



# Etude de réduction des coulées d'eau boueuse sur les bassins versants en rive droite de la Moder



Numéro d'identification	194258 013/rmo
-------------------------	----------------

Date	Objet / description révision	Paraphe	
Juin 2010	Rapport final	RMO	

## Maître d'ouvrage

**Commune de Pfaffenhoffen**  
Mairie de Pfaffenhoffen  
17 route du Docteur Albert Sweitzer  
67 350 Pfaffenhoffen

Avec mission



# Sommaire

<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>2</b>
<b>I. PREAMBULE .....</b>	<b>5</b>
1. OBJECTIFS & ENJEUX.....	6
2. CONTENU DU PRESENT RAPPORT.....	6
<b>II. PREMIERE PHASE : ÉTAT DES LIEUX.....</b>	<b>7</b>
SITUATION ACTUELLE .....	8
2.1 Géographie générale.....	8
2.1.1 Relief et hydrographie.....	8
2.1.2 Géologie & hydrogéologie .....	11
2.1.3 Occupation du sol.....	12
Surfaces agricoles .....	13
Positions des zones bâties .....	17
2.2 Etude bibliographique.....	23
2.2.1 Etude menée par l'ARAA .....	23
ARRA, 2007, « Sensibilité potentielle à l'érosion des sols et risque potentiel de coulées d'eaux boueuses en Alsace ». .....	23
2.2.2 Mémoire de master au Conseil Général.....	25
Dumas D., 2009, « Optimisation des micros ouvrages de lutte contre les coulées boueuses par modélisation », Université de Strasbourg, Mémoire master II, 107p.....	25
2.3 Evènements catastrophiques (CATNAT).....	27
3. NOTE PAR COMMUNE.....	31
BUSWILLER .....	32
DAUENDORF.....	35
ETTENDORF.....	39
MORSCHWILLER .....	43
NIEDERMODERN .....	47
OHLUNGEN .....	49
PFÄFFENHOFFEN.....	52
SCHALKENDORF .....	59
SCHWEIGHOUSE-SUR-MODER .....	61
UHLWILLER .....	65
4. CONCLUSION .....	71
<b>III. DEUXIEME PHASE : DIAGNOSTIC HYDRAULIQUE .....</b>	<b>73</b>
1. RESEAU HYDROLOGIQUE ET DIRECTIONS D'ÉCOULEMENTS .....	74
2. DECOUPAGE EN SOUS BASSINS VERSANTS .....	75
Identification des exutoires.....	75
Identification des sous bassins versants .....	76
3. ESTIMATION DES DEBITS.....	79
3.1 Méthode rationnelle .....	79
a. Modélisation Hydraflow standard (hydrogrammes & emboitement).....	80
b. Modélisation Hydraflow Express (exutoires).....	81
c. Synthèse.....	84
4. RISQUE COULEE D'EAU BOUEUSE.....	86
4.1 Définition du risque de coulée d'eau boueuse .....	86
4.2 Méthode d'élaboration du risque de coulée d'eau boueuse.....	87
4.2.1 Définition de l'aléa coulée d'eau boueuse et choix des modèles.....	88
4.2.2 Modélisation des pertes en terre (RUSLE).....	88
4.2.3 Modélisation de l'érosion linéaire (STREAM) .....	90
4.2.5 Evaluation de la vulnérabilité des exutoires .....	94
Procédure.....	95
4.2.6 Méthode d'élaboration de la cartographie du risque coulée d'eau boueuse.....	96
4.2.7 Résultats .....	97

<b>IV.</b>	<b>TROISIEME PHASE : PROGRAMME D' ACTIONS .....</b>	<b>98</b>
1.	OBJECTIFS ET PRINCIPES D' AMENAGEMENT .....	99
1.1	<i>Objectif d'aménagement</i> .....	99
1.2	<i>Principes d'aménagement</i> .....	99
2.	TYPES D' AMENAGEMENTS .....	100
2.1	<i>Aménagements surfaciques</i> .....	100
2.1.1	Introduction .....	100
2.1.2	Impacts attendus des actions agronomiques .....	100
2.1.3	Types de mesures agronomiques .....	101
2.2	<i>Aménagements d'hydraulique douce linéaires</i> .....	103
2.2.1	Introduction .....	103
2.2.2	Freins hydrauliques .....	103
2.2.3	Collecteurs du ruissellement .....	105
2.3	<i>Ouvrages structurants</i> .....	107
3.	MODALITE DE POSITIONNEMENT DES AMENAGEMENTS .....	109
3.1	<i>Zonages des actions agronomiques</i> .....	109
	Actions visant à limiter le ruissellement : .....	109
	Actions visant à limiter l'érosion des sols : .....	110
3.2	<i>Aménagements d'hydraulique douce proposés</i> .....	111
	Espace inter-parcelles .....	112
	Bout de champs (fourrière) de bordure d'axe de circulation .....	113
	Talweg sec .....	114
	Bordure de cours d'eau et de fossés .....	115
	Interface zone bâtie / parcelle agricole .....	116
	Chemins de crête .....	117
3.3	<i>Localisation et choix des types d'aménagements structurants proposés</i> .....	118
3.3.1	Renaturation de cours d'eau .....	118
	Reprofilage des sections .....	118
	Reprofilage des tracés .....	120
3.3.2	Ouvrages de stockage .....	121
	Mares tampons & Prairies inondables ou diguettes de plein champ .....	121
	Zone d'extension de crue .....	122
	Réutilisation des anciens lits de cours d'eau .....	122
	Fonds de vallées larges et plats .....	123
	Secteurs ponctuels .....	124
3.4	<i>Eléments existants à maintenir</i> .....	126
	Talus existants .....	126
	Prairies de versant .....	126
	Prairies inondables de fond de vallée .....	127
	Ripisylve humide .....	127
4.	SCHEMA D' AMENAGEMENT .....	128
4.1	<i>Aménagement global</i> .....	128
	Aménagements d'hydraulique douce et mesures agronomiques .....	128
	Ouvrages de rétention .....	129
	Gestion ponctuelle des verrous hydrauliques .....	136
5.	SYNTHESE DES COUTS PAR COMMUNE .....	137
6.	EVALUATION DES IMPACTS ATTENDUS .....	142
6.2	<i>Impacts attendus</i> .....	142
6.2.1	Incidences sur les eaux de surface .....	142
6.2.2	Incidences sur les eaux souterraines .....	143
6.2.3	Incidences sur la faune et la flore .....	144
6.2.4	Incidences paysagères .....	144
6.2.5	Incidences agronomiques .....	145
7.	BESOINS EN ETUDES COMPLEMENTAIRES .....	145
7.1	<i>Volet règlementaire</i> .....	145
7.2	<i>Etude de projet</i> .....	145
8.	RECOMMANDATIONS .....	146
8.1	<i>Gestion des Eaux Pluviales Urbaines</i> .....	146
8.2	<i>Soutien aux agriculteurs</i> .....	149

<b>V. ANNEXES.....</b>	<b>150</b>
1. ANNEXE N°1 :.....	151
a. Données sol de l'ARAA .....	151
b. Carte des Coefficients de ruissellement pour un orage centennal .....	151
2. ANNEXE N°2 .....	152
a. Présentation Méthode rationnelle .....	152
b. Carte des Bassins Versants (BV).....	152
c. Calcul MR par BV.....	152
3. ANNEXE N°3 .....	153
a. Modélisation Hydraflow (100 ans).....	153
b. Modélisation Hydraflow (50 ans).....	153
c. Modélisation Hydraflow (10 ans).....	153
4. ANNEXE N°4 .....	154
a. Modélisation Hydraflow Express (Capacités maximum des exutoires.....	154
5. ANNEXE N°5 .....	155
a. Modélisation RUSLE (Modélisation de l'érosion diffuse).....	155
6. ANNEXE N°6 .....	156
a. Modélisation STREAM (Modélisation de l'érosion linéaire).....	156
7. ANNEXE N°7 .....	157
a. Validation des modèles RUSLE & STREAM.....	157
8. ANNEXE N°8 .....	158
a. Algorithme de détermination des classes de vulnérabilité du territoire.....	158
9. ANNEXE N°9 .....	159
a. Liste des actions agronomiques .....	159
b. Fiches actions agronomiques.....	159
c. Mesures agroenvironnementales.....	159
10. ANNEXE N°10.....	160
a. Dimensionnement des ouvrages de rétention .....	160
b. Zones d'inondation approximative des ouvrages de rétention.....	160



# ***I. Préambule***

# 1. Objectifs & enjeux

A l'occasion d'événements pluvieux particulièrement intenses, des ruissellements, parfois sous la forme de coulées boueuses, s'organisent dans le réseau des vallons et vallées sèches en amont des cours d'eau permanents, à l'origine de nuisances sur les biens et personnes et sur les milieux naturels (impacts directs, ruissellements au débit de pointe dévastateur, envasement par apport de sédiments, ou impacts indirects, pollution des eaux et sols), en plus des pertes en terres agricoles.

La Commune de Pfaffenhoffen s'est portée maître d'ouvrage pour établir une planification des mesures et aménagements permettant de réduire le risque de coulées boueuses à l'échelle de l'ensemble du bassin versant englobant les bancs de 8 communes : Dauendorf, Ettendorf, Morschwiller, Niedermodern, Ohlungen, Pfaffenhoffen, Ringeldorf, Schweighouse sur Moder et Uhlwiller.

L'objectif de la présente mission est d'établir une planification des zones à risque de coulée boueuse, fixant les priorités et les préconisations de gestion adaptées à chaque périmètre, et définira le programme d'actions de prévention du risque.



**Photo 1: Extrait d'une vue aérienne du secteur d'étude (centrée sur la commune de Morschwiller)**

## 2. Contenu du présent rapport

Le présent rapport porte sur :

- état des lieux des désordres hydrologiques et description générale du site ;
- modélisation hydraulique et hydrologique ;
- propositions d'aménagements visant à réduire le risque des phénomènes de ruissellement et d'inondation ainsi que leurs impacts sur la commune.

Les aménagements préconisés portent sur des ouvrages hydrauliques, tout en favorisant dans la mesure du possible les aménagements d'hydraulique douce (haies, talus, bandes enherbées par exemple) et des recommandations en terme de gestion des parcelles agricoles, forestières et prairies.

## **II. Première phase : État des lieux**

# Situation actuelle

## 2.1 Géographie générale

La lutte contre les coulées d'eau boueuse, plus fréquentes, et dont le coût des dommages est croissant ces dernières années, relève d'une triple problématique à savoir :

1. concilier le développement périurbain avec la préservation du patrimoine paysager et naturel ;
2. la préservation de la qualité des eaux ;
3. le maintien et l'optimisation de l'espace de travail des agriculteurs.

### 2.1.1 Relief et hydrographie

#### Carte: N°194258102 Topographie

Le site d'étude est caractérisé par un relief de collines entaillées par des vallées drainées orientées Est-Ouest, présentant sur leurs versants de nombreuses vallées et vallons secs orientés majoritairement Sud-Ouest Nord-Est principalement.

Les versants sont plus ou moins longs, d'environ 500 m sur les versants les plus pentus jusqu'à environ 1 000 m pour les versants à pentes plus douces. Les formes de relief sont typiques des collines et présentent des interfluvés<sup>1</sup> larges et de forme arrondie plus ou moins symétrique. Néanmoins quelques versants dissymétriques sont à noter. Les pentes sur ces versants sont généralement comprises entre 5% et 15%.

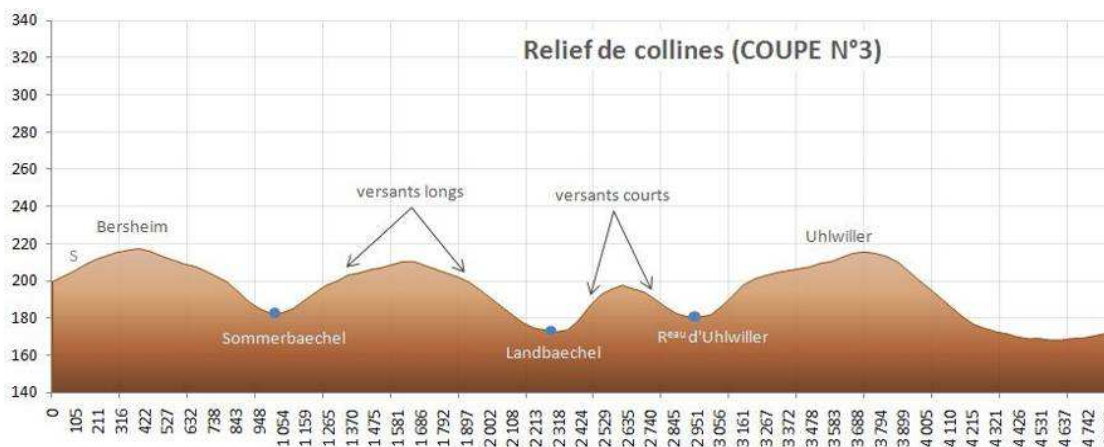


Figure 1: Coupe topographique illustrant le relief de collines et la présence de versants courts et longs



Figure 2: Modelé arrondi, typique des reliefs de collines

<sup>1</sup> Relief compris entre deux vallées

Le réseau hydrographique de la zone d'étude est constitué de la rivière La Moder et de ses affluents notamment:

- **Le Jaegerbaechel** (11,4 km) traversant les communes de Dauendorf, Grassendorf, Morschwiller, Ohlungen, Schweighouse sur Moder et Uhlwiller et se jetant dans la Moder.
- **Le Hengstbaechel** (2,8 km) traversant les communes de Morschwiller, Niedermodern, Pfaffenhoffen et Ringeldorf et se jetant dans la Moder.
- **Le Landgraben**. D'après l'Agence de l'eau, la qualité de ce cours d'eau n'est pas bonne pour ce qui concerne les éléments physico-chimiques. Le "bon état écologique" doit être atteint pour 2015.

Plusieurs stations de mesures de la Moder existent notamment à Dauendorf. Au niveau de cette station, les données SEQ eau permettent de qualifier la qualité de la Moder de passable à très bonne selon les paramètres étudiés. Une autre station de mesure sur la Moder existe à Schweighouse sur Moder.

Les cours d'eau (hors Moder) présentent des particularités vis-à-vis de leur comportement hydraulique et de leur capacité à réagir aux crues. La plupart des cours d'eau montrent des **profils et tracés très anthropiques**. Dans la plupart des cas les sections présentent des berges droites sans ripisylve et profond au profil trapézoïdal. Les tracés sont très rectilignes avec une sinuosité quasi absente. Le comportement de ce type de cours d'eau « fossé » lors de crue est relativement problématique. Les eaux de ruissellement pris en charge ne peuvent être ralenties et s'évacuent rapidement vers l'aval. Les ondes de crues sont alors courtes et brutales, dommageables pour le cours d'eau et pour les enjeux en aval.

Quelques résidus de tronçons plus naturels persistent cependant, la végétation hydrophile spécifique de ces zones humides est alors abondante et développée donnant un caractère écologique et paysager remarquable (prairies et bois inondables).



Figure 3: Tracé rectiligne d'un cours d'eau avec une végétation de ripisylve rare et ponctuelle



Figure 4: Caractère typique des cours d'eau du site d'étude, très anthropique

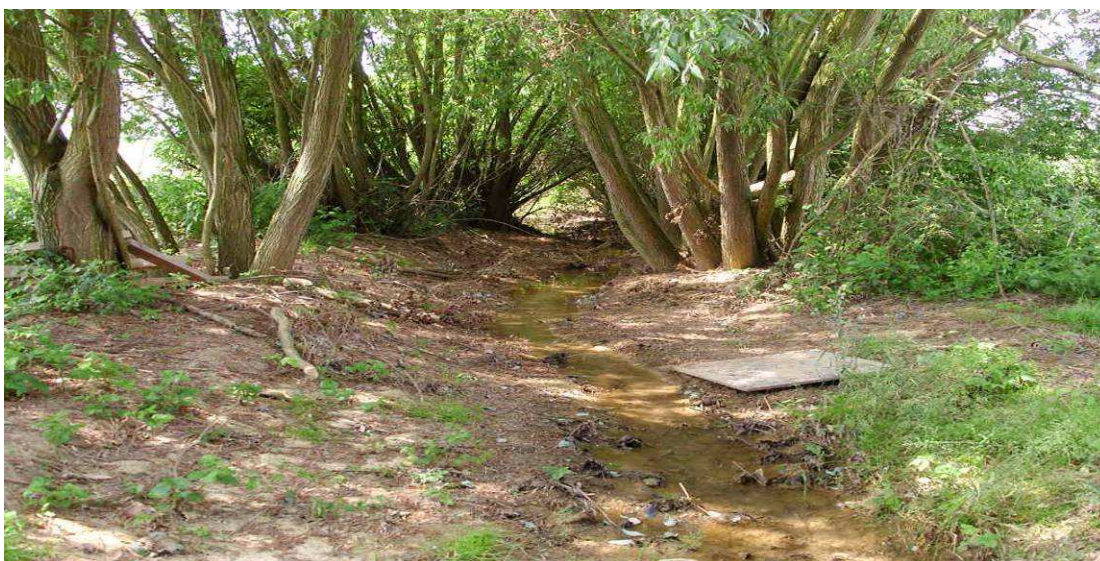




**Figure 5: Espace ponctuel à caractère plus naturel, caractérisé par une végétation hydrophile abondante**



**Figure 6: Autre exemple d'espace ponctuel à caractère plus naturel**



**Figure 7: Ecoulement plus sinueux d'un cours d'eau lors d'une traversée de tronçon plus naturel**



## 2.1.2 Géologie & hydrogéologie

### Carte: N°194258-101 Géologie

La zone d'étude appartient aux collines sous vosgiennes découpées par de nombreuses failles constituant le champ de fractures de Saverne.

La pénéplaine pré-tertiaire a été affectée par des plissements au cours de l'Eocène qui ont déterminé la formation de petits lacs notamment dans le synclinal de Dauendorf où des calcaires lacustres du Lutétien (**e5** affleurant à Dauendorf et dans la campagne voisine) ont été déposés.

A l'Oligocène inférieur, le grand affaissement Rhénan amène la mer dans la région. Son littoral est marqué par une succession de conglomérats côtiers (**g1M** à Uhlwiller).

Les failles sont généralement orientées NNE-SSO et liées à la fois à la poussée orogénique alpine et à l'effondrement de l'oligocène.

Des inversions de relief sont également observées notamment vers Dauendorf et liées à une reprise de l'érosion qui a été guidée par les contacts anormaux de couches inégalement résistantes.

Des formations plus jeunes (quaternaires) forment la couverture actuelle du relief avec :

- **OE:** Lehm et Loess indifférenciés déposés au cours des périodes froides du quaternaire et qui ont subi d'importants remaniements par solifluxion<sup>2</sup> et pédogénèse<sup>3</sup> (Ringeldorf, Ohlungen, Huttendorf) ;
- **Fz:** Alluvions récentes de la Moder qui sont assez fines ;
- **Fy:** Alluvions anciennes indifférenciées. En amont de Pfaffenhoffen, les alluvions de la Moder sont épisodiquement exploitées sur une épaisseur de 3 à 6 m ;
- **p:** sables et gravier du Pliocène déposés dans les chenaux fluviaux et des cuvettes marécageuses. Ils sont relativement épais localement à Schweighouse-Sur-Moder.

Deux nappes souterraines sont présentes dans la région:

- la nappe du Trias Gréseux
- la nappe du Pliocène drainée par la Moder

La majorité des communes des collines sous vosgiennes sont alimentées par la nappe des grès. Les recherches de nappes alluviales des principales rivières ont été infructueuses. La qualité des nappes présentes au droit de la zone d'étude est qualifiée de "mauvais état" avec une tendance à la hausse des nitrates pour la nappe du Pliocène (données Agence de l'eau - SDAGE de décembre 2007). L'objectif de bon état a été fixé en 2027 pour la nappe du Pliocène et en 2015 pour la nappe des Grès.

---

<sup>2</sup> Descente, sur un versant, de matériaux boueux ramollis par l'augmentation de leur teneur en eau liquide, (apport brutal lors d'un dégel par exemple)

<sup>3</sup> Ensemble des processus (physiques, chimiques et biologiques) qui, en interaction les uns avec les autres, aboutissent à la formation, la transformation ou la différenciation des sols.

## 2.1.3 Occupation du sol

### Carte: N°194258-103 Occupation du sol

Le tableau de la figure n° 8 montre la répartition des principaux types d'occupation du sol sur le territoire et selon différentes classes de pente. L'occupation du sol est majoritairement agricole (59% soit environ 4000 Ha), même si quelques zones boisées (14% soit environ 800 Ha) persistent sur les versants les plus pentus de l'Ouest du bassin versant (Bois de Ringeldorf et Bois d'Ettendorf) et à l'extrême Est (Bois d'Ohlungen et Bois d'Uhlwiller). Les routes et surfaces urbanisées représentent 11% du territoire, soit environ 650 Ha. Les pâtures, vergers et vignes résiduels occupent 15% du territoire soit environ 900 Ha.

Les pentes les plus fortes (> 15%) sont majoritairement occupées par des pâtures et vergers (117 Ha), des cultures (82 Ha) et des bois (36 Ha).

Pentes	Occupation du sol									
	Bois		Cultures		Routes		urbain		vergers et pâtures	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
< 2%	324	6%	389	7%	26	0.4%	167	3%	161	3%
2% - 5%	322	6%	1 029	18%	39	0.7%	198	3%	209	4%
5% - 10%	109	2%	1 452	25%	32	0.6%	139	2%	266	5%
10% - 15%	37	0.6%	446	7.7%	6	0.1%	27	0.5%	136	2%
> 15%	36	0.6%	82	1.4%	2	0.04%	6	0.1%	117	2%
<b>Total général</b>	<b>827</b>	<b>14%</b>	<b>3 398</b>	<b>59%</b>	<b>105</b>	<b>2%</b>	<b>537</b>	<b>9%</b>	<b>890</b>	<b>15%</b>

Figure 8: Tableau récapitulatif de l'occupation du sol sur le site d'étude et sa répartition selon la pente

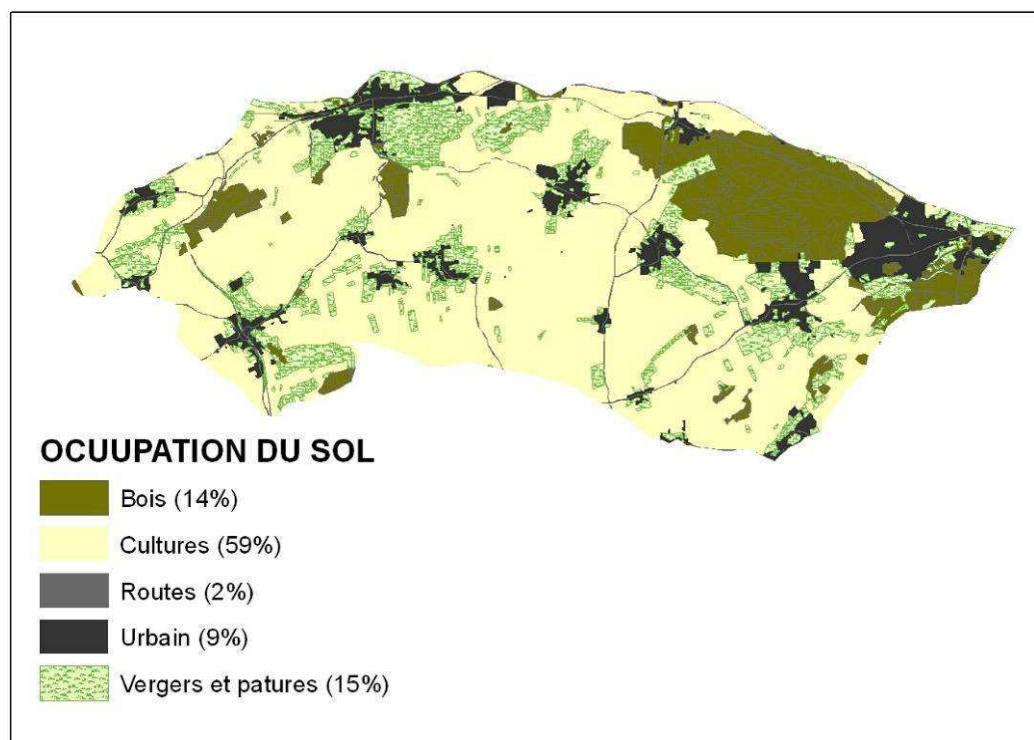
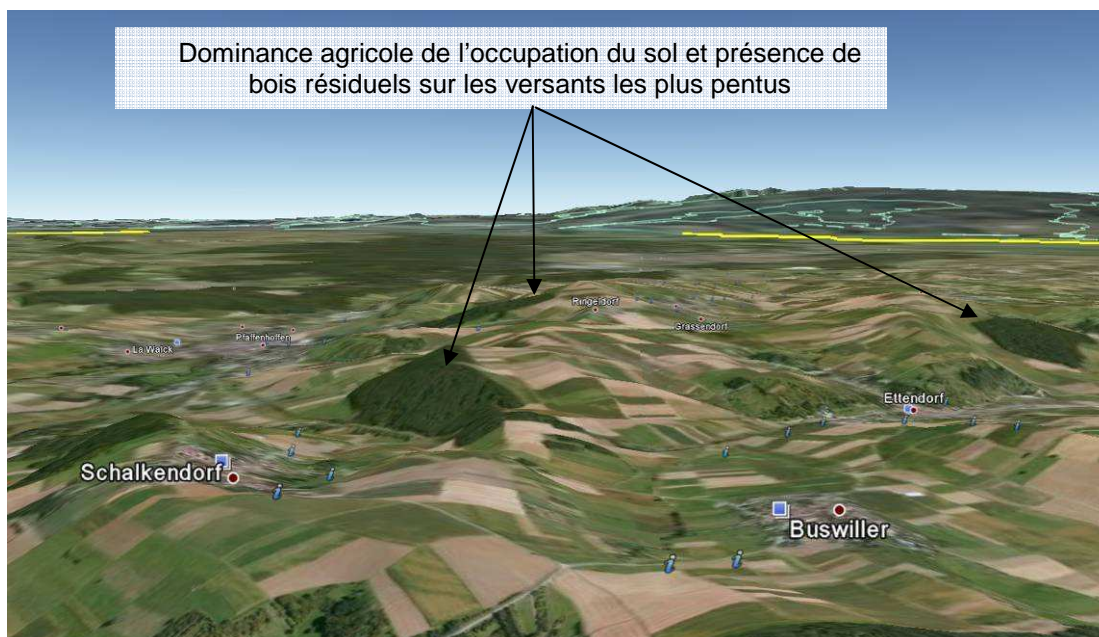


Figure 9: Répartition générale et spatialisée de l'occupation du sol



## Surfaces agricoles

Les zones agricoles sont caractérisées par un paysage à champs ouverts (Openfield) ou peu d'obstacles naturels (haies, talus) sont présents. Un réseau important de fossés draine les principaux fonds des vallées mais également un certain nombre de vallons latéraux.

Les versants les plus longs sont généralement « coupés » à mi-pente par une route ou un chemin agricole parallèle à l'axe du talweg. Les parcelles agricoles s'organisent alors en double ou triple rideau de part et d'autres de ces axes, sans présence de haies ou de zones tampons entre les deux séries de parcelles. Les parcelles sont pour la plupart ainsi cultivées dans le sens de la pente et les entrées aux champs situées en aval constituent des points de sorties privilégiés pour les eaux de ruissellement. Outre les désordres hydrauliques pouvant survenir lorsque les routes fréquentées sont traversées par les écoulements boueux sortant des champs, les émissaires de fonds de vallées reçoivent directement ces flux chargés, ce qui contribue à la dégradation de leur qualité.

Les versants les plus courts sont quant à eux occupés la plupart du temps par une parcelle unique occupant toute sa longueur. Les parcelles sont ainsi alignées le long du versant et principalement cultivées dans le sens de la pente. Aucun obstacle hydraulique ne permet de freiner les eaux de ruissellement depuis sa genèse au sein de la parcelle jusqu'au fond de vallée drainée ou non. La présence de fossé en situation de fond de vallon sec aggrave cette caractéristique puisqu'une fois pris en charge par le fossé, les écoulements ne rencontrent plus aucun frein et sont accélérés vers l'aval.



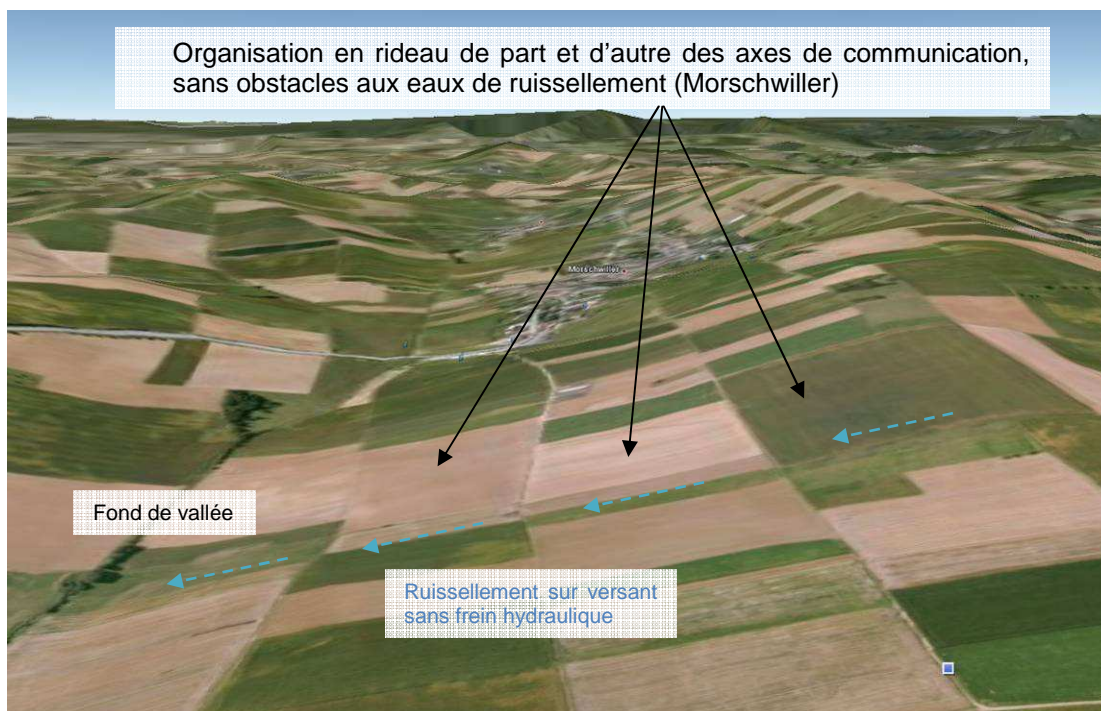


Figure 10 : Exemple d'organisation parcellaire sur versant long

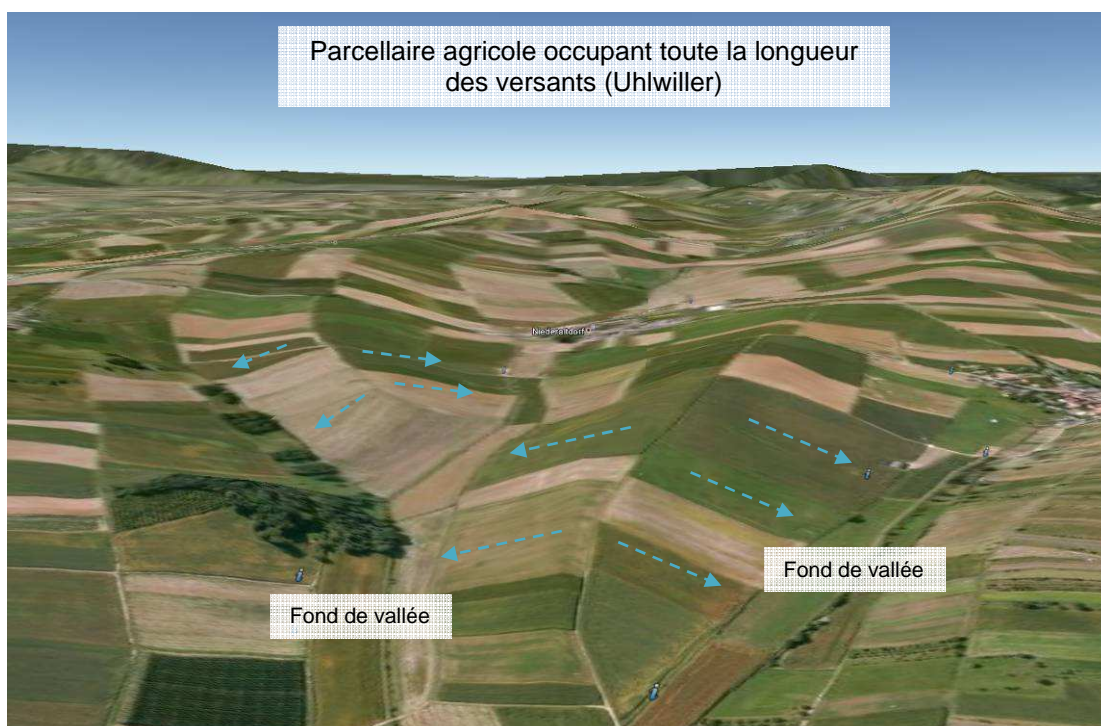


Figure 11 : Exemple d'organisation parcellaire sur versant court



**Figure 12: Organisation du parcellaire sur versant court, aucun obstacle hydraulique présent**



**Figure 13: Organisation typique du parcellaire agricole, en rideau**

Les principales caractéristiques des exploitations agricoles du secteur d'étude sont résumées dans le tableau ci-dessous

**Les cultures principalement observées** sont le maïs, le blé, l'escourgeon et la betterave. Viennent ensuite des cultures secondaires que l'on retrouve localement : houblon, tabac, choux, fraise.

**La part des surfaces** toujours en herbe ne représente que 30% de la surface agricole utilisée (Cf. figure n° 14). Au niveau des communes cela représente une moyenne 89 Ha d'herbe contre 296 Ha de terres labourables.

**Le nombre d'exploitations** en 2000 sur les communes a chuté de près de 40% depuis 1988, soit en moyenne 15 exploitations par communes contre 24 en 1988. Parmi ces exploitations, 2/3 sont professionnelles (avec une double activité). Un tiers des exploitations est représenté par des exploitations individuelles. Cette part importante d'exploitants ayant une double activité (cumul activité d'exploitant et autre activité professionnelle) reste une spécificité alsacienne par rapport à la moyenne française. La SAU (surface agricole utilisée) moyenne de l'ensemble des exploitations passe de 15 Ha en 1988 à 24 Ha en 2000 soit une hausse de 66%.



	Nombre d'exploitations	Rappel : Nombre d'exploitations en 1988	Nombre d'exploitations professionnelles	Exploitation professionnelles (%)	SAU Superficie agricole utilisée (ha)	Terres labourables (ha)	Superficie toujours en herbe (ha)	Terre labourable %	Superficie toujours en herbe %
BUSWILLER	9	20	nc	nc	134	116	18	87%	13%
DAUENDORF	22	44	11	50%	596	419	176	70%	30%
ETTENDORF	22	38	16	73%	490	404	83	82%	17%
MORSCHWILLER	11	21	6	55%	424	370	53	87%	13%
NIEDERMODERN	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc	nc
OHLUNGEN	30	56	14	47%	608	487	118	80%	19%
PFÄFFENHOFFEN	10	11	5	50%	398	239	155	60%	39%
RINGELDORF	9	8	6	67%	301	209	91	69%	30%
SCHALKENDORF	4	13	nc	nc	19	9	10	47%	53%
SWEIGHOUSE SUR MODER	3	9	nc	nc	66	nc	32	nc	48%
UHLWILLER	24	30	10	42%	562	409	151	73%	27%
<b>Moyenne</b>	<b>15</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>55%</b>	<b>360</b>	<b>296</b>	<b>89</b>	<b>73%</b>	<b>29%</b>

Figure 14: Tableau récapitulatif des caractéristiques agricoles par communes (source: AGRESTE RGA 2000)



## Positions des zones bâties

Sur ce relief agricole ondulé, les villes et villages du site d'étude sont établis sur des positions plus ou moins vulnérables aux phénomènes de ruissellements en général.

Certains villages sont en position dominante sur le paysage, généralement sur le sommet d'une colline. De ce fait, ces zones habitées ne sont pas dans les points bas, zones d'accumulation du ruissellement ou dans les trajectoires des ruissellements concentrés de versant circulant via des vallons secs. Les villages les plus représentatifs de cette situation sont Ringeldorf et Buswiller.



Figure 15 : Position strictement dominante de Ringeldorf, installé sur un col au sommet d'une colline



Figure 16: Position du bâti en position dominante, à l'abri des phénomènes de ruissellement

D'autres villages possèdent des caractéristiques identiques à la différence que leur extension s'est portée vers les bas de versant et dans les fonds de vallons secs ou drainés. Les habitations de ces extensions peuvent donc être concernées par des désordres hydrauliques liés à ces émissaires. On peut citer comme exemple Schalkendorf et Dauendorf.

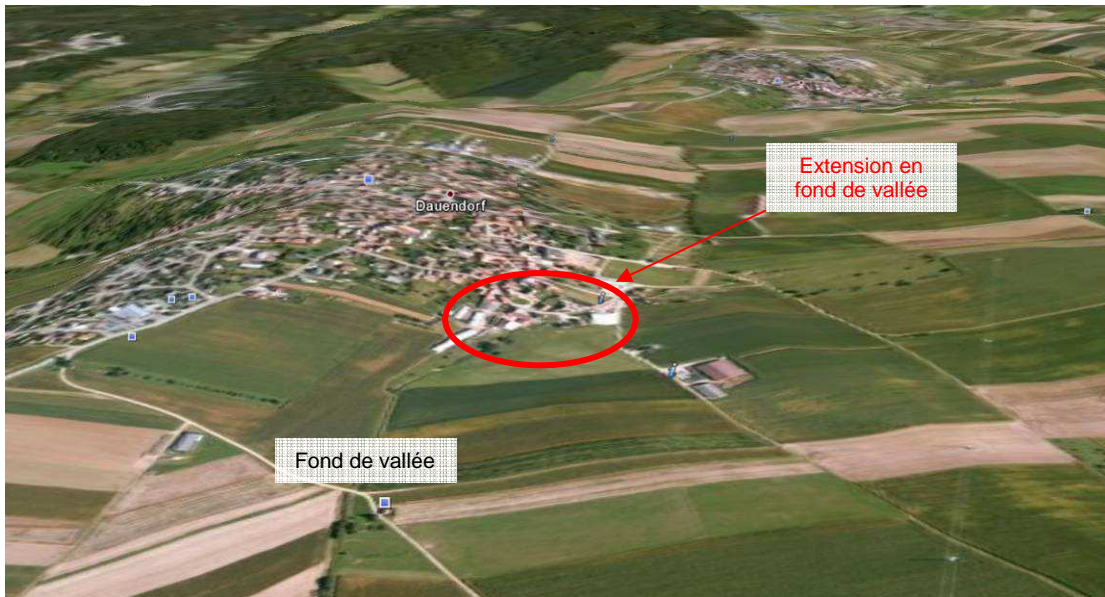


Figure 17 : Position dominante avec extension vers le fond de vallée (Dauendorf)

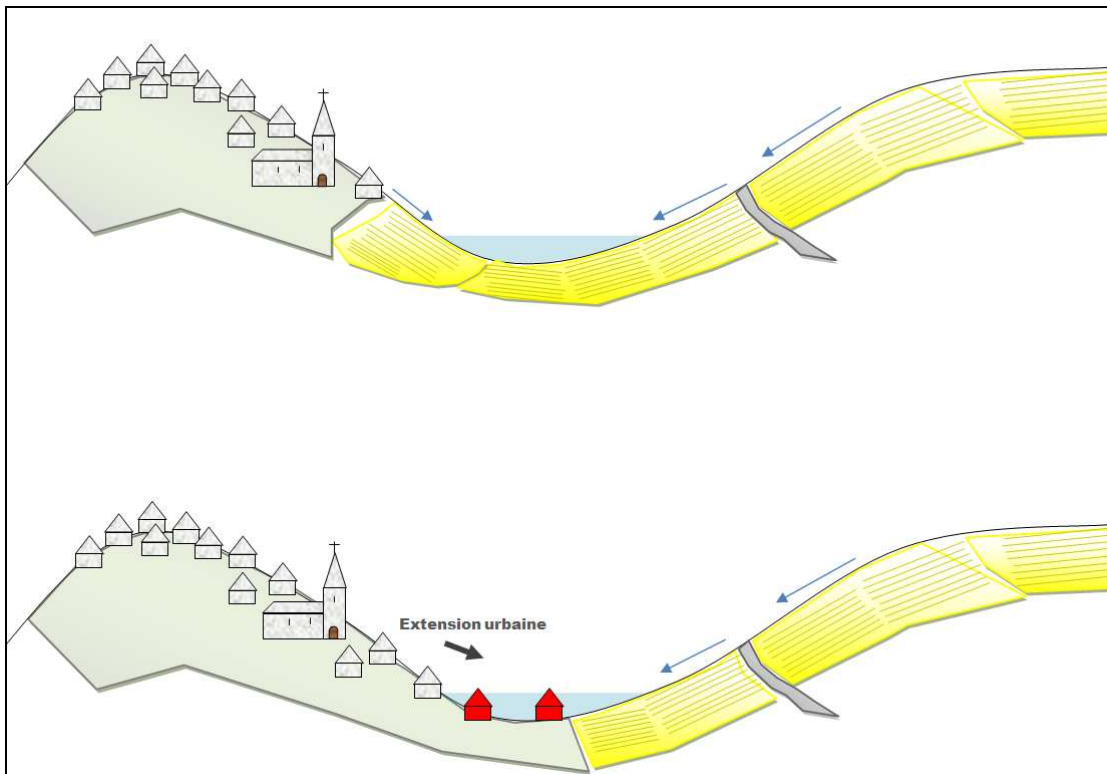
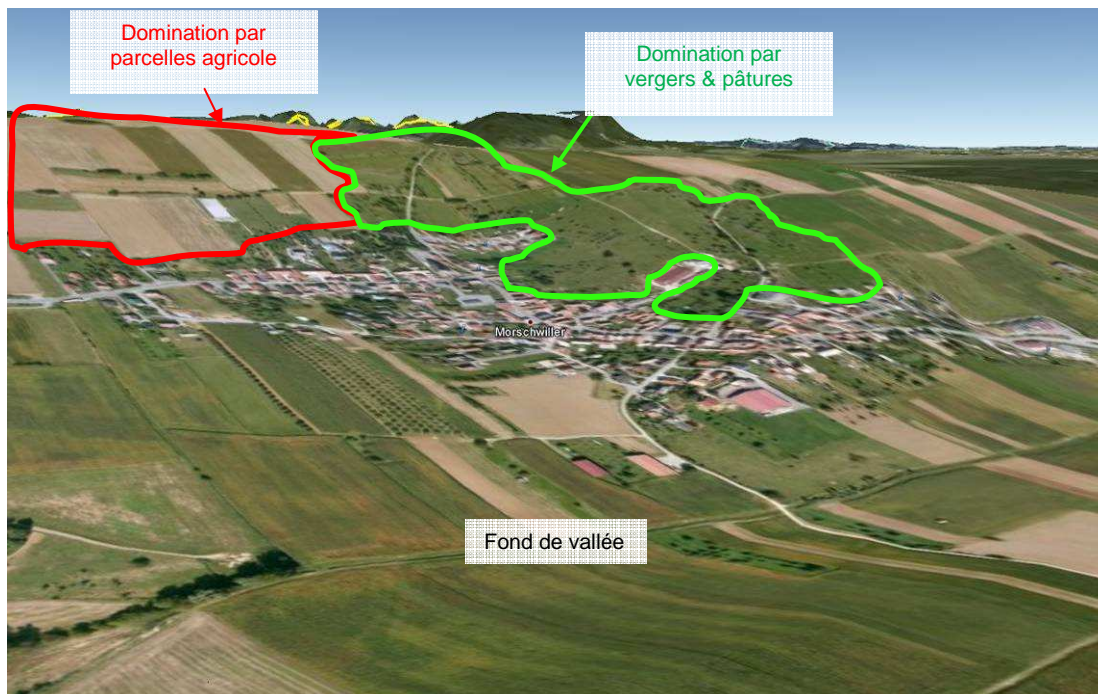


Figure 18: Schéma type de position dominante à l'abri des phénomènes de ruissellement et extensions urbaines problématiques

Morschwiller, Pfaffenhoffen ou encore une partie d'Uhlwiller, d'Ettendorf et Niedermodern font partie des villages dits de « versant », bien que la situation de la ville de Pfaffenhoffen, de Niedermodern et du village d'Ettendorf occupent plusieurs positions du fait même de leur taille. Cette position à mi-versant est généralement à l'abri des inondations de fond de la vallée principale. Cependant le haut de versant peut produire du ruissellement qui se concentre et circule via des réseaux vallons secs plus ou moins



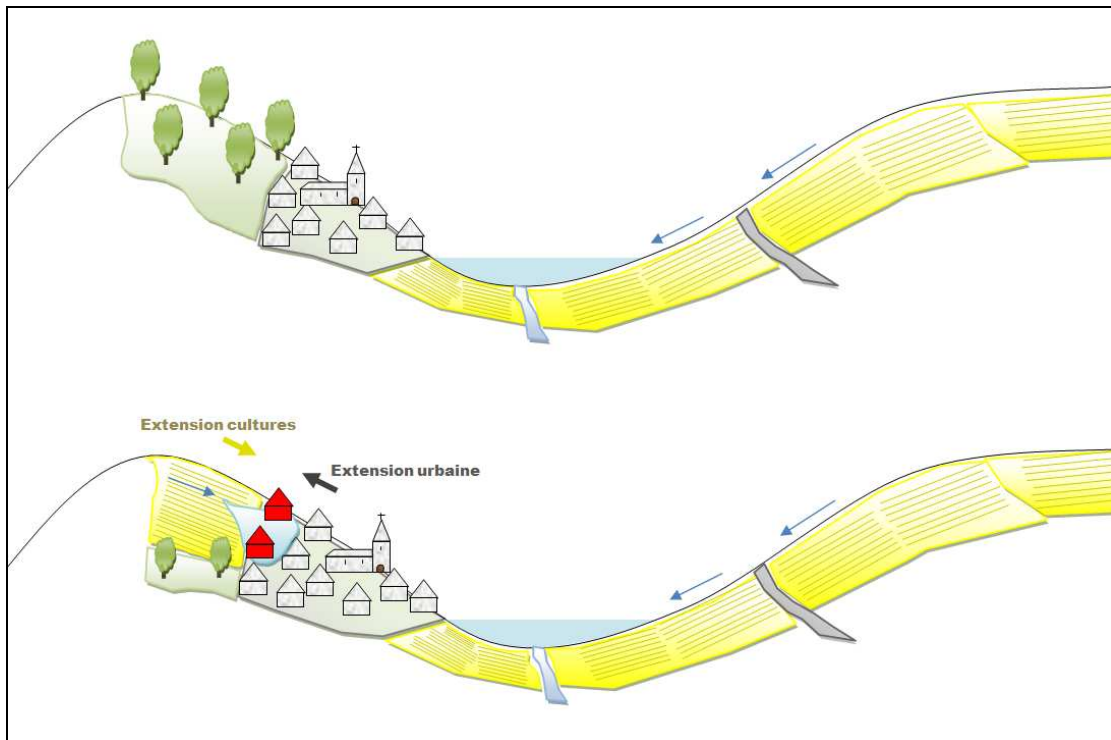
importants et débouche dans les zones habitées en contrebas, provoquant des désordres hydrauliques. Ceci est particulièrement vrai lorsque ces zones amont sont cultivées et où l'on retrouve un paysage agricole d'Openfield présentant peu d'obstacles à l'écoulement des eaux. On note que certaines zones amont sont occupées par des vergers et pâtures qui tendent à disparaître. Ces surfaces peu ruisselantes sont remplacées par des terres cultivées beaucoup plus ruisselantes. Des phénomènes d'inondation jusque là inexistantes apparaissent alors dans les zones habitées en contrebas.



**Figure 19 : Position à mi-versant de Morschwiller avec domination par parcelles agricoles et par vergers & pâtures**

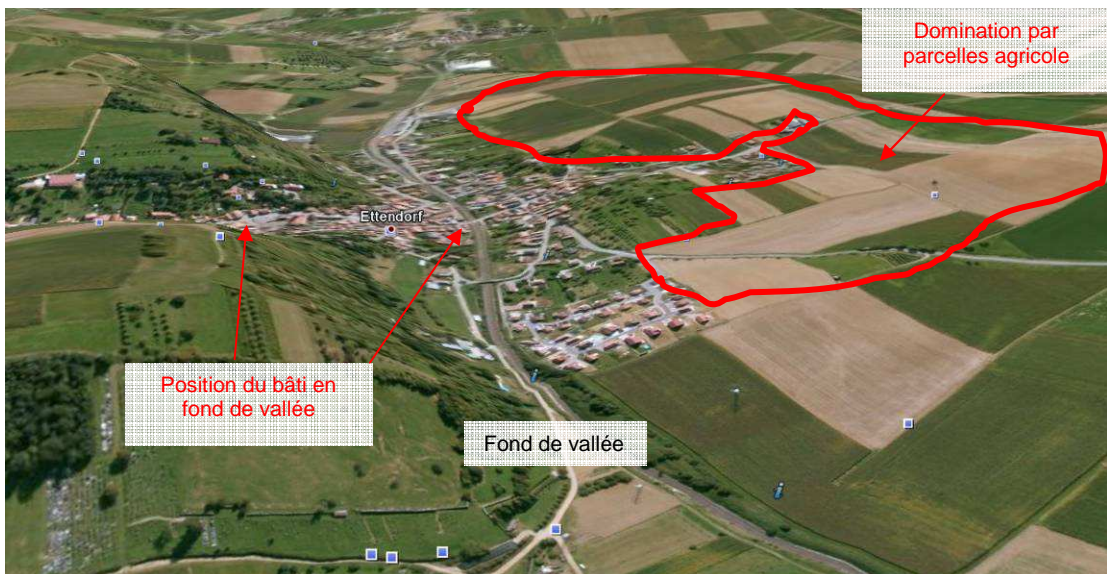


**Figure 20: Village de versant dominé par une zone de vergers/pâtures**



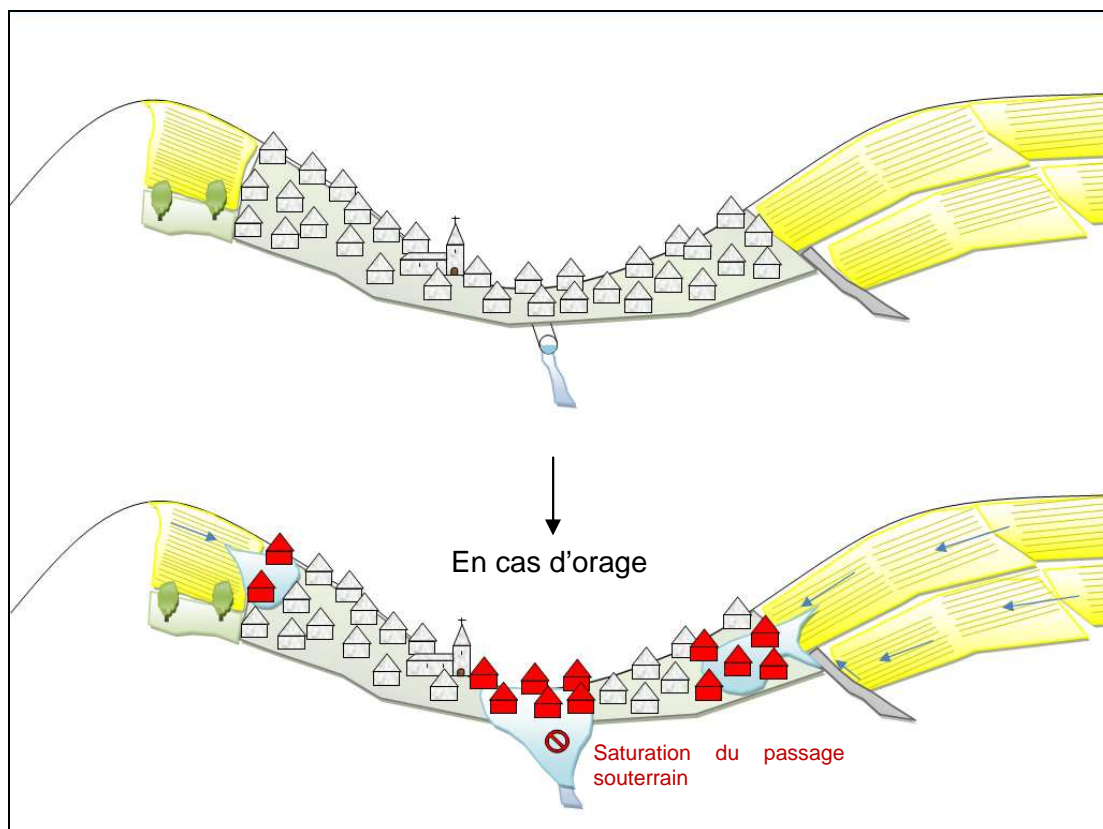
**Figure 21 : Schéma type illustrant la position de versant et les problématiques associées**

La position la plus vulnérable aux phénomènes hydrauliques combine la position de versant et celle de fond de vallée avec passage en souterrain du cours d'eau de fond de vallée. Cela concerne Pfaffenhoffen, Uhlwiller et d'Ettendorf. Non seulement certains quartiers sont vulnérables aux écoulements de haut de versant cités plus haut, mais d'autres sont vulnérables au débordement du cours d'eau de fond de vallée, généralement lié à l'étranglement de son lit lors de son passage en souterrain.



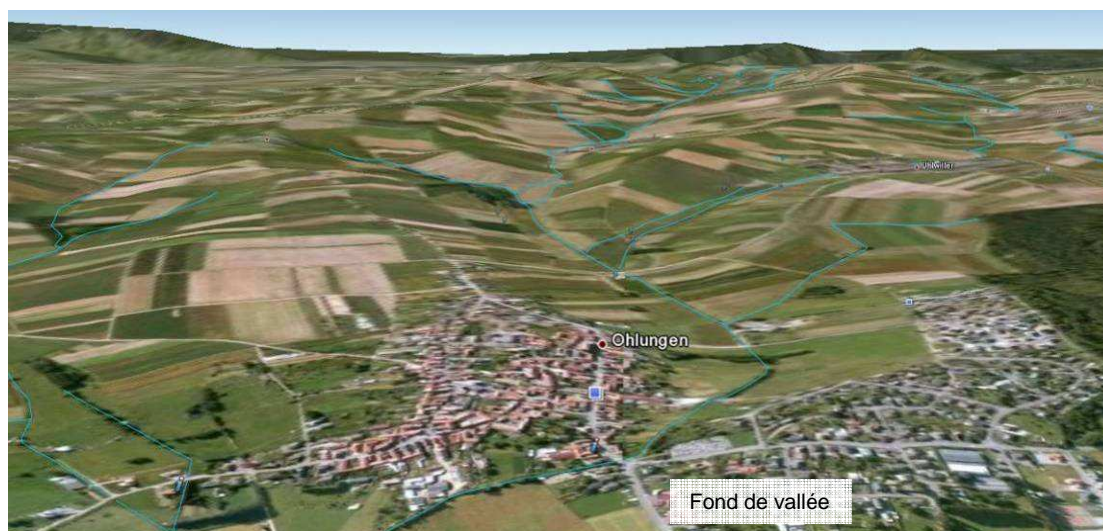
**Figure 22 : Position en fond de vallée et à mi-versant d'Ettendorf avec domination par parcelles agricoles pour une partie du village**





**Figure 23: Position du bâti la plus vulnérable combinant passage en souterrain du ruisseau et domination par parcelles cultivées sur les versants**

Enfin Ohlungen et Schweighouse-sur-Moder font partie des zones habitées situées dans les fonds de vallées principales, sans passage en souterrain du cours d'eau, proche de leur exutoire et où le relief s'ouvre largement. De ce fait les problématiques de versant y sont moindres. Les principaux désordres hydrauliques sont dans ce cas liés généralement aux passages sous ponts du cours d'eau se relevant trop étroits lors de fortes pluies et où la montée des eaux en amont de ces ponts provoque des inondations des zones habitées proches.



**Figure 24 : position en fond de vallée d'Ohlungen, paysage plus ouvert à relief de faible énergie (versants peu pentus)**



Figure 25: Exemple de saturation de passage sous pont (Uhlwiller, Mai 2009)

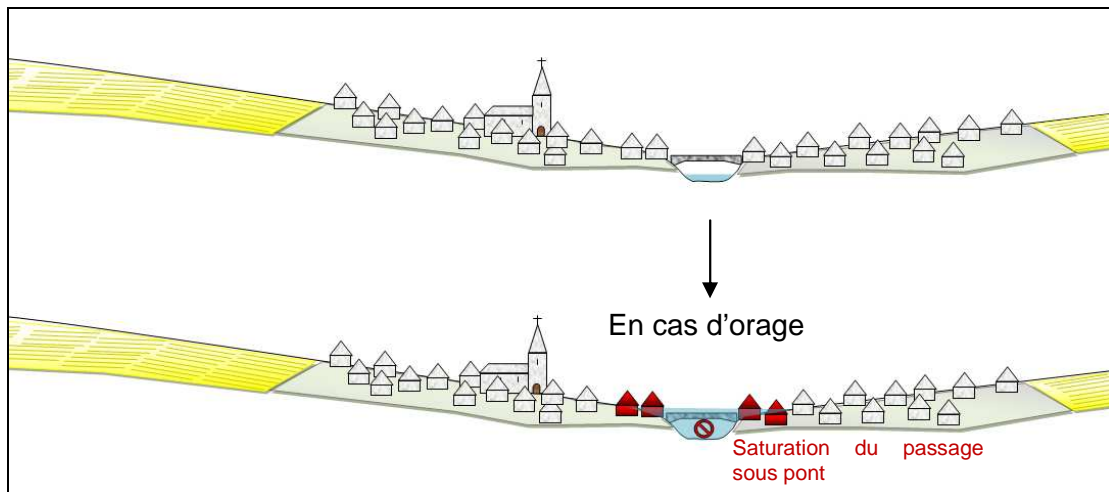


Figure 26: Position en fond de vallée principale sur paysage ouvert



## 2.2 Etude bibliographique

### 2.2.1 Etude menée par l'ARRA

*ARRA, 2007, « Sensibilité potentielle à l'érosion des sols et risque potentiel de coulées d'eaux boueuses en Alsace ».*

En 2007, l'ARRA (Association pour la Relance Agronomique en Alsace) s'est vu confiée par la DIREN, une étude de sensibilité potentielle à l'érosion des sols et risque potentiel de coulées d'eaux boueuses en Alsace. Cette étude a abouti à la réalisation d'une cartographie :

- de la sensibilité potentielle à l'érosion ;
- du risque potentiel de coulées d'eaux boueuses par bassin versant connecté aux zones urbaines.

La méthode utilisée, nommée **MESALUS**, est celle préconisée en France pour l'élaboration d'un zonage de l'érosion. Elle combine la prise en compte de plusieurs facteurs liés à la topographie (pente et taille impluvium), aux sols (sensibilité à la battance et à l'érodibilité) et à l'occupation du sol.

Cette méthode se présente sous la forme d'un arbre de décision et est fondée sur l'hypothèse que **quatre facteurs** sont nécessaires et suffisants pour expliquer l'aléa érosion:

- **le sol** qui a donné lieu à deux critères : la battance et l'érodibilité. Chacun de ces deux critères permet de classer les sols en cinq catégories allant de « peu battant » à « très battant » et de « peu érodible » à « très érodible » ;
- **l'occupation des sols** : le critère servant à rendre compte de l'occupation des sols repose sur la base de données cartographique CORINNE Land Cover. Cependant les 44 sous types d'occupation des sols de la base ont été regroupés pour ne former plus que 9 classes en fonction de leur comportement vis-à-vis de l'érosion des sols ;
- **la topographie** : ce critère est fondé sur le calcul des pentes. Le modèle numérique de terrain (MNT source IGN) permet de calculer les pentes en pourcentage pour des mailles de 250 m x 250 m. 8 classes sont ainsi créées ;
- **le climat** qui a donné lieu à un critère pluie. Une agrégation des paramètres volume et intensité a été réalisée afin de disposer d'un seul critère pour le facteur climat.

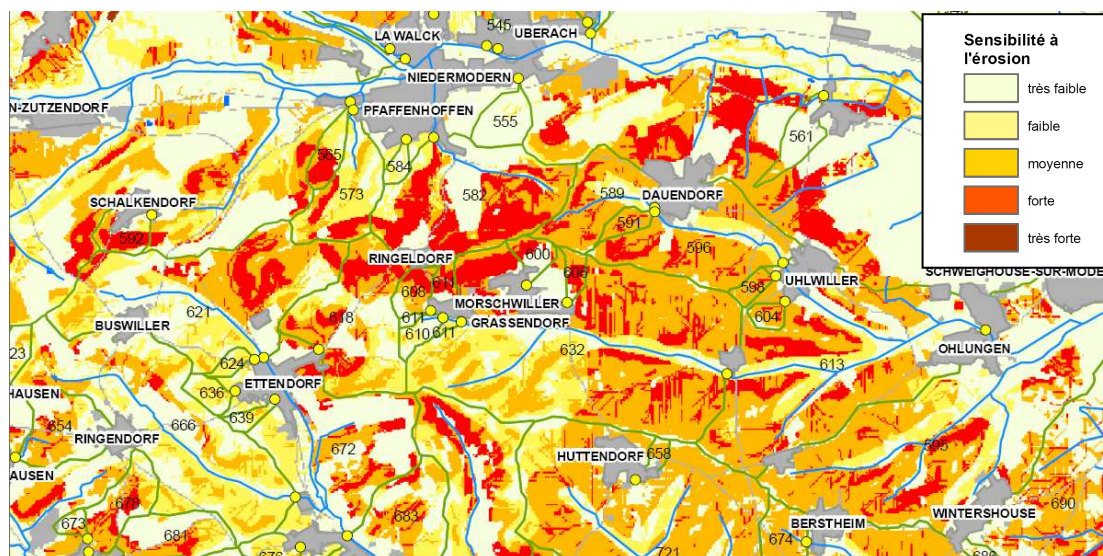
Les critères ont ensuite été hiérarchisés notamment selon un ordre privilégiant les facteurs sur lesquels les activités humaines peuvent avoir une influence : 1) occupation des sols, 2) battance, 3) pente, 4) topographie, 5) climat. Le croisement des quatre premiers facteurs permet de définir la sensibilité intrinsèque à l'érosion des terrains. L'évaluation de l'aléa moyen d'érosion moyen saisonnier est obtenue par croisement de cette sensibilité avec l'agressivité saisonnière du climat.

Cinq classes de sensibilité potentielle à l'érosion allant de « très faible » à « très forte » ont été ainsi identifiées.

La sensibilité à l'érosion des sols pour les terrains du secteur d'étude est classée de faible à forte.

Une carte de la sensibilité à l'érosion des terres communales du Bas Rhin a également été réalisée (Cf. extrait de carte ci-dessous) Ainsi, sur le secteur d'étude, les terres dont la sensibilité à l'érosion est la plus faible (sensibilité très faible à faible) se situent sur les bas de versants et versants pâturés en amont de Niedermodern, Pfaffenhoffen, les versants « ouverts » ou boisés autour d'Ohlungen et Schweighouse-sur-Moder et le secteur Buswiller et Sud-Ouest d'Ettendorf. Tandis que les terres autour de Ringeldorf, Morschwiller, Dauendorf,

Uhlwiller et Nord-Est d'Ettendorf sont classées dans la catégorie sensibilité à l'érosion moyenne à forte.



**Figure 27: Carte de la sensibilité à l'érosion de l'ARAA sur le secteur d'étude**

Il est cependant important de noter les limites de la méthode : l'infrastructure et les éléments paysagers ne sont pas pris en compte, si l'eau arrive par un cours d'eau dans la zone urbaine il est possible qu'aucun dégât ne soit occasionné et la carte des zones urbaines n'a été ni validée, ni vérifiée.

En complément, l'ARAA a aussi déterminée les bassins versants potentiellement contributeurs aux zones urbaines en utilisant la méthodologie suivante :

- Constitution d'une carte contenant les zones urbaines dans les communes (BD Topo de l'IGN + zones urbaines de la BD OCS du CIGAL, polygones ayant une surface supérieure ou égale à 3 ha) ;
- Détermination des points d'entrée potentiels des flux d'eau selon la topographie (BD Alti 50 m rééchantillonné à 20 m, « enfoncement » des cours d'eau de la BD Carthage dans le MNT, détermination de la direction d'écoulement, couche aire drainée, sélection des cellules en limite de zones urbaine avec surface en amont égale ou supérieure à 10 ha) ;
- Calcul des bassins versants en amont de ces points d'entrée potentiels ;
- Suppression des bassins versants des rivières importantes selon le critère ordre Strahler >4.

Dans la zone d'étude le risque potentiel de coulées boueuses (Cf. extrait de carte ci-dessous) pour les bassins versants connectés à des zones urbaines est élevé en particulier pour les communes de Dauendorf, Pfaffenhoffen, Schalkendorf, Uhlwiller, Morschwiller, Ohlungen et Grassendorf. A noter que l'ensemble de la zone d'étude présente un risque globalement classé « moyen » à « élevé ».

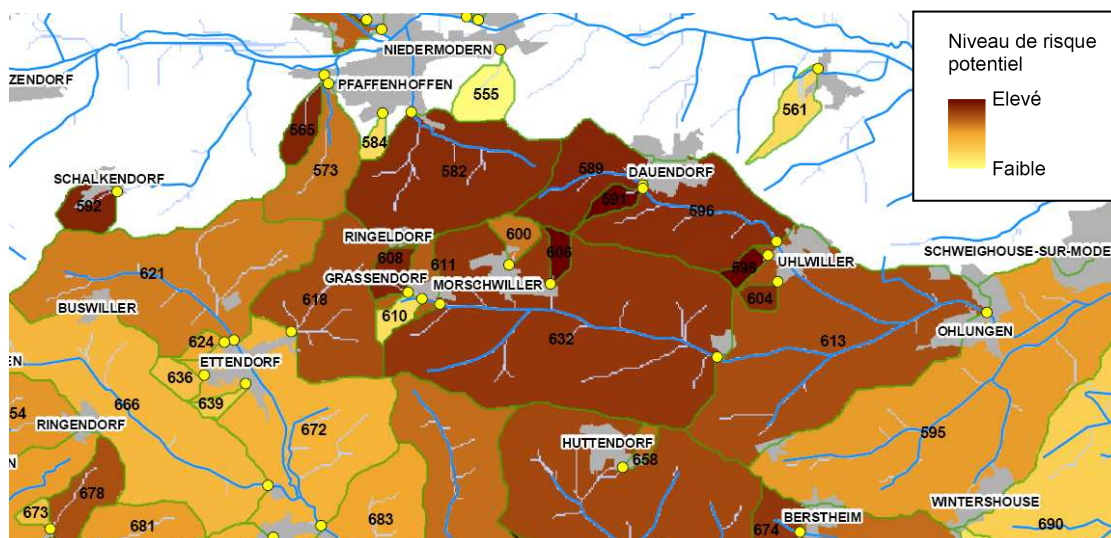


Figure 28: Carte du risque potentiel de coulée d'eau boueuse de l'ARAA sur le secteur d'étude

## 2.2.2 Mémoire de master au Conseil Général

*Dumas D., 2009, « Optimisation des micros ouvrages de lutte contre les coulées boueuses par modélisation », Université de Strasbourg, Mémoire master II, 107p.*

L'objectif de ce mémoire était de créer un outil d'aide à la décision afin d'optimiser l'action des fascines par le choix de leur positionnement et de leur dimensionnement au sein d'un bassin versant. Cette optimisation a été étudiée sous l'angle de la modélisation : modélisation à base physique (LISEM) et une modélisation d'aide à la décision (arbre de décision). Afin de déterminer les facteurs indispensables à prendre en compte lors de la mise en place des fascines.

Cette étude a porté uniquement sur le bassin du Landgraben (commune d'Ettendorf).

Etant donné qu'il n'existe pas de modèle permettant la simulation des fascines en tant que telle, elles ont été simulées dans le modèle LISEM de deux manières différentes :

- en jouant sur le paramètre « Manning's n » soit en augmentant localement la rugosité de la surface du sol créant un piège à sédiments (mais la rugosité reste la même tout au long de la simulation et le modèle ne connaît pas de limite quant à la quantité de dépôts au niveau de la fascine) ;
- en utilisant la méthode « Sédiments traps » : modification du logiciel LISEM afin de modéliser un piège à sédiments avec une capacité maximale de rétention des sédiments, choisie ici à 15 m<sup>3</sup>.

De plus, étant donné que LISEM ne peut calculer des hydrogrammes et des sédiagrammes uniquement sur un point et non sur l'ensemble d'un linéaire, un exutoire a été déterminé pour chacune des fascines ce qui peut induire une surestimation des hydrogrammes et des sédiagrammes lorsque l'exutoire de la fascine est choisi en aval de la fascine.

Afin d'établir l'efficacité des fascines au sein du bassin versant en fonction des différentes pluies (période de retour de 25, 50 et 100 ans) un indicateur appelé « Indicateur Sensibilité d'apport en sédiment » a été créé :

Indicateur Sensibilité apport sédiment =  $I_s \times F_{sa} \times F_c$

- Avec :  $I_s$  = indice de sensibilité des sols à l'érosion extrait de la carte de l'ARAA ;
- $F_{sa}$  = Facteur surface amont : soit la surface contributive en amont ;
- $F_c$  : Facteur culture prenant en compte le pourcentage de culture de printemps en amont de la fascine.

Trois classes allant d'une sensibilité d'apport en sédiment faible (classe1) à une forte sensibilité d'apport en sédiment (classe 3) sont ainsi créées.

L'efficacité individuelle des fascines est estimée en comparant le volume de boue transitée obtenu par LISEM et la capacité de rétention des fascines obtenue lors d'une campagne de terrain par calcul en assimilant la quantité des boues retenues en amont de la fascine à une pyramide de terres.

On peut ainsi observer d'une manière générale que :

- l'efficacité de rétention des fascines que se soit pour la rétention des sédiments ou pour la rétention d'eau (c'est-à-dire l'infiltration de l'eau en amont de la fascine) diminue en fonction de l'importance de l'événement et de l'importance de l'indicateur ;
- d'après les sédiagrammes et les hydrogrammes, le flux des sédiments et le débit pour toutes les fascines est fonction de l'événement et de la classe de l'indicateur : plus la classe de l'indicateur est forte et plus l'événement pluvieux est rare, moins la fascine aura d'efficacité sur le pic du flux de sédiments ainsi que celui du débit ;
- en ce qui concerne les deux méthodes de modélisation des fascines, la méthode Manning's n engendre beaucoup plus d'impact que ce soit sur les volumes d'eau ou sur les quantités de boue, du fait que le dépôt en amont de la fascine se fait tout au long de la simulation contrairement à la méthode Sedtrap. Mais le fonctionnement réel de la fascine se situe entre ces deux méthodes ;
- l'efficacité de rétention des sédiments des fascines au sein du bassin versant n'est pas la résultante de l'efficacité de chacune des fascines. L'effet sur le bassin versant est moindre (phénomène de reprise en aval de certaines fascines).

Ainsi pour une efficacité optimale le réseau de fascines doit être davantage développé sur le bassin versant et prendre en compte le phénomène de recharge possible en aval des fascines.

Un scénario permettant de tester l'efficacité des fascines sans surface sensible en aval afin d'éliminer la reprise en charge de sédiments a été testé : toutes les fascines ont été positionnées le long de la route au point bas du bassin versant (une fois sur la route, l'eau s'écoule directement vers l'exutoire). L'incidence sur la quantité de boues à l'exutoire du bassin versant entre la situation réelle et la situation du scénario est similaire à quelques centaines de Kg/ha. En revanche, on observe une efficacité plus prononcée concernant l'étalement de la crue : le pic de crue est retardé et son débit est atténué.

D'un point de vue général, les fascines ont une incidence plus marquée lorsqu'elles sont disposées en amont de surfaces non érodables. Pour que l'effet de chaque fascine ait un effet optimal sur l'exutoire du bassin versant, il faut créer un réseau de fascines sur tout le bassin versant de l'amont en aval. Ce scénario a permis de démontrer que prendre en compte la surface contributive en amont des ouvrages n'est pas suffisant lorsque l'on cherche à les mettre en place, il faut également prendre en compte la surface en aval de la fascine ou la surface entre deux fascines consécutives.

Aucune autre conclusion réelle n'a été donnée étant donné qu'il n'existe pas encore assez de recul pour observer le fonctionnement et l'efficacité des fascines.



## 2.3 Evènements catastrophiques (CATNAT)

Depuis la réforme de la loi du 16 juillet 1992, les effets des catastrophes naturelles sont "les dommages matériels directs non assurables, ayant eu pour cause déterminante l'intensité anormale d'un agent naturel, lorsque les mesures habituelles à prendre pour prévenir ces dommages n'ont pu empêcher leur survenance ou n'ont pu être prise".

La notion de catastrophe naturelle est donc déterminée en rapport aux deux critères d'anormalité du phénomène et d'inassurabilité des dommages dus au phénomène, et non pas en rapport avec leur nature physique.

- **le critère d'anormalité** : ce n'est pas la nature du phénomène qui détermine l'état de catastrophe naturelle, mais **son intensité anormale**. Cette définition, subjective, a posé des problèmes de frontières pour les risques dont la garantie contractuelle était facultative.
- **le critère d'inassurabilité** : la loi de 1992 qui ajoute à la loi de 1982 le terme "non-assurables" permet d'étendre le classement en catastrophe naturelle à certains sinistres jusqu'alors exclus.

La liste des arrêtés de catastrophes naturelles ayant entraîné des coulées de boue et des inondations par ruissellement est reportée en fin de paragraphe dans la figure page 28). **On note 31 arrêtés pour 8 évènements.**

Sur les 8 évènements ayant entraînés des arrêtés de catastrophes naturelles, 6 sont des orages de printemps ou de début d'été, soit les trois quarts des évènements. La tempête hivernale de Décembre 1999 et les forts cumuls de l'hiver 1983 constituent les deux seuls évènements pluviométriques hivernaux notables.

INSEE	Commune	Risque	Date début	Date fin	Type d'évènement bleu = hivernal rouge = orage printemps/été
67328	Niedermodern	Inondations et coulées de boue	08/12/1982	31/12/1982	<b>Cumul hivernal</b>
67372	Pfaffenhoffen	Inondations et coulées de boue	08/12/1982	31/12/1982	
67068	Buswiller	Inondations et coulées de boue	08/12/1982	31/12/1982	
67441	Schalkendorf	Inondations et coulées de boue	08/12/1982	31/12/1982	
67087	Dauendorf	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	<b>TEMPETE 1999</b>
67135	Ettendorf	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	
67304	Morschwiller	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	
67328	Niedermodern	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	
67359	Ohlungen	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	
67372	Pfaffenhoffen	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	
67068	Buswiller	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	
67402	Ringeldorf	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	
67497	Uhlwiller	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	
67166	Grassendorf	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	
67441	Schalkendorf	Inondations, coulées de boue et mouvements de terrain	25/12/1999	29/12/1999	

INSEE	Commune	Risque	Date début	Date fin	Type d'évènement bleu = hivernal rouge = orage printemps/été
67372	Pfaffenhoffen	Inondations et coulées de boue	09/04/1983	11/04/1983	Orage de printemps
67135	Ettendorf	Inondations et coulées de boue	01/07/1987	01/07/1987	Orage d'été
67441	Schalkendorf	Inondations et coulées de boue	01/07/1987	01/07/1987	
67497	Uhlwiller	Inondations et coulées de boue	16/05/1997	16/05/1997	Orage de printemps
67135	Ettendorf	Inondations et coulées de boue	08/05/2003	08/05/2003	Orage de printemps
67135	Ettendorf	Inondations et coulées de boue	11/06/2007	11/06/2007	Orage de printemps
67304	Morschwiller	Inondations et coulées de boue	11/06/2007	11/06/2007	
67328	Niedermodern	Inondations et coulées de boue	11/06/2007	11/06/2007	
67359	Ohlungen	Inondations et coulées de boue	11/06/2007	11/06/2007	
67497	Uhlwiller	Inondations et coulées de boue	11/06/2007	11/06/2007	
67166	Grassendorf	Inondations et coulées de boue	11/06/2007	11/06/2007	
67497	Uhlwiller	Inondations et coulées de boue	29/05/2008	30/05/2008	Orage de printemps
67135	Ettendorf	Inondations et coulées de boue	30/05/2008	30/05/2008	
67304	Morschwiller	Inondations et coulées de boue	30/05/2008	30/05/2008	
67372	Pfaffenhoffen	Inondations et coulées de boue	30/05/2008	30/05/2008	
67166	Grassendorf	Inondations et coulées de boue	30/05/2008	30/05/2008	

**Figure 29 : liste des arrêtés de catastrophes naturelles (source : BD Gaspar)**

Les données pluviométriques journalières proviennent du poste météorologique d'Alteckendorf, poste le plus proche, situé à 3 km d'Ettendorf environ. Les données pluviométriques à pas de temps horaire proviennent des stations d'Uhlwiller au Nord et de Waltenheim au Sud, ces stations nous permettent de caractériser la durée des événements orageux. Sur les graphiques ci-dessous, les événements pluvieux ayant provoqué les catastrophes naturelles du 11 juin 2007 et du 29 mai 2008 sont très courts dans le temps, soit 1 heure au maximum. Aucune donnée n'est disponible pour des pas de temps inférieurs. Lors des enquêtes, plusieurs témoins affirment que les orages ne duraient qu'une demi-heure. Les hauteurs d'eau ainsi enregistrées pour ces deux événements sont tombées en 1 heure ou moins. A noter que la taille d'une cellule orageuse est de l'ordre du km<sup>2</sup>, ce qui nuance la pertinence des données enregistrées par les stations météo pour ce type d'évènement.

Les événements catastrophiques recensés correspondent à des inondations par débordement des cours d'eau et par ruissellement. Ces inondations ne résultent pas nécessairement de la pluviométrie du jour même, mais plutôt d'une combinaison de facteurs (état du sol, pluviométrie à l'amont de la Saône, hauteur du toit de la nappe...). Néanmoins, le cumul des précipitations ce jour-là donne une indication de la fréquence de retour des pluies qui peuvent potentiellement déclencher des inondations.

Les deux événements sont caractérisés par des pluies antécédentes notables ayant contribué à dégrader l'état de surface des sols (formation d'une croûte de battance) et éventuellement à la mise en place d'un réseau de rigoles formant des collecteurs lors de l'averse suivante.



Concernant la **CATNAT de juin 2007**, environ 140 mm d'eau sont tombés au mois de mai lors de plusieurs orages successifs. Ces pluies ont « préparées » le terrain pour l'évènement déclencheur survenu le 11 juin. Toutes les eaux tombées ce jour ont alors ruisselées et provoquées les désordres hydrauliques recensés.

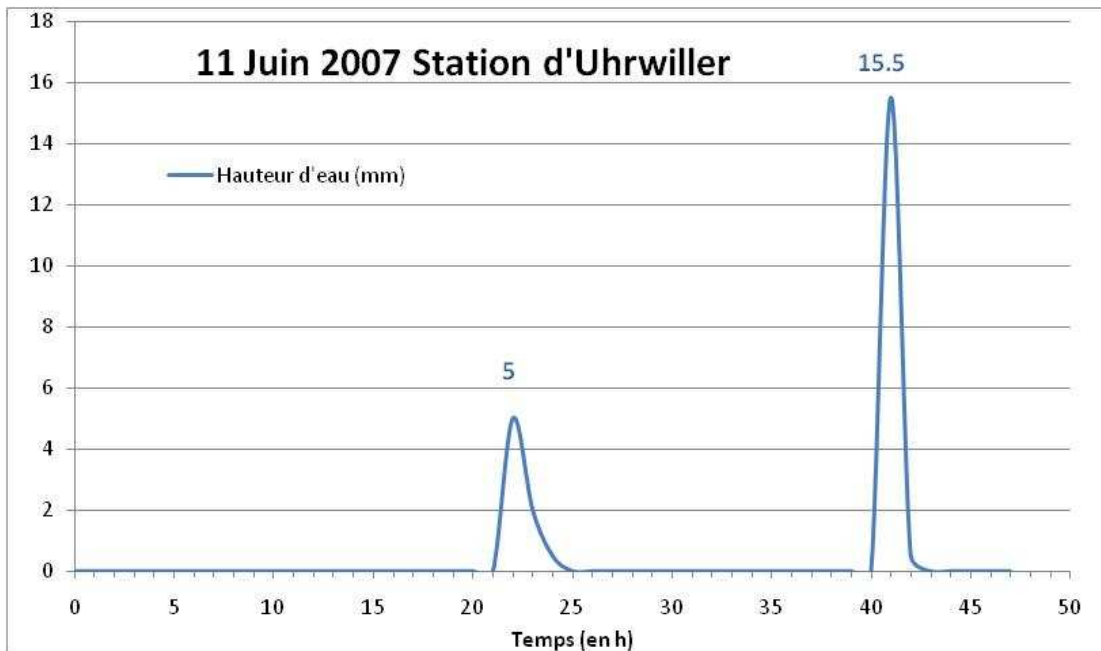
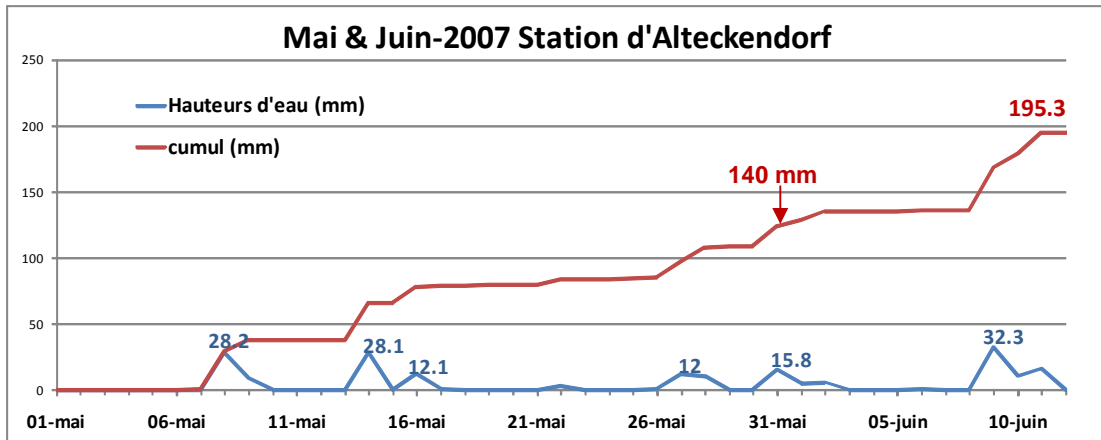
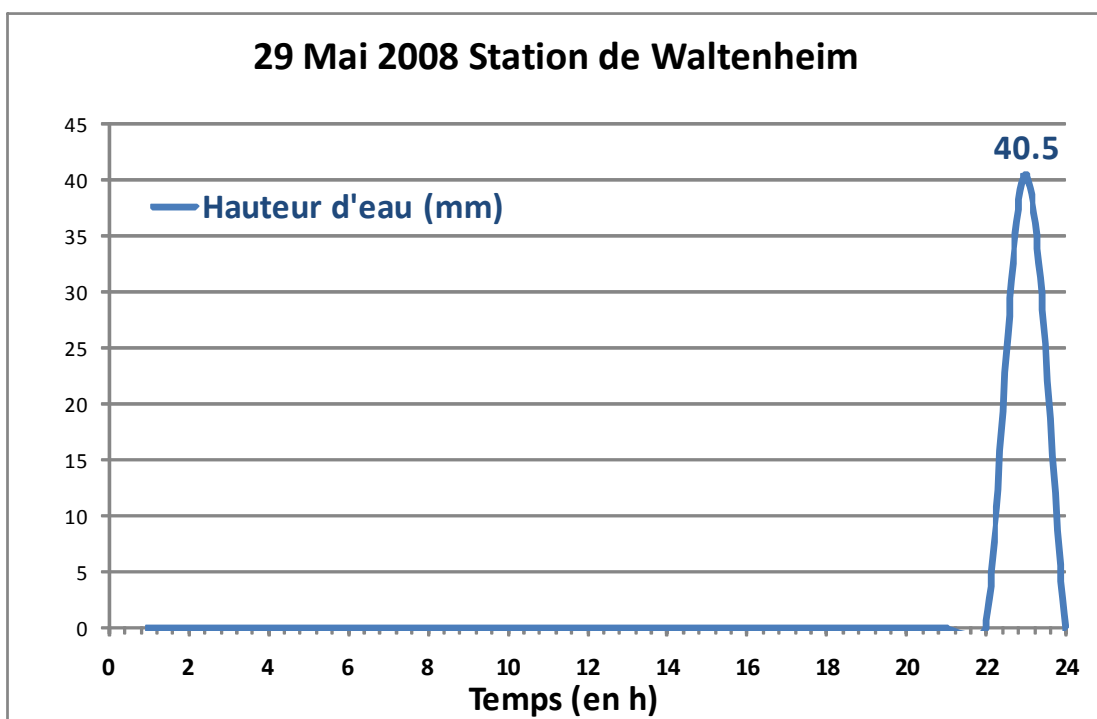
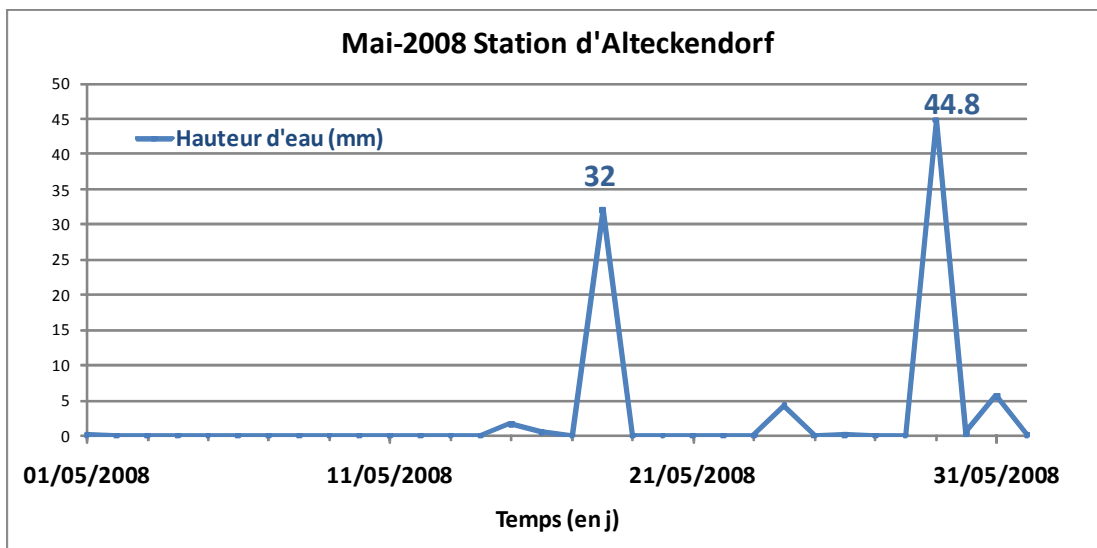


Figure 30: Formation orageuse au dessus d'Uhlwiller (Juillet 2009)

Concernant la CATNAT de mai 2008, un orage d'environ 30 mm est survenu le 18 mai. 10 jours plus tard, un orage important de plus de 40 mm provoque les désordres hydrauliques recensés.

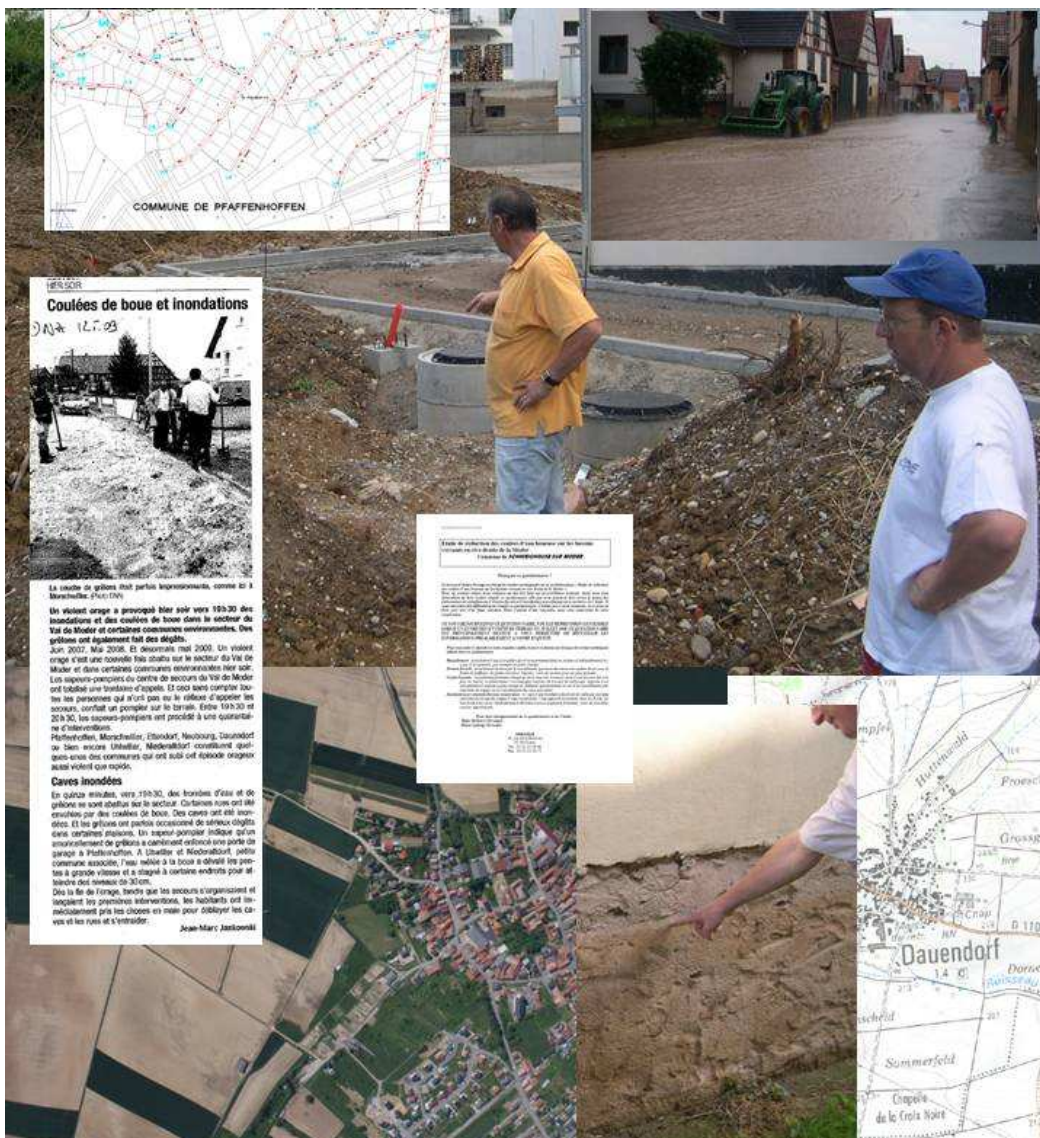


### 3. Note par commune

#### Carte: N°194258-104 /-105/-106 Etat des lieux global, Atlas par commune & Etat des lieux

L'analyse de la situation vis-à-vis des problèmes d'ordre hydrauliques est retranscrite par communes pour plus de lisibilité. Les unités hydrauliques concernées et indiquées peuvent couvrir plusieurs communes. Ces analyses sont organisées comme suit :

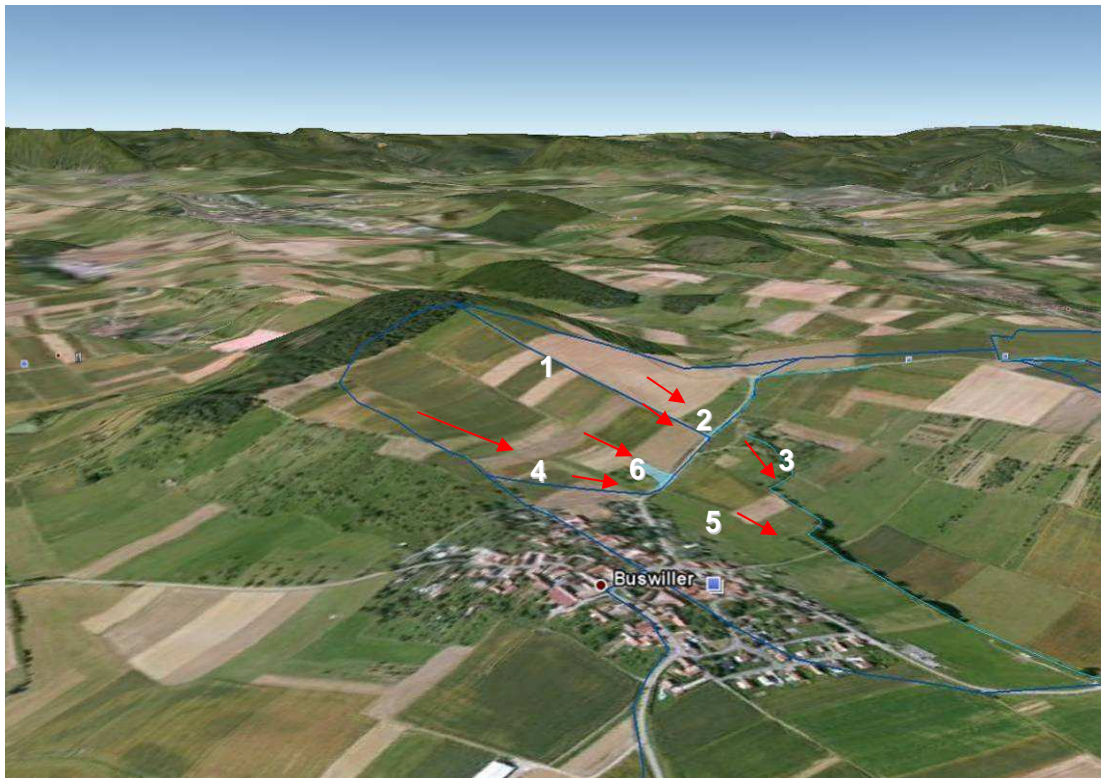
- résumé dates des évènements pluvieux ayant engendrés des désordres hydrauliques et importance de ces désordres ;
- analyse fine de la topographie et de l'occupation du sol vis-à-vis du ruissellement ;
- descriptif du fonctionnement hydraulique et des désordres hydrauliques ;
- synthèse financière sur les coûts des dégâts occasionnés ;
- actions déjà mises en place.





## BUSWILLER

La commune de Buswiller ne subit pas des désordres hydrauliques touchant des habitations ou autres bâtiments. Seuls des écoulements problématiques sur la voirie de la D735 et des écoulements sur des jardins ou en plein champs sont à noter. Ces phénomènes sont toutefois apparus de manière récurrentes ces trois dernières années.



**Figure 31: Vue 3D avec report des désordres hydrauliques constatés**

### Topographie et occupation du sol

Buswiller se trouve dans une situation géographique et topographique protégée. En effet le village se trouve en situation de crête, perché sur le sommet d'une colline. Elle ne se trouve pas dans les axes d'écoulements ou en position d'accumulation dans un point bas. Néanmoins l'extension prochaine du village (sous forme d'un lotissement) se fera en direction du Nord -Ouest, vers les secteurs à problèmes.

### Désordres hydrauliques

Les désordres hydrauliques constatés sont de plusieurs types. L'inondation par les écoulements boueux de la voirie de la D735 constitue la forme la plus grave des désordres sur Buswiller. Ces événements se produisent toujours lors de phénomènes orageux de printemps courts mais brutaux.

Les écoulements prennent naissance sur la plaine agricole de Roeth [1 sur fig.31] et se concentrent à la faveur de deux vallons secs de direction Nord-Est.

L'exutoire du vallon sec situé le plus au Nord-Ouest est constitué par une buse passant sous la D735 [2 sur fig.31]. Celle-ci se trouve saturé et les écoulements sortent préférentiellement par le chemin agricole. De ce fait, la voirie est traversée par les écoulements boueux sortant de la plaine et les sédiments se déposent sur la chaussée. La durée de l'inondation de la voirie est estimée à environ deux heures.

En aval le parc communal (verger communal autour d'une source) servant d'espace de détente et de promenade pour les habitants se trouve également touché par ces écoulements boueux [3 sur fig.31].

Concernant le vallon sec le plus proche du village de Buswiller [4 sur fig.31], une grande pâture située en aval du versant agricole permet de tamponner les écoulements et surtout les dépôts des sédiments. Au niveau de l'exutoire, un fossé fermé récupère et stocke les eaux de ruissellements. Cependant, celui-ci se trouve saturé lors de fortes pluies et les flux d'eau traverse la voirie de la D735 pour continuer leur chemin vers l'aval. Un projet d'extension du village de Buswiller se situe juste à l'aval de la D735 [5 sur fig.31]. Les écoulements traversant celle-ci pourraient causer des désordres hydrauliques sur ces habitations. L'étude hydraulique du projet prend normalement en compte ces écoulements. Un bassin de rétention et un fossé sont prévus afin de pallier le problème.

A noter que des jardins communaux sont également touchés par les écoulements de ce vallon sec. Les flux d'eau guidés par le chemin agricole traverse les parcelles occasionnant des dégâts importants sur les cultures [6 sur fig.31].



**Figure 32: Réseau EP de la route complètement saturé de boue en amont du verger communal**





**Figure 33: Chemin agricole faisant office de collecteur du ruissellement lors d'orages**



**Figure 34: Aperçu de la pâture en aval du versant agricole et permettant de freiner les eaux de ruissellement**

#### **Coûts des dégâts occasionnés**

Les coûts estimatifs des dégâts sur Buswiller sont difficilement chiffrables. Le nettoyage de la voirie et des bouches d'égout, la remise en état des cultures constituent les principales dépenses.

#### **Actions mises en place**

La mise en place de bandes enherbées et d'un assolement concerté visant à diversifier les cultures et éviter la concentration spatiale des parcelles en cultures de printemps est en cours de réflexion. Ceci afin de favoriser l'effet de frein entre les parcelles agricoles et permettre le dépôt des sédiments.

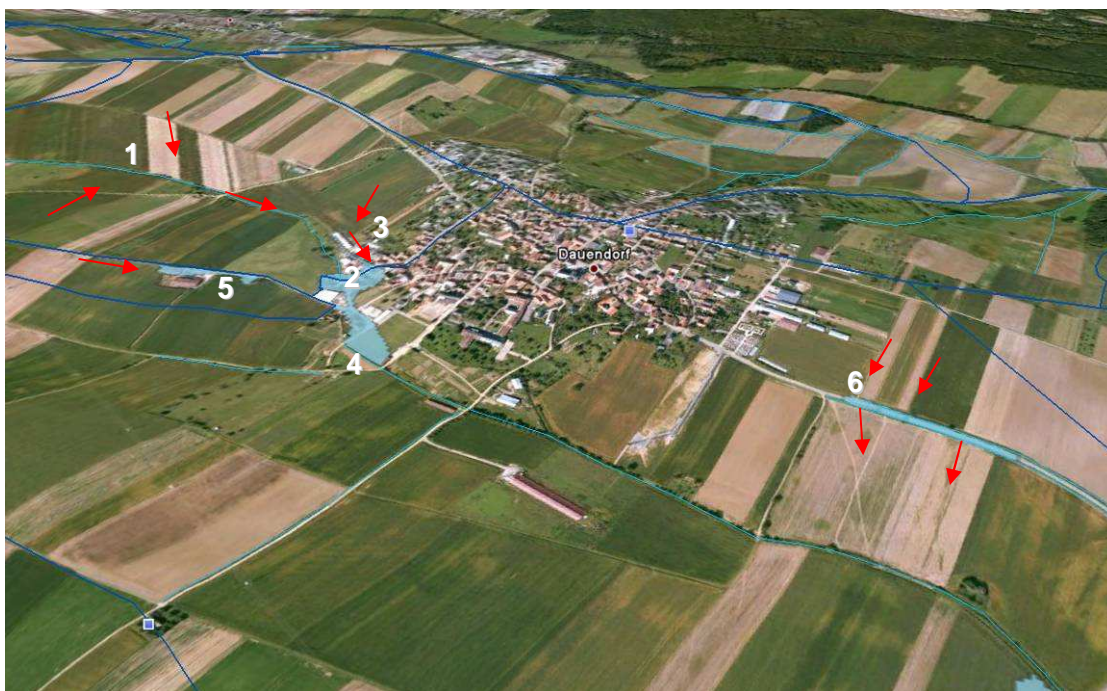


## DAUENDORF

La commune de Dauendorf connaît des désordres hydrauliques de manière récurrente depuis 2003. Plus d'une dizaine d'habitations sont potentiellement concernées par les inondations.

### Topographie et occupation du sol

La situation du village de Dauendorf ressemble à certains autres villages du secteur d'étude (Schalkendorf notamment). Il est en position de crête sur une colline et donc à l'abri des zones d'écoulement ou d'accumulation de fond de vallons. Cependant une partie du village s'étend vers le Sud et sur le ruisseau d'Uhlwiller, dans le fond de vallée.



**Figure 35: Vue 3D avec report des désordres hydrauliques constatés**

### Désordres hydrauliques

L'inondation d'habitations constitue la forme la plus grave des désordres hydrauliques sur Dauendorf. Ces désordres se produisent toujours lors de phénomènes orageux de printemps courts mais brutaux.

Un sous bassin versant de plus de 100 Ha se trouve en amont des habitations situées sur le ruisseau d'Uhlwiller. Celui-ci est essentiellement agricole et présente peu de pâtures. Lors de fortes pluies les ruissellements prennent naissance sur les parcelles cultivées et se concentrent dans le fond de la vallée [1 sur fig.35]. Ces flux boueux sont dès lors pris en charge par le fossé occupant le talweg principal. Lors de leur arrivée sur le village de Dauendorf, les écoulements transitent en souterrain sous les habitations et ressortent près du stade. La buse permettant ce passage souterrain sature et les eaux inondent alors les habitations de l'impasse de la Chapelle [2 sur fig.35]. Les eaux de ruissellements guidées par un chemin agricole s'ajoutent à ces eaux et contribuent à aggraver la situation [3 sur fig.35]. Les eaux circulent alors sur la chaussée et dans les jardins avant de retourner dans le fossé longeant le stade [4 sur fig.35]. Environ 12 maisons et les équipements sportifs du stade sont potentiellement concernés par ces désordres hydrauliques.

Un bâtiment agricole et une habitation situés au lieu dit « Hungersberg » connaissent également des problèmes [5 sur fig.35]. Les eaux du petit sous bassin versant de 8 Ha entièrement agricole se concentrent dans le fond du vallon sec et arrivent sur le bâtiment puis l'habitation construit dans le talweg. Ces eaux alimentent également en aval la principale zone inondée de l'impasse de la Chapelle citée plus haut.

A l'Est du village, au lieu dit « Dornetzel », la D 110 connaît des inondations de chaussées [6 sur fig.35]. Située à mi-versant, elle reçoit les eaux produites par les parcelles agricoles amont qui se concentrent dans un chemin agricole avant d'être pris en charge par les fossés le long de la D 110. Cependant ceux-ci saturent rapidement et débordent. Les eaux boueuses traversent donc la chaussée, saturent le fossé opposé et continuent leur chemin vers l'aval à travers les parcelles agricoles. Elles rejoignent ensuite le ruisseau d'Uhlwiller.

Le hameau de Neubourg ne connaît pas de désordres hydrauliques.



Figure 36: début du passage en souterrain du ruisseau d'Uhlwiller sous le village de Dauendorf





**Figure 37; Impasse de la chapelle, inondée à plusieurs reprises**



**Figure 38: Trace de ruissellement en direction du village de Dauendorf, provoquant des désordres hydrauliques sur la ferme au second plan**

### Coûts des dégâts occasionnés

Les coûts aux particuliers n'ont pas été recensés. Cependant on peut estimer à environ 50 000 Euros les coûts potentiels que sont susceptibles de supporter les habitants de Dauendorf. Les dégâts occasionnés portant essentiellement sur les voitures, chaudières appareil ménagers et remise en état des sous-sols.

Concernant les dépenses de la commune, 80 000 Euros ont été dépensés pour la réfection de la voirie de l'impasse de la Chapelle et 2 000 Euros pour le curage du fossé principal.



### Actions mises en place

Un trottoir protégeant le stade à été mis en place afin de dévier les eaux et les canaliser vers le fossé en sortie de village. De plus un programme d'assolement concerté à été mis en place ainsi qu'une première sensibilisation des agriculteurs pour la mise en place de fascine et de bandes enherbées



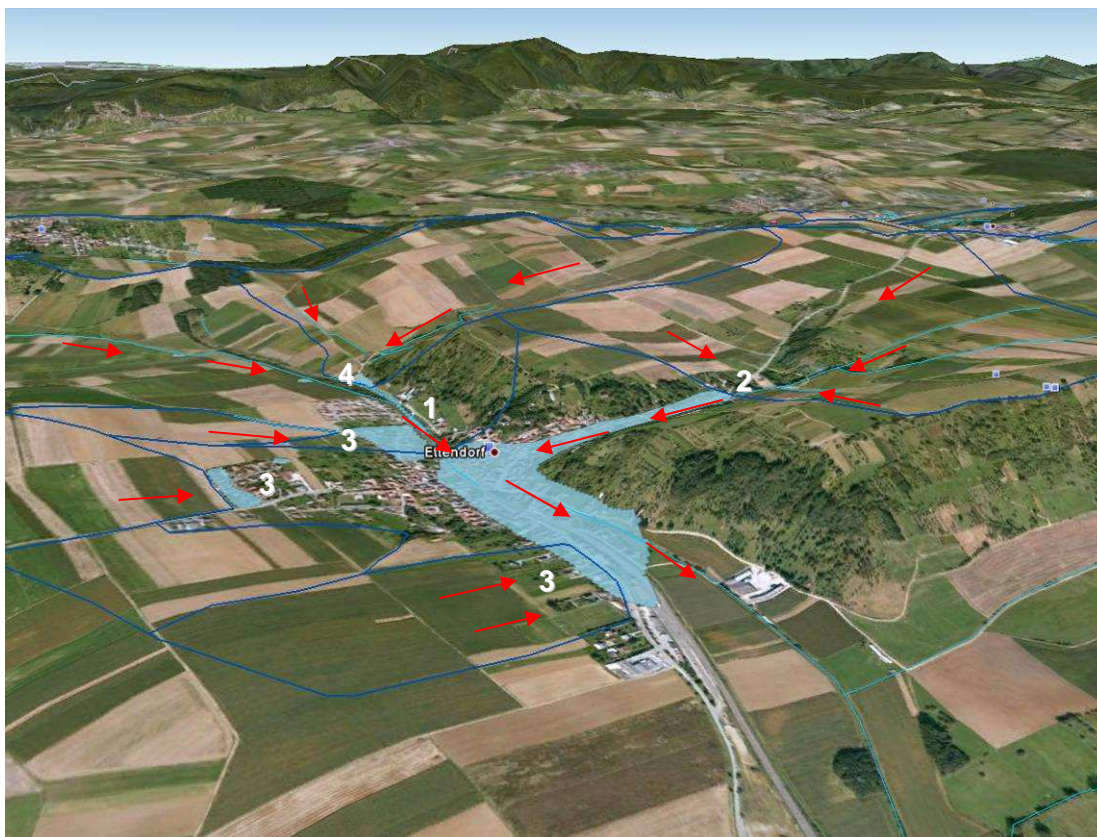
Figure 39: Amélioration des écoulements vers le fossé en sortie de village



Figure 40: Voirie refaite dans le but de canaliser au mieux les écoulements sur la chaussée

## ETTENDORF

La commune d'Etendorf subit des inondations boueuses de manière chronique depuis 2003. Ces trois dernières années (2007, 2008, 2009) ont été marquées à chaque fois par des inondations importantes lors d'orages de printemps. Une grande majorité de la commune est concernée par ces désordres puisqu'une centaine d'habitations sont potentiellement touchées.



**Figure 41: Vue 3D avec report des désordres hydrauliques constatés**

### Topographie et occupation du sol

Etendorf se trouve dans une situation géographique et topographique particulièrement vulnérable à l'aléa « coulée de boue ». En effet, le cœur du village se trouve dans le fond de la vallée principale provenant de Buswiller. Elle est également dans le fond d'une vallée sèche provenant de Ringeldorf. Enfin, de part et d'autre de la vallée sèche principale une grande partie de ces habitations se trouvent positionnées sur ses flancs, à mi-versant voir en bas de versant et sont ainsi en contrebas de petits vallons secs. Une partie des habitations d'Etendorf peuvent de ce fait recevoir des eaux de ruissellement provenant de plusieurs secteurs plus ou moins importants.

Les zones de production du ruissellement sont en grande majorité agricoles. Seul le versant Est (le plus pentu) de la vallée sèche principale est occupé par des bois. Les plaines agricoles montrent peu d'obstacles hydrauliques naturels (haies talus) et favorisent donc les transferts d'eau et de sédiments et l'accélération des flux. La culture généralisée du maïs est particulièrement génératrice de ruissellement lors des orages de printemps.

### Désordres hydrauliques

Les désordres hydrauliques constatés sont de plusieurs types. Les inondations d'habitations constituent la forme la plus grave des désordres sur Etendorf.



**Les coulées de boue principales** sont au nombre de deux. Une transitant via le fond de la vallée sèche principale [1 sur fig.41] et une transitant via la D25 par l'Est de la commune au niveau de la vallée sèche secondaire [2 sur fig.41]. Environ 80 maisons sont susceptibles d'être touchées par ces coulées de boues. Les écoulements boueux se forment sur les plaines agricoles amont et sont relativement importants et chargés en terre lors de leur entrée dans Ettendorf. Les inondations concernent alors une grande partie du village.



**Figure 42: Coulée d'eau boueuse transitant via la vallée sèche secondaire (Mai 2009)**

**Les coulées de boue locales** se retrouvent principalement sur les zones habitées situées à mi-versant ou en bas du versant Ouest de vallée sèche principale [3 sur fig.41]. Les écoulements sont produits par quelques parcelles agricoles et se concentrent rapidement dans les petits vallons secs peu marqués dans la topographie. Certaines habitations sont construites dans leurs talwegs et reçoivent ainsi des flux boueux générateurs d'inondations de caves principalement. Les réseaux EP existants se retrouvent comblés de sédiments et ne peuvent plus jouer leur rôle évacuateur.

**La voie SNCF** passant dans Ettendorf connaît également des désordres d'ordre hydraulique liés aux coulées de boue [4 sur fig.41]. Les écoulements provenant du versant agricole du Hengstberg saturant les fossés et débordent sur la voie SNCF en contrebas entraînant le ballast et la pollution des voies. La ligne pouvant être coupée pendant plusieurs heures.





**Figure 43: Habitations construites dans un fond de vallon sec de versant, subissant une coulée d'eau boueuse locale (Mai 2009)**



**Figure 44: Voie ferrée SNCF touchée par les coulées d'eau boueuse en amont d'Ettendorf (Juillet 2009)**

### Coûts des dégâts occasionnés

Les coûts estimatifs des dégâts sur Ettendorf sont de plusieurs ordres :

Le nettoyage et l'évacuation de la boue dans les habitations et les chaussées est effectué par les habitants eux mêmes, aidés par les agriculteurs mettant à disposition différentes machines (tracteurs, pompes etc....). Dans ce cas le coût supporté par la collectivité ou par les habitants n'est pas chiffrable.

Une estimation du coût supporté par chaque foyer touché à été évalué à près de 5 000 € par épisode. Les dégâts sont principalement provoqués dans les caves et les coûts portent sur le remplacement de chaudières (ou simplement du brûleur), de voitures, d'appareils

électroménagers (congélateur, machines à laver...) et la réfection des sols et murs de la partie inondée. On peut ainsi estimer à près de 500 000 € le coût potentiel du aux inondations pour les habitants d'Ettenndorf.

A ce coût, on peut rajouter les travaux déjà engagés par la commune à savoir, 20 000€ de remise en état de voirie, 12 000€ de remise en état de l'école et d'enlèvement de la boue, 19 000€ de curage de fossés et plus de 2 000 € d'achat de boudins anti-inondation et de sable.

### Actions mises en place

Les agriculteurs d'une grande partie du versant agricole autour d'Ettenndorf ont adhésés à la mise en place d'un assolement concerté visant à diversifier les cultures et éviter la concentration spatiale des parcelles en cultures de printemps. Ceci afin de favoriser l'effet de frein entre les parcelles agricoles et permettre le dépôt des sédiments.

Des linéaires de fascines ont été installés sur les versants agricoles, au niveau des passages d'eau afin de freiner les écoulements et permettre le dépôt des sédiments. 85 000€ de fascines ont été construites (soit plus de 1 200 m de fascines).

Les dispositifs mis en place en 2009 n'ont pas toujours fonctionnés de manière optimale. Certaines fascines en amont des vallons ont été contournées par les ruissellements (largeur de l'ouvrage sousdimensionné par rapport à la topographie). De même, en aval de grands vallons secs, où la concentration du ruissellement conduit à des débits importants, des fascines n'ont pas résistées à la pression exercée par ces ruissellements.



Figure 45: Linéaires de fascines déjà mis en place



Figure 46: Fascine de bout de champs mise en place sur la commune d'Ettenndorf (Source: Dumas 2009)



## MORSCHWILLER

La commune de Morschwiller connaît de multiples désordres hydrauliques de manière récurrente depuis 2006. Plus d'une centaine d'habitations sont potentiellement concernées par les inondations.

### Topographie et occupation du sol

Le village de Dauendorf est situé sur une colline, en position de mi-versant. Il est dominé au Nord Ouest et au Nord Est par un haut de versant agricole. La partie centrale du village est quant à elle dominée par un haut de versant composé de pâtures et de vergers, surfaces peu ruisselantes. Le fossé du Landgraben passe en contrebas du village, dans le Fond de talweg principale de la vallée.



**Figure 47: Vue 3D avec report des désordres hydrauliques constatés**

### Désordres hydrauliques

L'inondation d'habitations constitue la forme la plus grave des désordres hydrauliques sur Morschwiller. Ces désordres se produisent toujours lors de phénomènes orageux de printemps courts mais brutaux.

La zone inondée la plus importante est celle du quartier Ouest du village. Le fossé longeant la D149 récupère et guide les flux boueux produits par l'unité hydraulique n° 16 en direction de la rue principale de Morschwiller. L'unité hydraulique n° 16 représente une surface essentiellement cultivée d'environ 60 Ha. Les parcelles agricoles établies sur des pentes fortes ne présentent que peu d'obstacles hydrauliques permettant de freiner les écoulements. Seuls quelques reliquats de talus enherbés persistent dans la partie Est de l'unité. Les ruissellements produits sont accélérés dans la pente et pris en charge immédiatement dans le fossé [1 sur fig.47]. Une large haie le long de ce fossé permet tout de même de freiner les eaux. La buse [2 sur fig.47] permettant l'incorporation des eaux dans le réseau EP de la rue principale de Morschwiller sature rapidement et les flux boueux continuent leur chemin en surface sur la chaussée. Ils inondent ainsi une partie des maisons de la rue principale. Ces eaux prennent ensuite une direction Sud à travers maisons et jardins pour retrouver vers l'aval la position d'un ancien fossé aujourd'hui comblé. Les maisons construites autour et sur cet ancien fossé se trouvent ainsi dans la direction des ces eaux dévalant la pente et connaissent des désordres hydrauliques. En tout, c'est environ 80 maisons qui sont potentiellement touchées lors de l'inondation de ce quartier [3 sur fig.47].



Le lotissement récent rue des Vignes est lui aussi inondé [6 sur fig.47]. Le versant le dominant est composé essentiellement de pâtures et vergers. Cependant une grande parcelle [4 sur fig.47] située plus à l'Est produit des ruissellements qui sont pris en charge via un chemin agricole et transitent en direction de ce lotissement. De plus la pâture en amont immédiat du lotissement a fait l'objet d'un labour ces dernières années [5 sur fig.47]. Ces deux éléments sont la cause de l'inondation de ce lotissement construit il est vrai dans un fond d'un petit vallon sec de versant. Un peu plus en aval, un groupement de quelques maisons [7 sur fig.47] est également inondé par les eaux de ruissellement provenant de la rue du château d'eau très pentue.



**Figure 48: Vue du versant agricole à l'Ouest de Morschwiller, dont les eaux de ruissellement sont guidées par le fossé de la D149 en direction du village**



**Figure 49: Vue générale de Morschwiller, dominée en partie par des cultures ayant remplacé pâtures et vergers et dont il ne subsiste que quelques talus plantés**



**Figure 50: Lotissement rue des Vignes surplombé par une pâture retournée en 2008 et ayant subi des inondations**



**Figure 51: Maisons récentes, construites sur un ancien fossé aujourd'hui comblé. Lors de forts orages, l'eau circule en surface sur son ancien lit et inonde les habitations**



### Coûts des dégâts occasionnés

Les coûts aux particuliers n'ont pas été recensés à Morschwiller. Cependant on peut estimer à environ 575 000 Euros les coûts potentiels que sont susceptibles de supporter les habitants de Dauendorf. Les dégâts occasionnés portant essentiellement sur les voitures, chaudières appareil ménagers et remise en état des sous-sols.

### Actions mises en place

L'entrée de la buse de la rue principale a été réaménagée et protégée. Cependant la capacité du réseau EP n'a pas été augmentée.

Les agriculteurs d'une partie du versant agricole autour de Morschwiller ont adhéré à la mise en place d'un assolement concerté visant à diversifier les cultures et éviter la concentration spatiale des parcelles en cultures de printemps. Ceci afin de favoriser l'effet de frein entre les parcelles agricoles et permettre le dépôt des sédiments.



**Figure 52: Buse (réaménagée) d'entrée du réseau Eaux Pluviales de Morschwiller, récupérant les eaux du fossé de la D149 et saturée lors de fort orages**

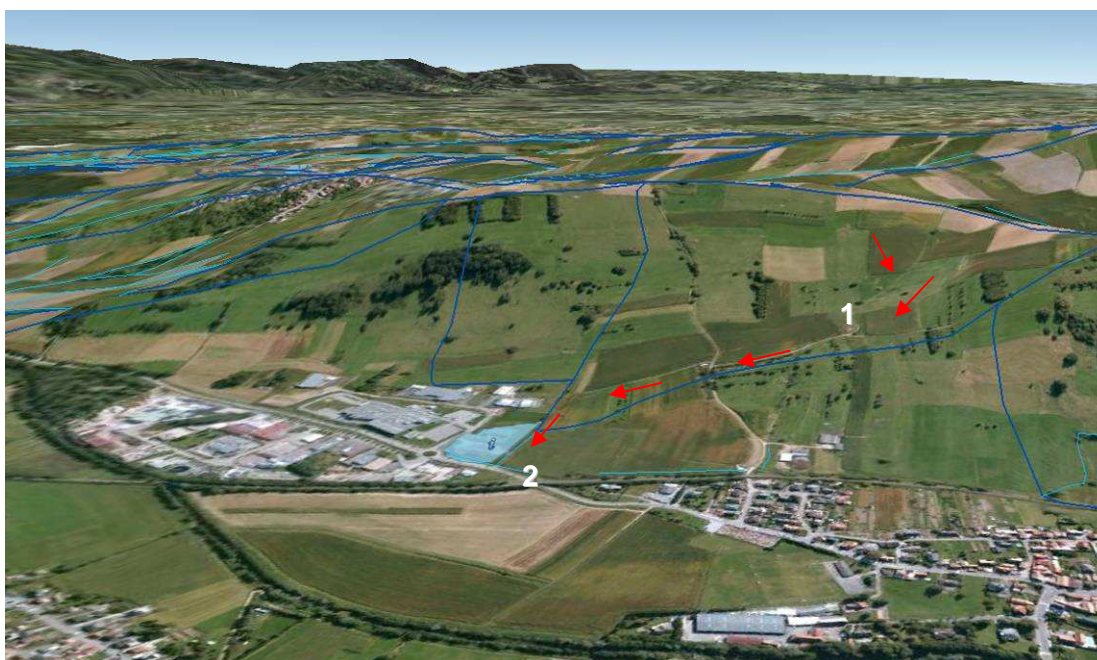


## NIEDERMODERN

La commune de Niedermodern connaît des désordres hydrauliques localisés, dont un en commun avec Pfaffenhoffen. Une habitation et une entreprise sont potentiellement concernées par des inondations.

### Topographie et occupation du sol

La ville est située principalement en bas et sur le versant Sud de la vallée de la Moder, aux débouchés de quatre sous bassins versants. Parmi ces quatre bassins versants, un est relativement important (environ 300 Ha) et trois sont relativement modestes (environ 20 Ha à 50 Ha). L'extension de la ville s'est faite en latéral par la création de la ZAC mais l'extension sur le versant commence petit à petit. Les trois versants de taille modeste présentent encore de nombreuses pâtures et vergers mais les cultures s'établissent petit à petit sur les versants.



**Figure 53: Vue 3D avec report des désordres hydrauliques constatés**

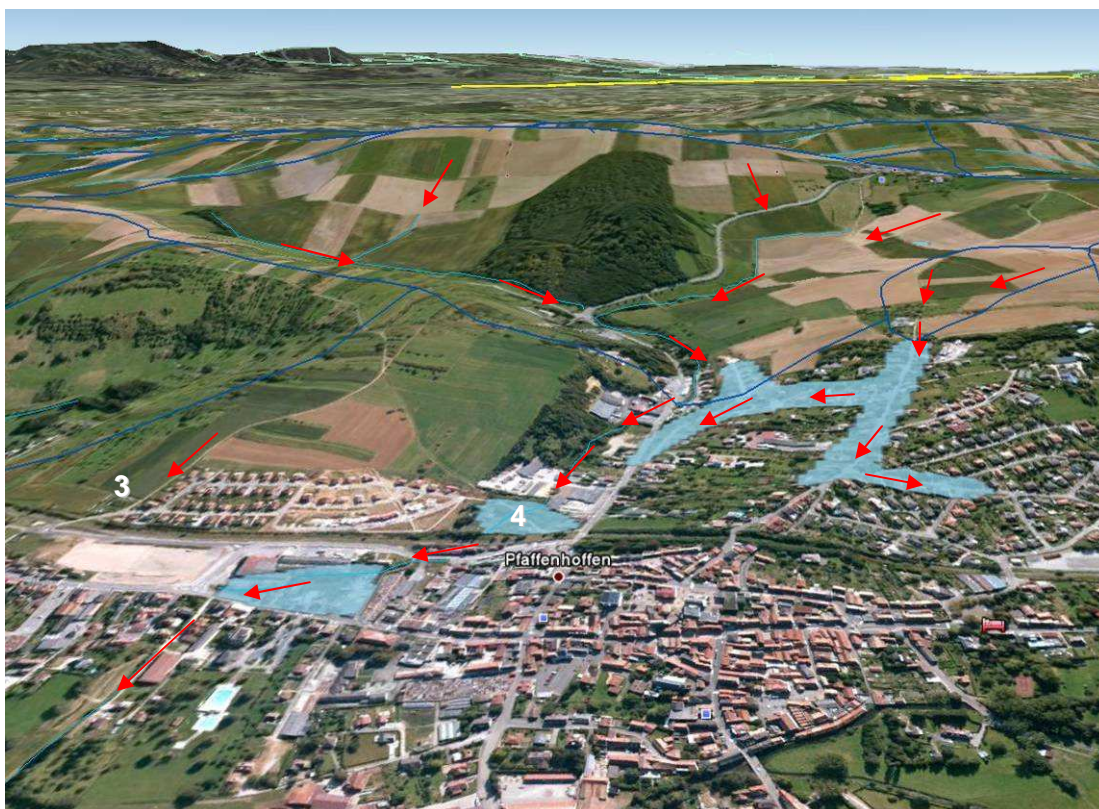
### Désordres hydrauliques

La ZAC Nord du Val de Moder connaît des désordres hydrauliques provoqués par les écoulements issus des versants amont. Les écoulements prennent naissance et se concentrent au sein des seuls talwegs secs cultivés du versant (lieu dit « Wiedy ») [1 sur fig.53]. Les écoulements suivent alors la topographie et s'accroissent dans la pente. Ils arrivent au niveau d'un petit fossé longeant la ZAC qui sature rapidement. Les flux boueux débordent et inondent une entreprise de la ZAC [2 sur fig.53].

Au niveau du lotissement récent au lieu dit « Steinberg », des écoulements ont été observés provenant des parcelles agricoles amont et circulant sur la chaussée [3 sur fig.53]. Cependant aucun désordre hydraulique n'a encore été observé. Les constructions se poursuivent de part et d'autre de la route.

L'inondation d'habitations constitue la forme la plus grave des désordres hydrauliques sur Niedermodern. Au niveau de la limite communale avec Pfaffenhoffen (quartier proche gare), le débordement du ruisseau du Hengstbaechel (passage sous pont trop étroit) provoque des désordres hydrauliques de part et d'autres, inondant une maison sur Niedermodern (Cf. description détaillée des écoulements sur Pfaffenhoffen).





**Figure 54: Vue 3D avec report des désordres hydrauliques constatés**

**Coûts des dégâts occasionnés**

Les coûts concernant l'inondation de l'habitation et à l'entreprise touchée n'ont pas été recensés.

**Actions mises en place**

L'entreprise touchée de la ZAC s'est protégée par un talus enherbé qui permet de dévier les eaux dans une parcelle encore non construite.



**Figure 55: Levée de terre protégeant l'entreprise vulnérable de la ZAC**



## OHLUNGEN

La commune d'Ohlungen connaît des désordres hydrauliques importants de manière fréquente depuis 2007. Plus d'une vingtaine d'habitations sont potentiellement concernées par ces inondations.

### Topographie et occupation du sol

Le village d'Ohlungen se situe en aval proche de la jonction entre la vallée du Ruisseau d'Uhlwiller et celle du Landgraben. A partir de cette jonction le cours d'eau prend le nom de Jaegerbaechel, le paysage s'ouvre de manière assez franche et les pentes latérales de la vallée deviennent plus douces. Le village est construit de part et d'autre de ce ruisseau, un espace tampon en pâture est encore présent entre le cœur ancien du village (rive droite du Jaegerbaechel) et les lotissements plus récents situés en rive gauche. L'extrémité Sud du village est construite dans la vallée du Sommerbaechel, dont quelques maisons très proches du lit de la rivière.



Figure 56: Vue 3D avec report des désordres hydrauliques constatés



### Désordres hydrauliques

L'inondation d'habitations constitue la forme la plus grave des désordres hydrauliques sur Ohlungen. Ces désordres se produisent toujours lors de phénomènes orageux de printemps courts mais brutaux.

Une petite partie du village se trouve à proximité du pont de la D227 (rue Principale d'Ohlungen) au dessus du Jaegerbaechel [1 sur fig.56]. Lors de fortes pluies, le ruisseau se met en charge et le passage sous le pont sature. Les eaux s'accumulent alors en amont et débordent latéralement, inondant une quinzaine de maisons et la D227 avant de rejoindre le lit de la rivière un peu plus en aval. Les eaux qui arrivent à cet endroit proviennent d'un grand bassin versant d'environ 1600 Ha (unités 16, 17, 19, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 40 et 41), drainé par le ruisseau d'Uhlwiller et le Jaegerbaechel. Ce bassin versant est en grande majorité agricole mais récupère également les eaux issues des villages de Grassendorf, Morschwiller, Dauendorf et Uhlwiller.

Au Sud du village, les habitations construites à proximité du lit du Sommerbaechel sont également inondées [2 sur fig.56] (soit environ 7 maisons). Le bassin versant en amont, de 470 Ha est en grande partie agricole mais récupère également les eaux issues des villages de Keffendorf, Berstheim et Winterhouse. Outre le débordement du fossé principal [5 sur fig.56] au niveau du passage sous la rue de Sandbuehl (saturation de la buse), des écoulements latéraux provenant de quelques parcelles agricoles situées sur le versant [3 sur fig.56] alimentent le fossé secondaire [4 sur fig.56] et aggravent l'inondation des habitations de ce secteur.



**Figure 57: Passage du ruisseau du Jaegerbaechel sous le pont de la D241, dans le village d'Ohlungen, passage saturé lors de forts orages occasionnant des inondations des habitations proches**



**Figure 58: Passage busé sous voirie du Sommerbaechel (fossé à gauche du chemin)**

A noter également la présence d'apports d'eau boueuse au croisement de la RD110 et la RD 241 en direction du bourg, [6 sur fig.56] issus des parcelles latérales (côté droit de la RD 241) et l'inondation de la RD 110 en amont du bourg avec saturation du pont et formation d'une retenue. [7 sur fig.56], Point bas collectant les eaux du fossé circulant en fond de vallée mais aussi les eaux pluviales récupérées par les fossés routiers.

#### Coûts des dégâts occasionnés

Les coûts aux particuliers n'ont pas été recensés à Ohlungen. Cependant on peut estimer à environ 115 000 Euros les coûts potentiels que sont susceptibles de supporter les habitants d'Ohlungen. Les dégâts occasionnés portant essentiellement sur les voitures, chaudières appareil ménagers et remise en état des sous-sols.

#### Actions mises en place

Aucune action n'a pour l'instant été mise en place.

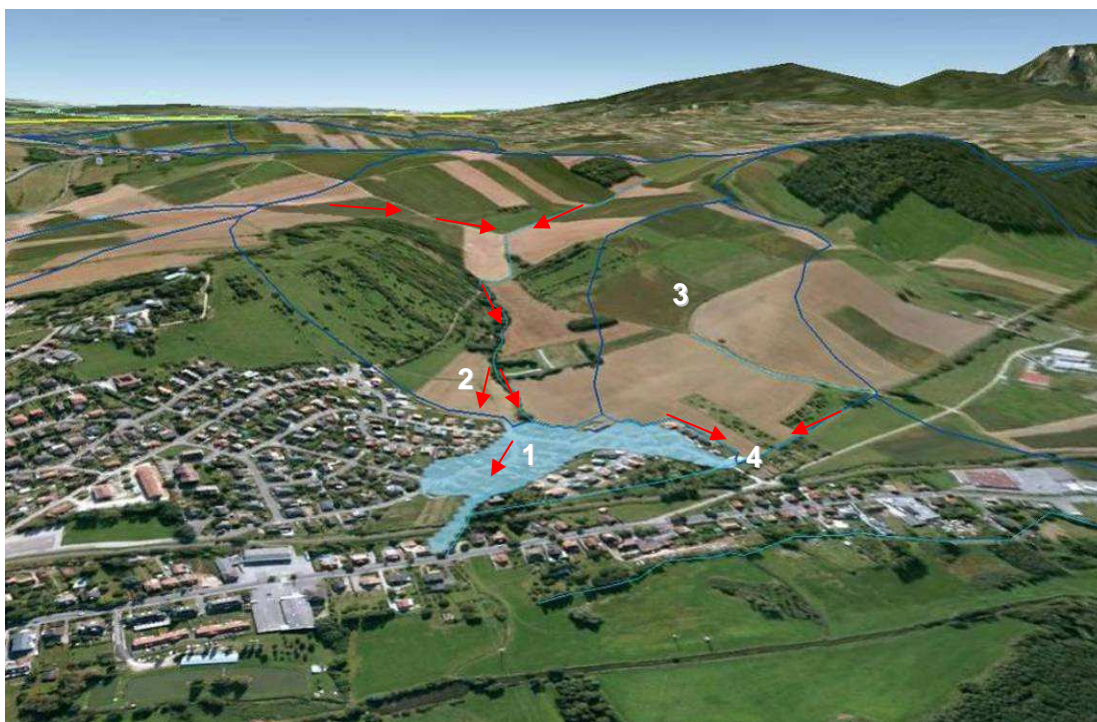


## PFAFFENHOFFEN

La commune de Pfaffenhoffen connaît des désordres hydrauliques très importants et de manière récurrente depuis 2003. Plus d'une centaine d'habitations sont potentiellement concernées par des inondations.

### Topographie et occupation du sol

La situation de la ville de Pfaffenhoffen est complexe. La ville est située principalement en bas et sur le versant Sud de la vallée de la Moder, aux débouchés de quatre sous bassins versants. Parmi ces quatre bassins versants, deux sont relativement importants (environ 100 Ha et 300 Ha) et deux sont relativement modestes (environ 15 Ha et 30 Ha). L'extension de la ville s'est faite sur le versant Sud de la vallée de la Moder et au niveau des débouchés des sous bassins versants. Les secteurs dominants directement Pfaffenhoffen sont constitués en partie de pâtures et vergers (lieu-dit « Bruchmatt ») mais également de parcelles cultivées (lieu dit « Am Spaehnenplatz »).



**Figure 59: Vue 3D avec report des désordres hydrauliques constatés**

### Désordres hydrauliques

L'inondation d'habitations constitue la forme la plus grave des désordres hydrauliques sur Pfaffenhoffen. Ces désordres se produisent toujours lors de phénomènes orageux de printemps courts mais brutaux. Trois secteurs différents de la ville sont inondés.

Le quartier résidentiel situé autour de la rue de Rossignols [1 sur fig.59], aux débouchés des unités hydrauliques n°1 & 2 (« Longchamps & Am Spaehnenplatz ») compte environ trente maisons potentiellement touchées par les désordres hydrauliques. Une partie du quartier est construit sur le fossé dit « Steinackengraben » qui passe en souterrain sur une centaine de mètres sous le lotissement.

Ce fossé draine les écoulements produits au niveau d'un sous bassin versant d'environ 100 Ha et en grande partie cultivé. Lors de forts orages, le fossé sature et déborde dans la parcelle en amont immédiat du lotissement [2 sur fig.59]. La rue des rossignols en contrebas récupère donc ses écoulements qui inondent ensuite caves et jardins. La buse permettant le



passage en souterrain du fossé sature également et l'eau se déverse alors sur la chaussée puis dans les jardins et maisons.

En contrebas du lotissement, le fossé le long de l'ancienne voie SNCF draine un autre sous bassin versant plus petit (environ 30 Ha) [3 sur fig.59] lui aussi en majorité cultivé. Le passage busé sous la rue des mésanges est lui aussi saturé lors de forte pluie, ce qui provoque l'inondation de la chaussée [4 sur fig.59].



**Figure 60: Vue d'un des bassins versants agricoles en amont de Pfaffenhoffen, parcellaire sans obstacle hydraulique**



**Figure 61: Vue du fossé dit « Steinackengraben », débordant en amont du le quartier résidentiel situé autour de la rue de Rossignols**



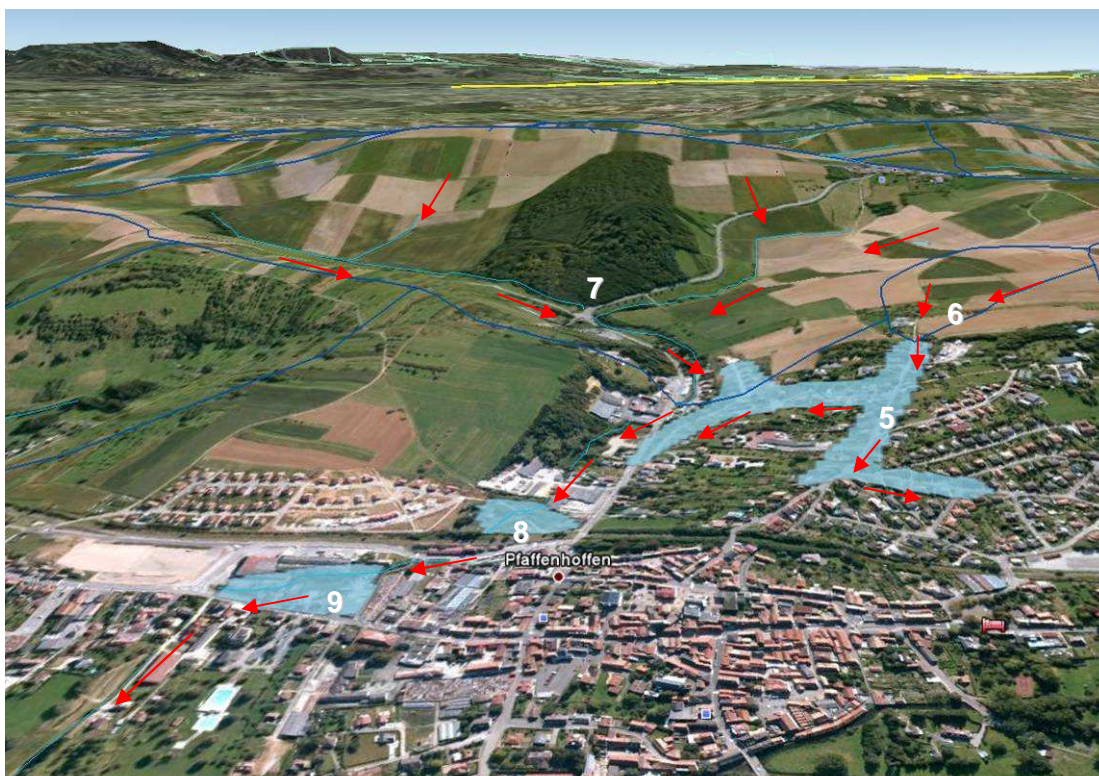


**Figure 62: Entrée du passage en souterrain du fossé dit « Steinackengraben », sous le quartier résidentiel situé autour de la rue de Rossignols**



**Figure 63: passage en souterrain du fossé dit « Steinackengraben » quasi à saturation**





**Figure 64: Vue 3D avec report des désordres hydrauliques constatés**

Le quartier résidentiel situé autour de la rue des carrières, au débouché de l'unité hydraulique n°3 (« Réservoir ») compte plus de 60 maisons potentiellement touchées par les désordres hydrauliques [5 sur fig.64]. Le quartier est construit sur le versant en forte pente et présente environ 15 Ha de parcelles cultivées en amont. Cette surface cultivée produit des ruissellements qui se concentrent rapidement sur le chemin rural dit « Am Ringeldoerfer Weg » [6 sur fig.64]. Ces écoulements débouchent directement dans la rue des Carrières qui se trouve dans le prolongement du chemin rural. Les flux boueux prennent alors de la vitesse sur la chaussée goudronnée et inondent les maisons de part et d'autre de la rue. Les maisons des rues situées en aval (Rue des Roses, Rue de Neufchâteau et Rue de Domrémy) sont également touchées par ces eaux boueuses.



**Figure 65: Vue de la sortie du versant agricole de l'unité n°3, le chemin rural dit « Am Ringeldoerfer Weg » faisant office de collecteur**





**Figure 66: Rue des Carrières en forte pente, en prolongement du chemin rural « Am Ringeldoerfer Weg » et subissant des inondations**

L'unité n°4 (« Hengstbaechel »), grand sous bassin versant d'environ 300 Ha [7 sur fig.64], se compose de deux grands vallons se rejoignant en amont proche de la ville de Pfaffenhoffen au niveau du carrefour entre la D 419 et la D 110. Un fossé draine les eaux à travers la ville et connaît plusieurs passages en souterrain. Les surfaces de l'unité n°4 sont essentiellement agricoles bien que l'on note la présence du Bois de Ringeldorf et les vergers encore bien présents le long de la D 110 en direction de Dauendorf. Les écoulements boueux prennent naissance sur les parcelles cultivées et sont ensuite pris en charge par les fossés situés dans les talwegs principaux. Ces flux chargés arrivent directement dans la ville et provoquent des désordres hydrauliques essentiellement par saturation des passages souterrain ou au niveau des ponts. La route Départementale D419 (Rue de Strasbourg), arrivant de Ringeldorf, les habitations proches de la gare [8 sur fig.64], celles rue de Haguenau et celles proches du ruisseau dit « Hengstbaechel » [9 sur fig.64] sont potentiellement touchées lors de ces débordements. Une dizaine de maisons est alors concernée.



**Figure 67: Versant agricole en amont de Pfaffenhoffen**



**Figure 68: Fossé dit du « Hengstbaechel » contraint à de multiples reprises lors de sa traversée de Pfaffenhoffen (passage en souterrain, sous pont, déviation...) et provoquant plusieurs désordres hydrauliques. Photo prise lors de travaux de construction d'habitations à proximité**

#### Coûts des dégâts occasionnés

La mairie de Pfaffenhoffen a pu faire un récapitulatif financier des coûts liés aux dépenses lors des inondations sur la commune. Les différents coûts concernent le curage et la réfection de fossés, l'entretien, le balayage et le nettoyage des voiries, la mise à disposition de bennes et l'évacuation des déchets, les heures travaillées par les agents des services techniques, la mise en place de fascines et d'une levée de terre protectrice.

Pour les évènements de ces trois dernières années, les coûts totaux engagés par la mairie s'élèvent à :

13 000 € en 2007 ;

47 000 € en 2008 ;

41 000 € en 2009.

Les coûts aux particuliers n'ont pas été recensés. Cependant, on peut estimer à environ 500 000 Euros les coûts potentiels qui sont susceptibles de supporter les habitants de Pfaffenhoffen. Les dégâts occasionnés portant essentiellement sur les voitures, chaudières appareil ménagers et remise en état des sous-sols.

#### Actions mises en place

Une levée de terre protectrice à été mise en place pour limiter les apports d'eau dans la rue des Rossignols. Une fascine à également été installée pour limiter les apports d'une parcelle agricole.





**Figure 69: Levée de terre protectrice mise en place en amont immédiat du quartier résidentiel situé autour de la rue de Rossignols**



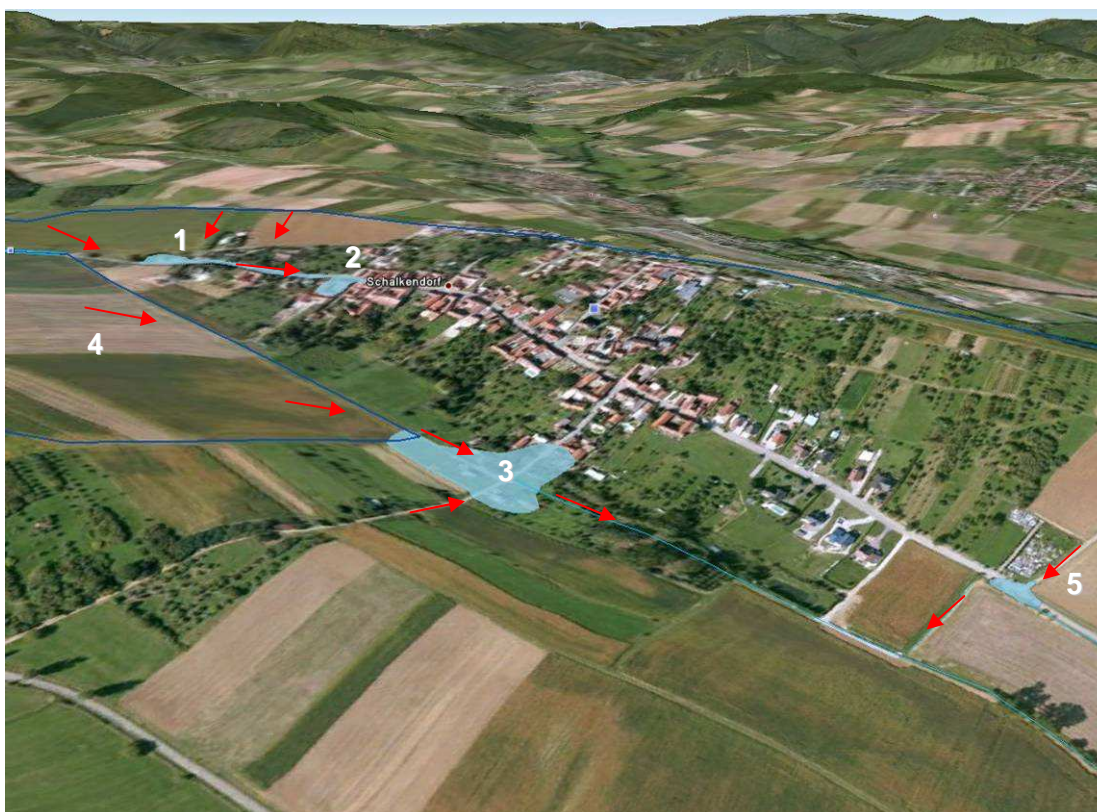
**Figure 70: Fascine de bout de champs mis en place pour réduire les arrivées d'eau et de boue en sortie de parcelle**

## SCHALKENDORF

La commune de Schalkendorf connaît des désordres hydrauliques importants et de manière récurrente depuis 2003. Environ une dizaine d'habitations sont potentiellement concernées par des inondations.

### Topographie et occupation du sol

La majeure partie de Schalkendorf occupe un versant entier d'une colline. De ce fait, le village est en position dominante et reste à l'abri des zones d'écoulement ou d'accumulation. En amont des habitations à mi-versant, les vergers sont encore présents et ne constituent pas de surfaces ruisselantes importantes. Cependant, une partie de ces habitations de mi-versant sont dominées par quelques parcelles cultivées. De même, une partie du village est construite dans le fond d'un vallon sec.



**Figure 71: Vue 3D avec report des désordres hydrauliques constatés**

### Désordres hydrauliques

L'inondation d'habitations constitue la forme la plus grave des désordres hydrauliques sur Schalkendorf. Ces désordres se produisent toujours lors de phénomènes orageux de printemps courts mais brutaux.

La partie Ouest du village, habitat de mi-versant dominé par les cultures, connaît des inondations par ruissellement. Les écoulements des parcelles cultivées en amont peuvent traverser certaines parcelles habitées [1 sur fig.71] et causer des désordres dans les jardins et les caves. En aval, ces eaux sont prises en charge par la D835 qui guide les eaux vers l'intérieur du village et inonde tout un corps de ferme et la rue principale [2 sur fig.71].

Dans la partie du village située dans le fond de vallon [3 sur fig.71], les ruissellements prennent naissance sur la plaine agricole de Mittelbaum [4 sur fig.71] (quelques grandes parcelles cultivées, sur environ 15 Ha) alimentés également par les ruissellements amont cités plus haut. Ces écoulements se concentrent dans le fond de vallon, sature le réseau



d'eau pluviale et déborde dans une rue d'habitations. Les caves sont alors inondées et beaucoup de dégâts matériels ont été recensés. De même, les accumulations de boue dans les rues sont importantes. Ces écoulements boueux rejoignent ensuite le fossé drainant le fond de vallon qui débute juste en sortie de village.

Près du cimetière [5 sur fig.71], un chemin agricole draine les eaux de quelques parcelles situées sur le versant. Ces eaux chargées de sédiments sortent du chemin et inondent localement la D835 et rejoignent ensuite en contrebas le fossé principal dans le fond de vallon. L'accumulation de boue sur la voirie est problématique.



**Figure 72: Passage préférentiel des eaux de ruissellement, zone construite dans un fond de vallon**

#### Coûts des dégâts occasionnés

Les coûts estimatifs des dégâts sur Schalkendorf sont difficilement chiffrables. On peut néanmoins estimer à environ 40 000 Euros le coût des dégâts occasionnés aux particuliers à chaque évènement (dégâts sur les voitures, chaudières, appareils ménagers, remise en état des sous-sols). L'évacuation des boues et le nettoyage des voiries étant réalisés de manière bénévole, le chiffrage de ces travaux n'est pas chiffrable.

#### Actions mises en place

La buse qui récupèrent les eaux en sortie du versant agricole de Mittelbaum à fait l'objet de travaux visant à augmenter la capacité d'évacuation des écoulements. Cependant, celle-ci à déjà montré de nouveau ses limites lors d'orages récents, liées notamment aux flottants et boue colmatant les avaloirs.



**Figure 73: travaux récemment réalisés**

## SCHWEIGHOUSE-SUR-MODER

La commune de Schweighouse-sur-Moder a connu des désordres hydrauliques en 2006 et 2007. Environ dix habitations sont potentiellement concernées par ces inondations.

### Topographie et occupation du sol

La ville de Schweighouse-sur-Moder se situe en aval proche de la jonction entre la vallée du Jaegerbaechel et celle du Sommerbaechel. Elle est également située en amont proche de la jonction entre le Sommerbaechel et la Moder. Le paysage est relativement ouvert, la ville est implantée principalement dans un triangle formé par la rive gauche du Sommerbaechel et la rive droite de la Moder. Une partie de la ville s'étend néanmoins sur la rive droite du Sommerbaechel. Un espace encore non urbanisé existe entre les deux parties de la ville sauf au niveau du pont de la D919.

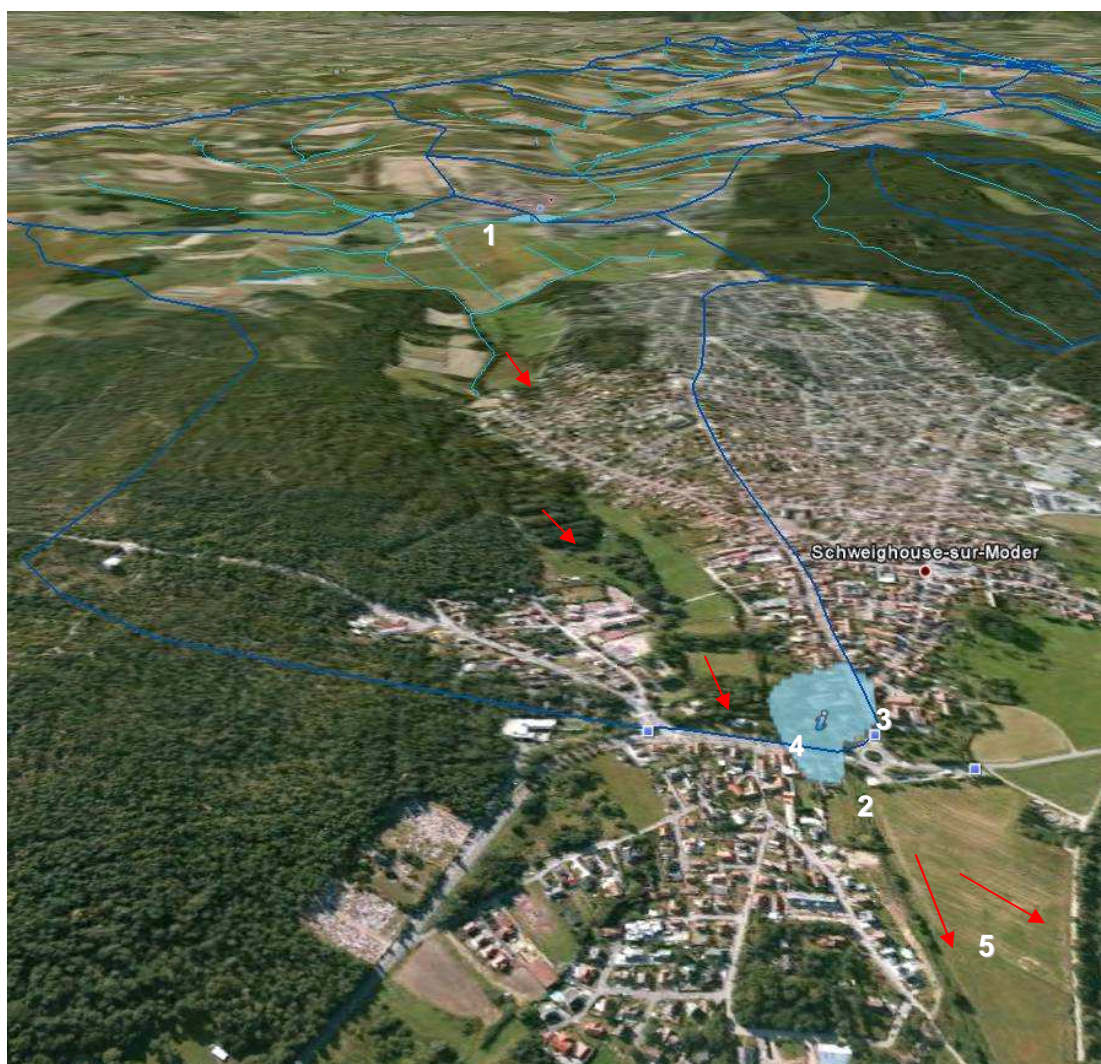


Figure 74: Vue 3D avec report des désordres hydrauliques constatés



### Désordres hydrauliques

L'inondation d'habitations constitue la forme la plus grave des désordres hydrauliques sur Schweighouse-sur-Moder. Ces désordres se produisent lors de phénomènes orageux de printemps courts mais brutaux affectant le bassin versant situé en amont [1 sur fig.74]. Ce bassin amont s'étend sur plus de 2 500 Ha, drainant de vastes plaines agricoles et les ruissellements issus des villages de Grassendorf, Morschwiller, Ohlungen, Dauendorf, Uhlwiller, Wintershouse, Berstheim et Keffendorf

Une partie de la rue du Faubourg (D 919) se situe sur le lit du Sommerbaechel qu'elle enjambe via un pont [2 sur fig.74]. Lorsque la rivière se met en charge, le passage sous le pont devient insuffisant et le niveau d'eau augmente en amont. Cette montée des eaux en amont du pont provoque l'inondation d'une dizaine de maisons situées au niveau de la rue du Faubourg et de la rue d'Ohlungen [3 sur fig.74]. Le parc municipal est également touché par ces inondations [4 sur fig.74] et de nombreuses berges du cours d'eau ont été très dégradées (effondrements).

En amont, quelques potagers situés dans la plaine d'inondation de la rivière sont également touchés près de la route de Wintershouse. De même en aval du pont, près de l'ancienne station d'épuration, des parcelles agricoles sont inondées par les eaux rejoignant la Moder un peu plus bas [5 sur fig.74].



**Figure 75 : Inondation du parc municipal près du rond point**



**Figure 76: Inondation du parc municipal**



**Figure 77: Dégradation d'une passerelle du parc municipal par affouillement basal**





**Figure 78: Dégradation de voirie causée par les eaux**

#### Coûts des dégâts occasionnés

Les coûts aux particuliers n'ont pas été recensés à Schweighouse-sur-Moder. Cependant on peut estimer à environ 50 000 Euros les coûts potentiels que sont susceptibles de supporter les habitants de Schweighouse-sur-Moder. Les dégâts occasionnés portant essentiellement sur les voitures, chaudières appareil ménagers et remise en état des sous-sols.

Au niveau du coût supporté par la commune, on peut estimer le coût du déblayage à environ 4000 Euros en temps horaire des techniciens procédant à cette tâche (5 techniciens pendant environ 1 semaine). Le coût La remise en état du terrain de pétanque et des enrochements faits dans le parc s'élève à environ 11 000 Euros.

La réfection des voiries dégradées par les inondations à quant à elle coûté près de 7 000 €.

#### Actions mises en place

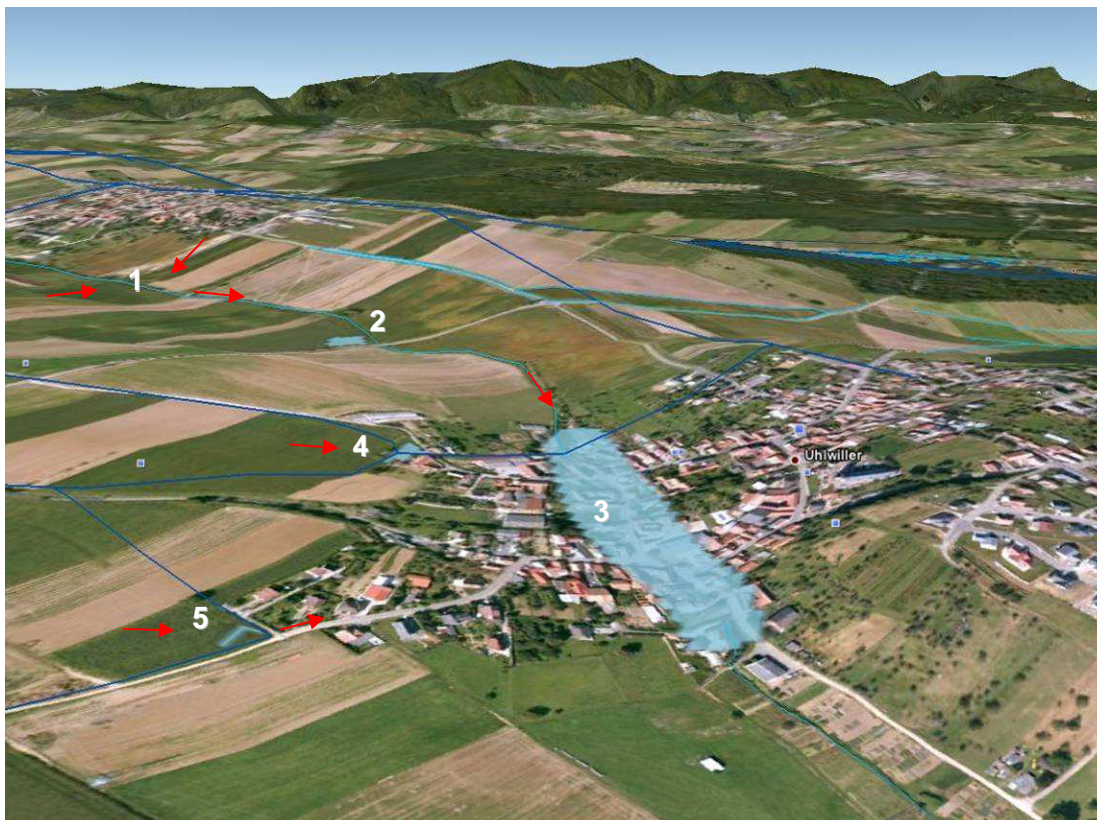
Quelques mesures de renforcement des berges du cours d'eau ont été mises en œuvre.

## UHLWILLER

La commune d'Uhlwiller connaît des désordres hydrauliques importants de manière fréquente depuis 1983. Plus d'une quarantaine d'habitations sont potentiellement concernées par ces inondations.

### Topographie et occupation du sol

Le village d'Uhlwiller occupe deux versants opposés de la vallée du ruisseau d'Uhlwiller. Les habitations sur le versant Nord-Est occupent tout le versant alors que celles sur le versant opposé ne remontent qu'à mi-versant. Ces dernières sont donc dominées par des parcelles agricoles. Une partie du village occupe le fond de la vallée du ruisseau d'Uhlwiller qu'elle recouvre et le force à passer en souterrain sous les habitations.



**Figure 79: Vue 3D avec report des désordres hydrauliques constatés**

### Désordres hydrauliques

L'inondation d'habitations constitue la forme la plus grave des désordres hydrauliques sur Uhlwiller. Ces désordres se produisent toujours lors de phénomènes orageux de printemps courts mais brutaux.

La rue de la rivière d'Uhlwiller se trouve dans le talweg du ruisseau d'Uhlwiller. Le bassin versant en amont fait plus de 300 Ha (unité 20, 21 et 22) et est composé essentiellement de surface agricole et urbaine (village de Dauendorf). Les ruissellements produits sur ces surfaces se concentrent rapidement dans le fond principal drainé par un fossé [1 sur fig.79]. Un peu plus en amont du village d'Uhlwiller, le passage des eaux sous la D227 est difficile, ce qui crée une rétention temporaire et inonde les parcelles agricoles voisines [2 sur fig.79].

Lors de l'arrivée des eaux sur Uhlwiller, le fossé passe en souterrain, sous le village et ne redevient aérien qu'en sortie de village. Les eaux saturent l'entrée du passage en souterrain et les eaux continuent leur chemin à la surface, à travers le village, provoquant l'inondation d'une trentaine de maisons [3 sur fig.79], principalement le long de la rue de la Rivière. Le



caractère boueux de l'inondation aggrave encore plus les dommages causés sur les habitations et les voiries.

Sur le versant Sud-Ouest, les habitations dominées par les surfaces agricoles subissent l'arrivée des flux boueux des quelques parcelles en amont [4 sur fig.79] [5 sur fig.79]. Quelques jardins et maisons sont inondés. Les flux boueux rejoignent ensuite la rue de la Rivière via les voiries et contribuent à aggraver l'inondation principale du village.

Le hameau de Niederaltdorf connaît également des désordres hydrauliques. Les Habitations situées à proximité du lit du Landgraben sont inondées lorsque le fossé déborde [9 sur fig.81]. Le bassin versant en amont, relativement vaste de plus de 800 Ha (unités 16, 17, 19, 40 et 16) est majoritairement agricole récupère également les eaux issues des villages de Morschwiller et Grassendorf. Un verrou hydraulique existait en amont et faisait déborder le fossé prématurément. Les flux d'eau circulaient ensuite à travers champs en direction du hameau [6 sur fig.81]. Ce verrou a été supprimé mais le retour d'expérience n'est pas assez long pour assurer que le débordement du fossé à cet endroit est désormais impossible.

D'autres ruissellements boueux arrivent sur le hameau de Niederaltdorf par le Nord. Issus du versant agricole, les eaux sont ensuite prises en charge par la voirie de la D227 et accélérés dans la pente en direction du hameau. A l'Est de la D227, une parcelle agricole produit du ruissellement qui menace les habitations construites en contrebas [8 sur fig.81]. Néanmoins la conservation d'une pâture à proximité permet de tamponner les flux boueux et d'éviter l'inondation de l'habitation. Les flux rejoignent ensuite la D227 et contribuent à l'inondation principale de hameau.

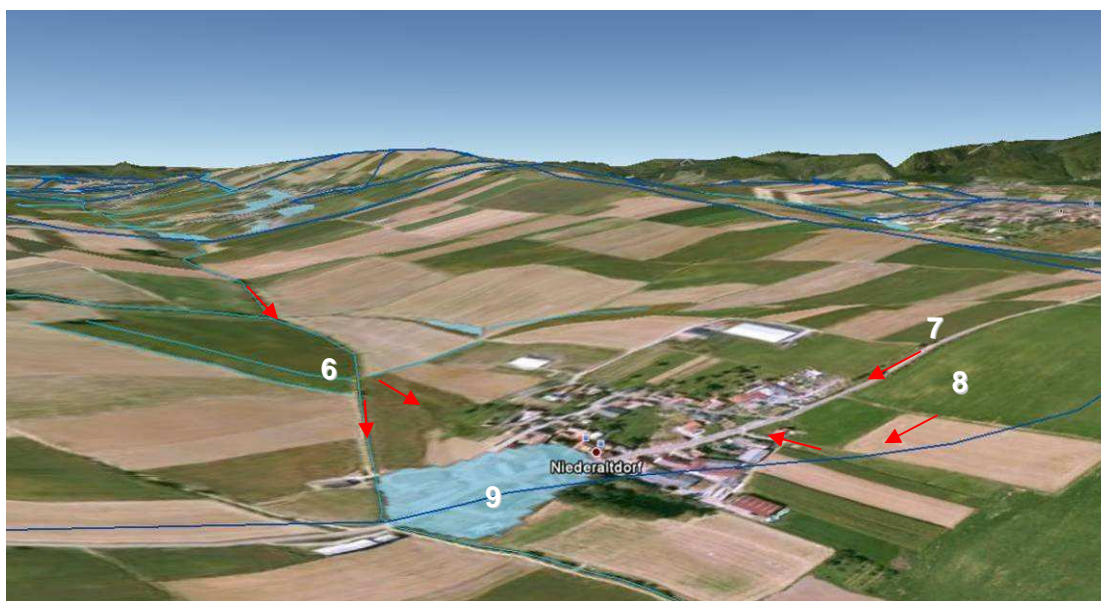


Figure 80: Vue 3D avec report des désordres hydrauliques constatés



**Figure 81: Début du passage en souterrain du ruisseau d'Uhlwiller, sous le village d'Uhlwiller, passage saturé lors de forts orages et provoquant l'inondation de la rue de la Rivière**



**Figure 82: Inondation principale d'Uhlwiller, rue de la Rivière (2007)**





**Figure 83: Débordement du Landgraben en amont de Niederaltdorf (2007)**



**Figure 84: Inondation d'habitation, hameau de Nierderaltdorf (2007)**



**Figure 85: Inondation de la rue principale du hameau de Niederaltdorf (2007)**



**Figure 86: Village d'Uhlwiller, habitations en position de versant, subissant les ruissellements boueux provenant des cultures en amont**



### Coûts des dégâts occasionnés

Les coûts aux particuliers n'ont pas été recensés. Cependant on peut estimer à environ 215 000 Euros les coûts potentiels que sont susceptibles de supporter les habitants de Dauendorf. Les dégâts occasionnés portant essentiellement sur les voitures, chaudières appareil ménagers et remise en état des sous-sols.

### Actions mises en place

Le verrou hydraulique présent en amont du hameau de Niederaltdorf à été supprimé et devrait éviter le débordement prématuré du fossé.

Un passage busé sur le fossé du Landgraben en amont immédiat de Niederaltdorf à été agrandi afin d'augmenter sa capacité de débit.

Sur le village d'Uhlwiller des sacs de sables ont été distribués afin de limiter les inondations.

Un programme d'assolement concerté à été mis en place ainsi qu'une première sensibilisation des agriculteurs pour la mise en place de fascine et de bandes enherbées



**Figure 87: Passage busé réaménagé sur le fossé du Landgraben**

## 4. Conclusion

L'expertise du territoire a été menée en combinant des informations recensées lors d'enquêtes réalisées auprès des communes à une étude approfondie du terrain, sur site comme sur cartes. Les informations recueillies lors des entretiens auprès des mairies ont été nombreuses et pertinentes. Ceci a permis de localiser au mieux les différents désordres hydrauliques sur le territoire et de caractériser les circonstances et les origines de leur apparition de même que leur impact économique. L'expertise de terrain a quant à elle permis de spatialiser le fonctionnement du territoire lors d'événements pluvieux générateurs de désordres. Les zones de départ et de production du ruissellement ont été caractérisées. Le mode de concentration et d'accélération des flux ruisselants, les facteurs aggravant ou limitant les phénomènes ont été étudiés et recensés.

L'analyse globale des désordres et du mode de fonctionnement du territoire apporte plusieurs éléments de réflexion sur l'origine des problèmes d'ordre hydraulique ce qui permettra de mieux appréhender les solutions possibles et de proposer un programme d'action pertinent et à long terme.

Le territoire étudié est sujet à des inondations et coulées de boue de plus en plus fréquentes, ces trois dernières années ayant engendré à chaque fois des désordres hydrauliques importants. L'évolution de ces problèmes hydrauliques et leur apparition de plus en plus fréquente est la résultante de plusieurs facteurs ayant évolués simultanément et provoqués la situation actuelle.

**La pluviométrie**, conditionnant l'aléa climatique constitue le premier facteur ayant évolué. Tous les témoignages recueillis lors des enquêtes montrent que les phénomènes orageux se sont déplacés dans le temps pour apparaître plus tôt dans l'année et de manière plus violente. Ces orages de printemps (fin mai - début juin) sont désormais plus fréquents et plus violents. Ils se produisent lors d'une période où les sols cultivés n'opposent pas un fort couvert végétal, ce qui aggrave les phénomènes de ruissellement.

**L'agriculture** a évolué avec une intensification de la culture du maïs au couvert végétal peu développé au printemps et l'espace agricole, caractérisé par un paysage à champs ouvert (Openfield), reste dépourvu d'obstacles hydrauliques naturels tels que les haies, les talus et les zones enherbées. L'extension des terres labourables au détriment des zones de pâtures et de vergers est encore d'actualité aujourd'hui. De plus ces zones de pâtures et vergers résiduelles sont généralement établies sur de fortes pentes et/ou forment des zones « tampons » autour des zones habitées. Elles représentent des surfaces peu ruisselantes, capables de freiner et d'absorber les eaux de ruissellement, protégeant ainsi les zones situées en aval.

L'organisation du parcellaire et la gestion des assolements est relativement problématique. La disposition en rideau simple ou multiple de part et d'autres des fonds de vallons et des axes de communications constitue en elle-même un facteur propice au ruissellement. Sur versants courts, les parcelles occupent toute la longueur de pente ce qui ne laisse aucune possibilité de freiner les écoulements avant leur arrivée dans le fond de vallée et dans les cours d'eau. Sur versants longs, seuls deux ou trois rideaux de parcelles peuvent être observés. Les assolements n'étant pour la plupart pas concertés, il est facile d'observer une faible diversité culturelle sur les versants. L'alternance culture d'hiver et de printemps qui permet de limiter les transferts et l'accélération des flux entre parcelles n'est ainsi que ponctuelle et souvent le fruit du hasard.

Enfin **l'extension urbaine** a souvent montré des incohérences et provoqué des situations propices aux inondations. Les villages installés en position dominante sur le paysage (sommet des collines) s'étendent vers les bas de versants. Les constructions récentes se retrouvent ainsi dans des axes de fond de vallons et sont ainsi vulnérables aux eaux de ruissellement. Les villages de versant dominés auparavant par des pâtures et vergers s'étendent soit vers l'amont au détriment des zones de pâtures soit vers l'aval vers les fonds de vallon. Ces nouvelles positions sont également vulnérables aux eaux de ruissellement. Enfin les constructions établies sur les fossés et cours d'eau (déjà fortement anthropisés en



milieu agricole), les forçant à passer en souterrain, montrent les désavantages de telles pratiques, les capacités des passages en souterrain montrant rapidement leurs limites lors de montées importantes des eaux.

Les désordres hydrauliques forment un coût non négligeable pour la collectivité et les particuliers. Sur le site d'études plus de **400 maisons sont potentiellement touchées** lors d'événements pluvieux déclencheurs de désordres. Les habitations sont principalement touchées au niveau des sous-sols ce qui engendre des dégâts matériels importants (voitures, chaudières et électroménagers). On peut estimer que le coût d'une inondation de sous-sol engendre en moyenne 5 000 € de dégâts. Ce coût moyen correspond au coût approximatif observé par les services de la mairie d'Ettendorf au cours de leurs sinistres à répétition. Il correspond également à la moyenne des coûts du matériel généralement remplacé en cas d'inondation de sous sol :

Prix moyen d'une voiture en France	21 000 € TTC	<i>source: Jato dynamics (spécialiste en données industrielles automobile)</i>
Remplacement d'un bruleur de chaudière	2 000 € TTC	<i>source: devis chauffagiste</i>
Lave linge	500 € TTC	<i>source: conforma</i>
Congélateur	500 € TTC	<i>source: conforma</i>
Estimation de réfection mur sous sol (peinture + nettoyage pour 100m <sup>2</sup> )	500 € TTC	<i>source: estimation manuelle pour 100 m<sup>2</sup></i>
Coût moyen: 4 900 € TTC (environ <b>5 000 €</b> TTC)		

Ainsi, les inondations représentent un **coût total d'environ 2 000 000 € aux particuliers** (Cf. tableau ci-dessous). A ces frais se rajoutent les frais de déblayement des chaussées, de nettoyage des réseaux Eaux Pluviales, les frais de réfection des chaussée et des trottoirs et les frais d'équipement en matière de protection temporaire contre les inondations (boudins de sables). Pour exemple, ces couts représentent environ 40 000 € à 50 000 € par épisode pour la commune de Pfaffenhoffen. Concernant les villages, le déblayement et autres travaux post-inondations étant effectué le plus souvent par les bénévoles (sinistrés, agriculteurs) ou par les employés de mairie, ces dépenses sont difficiles à chiffrer.

Communes	Nombre de bâtiments touchés	Coût estimatif des dégâts potentiels	Fréquence
BUSWILLER	0	0 €	-
DAUENDORF	11	55 000 €	Fréquent**
ETTENDORF	108	540 000 €	Très fréquent***
MORSCHWILLER	117	585 000 €	Fréquent**
NIEDERMODERN	2	5 000 €	Moins fréquent*
OHLUNGEN	22	110 000 €	Moins fréquent*
PFAFFENHOFFEN	109	545 000 €	Fréquent**
RINGELDORF	0	0 €	-
SCHALKENDORF	8	40 000 €	Très fréquent***
SCHWEIGHOUSE-SUR-MODER	10	50 000 €	Moins fréquent*
UHLWILLER	43	215 000 €	Très fréquent***
<b>Total général</b>	<b>429</b>	<b>2 145 000 €</b>	

\* Une fois ces trois dernières années (ou évènement plus ancien)

\*\* Une fois par an ces trois dernières années

\*\*\* Plusieurs fois par an ces trois dernières années

**Figure 88: Tableau récapitulatif des désordres et des coûts engendrés par les coulées d'eau boueuse**

### **III. Deuxième phase : Diagnostic** **hydraulique**



# 1. Réseau hydrologique et directions d'écoulements

## Carte: N°194258-107 Fonctionnement hydraulique

Le ruissellement, agent de transport des particules solides mobilisées par lui-même ou par l'impact des gouttes de pluie, est guidé par la topographie suivant la plus grande pente. Une délimitation basée sur la topographie s'impose donc.

Une procédure automatique sous « Arcgis® Spatial Analyst » a été retenue pour déterminer les directions des écoulements pour chaque pixel (50 x 50 m<sup>2</sup>) est définie à partir du Modèle Numérique de Terrain (Source BD Alti® au pas de 50 m de l'IGN), permettant de dessiner un arbre des écoulements vers un exutoire prédéfini (outil « bassin versant » du module Hydrologie d'ArcMap®).

Une arborescence très fine des talwegs est ainsi obtenue avec pour unité élémentaire le pixel. Une classification avec l'outil « indice de flux » du module hydrologie d'ArcMap®, reprenant le principe d'ordination de Strahler, donne niveaux 6 d'ordre. Au regard des phénomènes de ruissellement sur le terrain, les ordres 1 et 2 sont le domaine du ruissellement de versant, puis à partir de l'ordre 3 le ruissellement est concentré par la topographie. Ce seuil fixé arbitrairement correspond néanmoins à un dessin cohérent du chevelu des talwegs, à la fois précis et lisible. Les vallons secs de versant et les têtes des principales vallées drainées sont majoritairement d'ordres 3 et 4. Les fonds des principales vallées drainées sont d'ordre 5 (Ruisseau d'Uhlwiler, Jaegerbaechel, Hengstbaechel) et parfois d'ordre 6 (Sommerbaechel en aval d'Ohlungen et Landgraben à partir d'Ettendorf).

Les cheminements d'écoulements sur talwegs secs issus de la procédure automatique selon la topographie sont conservés. En revanche, les tracés automatiques des fonds en présence de fossés sont corrigés en fonction du tracé des fossés observés, des tracés des cours d'eau de la BD Carthage® (Référentiel Hydrographique National) et corrigés par les observations de terrain.

Ordination automatique « indice de flux » Type Strahler	Ordination Strahler usuelle	Remarque
1	-	Domaine du ruissellement diffus
2	-	
3	1	Domaine du ruissellement concentré de versant (vallons secs)
4	2	
5	3	Domaine du ruissellement concentré des principaux fonds des vallées drainées
6	4	

Figure 89 : Correspondance entre l'ordination Strahler usuelle et automatique

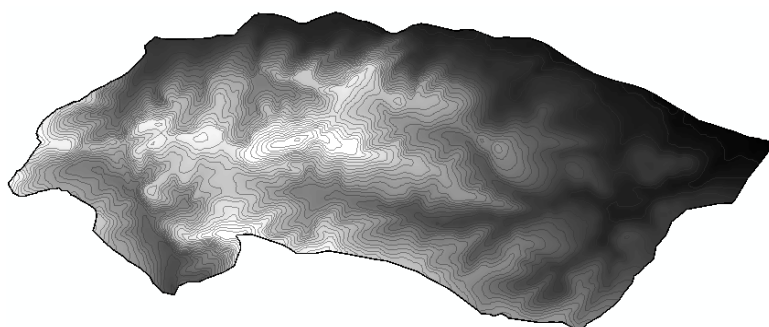


Figure 90: Modèle numérique de terrain du secteur d'étude permettant de définir les directions d'écoulements

## 2. Découpage en sous bassins versants

### Carte: N°194258-107 Fonctionnement hydraulique

#### Identification des exutoires

Le réseau hydrologique défini par la procédure décrite précédemment est croisé avec les données d'occupation du sol, les résultats des enquêtes et de l'expertise de terrain afin de déterminer des exutoires. Ceux-ci conditionneront les sous bassins versants du site d'étude qui feront l'objet de calculs hydrauliques et de modélisations.

Une correction est apportée dans le cas où deux exutoires sont trop proches sur le même axe de ruissellement. Seul un des deux exutoires est conservé afin de ne pas trop fractionner le site d'étude et dans le souci d'obtenir des unités hydrauliques cohérentes. Les exutoires représentent ainsi les endroits du territoire où les flux d'eau concentrée sont susceptibles de croiser un enjeu et générer des désordres hydrauliques. Ces désordres sont soit effectifs et ont été relevés lors des enquêtes et de l'expertise de terrain, soit simplement probables.

Les calculs hydrauliques et modélisations qui seront effectués sur les sous bassins versants créés à partir de ces exutoires permettront d'évaluer les débits de pointe et les volumes d'eau transitant par ces points en vue de mieux caractériser les événements produits et évaluer l'impact des aménagements qui seront proposés. Les caractéristiques des exutoires et leurs capacités sont jointes dans les fiches de description des unités hydrauliques.

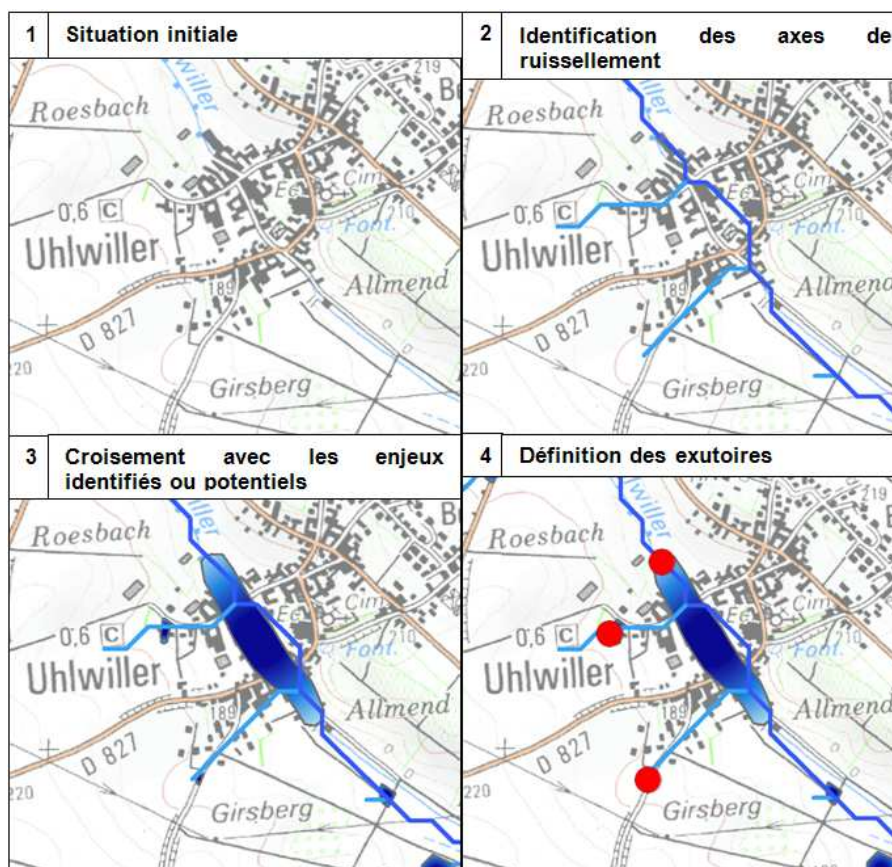


Figure 91 : Identification des exutoires en 4 étapes



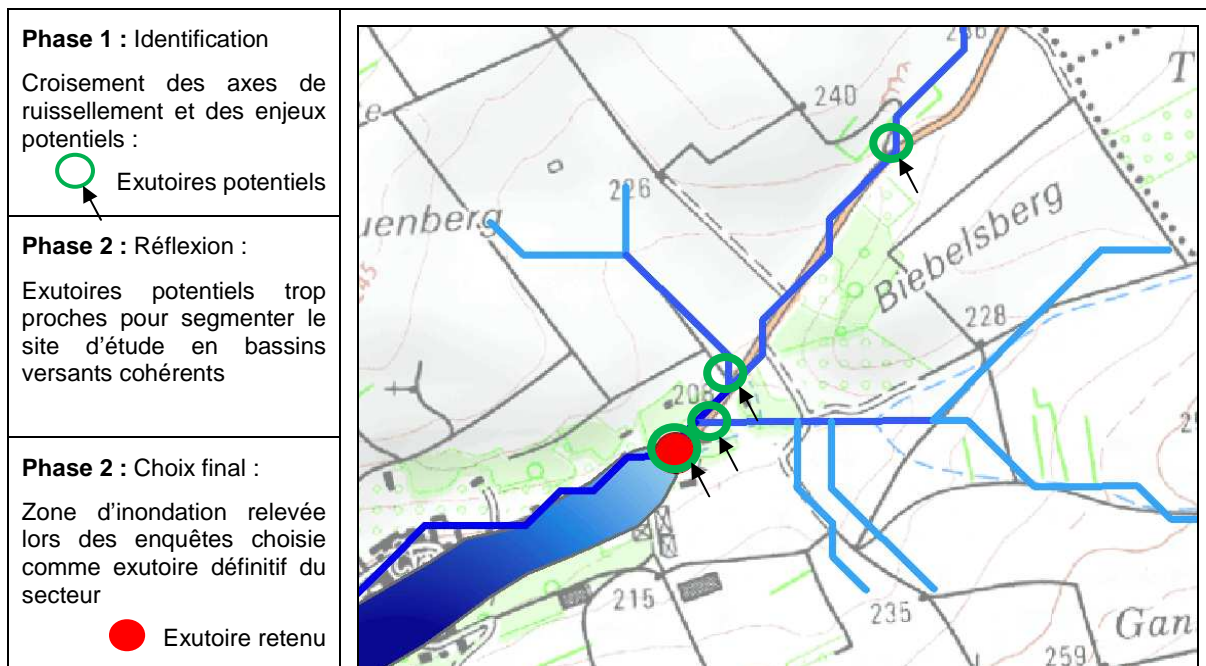


Figure 92 : Exemple de correction en cas d'exutoires identifiés trop proches

## Identification des sous bassins versants

Après identifications des exutoires, les bassins versants, ou espaces géographiques qui collectent les eaux qui s'y retrouvent, sont définis. Ils vont permettre de connaître les caractéristiques des territoires en amont des exutoires, les débits et les volumes d'eau qu'ils peuvent produire.

L'ensemble des exutoires forment le semi de points à partir duquel les aires contributives amont (bassin versant) sont cartographiées. Pour ce faire, le réseau de circulation du ruissellement basé sur le modèle numérique de terrain (BD Alti® au pas de 50 m de l'IGN) est retenu et sert de guide pour l'aire contributive en amont de chaque point.

La procédure de découpage est ensuite corrigée manuellement pour tenir compte des effets de barrière ou de déviation des flux ruisselant (exemple : Talus SNCF, fossé...)

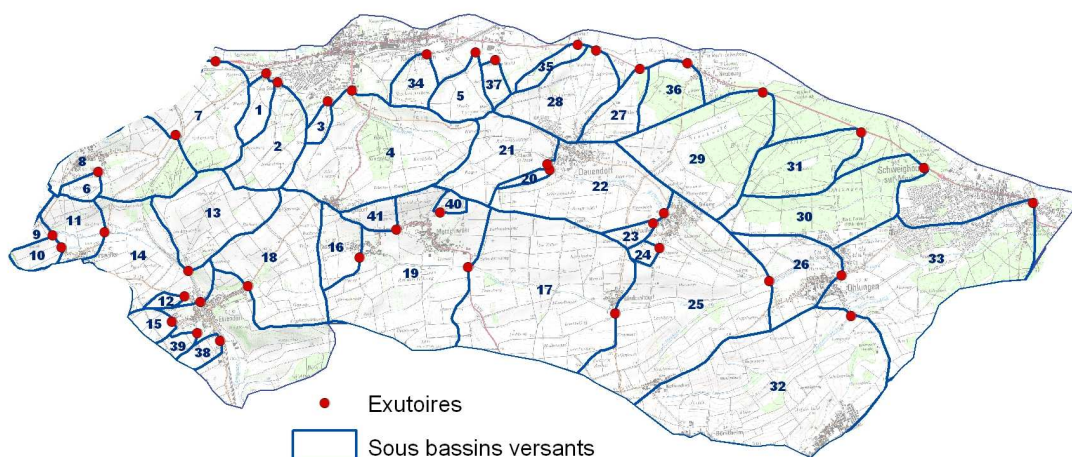


Figure 93: Découpage en sous bassins versants à partir des exutoires identifiés

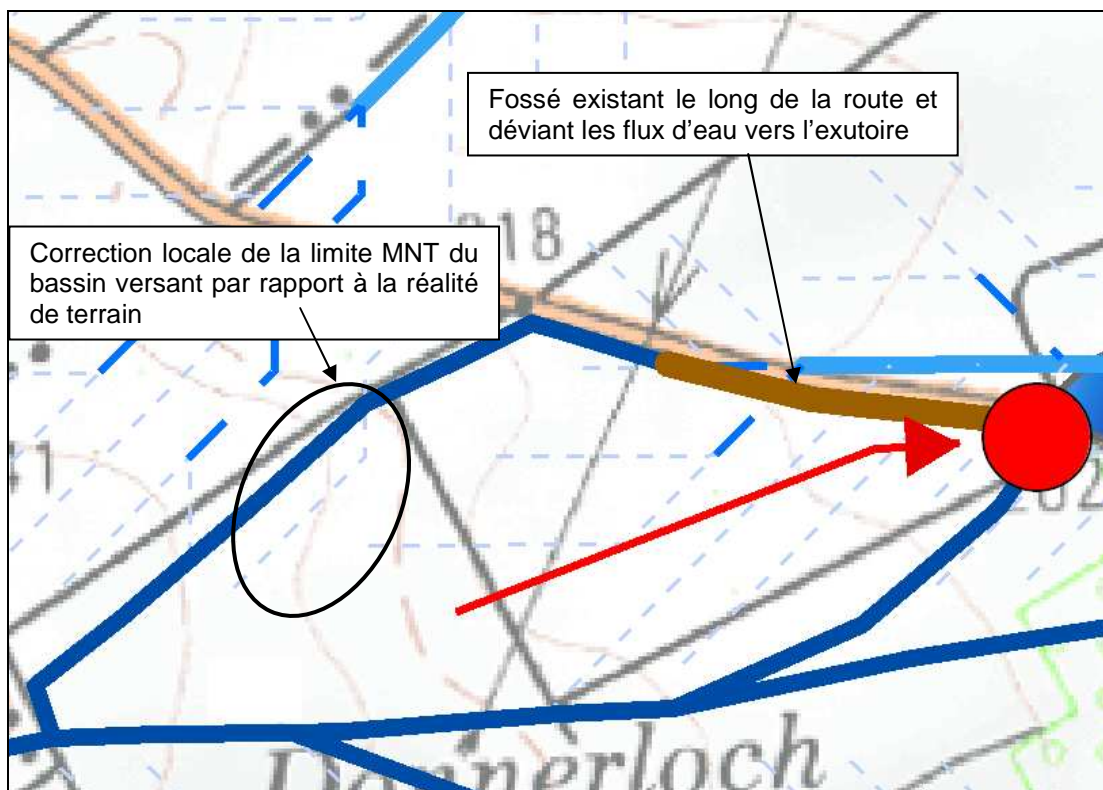


Figure 94: Exemple de correction manuelle du découpage des bassins versants à partir du Modèle numérique de terrain (Ettendorf « Nord-Ouest »).



Figure 95: Fossé le long de la route déviant les flux ruisselants et modifiant ainsi le découpage de l'unité hydraulique Ettendorf « Nord-Ouest »



N° SBV	Nom SBV	Altitude minimum (m)	Altitude maximum (m)	Surface (ha)	Pente moyenne (%)
1	Pfaffenhoffen "Longchamps"	176	237	29	6.92
2	Pfaffenhoffen "Am Spaehnenplatz"	180	267	94	8.30
3	Pfaffenhoffen "Réservoir"	220	243	13	3.75
4	Pfaffenhoffen "Hengstbeachel"	194	301	282	8.93
5	Niedermodern "Zone d'activité Sud-Est"	173	261	51	10.64
6	Schalkendorf "Mittelbaum"	236	271	16	6.53
7	Pfaffenhoffen "Rottmatt"	171	266	137	8.30
8	Schalkendorf "Wannenberg"	186	272	149	9.82
9	Buswiller "amont source"	233	275	11	7.71
10	Buswiller "Roeth"	226	275	24	7.91
11	Buswiller "Richter"	207	271	61	7.93
12	Ettendorf "Nord-Ouest"	206	242	8	6.73
13	Ettendorf "Hengstberg"	198	266	141	7.83
14	Ettendorf "Nord"	193	263	153	6.22
15	Ettendorf "Donnerloch"	212	246	21	5.54
16	Grassendorf "amont"	229	270	54	5.79
17	Niederaltorf "Landgraben"	180	273	417	6.32
18	Ettendorf "Est"	208	285	195	6.26
19	Morschwiller "Landgraben"	204	300	323	8.18
20	Dauendorf "Im Schulpf"	220	268	8	7.03
21	Dauendorf "amont"	218	293	116	5.19
22	Uhlwiller "amont"	189	274	202	5.64
23	Uhlwiller "Ebenheit"	198	230	15	4.47
24	Uhlwiller "Sud"	198	221	10	5.69
25	Ohlungen "Plattkopf"	169	238	409	6.07
26	Ohlungen "Jaegerbaechel"	162	201	109	3.39
27	Dauendorf "Froeschloch"	167	234	53	6.45
28	Dauendorf "Im Waedell"	162	261	121	8.70
29	Uhlwiller "Stockwald"	160	229	225	4.43
30	Schweighouse "Bois d'Ohlungen"	156	207	182	2.59
31	Schweighouse "Bois d'Uhlwiller"	157	193	107	2.61
32	Ohlungen "Sommerbaechel"	162	224	470	4.82
33	Schweighouse "Sommerbaechel"	149	183	358	2.57
34	Niedermodern "Stecken Aeckern"	165	244	37	12.68
35	Niedermodern "Rainmatt Sud"	163	254	20	9.21
36	Dauendorf "Bois de Herrenwald"	160	215	63	3.84
37	Niedermodern "Zone d'activité Sud"	170	262	18	15.24
38	Ettendorf "Schammen Sud"	190	220	17	5.01
39	Ettendorf "Schammen Nord"	201	227	13	4.22
40	Morschwiller "Pylone"	247	281	10	10.70
41	Morschwiller "Klamm"	246	297	25	5.79

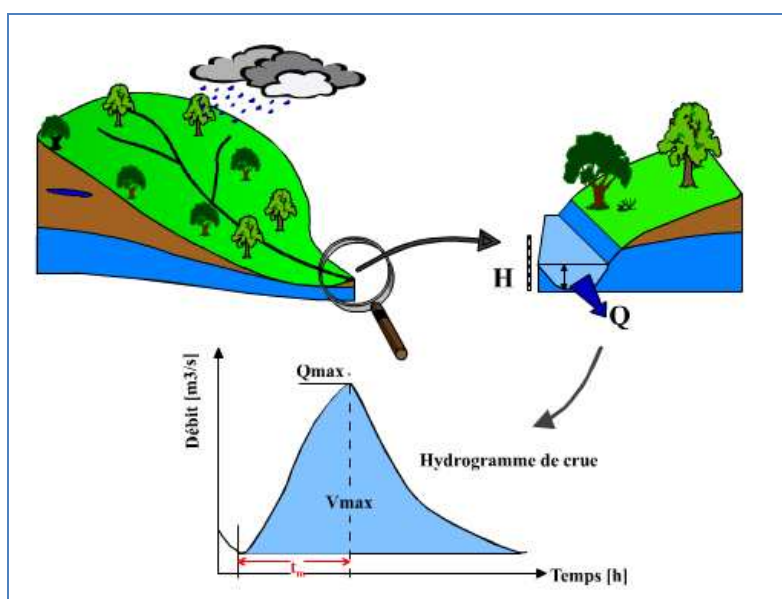
Figure 96: Liste et caractéristique des différents sous bassins versants

## 3. Estimation des débits

### 3.1 Méthode rationnelle

La méthode rationnelle permet d'estimer le débit de pointe d'une crue pour des unités hydrauliques rurales ou naturelles. Elle repose sur le principe de transformation d'une pluie de projet (décrite par son intensité), supposée uniforme et constante dans le temps, en un débit instantané maximal lorsque l'ensemble du bassin contribue à ce débit (au temps de concentration).

Cette transformation pluie débit repose sur un coefficient de ruissellement (proportion de pluie contribuant au ruissellement) tenant compte de l'occupation du sol (très variable selon la nature de l'occupation du sol de quasi imperméable à très filtrant), de la pente locale (les fortes pentes favorisant les ruissellements), le type de sol (suivant sa texture, un sol étant plus ou moins perméable) et la pluie de projet (plus l'intensité de la pluie est forte, plus la part contribuant au ruissellement est élevée).



**Figure 97 : Transformation pluie/ débit par la Méthode Rationnelle (Source : Ecole polytechnique de Lausanne, Section Génie Civil)**

Les calculs sont réalisés selon l'occupation du sol actuelle mais également selon 8 autres scénarios d'occupation du sol différents.

Scénario	Définition
1	cas réel
2	cas réel moins 30% de prairies
3	cas réel moins 100% de prairies
4	100% culture d'hiver (CH)
5	100% CH moins 30% de prairies
6	100% CH moins 100% de prairies
7	100% culture de printemps (CP)
8	100% CP moins 30% de prairies
9	100% CP moins 100% de prairies

**Figure 98: Liste des différents scénarios d'occupation du sol testés**



Les coefficients de ruissellement utilisés sont issus de l'analyse de la base de données SOL de l'ARAA, conforme au cahier des charges du programme IGCS. Les caractéristiques des natures et textures de sol ont permis de classer les sols en plus ou moins battants (annexe n° 1).

Les pentes sont issues du Modèle Numérique de Terrain du secteur (BD Alti® de l'IGN).

L'occupation du sol est issue de la base de données OCS, occupation du sol établie par le partenariat CIGAL (Coopération pour l'Information Géographique en Alsace).

Les résultats détaillés de production de débits et volumes pour chaque bassin versant sont reportés dans les fiches de calculs de l'annexe n°2. La modélisation de bassins versants complexes en interactions les uns avec les autres nécessite l'emploi d'un second modèle (Cf. Hydraflow Hydrographs, ci-dessous) utilisant les résultats issus de la méthode rationnelle mais permettant une analyse plus proche du fonctionnement hydraulique réel du secteur d'étude.

### a. Modélisation Hydraflow standard (hydrogrammes & emboitement)

Le modèle Hydraflow Hydrographs [Module d'AutoCAD® Civil 3D® 2010] (Cf. annexe n°3) permet de reproduire l'emboitement des unités hydrauliques, modélisant ainsi un fonctionnement hydraulique en cascade. Il reprend les coefficients de ruissellement et temps de concentration calculés précédemment par la méthode rationnelle. La prise en compte des fossés est intégrée au modèle, reproduisant leur influence sur le transit des hydrogrammes de crue. Les modifications de section des fossés (renaturation de cours d'eau) seront également modélisés afin d'évaluer l'impact de ces modifications sur les hydrogrammes de crue. Une modélisation intégrant l'impact d'un retournement de toutes les pâtures existante à également été réalisée afin de mettre en valeur les effets d'une modification radicale de l'occupation du sol et d'observer les zones les plus impactées par ces changements.

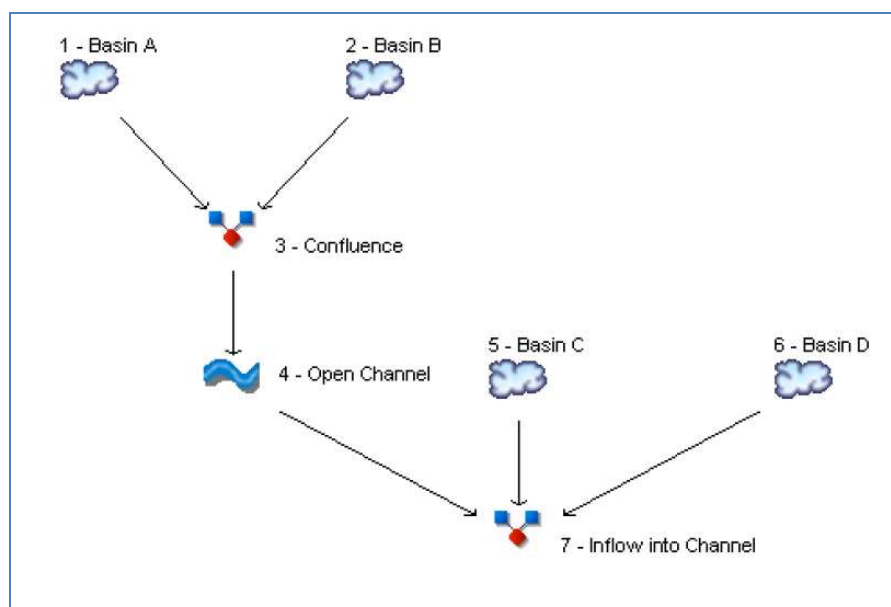


Figure 99: Mise en relation des différents sous-bassins versant et ouvrages d'un projet (Hydraflow Hydrographs AutoCAD® Civil 3D®)

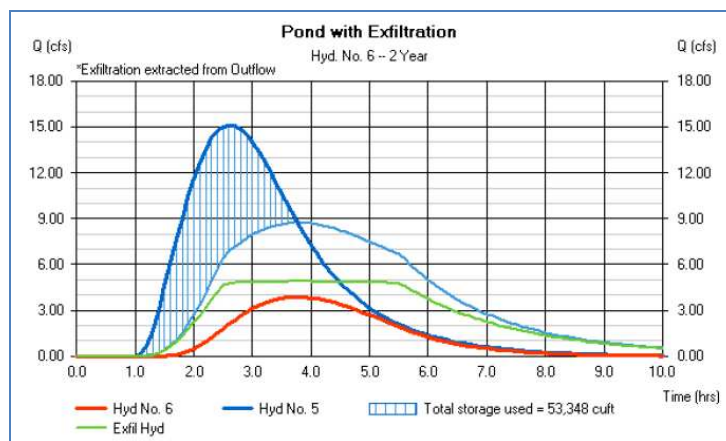


Figure 100 : Exemple de combinaison de plusieurs hydrogrammes (Hydraflow Hydrographs AutoCAD® Civil 3D®)

## b. Modélisation Hydraflow Express (exutoires)

Les capacités maximales de transit (débits maximums admissibles) au niveau des exutoires est modélisé grâce à au logiciel Hydraflow Express [Module d'AutoCAD® Civil 3D® 2010]. Les caractéristiques des exutoires ont été relevées sur le terrain et lors enquêtes auprès des élus (plans réseaux EP). Les caractéristiques portent principalement sur les éléments suivants :

- Type d'exutoire (buse, pont, route, etc.)
- Section / diamètre
- Nature des matériaux (béton, PVC, Maçonnerie)
- Pente longitudinale

Les résultats pour l'ensemble des exutoires définis est reporté dans le tableau ci-dessous et les calculs détaillés sont reportés en annexe n° 4:



Numéro SBV	Nom SBV	10 ans			50 ans			100 ans		
		Débit de pointe décennal Q10 (l/s)	Volume décennal V10 (m3)	Coefficient de ruissellement (CR10)	Débit de pointe cinquennal Q50 (l/s)	Volume cinquennal V50 (m3)	Coefficient de ruissellement (CR50)	Débit de pointe centennal Q100 (l/s)	Volume centennal V100 (m3)	Coefficient de ruissellement (CR100)
1	Pfaffenhoffen "Longchamps"	353	1 903	0.16	620	3 346	0.22	734	3 964	0.243
2	Pfaffenhoffen "Am Spaehnenplatz"	995	5 372	0.14	1 726	9 321	0.19	2 072	1 188	0.21
3	Pfaffenhoffen "Réservoir"	121	653	0.12	232	1 252	0.18	280	1 511	0.196
4	Pfaffenhoffen "Hengstbeachel"	3 181	17 178	0.15	5 423	29 281	0.2	6 477	34 978	0.218
5	Niedermodern "Zone d'activité Sud-Ouest"	533	2 876	0.14	973	5 254	0.2	1 162	6 276	0.221
6	Schalkendorf "Mittelbaum"	201	1 083	0.17	347	1 874	0.23	410	2 212	0.248
7	Pfaffenhoffen "Rottmatt"	3 333	20 303	0.16	5 266	31 612	0.2	6 320	37 734	0.221
8	Schalkendorf "Wannenberg"	2 066	11 380	0.17	2 867	15 481	0.2	3 766	20 710	0.217
9	Buswiller "amont source"	194	1 046	0.23	312	1 686	0.29	363	1 957	0.308
10	Buswiller "Roeth"	329	1 776	0.18	561	3 027	0.24	660	3 562	0.26
11	Buswiller "Richter"	1 071	6 541	0.15	1 839	11 050	0.2	2 128	12 744	0.211
12	Ettendorf "Nord-Ouest"	128	690	0.21	210	1 135	0.27	245	1 324	0.286
13	Ettendorf "Hengstberg"	1 798	9 707	0.17	2 974	16 059	0.22	3 523	19 025	0.241
14	Ettendorf "Nord"	4 369	26 935	0.16	7 403	45 010	0.21	8 774	53 030	0.231
15	Ettendorf "Donnerloch"	238	1 285	0.16	446	241	0.22	529	2 855	0.238
16	Grassendorf "amont"	568	3 064	0.14	985	5 316	0.19	1 126	6 077	0.204
17	Niederaltorf "Landgraben"	9 265	56 646	0.17	16 030	96 278	0.23	19 050	113 758	0.249
18	Ettendorf "Est"	2 200	11 879	0.15	3 937	21 260	0.21	4 683	25 286	0.228
19	Morschwiller "Landgraben"	4 918	27 775	0.17	8 249	46 361	0.22	9 779	54 842	0.24
20	Dauendorf "Im Schulpf"	116	625	0.19	195	1 051	0.25	228	1 233	0.267
21	Dauendorf "amont"	1 397	7 544	0.16	2 456	13 260	0.22	2 909	15 709	0.238
22	Uhlwiller "amont"	4 292	23 723	0.19	7 153	39 428	0.24	8 441	46 490	0.257
23	Uhlwiller "Ebenheit"	185	1 001	0.17	307	1 656	0.22	363	1 962	0.24
24	Uhlwiller "Sud"	146	787	0.19	245	1 323	0.25	288	1 552	0.267
25	Ohlungen "Plattkopf"	18 270	110 487	0.17	31 170	185 542	0.22	37 010	219 268	0.234
26	Ohlungen "Jaegerbaechel"	19 280	119 066	0.19	32 830	198 804	0.23	38 910	234 295	0.237
27	Dauendorf "Froeschloch"	635	3 430	0.16	1 066	5 756	0.21	1 268	6 846	0.226
28	Dauendorf "Im Waeldell"	1 548	8 360	0.17	2 678	14 460	0.23	3 161	17 069	0.245
29	Uhlwiller "Stockwald"	1 357	7 326	0.08	2 385	12 878	0.11	2 825	15 256	0.12
30	Schweighouse "Bois d'Ohlungen"	685	3 699	0.05	876	4 729	0.05	1 141	6 163	0.058
31	Schweighouse "Bois d'Uhlwiller"	161	869	0.02	206	1 111	0.02	223	1 206	0.02
32	Ohlungen "Sommerbaechel"	5 300	28 619	0.15	9 034	48 781	0.2	10 790	58 272	0.214
33	Sweighouse "Sommerbaechel"	25 360	171 375	0.16	43 400	283 514	0.19	51 580	333 626	0.193
34	Niedermodern "Stecken Aeckern"	112	604	0.04	286	1 545	0.08	388	2 097	0.096
35	Niedermodern "Rainmatt Sud"	184	994	0.12	333	1 800	0.17	405	2 185	0.188
36	Dauendorf "Bois de Herrenwald"	425	2 295	0.09	664	3 586	0.11	721	3 894	0.108
37	Niedermodern "Zone d'activité Sud"	67	363	0.05	155	836	0.09	206	1 110	0.107
38	Ettendorf "Schammen Sud"	196	1 060	0.15	368	1 987	0.2	400	2 158	0.219
39	Ettendorf "Schammen Nord"	144	779	0.15	246	1 329	0.2	294	1 587	0.219
40	Morschwiller "Pylone"	79	426	0.1	151	817	0.15	186	1 006	0.166
41	Morschwiller "Klamm"	359	1 936	0.19	603	3 257	0.25	734	3 962	0.274

Figure 101: Tableau récapitulatif des débits de pointe et volumes produits par les bassins versants

Numéro SBV	Nom SBV	Type d'exutoire	Section / diamètre	MATERIAUX	RUGOSITE (manning's n)	Pente longitudinale de la section aval	Débit maximum admissible (l/s)
1	Pfaffenhoffen "Longchamps"	Buse	Phi 400	Béton	0.013	1.5	255
2	Pfaffenhoffen "Am Spaehnenplatz"	Buse	Phi 1000	Béton	0.013	1.3	2 733
3	Pfaffenhoffen "Réservoir"	Buse	Phi 300	Béton	0.013	8.0	273
4	Pfaffenhoffen "Hengstbeachel" <i>bouchon hydraulique aval</i>	Pont	2m x 2m	Béton	0.013	1.5	29 000
		Buse	Phi 250	Béton	0.013	1.2	65
5	Niedermodern "Zone d'activité Sud-Ouest"	Buse	Phi 600 (x2)	Béton	0.013	1.0	3 890
6	Schalkendorf "Mittelbaum"	Buse	Phi 400	PVC	0.010	2.0	382
7	Pfaffenhoffen "Rottmatt"	Buse	Phi 2000	Béton	0.013	1.0	15 222
8	Schalkendorf "Wannenbergr"	Buse	Phi 1000	Béton	0.013	1.4	2 796
9	Buswiller "amont source"	Buse	Phi 500	Béton	0.013	1.5	462
10	Buswiller "Roeth"	-	-	-	0.000	0.0	n/a*
11	Buswiller "Richter"	Buse	Phi 600	Béton	0.013	0.9	582
12	Ettendorf "Nord-Ouest"	Buse	Phi 300	PVC	0.010	1.4	149
13	Ettendorf "Hengstberg"	Buse	Phi 700	Béton	0.013	0.5	845
14	Ettendorf "Nord"	Dallot	1.5m x 1.5m	Béton	0.013	0.5	7 711
15	Ettendorf "Donnerloch"	-	-	-	0.000	0.0	n/a*
16	Grassendorf "amont"	Buse	Phi 500	Béton	0.013	1.8	506
17	Niederaltldorf "Landgraben"	Pont	2m x 1.5m	Brique	0.016	1.1	13 994
18	Ettendorf "Est"	Buse	Phi 1000	Béton	0.013	1.2	2 626
19	Morschwiller "Landgraben"	Buse	Phi 1200	Béton	0.013	0.8	3 487
20	Dauendorf "Im Schulpf"	n/a			0.000	0.0	n/a*
21	Dauendorf "amont"	Buse	Phi 1300	Béton	0.013	0.9	4 579
22	Uhlwiller "amont"	Buse	1.7m x 1.2m	Béton	0.013	0.7	6 699
23	Uhlwiller "Ebenheit"	-	-	-	0.000	0.0	n/a*
24	Uhlwiller "Sud"	Buse	Phi 300	Béton	0.013	2.6	156
25	Ohlungen "Plattkopf"	Buse	Phi 1200	Béton	0.013	0.9	10 907
26	Ohlungen "Jaegerbaechel"	Pont	2.30 m x 2.30 m	Béton	0.013	0.9	32 000
27	Dauendorf "Froeschloch"	Buse	Phi 600	Béton	0.013	1.5	751
28	Dauendorf "Im Waeldell"	Buse	Phi 800	Béton	0.013	1.5	1 619
29	Uhlwiller "Stockwald"	Buse	Phi 1000	Béton	0.013	1.4	2 836
30	Schweighouse "Bois d'Ohlungen"	Buse	Phi 1500	Béton	0.013	1.4	8 365
31	Schweighouse "Bois d'Uhlwiller"	Buse	Phi 1000	Béton	0.013	1.1	2 514
32	Ohlungen "Sommerbaechel"	Buse	Phi 900 (x2)	Béton	0.013	0.7	9 619
33	Schweighouse " Sommerbaechel"	Pont	2m x 3m	Béton	0.013	0.7	36 000
34	Niedermodern "Stecken Aeckern"	aqueduc	1.5m x 1.5m	Brique	0.016	0.9	8 406
35	Niedermodern "Rainmatt Sud"	Buse	Phi 800	Béton	0.013	1.5	1 619
36	Dauendorf "Bois de Herrenwald"	Buse	Phi 800	Béton	0.013	1.5	1 619
37	Niedermodern "Zone d'activité Sud"	Buse	Phi 600 (x2)	Béton	0.013	1.0	3 898
38	Ettendorf "Schammen Sud"	-	-	-	0.000	0.0	n/a*
39	Ettendorf "Schammen Nord"	-	-	-	0.000	0.0	n/a*
40	Morschwiller "Pylone"	Buse	Phi 150	PVC	0.010	1.0	20
41	Morschwiller "Klamm"	Buse	Phi 500	Béton	0.013	1.5	601

Figure 102: Tableau synthétique des débits maximum admissible au niveau des exutoires



## c. Synthèse

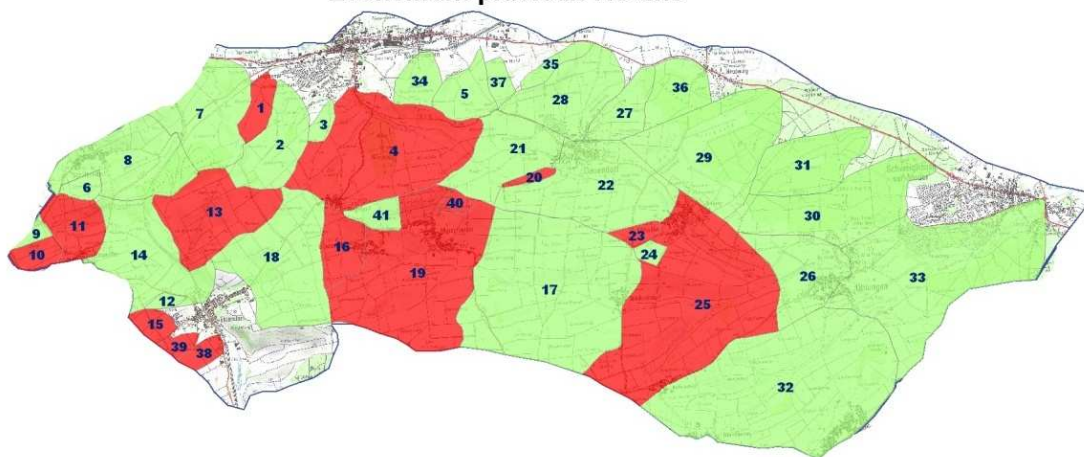
Les débits de pointe ont été calculés à chaque exutoire de bassin versant pour un événement orageux décennal, cinquantennal et centennal. Les capacités maximales de transit (débits maximums admissibles) aux niveaux des exutoires ont également été calculées. Il est maintenant intéressant de comparer les débits de pointes produits et les capacités maximales des exutoires. Cette analyse nous permet de définir à partir de quel événement tel ou tel exutoire sature et peut provoquer un désordre hydraulique. Le tableau ci-dessous résume cette analyse (couleur rouge = saturation de l'exutoire ; couleur verte = exutoire non saturé).

Numéro SBV	Nom SBV	10 ans	50 ans	100 ans	EXUTOIRE
		Débit de pointe décennal Q10 (l/s)	Débit de pointe cinquantennal Q50 (l/s)	Débit de pointe centennal Q100 (l/s)	Capacité maximale de l'exutoire (l/s)
1	Pfaffenhoffen "Longchamps"	353	620	734	255
2	Pfaffenhoffen "Am Spæhnenplatz"	995	1 726	2 072	2 733
3	Pfaffenhoffen "Réservoir"	121	232	280	273
4	Pfaffenhoffen "Hengstbeachel"	3 181	5 423	6 477	65
5	Niedermodern "Zone d'activité Sud-Ouest"	533	973	1 162	3 890
6	Schalkendorf "Mittelbaum"	201	347	410	382
7	Pfaffenhoffen "Rottmatt"	3 333	5 266	6 320	15 222
8	Schalkendorf "Wannenbergr"	2 066	2 867	3 766	2 796
9	Buswiller "amont source"	194	312	363	462
10	Buswiller "Roeth"	329	561	660	n/a*
11	Buswiller "Richter"	1 071	1 839	2 128	582
12	Ettendorf "Nord-Ouest"	128	210	245	149
13	Ettendorf "Hengstberg"	1 798	2 974	3 523	845
14	Ettendorf "Nord"	4 369	7 403	8 774	7 711
15	Ettendorf "Donnerloch"	238	446	529	n/a*
16	Grassendorf "amont"	568	985	1 126	506
17	Niederaltorf "Landgraben"	9 265	16 030	19 050	13 994
18	Ettendorf "Est"	2 200	3 937	4 683	2 626
19	Morschwiller "Landgraben"	4 918	8 249	9 779	3 487
20	Dauendorf "Im Schulpf"	116	195	228	n/a*
21	Dauendorf "amont"	1 397	2 456	2 909	4 579
22	Uhlwiller "amont"	4 292	7 153	8 441	6 699
23	Uhlwiller "Ebenheit"	185	307	363	n/a*
24	Uhlwiller "Sud"	146	245	288	156
25	Ohlungen "Plattkopf"	18 270	31 170	37 010	10 907
26	Ohlungen "Jaegerbaechel"	19 280	32 830	38 910	32 000
27	Dauendorf "Froeschloch"	635	1 066	1 268	751
28	Dauendorf "Im Waeldell"	1 548	2 678	3 161	1 619
29	Uhlwiller "Stockwald"	1 357	2 385	2 825	2 836
30	Schweighouse "Bois d'Ohlungen"	685	876	1 141	8 365
31	Schweighouse "Bois d'Uhlwiller"	161	206	223	2 514
32	Ohlungen "Sommerbaechel"	5 300	9 034	10 790	9 619
33	Sweighouse "Sommerbaechel"	25 360	43 400	51 580	36 000
34	Niedermodern "Stecken Aeckern"	112	286	388	8 406
35	Niedermodern "Rainmatt Sud"	184	333	405	1 619
36	Dauendorf "Bois de Herrenwald"	425	664	721	1 619
37	Niedermodern "Zone d'activité Sud"	67	155	206	3 898
38	Ettendorf "Schammen Sud"	196	368	400	n/a*
39	Ettendorf "Schammen Nord"	144	246	294	n/a*
40	Morschwiller "Pylone"	79	151	186	20
41	Morschwiller "Klamm"	359	603	734	601

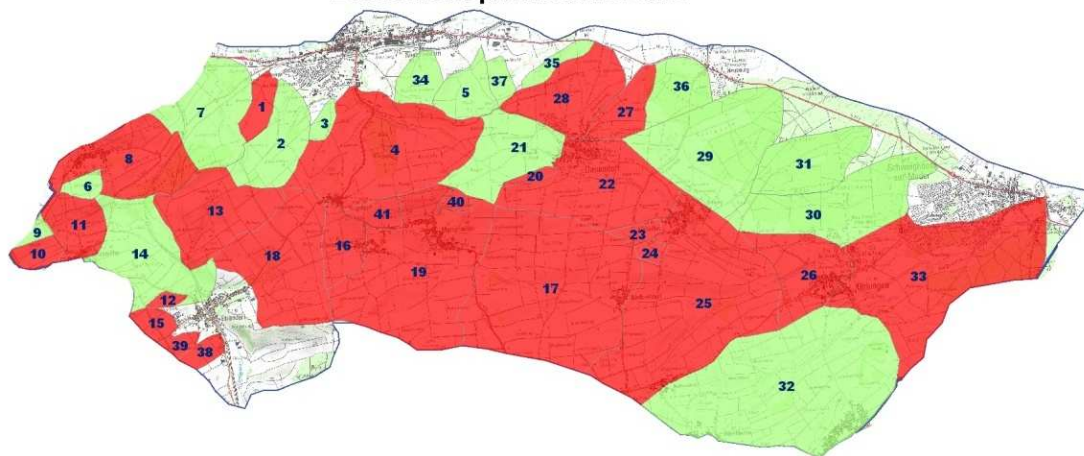
\* absence de collecteur, ruissellement impactant directement la zone vulnérable en aval

**Figure 103: tableau comparatif des débits de pointes calculés pour un événement centennal et des capacités maximales des exutoires**

### Evènement pluvieux :10 ans



### Evènement pluvieux :50 ans



### Evènement pluvieux :100 ans

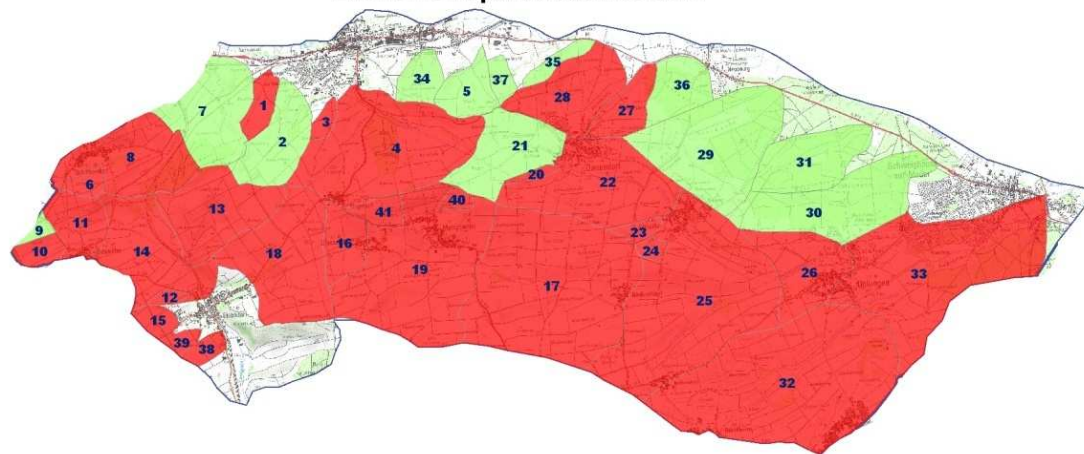


Figure 104: Saturation des exutoires pour différents évènements pluvieux

## 4. Risque coulée d'eau boueuse

### 4.1 Définition du risque de coulée d'eau boueuse

Le diagnostic réalisé par enquêtes, visites de terrain et recueil de données, conduisant à l'état des lieux présenté ci-avant, ne peut en aucun cas être parfaitement exhaustif. En effet, ce diagnostic repose sur des faits réels récents, étroitement dépendant des événements pluvieux historiques et des conditions d'états lors des averses.

Seule la modélisation permet de disposer d'une vision parfaitement exhaustive des risques de coulée boueuse sur le territoire, sous la forme d'une carte de risque, validée au regard de l'état des lieux, reposant sur les observations, données et enquêtes.

La cartographie du **risque de coulée d'eau boueuse** est obtenue par **croisement** de la **vulnérabilité du territoire** et de **l'aléa du phénomène** « coulée d'eau boueuse ». Il y a **risque** uniquement dans le cas où le phénomène naturel est susceptible de créer des nuisances, de part la vulnérabilité des usages qui sont faits du territoire (Cf. figure ci-dessous).



Figure 105 : Illustration du « risque » (source : <http://www.prim.net>)



## 4.2 Méthode d'élaboration du risque de coulée d'eau boueuse

Il s'agit de réaliser une série de modèles permettant de distribuer sur le territoire l'aléa, par type de phénomène. Trois grands types sont évalués : l'aléa ruissellement, l'aléa érosion sur les versants et l'aléa érosion en ravine (en fond de vallons secs). A l'issue de cette étape, l'aléa dominant sera cartographié pour chaque portion du territoire, constituant la trame pour le schéma d'aménagement dans le cadre de la lutte contre le ruissellement et l'érosion des sols.

Cette dernière étape a pour but d'établir les priorités sur les prescriptions en matière de gestion et d'aménagement par la cartographie des risques liés au ruissellement et à l'érosion des sols. Cette carte de risques résulte d'un croisement de l'aléa avec la vulnérabilité.

L'aléa « coulée d'eau boueuse » résulte de la combinaison de deux phénomènes distincts. D'une part l'érosion, traduite par l'érosion linéaire et l'érosion diffuse, et d'autre part le ruissellement, traduit par les débits de pointes calculés aux exutoires des bassins versants. La terre issue de l'érosion linéaire contribue à la charge en sédiment des eaux de ruissellement, à l'origine du caractère boueux de ces écoulements. Or, une coulée boueuse est nettement plus dommageable qu'une simple inondation par eaux claires.

En effet, les sédiments présents sont susceptibles de colmater par envasement les ouvrages de collecte des eaux pluviales, les rendant ainsi inopérants. Par ailleurs, les opérations de remise en état sont beaucoup plus lourdes en cas de dépôts de boue, pouvant également représenter un danger pour les usagers de la route (sol glissant). L'aléa « coulée d'eau boueuse » constitue ainsi une synthèse des deux phénomènes, à savoir l'importance des ruissellements et leur charge en sédiments.

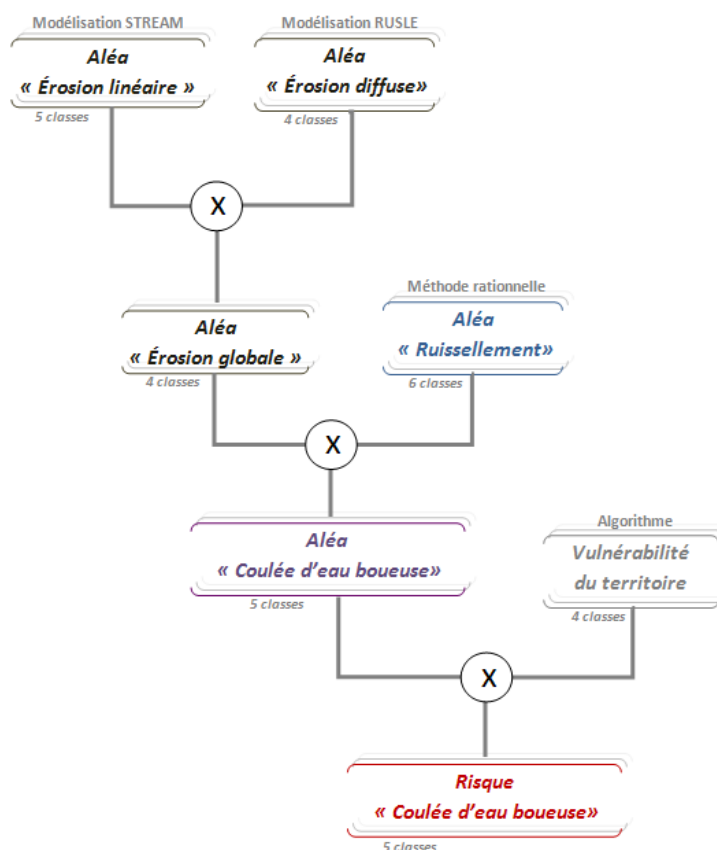


Figure 106: Algorithme de construction du risque "coulée d'eau boueuse"

## 4.2.1 Définition de l'aléa coulée d'eau boueuse et choix des modèles

Les modèles existants sont pour la plupart des modèles de recherche, difficiles, voire impossibles, à utiliser à l'échelle du secteur d'étude. Les données nécessaires sont souvent impossibles à acquérir hors sites expérimentaux.

Les modèles retenus pour cartographier l'aléa ruissellement et érosion des sols ont été choisis en fonction des phénomènes à modéliser et de l'objectif attendu :

- **RUSLE** : estimation des pertes en terre de l'érosion en rigole / inter rigole (**érosion diffuse**) sur les versants, pour cartographier les zones où domine l'érosion des sols devant faire l'objet d'actions de préservation du capital sol ;
- **STREAM** : évaluation des ruissellements cumulés dans le réseau des vallées et vallons secs, hors cours d'eau, et estimation des pertes en terre par l'érosion en ravines (**érosion concentrée**), permettant d'identifier les fonds de vallons et vallées sèches devant prioritairement faire l'objet d'actions de protection des sols (enherbement, compactage, ...), sans prise en compte des éléments linéaires intra parcellaires.

Les résultats des modèles d'érosion ont fait l'objet d'une analyse comparative avec la réalité de terrain. Les formes d'érosion diffuses (RUSLE) ou concentrées (STREAM) observées (photographies aériennes, observations de terrains) et leur confrontation avec les modélisations présentées en annexe n°7.

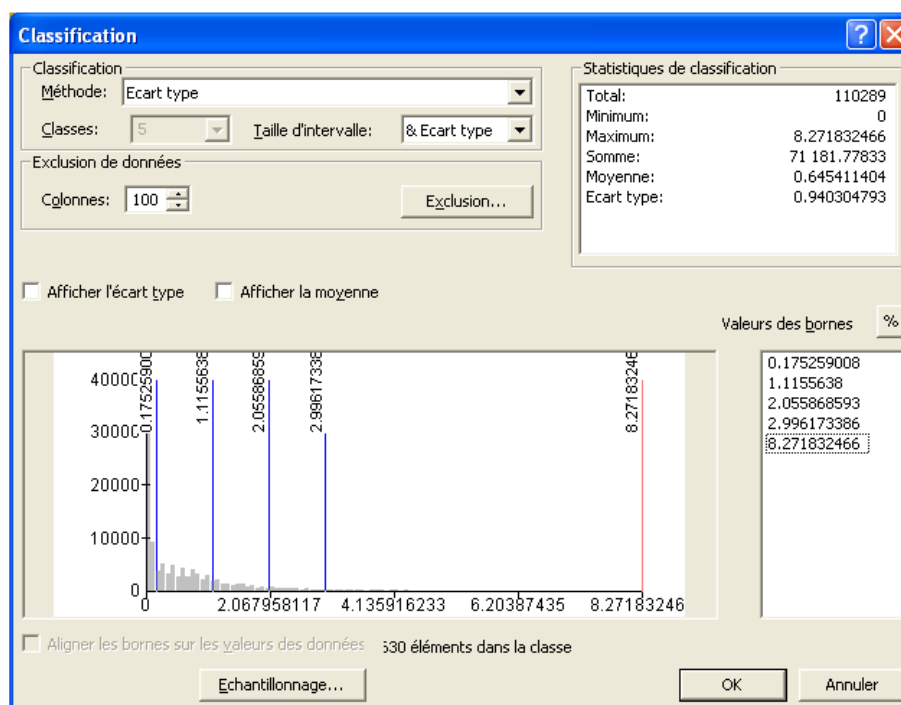
## 4.2.2 Modélisation des pertes en terre (RUSLE)

### Carte: Modélisation de l'érosion (Annexe n°5)

[Fonctionnement détaillé et paramètres retenus du modèle RUSLE joint en annexe n°5]

Les pertes en terre suivant le modèle RUSLE ont été estimées à une échelle très fine (taille maximale du pixel unitaire de 625 m<sup>2</sup> [25m x 25m]) sur l'ensemble du secteur d'étude. Les valeurs des pertes en terre obtenues n'étant pas calées, elles ont qu'une valeur semi quantitative, relative et non absolue. Par exemple, le facteur C retenue pour les terres arables est de 0,30, or un labour à un facteur C de 1, soit plus de 3 fois plus élevé, donnant ainsi une perte en terre également 3 fois plus élevée. Néanmoins, les pertes en terre à l'échelle du pixel sont comprises entre 0 et 8,27 T/ha/an, avec un total de l'ordre de 77 200 Tonnes annuelles de pertes en terre pour l'ensemble du secteur d'étude. Ces terres érodées sont généralement déplacées sur de courtes distances vers les bas de versants, où elles peuvent être remobilisées par un ruissellement concentré, qui lui aboutit aux émissaires avals (fossés, cours d'eau), contribuant alors à l'envasement des cours d'eau et des réseaux EP des villes et villages avals.

Une classification suivant l'écart type permet de redistribuer les valeurs suivant cinq classes de pertes en terre. Une classe supplémentaire a été rajoutée afin d'introduire le dépassement du seuil de 6 t/ha/an dans la classification officielle RUSLE, selon laquelle au-delà de cette valeur : « Sans mesures conservatives aux niveaux des parcelles, la pérennité de la productivité du sol ne peut être garanti ».



**Figure 107: Détermination des limites de classes de l'érosion diffuse**

La majorité du secteur d'étude est concernée par un aléa érosion diffuse très faible à faible (84% du territoire, soit environ 4800 ha) Les secteurs à érosion moyenne concerne 11% du territoire, soit environ 600 ha. Les secteurs à érosion les plus forte ne concerne qu'environ 5% du territoire, dont seulement 3 Ha à érosion « maximum ».

Les secteurs présentant un aléa érosion diffuse forte à maximum (rigoles et rigoles inter rigoles) sont principalement les versants à fortes pentes cultivés des collines de la partie Ouest du secteur d'étude. La partie Est du secteur d'étude est plutôt concernée par un aléa érosion diffuse moyenne à forte, très localement très forte.

Il est ainsi possible d'utiliser cette cartographie pour identifier de manière précise les parcelles devant prioritairement faire l'objet de mesures agronomiques de protection des sols vis-à-vis de l'érosion diffuse ou en rigoles inter rigoles, mais non contre le ruissellement et l'érosion concentrée de fond de vallon sec.

**Tableau 1 : Classification RUSLE, modélisation avec occupation du sol actuelle**

Classe de pertes en terre (classification RUSLE)	Classification relative au secteur	Couleur utilisée	A (T/ha/an)	Surface couverte	
Classe 1 : très faible	très faible		< = 0.17	2860 ha	50 % du bassin
Classe 1 : très faible	faible		> 0,17	1967 ha	34 % du bassin
Classe 1 : très faible	moyenne		> 1.11	633 ha	11 % du bassin
Classe 1 : très faible	forte		> 2.05	203 ha	3.5 % du bassin
Classe 1 : très faible	Très forte		> 2.99	91 ha	1.6 % du bassin
Classe 2 : faible	maximum		> 6	3 ha	0.05 % du bassin

Globalement, les terres agricoles du secteur d'étude ne présentent pas une érosion diffuse importante susceptible de dégrader irrémédiablement le capital « sol » (hormis les secteurs à érosion diffuse maximale). En revanche, localement cette érosion peut nuire soit



directement au capital sol, soit plus généralement contribuer aux nuisances en aval sous la forme d'un apport en sédiments aux coulées boueuses. La carte des pertes en terre d'après le RUSLE permet ainsi d'identifier les secteurs à aménager prioritairement, et constitue un outil d'aide à la conception du schéma d'aménagement du secteur d'étude.

Une seconde carte d'érosion diffuse de versant est produite en remplaçant les prairies par des cultures. Cette carte permet ainsi d'identifier clairement les prairies devant être maintenues afin de ne pas aggraver la situation actuelle.

**Tableau 2 : Classification RUSLE, modélisation avec pâtures retournées**

Classe de pertes en terre (classification RUSLE)	Classification relative au secteur	Couleur utilisée	A (T/ha/an)	Surface couverte (ha)		Evolution relative (%)
Classe 1 : très faible	très faible		< = 0.17	2236 ha	39 % du bassin	-22%
Classe 1 : très faible	faible		> 0,17	2299 ha	40 % du bassin	+16%
Classe 1 : très faible	moyenne		> 1.11	757 ha	13 % du bassin	+19%
Classe 1 : très faible	forte		> 2.05	266 ha	4.6 % du bassin	+31%
Classe 1 : très faible	Très forte		> 2.99	182 ha	3.2 % du bassin	+100%
Classe 2 : faible	maximum		> 6	18ha	0.3 % du bassin	+600%

#### 4.2.3 Modélisation de l'érosion linéaire (STREAM)

[Fonctionnement détaillé et paramètres retenus du modèle STREAM joint en annexe n° 6]

La cartographie de l'aléa érosion linéaire est corrigée en retirant les pixels sur le tracé des cours d'eau pérenne (tracés BD Carthage). En effet, le ruissellement change alors radicalement de modalité d'écoulement (écoulement permanent, lit mineur toujours présent dans le paysage) et d'érosion (érosion de lit et de berges de cours d'eau). Par ailleurs, le modèle STREAM utilisé pour l'estimation des volumes cumulés de ruissellement et d'érosion linéaire est uniquement utilisable sur des axes d'écoulement sans cours d'eau pérenne.

Les valeurs d'érosion linéaire cumulée sont classées selon la méthode des seuils naturels, contrôlées par les augmentations brutales de volume d'eau aux confluences de vallons secs. La méthode des seuils naturels avec 6 classes permet de fixer les valeurs seuils (Cf. figure ci-dessous). Les secteurs à fortes érosion linéaire sont conformes aux observations de terrain à savoir les grands vallons secs entre Ettendorf et Pfaffenhoffen, présentant les valeurs les plus fortes, et les vallons secs de versants entre Morschwiller, Dauendorf et Ohlungen.

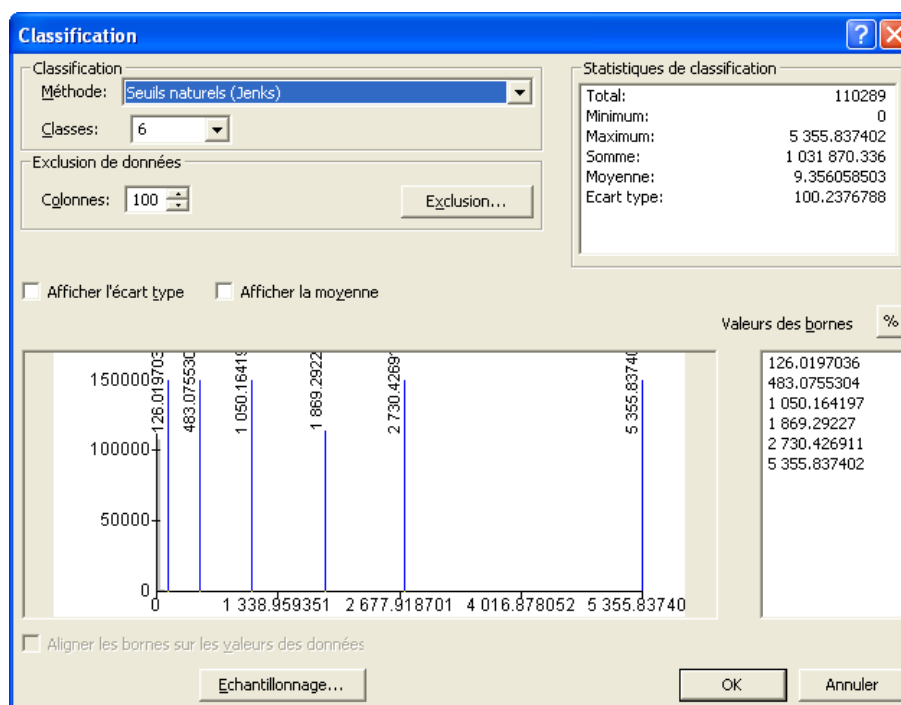


Figure 108: Détermination des limites de classes de l'érosion linéaire cumulée.

Classification relative au secteur	Couleur utilisée	Erosion linéaire (T)	Les valeurs d'érosion linéaire produites par STREAM sont cumulatives d'amont vers l'aval. Elles ne peuvent donc pas être additives. Ces valeurs indiquent le tonnage de terres érodées en amont, débouchant sur le pixel renseigné
très faible		<= 126	
faible		> 126	
moyenne		> 483	
forte		> 1050	
très forte		> 1869	
maximum		> 2730	

Figure 109: Classification STREAM

#### 4.2.4 Carte de l'aléa « coulée d'eau boueuse »

Pour définir l'aléa « coulée d'eau boueuse » par bassin versant, un algorithme simple décrit la combinaison des trois facteurs en croisant l'aléa érosion diffuse (RUSLE), l'aléa érosion linéaire (STREAM) et l'aléa ruissellement (Q100).

Concernant l'érosion diffuse, la valeur moyenne par bassin versant est retenue. Une classification selon la méthode des seuils naturels en quatre classes permet ensuite de discrétiser les bassins versants entre eux.

Concernant l'érosion linéaire, la valeur maximum rencontrée est retenue. Une classification selon la méthode des seuils naturels en cinq classes permet ensuite de discrétiser les bassins versants entre eux.

Concernant le ruissellement, le débit de pointe à l'exutoire de chaque bassin versant, et calculés pour un évènement centennal, est retenu. Une classification manuelle selon les débits permet ensuite de discrétiser les bassins versants entre eux.

Un **croisement préalable** de l'aléa **érosion diffuse** et l'aléa **érosion linéaire** permet d'obtenir l'aléa **érosion globale** par bassin versant. Ce croisement s'effectue par multiplication des classes « érosion diffuse » et « érosion linéaire » entre elles, suivie d'un classement automatique en quatre classes selon la méthode des seuils naturels.

Le croisement final permettant d'obtenir les classes d'aléa « **coulée d'eau boueuse** » s'effectue en multipliant les classes « érosion globale » et « ruissellement » entre elles, suivie d'un classement automatique en cinq classes selon la méthode des seuils naturels.

Classe de aléa érosion diffuse		Valeur en tonne/ha (moyenne par Bassin versant)	
		Minimum	Maximum
Faible	1	0	0.099
Moyen	2	0.1	0.49
Fort	3	0.5	0.99
Très fort	4	1	maximum

**Figure 110: Classes d'aléa érosion diffuse par bassin versant**

Classe de aléa érosion linéaire		Valeur en tonne (valeur maximum par bassin versant)	
		Minimum	Maximum
Très faible	1	0	126
Faible	2	127	483
Moyen	3	484	1050
Fort	4	1 051	1 869
Très fort	5	1 870	2730
Maximum	6	2731	maximum

**Figure 111: Classes d'aléa érosion linéaire par bassin versant**

Classe de aléa ruissellement		Valeur en m <sup>3</sup> /s (valeur Q100 calculée à l'exutoire )	
		Minimum	Maximum
-	1	minimum	499
-	2	500	999
-	3	1 000	1 999
-	4	2 000	3 999
-	5	4 000	8 000
-	6	8 000	maximum

**Figure 112: Classes d'aléa ruissellement par bassin versant**



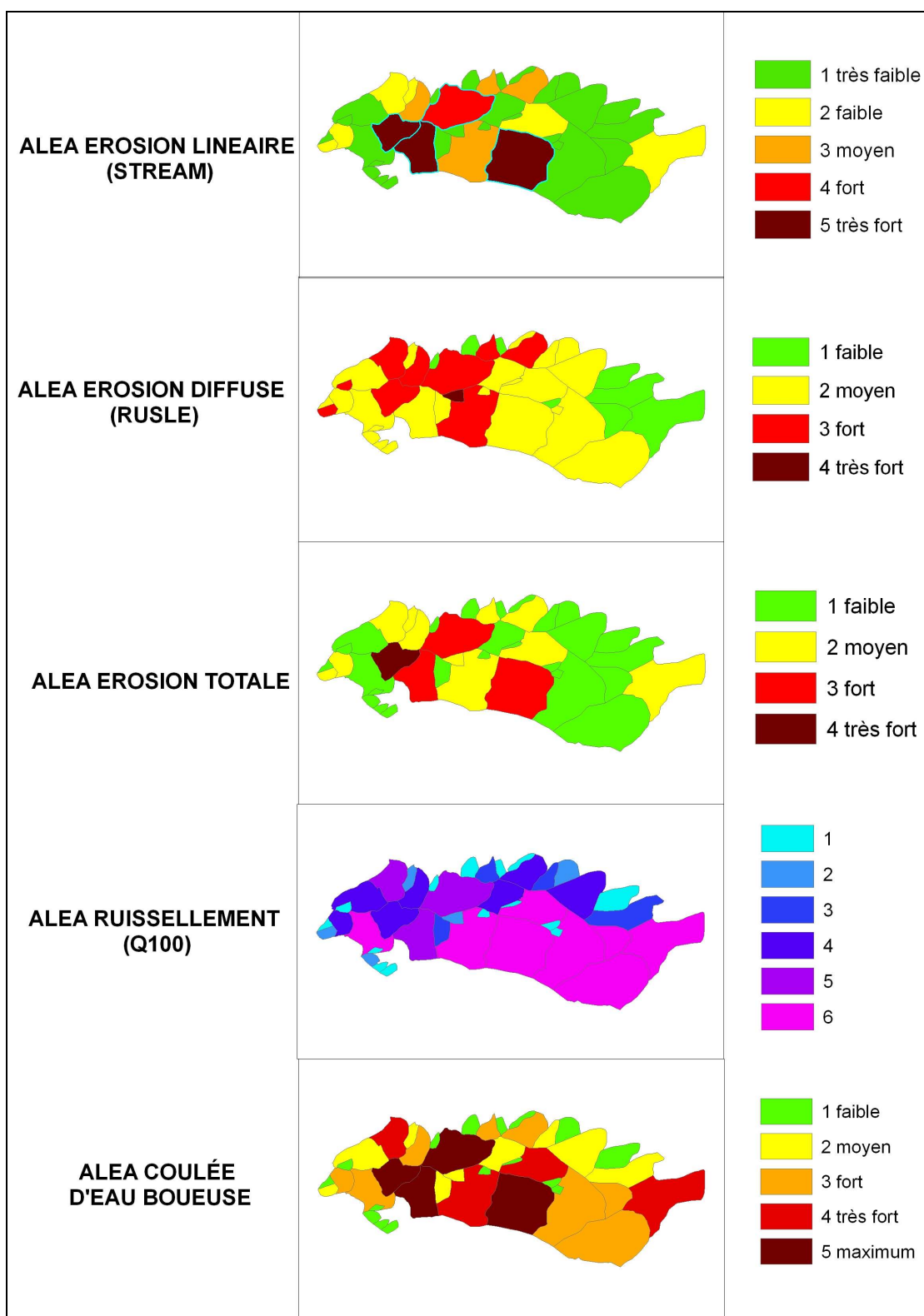
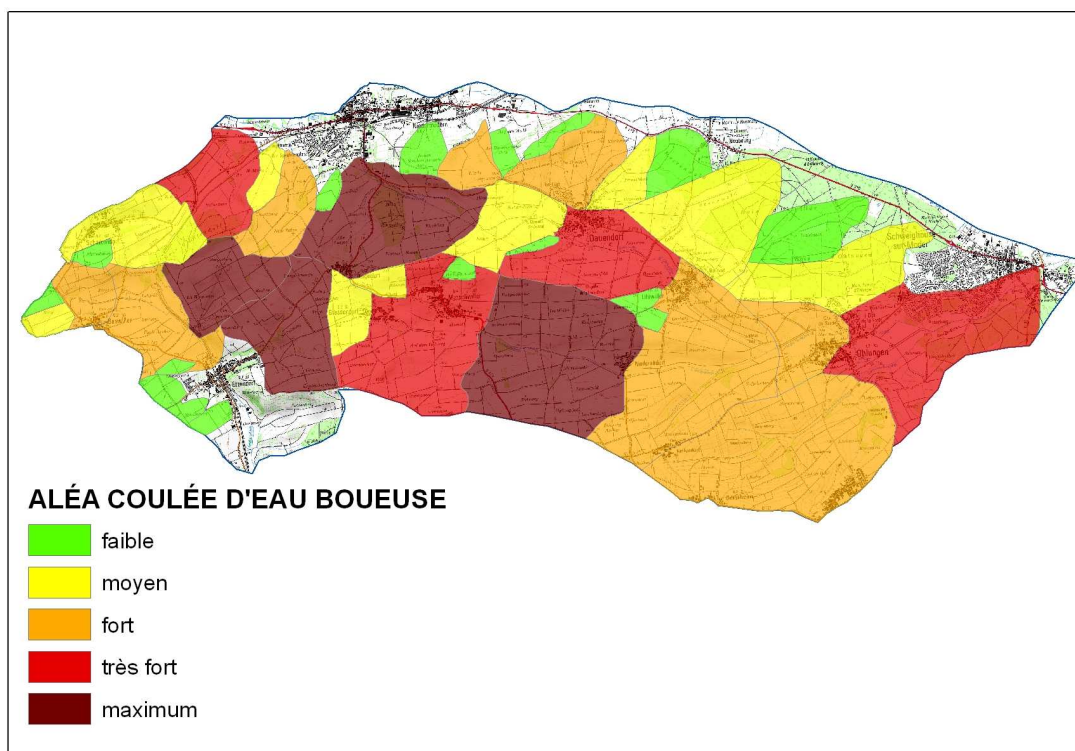


Figure 113: Etapes cartographiques de l'élaboration de l'aléa "coulée d'eau boueuse"



**Figure 114: cartographie de l'aléa de coulée boueuse par sous bassin versant**

Globalement, une grande partie du secteur d'étude est classée en niveau d'aléa fort à maximum. Les sous bassins versants présentant un aléa limité sont principalement distribués sur les coteaux dominant la vallée de la Moder, et notamment ceux boisés ou fortement enherbés.

Quatre sous bassins versants sont classés en aléa érosion maximum. On retrouve les communes identifiées comme ayant subies de fortes nuisances lors des épisodes de coulées boueuses : Ettendorf avec 2 sous bassins versants, Pfaffenhoffen et Niederaltdorf.

#### 4.2.5 Evaluation de la vulnérabilité des exutoires

L'objectif de l'évaluation de la vulnérabilité des exutoires du secteur d'étude au regard des coulées boueuses est de pouvoir proposer une carte des risques « coulées d'eau boueuse » modulable et adaptée au territoire. Cette carte des risques est le résultat du croisement de l'aléa (occurrence du phénomène naturel) et la vulnérabilité (sensibilité à ce phénomène liée à l'usage).

La notion de vulnérabilité recouvre l'ensemble des dommages prévisibles en fonction de l'occupation des sols et des phénomènes naturels. Ces dommages correspondent aux dégâts causés aux bâtiments ou aux infrastructures, aux conséquences économiques et, éventuellement, aux préjudices causés aux personnes.

La démarche est décrite par un algorithme reprenant les données disponibles à l'échelle du secteur d'étude et la hiérarchisation des différents éléments entre eux selon le degré de résistance face à l'aléa, la valeur des éléments, les préjudices encourus et la capacité de réaction. Cet algorithme est utilisé pour croiser les niveaux des aléas et les vulnérabilités pour obtenir la carte des risques aux coulées boueuses. En effet, un risque naturel existe uniquement si une vulnérabilité existe.

## Procédure

La première étape porte sur l'inventaire des données permettant de représenter au mieux les différents éléments du territoire. La vulnérabilité du territoire peut être trois grandes thématiques :

**Biens & personnes** : recouvre les données pouvant témoigner des dommages (matériels et physiques) encourus en cas de coulées d'eau boueuse au niveau des zones habitées et des zones économiques (entreprises, zones d'activités) présentes au niveau des exutoires. Les données les plus pertinentes disponibles sont celles obtenues lors des enquêtes auprès des communes, à savoir le nombre potentiel de maisons et d'entreprises touchées lors d'un épisode de coulée d'eau boueuse ;

**Sécurité civile** : Il s'agit des dommages corporels encourus en cas de coulée d'eau boueuse aux exutoires. Ces données concernent les possibles accidents de circulation sur les départementales inondées ou lors de déraillement de train sur une voie ferrée saturée de boue. La présence d'une route départementale ou d'une voie ferrée à l'exutoire, susceptibles d'être inondées suffit à prendre en compte l'existence de dommages corporels liés à ces accidents.

**Milieu naturel** : Il s'agit des dommages sur le milieu naturel (faune, flore) en cas de coulée d'eau boueuse aux exutoires. La présence d'un cours d'eau reconnu de bonne qualité suffit à noter la présence d'un milieu vulnérable aux coulées d'eau boueuse. Selon l'évaluation de la qualité physique des affluents de la Moder (campagne 2005 - RID 67, Conseil Général du Bas-Rhin - Agence de l'Eau Rhin-Meuse), seul le Landgraben (entre Grassendorf et Schweighouse-sur-Moder) présente un milieu remarquable dans sa partie aval (à partir d'Ohlungen) :

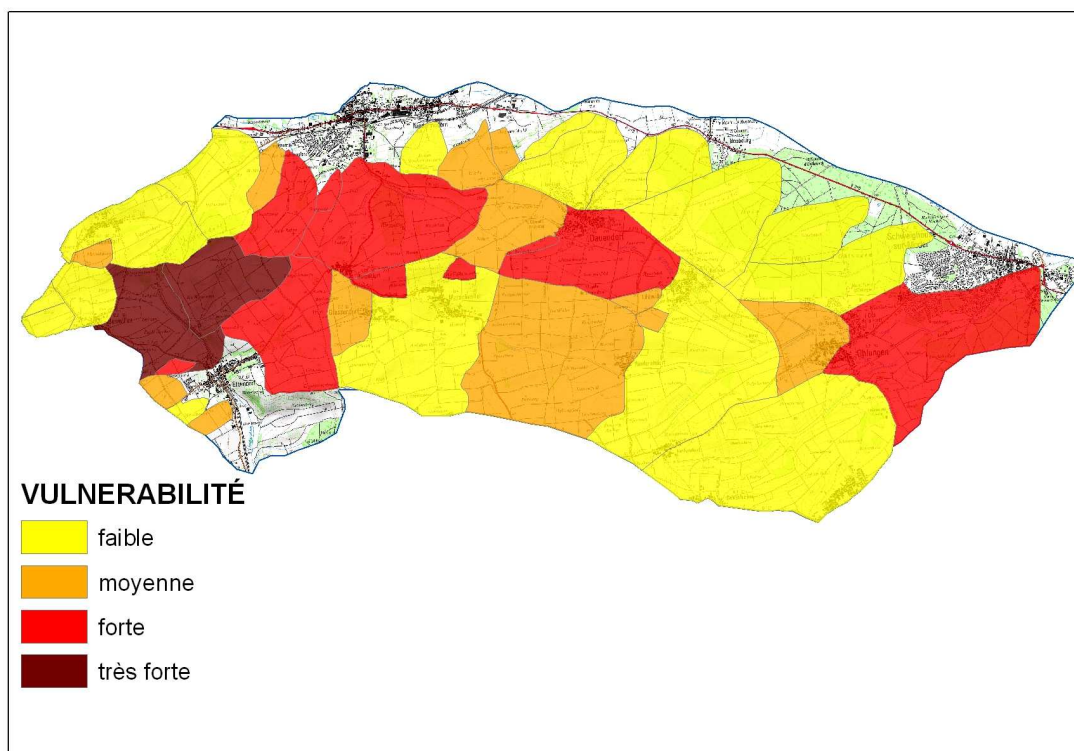
*« Il passe d'une physionomie de fossé agricole de 50 cm de large, pour la partie amont, à un cours d'eau de plus de 2 m de large dans sa partie aval. Le profil est rectiligne sur la majorité du linéaire, puis des sinuosités apparaissent à l'aval. Le Landgraben est alimenté en partie par des affluents de dimension comparable (Ruisseau d'Uhlwiller, Sommerbaechel) et quelques fossés agricoles.*

*Le lit majeur est évalué de qualité moyenne à médiocre. Les 3 premiers tronçons témoignent d'un environnement franchement dominé par les cultures. Quelques prairies et zones enfrichées maintiennent un paysage diversifié. Le dernier tronçon évolue dans un environnement plus varié, marqué par la présence de prairies, de boisements naturels et de zones humides. Ce tronçon présente la valeur moyenne la plus haute du fait de cette modification de l'occupation du sol. »*

Certaines sources de données ne permettent pas d'obtenir toute l'exhaustivité souhaitée et d'autre part des aménagements futurs peuvent modifier la vulnérabilité, il convient donc de préciser que la base de donnée pourra être enrichi ultérieurement. La carte de vulnérabilité est le reflet de la situation actuelle susceptible de faire l'objet d'évolutions ultérieures.

La seconde étape est la détermination des classes de vulnérabilités en fonction de la combinaison des différents enjeux possibles. Un seuil maximal de 5 classes de vulnérabilité a été retenu. Elles d'échelonnent de « très faible » à « très forte » et permettent de rendre compte des enjeux possibles de chaque élément, à savoir quels dangers peuvent apparaître lorsqu'une coulée boueuse affecte l'élément. Le détail de l'algorithme et des classes obtenues est repris dans le tableau joint en annexe n°8.





**Figure 115: Cartographie de la vulnérabilité du site d'étude**

Les deux sous bassins versants « Ettendorf Hengsberg » et « Ettendorf Nord » sont classés comme à très forte vulnérabilité liée au fait que plus de 10 habitations et la voie SNCF sont impactées par les coulées boueuses.

Les sous bassins versants à vulnérabilités fortes concernent les communes de Dauendorf, Grassendorf, Morschwiller, Niedermodern, Ohlungen, Pfaffenhoffen, Schalkendorf, Schweighouse-sur-Moder et Uhlwiller.

Le reste du territoire est classé en vulnérabilité moyenne à faible.

#### 4.2.6 Méthode d'élaboration de la cartographie du risque coulée d'eau boueuse

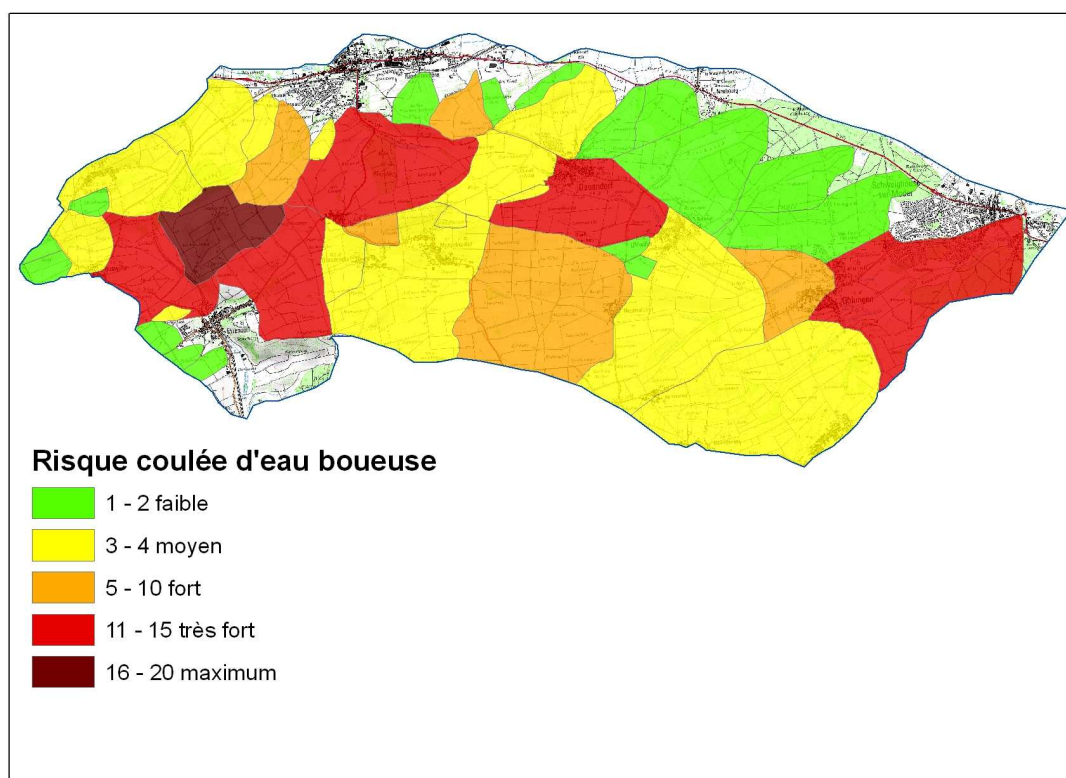
Comme décrit plus haut, le risque naturel est le produit de l'aléa du phénomène naturel en question et d'une vulnérabilité des usages du territoire concerné. Techniquement, il s'agit de croiser les données concernant la vulnérabilité et l'aléa selon une méthode systématique afin d'aboutir à une classification du risque « coulée d'eau boueuse » sur l'ensemble du secteur d'étude.

Le croisement de l'aléa « coulée d'eau boueuse » et de la vulnérabilité permet de définir le risque de coulée d'eau boueuse, ce dernier étant lui-même discrétisé en 5 classes. Le croisement s'effectue par multiplication des classes « aléa coulée d'eau boueuse » et « vulnérabilité » entre elles, suivie d'un classement automatique en cinq classes selon la méthode des seuils naturels.

## 4.2.7 Résultats

La carte des risques « coulée boueuse » obtenue est cohérente par rapport aux différentes observations et expertises réalisées sur secteur d'étude.

Les sous bassins versants en amont des communes d'Ettendorf et Pfaffenhoffen constituent les zones les plus à « risque ». Les sous bassins versants en amont des petites communes telles Uhlwiller ou Morschwiller (très touchées par les coulées d'eau boueuses) sont également notés comme présentant un risque « fort ». La logique de la définition du risque est respectée, à savoir que l'absence de vulnérabilité forte au passage de coulées de boues puissantes n'aboutit pas à un risque fort.



**Figure 116: Cartographie du risque de « coulée d'eau boueuse » sur le site d'étude**

La carte du risque « coulée d'eau boueuse » constitue un document permettant de rendre compte du risque global et synthétique sur l'ensemble du secteur d'étude. Il permet d'identifier et de hiérarchiser les bassins versants par rapport au risque, outil indispensable pour la réalisation du schéma d'aménagement global.

En revanche, la carte de risque ne permet pas d'établir un diagnostic fin à l'échelle des sous bassins versants. La solution repose dans l'identification de l'objectif de protection prioritaire pour chacun sous bassin versant, puis de définir les types de solutions envisageables et enfin de proposer et de zoner (cartographier) les aménagements ou les actions regroupés dans une « boîte à outils ».

De plus, les cartes d'aléa ayant contribué à la construction de la carte des risques pourront être réutilisées pour identifier la part des phénomènes « érosion ou ruissellement » à l'origine d'un aléa « coulée d'eau boueuse » fort. Pour exemple, l'aléa « coulée d'eau boueuse » très fort représenté au niveau de Schweighouse-sur-Moder découle en grande partie d'un l'aléa « ruissellement » très fort plutôt que d'un aléa « érosion » qualifié ici de « moyen ».

## **IV. Troisième phase : programme d'actions**



# 1. Objectifs et principes d'aménagement

## 1.1 Objectif d'aménagement

Au regard de l'état des lieux, les objectifs d'aménagement diffèrent selon les secteurs :

- réduction des débits de pointe et de la charge en sédiment ;
- réduction de la charge en sédiment ;
- renforcement de la résistance à l'érosion.

## 1.2 Principes d'aménagement

Les aménagements proposés et évalués, répondant aux objectifs de réduction des nuisances occasionnées par les ruissellements issus des zones agricoles, reposent sur les 5 actions suivantes :

- **maintenir ou augmenter la capacité d'infiltration** des sols par une gestion agronomique à la parcelle, afin de réduire le volume d'eau ruisselante ;
- **maintenir ou augmenter la résistance des sols** à l'érosion sur les versants les plus pentus par une gestion agronomique appropriée ;
- **ralentir les écoulements** par l'implantation de petits aménagements dits d'hydraulique douce, en limite de parcelles agricoles ou dans les vallons. Ces freins aux écoulements sont également d'efficaces pièges à sédiments, assurant une protection des sols contre l'érosion, réduisant ainsi l'envasement des ouvrages composant les réseaux d'assainissement des eaux pluviales des communes et du milieu aquatique aval ;
- **renforcer les axes d'écoulement concentré** visant à accompagner les écoulements sur leur parcours sans érosion des sols ;
- **stocker temporairement les eaux** de ruissellement dans un ou plusieurs ouvrages d'écêtement des crues afin de réduire la pointe de crue, sans modifier significativement le volume écoulé. Une crue courte et à fort débit est transformée en une crue longue à débit maîtrisé et de niveau permettant une collecte par le réseau d'eaux pluviales en aval sans dysfonctionnement.

Ces 5 actions sont en interactions d'amont vers l'aval, les deux premières étant internes aux parcelles, la troisième au niveau intra parcellaire sur le plateau, et le quatrième et le cinquième en amont des communes, dans les principaux vallons secs ou drainés.

Ces actions se distinguent également par l'acteur (maître d'ouvrage) intervenant dans leur implantation et entretien. Les mesures agronomiques au niveau de la parcelle et les aménagements en hydraulique douce sont mises en œuvre directement par l'exploitant agricole, qui doit tenir compte de l'ensemble des contraintes d'ordre économique, réglementaire et agronomique (phytosanitaire, notamment). La réalisation d'ouvrages d'écêtement (mare tampon par exemple), et la réfection des collecteurs du réseau d'assainissement des eaux pluviales sont à la charge de la commune ou de la Direction Départementale des Voiries.

La réussite de ce schéma d'aménagement repose sur une bonne entente entre les différents intervenants : élus, propriétaires, exploitants agricoles, services techniques et plus généralement l'ensemble des administrés de la commune.

## 2. Types d'aménagements

### 2.1 Aménagements surfaciques

#### 2.1.1 Introduction

Les actions agronomiques présentées ci-après visent à éclairer les effets des pratiques agricoles sous l'angle de la protection contre le ruissellement et l'érosion des sols. Il s'agit là d'un outil pour une gestion plus appropriée du territoire, où l'exploitant agricole tient une place centrale en qualité de gestionnaire d'une très grande partie du territoire. La réussite des mesures de protection proposées repose en grande partie sur l'adhésion de l'ensemble des exploitants agricoles à cette démarche.

L'adoption d'une gestion agronomique appropriée par les exploitants agricoles repose nécessairement sur l'encadrement et l'appui des collectivités territoriales et de la Chambre d'Agriculture. Il est cependant important de noter que des contraintes extérieures, notamment la PAC, et plus généralement les lois du marché, peuvent rendre plus ou moins complexe la mise en pratique de cette nouvelle gestion agronomique du territoire.

#### 2.1.2 Impacts attendus des actions agronomiques

Les actions d'ordre agronomique peuvent avoir un effet sur le ruissellement et l'érosion des sols par une réduction significative des volumes et des débits des ruissellements, ainsi que leur charge en sédiments. Elles permettent ainsi de diminuer la taille des ouvrages hydrauliques structurants en aval et de réduire la fréquence de leur entretien (vitesse d'envasement ralentie). Néanmoins, les pratiques agricoles sont surtout efficaces pour des épisodes pluvieux d'intensité moyenne. Une protection complète ne peut généralement pas être assurée sans associer les actions agronomiques avec des ouvrages hydrauliques structurants.

La mise en place d'un programme d'actions agronomiques visant à limiter le ruissellement et l'érosion des sols, pour être efficace, nécessite l'adhésion du maximum d'agriculteurs et de propriétaires du périmètre à aménager.

Les mesures agronomiques sont à mettre en œuvre par les exploitants agricoles, avec éventuellement le conseil et l'aide technique des organismes agricoles professionnels ou la Chambre d'Agriculture.

Ces actions agronomiques viennent en soutien des aménagements hydrauliques, relevant d'une gestion collective.

Les actions agronomiques peuvent être classées en 4 grands types d'actions :

- **protéger le sol** de l'impact de la pluie : lutte contre la formation de la croûte de battance, maintien d'une bonne capacité d'infiltration du sol et réduction de la mobilisation de particules solides ;
- retarder et **réduire la formation d'un écoulement superficiel** : augmenter la capacité d'infiltration et de stockage d'eau à la surface du sol ;
- **réduire les capacités de détachement** et de transport du ruissellement en limitant sa vitesse et sa concentration (lutte contre l'érosion des sols) ;
- **modifier le sens des écoulements** naturellement guidés par la topographie.

Les actions agronomiques sont également à distinguer selon leur localisation :

- **la gestion des parcelles sur le plateau**, l'objectif principal est de réduire l'apport en ruissellement (maintien ou augmentation de l'infiltration) et de freiner les écoulements ;

- **la gestion des parcelles sur versant**, l'objectif principal est alors de lutter contre l'érosion des sols par un renforcement de leur cohésion ;
- **la gestion des fonds de vallons**, siège d'écoulements concentrés, repose sur le maintien ou l'augmentation de la cohésion du sol, notamment par l'enherbement du fond de vallon (protection contre l'érosion des sols).



Figure 117 : Ruissellement guidé par les traces de roue

### 2.1.3 Types de mesures agronomiques

Les mesures agronomiques, correspondant aux objectifs listés ci avant, sont extraites des travaux des Chambres d'Agriculture de l'Aisne (Mission érosion), du Pas-de-Calais, de la Somme, de l'Eure et de la Seine Maritime, de l'AREAS et du CEMAGREF. Des fiches descriptives des mesures agronomiques envisageables sont reportées en annexe 9.

Tableau 3 : Mesures agronomiques (liste non exhaustives)

<i>Action 1 : Protection du sol de l'impact des gouttes de pluie</i>		
<i>Type de mesure</i>	<i>Intérêts</i>	<i>Inconvénients</i>
<b>Simplification du travail du sol</b>	Améliorer la résistance du sol vis-à-vis de l'érosion La persistance des résidus de récolte protège la surface du sol	Diminue la rugosité de surface Ne permet pas la suppression des traces de roues
<b>Paillage et non déchaumage</b>	Lutter contre l'impact des gouttes de pluie Ralentir et diviser le ruissellement, d'où des pertes de terres considérablement réduites Efficace pour les fortes pentes et les fonds	Inconvénients agronomiques : contrôle difficile des repousses et des adventices Moins d'érosion, mais pas moins de ruissellement
<b>Cultures intermédiaires (engrais verts)</b>	Protéger les sols nus, réduire la battance et augmenter la rugosité Retenir les sédiments à la parcelle, piéger les nitrates  Demande peu de travail	Doit être réalisé tôt pour être efficace. Attention au choix des espèces. Problème de gestion des cultures, des nuisibles et de



destruction.

### **Action 2 : Favoriser l'infiltration de l'eau**

<b>Type de mesure</b>	<b>Intérêts</b>	<b>Inconvénients</b>
Travail du sol / lit de semences adapté Réduction du nb de passages	Maintenir une rugosité à la surface du sol.	Nécessite une bonne maîtrise technique, et la prise en compte des conditions (pluie, temps sec) et des dates de semis
Travail du sol / Binage	Casser la croûte de battance et améliorer l'infiltration	Facilite l'entraînement des particules : effet négatif en cas d'averses violentes. A proscrire dans les pentes fortes
Travaux sans délais après récolte	Efficace pour redonner au sol une capacité d'infiltration	
Travail du sol / sous-solage	Supprimer la semelle de labour	Efficacité de courte durée (moins d'un an)
Amendements calcaires et humifères	Améliorer la stabilité structurale, réduire la battance et augmenter la capacité d'infiltration	
Rotation des cultures	Agir sur la résistance du sol par les apports humifères, l'action des systèmes racinaires, le travail du sol	

### **Action 3 : Réduire les capacités de détachement et de transport**

<b>Type de mesure</b>	<b>Intérêts</b>	<b>Inconvénients</b>
Parcellaire et assolements	Un parcellaire morcelé permet d'alterner cultures sensibles et zones d'infiltration. Réduction du risque.	Nécessite une bonne coordination entre agriculteurs cultivant des parcelles voisines
Limiter le tassement et les empreintes de roues	Diminuer le ruissellement en surface. Améliorer le drainage interne	L'usage d'équipements spéciaux (tassement moins intense) augmente la surface tassée et incite à intervenir sur des parcelles humides
Gestion spécifique des fourrières des cultures de printemps	Implantation d'une céréale (orge de printemps) dans la fourrière des parcelles destinées à une culture de printemps à haut risque de ruissellement	Rallonge les temps de travail (double intervention). Rendement faible pour la céréale de printemps.
Compacter les talwegs	Largeur minimale 6 à 8 m. Limiter les incisions	Ne convient qu'en fond de vallon, pente < 2%, surface ruisselante < 50 ha ; au-delà, il faut prévoir un chenal enherbé
Enherbement d'un fond de vallon ou d'une parcelle	Largeur minimale 20 m et surface minimale de 30 ares (règles PAC) pour une déclaration en jachère.	Retrait de la production agricole d'une portion de surface

### **Action 4 : Orienter les écoulements**

<b>Type de mesure</b>	<b>Intérêts</b>	<b>Inconvénients</b>
Sens du travail du sol	Travailler perpendiculairement à la pente, efficace sur pentes faibles (< à 2% pour les sols limoneux et < à 5% pour les sols argileux)	Peu efficace en présence des talwegs secondaires (topographiquement souvent impossible) Problèmes de réglage et de stabilité des outils en fortes pentes

## 2.2 Aménagements d'hydraulique douce linéaires

### 2.2.1 Introduction

Les aménagements dits « d'hydraulique douce » se caractérisent par une mise en œuvre ne nécessitant pas de travaux de génie civil lourd. Ils peuvent être réalisés, notamment par les exploitants agricoles, par des moyens techniques simples. Ils font également souvent appel au génie végétal.

Une première série d'aménagements «freins hydrauliques », visent à ralentir les écoulements par le végétal (herbe, paille ou branchage), favorisant une sédimentation des particules solides les plus lourdes (sables et limons), piégeant également les flottants susceptibles de colmater les buses et avaloirs en aval. Il s'agit :

- des bandes enherbées, voire des prairies ;
- des haies, associées ou non à un talus ;
- des barrages en fascines ;
- des barrages en ballots de paille (ouvrage temporaire de 2 à 3 ans), ceux-ci sont notamment utilisés temporairement sur les futurs sites d'implantation des digues des prairies inondables.

Un second type d'aménagements sont ceux permettant de guider les écoulements :

- les fossés ou les noues, associant ou non des redents (compartimentage permettant un stockage d'un volume d'eau) ;
- les chenaux enherbés.

### 2.2.2 Freins hydrauliques

L'objectif est de créer des ruptures linéaires sur le parcours du ruissellement, que ce soit sur les versants ou en fond de vallon, afin de ralentir les écoulements favorisant ainsi l'écrêtement des crues et la sédimentation des terres érodées.

Ces freins hydrauliques peuvent être de plusieurs types :

- la **bande enherbée** (voir fiche n° 1 de l'annexe 9) est proportionnelle à sa largeur et sa position par rapport aux chemins d'eau, un minimum de 10 mètres de large est souhaitable. Elle peut être associée à d'autres aménagements d'hydrauliques douce, comme un talus, une haie ou une fascine ;



Figure 118: Exemple de bande enherbée

- le **barrage en fascines vivantes** (voir fiche n°6 de l'annexe 9), la forte densité de branchages de cet aménagement linéaire lui donne une efficacité nettement plus importante en termes de frein hydraulique qu'aux bandes enherbées. Néanmoins, l'implantation d'un barrage en fascines est plus long qu'un simple semis d'herbe et nécessite un entretien annuel (coupe des rejets), cet aménagement est réservé à renforcer les portions de bandes enherbées en fond de vallon ;



**Figure 119 : Exemple d'efficacité d'un barrage en fascine**

- la **haie vive** (voir fiche n°7 de l'annexe 9), moins efficace qu'une fascine, elle permet néanmoins de ralentir les écoulements, à condition qu'elle soit suffisamment dense. Elle peut être mise en œuvre pour d'autres objectifs environnementaux, comme le refuge de faune et flore ;



**Figure 120 : Exemple de haie associée à une bande enherbée en aval d'une parcelle agricole**

Ce type d'aménagements est implanté en travers des talwegs des petits vallons secs en limite plateau / versant ou le long des chemins collecteurs de ruissellement.



Le **barrage en ballots de paille** (voir fiche n°4 de l'annexe 9) peut également être envisagé comme ouvrage temporaire ou pour tester sur site la localisation d'un aménagement futur, notamment les diguettes.



Figure 121 : Exemple de ballot de paille dans un fond de vallon sec

### 2.2.3 Collecteurs du ruissellement

L'objectif est de guider les écoulements vers des ouvrages d'écêtement des crues, de contourner des secteurs vulnérables, de maîtriser un écoulement anarchique, de limiter le risque d'érosion, par exemple.

Ces collecteurs hydrauliques peuvent être de plusieurs types :

- le **fossé** ou la **noue** (voir fiche n°8 de l'annexe 9»), aménagements hydrauliques sous la forme traditionnellement d'un fossé de section trapézoïdale. Sauf en cas d'espace limité, il est préférable de retenir la noue (chenal d'écoulement concave très évasé, enherbé) qui permet une collecte aussi efficace que le fossé, mais où les écoulements sont plus étalés, réduisant ainsi la vitesse de l'écoulement ;



Figure 122 : Exemple d'une noue en bordure de chaussée, en fond de talweg





**Figure 123: Exemple de fossé de ceinturage, protection rapprochée d'habitations**

- le fossé ou la noue à redents (voir fiche n° 10 de l'annexe 9»), ces collecteurs du ruissellement peuvent être complétés par une série de redents formant micros barrages. Ces redents forment à la fois des freins hydrauliques (suivant utilisés en cas de forte pente dans l'axe du collecteur) et permettent de stocker une partie du volume d'eau écoulé ;



**Figure 124 : Exemple d'une noue en bordure de chaussée, en fond de talweg**

Le **chenal enherbé** (voir fiche n° 2 de l'annexe 9»), cet aménagement permet de remplacer judicieusement les collecteurs traditionnels lorsque le talweg recoupe des parcelles cultivées. Le chenal d'écoulement enherbé permet de guider un écoulement concentré sans risque d'érosion, tout en restant franchissable par les engins agricoles, limitant ainsi les gênes. Il faut néanmoins s'assurer que le chenal soit suffisamment large et qu'une fourrière ne soit implantée parallèlement au chenal, sous peine de voir apparaître une érosion le long du chenal.



**Figure 125 : Chenal enherbé de plein champ**



## 2.3 Ouvrages structurants

La lutte contre les inondations occasionnées par les ruissellements de plein champ, parfois sous la forme de coulées boueuses, passe par un écrêtement des débits de pointe à un niveau acceptable par le réseau de collecte en aval. Les ouvrages d'écrêtement des crues sont dimensionnés afin de bloquer le débit de pointe à un seuil déterminé (débit de fuite) par un stockage temporaire du volume d'eau excédentaire dans l'ouvrage. Il existe quatre grandes catégories d'ouvrages :

- le **bassin de rétention** (voir fiche n°13 de l'annexe 9») (le terme de bassin d'orage étant réservé à la gestion des eaux pluviales de zones urbaines), généralement vide cet ouvrage stocke l'eau de ruissellement dans une dépression. L'emprise totale de l'ouvrage est soustraite aux terres cultivables. L'ouvrage doit être clôt par mesure de sécurité ;



Figure 126 : Exemple de bassin de rétention

- la **mare tampon** (voir fiche n°12 de l'annexe 9»), par rapport au bassin de rétention, une partie de la mare est en permanence en eau. En cas de ruissellement, le niveau d'eau monte et inonde la zone tampon d'une capacité nettement plus élevée que la partie pérenne, dont la vidange est assurée par un dispositif de débit de fuite ;



Figure 127 : Mare tampon, dont la zone inondable temporairement est ici en herbée

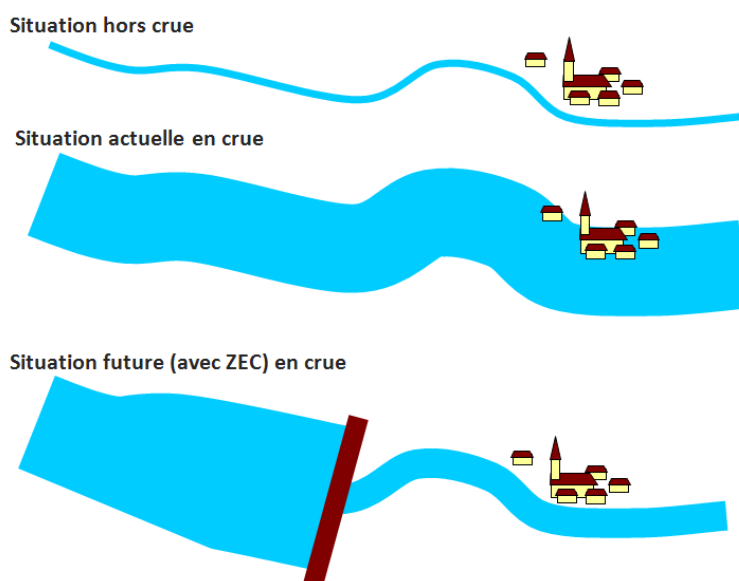


- la **prairie inondable** (voir fiche n°14 de l'annexe 9»), une diguette implantée en travers d'un vallon sec, forme barrage en inondant temporairement la zone amont, généralement en prairie permanente. Cet ouvrage permet de maintenir une activité agricole sur le terrain assurant le stockage temporaire des eaux. Seule l'emprise du corps de la diguette est soustraite aux terres agricoles ;



Figure 128 : Prairie inondable (corps de la diguette à gauche sur le cliché)

- la **Zone d'extension de crue**, espace du lit majeur d'une rivière optimisé pour favoriser son inondation lors de crue qui permet ainsi la rétention d'un grand volume d'eau. Une digue ou barrage est implanté en travers de la vallée sans modifier l'écoulement des eaux en situation « normale ». Lors d'un événement pluvieux important, l'ouvrage de contrôle de débit permet de retenir l'eau en amont, ce qui entraîne une augmentation du niveau de la ligne d'eau dans cette partie amont de la rivière (Cf. croquis ci-dessous). Celle-ci va donc déborder là où la berge est la plus basse et remplir la ZEC en amont de la digue. Lorsque le niveau d'eau dans la rivière diminue, la ZEC commence à se vider par l'intermédiaire d'un drain, jusqu'à une vidange complète. La digue est équipée d'une surverse de sécurité, c'est-à-dire une zone aménagée par-dessus laquelle l'eau peut écouler dans le cas d'un remplissage trop élevé de la ZEC. La hauteur de cette surverse permet de limiter le niveau d'eau dans la ZEC et d'éviter que les digues soient submergées aux points les plus critiques. Pour éviter que la digue ne soit détruite par l'écoulement par dessus la surverse, celle-ci est renforcée par des gabions.



## 3. Modalité de positionnement des aménagements

L'organisation du territoire (occupation du sol), des parcelles agricoles et les différents types de désordres hydrauliques constatés, très typiques sur le site d'étude (Cf. Etat des lieux), permettent de proposer une méthodologie claire et précise des choix de positionnement des propositions d'aménagements visant à lutter contre les coulées boueuses. Cela permettra par la suite une meilleure compréhension des choix et des décisions pris, garantissant un outil de pédagogie et de négociation intéressant.

### 3.1 Zonages des actions agronomiques

Les actions d'ordre agronomique de protection proposées peuvent avoir des effets opposés selon le phénomène retenu. Par exemple, les actions visant à ameublir le sol favorisent l'infiltration, réduisant ainsi le risque de genèse d'un ruissellement, mais à l'inverse fragilisent le sol vis-à-vis de l'érosion des sols dans le cas où un ruissellement est produit en amont. Il est donc primordial de zoner les actions agronomiques en fonction du phénomène visé : lutter contre le ruissellement ou lutter contre l'érosion des sols.

#### Actions visant à limiter le ruissellement :

- **ralentir la vitesse de formation de la croûte de battance** par l'implantation d'une couverture végétale protectrice ou maintien de résidus à la surface du sol, sur l'ensemble des terres cultivées ;
- **favoriser l'infiltration par un travail du sol**, sur l'ensemble des terres cultivées, excepté les axes des fonds de vallée et vallon, ainsi que les secteurs à très forte pente ;
- **favoriser le stockage d'eau à la surface du sol par la création d'une forte rugosité**, permettant également de freiner le ruissellement, ceci sur l'ensemble des terres cultivées sauf les fonds de vallée et les versants à forte pente ;
- **maintenir ou créer des zones enherbées**, où l'activité biologique favorise l'infiltration en même temps que l'herbe ralentit la vitesse des écoulements, de préférence dans les secteurs à forte pente et dans les fonds de vallée et vallon ;
- **diversifier l'occupation du sol**, soit en divisant les plus grandes parcelles, soit par assolement concerté entre agriculteurs exploitant le même versant ou le même fond de vallon.



Figure 129 : Exemple d'effet d'étalement des écoulements sur prairie

## Actions visant à limiter l'érosion des sols :

- **maintenir ou créer des zones enherbées**, la couverture du sol par l'herbe et la densité des racines assurent une très bonne protection contre l'érosion des sols, de préférence pour les secteurs à forte pente et dans les fonds de vallée et vallon ;
- **maintenir les chaumes en place** le long des axes de concentration du ruissellement ;
- **compacter le sol après semis le long des axes de concentration** du ruissellement, uniquement dans le cas de surfaces amont limitées (maximum 4 hectares).



Figure 130 : Exemple de passage d'eau sans érosion sur chaume en place



Figure 131 : Exemple de prairie de versant, maintien de zone enherbée en secteur de forte pente



## 3.2 Aménagements d'hydraulique douce proposés

La **localisation** des aménagements d'hydraulique douce s'effectue selon les ruptures présentes dans la structure des éléments anthropiques (zones bâties, axes de communication, parcellaire agricole, fossés agricole) et des éléments naturels (vallons secs, cours d'eau).

Les **choix des types** d'aménagements d'hydraulique douce peuvent ensuite être proposés selon le risque de coulées d'eau boueuse à l'aval, établi précédemment. Ainsi les aménagements proposés seront plus légers et moins contraignants au sein d'un bassin versant à risque « coulée d'eau boueuse » défini comme faible qu'au sein d'un bassin versant à fort risque de coulée d'eau boueuse où la diminution de l'aléa se doit d'être conséquent. Le tableau ci-dessous reprend les règles de décisions des types d'aménagements d'hydraulique douce proposés selon la localisation sur le territoire et le risque coulée d'eau boueuse établi.

Localisation		Risque coulée d'eau boueuse		
		Risque fort	Risque moyen	Risque faible
Versant	espace inter-parcelles	bande enherbée talus planté sur pentes fortes	bande enherbée	gestion de fourrière
	bout de champs (fourrière) de bordure d'axe de circulation (chemins et route de versant)	bande enherbée haie	gestion de fourrière haie	gestion de fourrière
	petit vallon de versant	chenal enherbé (suivant axe du vallon) & fascines	bandes enherbées (en limite de parcelle) & fascines	fascines
Fond de vallée	talweg de tête de vallée non drainée	chenal enherbé (suivant axe du vallon) & fascines	bandes enherbées (en limite de parcelle) & fascines	fascines
	bordure de cours d'eau	bande enherbée végétation riparienne	bande enherbée	bande enherbée
Partout	Parcelle cultivée amont immédiat bâti	remise ou maintien en herbe de la parcelle, fossé de ceinturage	bande enherbée fossé de ceinturage culture de printemps interdite	culture de printemps interdite, gestion de fourrière
	bordure de fossé	bande enherbée	bande enherbée	gestion de fourrière
Haut de versant	chemins de crête	entrées aux champs à privilégier	entrées aux champs à privilégier	entrées aux champs à privilégier

Figure 132: Règles de décisions choix des aménagements d'hydraulique douce

## Espace inter-parcelles

L'espace inter-parcelles représente la limite entre deux parcelles agricoles, intéressante pour limiter les transferts de ruissellement et de sédiments entre les parcelles. Les freins hydrauliques peuvent être placés sur toute la longueur de cette limite afin de traiter l'ensemble des ruissellements issus de la parcelle amont. On retrouve ces espaces plutôt sur les versants « longs » présentant une succession de quelques parcelles occupant tout un versant.

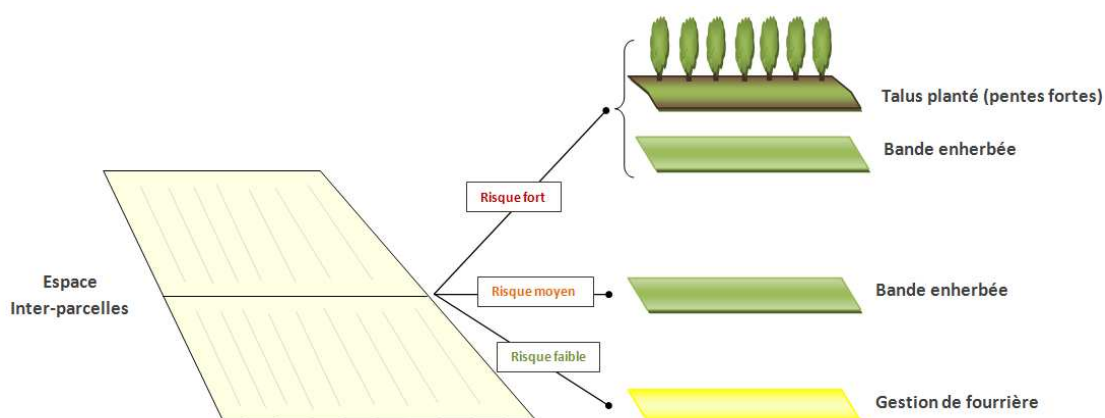


Figure 133: Espace inter-parcelles, sujet au transfert d'eau et de sédiments

## Bout de champs (fourrière) de bordure d'axe de circulation

La fourrière en bordure d'axe de circulation représente la limite entre une parcelle agricole et un chemin d'exploitation ou une route. Les freins hydrauliques peuvent être placés sur toute la longueur de cette limite afin de traiter l'ensemble des ruissellements issus de la parcelle et limiter les transferts d'eau et de boue sur la chaussée.

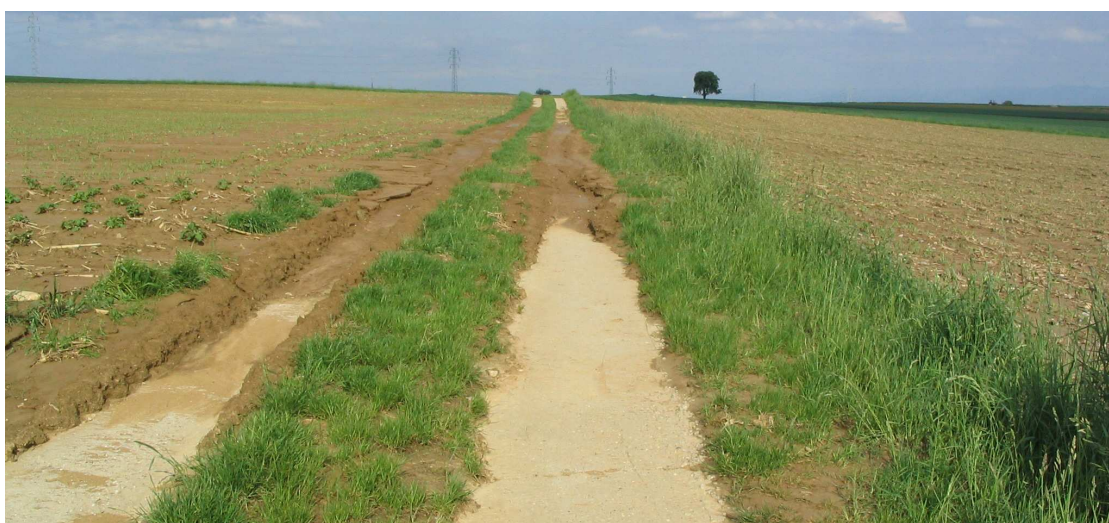
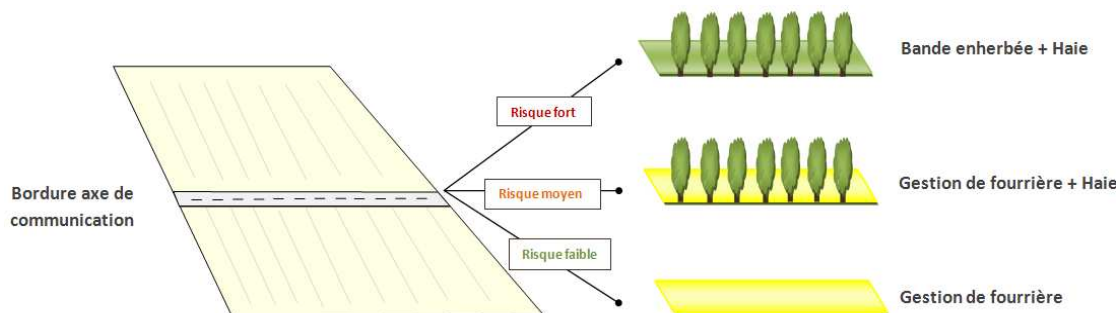


Figure 134: Axe de circulation (chemin d'exploitation) sur versant



Figure 135: Combinaison haie/ bande enherbée en bordure de parcelle



## Talweg sec

**Talweg sec de versant :** matérialisé par les vallons secs relativement courts et rectilignes observés sur les versants des collines du secteur. Sujets à l'érosion et au ruissellement concentré, ils représentent des zones préférentielles de mise en place de pièges à sédiments et d'éléments protégeant le sol. On peut ainsi traiter soit l'ensemble du talweg, soit les intersections entre le talweg et une limite de parcelle.

**Talweg de tête de vallée non drainée :** Les principaux vallons secs du secteur sont pour la plupart drainés par des fossés agricoles ou par un cours d'eau. La partie la plus amont de ces vallons, appelée tête de vallée, présente toujours une partie non drainée. Cette partie fonctionne de la même manière qu'un talweg sec de versant et fait ainsi l'objet d'un traitement identique.

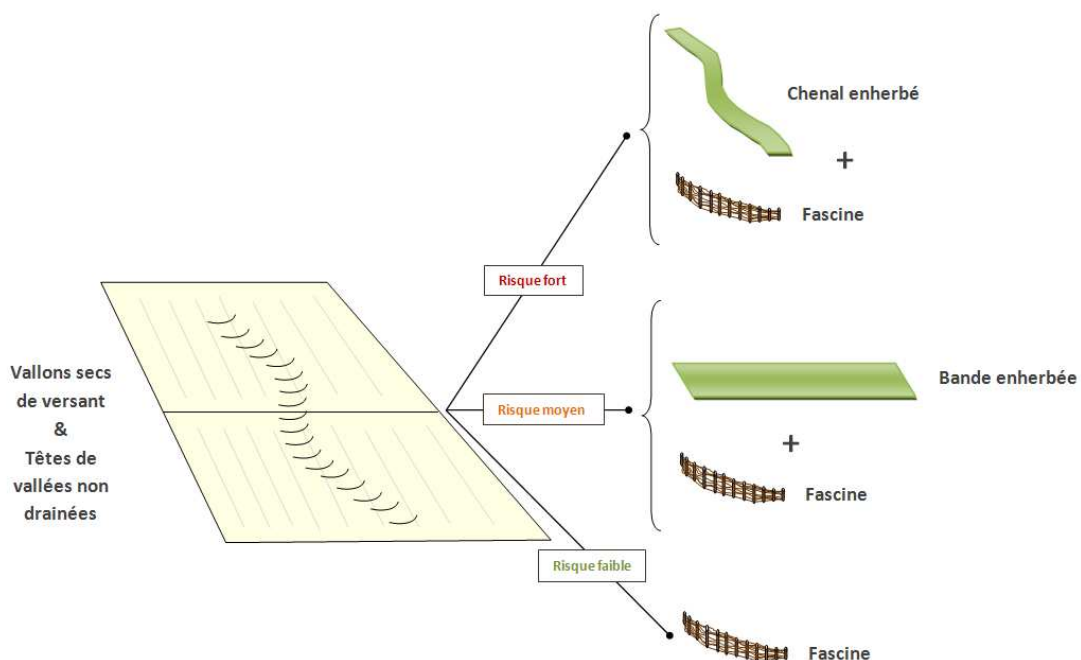


Figure 136: Trace de ruissellement dans un vallon sec de versant

## Bordure de cours d'eau et de fossés

Les cours d'eau et fossés du secteur d'étude sont pour la plupart bordés par des parcelles agricoles ou des chemins d'exploitation. C'est le dernier endroit possible pour limiter les transferts d'eau et de boue avant leur prise en charge et leur évacuation vers l'aval. Tout comme les bouts de champs et les limites inter-parcelles, les freins hydrauliques peuvent être placés sur toute la longueur de cette limite afin de traiter l'ensemble des ruissellements issus de la parcelle amont.

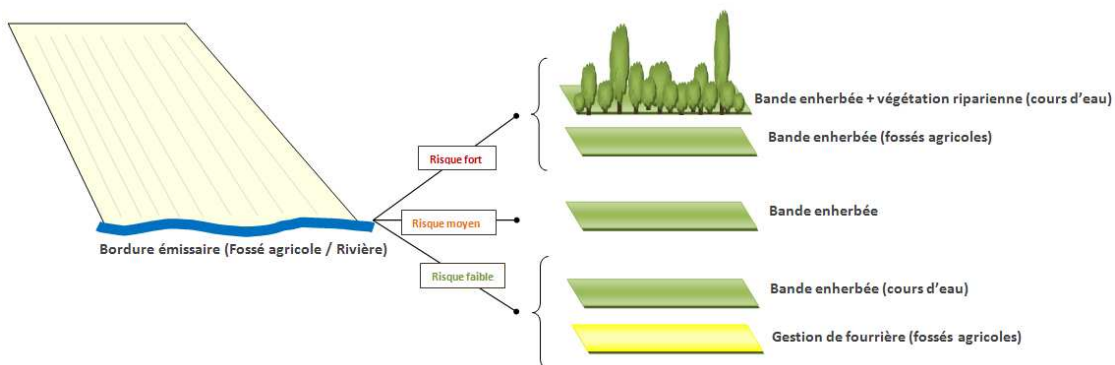


Figure 137: Bordure de cours d'eau avec végétation riparienne (Uhlwiller)



Figure 138: Bordure de cours d'eau sans végétation riparienne (Niederalt Dorf)

## Interface zone bâtie / parcelle agricole

Zone de contact sensible, les points de jonctions entre les zones habitées et les parcelles cultivées doivent faire l'objet d'un traitement efficace puisqu'elle représente le dernier rempart avant exportation des ruissellements et sédiments issus des parcelles vers les zones à enjeux que sont les habitations. Les freins hydrauliques peuvent être placés sur toute la longueur de cette limite ou concerner l'ensemble de la parcelle amont afin de traiter l'ensemble des ruissellements issus de celle-ci.

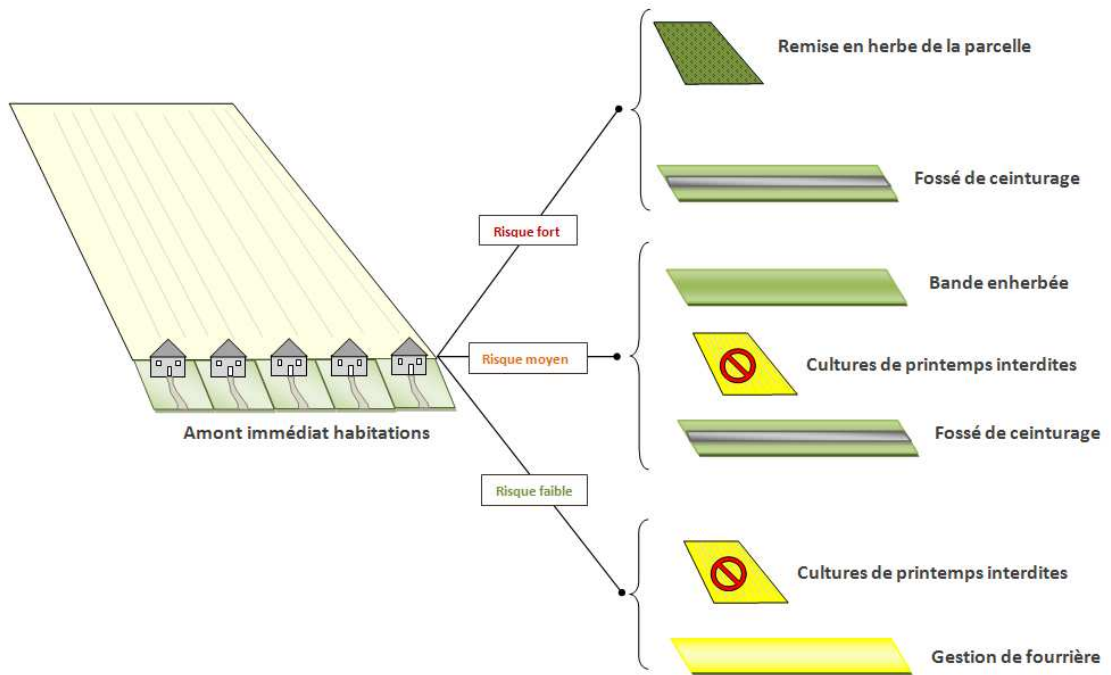


Figure 139: Exemple de parcelle agricole adjacente à une zone bâtie (Morschwiller)



## Chemins de crête

Les chemins d'exploitation présents sur les crêtes des collines du secteur d'étude peuvent être utilisés pour modifier certains accès aux parcelles de haut de versant et déplacer les entrées aux champs à l'amont.

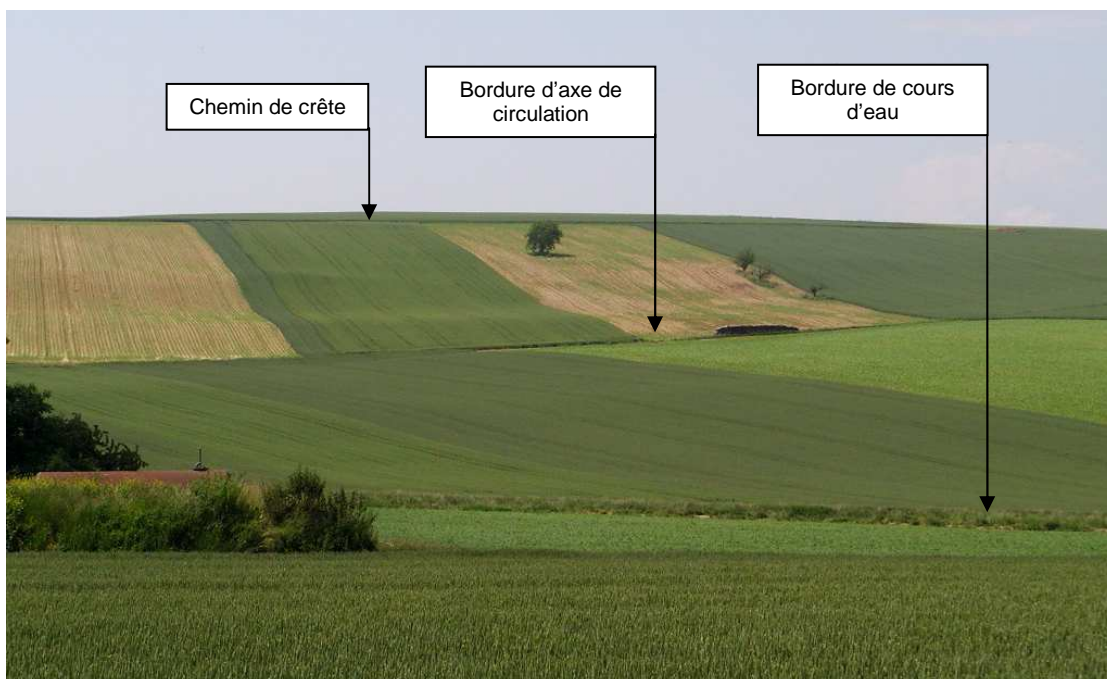


Figure 140: Exemple de secteurs d'action sur versant

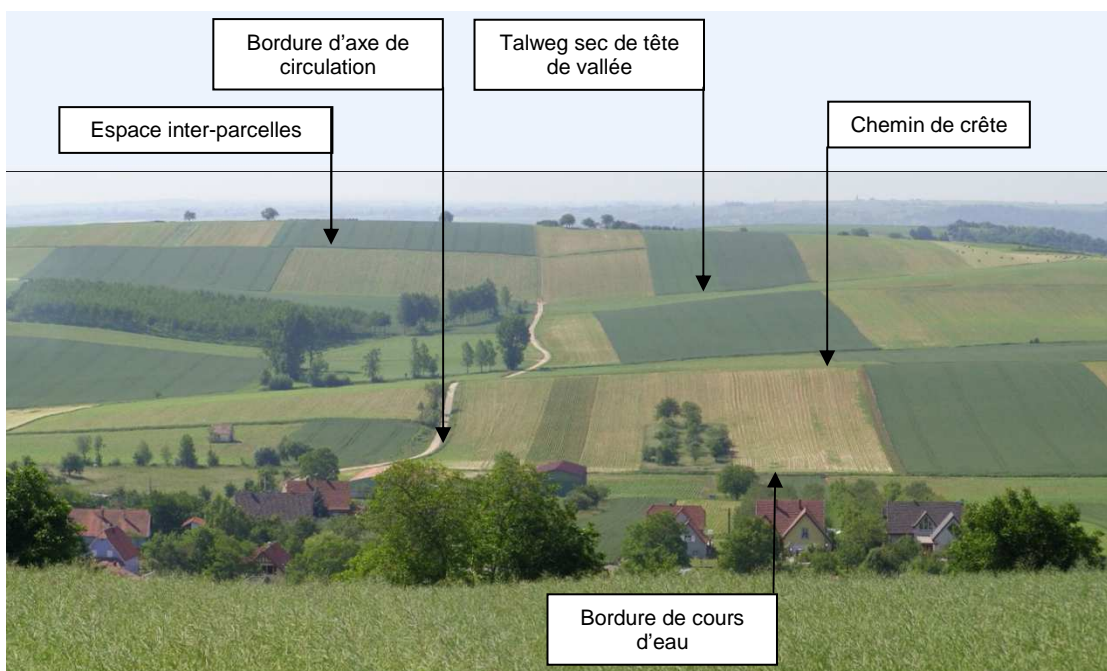


Figure 141: Autre exemple de secteurs d'action

### 3.3 Localisation et choix des types d'aménagements structurants proposés

La localisation des aménagements structurants s'effectue prioritairement selon le besoin en écrêtement de crue puis selon les possibilités topographique, économique et écologique en amont des zones à protéger.

Le choix des types d'aménagements structurants proposés dépendent des enjeux à protéger et des possibilités cités plus haut.

#### 3.3.1 Renaturation de cours d'eau

Au vu de l'état des lieux, les cours d'eau (hors Moder) présentent des profils et tracés très anthropiques (tracés rectilignes, section droite et profondes). Du point de vue du comportement hydraulique, ces caractéristiques favorisent la prise de vitesse de l'eau et la propagation d'ondes de crue courtes et brutales, permettant des débits de pointes importants. Il apparaît impératif de diminuer la vitesse des eaux circulant dans les cours d'eau afin de soulager les sections busées à l'aval, dont la saturation est souvent la cause des inondations constatées.

Plusieurs actions peuvent être mises en œuvre pour répondre à cet objectif :

##### Reprofilage des sections

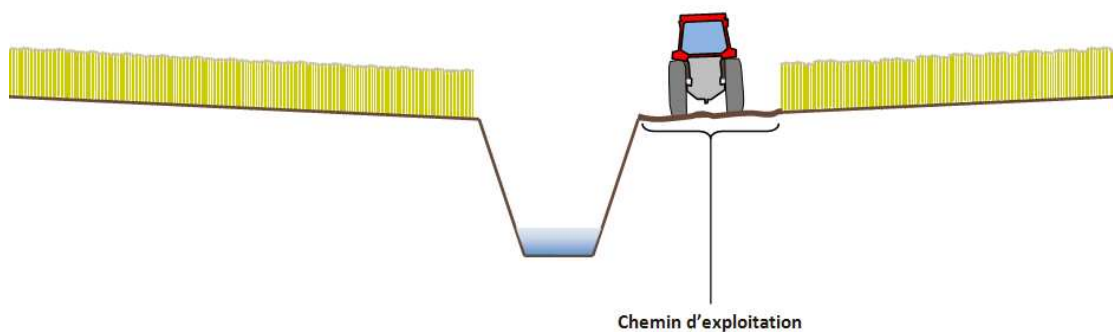
Dans la plupart des cas, les sections présentent des berges droites sans ripisylve et des lits profonds et étroits. Augmenter la largeur des lits et adoucir la pente des berges permettrait d'augmenter la section et la surface de contact de l'eau avec des berges végétalisées, diminuant ainsi les vitesses d'écoulement.

Souvent les cours d'eau sont bordés par des parcelles agricoles ou par des chemins d'exploitation. Les rendements des parcelles au niveau des zones proches des cours d'eau sont généralement faibles du fait des inondations temporaires dues au débordement des cours d'eau ou par l'accumulation des eaux et des boues issues des versants. La perte de ces espaces ne constitue pas d'enjeux économiques majeurs pour les agriculteurs.

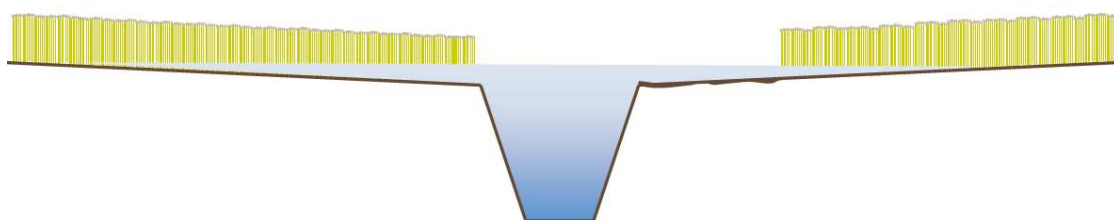
Concernant les chemins d'exploitations, leur intégration dans la section agrandie peut s'effectuer aisément (Cf. figure ci-dessous). Des rampes enherbées peuvent servir d'entrée aux champs.

Les talus en pente douce recrées peuvent accueillir de la végétation arbustive permettant de stabiliser les berges, diminuer la vitesse de l'eau circulant dans le cours d'eau en cas de fort débits et de freiner et filtrer (sédiments et polluants) les eaux de ruissellement provenant des versants latéraux.

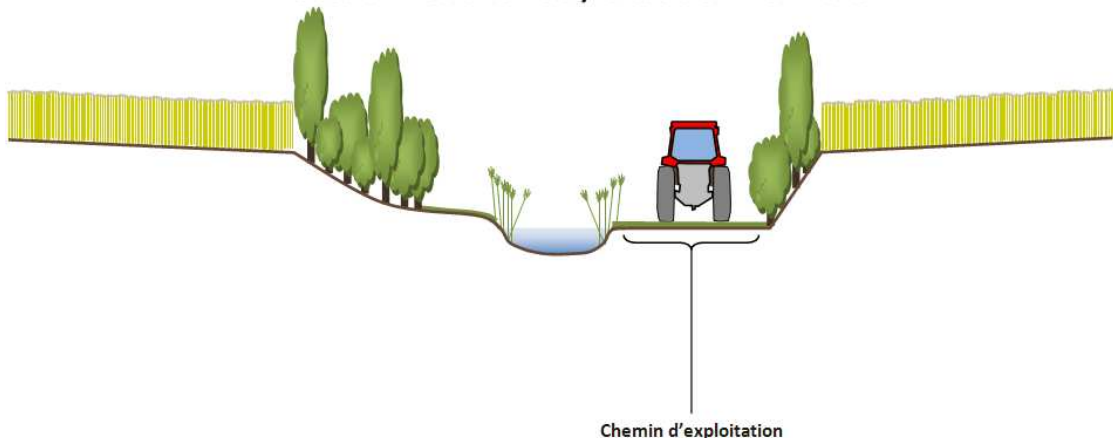
### Section actuelle / Situation normale



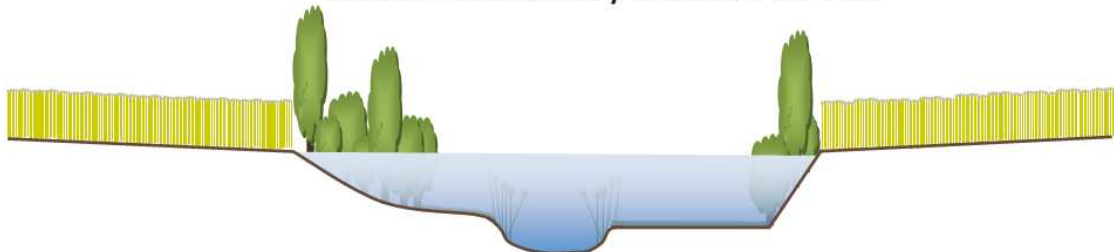
### Section actuelle / Situation de crue



### Section retravaillée / Situation normale



### Section retravaillée / Situation de crue





## Reprofilage des tracés

L'analyse des tracés des cours d'eau a montré leurs caractères très rectilignes avec une sinuosité quasi absente. Redonner une sinuosité plus naturelle à ces cours d'eau permet d'augmenter leur longueur effective et rallonger ainsi les temps de parcours de l'eau. Les temps de concentration ainsi rallongés permettent d'obtenir un effet d'atténuation des ondes de crues et une réduction des débits de pointes.

L'objet de permettre au cours d'eau de retrouver à la fois un tracé sinusoidal naturel avec un remodelage des berges en pentes douces.

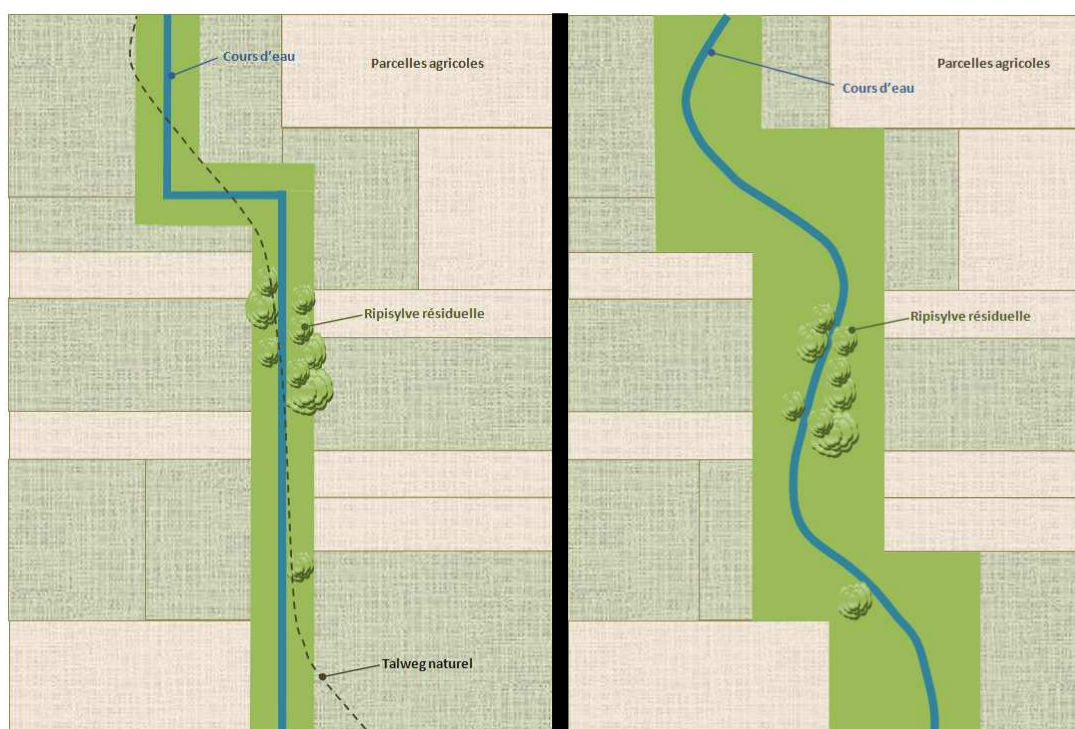


Figure 142 : Exemple de section de cours d'eau pouvant faire l'objet d'une renaturation (Landgraben en aval de Niederaltdorf)

### 3.3.2 Ouvrages de stockage

#### Mares tampons & Prairies inondables ou diguettes de plein champ

Ces ouvrages de capacité limitée, notamment pour les mares tampons sont proposés en amont des zones à enjeux sur les vallons secs (sans réseau hydrographique).

Deux solutions techniques sont envisageables :

- **mare tampon** : secteur en dépression ou à créer par terrassement, se caractérisant par une petite mare permanente au cœur du dispositif (intérêt écologique et paysager) et une zone inondable de capacité nettement plus importante fonctionnant unique en cas de ruissellement. Ces aménagements sont localisés de préférence sur des sites ayant déjà un caractère hydrophile et uniquement si la capacité de stockage temporaire nécessaire est limitée ;
- **prairie inondable, diguette de plein champ** : diguette implantée en travers d'un vallon sec, forme barrage en inondant temporairement la zone amont, généralement en prairie permanente. Ces aménagements sont localisés de préférence sur des sites ayant déjà une configuration adaptée et uniquement si la capacité de stockage temporaire est plus importante. Dans certains cas où la topographie n'est pas adaptée à l'implantation d'une diguette, un bassin de rétention peut être envisagé.



Figure 143: Prairie inondable tout juste achevée, barrant un vallon sec au niveau d'une pâture



Figure 144: Bassin de rétention sur topographie moins marquée, permettant stockage d'eau important



## Zone d'extension de crue

Les zones d'extension de crue sont utilisées en amont des villes et villages inondés. Le positionnement de tels ouvrages s'effectue selon les possibilités le long de la rivière. Plusieurs cas possibles sont à noter sur le secteur d'étude :

## Réutilisation des anciens lits de cours d'eau

L'artificialisation des cours d'eau en zone agricole a favorisé les tracés rectilignes. Plusieurs cas de lit « décalé » ont été observés, notamment en amont d'Ohlungen. Les anciens lits de rivière sont aujourd'hui occupés par des pâtures et des bois humides (Frênes, Saules, Aulnes). L'inondation temporaire de ces zones peut être envisagée et permettrait la rétention de volumes d'eau importants tout en favorisant le caractère humide de la végétation, lui redonnant sa dimension écologique. Le schéma ci-dessous illustre la réutilisation de ces anciens lits de rivières en zone d'extension des crues.

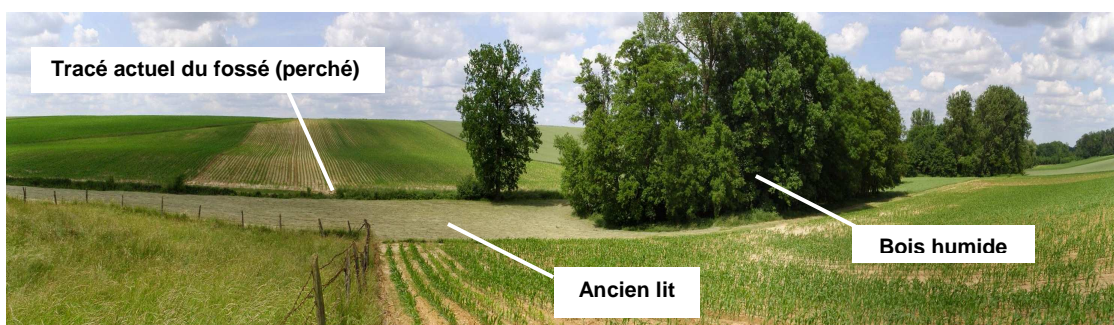
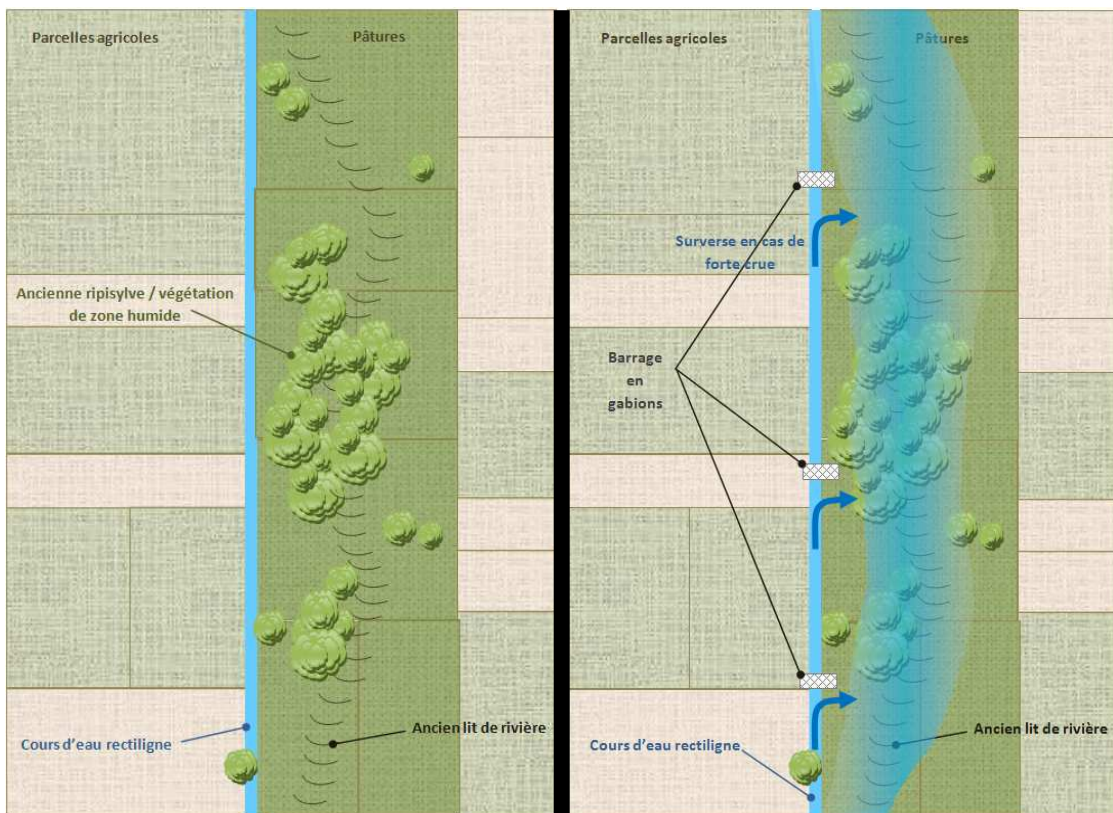


Figure 145: Exemple d'un ancien lit de rivière réutilisable (Sommerbaechel Sud Ohlungen)



## Fonds de vallées larges et plats

Situation idéale pour l'implantation d'une zone d'extension des crues, certains secteurs de fond de vallée présente un profil en travers large et relativement plat. La mise en place d'une ZEC en amont d'Ohlungen permet la rétention de volumes d'eau importants pour une hauteur d'eau faible. La surinondation de ces fonds de vallée favorise le caractère humide de la végétation. L'exemple de Schweighouse-sur-Moder ci-dessous est relativement explicite.

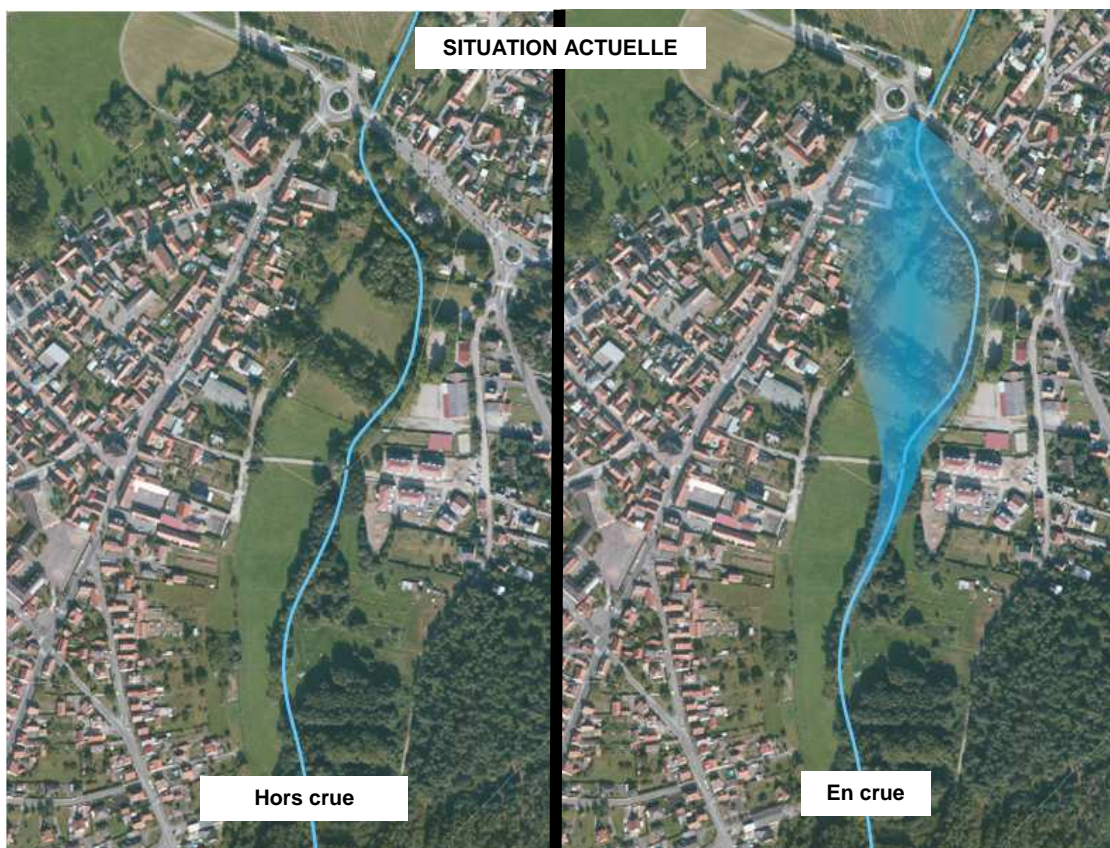


Figure 146: Fond de vallée large et plat en amont de Schweighouse-sur-Moder, adéquat pour la création d'une ZEC



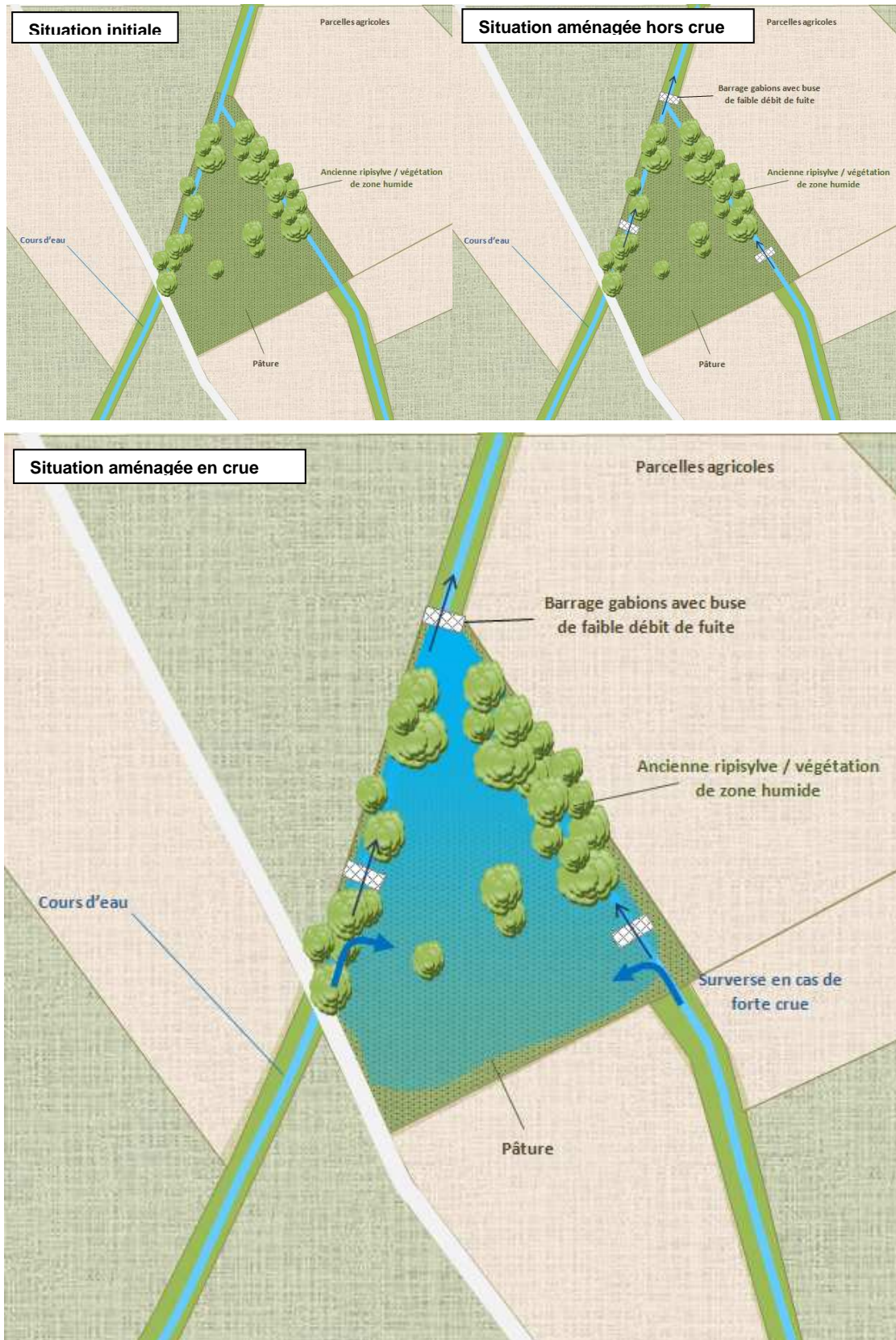
## Secteurs ponctuels

Ponctuellement certains secteurs sont appropriés pour créer une zone de rétention. Il s'agit de secteurs à pente plus faible où le fond de vallée s'élargit. Zones plus humides elles sont souvent maintenues en prairies parfois avec des bois humides. L'utilisation de ces secteurs en ZEC apparaît comme une solution possible afin de stocker temporairement des volumes d'eau sans nuire à leur caractère économique et écologique.



Figure 147: Secteur de pâture entre deux cours d'eau ponctuel propice à la création d'une ZEC (Sud Morschwiller)







### 3.4 Eléments existants à maintenir

Les éléments du paysage contribuant à limiter les phénomènes de ruissellement et d'érosion ont été recensés lors de l'état des lieux. Leur maintien est important pour ne pas aggraver l'aléa « coulée d'eau boueuse » du territoire.

#### Talus existants

Les talus existants jouant un rôle essentiel dans la réduction des ruissellements et de l'érosion sur les versants ont été recensés, localisés et cartographiés. Ceux-ci doivent être maintenus, entretenus, et leur caractère arborescent (présence d'une haie) doit être si possible renforcé.



Figure 148: Talus de versants à maintenir, en amont de Morschwiller

#### Prairies de versant

Les pâtures ne présentent pas le même intérêt dans la limitation des phénomènes de ruissellement et d'érosion. L'idéal serait la conservation de toutes les pâtures du territoire. Selon leur localisation, les prairies à conserver en priorité ont un rôle significatif en termes de protection du sol ou de réduction du ruissellement. Pour la protection du sol face à l'érosion, il s'agit de localiser les pâtures ayant le plus d'impact lors de leur retournement. La comparaison des modélisations RUSLE avec occupation du sol actuelle et retournement des pâtures nous permet d'identifier ces parcelles. De même la comparaison des cartes des coefficients de ruissellement établies avec occupation du sol actuelle et retournement des pâtures nous permet de localiser les parcelles ayant un impact le plus important sur la production de ruissellement.



Figure 149; Prairie de versant à maintenir, en amont de Pfaffenhoffen

## Prairies inondables de fond de vallée

Les prairies inondables de fond de vallée ne jouent pas le même rôle que les prairies de versant. Leur présence permet de conserver des surfaces inondables sans conséquence économiques. De même l'étalement des crues dans ces surfaces permet de diminuer la vitesse des eaux et contribuent à écrêter les crues. Ces pâtures doivent être maintenues voire développés tout le long des cours d'eau (permanent ou non) et dans les fond de vallons secs.



**Figure 150: Prairies de fond de vallée à caractère inondable, amont Dauendorf**



**Figure 151 : Prairies de fond de vallée à caractère inondable, amont Ohlungen**

## Ripisylve humide

Les bois humides existants jouent un rôle identique aux prairies de fond de vallée et notamment sur la réduction des vitesses d'écoulement dans les fonds de vallons et doivent être ainsi maintenus voire développés.



**Figure 152: Ripisylve humide à maintenir, en amont d'Ohlungen**

## 4. Schéma d'aménagement

### 4.1 Aménagement global

Carte: N° 194258-108 Atlas des aménagements proposés

Le schéma d'aménagement proposé porte sur :

- la **conservation d'éléments existants** permettant de limiter les phénomènes de coulées d'eau boueuse (pâtures de versant, talus et talus /haie de plein champs) ;
- la mise en place d'**aménagements d'hydraulique douce** (bandes enherbées, fascines, haies, renaturation de cours d'eau...) et de **mesures agronomiques** destinés à freiner les eaux de ruissellement sur les versants et dans les fonds de vallons et à limiter les transferts de sédiments vers l'aval. et d'ouvrages de rétention ;
- la construction d'**ouvrages de rétention** (prairies inondables, zones d'extension des crues, bassin de rétention, mares tampons) destinés à écrêter les crues. La crue de projet étant la **crue centennale**.

Le coût global de ce schéma d'aménagement s'élève à environ **4 935 000 € HT**. Le détail des opérations par communes est joint ci-après.

Le schéma d'aménagement se compose des aménagements ci-dessous :

#### Aménagements d'hydraulique douce et mesures agronomiques

Le détail du nombre, des longueurs/surfaces et des coûts des aménagements d'hydraulique douce est représenté dans le tableau figure n° 153. Les mesures agronomiques et autres opérations sont résumées dans les tableaux figure n° 153 & 154. Le coût total de ces opérations s'élève à environ **2 485 000€ HT**

HYDRAULIQUE DOUCE			
Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)
Bande enherbée	32	7 707	22 400
Chenal enherbé	4	998	18 000
Décaissement de route	2	117	48 500
Fascine	73	4 813	337 000
Fossé à redent	32	9 665	107 000
Fossé de ceinturage	8	1 217	8 600
Fossé de délestage	9	3 227	22 600
Gabion	14	479	95 800
Haie	110	23 164	188 000
Haie/BE	46	9 697	107 000
Haie/Talus	33	7 797	281 000
Renaturation de cours d'eau	25	13 502	1 179 000
Ripisylve	10	3 290	21 000
<b>Total général</b>	<b>732</b>	<b>129 122</b>	<b>2 435 900</b>

Figure 153: Caractéristiques et coûts des aménagements d'hydraulique douce du schéma d'aménagement



<b>MESURES AGRONOMIQUES</b>			
Type	Nombre	Linéaire (m)	Somme de Surface (Ha)
Conservation de talus	11	1 377	-
Fourrière	156	42 072	-
Pâtures à conserver	162	-	836.9
Remise en herbe	5	-	68.6

**Figure 154: Caractéristiques et coûts des mesures agronomiques du schéma d'aménagement**

<b>AUTRES</b>			
Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)
Décaissement de route	2	117	48 500*

\* Très variable, dépendant des spécificités du projet et des aménagements connexes

**Figure 155: Caractéristiques et coûts des autres opérations du schéma d'aménagement**

## Ouvrages de rétention

26 ouvrages de rétention sont proposés sur l'ensemble du site d'étude pour un cout total d'environ 2 450 000 € HT.

Les modalités de dimensionnement des ouvrages de rétention et le détail des calculs hydrauliques sont joints en annexe n°10.

Le choix des débits de fuite des ouvrages de rétention dépend de plusieurs facteurs :

- capacité des exutoires à traiter ;
- interconnexion d'ouvrages (prise en compte des débits de fuite amont) ;
- capacité topographique à priori (création d'ouvrage de moins de 2m garantissant la prise en compte de la sécurité civile) ;
- taille de l'ouvrage raisonnable en phase avec la capacité d'investissement financier des communes et de l'état et avec les enjeux à protéger.

Les aménagements de rétention sont pour la plupart en interconnexion et permettent la gestion des désordres hydrauliques au sein de trois grands bassins versants correspondants à trois grands secteurs d'aménagements (Cf. figure ci-dessous)

Les caractéristiques et les coûts des ouvrages par grands secteurs sont détaillés dans les tableaux ci-dessous.

Les réalisations des aménagements proposés imposent les étapes suivantes, dont le coût n'est pas inclus dans celui indiqué ci-dessous :

- une campagne de levés topographiques ;
- les études géotechniques ;
- l'élaboration des dossiers réglementaires (DUP, DIG et Dossier Loi sur l'Eau) ;
- les études de maîtrise d'œuvre de conception ;
- l'acquisition des terrains, notamment ceux réservés pour les petits ouvrages hydrauliques (mares, diguettes des prairies inondables, fossés, noues, ...), dont la maîtrise foncière est préférable.

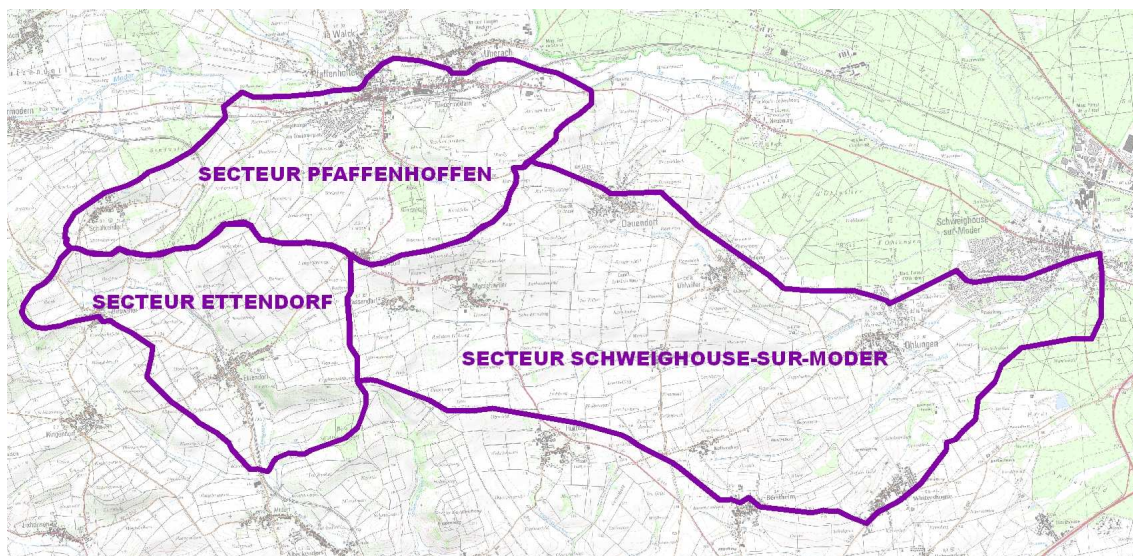


Figure 156: Secteurs d'aménagement

OUVRAGES DE RETENTION									
	n° ouvrage		Type	Volume stockage (m3)	Débit entrant (l/s)	Débit sortant (l/s)	Débit à l'exutoire (l/s)	Coût aménagement (en €)	Coût total
Situation actuelle	-		-	-	-	-	13 800		-
Après aménagement	M_1	Ettendorf	Mare tampon	370	400	10	6 300	4 800	835 400
	M_2	Buswiller	Mare tampon	540	480	10		7 000	
	M_4	Buswiller	Mare tampon	550	540	50		7 200	
	BUS_1	Buswiller	Bassin de rétention	2 100	680	100		65 600	
	BUS_2	Buswiller	ZEC	13 900	4 300	500		164 500	
	ETT_4	Ettendorf	Bassin de rétention	3 200	715	150		80 500	
	ETT_5	Ettendorf	Bassin de rétention	2 500	760	100		71 400	
	ETT_2	Ettendorf	Prairie inondable	4 500	1 250	50		95 000	
	ETT_3	Ettendorf	Prairie inondable	5 100	1 560	150		101 000	
	ETT_6	Ettendorf	Prairie inondable	3 400	990	100		82 900	
	ETT_7	Ettendorf	Prairie inondable	4 300	1 270	100		93 000	
RIN_2	Ringeldorf	Prairie inondable	1 900	620	100	62 500			

Figure 157: Ouvrages de rétention proposés sur le secteur d'Ettendorf

OUVRAGES DE RETENTION										
	n° ouvrage		Type	Volume stockage (m3)	Débit entrant (l/s)	Débit sortant (l/s)	Débit à l'exutoire (l/s)	Coût aménagement (en €)	Coût total	
Situation actuelle	ZONE 1 - Pfaffenhoffen "Reservoir"						280	-		
	ZONE 2 - Pfaffenhoffen "Am Spaehnenplatz"						2 070	-		
	ZONE 3 - Pfaffenhoffen "Hengstbaechel"						6 480	-		
Après aménagement	ZONE 1	M_7	Pfaffenhoffen	Mare tampon	850	260	25	0	11 050	368 650
	ZONE 2	PFA_1	Pfaffenhoffen	Bassin de rétention	1 150	340	35	300	49 000	
		PFA_2	Pfaffenhoffen	Prairie inondable	750	470	300		39 800	
	ZONE 3	NIE_1	Niedermodern	ZEC	8900	2760	300	624	132 400	
		RIN_1	Ringeldorf	ZEC	9 450	2 900	300		136 400	

Figure 158: Ouvrages de rétention proposés sur le secteur de Pfaffenhoffen

OUVRAGES DE RETENTION									
	n° ouvrage		Type	Volume stockage (m3)	Débit entrant (l/s)	Débit sortant (l/s)	Débit à l'exutoire (l/s)	Coût aménagement (en €)	Coût total
Situation actuelle	-		-	-	-	-	36 000		-
Après aménagement	BER_1	Berstheim	ZEC	9 500	3 120	500	18 000	136 700	1 244 500
	DAU_1	Dauendorf	ZEC	6 850	2 350	450		116 600	
	MOR_1	Morschwiller	ZEC	5 800	2 430	1 000		107 500	
	MOR_2	Morschwiller	ZEC	13 100	3 590	500		159 800	
	MOR_3	Morschwiller	ZEC	4 500	4 310	3 800		36 100	
	OHL_1	Ohlungen	ZEC	8 400	2 810	500		128 800	
	SCH_1	Schweighouse	ZEC	62 400	24 800	18 000		341 600	
	UHL_1	Uhlwiller	ZEC	14 700	5 480	2 000		169 000	
	UHL_3	Uhlwiller	ZEC	5 950	8 670	7 740		48 400	

**Figure 159: Ouvrages de rétention proposés sur le secteur de Schweighouse-sur-Moder**

Pour les différents exutoires étudiés lors de l'état des lieux, l'impact des ouvrages de rétention dans l'écrêtement des crues (réduction du débit de pointe) est résumé dans le tableau ci-dessous (figure n°160). La saturation ou non des exutoires avant et après aménagement est indiquée par un jeu de couleur (couleur rouge = saturation de l'exutoire ; couleur verte = exutoire non saturé).

La plupart des exutoires traités directement ou indirectement par des ouvrages de rétention ne sont plus saturés lors de l'évènement centennal. Sur les quatre exutoires restant saturés après aménagements, trois (unités n° 11, 19 et 24) correspondent à des passages sous route départementale dont la principale incidence est la création d'une zone de rétention en amont de la route, ce qui ne correspond pas à un enjeu majeur du territoire. Les ouvrages de rétention mis en place en amont et traitant d'autres enjeux plus importants permettent néanmoins de réduire de 30 à 65% les débits centennaux calculés sur ces exutoires.

En ce qui concerne l'exutoire de Pfaffenhoffen « Hengstbaechel » (unité n° 4), encore saturé après aménagements et malgré la réduction de 90% des débits de pointe, les incohérences hydrauliques et l'inadaptation du réseau Eaux Pluviales de la ville (présence d'un verrou hydraulique par réduction de section importante vers l'aval) explique la persistance du problème. L'impact de cette saturation sera néanmoins très nettement moins dommageable par rapport aux inondations actuelles (650 l/s au lieu de 6 500 l/s). Une étude et une reprise du réseau Eaux Pluviales de la commune est ainsi préconisée afin de supprimer la défaillance du réseau actuel et prévoir son adaptation à la situation présente mais également future (extension de l'urbanisation).

Le rôle et la priorité de chaque ouvrage de rétention dans le schéma d'aménagement global sont indiqués dans le tableau ci-dessous (figure n°161 et 162). On note :

- 12 ouvrages en priorité « haute » dont la mise en place présente un caractère urgent ;
- 8 ouvrages en priorité « moyenne » dont la mise en place peut s'effectuer dans un second temps, par exemple en appui des ouvrages en priorité « haute » ;
- 6 ouvrages en priorité « basse » dont mise en place ne présente pas de caractère urgent et peut s'effectuer dans un troisième temps.



N° SBV	Nom SBV	100 ans	100 ans aménagé	Ecrêtement de crue (%)	Présence d'un ouvrage en amont direct (I) ou déviation des flux (DV)	EXUTOIRE	Ouvrages de rétention concernés
		Débit de pointe centennal Q100 (l/s)	Débit de pointe centennal Q100 (l/s)			Capacité maximale de l'exutoire (l/s)	
1	Pfaffenhoffen "Longchamps"	734	210	-71%	DV	255	-
2	Pfaffenhoffen "Am Spaehnenplatz"	2 072	300	-86%	D	2 733	PFA2 PFA1
3	Pfaffenhoffen "Réservoir"	280	0	-100%	D DV	273	M7
4	Pfaffenhoffen "Hengstbeachel"	6 477	624	-90%	D	65	RIN1 NIE1
5	Niedermodern "Zone d'activité Sud-Ouest"	1 162	n/c**	n/c**	n/c**	3 890	-
6	Schalkendorf "Mittelbaum"	410	n/c**	n/c**	n/c**	382	-
7	Pfaffenhoffen "Rottmatt"	6 320	9 000	+ 42%	DV	15 222	-
8	Schalkendorf "Wannenbergr"	3 766	n/c**	n/c**	n/c**	2 796	-
9	Buswiller "amont source"	363	50	-86%	D	462	M4
10	Buswiller "Roeth"	660	100	-85%	D	n/a*	BUS1
11	Buswiller "Richter"	2 128	1 500	-30%	I	582	M4 BUS1
12	Ettendorf "Nord-Ouest"	245	10	-96%	D	149	M1
13	Ettendorf "Hengstberg"	3 523	150	-96%	D	845	ETT2 ETT3 ETT4
14	Ettendorf "Nord"	8 774	1 000	-89%	I	7 711	M4 BUS1 M1 ETT2 ETT3 ETT4
15	Ettendorf "Donnerloch"	529	n/c**	n/c**	n/c**	n/a*	-
16	Grassendorf "amont"	1 126	n/c**	n/c**	n/c**	506	-
17	Niederltdorf "Landgraben"	19 050	7 700	-60%	D	13 994	MOR1 MOR2 MOR3 UHL3
18	Ettendorf "Est"	4 683	1 700	-64%	D	2 626	RIN2 ETT5 ETT6 ETT7
19	Morschwiller "Landgraben"	9 779	7 000	-28%	I	3 487	MOR1 MOR3
20	Dauendorf "Im Schulpf"	228	n/c**	n/c**	n/c**	n/a*	-
21	Dauendorf "amont"	2 909	450	-85%	D	4 579	DAU1
22	Uhlwiller "amont"	8 441	2 600	-69%	D	6 699	DAU1 UHL1
23	Uhlwiller "Ebenheit"	363	n/c**	n/c**	n/c**	n/a*	-
24	Uhlwiller "Sud"	288	n/c**	n/c**	n/c**	156	-
25	Ohlungen "Plattkopf"	37 010	13 000	-65%	I	10 907	DAU1 UHL1 MOR1 MOR2 MOR3 UHL3 OHL1
26	Ohlungen "Jaegerbaechel"	38 910	14 000	-64%	I	32 000	DAU1 UHL1 MOR1 MOR2 MOR3 UHL3 OHL1
27	Dauendorf "Froeschloch"	1 268	n/c**	n/c**	n/c**	751	-
28	Dauendorf "Im Waeldeil"	3 161	n/c**	n/c**	n/c**	1 619	-
29	Uhlwiller "Stockwald"	2 825	n/c**	n/c**	n/c**	2 836	-
30	Schweighouse "Bois d'Ohlungen"	1 141	n/c**	n/c**	n/c**	8 365	-
31	Schweighouse "Bois d'Uhlwiller"	223	n/c**	n/c**	n/c**	2 514	-
32	Ohlungen "Sommerbaechel"	10 790	8 500	-21%	I	9 619	BER1
33	Sweighouse " Sommerbaechel"	51 580	18 000	-65%	D	36 000	DAU1 UHL1 MOR1 MOR2 MOR3 UHL3 OHL1 BER1 SCH1
34	Niedermodern "Stecken Aeckern"	388	n/c**	n/c**	n/c**	8 406	-
35	Niedermodern "Rainmatt Sud"	405	n/c**	n/c**	n/c**	1 619	-
36	Dauendorf "Bois de Herrenwald"	721	n/c**	n/c**	n/c**	1 619	-
37	Niedermodern "Zone d'activité Sud"	206	n/c**	n/c**	n/c**	3 898	-
38	Ettendorf "Schammen Sud"	400	n/c**	n/c**	n/c**	n/a*	-
39	Ettendorf "Schammen Nord"	294	10	n/c**	n/c**	n/a*	M2
40	Morschwiller "Pylone"	186	n/c**	n/c**	n/c**	20	-
41	Morschwiller "Klamm"	734	n/c**	n/c**	n/c**	601	-

\* absence de collecteur, ruissellement impactant directement la zone vulnérable en aval

\*\* non concerné par un ouvrage de rétention

**Figure 160: Tableau récapitulatif de l'impact des ouvrages de rétention sur les exutoires étudiés lors de l'état des lieux**

SECTEUR	n° ouvrage	Commune concernée	Type	Rôle	Importance des enjeux en aval direct	Rôle global	Rôle local	PRIORITÉ
SECTEUR ETTENDORF	M_1	Ettendorf	Mare tampon	Rôle décisif dans la résolution des inondations d'Ettendorf (Ettendorf "Nord-Ouest") Rôle faible dans la résolution des autres inondations d'Ettendorf (en aval)	Moyenne	Faible	Fort	Moyenne
	M_2	Ettendorf	Mare tampon	Rôle décisif dans la résolution des inondations d'Ettendorf (Ettendorf "Schammen-Nord") Rôle faible dans la résolution des autres inondations d'Ettendorf (en aval)	Moyenne	Faible	Fort	Moyenne
	M_4	Buswiller	Mare tampon	Protection de la route départementale D735 (Buswiller "amont source") Rôle très faible dans la résolution des autres inondations d'Ettendorf (en aval)	Faible	Faible	Fort	Basse
	BUS_1	Buswiller	Bassin de rétention	Protection du futur lotissement sur Buswiller (Buswiller "Roeth") Rôle faible dans la résolution des autres inondations d'Ettendorf (en aval)	Moyenne	Moyen	Moyen	Moyenne
	BUS_2	Buswiller	ZEC	Rôle décisif dans la résolution des inondations principales d'Ettendorf (Ettendorf "Nord")	Forte	Fort	Fort	Haute
	ETT_4	Ettendorf	Bassin de rétention	Rôle secondaire dans la résolution des inondations principales d'Ettendorf et de la voie ferrée (Ettendorf "Hengstberg") Rôle d'appui des ouvrages ETT_2 et ETT_3	Forte	Moyen	Moyen	Moyenne
	ETT_5	Ettendorf	Bassin de rétention	Rôle secondaire dans la résolution des inondations principales d'Ettendorf (Ettendorf "Est")	Forte	Moyen	Fort	Haute
	ETT_2	Ettendorf	Prairie inondable	Rôle décisif dans la résolution des inondations principales d'Ettendorf et de la voie ferrée (Ettendorf "Hengstberg")	Forte	Fort	Fort	Haute
	ETT_3	Ettendorf	Prairie inondable	Rôle décisif dans la résolution des inondations principales d'Ettendorf et de la voie ferrée (Ettendorf "Hengstberg")	Forte	Fort	Fort	Haute
	ETT_6	Ettendorf	Prairie inondable	Rôle décisif dans la résolution des inondations principales d'Ettendorf (Ettendorf "Est")	Forte	Moyen	Fort	Haute
	ETT_7	Ettendorf	Prairie inondable	Rôle décisif dans la résolution des inondations principales d'Ettendorf (Ettendorf "Est")	Forte	Moyen	Fort	Haute
	RIN_2	Ringeldorf	Prairie inondable	Rôle secondaire dans la résolution des inondations principales d'Ettendorf (Ettendorf "Est") Rôle d'appui de l'ouvrage ETT_6	Forte	Moyen	Moyen	Moyenne

Figure 161: Tableau récapitulatif des rôles des ouvrages de rétention et de leur priorité dans le schéma d'aménagement global

SECTEUR	n° ouvrage	Commune concernée	Type	Rôle	Importance des enjeux en aval direct	Rôle global	Rôle local	PRIORITÉ
SECTEUR PFAFFENHOFFEN	M_7	Pfaffenhoffen	Mare tampon	Rôle décisif dans la résolution des inondations principales de Pfaffenhoffen (Pfaffenhoffen "Reservoir")	Forte	Moyen	Fort	Haute
	NIE_1	Niedermodern	ZEC	Rôle décisif dans la résolution des inondations principales de Pfaffenhoffen (Pfaffenhoffen "Hengstbaechel")	Forte	Moyen	Fort	Haute
	PFA_1	Pfaffenhoffen	Bassin de rétention	Rôle faible dans la résolution des inondations principales de Pfaffenhoffen (Pfaffenhoffen "Am Spaehnenplatz") Rôle d'appui du fossé de délestage amont	Forte	Faible	Faible	Basse
	PFA_2	Pfaffenhoffen	Prairie inondable	Rôle faible dans la résolution des inondations principales de Pfaffenhoffen (Pfaffenhoffen "Am Spaehnenplatz") Rôle d'appui du fossé de délestage amont	Forte	Faible	Faible	Basse
	RIN_1	Ringeldorf	ZEC	Rôle décisif dans la résolution des inondations principales de Pfaffenhoffen (Pfaffenhoffen "Hengstbaechel")	Forte	Moyen	Fort	Haute
SECTEUR SCHWEIGHOUSE-SUR-MODER	BER_1	Bersthaim	ZEC	Rôle décisif dans la résolution des inondations principales de Ohlungen (Ohlungen "Sommerbaechel") Rôle faible dans la résolution des inondation de	Moyenne	Moyen	Moyen	Moyenne
	DAU_1	Dauendorf	ZEC	Rôle décisif dans la résolution des inondations principales de Dauendorf (Dauendorf "amont")	Forte	Moyen	Fort	Haute
	MOR_1	Morschwiller	ZEC	Rôle décisif dans la réduction de la saturation de l'ouvrage sous la départementale D419 (Morschwiller "Landgraben") Rôle faible dans la résolution des inondations en	Faible	Faible	Faible	Basse
	MOR_2	Morschwiller	ZEC	Rôle décisif dans la résolution des inondations principales de Niederaltdorf (Niederaltdorf "Landgraben") Rôle secondaire dans la résolution des inondations	Forte	Fort	Fort	Haute
	MOR_3	Morschwiller	ZEC	Rôle décisif dans la réduction de la saturation de l'ouvrage sous la départementale D419 (Morschwiller "Landgraben") Rôle faible dans la résolution des inondation en aval	Faible	Faible	Faible	Basse
	OHL_1	Ohlungen	ZEC	Rôle secondaire dans la réduction de la saturation de l'ouvrage sous la départementale D419 (Ohlungen "Plattkopf") et la résolution des inondations d'Ohlungen (Ohlungen "Jaegerbaechel")	Forte	Moyen	Moyen	Moyenne
	SCH_1	Schweighouse	ZEC	Rôle décisif dans la résolution des inondations principales de Schweighouse-sur-Moder (Schweighouse " Sommerbaechel")	Forte	Faible	Fort	Moyenne

Figure 162: Tableau récapitulatif des rôles des ouvrages de rétention et de leur priorité dans le schéma d'aménagement global



Les principales caractéristiques de conception des ouvrages sont reportées dans le tableau ci-dessous. Les surfaces inondées et hauteurs/profondeurs des ouvrages sont présentées à titre indicatif et issues d'un travail à partir des données IGN à l'échelle du 1/25 000<sup>ème</sup>. La cartographie par aménagement des zones inondées approximatives sont jointes en annexe n° 10. Les caractéristiques finales de ces ouvrages dépendront des analyses fines (levés de géomètre) réalisées en phase projet. Les principales contraintes issues du contrôle de faisabilité préalable effectué avec le comité technique et les élus sont également citées dans ce tableau.

	n° ouvrage	Commune concernée	Type	Surface inondée approximative (m <sup>2</sup> )	Hauteur/profondeur approximative de l'ouvrage (m)	Contraintes/ remarques
<b>SECTEUR</b>						
<b>SECTEUR ETTENDORF</b>	M_1	Ettendorf	Mare tampon	400	0.9	-
	M_2	Buswiller	Mare tampon	500	1	-
	M_4	Buswiller	Mare tampon	500	1	-
	BUS_1	Buswiller	Bassin de rétention	2 000	1	Verification de la compatibilité avec création du lotissement aval
	BUS_2	Buswiller	ZEC	16 000	1	Prise en compte de la voie SNCF proche Remblais pour réhausse de topographie en amont de la ZEC
	ETT_4	Ettendorf	Bassin de rétention	3 000	1	Prise en compte du hangar matériel aval et reprise du débit de fuite existant Dispositif de surverse à prévoir par l'arrière
	ETT_5	Ettendorf	Bassin de rétention	1 200	2	Proximité habitation à prendre en compte
	ETT_2	Ettendorf	Prairie inondable	7 000	0.7	-
	ETT_3	Ettendorf	Prairie inondable	2 500	2	Possibilité d'aménagement du fossé aval en substitution (barrages en cascade)
	ETT_6	Ettendorf	Prairie inondable	2 000	1.5	-
	ETT_7	Ettendorf	Prairie inondable	1200 (x 2)	2	Topographie contraignante (pente), possibilité de stockage en cascade sur deux zones
	RIN_2	Ringeldorf	Prairie inondable	1 800	1	Proximité de la route, topographie plane nécessitant un cheminement contrôlé des eaux vers l'ouvrage
<b>SECTEUR PFAFFENHOFFEN</b>	M_7	Pfaffenhoffen	Mare tampon	850	1	Contrainte de débit de fuite, nécessité d'acquisition de la totalité des parcelles en fruitiers pour travailler la jonction avec le chenal enherbé aval Création d'une digue de protection du stock de bois aval
	NIE_1	Niedermodern	ZEC	9000	1	Proximité ligne haute tension Chemin d'accès à créer
	PFA_1	Pfaffenhoffen	Bassin de rétention	2 000	0.5	Réaménagement d'un ouvrage existant nécessitant un contrôle de l'état des structures à réutiliser
	PFA_2	Pfaffenhoffen	Prairie inondable	1 000	0.8	Réaménagement d'un ouvrage existant nécessitant un contrôle de l'état des structures à réutiliser
	RIN_1	Ringeldorf	ZEC	8 400	1.2	-
<b>SECTEUR SCHWEIGHOUSE-SUR-MODER</b>	BER_1	Berstheim	ZEC	15 000	0.7	-
	DAU_1	Dauendorf	ZEC	10 000	0.7	-
	MOR_1	Morschwiller	ZEC	6 000	2	-
	MOR_2	Morschwiller	ZEC	13 000	1	-
	MOR_3	Morschwiller	ZEC	4500 (15 x 300)	1	Arrivée en latéral du fossé de déviation à adoucir Présence d'un réseaux souterrain sous berges pouvant limiter le décaissement Stockage en longueur nécessitant éventuellement plusieurs ouvrages en cascade
	OHL_1	Ohlungen	ZEC	3000 (x 3)	1	Stockage en longueur nécessitant plusieurs ouvrages en cascade Chemin d'accès à créer
	SCH_1	Schweighouse	ZEC	57 000	1.1	Chemin d'accès à créer
	UHL_1	Uhlwiller	ZEC	15 000	1	Proximité de route à prévoir si réhausse de la D227 non effective et secteur amont choisi Contrainte topographique si secteur aval choisi, nécessitant un reprofilage topographique
	UHL_3	Uhlwiller	ZEC	6700 (15 x 450)	0.9	Présence d'un réseaux souterrain sous berges pouvant limiter le décaissement Stockage en longueur nécessitant éventuellement plusieurs ouvrages en cascade

Figure 163: Tableau des caractéristiques et contraintes des ouvrages de rétention

## Gestion ponctuelle des verrous hydrauliques

Hormis le réseau Eaux Pluviales de la commune de Pfaffenhoffen, deux autres verrous hydrauliques ont été identifiés et doivent faire l'objet d'une réhabilitation.

L'ouvrage en aval du réseau souterrain de Dauendorf (passage sur le fossé en prolongement de la rue de l'Ecole), constitué de plusieurs buses de section réduite, bien inférieure à la capacité d'évacuation du réseau souterrain en amont proche. La saturation au niveau de ce verrou pourrait mettre en charge le fossé amont et diminuer la capacité d'évacuation du réseau souterrain de Dauendorf provoquant la saturation de celui-ci et les inondations associées.



**Figure 164: verrou hydraulique en aval de Dauendorf**

Le passage sur le fossé en amont du pont de Niederaltdorf, caractérisé par une buse ovoïde de capacité moindre que le pont, peut créer une saturation en amont de celui-ci et générer des débordements problématiques comme se fut le cas lors de la saturation du pont romain un peu plus en amont.



**Figure 165 : verrou hydraulique en amont du pont de Niederaltdorf**

## 5. Synthèse des coûts par commune

<b>BERSTHEIM</b>				
	Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)
Hydraulique douce	Bande enherbée	2	452	1 311
	Haie	7	1 211	9 821
	Haie/Talus	2	605	21 780
	Renaturation	2	1 053	91 927
TOTAL Hydraulique douce				<b>124 839 € HT</b>
	Type	Nom	Volume	Coût (€)
Ouvrage de rétention	Zone d'Expansion des Crues	BER_1	9 500	136 700
TOTAL ouvrages de rétention				<b>136 700 € HT</b>
TOTAL COMMUNE				<b>261 539 € HT</b>

<b>BUSWILLER</b>				
	Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)
Hydraulique douce	Bande enherbée	1	338	980
	Fossé à redent	3	901	9 911
	Haie	10	1 217	9 870
	Haie/BE	1	626	6 892
	Haie/Talus	1	308	11 088
	Renaturation	1	783	68 356
	Ripsisylve	1	185	1 166
TOTAL HYDRAULIQUE DOUCE				<b>108 263 € HT</b>
	Type	Nom	Volume	Coût (€)
Ouvrage de rétention	Mare tampon	M_4	550	7 200
	Bassin de rétention	BUS_1	2 100	65 600
	Zone d'Expansion des Crues	BUS_2	13 900	164 500
TOTAL ouvrages de rétention				<b>237 300 € HT</b>
TOTAL COMMUNE				<b>345 563 € HT</b>

<b>DAUENDORF</b>				
	Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)
Hydraulique douce	Bande enherbée	5	1 081	3 135
	Fascine à créer	7	397	27 790
	Fossé à redent	1	342	3 762
	Fossé de ceinturage	1	87	609
	Fossé de délestage	2	1 051	7 357
	Haie	11	3 013	24 435
	Haie/BE	5	900	9 909
	Haie/Talus	1	179	6 444
	Renaturation	4	1 646	143 696
	Ripsisylve	2	544	3 427
TOTAL HYDRAULIQUE DOUCE				<b>230 564 € HT</b>
	Type	Nom	Volume	Coût (€)
Ouvrage de rétention	Zone d'Expansion des Crues	DAU_1	6 850	116 600
TOTAL ouvrages de rétention				<b>116 600 € HT</b>
TOTAL COMMUNE				<b>347 164 € HT</b>



<b>ETTENDORF</b>				
Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)	
Hydraulique douce	Bande enherbée	3	1 627	4 718
	Chenal enherbé	1	225	4 050
	Fascine à créer	7	406	28 420
	Fossé à redent	6	2 551	28 061
	Fossé de ceinturage	3	572	4 004
	Gabion	6	237	47 400
	Haie	13	3 480	28 223
	Haie/BE	6	1 118	12 309
	Haie/Talus	6	1 795	64 620
	<b>TOTAL HYDRAULIQUE DOUCE</b>			<b>221 805 € HT</b>

Type	Nom	Volume	Coût (€)	
Ouvrage de rétention	Mare tampon	M_1	370	4 800
	Mare tampon	M_2	540	7 000
	Bassin de rétention	ETT_4	3 200	80 500
	Bassin de rétention	ETT_5	2 500	71 400
	Prairie inondable	ETT_2	4 500	95 000
	Prairie inondable	ETT_3	5 100	101 000
	Prairie inondable	ETT_6	3 400	82 900
	Prairie inondable	ETT_7	4 300	93 000
<b>TOTAL ouvrages de rétention</b>			<b>535 600 € HT</b>	

<b>TOTAL COMMUNE</b>			<b>757 405 € HT</b>
----------------------	--	--	---------------------

<b>GRASSENDORF</b>				
Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)	
Hydraulique douce	Bande enherbée	4	806	2 337
	Décassement de route	1	78	30 700
	Fascine à créer	4	289	20 230
	Fossé à redent	4	831	9 141
	Fossé de ceinturage	1	143	1 001
	Fossé de délestage	2	590	4 130
	Haie	11	1 889	15 320
	Haie/BE	2	151	1 663
	Haie/Talus	3	508	18 288
	Renaturation	1	344	30 031
	<b>TOTAL HYDRAULIQUE DOUCE</b>			<b>132 841 € HT</b>

<b>TOTAL COMMUNE</b>			<b>132 841 € HT</b>
----------------------	--	--	---------------------

<b>HUTTENDORF</b>				
Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)	
Hydraulique douce	Bande enherbée	2	520	1 508
	Gabion	3	79	15 800
	Haie	1	138	1 119
	Haie/BE	1	10	110
	Haie/Talus	1	245	8 820
	Renaturation	1	235	20 516
	Ripisylve	1	261	1 644
	<b>TOTAL HYDRAULIQUE DOUCE</b>			<b>49 517 € HT</b>

<b>TOTAL COMMUNE</b>			<b>49 517 € HT</b>
----------------------	--	--	--------------------

## MORSCHWILLER

Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)
Bande enherbée	4	935	2 712
Fascine à créer	12	842	58 940
Fossé à redent	6	1 476	16 236
Fossé de ceinturage	1	162	1 134
Fossé de délestage	1	76	532
Haie	8	2 059	16 698
Haie/BE	6	1 580	17 396
Haie/Talus	3	545	19 620
Renaturation	5	2 663	232 480

TOTAL HYDRAULIQUE DOUCE 365 748 € HT

Type	Nom	Volume	Coût (€)
Ouvrage de rétention	Zone d'Expansion des Crues MOR_1	5 800	107 500
	Zone d'Expansion des Crues MOR_2	13 100	159 800
	Zone d'Expansion des Crues MOR_3	4 500	36 100

TOTAL ouvrages de rétention 303 400 € HT

TOTAL COMMUNE 669 148 € HT

## NIEDERMODERN

Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)
Bande enherbée	1	89	258
Fascine à créer	1	67	4 690
Fossé à redent	2	223	2 453
Haie	6	719	5 831
Haie/Talus	2	352	12 672

TOTAL HYDRAULIQUE DOUCE 25 904 € HT

Type	Nom	Volume	Coût (€)
Ouvrage de rétention	Zone d'Expansion des Crues NIE_1	8 900	132 400

TOTAL ouvrages de rétention 132 400 € HT

TOTAL COMMUNE 158 304 € HT

## OHLUNGEN

Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)
Bande enherbée	1	203	589
Fascine à créer	4	228	15 960
Fossé de délestage	1	105	735
Haie	11	2 488	20 178
Haie/BE	3	1 086	11 957
Renaturation	5	3 163	276 130

TOTAL HYDRAULIQUE DOUCE 325 548 € HT

Type	Nom	Volume	Coût (€)
Ouvrage de rétention	Zone d'Expansion des Crues OHL_1	8 400	128 800

TOTAL ouvrages de rétention 128 800 € HT

TOTAL COMMUNE 454 348 € HT

### PFAFFENHOFFEN

Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)	
Hydraulique douce	Fascine à créer	3	170	11 900
	Fossé à redent	3	994	10 934
	Fossé de ceinturage	1	194	1 358
	Fossé de délestage	2	1 393	9 751
	Gabion	3	123	24 600
	Haie	3	352	2 855
	Haie/BE	6	683	7 520
	Haie/Talus	1	130	4 680
	<b>TOTAL HYDRAULIQUE DOUCE</b>			<b>73 598 € HT</b>

Type	Nom	Volume	Coût (€)	
Ouvrage de rétention	Mare tampon	M_7	850	11 050
	Bassin de rétention	PFA_1	1 150	49 000
	Prairie inondable	PFA_2	750	39 800
<b>TOTAL ouvrages de rétention</b>			<b>99 850 € HT</b>	

**TOTAL COMMUNE 173 448 € HT**

### RINGELDORF

Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)	
Hydraulique douce	Bande enherbée	2	401	1 163
	Chenal enherbé	1	543	9 774
	Fascine à créer	13	982	68 740
	Fossé à redent	3	1 077	11 847
	Haie	13	2 907	23 576
	Haie/BE	6	1 169	12 871
	Haie/Talus	9	1 461	52 596
	Ripisylve	1	574	3 616
	<b>TOTAL HYDRAULIQUE DOUCE</b>			<b>184 183 € HT</b>

Type	Nom	Volume	Coût (€)	
Ouvrage de rétention	Zone d'Expansion des Crues	RIN_1	9450	136 400
	Prairie inondable	RIN_2	1 900	62 500
<b>TOTAL ouvrages de rétention</b>			<b>198 900 € HT</b>	

**TOTAL COMMUNE 383 083 € HT**

### SCHALKENDORF

Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)	
Hydraulique douce	Bande enherbée	2	89	258
	Chenal enherbé	1	27	486
	Décaissement de route	1	39	17 800
	Fascine à créer	4	192	13 440
	Fossé à redent	2	779	8 569
	Fossé de délestage	1	12	84
	Haie	7	1 895	15 368
	Haie/BE	4	828	9 116
	Ripisylve	1	120	756
	<b>TOTAL HYDRAULIQUE DOUCE</b>			<b>65 878 € HT</b>

**TOTAL COMMUNE 65 878 € HT**



### SCHWEIGHOUSE-SUR-MODER

Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)
Hydraulique douce Renaturation	1	59	5 151
<b>TOTAL HYDRAULIQUE DOUCE</b>			<b>5 151 € HT</b>

Type	Nom	Volume	Coût (€)
Ouvrage de rétention Zone d'Expansion des Crues	SCH_1	62 400	341 600
<b>TOTAL ouvrages de rétention</b>			<b>341 600 € HT</b>

**TOTAL COMMUNE 346 751 € HT**

### UHLWILLER

Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)	
Hydraulique douce	Bande enherbée	4	980	2 842
	Chenal enherbé	1	203	3 654
	Fascine à créer	16	1 138	79 660
	Fossé à redent	2	491	5 401
	Fossé de ceinturage	1	59	413
	Gabion	2	40	8 000
	Haie	7	1 339	10 859
	Haie/BE	6	1 546	17 021
	Haie/Talus	4	1 669	60 084
	Renaturation	4	2 785	243 131
	Ripisylve	4	1 606	10 118
	<b>TOTAL HYDRAULIQUE DOUCE</b>			<b>441 183 € HT</b>

Type	Nom	Volume	Coût (€)	
Ouvrage de rétention	Zone d'Expansion des Crues	UHL_1	14 700	169 000
	Zone d'Expansion des Crues	UHL_3	5 950	48 400
<b>TOTAL ouvrages de rétention</b>			<b>217 400 € HT</b>	

**TOTAL COMMUNE 658 583 € HT**

### WINTERHOUSE

Type	Nombre	Linéaire (m)	Coût (€)	
Hydraulique douce	Bande enherbée	1	186	539
	Fascine à créer	2	102	7 140
	Haie	2	457	3 706
	Renaturation	1	771	67 308
<b>TOTAL HYDRAULIQUE DOUCE</b>			<b>78 694 € HT</b>	

**TOTAL COMMUNE 78 694 € HT**

## 6. Evaluation des impacts attendus

### 6.2 Impacts attendus

L'objectif affiché de l'ensemble des aménagements proposés vise à :

- protéger les zones urbaines des coulées boueuse ;
- réduire les débits de pointe des ruissellements ruraux vers les cours d'eau aval ;
- limiter les apports en sédiments par une réduction de l'érosion des sols sur les parcelles source ou par l'implantation d'aménagements constituant des pièges à sédiments ;
- limiter les transferts vers l'aval de polluants associés aux ruissellements boueux.

Globalement l'impact attendu est :

- un impact positif en termes de réduction des inondations constatées sur le site d'étude. Les aménagements contribuent à la protection des biens et des personnes, tout en renforçant la sécurité routière (réduction des inondations de voiries) ;
- un impact positif en termes de réductions de l'envasement et de la pollution des cours d'eau, contribuant à l'objectif du bon état écologique des milieux aquatiques d'ici 2015 (Loi sur l'eau et les milieux aquatiques du 30 décembre 2006) ;
- un impact positif en termes de protection des ouvrages de rétention proposés et du bon fonctionnement des réseaux d'eaux pluviales des communes ;
- un impact positif en termes de développement de la biodiversité par augmentation du linéaire de haies.

#### 6.2.1 Incidences sur les eaux de surface

Les ouvrages d'écrêtement des crues auront une incidence positive à deux niveaux :

- une réduction des débits de pointe et des apports brutaux au niveau des points bas (objectif premier des ouvrages), notamment vers les zones urbaines en aval ;
- une décantation des particules solides en charge dans les eaux de ruissellements, notamment par les aménagements connexes visant à filtrer les eaux de ruissellement avant leur stockage dans le bassin.

Le projet consiste à la mise en place d'ouvrages permettant de stocker et d'écrêter les ruissellements transitant actuellement dans les talwegs naturels à un débit de fuite compatible avec les débits capacitaires des réseaux (Eaux Pluviales ou ouvrages d'art) situés en aval. Les ouvrages permettront d'améliorer le fonctionnement hydraulique actuel sur le site d'étude et contribueront à réduire les risques d'inondation et d'érosion des sols associés. Ils contribuent également dans une moindre mesure à limiter les crues et l'envasement des rivières, et ainsi à préserver, voire améliorer leur qualité piscicole.

On ajoutera qu'aucun rejet ou déversement d'eaux pluviales supplémentaires ne sera effectué dans le milieu superficiel. Les eaux de ruissellement et pluviales seront, au contraire, stockées temporairement par les ouvrages et s'écouleront via leur débit de fuite. Ces derniers sont très nettement inférieurs aux débits maximums actuellement.

Les ouvrages projetés tiendront le rôle de bassin de décantation et dans ce sens, diminueront les apports en sédiments et en polluants associés à l'exutoire. En effet, le temps de séjour des eaux de pluie dans les ouvrages projetés est suffisamment important

(de 0,5 à 2 jours) pour permettre le phénomène de décantation des argiles (particules solides ne pouvant être déposées qu'en eau calme). D'autre part, des aménagements connexes sont également prévus, telles que des bandes enherbées, des haies et fascines, contribuant à ralentir les écoulements et favorisant ainsi la sédimentation. En effet, les mesures agroenvironnementales proposées contribuent à réduire l'érosion des sols et les transferts de produits phytosanitaires associés.

Les sources potentielles de flux polluants pouvant aboutir dans les ouvrages sont de plusieurs types :

- sédiments arrachés par l'érosion hydrique sur les parcelles cultivées ;
- intrants agricoles lessivés ;
- hydrocarbures par pollution chronique des voiries et pollution accidentelle.

On notera que d'après Valiron et Tabuchi, pour un temps de vidange de 12 à 48h, la décantation est au minimum de 60% pour les matières sèches en suspension (MES) au sein d'ouvrages d'écêtement, à l'origine des eaux troubles, et peut atteindre ou même dépasser 80-85% suivant la granulométrie (sables et limons). Par ailleurs, il est établi qu'une grande partie de la pollution se trouve associée aux MES, à l'exception principalement des nitrites, nitrates et phosphores solubles. Une décantation de quelques heures réduira donc, non seulement les matières sèches en suspension, mais également les éléments fixés sur celles-ci.

Parallèlement, l'ensemble des aménagements d'hydraulique douce (bandes enherbées, fascines, haies), les mesures agronomiques proposées à la parcelle visant à réduire le risque d'érosion et les collecteurs enherbés (noues et fossés), notamment en présence de redents, contribuent globalement à réduire les débits de ruissellement et également la charge en matières en suspension débouchant dans les ouvrages d'écêtement (du projet ou déjà existants). D'après la bibliographie, une réduction de l'ordre de 20% peut être raisonnablement acceptée.

Les aménagements retenus participeront donc à une réduction de la pollution par un abattement des matières sèches en suspension et les polluants associés. Ils constitueront ainsi une zone d'atterrissement et restitueront au talweg à l'aval une eau de meilleure qualité que celle transitant aujourd'hui.

En cas de pollution accidentelle, cette dernière représente un risque de contamination si aucune mesure préventive ou curative n'est prise. L'efficacité du traitement d'une pollution accidentelle par déversement dans le milieu naturel d'un produit indésirable repose avant tout sur la rapidité de la première intervention destinée à limiter sa propagation. Dans un deuxième temps, ce sont les possibilités de récupération du produit, puis de réhabilitation des sols et milieux contaminés qui seront déterminants. La vanne d'isolement qu'équipera les ouvrages de rétention permettant le confinement des polluants par isolement temporaire des eaux dans l'ouvrage d'écêtement. Un pompage des polluants pourra alors être réalisé dans un second temps.

## 6.2.2 Incidences sur les eaux souterraines

Le projet n'engendre aucun prélèvement ou injection massif volontaire d'eau dans le milieu souterrain. Par ailleurs, le temps de séjour des eaux de ruissellements dans un ouvrage structurant étant limité à 1 jour au maximum, une part non significative des eaux est ainsi susceptible de s'infiltrer par le fond du bassin, ne modifiant en rien les écoulements de la nappe de la craie.

Aucun risque d'inondation de sous sol par remontée de nappe n'est présent au regard de l'important éloignement du bassin de rétention de toute habitation.



### 6.2.3 Incidences sur la faune et la flore

Les ouvrages d'écrêtement des eaux constituent une zone temporairement inondable contribuant à modifier le milieu naturel existant en particulier la végétation. La zone d'atterrissement résultant de la décantation des matières en suspension est un milieu eutrophe, très riche en semences apportées continuellement par les eaux : les espèces adventices et rudérales s'y développent rapidement et sont souvent associées à des espèces de cultures. La compétition aboutit à un appauvrissement du milieu en termes de diversité floristique. Néanmoins, les aménagements connexes amont visant à filtrer les eaux de ruissellement limitent ces apports. Ainsi, les zones temporairement inondées vont pouvoir accueillir une flore adaptées aux milieux humides, enrichissant ainsi la biodiversité de la partie amont du bassin versant actuellement relativement pauvre de ce point de vue. Elles permettront également d'accueillir en second temps la faune associée à aux milieux humides.

L'implantation des ouvrages a été choisie en tenant compte de la topographie du site et de son occupation, de façon à avoir un moindre impact sur le paysage et sur la végétation :

- réalisation des ouvrages de rétention dans l'axe de talweg au sein de pâtures permettant la mise en place de prairies inondables;
- utilisation d'un site déjà régulièrement inondés (dans axe d'écoulement).

Les aménagements d'hydraulique douce, notamment les haies, contribuent également à diversifier le milieu et constituent un refuge particulièrement apprécié de la faune. Les haies constituent ainsi de véritables corridors écologiques reliant des zones boisées ou marais.

Les incidences sur la faune et la flore seront positives, sous réserve de veiller à maîtriser l'invasion d'espèces adventices et rudérales et l'eutrophisation du milieu par la présence d'aménagements d'hydraulique douce en amont formant pièges à sédiment (et donc de semences et de matières en suspension).

### 6.2.4 Incidences paysagères

Parmi l'ensemble des aménagements proposés, seuls les ouvrages d'écrêtement des crues peuvent avoir un impact paysager de part les terrassements (creusement ou talutage). Néanmoins Il apparaît qu'au vu des sites retenus et du type d'aménagements proposés (prairies inondables), les ouvrages auront une incidence limitée sur le paysage (talus enherbé sur fond de pâture également enherbée). Leurs implantations ont été choisies en tenant compte de la topographie du terrain et de son occupation du sol actuelle. Pour limiter leur impact paysager, l'ouvrage sera le plus possible implanté en creux, le terrassement aval ne devrait pas dépasser 1 à 2 m de hauteur le niveau de l'aire de dépôt aval. Ce dernier point ne pourra être confirmé que lors de l'étude de projet. Afin de limiter l'impact visuel, le modelé de l'ouvrage seront volontairement très doux (faibles pentes et tracé suivant les courbes naturelles du terrain ou les éléments structurants existants tel un alignement d'arbres par exemple).

Les ouvrages de type mares tampons contribueront à améliorer l'aspect paysagé du bassin versant. La disparition des mares dans le paysage a contribué à la dégradation de sa qualité. La création de mares redonnera au paysage une partie de ses particularités.

Ces ouvrages feront l'objet d'un enherbement généralisé et de plantations paysagères de haies et d'arbres afin d'intégrer au mieux ces ouvrages au paysage, leur donner un caractère rustique et ancien.

Les aménagements d'hydraulique douce (bandes enherbées, haies et fascines) contribueront à diversifier et enrichir le paysage d'openfield du plateau. Concernant les haies, les plantations seront réalisées avec des essences présentes naturellement sur le site ou typique

de la région afin d'obtenir une meilleure reprise des plants (adaptation au sol et au climat) et une meilleure intégration au paysage local.

## 6.2.5 Incidences agronomiques

Les sites des ouvrages d'écêtement des crues ont été choisis le plus souvent sur terrain non agricole afin de ne pas soustraire des terres cultivées aux exploitants agricoles.

L'incidence agronomique majeure est la réduction de surface cultivé par l'implantation des aménagements d'hydraulique douce (fascines, bandes enherbées, mare). Une aide financière contractuelle permet de réduire l'impact économique que représentent ces aménagements sur l'exploitation agricole, aménagements répondent également à un ensemble de mesures environnementales plus large, notamment sur la limitation des pollutions des eaux souterraines par les intrants. C'est pourquoi les aménagements proposés font partis des mesures agro environnementales pouvant être ainsi financées.

# 7. Besoins en études complémentaires

## 7.1 Volet règlementaire

Le projet retenu doit faire l'objet d'une procédure d'autorisation au titre de la loi sur l'eau, au regard de la rubrique 2.1.5.0 « rejet d'eaux pluviales pour une surface de projet et interceptée supérieur à 20 ha, or les sous bassins versants en amont des ouvrages de rétention sont pour la plupart supérieurs à cette borne excepté pour les mares tampons. Ces ouvrages de rétention pourront également être concernés par la rubrique 3.2.3.0 « plans d'eau permanents ou non d'une superficie supérieure à 0,1ha et strictement inférieur à 3 ha.

Un dossier de demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau devra donc être produit et déposé en préfecture. Ce dossier comprendra une description du projet, en plus de la description de l'état actuel et les impacts du projet sur milieu. Il est donc nécessaire de réaliser préalablement une étude de projet.

Par ailleurs, ce projet doit également faire l'objet d'une déclaration d'intérêt général (DIG), déclaration indispensable pour permettre un investissement public sur un terrain privé, tels les aménagements d'hydraulique douce du projet.

Enfin, nous recommandons de réaliser conjointement un dossier unique DUP DIG, regroupant la déclaration d'intérêt générale avec la déclaration d'utilité publique. Notamment, si un accord à l'amiable est difficilement envisageable pour l'emprise des ouvrages de rétention.

## 7.2 Etude de projet

Les ouvrages de rétention doivent faire l'objet d'une étude de projet, donnant une description détaillée de l'ouvrage, avec des coupes, profils, cubature des terrassements, remblais et matériaux de construction.

Cette étude de projet s'appuie sur deux documents :

- un levé topographique précis du site (emprise du projet et parcelles voisines accueillant des aménagements connexes) ;
- un contrôle géotechnique au droit du site (recherche de cavités) et du remblai aval (stabilité du terrain).

## 8. Recommandations

### 8.1 Gestion des Eaux Pluviales Urbaines

#### Règles générales d'aménagement

Les facteurs hydrauliques visant à freiner la concentration des écoulements vers les secteurs situés en aval, et à préserver les zones naturelles d'expansion ou d'infiltration des eaux, font l'objet de règles générales à respecter :

- conservation des cheminements naturels,
- ralentissement des vitesses d'écoulement,
- maintien des écoulements à l'air libre plutôt qu'en souterrain,
- réduction des pentes et allongement des tracés dans la mesure du possible,
- augmentation de la rugosité des parois,
- profils en travers plus larges.

Ces mesures sont conformes à la loi n° 2003-699 du 30 juillet 2003, qui s'attache à rétablir le caractère naturel des cours d'eau, et valide les servitudes de passage pour l'entretien.

#### Vallons et fossés

L'entretien est réglementairement à la charge des propriétaires riverains (article L215-14 du Code de l'Environnement). Le bon entretien de ces colleteurs préserve de dysfonctionnement en aval.

Les déchets issus de cet entretien ne seront en aucun cas déversés dans les vallons et fossés.

Sauf cas spécifiques liés à des obligations d'aménagement (création d'ouvrages d'accès aux propriétés, nécessités de stabilisation de berges, etc.), la couverture et le busage des vallons et fossés sont à éviter, ainsi que leur bétonnage. Cette mesure est destinée d'une part, à ne pas aggraver les caractéristiques hydrauliques, et d'autre part, à faciliter leur surveillance et leur nettoyage.

Les remblaiements ou élévations de murs dans le talweg des vallons sont à proscrire.

L'élévation de murs bahuts, de barrages en bordure de vallons, ou de tout autre aménagement, ne doit pas être autorisée, sauf avis dérogatoire du service gestionnaire dans le cas où ces aménagements seraient destinés à protéger des biens sans créer d'aggravation par ailleurs. Une analyse hydraulique pourra être demandée suivant le cas.

#### Restauration des axes naturels d'écoulement des eaux

La restauration d'axes naturels d'écoulements, ayant disparus partiellement ou totalement, pourra être demandée par le service gestionnaire, lorsque cette mesure sera justifiée par une amélioration de la situation locale.

#### Maintien des zones d'expansion des eaux, hors zonage PPRi

Il n'existe pour l'instant pas de Plan de Prévention des Risque d'Inondation sur la vallée de la Moder (appel d'offre pour le PPRi émis en Juin 2010). Pour les zones qui seraient classées



inondables dans le Plan de Prévention des Risques d'Inondation de la commune, les prescriptions d'aménagement seront définies dans le règlement en vigueur.

Lorsque des vallons et fossés secondaires, identifiés dans la présente étude sont concernés par des projets d'urbanisme, une largeur libre minimale devra être maintenue, afin de conserver une zone d'expansion des eaux qui participe à la protection des secteurs de l'aval.

## **Maitrise de l'étalement urbain**

Cette étude a permis de répondre aux nuisances occasionnées aux habitations par les ruissellements issus du plateau amont. Il est important de veiller à ne pas modifier la vulnérabilité aval, c'est-à-dire d'autoriser la construction d'habitation, ou toute autre construction, sur les axes d'écoulement. En effet ce schéma d'aménagement tient compte de la situation actuelle. L'extension des zones urbaines sur les zones cultivées se font souvent au détriment des pâtures en limite des habitations, surfaces peu ruisselantes, possédant un rôle de tamponnement des eaux de ruissellement. De ce fait, les constructions de lotissements ou de maisons individuelles ont été mises en contact sans aucune zone tampon avec les parcelles agricoles labourées, productrices de ruissellement et de boue, donnant ainsi lieu à des inondations boueuses localisées et fréquentes.

Pour éviter que de tels problèmes ne surviennent à nouveau, les futures constructions de zones bâties au détriment des pâtures devront être évitées ou devront prévoir et intégrer des aménagements permettant de tamponner et de gérer les flux d'eau et de terre provenant des parcelles agricoles.

De même l'extension des surfaces bâties augmente les surfaces imperméabilisées et par la même les volumes d'eau ruisselantes à gérer. Pour ne pas saturer les réseaux d'eaux pluviales existant et provoquer de nouveaux problèmes d'inondations en aval de ces constructions, la gestion de l'eau devra se faire à la parcelle, par des systèmes de récupération des eaux de toitures, de création de bassins au sein des lotissements et de noue enherbées pour la voirie.

## **Règles de construction des futures habitations**

Lorsque la parcelle à aménager est bordée par un vallon ou fossé, et par dérogation au Code de l'Urbanisme (article R.111-19), les constructions nouvelles devront se faire en retrait du vallon ou un fossé, et non sur la limite parcellaire, afin d'éviter un busage et de conserver les caractéristiques d'écoulement des eaux.

La largeur libre à respecter, comme la distance minimale de retrait, seront étudiées au cas par cas, en concertation avec le service gestionnaire.

Les maisons devront également présenter des caractéristiques techniques en adéquation avec un risque éventuel d'inondation, à savoir :

- une surélévation de l'habitation par rapport à la topographie actuelle ;
- ne pas comporter de vide sanitaire ;
- ne pas présenter de garages en dévers (enterrés) ;
- ne pas présenter de cave en sous-sol ;
- l'équipement en clapet anti-retour des sorties des eaux sanitaires.

Pour limiter l'augmentation des surfaces imperméabilisées pouvant aggraver les désordres hydrauliques sur la commune ou en aval, différentes techniques alternatives sont à la disposition des maîtres d'ouvrage (liste non exhaustive) :

- à l'échelle de la construction : toitures, terrasses ;
- à l'échelle de la parcelle : bassins à ciel ouvert ou enterrés (récupérateur d'eau de pluie), noues, infiltration ;
- au niveau des voiries : chaussées à structure réservoir, chaussées poreuses pavées ou à enrobés drainants, extensions latérales de la voirie (fossés, noues) ;
- à l'échelle d'un lotissement : bassins à ciel ouvert ou enterrés, puis évacuation vers un exutoire de surface ou infiltration dans le sol (bassin d'infiltration)
- systèmes absorbants : tranchées filtrantes, puits d'infiltration, tranchées drainantes.

Les solutions retenues en matière de collecte, rétention, infiltration et évacuation, devront être adaptées aux constructions et infrastructures à aménager.

Ainsi pour une maison individuelle en zone périurbaine, le choix de rigoles de surface, noues paysagères et tranchées d'infiltration pourra être envisagé, alors qu'un ensemble collectif en zone urbaine devra plus vraisemblablement s'orienter vers des collecteurs et bassins enterrés, avec raccordement au réseau public.

Les solutions proposées par le concepteur seront présentées au service gestionnaire pour validation.

Pour les cas complexes, une réunion préparatoire avec le service gestionnaire est recommandée, afin d'examiner les contraintes locales notamment en matière d'évacuation des eaux.

## **Respect des sections d'écoulement des collecteurs**

Les réseaux de concessionnaires et ouvrages divers ne devront pas être implantés à l'intérieur des collecteurs, vallons et caniveaux pluviaux.

Les sections d'écoulement devront être respectées, et dégagées de tout facteur potentiel d'embâcle.

Les projets qui se superposent à des collecteurs pluviaux d'intérêt général, ou se situent en bordure proche, devront réserver des emprises pour ne pas entraver la réalisation de travaux ultérieurs de réparation ou de renouvellement par la commune. Ces dispositions seront prises dès la conception.

## **Lutte contre la pollution des eaux pluviales et protection de l'environnement aquatique**

Lorsque la pollution apportée par les eaux pluviales risque de nuire à la salubrité publique ou au milieu naturel aquatique, le service gestionnaire peut prescrire au maître d'ouvrage, la mise en place de dispositifs spécifiques de prétraitement tels que dessableurs, déshuileurs, séparateurs à huiles et hydrocarbures, débourbeurs etc.)

Ces mesures s'appliquent notamment à certaines aires industrielles, aux dépôts d'hydrocarbures, aux eaux de drainage des infrastructures routières et des parkings.

Il sera également demandé aux maîtres d'ouvrage d'infrastructures existantes (Conseil Général, Etat, commune, Privés) de réaliser des mises à niveau lors d'opérations de maintenance ou de modifications importantes, en présence d'un milieu récepteur sensible et à protéger.

L'entretien, la réparation et le renouvellement de ces dispositifs sont à la charge du propriétaire sous le contrôle du service gestionnaire.

Les aménagements réalisés dans le lit ou sur les berges des cours d'eau ne devront pas porter préjudice à la flore aquatique et rivulaire d'accompagnement, qui participe directement à la qualité du milieu.

Les travaux de terrassement ou de revêtement des terres devront être réalisés en retrait des berges. La suppression d'arbres et arbustes rivulaires devra être suivie d'une replantation compensatoire avec des essences adaptées.

Le recours à des désherbants pour l'entretien des vallons et fossés, devra être limité.

## 8.2 Soutien aux agriculteurs

La mise en place des aménagements et des modifications de pratiques culturales proposés implique directement les exploitants agricoles du bassin versant. Une aide doit leur être apportée pour l'information et l'obtention des différentes subventions possibles dans le cadre de ces actions de lutte contre le ruissellement et l'érosion. De même, l'obtention de matériel peut passer par des groupements d'agriculteurs dont la constitution doit être favorisée et assistée. Le soutien de la Chambre d'Agriculture est vivement recommandé, notamment en terme de mise en œuvre de mesures agro environnementales. Une action collective s'appuyant sur le présent schéma aura de forte chance d'aboutir.



## ***V. Annexes***

## **1. Annexe n° 1 :**

**a. Données sol de l'ARAA**

**b. Carte des Coefficients de  
ruissellement pour un orage  
centennal**

## **2. Annexe n ° 2**

**a. Présentation Méthode rationnelle**

**b. Carte des Bassins Versants (BV)**

**c. Calcul MR par BV**



### **3. Annexe n ° 3**

- a. Modélisation Hydraflow (100 ans)**
- b. Modélisation Hydraflow (50 ans)**
- c. Modélisation Hydraflow (10 ans)**

## **4. Annexe n° 4**

### **a. Modélisation Hydraflow Express (Capacités maximum des exutoires)**

## **5. Annexe n° 5**

### **a. Modélisation RUSLE (Modélisation de l'érosion diffuse)**



## **6. Annexe n° 6**

### **a. Modélisation STREAM (Modélisation de l'érosion linéaire)**

## **7. Annexe n° 7**

### **a. Validation des modèles RUSLE & STREAM**

## **8. Annexe n° 8**

### **a. Algorithme de détermination des classes de vulnérabilité du territoire**



## **9. Annexe n° 9**

- a. Liste des actions agronomiques**
- b. Fiches actions agronomiques**
- c. Mesures agroenvironnementales**

## **10. Annexe n° 10**

- a. Dimensionnement des ouvrages de rétention**
  
- b. Zones d'inondation approximative des ouvrages de rétention**