente (%)	Erodibilité (indice)	Aléa – Sensibilité (indices)				
				Q1	Q2	Q3	Q4	Q5
Cultures (terres arables)	2	0-2	-	1	1	2	2	3
		2-5	1-2	1	1	1	1	2
			3-4	1	2	2	3	3
			5	2	2	3	3	4
		5-10	1-2	1	2	2	2	3
			3-4	2	3	3	4	4
			5	3	3	3	4	5
		>10	1-2	2	2	3	3	4
			3-4	2	3	4	4	4
	5		3	4	4	4	5	
	4	0-1	-	1	1	1	1	2
		1-2	-	1	2	2	3	3
		2-3	1-2	1	2	2	3	3
			3-4	2	3	3	3	4
			5	3	3	4	4	5
		>5	1-2	2	2	3	4	4
			3-4	3	3	4	4	5
			5	3	4	4	5	5
		5	0-1	-	1	1	2	2
	1-2		-	3	3	3	4	5
	>2		1-2-3	3	4	4	5	5
4-5			4	4	5	5	5	
Forêts	-	<15	-	1	1	1	1	
		15-30	1-2-3	1	1	1	1	
			4-5	1	1	2	2	
Prairies	-	<15	-	1	1	1	1	
		15-30	1-2-3	1	1	1	1	
			4-5	1	1	2	2	
Urbain					10			
Plan d'eau					100			

Annexe 8 : Carte des pentes reclassées de la zone d'étude (couche créée à partir du MNT de la BD ALTI de l'IGN).



## Annexe 9: Détails de différentes pratiques culturales favorisant l'infiltration

Description	Intérêts	Outils conseillés	Comparaison avec une parcelle témoin en travail classique
Travail du sol peu affiné (« motteux »)	Limiter la formation de croûte de battance	Outils à dents vibrantes (+ chasse-mottes lors du semis du maïs)	Dix fois moins de ruissellement
Binage	Augmente la porosité du sol (casser la croûte de battance)	Bineuse à dents vibrantes, houe rotative (+ pneu basse pression)	Huit fois moins de ruissellement
Effacer les traces de roues (près d'un quart de la surface semée)	Eviter la concentration du ruissellement	- semoir à céréales pour parcelles en maïs - Doubler le semis des céréales d'hiver sur les zones de passage d'eau	Sept fois moins de ruissellement (exemple avec un semis en réparti)
Déchaumage aussitôt après la récolte	Augmenter capacité d'infiltration	Déchaumeuses à socs	Treize fois moins de ruissellement
Semis direct (résidus de cultures intermédiaires ou de culture précédente)	Le sol reste protégé le temps que la culture se développe	Semoir à disques ouvreurs	Neuf fois moins de ruissellement (exemple avec un semis sous mulch)
Culture de l'inter-rang	Couvrir le sol en hiver pour les rotations « maïs-cultures de printemps » (culture intermédiaire impossible)	Bineuse spécifique équipée d'un semoir (ou semoir centrifuge + binage)	Réduction de 1/3 à 2/3 du ruissellement (couverture de l'inter-rang du maïs par du ray-grass)
Cultures intermédiaires (cf. annexe)	Augmenter la rugosité de surface, casser la croûte de battance, protéger le sol	Dépend du choix du semis et du mode de destruction envisagé	Vingt fois moins de ruissellement grâce au couvert végétal (exemple avec la moutarde)

Annexe 10 : Comparaison des différents types de Techniques Culturelles Sans Labour (source : ADEME 2007)

		Typologie						
		Enfouissement des résidus			Porosité	Couverture du sol	Outils	
Pratique	Synonymes anglais	Profondeur de dilution (cm)	Retournement et/ou mélange	Localisation du travail du sol	Profondeur (cm)*		Exemples (grandes catégories)	
Classification d'itinéraires de travail du sol par l'opération la plus profonde								
TCSL	Itinéraire avec labour	Mouldboard plough based tillage	25 cm (15 à 40 cm)	Retournement Mélange	Toute la surface		Incorporation totale	Outils classiques, Déchaumage/Labour /Reprise de labour/Préparation du lit de semences/Semis
	Itinéraire avec pseudo-labour	- Non inversion tillage systems - Conventional tillage without mouldboard plough	15 à 40 cm	Mélange	Toute la surface	-	Forte incorporation	Outils de pseudo-labour + outils de travail superficiel + semoir conventionnel ou combiné ou spécialisé
	Itinéraire sans labour avec décompactage		0 à 15 cm	-	Toute la surface	15-40 cm	Incorporation faible à moyenne	Outils de travail superficiel + décompacteur + semoir conventionnel ou combiné ou spécialisé
	Travail superficiel	-	0 à 15 cm	Mélange	Toute la surface		Incorporation faible à moyenne	Outils de travail superficiel + semoir conventionnel ou combiné ou spécialisé
	Semis Direct	- Direct drilling - No-till	-	-	Ligne de semis		Aucune incorporation	Semoirs spécialisés

Annexe 11 : Synthèse des aménagements de lutte contre le ruissellement et l'érosion, et leurs moyens d'actions (en gras, rôle principal des aménagements)

Aménagements	Actions			
	Sédimentation	Infiltration	Erosion	Laminage de crues
<i>Bordures ou bouts de champs enherbés</i>	<b>70% des particules sont piégées sur une bande d'au moins 3m de large (bandes de 6m : 98%)</b>	Si tassée et humide : 10mm/h, Si autrement : 100-200mm/h	Protection contre érosion	Participe au laminage des crues
<i>Talwegs enherbés</i>	70% des particules sont piégées (bandes > 3 m)	Si tassée et humide : 10mm/h, Si autrement : 100-200mm/h	<b>Action anti-érosive Largeur : 15 à 20 m</b>	Frein aux flux ruisselants
<i>Boisement d'infiltration</i>	Facilite la sédimentation	50 à 100 mm/h si sols profonds et plat (<0,7%)	Protection contre érosion, mais solution mixte (boisement/enherbement) sur fond de vallon pour éviter érosion linéaire	
<i>Fascine</i>	10% des sédiments apportés sont piégés en hiver	-	Réduit l'érosion linéaire	<b>Frein hydraulique Perméabilité de 20%</b>
<i>Haie (annexe)</i>	70% des particules sont piégées (dans zone de rétention en amont de la haie)	Si tassée et humide : 10mm/h, Si autrement : 100-200mm/h		<b>Frein hydraulique (ruissellement à 0.20m/s contre 0.3 à 1m/s) Perpendiculaire au fond de vallon Efficacité dépend de densité et diamètres des troncs (annexe)</b>
<i>Fossé simple ou fossé-talus de ceinturage</i>	-	<b>Facilite l'infiltration (en fond de fossé et sur les parois) Entre 120 mm/h et 170 mm/h sur les parois selon le type de sol (Marofi (1999))</b>	-	Collecte et guide écoulements
<i>Talus simple</i>	Facilite la sédimentation	Facilite l'infiltration	-	Ralentissement des écoulements Perpendiculaire au ruissellement diffus Juste en amont de la ligne de rupture de pente
<i>Gabion</i>	-	-	<b>Prévention de l'érosion en forte pente et sous bois</b>	-
<i>Mare</i>	Facilite la sédimentation	-	-	<b>Stocker et réguler les eaux de ruissellement</b>
<i>Prairie inondable, bassin de rétention</i>	<b>Sédimentation et épuration</b>	<b>20 à 80 mm/h</b>	-	Localisation : Fond de vallon, bordures de rivières, secteur de forte pente

**En gras** : rôles principaux des aménagements



## Annexe 11 (suite) : Atouts et contraintes des différents aménagements

Aménagements	Atouts et Contraintes	
	ATOUPS	CONTRAINTES et LIMITES
<i>Zone enherbée</i>	Pas de travaux, et moindre coût En bordure de parcelle Utile au Gibier	Si tassement, infiltration considérablement réduite Pas de travail du sol parallèle à zone enherbée Plantation avril/mai ou fin août/début septembre conseillée (herbe pousse vite)
<i>Talwegs enherbés</i>	Evite la division parcellaire par le ravinement Peu de gêne pour l'agriculteur Travaux limités Utile à la faune	Entretien minimal : 2 fauches/an Pas de travail du sol parallèle à zone enherbée Plantation avril/mai ou fin août/début septembre conseillée (herbe pousse vite)
<i>Boisement d'infiltration</i>	Stabilisation des sols, zone favorable au gibier, atout biodiversité, filtre à pollution	Risque d'érosion linéaire sur pentes fortes
<i>Fascine</i>	Rustique : faisable par les agriculteurs En bordure de parcelle (le plus souvent) Utile à la faune et au gibier Premier pas	Coût important si entreprise extérieure Matière première de bourrage pour grandes longueurs difficile à trouver
<i>Haie</i>	Atouts paysager Abris pour la faune Bois de chauffage	Bande enherbée de 6 m minimum en amont est conseillée en zone de culture Entretien en fin d'hiver, limiter les mauvaises herbes les 3 à 5 premières années
<i>Fossé simple ou fossé-talus de ceinturage</i>	Le talus assure une protection supplémentaire lorsqu'il y a un enjeu à l'aval	Dimensionnement nécessaire (conseils pour ne pas sur-dimensionner) et pas de fossés si la pente est supérieure à 2% (pour une infiltration et une sédimentation efficaces) Enherber fossés et talus pour plus de stabilité Fossés : 1 à 2 fauchage(s)/ an et curage Bande enherbée en aval des parcelles cultivées pour limiter l'engorgement Fossés discontinus sont inefficaces pour des événements pluvieux successifs
<i>Talus simple</i>	Atouts paysager	Dimensionnement nécessaire Si stockage d'eau, prévoir buse d'évacuation et zone de débordement Enherbement conseillé 1 fauchage annuel des côtés est conseillé
<i>Gabion</i>	Utile là où implantation d'herbe impossible Protection aval importante	Dimensionnement nécessaire
<i>Mare</i>	Très efficace et bonne intégration dans le paysage Réserve d'eau pour usages multiples (bétails, faunes)	Travaux plus ou moins importants Prévoir un débit de fuite vers fossé ou zone enherbée Protection par enherbement amont (épuration des eaux) Curage nécessaire dès que les 2/3 de la mare sont comblés
<i>Prairie inondable, bassin de rétention</i>	Si déjà existante : pas de travaux ni de coût Entretien possible par l'élevage (qu'en période sèche)	Infiltration inefficace pour des événements pluvieux successifs Problème de valorisation de l'herbe Parfois éloignement au corps de ferme pour l'élevage

Annexe 11 (suite) : Estimation des coûts des différents aménagements  
d'hydraulique douce

Aménagements	Description et estimations des coûts
<b>Zone enherbée</b>	Variétés fourragères (si pâturage après) Variétés gazonnantes (si entretien mécanique)
<b>Talwegs enherbés, 20 m souvent nécessaires</b> (largeur de l'écoulement lors d'une crue au minimum)	(la mesure agro-environnementale verse 86€/ha/an pour couvrir l'achat des semis et le travail supplémentaire).
<b>Boisement</b> (Densité minimale : 1100 tiges/ha)	Environ 3600€/ha (inclus préparation du sol, plants protection, main d'œuvre).
<b>Fascines</b> (Durée de vie d'une fascine morte : 2 à 4 ans)	<u>Travaux réalisés soi-même</u> : 2€ le pieu en châtaignier, 4€ le pieu en saule, 0,8€ la branche de saule vivante + 7€ le mètre linéaire pour location mini pelle (terrassement et battage des pieux) <u>Travaux par entreprise</u> : 60/80€ ou 55/75€ le mètre linéaire pour fascine vivante ou morte
<b>Haie</b> (6 pieds par mètre linéaire)	<b>Plantation</b> : 10 à 15€ le mètre linéaire (2 ou 3 rangs, espacés de 0.5 à 0.33 m) <b>Entretien</b> : selon fréquence et matériel utilisé (annexe)
<b>Fossé simple ou à redents</b>	Prix terrassement dépend du volume de terre à enlever, autour de 6 à 7€ / m <sup>3</sup> de terre. Ainsi, compter 3 à 11€ le mètre linéaire pour un fossé simple et 8 à 18€ le mètre linéaire pour un talus. Fossé à redents : autour de 11€ le mètre linéaire Plantation de haie : 5 à 9€ le mètre linéaire avec paillage et protection
<b>Gabion</b> (exemple pour un bloc 30X30X30)	200 €/m <sup>3</sup>
<b>Mare</b>	Prix moyen : 9 à 13€ / m <sup>3</sup> pour une création ou réhabilitation (terrassement, pose d'ouvrage de fuite) Curage : entre 9 et 13€ / m <sup>3</sup>
<b>Prairie inondable, bassin de rétention Grande surface d'herbe (1 à 5 ha)</b>	Construction d'une digue avec ouvrage de fuite et déversoir

## Annexe 12 : Liste du matériel éligible aux aides à l'investissement du PVE

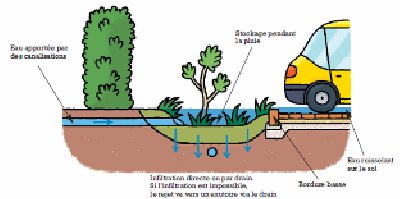
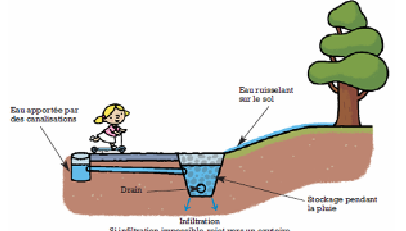
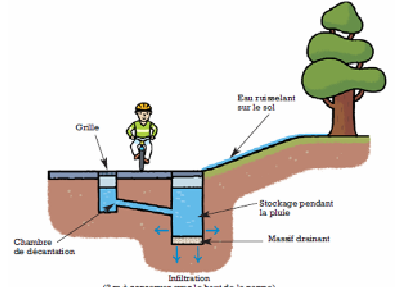
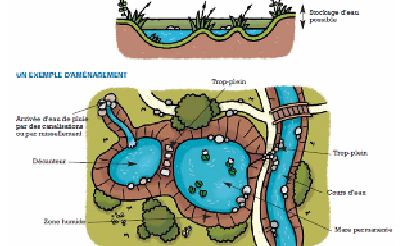
Le dispositif « Plan Végétal pour l'Environnement » propose d'aider les investissements à vocation environnemental pour le secteur végétal. Parmi les investissements éligibles, voici la liste du matériel concernant la lutte contre l'érosion.

Paragraphe 8.1 « Lutte contre l'érosion » de la circulaire DGFAR/SDEA/C2006-5047 du 10 octobre 2006

Les postes éligibles sont :

- Matériels améliorant les pratiques culturales,
  - ❖ Matériel pour casser la croûte de battance sur les cultures en place
  - ❖ Matériel permettant de limiter l'affinement de surface lors de semis et matériel de ce type ayant le même objet et équipant les semoirs
  - ❖ Effaceurs de traces de roues pour en limiter les amorces de formation de ravines
  - ❖ Matériel adapté sur planteuse permettant la formation de micro buttes empêchant le ruissellement de l'eau
- Matériel spécifique pour l'implantation et l'entretien de couverts, l'enherbements inter-cultures, ou pour les zones de compensation écologique
  - ❖ Matériel de semis d'un couvert végétal des sols dans une culture en place
  - ❖ Matériel de semis adaptés pour le semis de cultures intermédiaires dans un couvert végétal
- ❖ Matériel spécifique pour l'entretien par voie mécanique des couverts et de l'enherbement inter-rangs.

Annexe 13 : Description des différentes alternatives de gestion des eaux pluviales en milieu urbain (source : guide pratique, Grand Lyon)

Techniques de gestion des eaux pluviales	Schéma	Description	Entretien	Coûts
Noues et fossés		Collecte et stockage des eaux de pluie (infiltration ou envoi vers un exutoire). La rétention est efficace si la pente de fond ne dépasse pas 0,5%.	fauchage périodique, ramassage des débris et des feuilles, décompactage du fond tous les 3 à 5 ans	<u>Mise en place</u> - noue : 20€/m <sup>3</sup> stocké - fossé : 40€/m <sup>3</sup> stocké <u>Entretien</u> - noue : 1€/ml - fossé : 3€/ml (1 curage tous les 10 ans)
Tranchées drainantes ou tranchées infiltrantes		Il s'agit d'une sorte de fossé comblé par des matériaux poreux. La tranchée envoie soit l'eau vers un exutoire après un temps de stockage (tranchée drainante), soit permet l'infiltration directe dans le sol (tranchée infiltrante)	Tonte, ramassage des débris et des feuilles (éviter colmatage)	<u>Mise en place</u> 60€/m <sup>3</sup> stocké (galets + géotextile), pouvant aller jusqu'à 300€/m <sup>3</sup> stocké (modules en plastique) <u>Entretien</u> 0,70€/m <sup>3</sup> /an
Puits d'infiltration		Système permettant l'infiltration des eaux de pluie (massif drainant au fond composé de matériaux type galets, sables), souvent associé à un réseau de collecte (fossés ou tranchées drainante). Nécessite peu de place. Peut s'intégrer à un parking, un chemin ou un jardin.	1 visite tous les 6 à 12 mois pour éviter le colmatage, nettoyage du regard de décantation 1 à 2 fois par ans, remplacement complet du massif drainant tous les 2 à 5 ans	<u>Coût d'un puit</u> 1500€ HT en moyenne (2m de diamètre, 2m de profondeur) <u>Mise en place</u> 5€/m <sup>2</sup> de surface assainie <u>Entretien</u> 4€/m <sup>2</sup> de surface assainie
Mares et bassins		Stockage temporaire des eaux de surface (arrivée de canalisation ou ruissellement), puis débit de fuite (mares ou bassins) ou infiltration (bassins)	fauchage périodique de berges, ramassage régulier des flottants et des débris, maîtriser la végétation aquatique, nettoyage des ouvrages hydraulique une fois par an, curage du fond de la mare tous les 15 à 20 ans	<u>Réalisation</u> - bassin en eau, mare : 15-80€/m <sup>3</sup> stocké - bassin à sec : 30-11€/m <sup>3</sup> stocké <u>Entretien</u> - bassin en eau, mare : 0,20-0,60€/m <sup>3</sup> /an - bassin à sec : 0,4-2€/m <sup>3</sup> /an

Annexe 13 (suite) : Description des différentes alternatives de gestion des eaux pluviales en milieu urbain (source : guide pratique, Grand Lyon).

Techniques de gestion des eaux pluviales	Schéma	Description	Entretien	Coûts
Cuves et citernes		Réserves pour l'arrosage des jardins constituées des eaux de pluies des gouttières, avec trop-plein (et évacuation) ou infiltration directe	Régulier pour éviter le développement des bactéries, vérification des préfiltres tous les ans (citerne enterrée), vidange et nettoyage tous les ans (idéal) ou tous les 3-4 ans	<p align="center"><u>Accessoires</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cuve en plastique : 50€ (500L), 350 € (700L)</li> <li>- Pompe : 100 à 600€</li> <li>- Filtre (20µm) : 750€</li> </ul> <p align="center"><u>Installation complète</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- simple : 2500 €</li> <li>- complexe : 8000 €</li> </ul> <p align="center"><u>Entretien</u></p> <p align="center">1€/m<sup>3</sup>/an</p>
Toitures stockantes		Technique permettant le stockage temporaire des eaux de pluies sur la toiture. Aucune installation électrique ne doit être présente. Les débits évacués sont moins importants du fait de l'absorption par les végétaux (toiture végétalisée) ou évaporation (non végétalisée)	2 visites annuelles, une après l'automne pour retirer les feuilles, l'autre avant l'été. Enlever les mousses tous les 3 ans en moyenne au niveau de l'évacuation	<p align="center"><u>Réalisation</u></p> <p align="center">De 7€/m<sup>2</sup> à 30€/m<sup>2</sup></p> <p align="center"><u>Entretien</u></p> <p align="center">Autour de 1€/an/m<sup>2</sup></p>
Structures poreuses		Infiltration directe des eaux grâce à un matériau poreux. Très bonne technique pour réduire de façon conséquente les quantités d'eau ruisselée (limite l'imperméabilisation)	Nettoyage annuel (balayeuses aspiratrices, ou eau sous pression) permettant de conserver la porosité du matériau	<p align="center"><u>Mise en place</u></p> <p align="center">15-25€/m<sup>2</sup> (dalle béton-gazon), pavés drainants sont plus chers de 10 à 15% par rapport à des pavés classiques</p> <p align="center"><u>Entretien des dalles</u></p> <p align="center">0,2€/m<sup>2</sup></p>

## Annexe 14 : Fiches récapitulatives des mesures en fonction de la typologie secondaire des bassins versants.

Ces fiches proposent des exemples de mesures les plus adaptées aux enjeux. Il ne faut cependant pas se cantonner à ces quelques propositions.

Les symboles « + » indique l'efficacité des solutions par rapport à l'enjeu (infiltrabilité, sédimentation, érosion et laminage des crues). Plus il y a de symboles « + », plus la mesure est efficace, d'après les expériences menées par l'Association Régionales pour l'Etude et l'Amélioration des Sols en Haute-Normandie.

## MESURES RU-ER-P

Les mesures de type RU-ER-P visent à limiter le ruissellement et l'érosion dès leur formation ainsi qu'à stocker de façon temporaire les particules solides et le ruissellement. Le code P implique que le facteur pente entre en jeu et des mesures spécifiques aux zones de versants sont proposées.

Description des bassins RU-ER-P	unités	données globale zone étude	bassins à mesure RU-ER-P*	
			PLVVP	VV
nb de bassins versants (bv)	ss bv	188	16	1
superficie moyenne des bv	km <sup>2</sup>	1,44	1,82	1,44
pourcentage de la surface totale de la zone d'étude	%	100	11	0,5
Volume ruisselé moyen	m <sup>3</sup>	24 198	32 059	23 771
sensibilité érosion	(indice)	3-4	4-5	4
pente de versant moyen	%	4	6,3	7

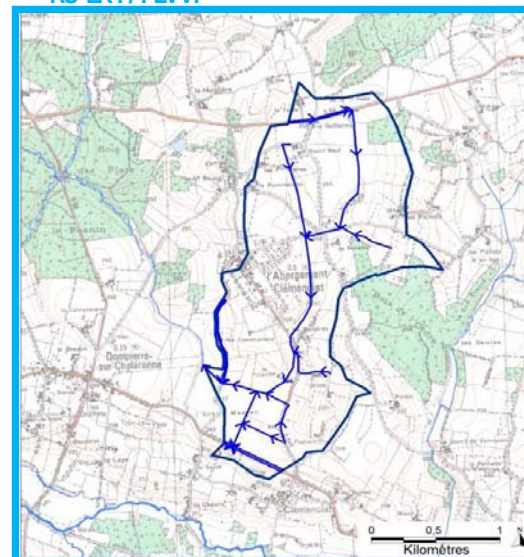
\*PLVVP : Morphologie « Plateau/Versant>5%/Vallée »

VV : Morphologie « Versant>5%/Vallée »

Mesure RU-ER-P	Action sur l'infiltrabilité et l'érosion/sédimentation	Echelle d'action	maitrise d'ouvrage	Dispositifs de financements
Fossé simple ou à redents	++/++	Parcelle / bassin	Privée, collective	MAET
Bandes enherbés	+++/>+++	Parcelle	collective	MAET
Fascines	++	Parcelle/ bassin	Privée, collective	SRTC?
Mesures spécifiques RU-ER-P/PLVVP				
Pratiques culturales favorisant l'infiltration	+++/>++	Parcelle	Privée	PVE ?
Mares	+/>++	Parcelle	privée	MAET
Cultures intermédiaires	+++/>+++	Parcelle	privée	MAET
Mesures spécifiques RU-ER-P/VV				
Sens du travail perpendiculaire à la pente	++/>++	Parcelle	Privée	-
Plantation de haies (ou petits merlons**) parallèle aux courbes de niveau	++/>++	Parcelle / bassin	Privée, collective	Appel à projet régional

\*\*merlons : ici, petits talus de terre (mais non en bordures de cours d'eau ni de fossés)

Exemple d'un bassin à mesures de gestion RU-ER-P/PLVVP



Exemple d'un bassin à mesures de gestion RU-ER-P/VV



## MESURES RU

Les mesures de type RU visent à limiter le ruissellement.

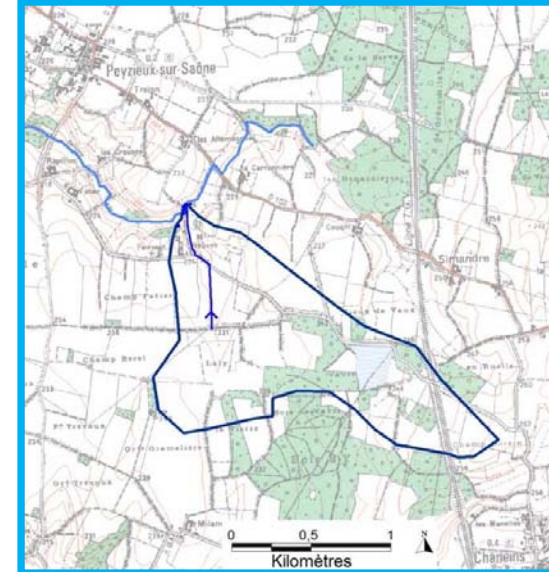
Description des bassins RU	unités	données globale zone étude	bassins à mesure RU*		
			PLVV	V	PL
nb de bassins versants (bv)	ss bv	188	8	5	9
superficie moyenne des bv	km <sup>2</sup>	1,44	2,06	2,98	4,5
pourcentage de la surface totale de la zone d'étude	%	100	6	5,5	15
Volume ruisselé moyen	m <sup>3</sup>	24 198	38 112	61 439	62 586
sensibilité érosion	(indice)	3-4	2	2	2
pente de versant moyen	%	4	4	3,4	2,8

\*PLVVP : Morphologie « Plateau/Versant>5%/Vallée »

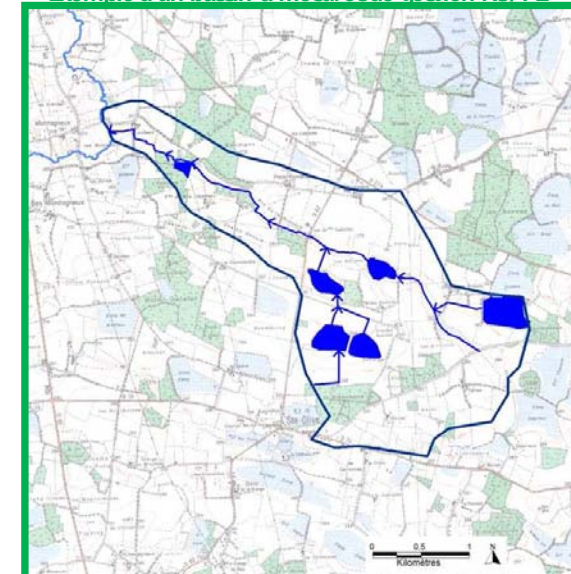
VV : Morphologie « Versant>5%/Vallée », V: Morphologie « Vallée et Vallée/Versant<5% », PL « Morphologie « Plateau »

Mesure RU	Action sur l'infiltrabilité et laminage de crue	Echelle d'action	maitrise d'ouvrage	Dispositifs de financements
Fossé simple	+++ / ++	Parcelle / bassin	Privée, collective	MAET
Bandes enherbées	++ / ++	Parcelle	collective	MAET
<b>Mesures spécifiques RU/PLVV</b>				
Pratiques culturales favorisant l'infiltration (dont culture intermédiaire)	+++	Parcelle	Privée	PVE ?
Mares	+ / +++	Parcelle	privée	MAET
<b>Mesures spécifiques RU/V</b>				
Prairie	+++ / ++	Parcelle	Privée	MAET
Boisement d'infiltration	++	Parcelle	Privée	-
<b>Mesures spécifiques RU/PL</b>				
Entretien des fossés	+++ / ++	Abords de parcelle	Privée	MAET

Exemple d'un bassin à mesures de gestion RU/PLVV



Exemple d'un bassin à mesures de gestion RU/PL





## MESURES ER

Les mesures de type ER visent à limiter l'érosion et favoriser la sédimentation.

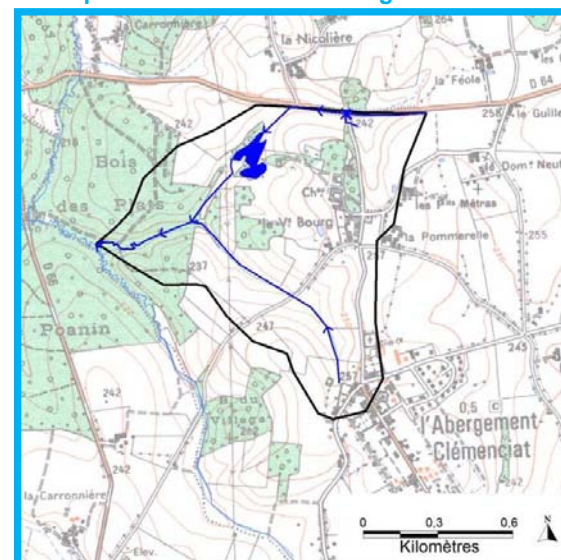
Description des bassins ER	unités	données globale zone étude	bassins à mesure ER*	
			PLVV	V
nb de bassins versants (bv)	ss bv	188	26	4
superficie moyenne des bv	km <sup>2</sup>	1,44	0,81	0,31
pourcentage de la surface totale de la zone d'étude	%	100	8	0,5
Volume ruisselé moyen	m <sup>3</sup>	24 198	13 461	6 053
sensibilité érosion	(indice)	3-4	5	5
pente de versant moyen	%	4	4	3,8

\*PLVV : Morphologie « Plateau/Versant<5%/Vallée »

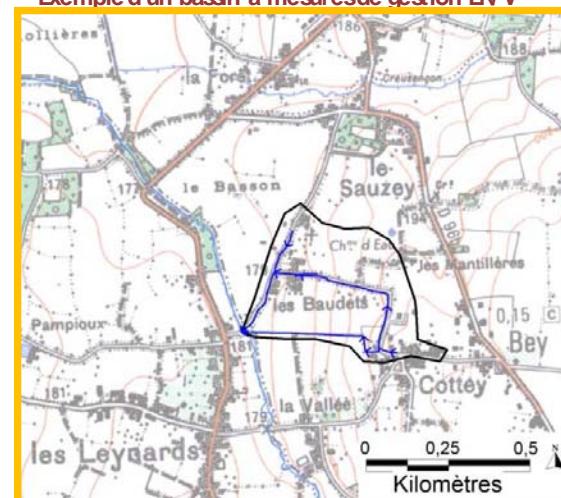
\*\*V : Morphologie « Versant<5%/Vallée »

Mesure ER	Action sur l'érosion et sédimentation	Echelle d'action	maitrise d'ouvrage	Dispositifs de financements
Sens du travail perpendiculaire à la pente	++/++	Parcelle	Privée	-
Bordures ou bout de champs enherbés	++/+++	Parcelle	Privée	MAET
Talwegs enherbés	+++ / ++	Parcelle	Privée	-
Fascines	++	Parcelle/ bassin	Privée, collective	SRTC?
Mesures spécifiques ER/PLVV				
Pratiques culturales favorisant l'infiltration (dont culture intermédiaire), spécifique aux sols battants	+++	Parcelle	Privée	PVE ?
Fossés enherbés	++	Parcelle	privée	MAET
Mesures spécifiques ER/V				
Prairie	+++	Parcelle	Privée	MAET
Plantation de haies parallèle aux courbes de niveau	++	Parcelle / bassin	Privée, collective	Appel à projet régional
Boisement d'infiltration	++/++	Parcelle/ bassin	Privée/coll ective	Aides publiques?

Exemple d'un bassin à mesures de gestion ER/PLVV



Exemple d'un bassin à mesures de gestion ER/V



## MESURES ER-P

Les mesures de type ER-P visent à limiter l'érosion et favoriser la sédimentation. Le code P implique que le facteur pente entre en jeu et des mesures spécifiques aux zones de versants sont proposées.

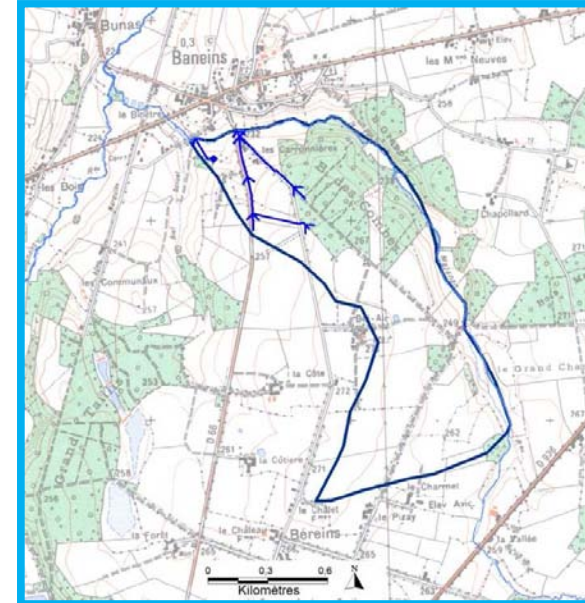
Description des bassins ER-P	unités	données globale zone étude	bassins à mesure ER-P*	
			PLVVP	VV
nb de bassins versants (bv)	ss bv	188	16	2
superficie moyenne des bv	km <sup>2</sup>	1,44	0,9	0,5
pourcentage de la surface totale de la zone d'étude	%	100	5	0,4
Volume ruisselé moyen	m <sup>3</sup>	24 198	13 269	9 946
sensibilité érosion	(indice)	3-4	4-5	5
pente de versant moyen	%	4	6	6,7

\*PLVVP : Morphologie « Plateau/Versant>5%/Vallée »

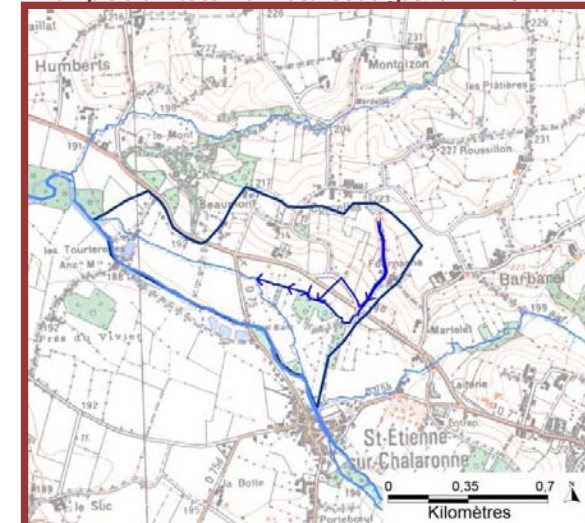
\*\*VV : Morphologie « Versant>5%/Vallée »

Mesure ER-P	Action sur l'érosion et le laminage des crues	Echelle d'action	maitrise d'ouvrage	Dispositifs de financements
Fossé simple ou à redents, gabion	++	Parcelle / bassin	Privée, collective	MAET
Bandes enherbées	++/++	Parcelle	collective	MAET
<b>Mesures spécifiques ER-P/PLVVP</b>				
Cultures intermédiaires	+++	Parcelle	Privée	MAET
Talweg enherbés	+++/++	Parcelle	Privée	MAET
Binage, écroûtage	+++	Parcelle	Privée	PVE?
<b>Mesures spécifiques ER-P/VV</b>				
Sens du travail perpendiculaire à la pente	++	Parcelle	Privée	
Plantation de haies parallèle aux courbes de niveau	++/+++	Parcelle/ bassin	Privée, collective	Appel à projet régional
Entretien des fossés et des haies	++/+++	Abords de parcelle	Privée	MAET

Exemple d'un bassin à mesures de gestion ER-P/ PLVVP



Exemple d'un bassin à mesures de gestion ER-P/ VV



## MESURES RU-ER

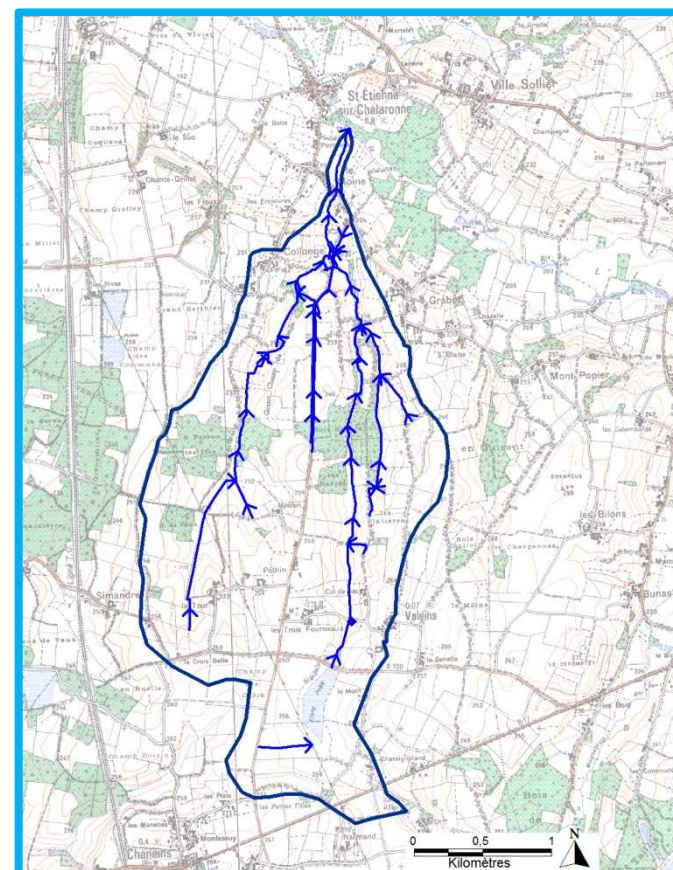
Les mesures de type RU-ER visent à limiter le ruissellement et l'érosion dès leur formation ainsi qu'à stocker de façon temporaire les particules solides et le ruissellement.

Description des bassins RU-ER	unités	données globale zone étude	bassins à mesure RU-ER/ PLVV*
nb de bassins versants (bv)	ss bv	188	26
superficie moyenne des bv	km <sup>2</sup>	1,44	2,6
pourcentage de la surface totale de la zone d'étude	%	100	25
Volume ruisselé moyen	m <sup>3</sup>	24 198	43 990
sensibilité érosion	(indice)	3-4	4-5
pente de versant moyen	%	4	4

\*PLVV : Morphologie « Plateau/Versant<5%/Vallée »

Mesure RU-ER	Action sur l'infiltrabilité et l'érosion	Echelle d'action	maitrise d'ouvrage	Dispositifs de financements
Fossé simple ou a rédents	+++	Parcelle / bassin	Privée, collective	MAET
Bandes enherbés	++/++	Parcelle	collective	MAET
Fascines et autres pièges à sédiments	++	Parcelle/ bassin	Privée, collective	SRTC?
Pratiques culturales favorisant l'infiltration	+++ / +++	Parcelle	Privée	PVE ?
Mares	++	Parcelle	privée	MAET
Cultures intermédiaires	++/+++	Parcelle	privée	MAET

Exemple d'un bassin à mesures de gestion RU-ER/ PLVV



**Abstract :**

Because of the deterioration of the water quality in the Chalaronne territories, but also because of the important flood events of the two winters 2008 and 2009, this study deals with erosion and water streaming problems observed at the Chalaronne downstream. This report is organized in two steps. Firstly, a diagnosis is done so as to determine the more sensitive regions to these two phenomenons. Secondly, handling measures are suggested according to the results of the diagnosis.

The diagnosis classifies the sub-catchments according to their erosion sensibility and their relative contribution to the water volume recorded further downstream. This classification takes into account many parameters, such as soil covers, relief, or soil types. The diagnosis concludes that the studied territory is particularly sensitive to soil erosion and that all sub-catchments don't have the same contribution to the water flows leading to the flood events. Created maps will be used to help the decision makers in order to apply the best solutions in the more relevant regions, such as sub-catchment with many houses which could be flooded, or those with an important slope.

Handling measures along with their technical-economic feasibility are discussed according to the results of the diagnosis. Actions have to be realized by all the people leaving in the territory (farmers, politics, citizens,...) and apply at different scales, from farm parcel to the entire catchment.

**Keywords :**

Soil erosion, streaming, catchment, handling measures, storm water