



Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

PHASE 2 : SCENARII D'AMENAGEMENTS

RAPPORT FINAL

ARTELIA VILLE & TRANSPORT
AGENCE DE STRASBOURG

Espace Européen de l'Entreprise
15 Avenue de l'Europe
67 300 SCHILTIGHEIM
Tel. : +33 (0) 3 88 04 04 00
Fax : +33 (0) 3 88 56 90 20



COMMUNE DE REICHSHOFFEN

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

SOMMAIRE

1. OBJET DE L'ETUDE	1
2. RAPPEL DU DIAGNOSTIC	2
2.1. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE	2
2.2. BV1	3
2.3. BV2	5
2.4. BV3	8
2.5. BV4	10
2.6. BV5	12
2.7. BV NEHWILLER	15
2.7.1. Bassin Versant sud	15
2.7.2. Bassin Versant Nord	17
2.8. SYNTHESE DU DIAGNOSTIC	18
2.8.1. Bassins versants à risque fort	19
2.8.2. Bassins versants à risque moyen	20
2.8.3. Bassins versants à risque faible	20
2.8.4. Bassins versants de Nehwiller	20
3. SCENARII D'AMENAGEMENTS	21
3.1. LES AXES MAJEURS D'AMENAGEMENTS	21
3.1.1. Travaux d'hydraulique douce	21
3.1.2. Mise en place de zones de rétention	22
3.1.2.1. PRINCIPE	22
3.1.2.2. METHODOLOGIE	24
3.1.2.3. OUVRAGE TYPE	24
3.1.2.4. PROBLEMATIQUE DU FRANCHISSEMENT DU LIT MINEUR	25
3.1.2.5. ASPECT REGLEMENTAIRE DE LA RETENTION	26
3.1.3. Modifications des pratiques culturales	27
3.1.4. Mise en place de protections individuelles	29
3.2. BV1	30
3.2.1. Généralités	30
3.2.2. Calcul de la rétention amont	31
3.2.2.1. LOI COTE/VOLUME	31
3.2.2.2. VERIFICATION DU FONCTIONNEMENT DE L'OUVRAGE	33
3.2.2.3. DIMENSIONS RETENUES	33
3.2.2.4. IMPLANTATION DE L'OUVRAGE	35
3.2.3. Chiffrage estimatif	37
3.3. BV2	37
3.3.1. Généralités	37
3.3.2. L'aménagement du chemin – déviation des écoulements et le renforcement de la végétation arbustive	39
3.3.3. Calcul de la retenue amont	41
3.3.3.1. LOI COTE/VOLUME	41
3.3.3.2. VERIFICATION DU FONCTIONNEMENT DE L'OUVRAGE	42
3.3.3.3. DIMENSIONS RETENUES	43
3.3.3.4. IMPLANTATION DE L'OUVRAGE	45
3.3.4. Chiffrage estimatif	46

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

3.4.	BV3		47
3.4.1.	Généralités		47
3.4.2.	L'aménagement de la zone – déviation des écoulements et stockage partiel		48
3.4.3.	Chiffrage estimatif		50
3.5.	BV4		50
3.5.1.	Généralités		50
3.5.2.	L'aménagement par complément de fascines		50
3.5.3.	Chiffrage estimatif		52
3.6.	BV5		52
3.6.1.	Généralités		52
3.6.2.	L'aménagement par complément de fascines et de zones d'infiltrations		52
3.6.3.	Chiffrage estimatif		54
3.7.	BV NEHWILLER - SUD		55
3.7.1.	Généralités		55
3.7.2.	L'aménagement par complément de fascines et de bandes enherbées		55
3.7.3.	Aménagement du ruisseau – travaux sur la végétation		56
	3.7.3.1. GESTION DES EMBACLES		56
	3.7.3.2. TRAITEMENT DE LA VEGETATION		57
	3.7.3.3. PLANTATIONS		58
3.7.4.	Chiffrage estimatif		58

4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES 59

ANNEXES

ANNEXE 1 BV1 – IMPLANTATION DE LA RETENTION Q50 ET Q100	61
ANNEXE 2 BV2 – IMPLANTATION DE LA RETENTION Q50 ET Q100	63
ANNEXE 3 LISTES D'ESPECES ADAPTEES POUR LES ACTIONS DE PLANTATIONS	65

TABLEAUX

TABL. 1 - RESULTATS DE LA MODELISATION HYDROLOGIQUE EN SITUATION ACTUELLE SUR LE BV1	5
TABL. 2 - RESULTATS DE LA MODELISATION HYDROLOGIQUE EN SITUATION ACTUELLE SUR LE BV2	7
TABL. 3 - RESULTATS DE LA MODELISATION HYDROLOGIQUE EN SITUATION ACTUELLE SUR BV4	12
TABL. 4 - RESULTATS DE LA MODELISATION HYDROLOGIQUE EN SITUATION ACTUELLE SUR BV5	15
TABL. 5 - TABLEAU DE SYNTHESE DU DIAGNOSTIC POUR LES VERSANTS A REICHSHOFFEN	19
TABL. 6 - TABLE DES CLASSES DE BARRAGES	26
TABL. 7 - OBLIGATIONS APPLICABLES AUX DIFFERENTES CLASSES D'OUVRAGES	27
TABL. 8 - RESULTATS DE LA MODELISATION DU BASSIN DE RETENTION DU BV1 POUR Q50 ET Q100	31
TABL. 9 - TABLE COTE/VOLUME/EMPRISE DE LA RETENTION DU BV1	32
TABL. 10 - DIMENSIONS RETENUES POUR L'OUVRAGE DE RETENTION SUR LE BV1	35
TABL. 11 - COUTS ESTIMATIFS POUR LA MISE EN PLACE D'UN OUVRAGE DE RETENTION BV1	37
TABL. 12 - RESULTATS DE LA MODELISATION DU BASSIN DE RETENTION DU BV2 POUR Q50	38
TABL. 13 - TABLE COTE/VOLUME/EMPRISE DE LA RETENTION DU BV2	41
TABL. 14 - DIMENSION RETENUES POUR L'OUVRAGE DU BV2	44
TABL. 15 - COUTS ESTIMATIFS POUR L'AMENAGEMENT DU CHEMIN (DEVIATION DES ECOULEMENTS) BV2	46
TABL. 16 - COUTS ESTIMATIFS POUR LA MISE EN PLACE D'UN OUVRAGE DE RETENTION BV2	46
TABL. 17 - COUTS ESTIMATIFS POUR L'AMENAGEMENT DU BV3	50
TABL. 18 - COUTS ESTIMATIFS POUR L'AMENAGEMENT DU BV4	52
TABL. 19 - COUTS ESTIMATIFS POUR L'AMENAGEMENT DU BV5	54

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

FIGURES

FIG. 1.	DELIMITATION DES BV CONCERNES PAR L'ETUDE A REICHSHOFFEN	2
FIG. 2.	DELIMITATION DES BV CONCERNES PAR L'ETUDE A NEHWILLER	3
FIG. 3.	DETAIL DU BASSIN VERSANT N°1	4
FIG. 4.	PHOTOGRAPHIE DU VERSANT	4
FIG. 5.	DETAIL DU BASSIN VERSANT N°2	5
FIG. 6.	PHOTOGRAPHIE DE LA GRILLE RUE DES LANCIER	6
FIG. 7.	PHOTOGRAPHIE DU VERSANT REJOIGNANT LA RUE DES LANCIERS	6
FIG. 8.	PHOTOGRAPHIE DU DISPOSITIF RUE DES ZOUAVES	7
FIG. 9.	DETAIL DU BASSIN VERSANT N°3	8
FIG. 10.	PHOTOGRAPHIE DU BV N°3	9
FIG. 11.	RESULTATS DE LA MODELISATION HYDROLOGIQUE EN SITUATION ACTUELLE SUR BV3	9
FIG. 12.	DETAIL DU BASSIN VERSANT N°4	10
FIG. 13.	PHOTOGRAPHIES DES SOLS A POTENTIELS D'EROSION ELEVES	10
FIG. 14.	PHOTOGRAPHIES DES SOLS A POTENTIELS D'EROSION ELEVES	11
FIG. 15.	PHOTOGRAPHIES FASCINES VERSANT NORD A GAUCHE ET VERSANT SUD A DROITE	11
FIG. 16.	DETAIL DU BASSIN VERSANT N°5	13
FIG. 17.	PHOTOGRAPHIES DU VERSANT DRAINE PAR L'ANCIEN THALWEG	13
FIG. 18.	PHOTOGRAPHIES DU VERSANT AU SUD DU 11/07/2013	14
FIG. 19.	PHOTOGRAPHIES DU VERSANT AU SUD DU 16/05/2013	14
FIG. 20.	DETAIL DU BASSIN VERSANT SUD	16
FIG. 21.	PHOTOGRAPHIES DES TERRES AU VERSANT SUD DE NEHWILLER	16
FIG. 22.	PHOTOGRAPHIES DU RUISSEAU DU MOERDERSKLAMM	17
FIG. 23.	DETAIL DU BASSIN VERSANT SUD	17
FIG. 24.	PHOTOGRAPHIES DU BV NORD DE NEHWILLER	18
FIG. 25.	SCHEMA DE PRINCIPE DE L'IMPACT D'UN OUVRAGE DE RALENTISSEMENT DYNAMIQUE	23
FIG. 26.	SCHEMAS DE PRINCIPE D'OUVRAGE DE RALENTISSEMENT DYNAMIQUE (SOURCE : EPAMA)	23
FIG. 27.	COUPE EN TRAVERS TYPE DE LA DIGUE	25
FIG. 28.	COUPE EN TRAVERS TYPE DU DEVERSOIR	25
FIG. 29.	EXEMPLES DE DISPOSITIF PERMETTANT DE LIMITER L'IMPACT DU PROJET	25
FIG. 30.	EXPERIMENTATION SUR LES COTEAUX DE NIEDERHAUSBERGEN (PHOTO ARTELIA)	28
FIG. 31.	EXEMPLE DE SYSTEMES DE BATARDAGE MOBILE (SOURCE : COLUREX)	29
FIG. 32.	EXEMPLE DE SYSTEMES DE PORTAILS ETANCHES (SOURCE : JAP JACINA, DEXIA)	29
FIG. 33.	LOCALISATION DU SECTEUR POTENTIEL POUR LA RETENTION SUR LE BV1	31
FIG. 34.	GRAPHIQUE DE LA LOI COTE/VOLUME DE LA ZONE DE RETENTION DU BV1	32
FIG. 35.	FONCTIONNEMENT REEL DE L'OUVRAGE DE RETENTION Q50 SUR LE BV1	33
FIG. 36.	IMPLANTATION DE L'OUVRAGE Q50 SUR LE BV1	36
FIG. 37.	LOCALISATION DES AMENAGEMENTS PROPOSES	38
FIG. 38.	SCHEMATISATION DU RISQUE DE DRAINAGE DES ECOULEMENTS LE LONG DU CHEMIN ET ZONE EN MANQUE DE VEGETATION ARBUSTIVE	39
FIG. 39.	SCHEMATISATION DE L'AMENAGEMENT DE REPROFILAGE PONCTUEL DU CHEMIN	40
FIG. 40.	SCHEMATISATION DE LA MISE EN PLACE DE HAIES LE LONG DU COURS D'EAU	41
FIG. 41.	GRAPHIQUE DE LA LOI COTE/VOLUME DE LA ZONE DE RETENTION SUR LE BV2	42
FIG. 42.	FONCTIONNEMENT REEL DE L'OUVRAGE DE RETENTION Q50 SUR LE BV2	43
FIG. 43.	IMPLANTATION DE L'OUVRAGE Q50 SUR LE BV2	45
FIG. 44.	LOCALISATION DE LA ZONE PROBLEMATIQUE SUR LE BV3	47
FIG. 45.	IMPLANTATION DE L'AMENAGEMENT PROPOSE SUR LE BV3	48
FIG. 46.	PROFIL EN LONG SCHEMATIQUE DE L'AMENAGEMENT DU FOSSE SUR LE BV3	49
FIG. 47.	SCHEMATISATION DE L'AMENAGEMENT PROPOSE SUR LE BV3	49
FIG. 48.	LOCALISATION DES AMENAGEMENTS PROPOSES POUR LE BV NORD (BV4)	51
FIG. 49.	LOCALISATION DES AMENAGEMENTS PROPOSES POUR LE BV NORD (BV4)	51
FIG. 50.	LOCALISATION DES AMENAGEMENTS PROPOSES POUR LE BV IMPASSE (BV5)	53
FIG. 51.	LOCALISATION DES AMENAGEMENTS PROPOSES POUR LE BV SUD (BV5)	54
FIG. 52.	LOCALISATION DES AMENAGEMENTS PROPOSES POUR LE BV SUD (BV NEHWILLER)	56
FIG. 53.	EXEMPLE DE TRAITEMENT DE LA VEGETATION	58

1. OBJET DE L'ETUDE

Soumise à des inondations récurrentes par ruissellements de versants sur terres agricoles, la commune de Reichshoffen a engagé une étude, confiée à ARTELIA, pour faire le diagnostic des phénomènes d'inondation et élaborer un plan d'actions basé sur différents scénarii d'aménagements.

Plusieurs versants sont concernés par l'étude, à Reichshoffen mais également à Nehwiller. A Reichshoffen, plusieurs versants sont particulièrement problématiques quant aux risques de coulées d'eau boueuse et, de surcroît, sont situés à proximité immédiate de zones urbanisées. Concernant Nehwiller, la problématique est quelque peu différente dans la mesure où l'érosion des sols n'engendre pas de préjudice sur des zones urbanisées mais a pour conséquence la dégradation des milieux naturels constitués par le ruisseau de Klamm et le Moedersklamm rejoignant le Schwarzbach ainsi que le plan d'eau de Wolfartshoffen. Ce milieu naturel riche se doit d'être préservé et l'intégration du secteur en zone Natura 2000 accentue encore davantage cet objectif.

L'étude engagée par la commune est ainsi décomposée en 2 phases :

- Phase 1 : Diagnostic hydrologique et hydraulique, propositions d'aménagements au stade faisabilité ;
- Phase 2 : Définition des scénarii d'aménagements

Le présent document constitue **le rapport de phase 2**.

L'objet du présent rapport est de présenter les scénarii d'aménagements par bassin versant concernés. Les solutions, retenues à la suite de la phase d'étude précédente, ont été élaborées à partir :

- D'une campagne de terrain visant à caractériser les phénomènes de coulées d'eau boueuse (chemins d'eau, occupation des sols,...) ;
- D'une synthèse des données existantes quant à la nature des terrains et à l'occupation des sols ;
- D'échanges avec les différents acteurs et partenaires techniques ;
- D'une étude hydrologique détaillée visant à caractériser au mieux les événements météorologiques et hydrauliques,
- D'une visite de terrain avec le comité de pilotage visant à définir précisément les différentes implantations.

La description des aménagements effectuée dans le cadre de cette étude a pour but de constituer un outil pour aide à la décision. En effet, l'élaboration des scénarii d'aménagements passe par une estimation des coûts et une analyse de l'aspect technique associé. Il s'agit ainsi de faire émerger les scénarii les plus pertinents au regard des enjeux humains, environnementaux et économiques.

oOo

2. RAPPEL DU DIAGNOSTIC

2.1. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE

Différents bassins versants sont concernés par la présente étude dont 5 à Reichshoffen et 2 à Nehwiller. Une délimitation globale de ces bassins versants est donnée sur les extraits de cartographie suivant. Les enjeux à l'aval y sont également représentés.

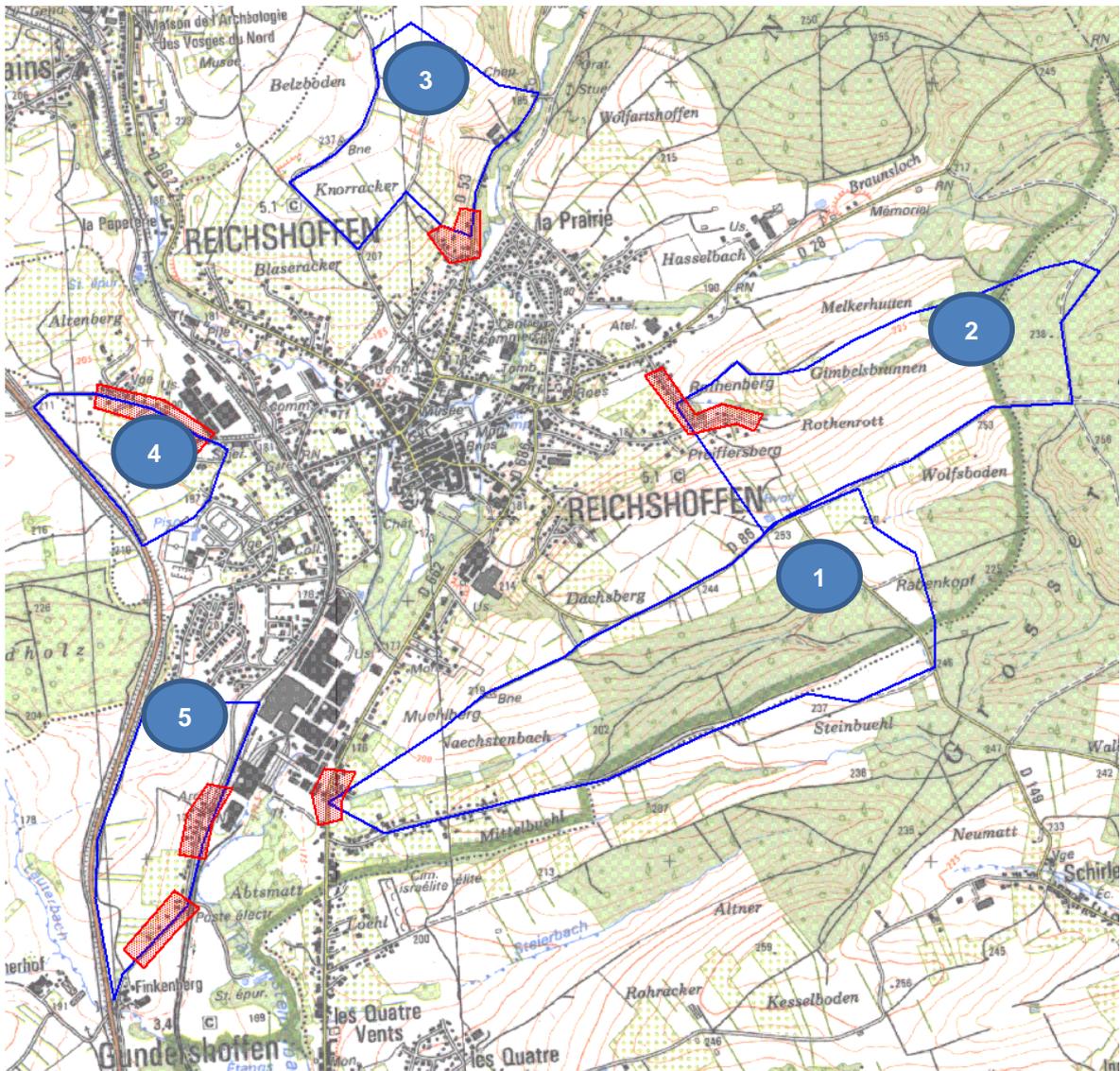


Fig. 1. Délimitation des BV concernés par l'étude à Reichshoffen

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

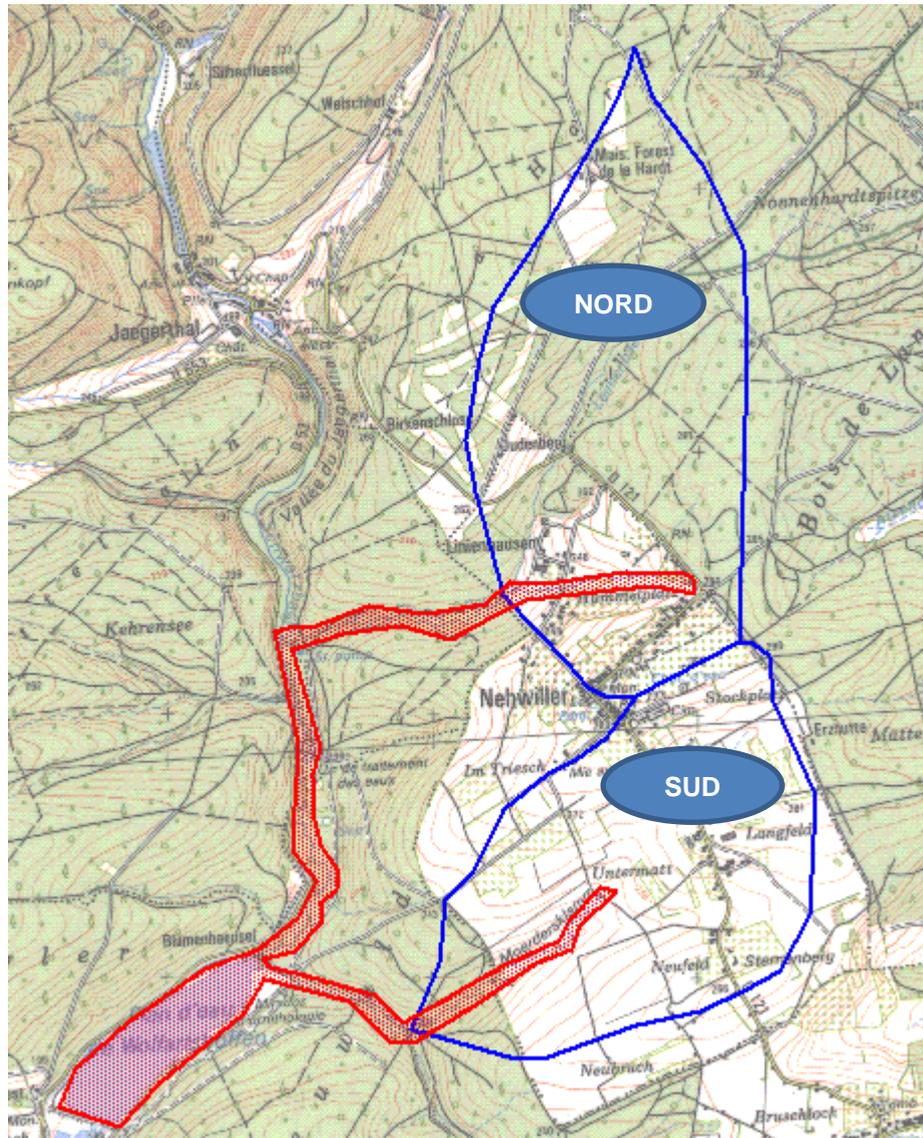


Fig. 2. Délimitation des BV concernés par l'étude à Nehwiller

Dans un premier temps il convient de rappeler les principales observations et conclusions tirées de la phase 1 de l'étude. Le texte qui suit a pour objet de reprendre de manière synthétique le diagnostic réalisé sur chaque bassin versant.

2.2. BV1

Le premier bassin versant est drainé par un ruisseau et son exutoire est matérialisé par un ouvrage de franchissement (RD662). A première vue, il apparait donc que les inondations causées dans la partie aval sont dues à un défaut de capacité de l'ouvrage de franchissement. En effet, les pratiques culturales ont évolué au cours des dernières années tout comme l'intensité des épisodes orageux et il en résulte, dans cette zone à forte pente, que le débit de ruissellement maximum ne peut plus transiter en la configuration actuelle.

La figure suivante présente l'analyse de l'occupation des sols en différenciant les cultures d'hiver des cultures de printemps :

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

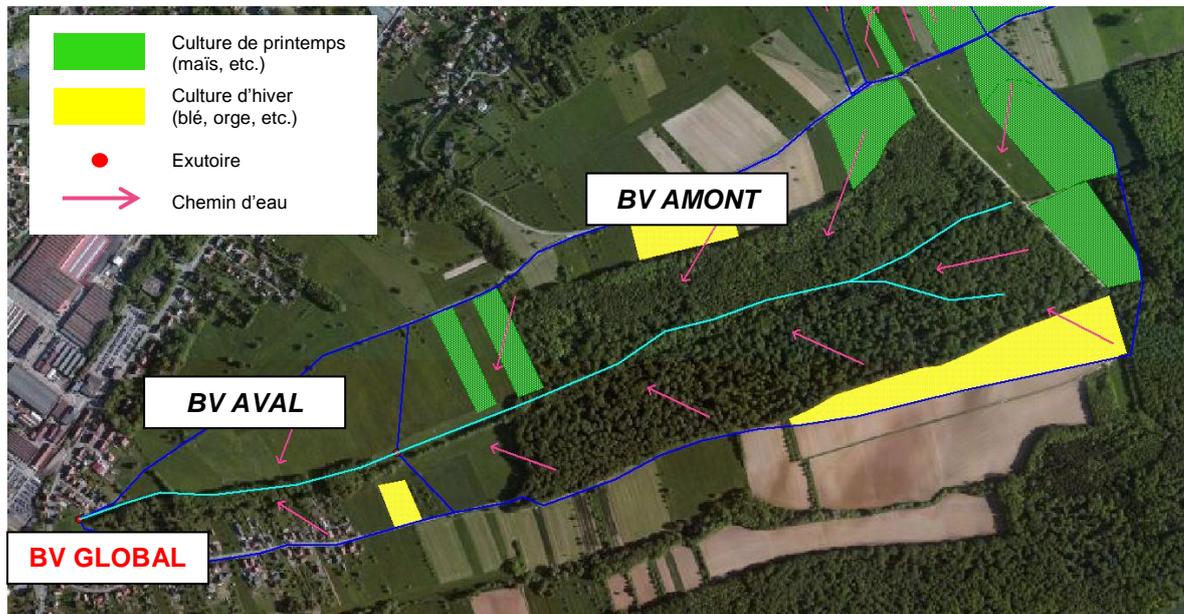


Fig. 3. Détail du bassin versant n°1

Ce bassin est donc en grande partie composé de forêt et de prairies qui représentent un point positif à maintenir. La séparation en deux sous-bassins versants permet de séparer le ruissellement en tête de bassin des ruissellements proches des enjeux à l'aval.



Fig. 4. Photographie du versant

Selon les plans d'exploitations du SDEA, une canalisation de diamètre DN700 permettrait d'évacuer les eaux vers l'aval de la RD. La pente de pose relevée lors des investigations de terrain est de 1.5%, ce qui donne lieu à une capacité hydraulique de l'ordre de **1.20 m³/s**.

La capacité de l'exutoire a bien entendu été comparée au débit de pointe généré lors d'un épisode pluvieux. Pour rappel, le diagnostic hydrologique a été réalisé à l'aide du module de calcul PLUTON en prenant en compte la méthode du SCS.

Le tableau suivant présente les résultats en termes d'hydrologie :

Tabl. 1 - Résultats de la modélisation hydrologique en situation actuelle sur le BV1

BV	BV AMONT	BV AVAL	BV GLOBAL
Débit à l'exutoire pour Q10	0.90 m ³ /s	0.35 m ³ /s	1.15 m ³ /s
Débit à l'exutoire pour Q50	2.05 m ³ /s	0.75 m ³ /s	2.60 m³/s
Débit à l'exutoire pour Q100	2.65 m ³ /s	0.95 m ³ /s	3.35 m³/s

Remarque : les valeurs notées en gras et de couleurs rouges correspondent à des valeurs de débits supérieurs à la capacité hydraulique de l'exutoire. Ce commentaire vaut pour tous les tableaux présentant les résultats de simulation hydrologique en situation actuelle.

Finalement, les débits générés sur ce versant sont supérieurs à la **capacité déterminée à l'aval** et ce, à partir **d'un évènement d'occurrence décennal**. En effet, la capacité étant de l'ordre de 1.20 m³/s, tout débit supérieur engendre des débordements.

2.3. BV2

Le deuxième bassin présente un versant agricole important sujet à érosion et qui engendre des coulées d'eau boueuse. Le bassin versant est drainé par un ruisseau mais une partie de ce versant (Sud-Ouest) n'atteint pas le ruisseau et son exutoire est matérialisé par la grille d'entrée dans le réseau sur la voirie rue des Lanciers.

La figure suivante présente l'analyse de l'occupation des sols en différenciant les cultures d'hiver des cultures de printemps :

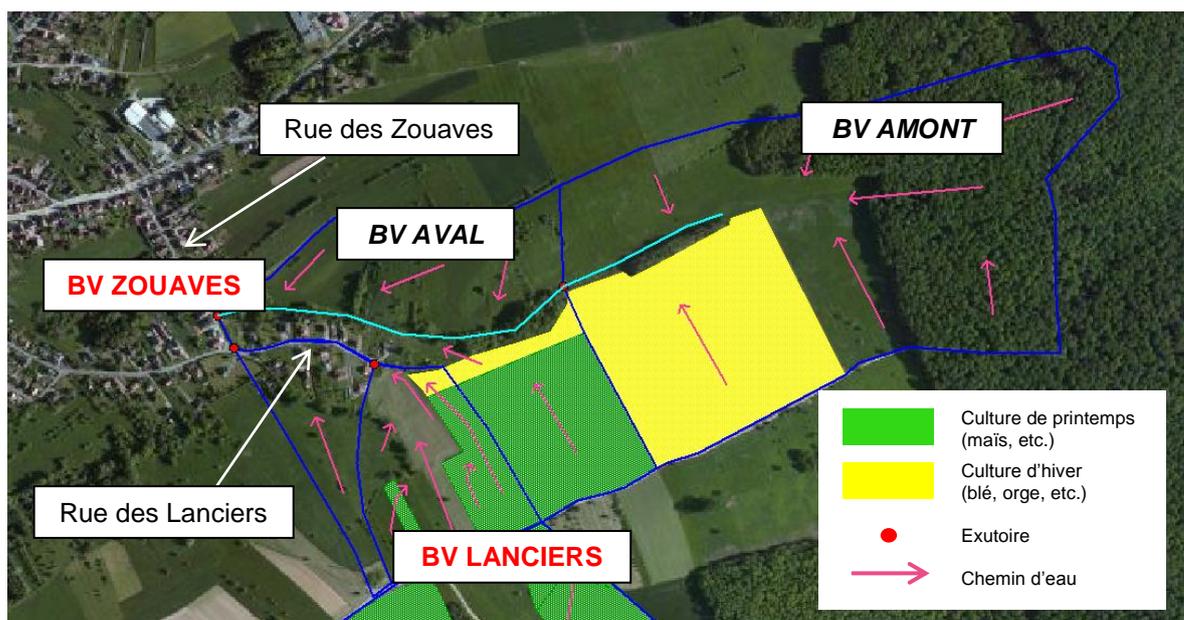


Fig. 5. Détail du bassin versant n°2

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

Selon les plans d'exploitation du SDEA, une canalisation en DN300 capte les eaux de la grille rue des Lanciers. La pente relevée sur le terrain est de 6.3%.



Fig. 6. Photographie de la grille rue des Lancier



Fig. 7. Photographie du versant rejoignant la rue des Lanciers

Un ruisseau draine le reste de ce bassin versant dont l'exutoire (au niveau de la rue des Zouaves) paraît trop contraignant en cas d'épisode orageux intense. Il s'en suit un débordement sur la voirie rue des Zouaves où plusieurs habitations ont été touchées avec des garages en contre-bas.

L'ouvrage rue des Zouaves est complexe dans la mesure où différentes canalisations permettent l'évacuation des eaux (non reportées sur les plans du SDEA). L'ouvrage d'entrée dans la chambre dispose de dimensions 1300x500 mm puis 3 canalisations DN500 évacuent les écoulements vers l'aval.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements



Fig. 8. Photographie du dispositif rue des Zouaves

La pente du ruisseau dans sa partie aval est d'environ 1.5% alors que les conduites partant de la chambre n'ont pas toutes pu être levées.

Finalement, les capacités hydrauliques retenues lors de la phase 1 de l'étude sont :

- Pour la rue des Lanciers : 0.25 m³/s
- Pour la rue des Zouaves : 1.20 m³/s

La capacité des exutoires a bien entendu été comparée aux débits de pointe générés lors d'un épisode pluvieux. Pour rappel, diagnostic hydrologique a été réalisé à l'aide du module de calcul PLUTON en prenant en compte la méthode du SCS.

Le tableau suivant présente les résultats en termes d'hydrologie :

Tabl. 2 - Résultats de la modélisation hydrologique en situation actuelle sur le BV2

BV	BV AMONT	BV AVAL	BV ZOUAVES	BV LANCIEERS
Débit à l'exutoire pour Q10	0.45 m ³ /s	0.40 m ³ /s	0.80 m ³ /s	0.25 m ³ /s
Débit à l'exutoire pour Q50	1.10 m ³ /s	0.80 m ³ /s	1.80 m³/s	0.55 m³/s
Débit à l'exutoire pour Q100	1.45 m ³ /s	1.00 m ³ /s	2.35 m³/s	0.70 m³/s

Les débits générés sur versant sont supérieurs à la capacité déterminée à l'aval ce qui provoque des débordements et ce, **à partir d'un évènement d'occurrence 10 ans pour l'exutoire à la Rue des Lancier et pour une période de retour d'environ 30 ans pour l'ouvrage de la Rue des Zouaves.**

Cependant, le colmatage des réseaux étant possible, des débordements peuvent se produire plus rapidement, notamment le long de la Rue des Lanciers.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

2.4. BV3

Le troisième bassin versant semble être impacté par les coulées d'eau boueuse dans une moindre mesure mais là encore, les pratiques culturales ont un rôle amplificateur en cas d'orage notamment pour le secteur le plus au Nord dont l'exutoire est directement représenté par l'exploitation agricole.

En effet, le versant le plus au Nord est particulièrement sous l'influence agricole. Les fortes pentes et grandes parcelles agricoles favorise le ruissellement et le risque de coulées d'eau boueuse pouvant se dirigé directement vers l'habitation et l'exploitation agricole.

Une part non négligeable de ce bassin versant est également drainée (à l'Ouest) par la rue des Cigognes et une canalisation de diamètre DN400 capte les eaux pour les emmener vers le village. La pente de pose relevée est de 7%.

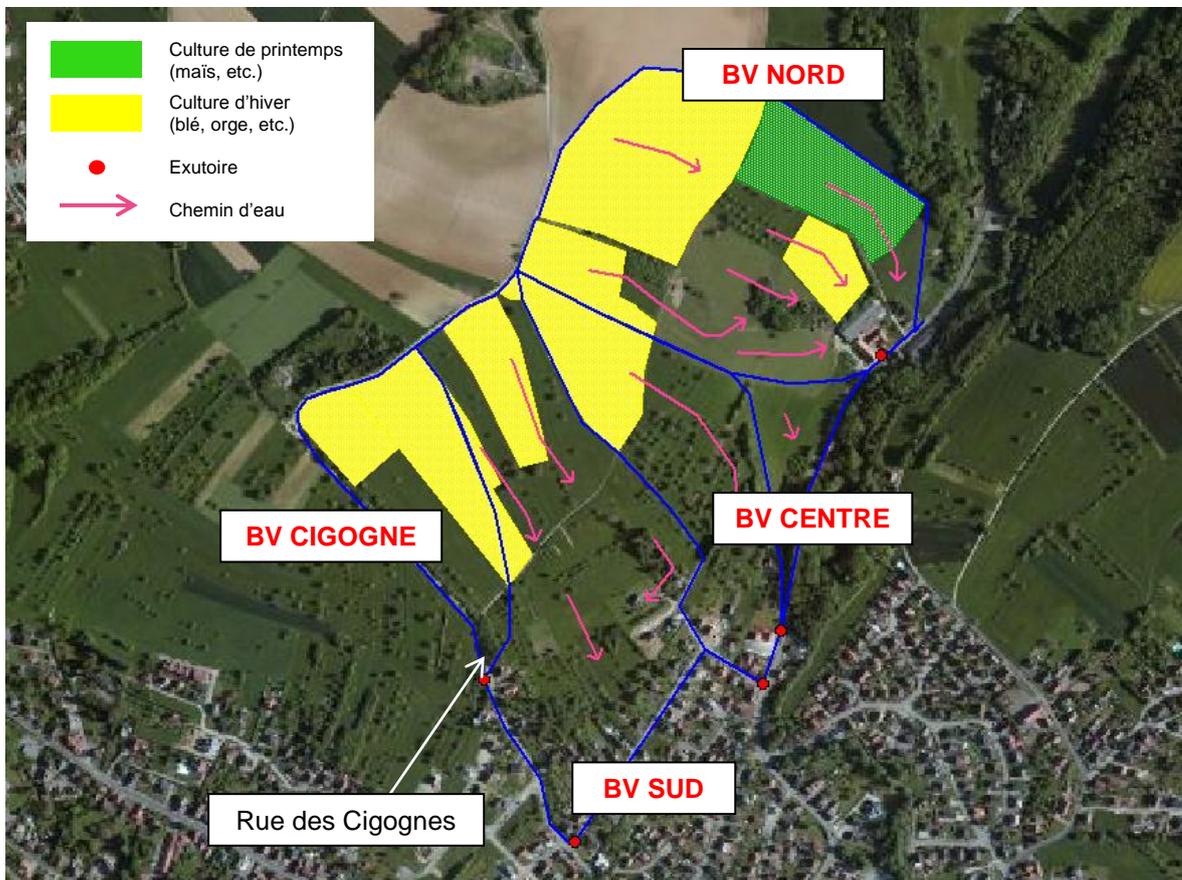


Fig. 9. Détail du bassin versant n°3

Pour les secteurs plus au centre, la forte présence de vergers et de prairies est favorable à l'infiltration des écoulements ainsi que leur ralentissement. Cependant, les fortes pentes de ce bassin versant sont un facteur aggravant pour la genèse des ruissellements de surface et les habitations directement en contre-bas pourraient être impactées si l'occupation des sols venait à changer.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements



Fig. 10. Photographie du BV n°3

Finalement, pour l'exutoire du BV CIGOGNE, la capacité hydraulique retenue lors de la phase 1 de l'étude est de 0.55 m³/s.

La capacité de l'exutoire a bien entendu été comparée au débit de pointe généré lors d'un épisode pluvieux. Pour rappel, le diagnostic hydrologique a été réalisé à l'aide du module de calcul PLUTON en prenant en compte la méthode du SCS.

Le tableau suivant présente les résultats en termes d'hydrologie :

Fig. 11. Résultats de la modélisation hydrologique en situation actuelle sur BV3

BV	BV NORD	BV CENTRE	BV SUD	BV CIGOGNE
Débit à l'exutoire pour Q10	0.45 m ³ /s	0.30 m ³ /s	0.25 m ³ /s	0.15 m ³ /s
Débit à l'exutoire pour Q50	0.95 m ³ /s	0.65 m ³ /s	0.60 m ³ /s	0.35 m ³ /s
Débit à l'exutoire pour Q100	1.25 m ³ /s	0.80 m ³ /s	0.75 m ³ /s	0.45 m ³ /s

Seul le **BV CIGOGNES** dispose d'un exutoire clairement matérialisé. En effet, le collecteur de la Rue des Cigognes draine les eaux du versant amont. Le débit admissible étant de 0.55 m³/s, il semble que le **collecteur soit suffisamment bien dimensionné** et ce même jusqu'à la survenue d'un évènement de **période de retour 100 ans**. Cependant, il est possible que tout le ruissellement ne pénètre pas dans le réseau par les fossés en amont.

Les autres versants ne sont pas drainés par un exutoire clairement identifié, les écoulements se forment en front d'eau vers l'aval. Dans le cas **des BV CENTRE et BV SUD**, la situation n'est pas problématique car les **débâts calculés restent acceptables** mais cette caractéristique peut devenir **problématique dans le cas du BV NORD** qui lui est principalement agricole et les parcelles cultivées sont proches de l'exploitation agricole en contre bas.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

2.5. BV4

Le quatrième bassin versant constitue les coteaux surélevés en arrière de la rue d'Oberbronn et de ses habitations. Les terres agricoles longeant la RD1062 sont problématiques d'un point de vue de l'érosion des sols car les pentes y sont marquées, la terre ne semble pas avoir beaucoup de maintien et les habitations sont directement à l'aval des champs. Lors de la survenue d'épisodes orageux intenses, les écoulements sont donc tout naturellement dirigés vers les habitations en contre-bas. On notera également l'omniprésence des cultures de printemps :

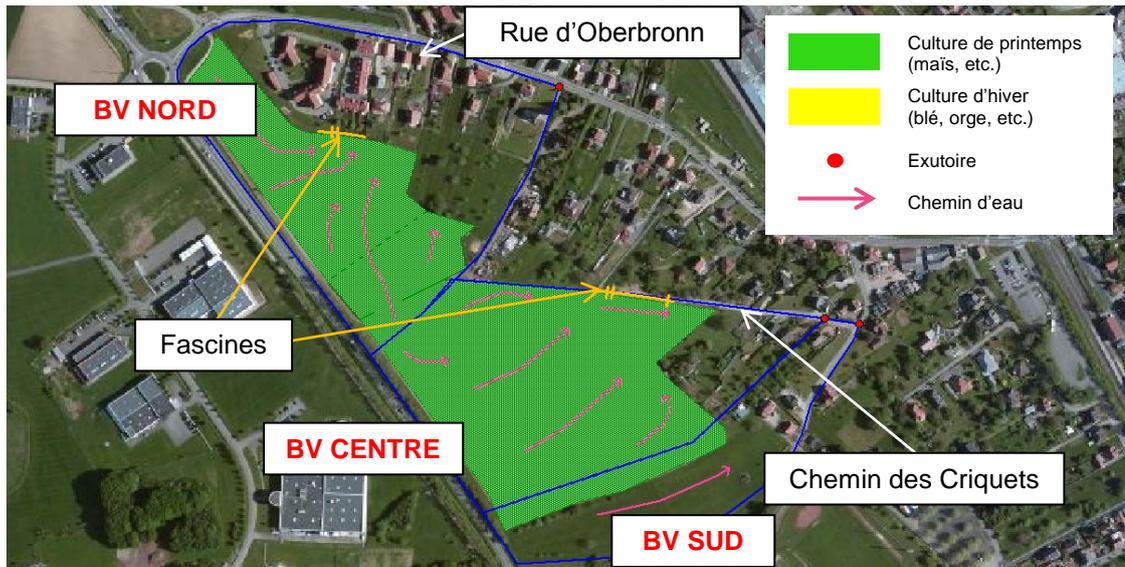


Fig. 12. Détail du bassin versant n°4



Fig. 13. Photographies des sols à potentiels d'érosion élevés

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements



Fig. 14. Photographies des sols à potentiels d'érosion élevés

Des coulées de boue récentes viennent appuyer ce diagnostic et par ailleurs la mise en place de fascines a déjà été engagée sur ce versant par la commune.



Fig. 15. Photographies fascines versant Nord à gauche et versant Sud à droite

La principale difficulté de ces versants réside dans **l'absence d'un exutoire clairement marqué** notamment pour le secteur au Nord qui engendre à priori un front d'eau en direction des habitations.

Pour le secteur Sud, les écoulements sont dirigés vers le chemin des Criquet et une grille vient capter les eaux pour les évacuer à partir d'une canalisation DN400. La pente de pose relevée lors des investigations de terrain est de 4.15%.

Pour l'exutoire du BV CENTRE, la capacité hydraulique retenue lors de la phase 1 de l'étude est de 0.45 m³/s.

Le tableau suivant présente les résultats de la modélisation hydrologique en l'état actuel des cultures en place :

Tabl. 3 - Résultats de la modélisation hydrologique en situation actuelle sur BV4

BV	BV NORD	BV CENTRE	BV SUD
Débit à l'exutoire pour Q10	0.35 m ³ /s	0.35 m ³ /s	0.10 m ³ /s
Débit à l'exutoire pour Q50	0.65 m ³ /s	0.65 m³/s	0.20 m ³ /s
Débit à l'exutoire pour Q100	0.80 m ³ /s	0.75 m³/s	0.25 m ³ /s

Seul le **BV CENTRE** dispose d'un exutoire matérialisé. En effet, le collecteur du Chemin des Criquets draine les eaux de la quasi-totalité du versant amont. Une fascine permet d'orienter les écoulements vers l'exutoire en évitant d'impacter directement les habitations à l'aval. Le débit admissible à la canalisation étant le 0.45 m³/s, un **dysfonctionnement peut avoir lieu dès la survenue d'un évènement de période de retour d'environ 30 ans**.

Les autres versants ne sont pas drainés par un exutoire clairement identifié, les écoulements se formant en front d'eau vers l'aval. Pour le **BV NORD**, la prédominance de maïs menace les habitations à l'aval lors des épisodes orageux d'été. Une fascine permet déjà la protection des habitations situées sur le thalweg principal mais **tout le versant n'est pas sécurisé**. La situation n'est pas problématique sur le **BV SUD** (principalement en prairie) car les **débites calculés restent faibles**.

2.6. BV5

Le cinquième bassin versant représente les terres surplombants la rue des forges. Les terres cultivées se situent directement au-dessus d'une zone d'habitations récentes.

On y distingue trois secteurs différents. Au Nord, les écoulements rejoignent la rue en contre-bas et les nouvelles habitations. Au centre du versant, les écoulements sont drainés par un ancien thalweg pour descendre une ruelle ou la grille de récupération capte les eaux par une canalisation. Enfin, au Sud du versant, l'écoulement se forme en front d'eau en direction du bout des parcelles et des habitations en contre-bas.

Pour le secteur au Nord, la forte présence de prairie est un atout pour la genèse des ruissellements et l'infiltration des eaux. Ce secteur nous paraît moins contraignant que les autres, notamment de par la moins forte présence de terres cultivées.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

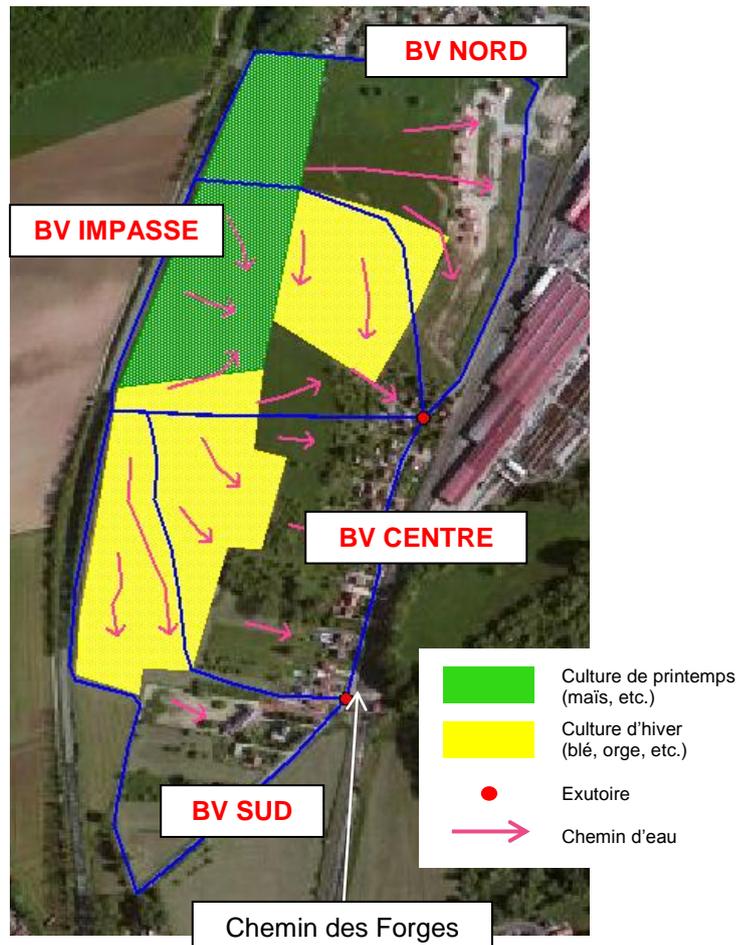


Fig. 16. Détail du bassin versant n°5

Au centre du versant, les terres drainées par l'ancien thalweg sont principalement destinées à la production céréalière et les pentes y sont très fortes. Les plans du SDEA montrent que l'ancien thalweg récupère les eaux via une grille puis une conduite de diamètre DN300. La pente de pose de la canalisation est de 8.7%.



Fig. 17. Photographies du versant drainé par l'ancien thalweg

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

Pour la partie plus au sud, il a clairement pu être identifié (lors de la visite sur site du 16/05/2013) que les terres, érodées lors d'évènements orageux, venaient s'accumuler au bout des parcelles au Sud provoquant un risque pour les habitations juste en contre-bas.

En effet, le secteur au Sud de ce versant ne dispose pas d'un exutoire clairement identifié mais les écoulements sont partiellement dirigés vers les habitations alors qu'une autre partie vient rejoindre le bas de la parcelle longeant la RD1062.



Fig. 18. Photographies du versant au Sud du 11/07/2013



Fig. 19. Photographies du versant au Sud du 16/05/2013

Pour l'exutoire du BV IMPASSE, la capacité hydraulique retenue lors de la phase 1 de l'étude est de 0.30 m³/s.

Le tableau suivant présente les résultats de la modélisation hydrologique en l'état actuel des cultures en place :

Tabl. 4 - Résultats de la modélisation hydrologique en situation actuelle sur BV5

BV	BV NORD	BV IMPASSE	BV CENTRE	BV SUD
Débit à l'exutoire pour Q10	0.20 m ³ /s	0.35 m³/s	0.15 m ³ /s	0.15 m ³ /s
Débit à l'exutoire pour Q50	0.55 m ³ /s	0.75 m³/s	0.45 m ³ /s	0.40 m ³ /s
Débit à l'exutoire pour Q100	0.70 m ³ /s	0.95 m³/s	0.60 m ³ /s	0.55 m ³ /s

Seul le BV IMPASSE dispose d'un exutoire clairement matérialisé. En effet, le collecteur de l'impasse descendant vers la Rue des Forges draine les eaux du versant amont. Le débit admissible étant le 0.30 m³/s, un **dysfonctionnement** peut avoir lieu dès la survenue d'un événement de **période de retour 10 ans**.

Pour les autres versants, la proportion de terres cultivées étant moins importante, les débits restent acceptable et proches des débits pour les situations de versants naturels (comparaison avec le deuxième tableau).

2.7. BV NEHWILLER

L'érosion des sols à Nehwiller est problématique puisqu'elle constitue non seulement une perte pour l'exploitation mais elle intervient également dans le déséquilibre des milieux naturels à l'aval.

En effet, les principaux drains sont matérialisés par deux ruisseaux, le ruisseau du Klamm et le Moerdersklamm, rejoignant ensuite le plan d'eau de Reichshoffen par le biais du Schwarzbach. Cette dégradation du milieu naturel est d'autant plus alarmante que le ruisseau du Klamm est inscrit au site Natura 2000 « la Haute Moder et ses affluents ».

Deux secteurs sont distingués à Nehwiller, le secteur au Sud et le secteur au Nord.

2.7.1. Bassin Versant sud

Les investigations de terrains ont pu mettre en évidence les cheminements d'eau globaux du secteur dont certains sont particulièrement marqués. On remarque un affaissement dans le talus, preuve d'un ravinement et d'une érosion marquée des terres notamment sur le bassin versant Sud.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

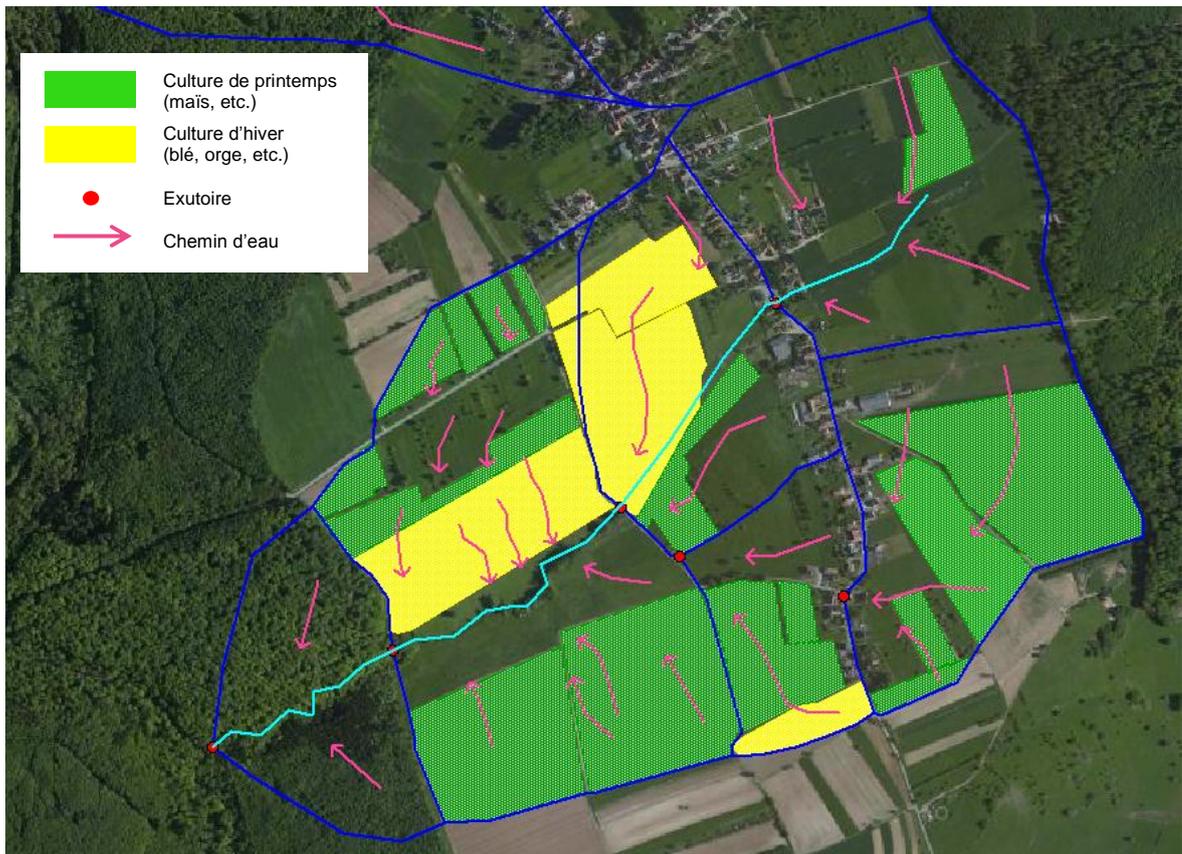


Fig. 20. Détail du bassin versant Sud

La prairie encadrant le ruisseau du Moerdersklamm est un point positif qu'il faut impérativement conserver. Cependant, le **manque de végétation filtrante**, notamment au pied des parcelles peut engendrer une filtration trop faible se traduisant par le transfert de terres agricoles vers le ruisseau dégradant ainsi le milieu récepteur. On distingue par ailleurs de nombreux axes d'écoulements du fait des fortes pentes.



Fig. 21. Photographies des terres au versant Sud de Nehwiller

Ce manque de végétation est également observable le long du ruisseau alors qu'une ripisylve adaptée pourrait permettre de filtrer davantage les eaux de ruissellement provenant de part et d'autre du ruisseau.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements



Fig. 22. Photographies du ruisseau du Moerdersklamm

2.7.2. Bassin Versant Nord

Le bassin versant Nord semble moins contraignant d'un point de vue agricole du fait d'une forte présence de prairies et de forêt. Seule une faible partie des sols est cultivée.

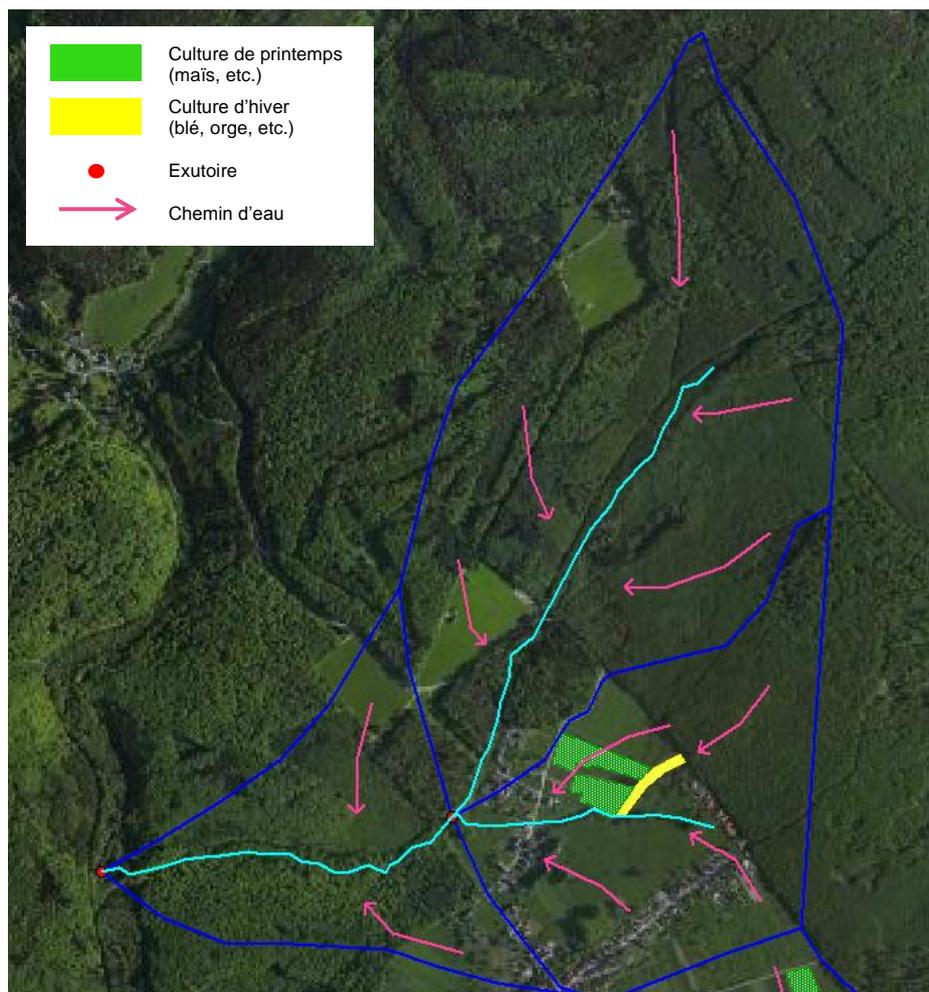


Fig. 23. Détail du bassin versant Sud

De plus, la végétation du ruisseau est plus dense que sur le bassin versant Sud. Cependant, la végétation n'est pas toujours la plus appropriée et il est possible d'améliorer le rôle de filtration qu'une ripisylve adaptée peut fournir.



Fig. 24. Photographies du BV Nord de Nehwiller

2.8. SYNTHÈSE DU DIAGNOSTIC

L'analyse initiale du secteur d'étude, notamment le diagnostic visuel et les retours acquis auprès de la mairie de Reichshoffen, a permis de mettre en évidence quels étaient les enjeux liés aux ruissellements sur les versants amonts des différents BV étudiés.

Afin de faciliter l'analyse, nous proposons dans le tableau ci-dessous une **caractérisation du risque pour chaque bassin versant, croisant l'aléa érosion des sols et l'aléa hydraulique**.

L'aléa érosion des sols est issu de l'analyse des cartes de l'ARAA et de nos reconnaissances in situ. L'aléa hydraulique est quant à lui issu du croisement de la fréquence d'apparition des débordements (capacité des exutoires et enquêtes de terrain) et de l'intensité des phénomènes, celle-ci étant traduite par la comparaison des débits caractéristiques avec les débits minimum et maximum (conditions d'occupation des sols favorables et défavorables).

Cette synthèse est représentée dans le tableau suivant et permet d'identifier le risque pour chacun des secteurs problématiques repérés.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

Tabl. 5 - Tableau de synthèse du diagnostic pour les versants à Reichshoffen

SECTEUR	ALEA EROSION	ALEA HYDRAULIQUE			RISQUE
		Intensité	Fréquence	TOTAL	
BV1 GLOBAL	FAIBLE	Moyen	Fort	FORT	MOYEN
BV2 LANCIERS	FORT	Fort	Moyen	FORT	FORT
BV2 ZOUAVES	MOYEN	Moyen	Fort	FORT	FORT
BV3 NORD	FORT	Moyen	Moyen	MOYEN	FORT
BV3 CENTRE	FAIBLE	Faible	Faible	FAIBLE	FAIBLE
BV3 SUD	FAIBLE	Faible	Faible	FAIBLE	FAIBLE
BV3 CIGOGNES	MOYEN	Moyen	Faible	MOYEN	MOYEN
BV4 NORD	FORT	Fort	Moyen	FORT	FORT
BV4 CENTRE	FORT	Fort	Moyen	FORT	FORT
BV4 SUD	FAIBLE	Faible	Faible	FAIBLE	FAIBLE
BV5 NORD	MOYEN	Faible	Faible	FAIBLE	MOYEN
BV5 IMPASSE	MOYEN	Moyen	Fort	FORT	FORT
BV5 CENTRE	MOYEN	Faible	Faible	FAIBLE	MOYEN
BV5 SUD	MOYEN	Faible	Faible	FAIBLE	MOYEN

La vulnérabilité est différente sur chaque zone étudiée et les dysfonctionnements peuvent avoir différentes origines : hydraulique, agricole, etc. Toujours est-il que chaque versant étudié fait l'objet d'une analyse unique et il convient de lier la notion de vulnérabilité aux origines des problèmes ainsi qu'aux aménagements potentiellement réalisable pour y remédier.

Le tableau précédent permet donc d'identifier les secteurs nécessitant une intervention, mais également le type d'aménagement à prévoir en fonction de l'aléa prédominant.

2.8.1. Bassins versants à risque fort

Il ressort de l'analyse un risque fort pour les **6 bassins versants** suivants : **BV2 Lanciers et Zouaves, BV3 Nord, BV4 Nord et Centre, et BV5 Impasse.**

On remarquera que le **BV2** est concerné à des problématiques d'ordre essentiellement hydraulique (défaut de capacité) notamment au niveau de la rue des Zouaves, mais l'aspect agricole entre en compte notamment pour le versant drainé par la Rue des Lanciers (aléa érosion fort). **Les mesures devront donc intégrer les 2 problématiques.**

Pour le **BV3 Nord**, l'érosion des sols s'avère être la principale contrainte, même si l'aléa hydrologique reste bien présent. Le diagnostic hydrologique est cependant moins alarmant sur ce bassin versant (aléa moyen sur le BV Nord) et des **mesures d'hydraulique douce** et d'amélioration des conditions d'évacuation des eaux devront permettre de réduire le risque.

Sur les **BV4 Nord et Centre** la problématique est clairement **d'ordre agronomique** car les sols en place témoignent d'un fort potentiel d'érosion qui, avec le travail des terres, provoque des coulées d'eau boueuse dont l'intensité et la fréquence sont élevées. Ce diagnostic est confirmé dans la mesure où des aménagements ont déjà été effectués pour limiter le transport de sédiments (mise en place de fascine). Il conviendra d'améliorer encore ces aménagements afin de réduire le risque.

Enfin, pour **le BV5 Impasse**, l'aléa érosion est important et les témoignages recueillis sur site ont confirmé les phénomènes de coulées d'eau boueuse. L'aléa hydraulique est fort, en lien notamment avec l'occupation des sols et la pente du versant. En ce sens, des mesures visant à **filtrer les eaux et ralentir les flux** seront proposées.

2.8.2. Bassins versants à risque moyen

On distingue dans un premier temps le bassin versant **BV1** dont le risque moyen est issu d'un aléa hydraulique fort (l'aléa érosion étant faible). Sur ce bassin versant, les **mesures devront être d'ordre hydraulique** afin de réduire la vulnérabilité des biens et des personnes en aval.

Pour les autres bassins, à savoir les BV3 Cigognes, BV5 Nord, Centre et Sud, le risque moyen est essentiellement lié au potentiel d'érosion des sols et l'aléa hydraulique est moins prédominant. La vulnérabilité des enjeux aux coulées d'eau boueuse s'avère alors moins significative. **Aucune mesure spécifique n'est à prévoir, mise à part sur le BV5 Sud** où un aménagement sera envisagé pour permettre de réorienter les flux et éviter, pour les phénomènes extrêmes, le ruissellement vers les habitations en contrebas (voir ci-après).

2.8.3. Bassins versants à risque faible

Le risque peut être considéré comme faible pour les bassins BV3 Centre et Sud et BV4 Sud. En effet, l'occupation des sols sur ces versants est prédominée par des prairies et forêts, limitant d'autant le potentiel de ruissellement et d'érosion. Le diagnostic est donc moins alarmant sur ces 3 bassins versants car on y retrouve des zones de prairies séparant les terres cultivées des enjeux à l'aval. Ainsi, sur ces bassins, aucune intervention ne s'avère nécessaire, mais on veillera tout de même à une **préservation de l'occupation des sols**.

2.8.4. Bassins versants de Nehwiller

Concernant les versants étudiés à **Nehwiller**, la problématique était ciblée au départ. Elle est uniquement d'ordre agronomique du fait du **fort potentiel d'érosion** conduisant à la dégradation du milieu naturel à l'aval suite au transport des sédiments.

3. SCENARII D'AMENAGEMENTS

3.1. LES AXES MAJEURS D'AMENAGEMENTS

3.1.1. Travaux d'hydraulique douce

Les aménagements de type fascines, haies et bandes enherbées sont à promouvoir et implanter prioritairement. En effet, les volumes arrachés peuvent être relativement conséquents (1mm de terre sur 1 hectare = 10 m³). Ces volumes déplacés représentent à la fois une perte pour l'exploitant agricole, et un préjudice important pour les infrastructures situées à l'aval (routes réseaux, bâti...). Or, lorsque la terre arrachée à la parcelle est retenue par ces ouvrages, la perte en fraction fertile est moindre pour les exploitants agricoles puisque qu'ils peuvent la régaler directement sur leur parcelle.

Ces techniques préventives présentent de multiples atouts pour le site étudié pour les raisons suivantes :

- ce sont des techniques simples à mettre en œuvre, avec un coût d'entretien limité ;
- elles permettent d'intervenir à l'échelle de chaque parcelle et de réaliser un maillage dense de ralentissement des écoulements ;
- la rupture des vitesses d'écoulement favorise l'infiltration et réduit le caractère concentré et incisif des écoulements en générant des écoulements plus diffus ;
- par la réduction des vitesses d'écoulement, elles favorisent le dépôt des matières en suspension sur les parcelles et limitent les transferts vers les routes et autres infrastructures : là aussi il y a un avantage en terme de frais d'entretien après un évènement pluvieux majeur ;
- le maintien des sédiments sur les parcelles réduit l'appauvrissement en matière organique des terres cultivées et limite les transferts de pesticides, nitrates et autres traitements de cultures ;
- la présence de ces aménagements végétaux multiple les habitats et caches pour la faune et diversifie la flore, ils apportent une richesse en biodiversité. Ils constituent également des éléments fortement intégrés dans le paysage.

Une fascine est une solution simple permettant de réduire le risque de coulées d'eau boueuse vers l'aval en jouant le rôle de filtre. En effet, les fascines vivantes sont des ouvrages linéaires composés de deux rangées de pieux entre lesquelles sont placés des fagots de branches compacts. Elles ont pour objectif de freiner le ruissellement et de limiter les transferts de terre vers l'aval. Placées en travers des chemins d'eau, elles protègent les cultures situées à l'aval des effets torrentiels du ruissellement, et maintiennent la terre organique sur les parcelles situées à l'amont. Les fascines peuvent être conçues avec des branches mortes, dans quel cas les fagots doivent être changés tous les ans, ou avec des branches vivantes qui prendront racine au contact de la terre (type saule).

La mise en place de **fascines vivantes** est à privilégier par rapport aux fascines mortes. En effet, les filtres composés de branchages se transforment avec le temps en haies ancrées dans les talus formés par l'accumulation de terre. Ces aménagements ont donc une bonne pérennité pour un faible entretien. L'entretien consiste à tailler les saules et éventuellement repiquer les branches taillées dans la fascine ou aux extrémités de l'aménagement. L'accumulation de terre à l'amont de la fascine peut être travaillé et réparti sur la parcelle lors de la préparation du lit de semis.

Les haies sont peu présentes sur les versants et il est conseillé de créer de nouveaux linéaires dès l'amont des versants. Les emplacements de ces haies sont à préciser avec les exploitants agricoles.

D'un point de vue hydraulique, le principe de fonctionnement d'une haie est le même que pour une fascine. Cependant, la densité des racines contribue à améliorer l'infiltration des écoulements, ce qui est un atout considérable compte tenu des caractéristiques de sol du bassin versant étudié. Les espèces à favoriser sont celles qui ont un enracinement profond (noisetier) et des pieds avec une densité de tiges importantes (viorne obier, viorne lantane, cerisier à grappes,...).

Les haies présentent comme avantage par rapport aux fascines d'apporter une diversification potentielle de la végétation plus importante, par la plantation d'espèces variées et locales. De plus, elles offrent une bonne intégration paysagère, et favorisent la biodiversité en offrant un abri aux lièvres, oiseaux...

Tous les **aménagements cités ci-dessus peuvent être associés**, notamment avec des **bandes enherbées** pour optimiser leur fonctionnement. Exemple : fascine + bande enherbée ; haie + bande enherbée. Ils doivent à présent faire l'objet de **concertation avec les exploitants concernés**, afin de valider le diagnostic des chemins d'eau et présenter les ouvrages proposés.

3.1.2. Mise en place de zones de rétention

3.1.2.1. PRINCIPE

Les **mesures de rétention amont** visent à aménager des ouvrages permettant de stocker les crues en amont des secteurs vulnérables, de manière à écrêter les débits de pointe, et par la même à réduire l'aléa en aval.

Cette méthode consiste à :

- Mettre en place un resserrement du lit majeur, pour limiter les écoulements vers l'aval, (sans modifier le profil en long et le fond du lit mineur) : des remblais transversaux sont construits en lit majeur et permettent une mobilisation accrue des champs d'expansion (ouvrages de retenue temporaire) ;
- Ne pas remodeler le lit majeur amont, et maintenir l'usage des terrains amont ;
- Limiter la hauteur des digues en lit majeur, tant par un souci de sécurité, que pour limiter l'impact visuel de l'ouvrage ;
- Obtenir un fonctionnement passif, sans intervention humaine.

Les zones de ralentissement dynamique permettent essentiellement :

- de retenir une partie des volumes de crue, contribuant ainsi à l'écrêtement des débits de pointe ;
- de retarder la propagation de la crue, en décalant dans le temps la pointe de crue de l'hydrogramme.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

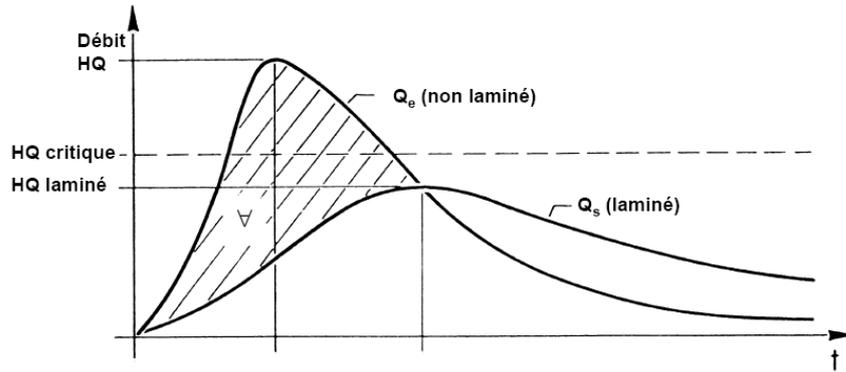


Fig. 25. Schéma de principe de l'impact d'un ouvrage de ralentissement dynamique

NB : une zone d'expansion participe efficacement à l'écrêtement des pointes de crue sous réserve qu'elle conserve une capacité importante disponible au moment où surviennent les forts débits. En d'autres termes, les zones inondables qui participent le plus efficacement à l'écrêtement des débits pénalisants sont celles qui sont submersibles uniquement en cas de forte crue et de préférence avec des hauteurs d'eau significatives

En période de crue

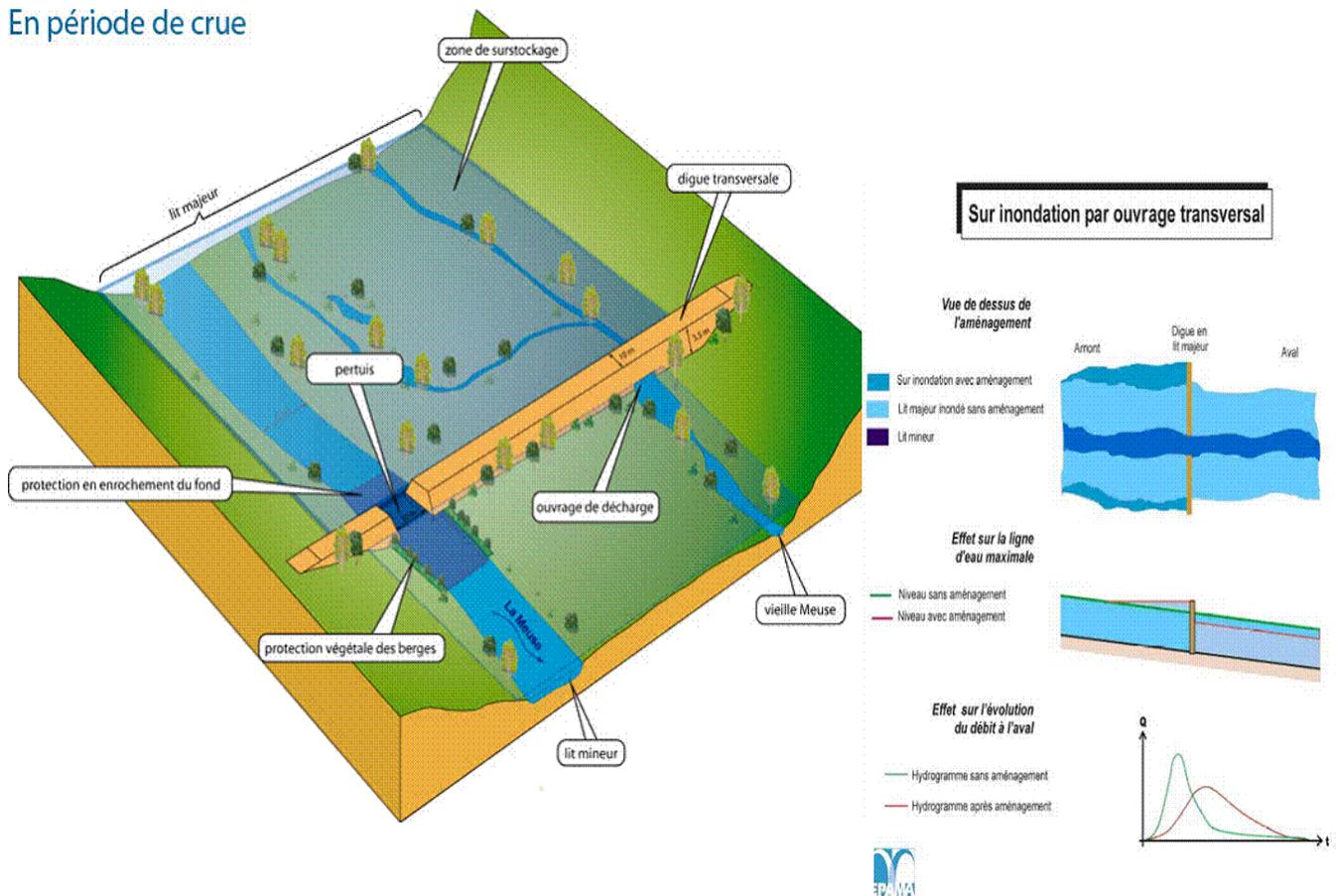


Fig. 26. Schémas de principe d'ouvrage de ralentissement dynamique (source : EPAMA)

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

Les ouvrages de rétention nécessitent un entretien régulier (nettoyage après chaque crue et deux fauches par an), ainsi que la maîtrise foncière des terrains pour la mise en place des digues transversales destinées à resserrer le lit majeur.

Il apparaît nécessaire, pour un ralentissement dynamique efficace, de réunir les conditions suivantes :

- une vallée peu pentue et très large, pour limiter la hauteur du "barrage",
- disposer d'une grande surface inondable pour un volume de rétention significatif,
- absence d'enjeux sur la zone sur-inondée ; ce critère est la principale limite à une action sur les vallées où l'habitat diffus ou groupé est présent,
- des enjeux suffisamment importants en aval proche pour justifier des investissements lourds (plusieurs centaines de milliers d'euros).

L'efficacité du dispositif doit être évaluée à l'aide d'une modélisation mathématique (voire physique) et d'une simulation des crues de différentes périodes de retour.

3.1.2.2. METHODOLOGIE

Afin de déterminer l'incidence des aménagements de ralentissement dynamique sur les crues, nous avons procédé à une simulation hydrologique, sur la base du modèle PLUTON réalisé dans le cadre du diagnostic.

Ce logiciel permet d'étudier l'influence ponctuelle et globale de sites de rétention à l'échelle d'un bassin versant. Le modèle défini dans le cadre de la phase de diagnostic de l'étude a été utilisé et modifié en conséquence pour prendre en compte le site de ralentissement dynamique identifiés précédemment et notamment sa topographie (MNT).

L'objectif de la phase 2 de cette étude est non plus d'estimer le volume nécessaire pour retenir une crue de période de retour centennal mais il s'agit à présent de vérifier la possibilité de rétention sur le site visé en définissant le volume exact de rétention compte tenu d'une loi cote/volume.

Aussi, la modélisation doit à présent permettre d'identifier le type d'ouvrage de régulation du débit à mettre en place. En effet, dans le cas d'un ouvrage passif, il sera impossible d'imposer un débit fixe car la hauteur d'eau dans l'ouvrage de rétention variera avec le temps. Il s'agit donc à présent de calculer les dimensions d'un ouvrage qui permettra de réguler le débit de façon à ce qu'au maximum (au maximum de hauteur d'eau), le débit atteigne le débit limite défini en phase 1.

Les hypothèses de calculs seront ainsi reprises du modèle existant et de l'analyse hydrologique effectuée en phase de diagnostic. Simplement, le modèle a été mis à jour et respecte maintenant les contraintes topographiques imposés par le site visé. Ainsi, à l'inverse des tests réalisés en phase 1, la modélisation a été conduite en tenant compte d'une loi cote/volume. Cette loi a pu être créée grâce à l'exploitation du MNT du secteur d'étude.

La régulation du débit fera également l'objet d'une analyse plus fine dans la mesure où il ne sera pas possible d'obtenir un débit fixe en sortie de la rétention (pas de fonctionnement régulé comme en première phase de l'étude). Le modèle a donc été exploité en renseignant des dimensions d'ouvrage tout en calculant en finalité, le débit à l'exutoire du bassin versant. L'idée étant de retenir les dimensions d'un ouvrage induisant un débit non préjudiciable à l'aval.

3.1.2.3. OUVRAGE TYPE

En vue de réaliser le chiffrage estimatif ultérieur et notamment pour l'estimation du volume de remblais d'apport nécessaire, nous nous baserons sur des coupes types d'ouvrage (sécuritaires) qu'il conviendra de valider dans une phase de conception plus avancée.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

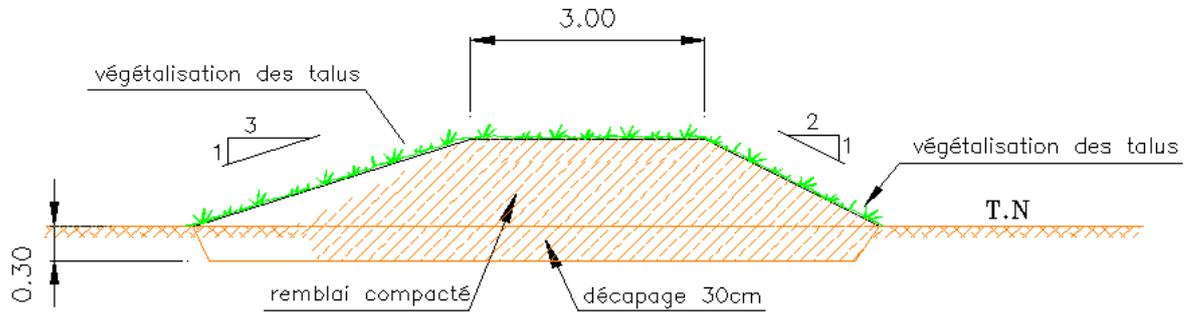


Fig. 27. Coupe en travers type de la digue

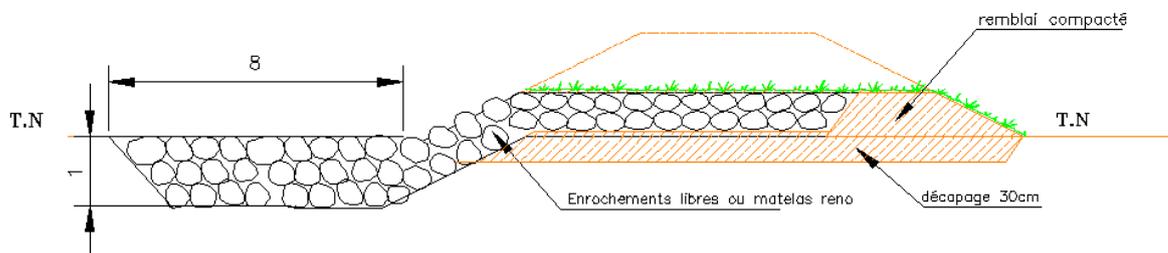


Fig. 28. Coupe en travers type du déversoir

3.1.2.4. PROBLEMATIQUE DU FRANCHISSEMENT DU LIT MINEUR

Concernant le franchissement du lit mineur, on peut noter qu'il est possible de limiter l'impact sur le linéaire de cours d'eau en mettant en place un entonnement béton au niveau du cours d'eau. Cette technique, permettant de limiter le remblai, n'a pas été représentée dans la mesure où elle nécessiterait la connaissance d'éléments de conception plus avancés.

Le coût supplémentaire dû à la quantité de béton nécessaire serait en partie compensé par la réduction du remblai nécessaire et par la réduction de la longueur de l'ouvrage de franchissement mais une plus-value financière est tout de même à prévoir.

Les photographies suivantes illustrent ce principe où l'impact de l'ouvrage se fait uniquement ressentir au droit du pertuis. L'entonnement en béton permet de limiter la largeur de l'ouvrage au droit du cours d'eau.



Fig. 29. Exemples de dispositif permettant de limiter l'impact du projet

3.1.2.5. ASPECT REGLEMENTAIRE DE LA RETENTION

Au sens de la réglementation, l'ouvrage ainsi réalisé constituerait un barrage. Les barrages sont répartis en 4 classes. Au sens du décret du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques. Ces classes sont déterminées en fonction des caractéristiques géométriques et fonctionnelles de l'ouvrage avec :

- H (en m) : la plus grande hauteur mesurée verticalement entre le sommet de l'ouvrage et le terrain naturel à l'aplomb de ce sommet ;
- V (en millions de m³) : le volume retenu par le barrage à la cote de retenue normale.

La figure suivante donne la répartition entre les différentes classes :

Tabl. 6 - Table des classes de barrages

Classe de l'ouvrage	Caractéristiques géométriques
A	$H \geq 20$
B	Ouvrage non classé en A et pour lequel $H^2 \times \sqrt{V} \geq 200$ et $H \geq 10$
C	Ouvrage non classé en A ou B et pour lequel $H^2 \times \sqrt{V} \geq 20$ et $H \geq 5$
D	Ouvrage non classé en A, B ou C et pour lequel $H \geq 2$

Selon la classe de l'ouvrage, il est alors demandé de se soumettre à diverses obligations qui sont présentées sur le tableau suivant :

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

Tabl. 7 - Obligations applicables aux différentes classes d'ouvrages

	Barrages			
	A	B	C	D
Conception du projet de réalisation ou de modification substantielle par un organisme agréé	oui	oui	oui	oui
<i>Projet soumis à avis du CTPBOH</i>	<i>oui</i>	<i>non</i>	<i>non</i>	<i>non</i>
Maîtrise d'œuvre unique	oui	oui	oui	oui
Procédure de première mise en eau	oui	oui	oui	oui
Etude de dangers ^g	10 ans	10 ans	non	non
<i>Etudes soumise à avis du CTBPOH</i>	<i>oui si PPI</i>	<i>non</i>	<i>non</i>	-
Dossier de l'ouvrage	oui	oui	oui	oui
Registre de l'ouvrage	oui	oui	oui	oui
Consignes écrites ^h	oui	oui	oui	oui
Dispositif d'auscultation	oui sauf dérogation	oui sauf dérogation	oui sauf dérogation	non sauf exception
Visites de surveillance	oui	oui	oui	oui
Visites techniques approfondies avec rapport	1 an Transmis au préfet	≤ 2 ans Transmis au préfet	≤ 5 ans Transmis au préfet	≤ 10 ans
Rapport de surveillance	1 an Transmis au préfet	≤ 5 ans Transmis au préfet	≤ 5 ans Transmis au préfet	/
Rapport d'auscultation	≤ 2 ans Transmis au préfet	≤ 5 ans Transmis au préfet	≤ 5 ans Transmis au préfet	/
Revue de sûreté et examen technique complet avec rapport ⁱ	10 ans Transmis au préfet	non	non	non
Déclaration des événements	oui	oui	oui	oui
Diagnostic initial de sûreté (ouvrages existants)	non	non	non	non
Diagnostic de sûreté - révision spéciale	Sur décision du préfet			

Remarque : Le classement d'un ouvrage est dans un premier temps théorique. Seul le préfet appuyé par l'administration compétente dans le suivi des digues et barrage, à savoir la DREAL, peut procéder au classement de l'ouvrage, et peut également décider de surclasser l'ouvrage.

3.1.3. Modifications des pratiques culturales

Il est possible aussi de viser la **prévention contre l'érosion des sols** et les coulées d'eau boueuses. Ceci serait possible en changeant radicalement le mode d'exploitation des terres et ce, notamment sur les secteurs où l'on constate les éléments suivants :

- Grande unité cultivée,
- Présence de culture d'hiver prédominante,
- Pente élevée,
- Sols favorables à l'érosion, etc.

Il s'agit principalement des BV4 et BV5 à Reichshoffen ainsi que du BV SUD de Nehwiller.

L'idée serait d'éviter l'exploitation unique en culture de printemps en favorisant le mélange de culture et la mise en place de bande enherbée par exemple, voire la fragmentation des unités cultivées.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

D'autres solutions existent encore et l'on peut proposer :

- Le travail du sol uniquement en surface voire l'abandon complet du labour :

Les techniques culturales sans labour permettent d'éviter de mélanger les horizons du sol. L'érosion des sols est ainsi réduite par maintien d'une couverture du sol et une teneur en matière organique en surface. L'infiltration de l'eau dans le sol est améliorée puisque les sols vivants « naturels » sont moins vulnérables au phénomène de battance par rapport aux sols labourés. Ils conservent aussi une portance sans être compactés. Les semis peuvent se faire sans labour préalable à l'aide d'un semoir adapté (à disque ou à dent).



Fig. 30. Expérimentation sur les coteaux de Niederhausbergen (photo ARTELIA)

La photo ci-dessus illustre la prise de conscience du monde agricole, du potentiel de ruissellement associé au type de culture et au mode de labour. En partie droite de la photo, on peut constater que le semi de blé a été effectué sur sol non retourné, tandis que sur la parcelle de gauche, le sol a été labouré classiquement en préparation d'une culture de printemps à savoir du maïs. La parcelle de droite sécurise le risque de ruissellement boueux.

- Les techniques de couvert végétal améliorant :

Un couvert végétal est recommandé entre chaque récolte pour éviter d'avoir un sol nu favorisant les coulées d'eaux boueuses. Mais il est également possible de mettre en place un couvert végétal inter-rangs de façon permanente. Le couvert végétal permet d'augmenter la perméabilité du sol en fixant la terre végétale superficielle, ce qui diminue le volume d'eau ruisselant en surface. Il diminue aussi le risque d'érosion du sol par ralentissement du ruissellement subsistant. Le sous-semis dans le maïs, dont la culture est largement répandue en Alsace, fonctionne de façon satisfaisante. Le couvert végétal peut se développer avant que le maïs atteigne une taille « adulte ». La végétation reprend lorsque le maïs commence à se dessécher et donc à laisser passer la lumière jusqu'au sol. Le sol n'est donc jamais découvert. Le semis direct à travers le couvert végétal est là-encore possible, en s'équipant d'un semoir adapté (disque,...).

Il est évident que ces changements de pratiques culturales seront à développer en concertation avec les agriculteurs locaux. Leur succès dépend des cultures pratiquées actuellement, ces méthodes ne n'appliquant pas à toutes les cultures.

3.1.4. Mise en place de protections individuelles

Les mesures d'aménagements globales, telles que peuvent l'être les mises en place de rétention amont, permettent de lutter contre les inondations à une plus grande échelle. Cependant, la mise en place de **protections individuelles** apporte souvent un résultat immédiat à coût moindre si l'on compare ces coûts aux seuls coûts de construction d'une zone de rétention.

De plus, la mise en place de protections individuelles doit également être considérée comme étant un complément d'aménagement, dans la mesure où le niveau de protection mis en place par l'aménagement de ralentissement des ruissellements amont peut être dépassé.

Il convient en effet de proposer une solution efficace de protection contre inondations au niveau des habitations.

Différents possibilités existent et afin de protéger efficacement les habitations impactées par les inondations, il est possible de mettre en place des protections individuelles de type batardeau ou panneau étanche au droit des entrées.

Il s'agirait donc de protections amovibles pour la lutte contre les inondations.



Fig. 31. Exemple de systèmes de batardeau mobile (source : Colurex)

Cependant, **le temps de réponse des bassins versants concernés est rapide et la solution devra s'orienter vers des protections fixes** pouvant être ajustés sur place en fonction de la hauteur de protection souhaitée.

Le choix de dispositifs tels que des **portails étanches** semble être à privilégier.



Fig. 32. Exemple de systèmes de portails étanches (source : Jap Jacina, Dexia)

Les solutions de portails étanches sont très variées et il est difficile d'analyser en détails ce type de solutions puisqu'il s'agit principalement d'une démarche commerciale passant par l'établissement de devis au cas par cas (dimensions, type, finition, etc.).

Différentes sociétés proposent et commercialisent des systèmes adaptés pour la lutte contre les inondations. Des aménagements rustiques peuvent également être envisagés mais les solutions commercialisées ont l'avantage d'assurer une étanchéité nécessaire pour éviter l'inondation des parties d'habitations situées sous le niveau de la voirie.

D'une manière générale, il est difficile de chiffrer ces dispositifs puisqu'ils dépendent directement :

- De la hauteur de protection souhaitée ;
- De la largeur de l'ouverture à étanchéifier ;
- De la nature du matériel souhaité ;
- Du niveau de finition et de l'esthétisme recherché.

Cependant, les solutions sont nombreuses et les prix varient. Chaque solution devra être étudiée individuellement en fonction des attentes précises pour obtenir la meilleure réponse technique et budgétaire correspondante.

3.2. BV1

3.2.1. Généralités

Les problèmes rencontrés sur le BV1 sont d'ordre hydraulique. Certains aménagements ne paraissent pas pertinents : les mesures d'hydrauliques douces ne paraissent pas adaptées à la problématique dans la mesure où le BV1 est principalement naturel, tandis que le renforcement de l'exutoire serait également très contraignant à mettre en œuvre.

La mise en place d'une rétention amont se voit donc être une des solutions les plus adaptées car elle permettra de stocker les crues en amont des secteurs vulnérables, de manière à écrêter les débits de pointe, et par la même à réduire l'aléa en aval.

Le secteur visé est le secteur amont du franchissement par le ruisseau de la route RD662 et à l'aval de la zone forestière car le site est occupé uniquement par des prairies.

La vue aérienne suivante présente schématiquement la **zone potentiellement utilisable** pour la création d'une rétention amont :

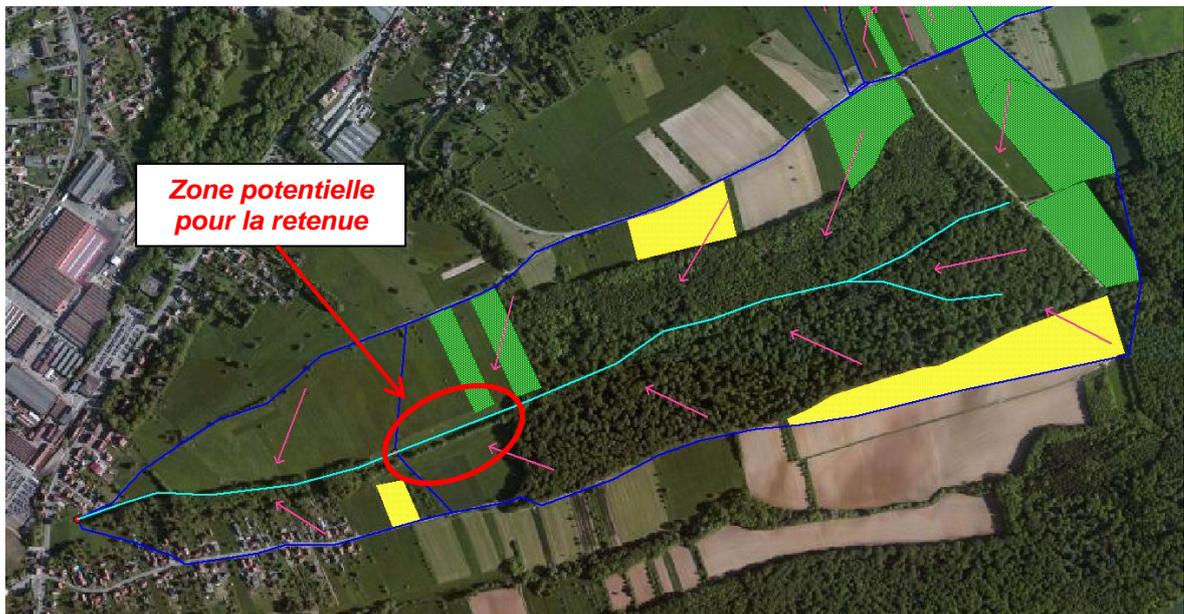


Fig. 33. Localisation du secteur potentiel pour la rétention sur le BV1

Dans la première phase d'étude, l'objectif était d'estimer les volumes à retenir en vue de protéger la commune contre des phénomènes de périodes de retour 50 et 100 ans. Cette donnée est consignée dans le tableau suivant :

Tabl. 8 - Résultats de la modélisation du bassin de rétention du BV1 pour Q50 et Q100

	Q amont	Q sortant rétention	Q apport aval	Q global BV	Volume à stocké
Rétention amont Q50	2.06 m ³ /s	0.45 m ³ /s	0.76 m ³ /s	1.20 m ³ /s	6 500 m ³
Rétention amont Q100	2.66 m ³ /s	0.25 m ³ /s	0.96 m ³ /s	1.20 m ³ /s	10 800 m ³

Le volume nécessaire au stockage du volume écrêté était estimé à **environ 6 500 m³** pour l'évènement d'occurrence 50 ans et à **environ 10 800 m³** pour l'évènement d'occurrence 100 ans.

L'idée est à présent de reprendre les calculs tout en intégrant la composante topographique issue du traitement du MNT issu du « Partenariat CIGAL ».

3.2.2. Calcul de la rétention amont

3.2.2.1. LOI COTE/VOLUME

Les hypothèses de calculs ont été reprises du modèle existant et de l'analyse hydrologique effectuée en phase de diagnostic. Simplement, le modèle a été mis à jour et respecte maintenant les contraintes topographiques imposés par le site visé. Ainsi, à l'inverse des tests réalisés en phase 1, la modélisation a été conduite en tenant compte d'une loi cote/volume donnée ci-dessous. Cette loi a pu être créée grâce à l'exploitation du MNT du secteur d'étude et à titre indicatif, les emprises en fonction de la hauteur d'eau sont également données sur le tableau suivant :

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

Tabl. 9 - Table cote/volume/emprise de la rétention du BV1

cote (m)	hauteur (m)	volume (m ³)	surface (m ²)
197.00	0	0	0
197.50	0.5	67	350
198.00	1	534	1 491
198.50	1.5	1 670	3 187
199.00	2	3 673	4 788
199.50	2.5	6 433	6 418
200.00	3	10 291	8 788
200.50	3.5	15 224	10 945
201.00	4	21 260	13 288

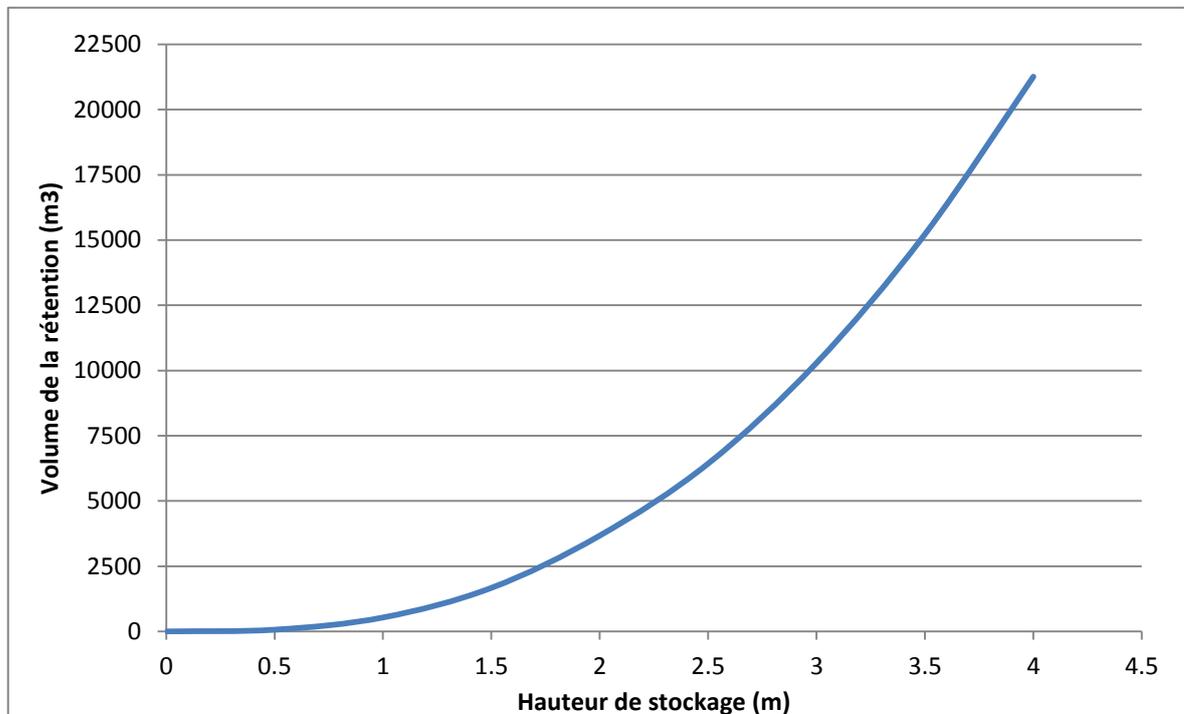


Fig. 34. Graphique de la loi cote/volume de la zone de rétention du BV1

La régulation du débit a également fait l'objet d'une analyse plus fine dans la mesure où il ne sera pas possible d'obtenir un débit fixe en sortie de la rétention (pas de fonctionnement régulé comme en première phase de l'étude). Le modèle a donc été exploité en renseignant des dimensions d'ouvrage tout en calculant en finalité, le débit du ruisseau à l'exutoire. L'idée étant de retenir les dimensions d'un ouvrage induisant un débit inférieur mais proche de 1.20 m³/s, limite de la capacité hydraulique à l'exutoire.

3.2.2.2. VERIFICATION DU FONCTIONNEMENT DE L'OUVRAGE

En fonction de la loi cote/volume précédemment, un ouvrage de type ouvrage cadre a donc été ajouté au modèle et ses caractéristiques sont les suivantes :

- Pour Q50 : 0.25 x 0.50 m
- Pour Q100 : 0.20 x 0.30 m
- Positionnement du fond de l'ouvrage : cote 197.00 m (fond du lit)

Le graphique suivant représente le fonctionnement détaillé de l'ouvrage de rétention amont (Q50) :

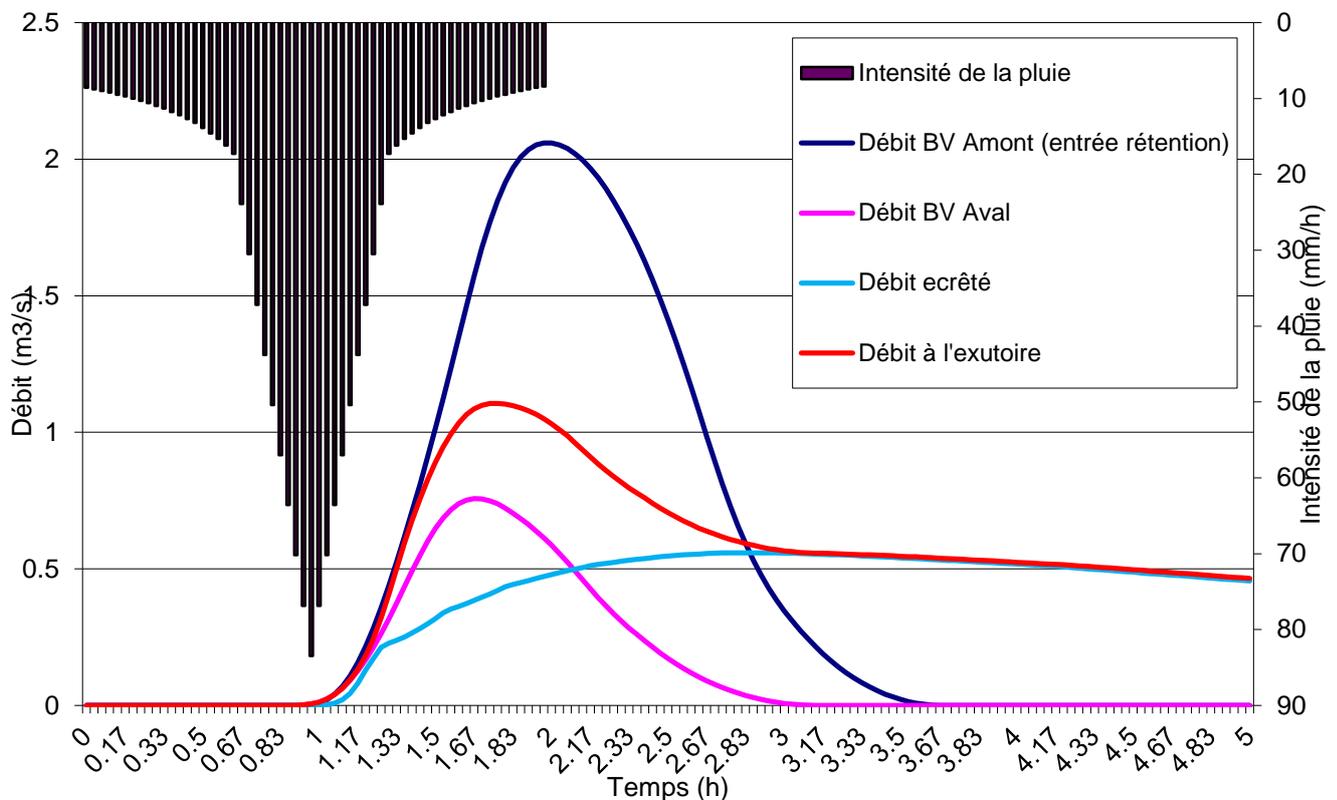


Fig. 35. Fonctionnement réel de l'ouvrage de rétention Q50 sur le BV1

Le résultat de la modélisation, prenant en compte l'ouvrage de régulation ainsi que la topographie du site, permet d'affiner le volume de stockage à **5 800 m³ pour une crue Q50** ce qui représente une hauteur d'eau d'environ 2.40 m par rapport au fond du lit.

Pour Q100, le volume de stockage a été affiné à 9 000 m³ ce qui représente une lame d'eau de l'ordre de 2.85 m par rapport au fond du lit.

3.2.2.3. DIMENSIONS RETENUES

Les calculs réalisés sous PLUTON ont permis de définir les dimensions de l'ouvrage de régulation de manière à sécuriser les écoulements à l'aval de la rétention (cf. chapitre précédent). Deux niveaux de protection ont par ailleurs été étudiés et pour chacun d'entre eux, la courbe de fonctionnement de l'ouvrage permet également de retenir les dimensions du barrage à réaliser.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

A ce stade, la cote atteinte lors de la simulation de la crue de dimensionnement (Q50 ou Q100) représente la cote à laquelle devra être mis en place un déversoir de sécurité.

Un **déversoir de sécurité** est essentiel pour la pérennité de l'ouvrage notamment lors de la survenue d'évènements pluvieux supérieurs à l'évènement de référence utilisé pour le dimensionnement de la retenue. Pour cela, il est nécessaire de calculer la dimension nécessaire d'un ouvrage permettant l'évacuation d'un débit rare, mais à ce stade de l'étude nous considérerons qu'une marge de 1 mètre de hauteur de barrage supplémentaire est suffisante pour à la fois permettre l'évacuation d'un débit extrême tout en permettant de garder une revanche de sécurité.

Une première approche peut s'effectuer par la méthode du Gradex qui permet la détermination des débits rares à extrêmes (Q100 et plus). La méthode repose sur le fait que, à partir du moment où un bassin versant est saturé (la nappe et les flaques de surface sont remplies), tout supplément de pluie provoquera un supplément égal de ruissellement.

Il en résulte que la fonction de répartition des débits extrêmes a pour direction asymptotique la droite de répartition des pluies extrêmes, à condition de prendre un intervalle de temps t , commun pour le volume de pluie et le volume d'écoulement, qui soit de l'ordre de grandeur du temps de concentration du bassin versant.

Il s'agit donc de connaître la période de retour à partir de laquelle les sols seraient saturées et afin d'être sécuritaire nous estimerons donc la saturation du bassin versant à partir de la période de retour décennale.

Il faut dans un premier temps calculer le Gradex des pluies et le Gradex des débits. On a :

$$Gp(t) = (P100 - P10)/(U100 - U10)$$

$$Gq(t) = \frac{Gp(t) * r * S}{3.6 * t}$$

Avec :

$Gp(t)$: Gradex des pluies ($Gp = 7.40 \text{ mm}$) ;

P : pluie brute de période de retour correspondante sur la durée t ($P10 = 36.8 \text{ mm}$ et $P100 = 54.2 \text{ mm}$) ;

U : variable centrée réduite de Gumbel (associé à la période de retour donnée) ($U10 = 2.25$, $U100 = 4.60$ et $U1000 = 6.91$) ;

$Gq(t)$: Gradex des débits ($Gq = 1.20 \text{ m}^3/\text{s}$) ;

r : rapport des débits : $Q_{\text{max}}/Q_{\text{moy}}$ ($r = 2.5$) ;

S : surface du bassin versant en km^2 ($S = 0.95 \text{ km}^2$) ;

t : durée de la crue en h ($t = 3h$).

Finalement, une fois le Gradex des débits $Gq(t)$ connu, il est possible de calculer les débits extrêmes à partir du débit correspondant à la période de retour du point de saturation avec :

$$Qx = Q10 + (Ux - U10) * Gq(t)$$

Pour le bassin versant amont correspondant au bassin alimentant la retenue nous avons calculé un débit décennal de $0.90 \text{ m}^3/\text{s}$ et nous obtenons donc un débit **Q1000 de $9 \text{ m}^3/\text{s}$** .

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

Sachant qu'il est facile de vérifier la longueur de déversoir nécessaire pour évacuer un tel débit en fonction de la lame d'eau via la formulation simplifiée d'un seuil :

$$Q = \frac{2}{3} \times \sqrt{\frac{2g}{3}} \times L \times h^{3/2}$$

Avec :

Q : Débit transitant par le seuil (m³/s);

g : Accélération de la pesanteur (m/s²)

L : Longueur du déversoir (m)

h : Différence de niveau entre l'amont et l'amont (m)

Finalement, pour un écoulement dénoyé, un déversoir de 15 mètres permet d'évacuer 9 m³/s sous une lame d'eau de 50 cm. Une marge supplémentaire de 1 mètre au-delà de la cote de retenue est donc suffisante. Nous considérerons par la suite une longueur de déversoir de l'ordre de 15 m, notamment pour l'estimation budgétaire.

Les éléments renseignant les dimensions de l'ouvrage, en fonction du niveau de protection recherché, sont donnés dans le tableau ci-après :

Tabl. 10 - Dimensions retenues pour l'ouvrage de rétention sur le BV1

	Q50	Q100
Largeur du pertuis (m)	0.50	0.30
Hauteur du pertuis (m)	0.25	0.20
Longueur de franchissement (m)	18	20
Longueur du barrage (m)	97	105
Longueur du déversoir (m)	15	15
Emprise au sol du barrage (m ²)	1250	1500
Cote de fond (du ruisseau) (m)	197.00	197.00
Cote de déversoir (m)	199.40	199.85
Cote de crête (m)	200.40	200.85
Hauteur du barrage (m)	3.40	3.85
Volume stocké (niveau protection) (m)	5800	9000
Valeur de H ² x vV	0.90	1.4
Classe de l'ouvrage (théorique)	D	D

3.2.2.4. IMPLANTATION DE L'OUVRAGE

Afin de visualiser l'emplacement de la retenue plus en détail, son implantation a été représentée sur l'extrait cartographique de l'annexe 1. L'interpolation des cotes de dimensionnement de l'ouvrage avec le MNT permet de représenter l'emprise des talus amont et aval selon les coupes définies au chapitre précédent.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

Malgré tout, le MNT tient compte de la végétation en place et pourrait engendrer des approximations. Il sera ainsi nécessaire lors d'un stade d'étude plus avancé, de vérifier l'implantation ainsi que le fonctionnement de la retenue suite à des levés topographique terrestres.

Les figures suivantes donnent un aperçu de l'implantation de l'ouvrage dimensionné pour Q50:

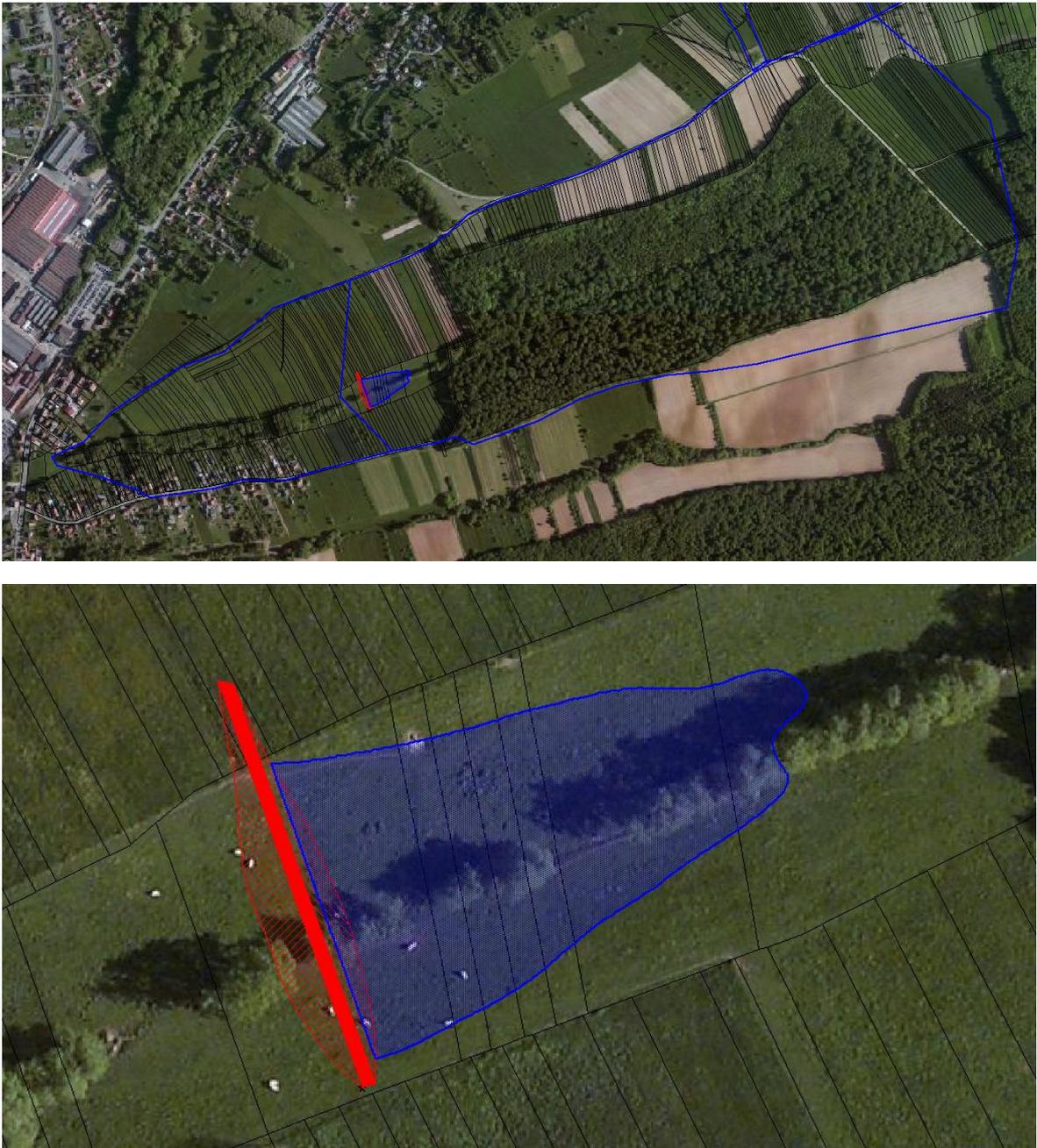


Fig. 36. Implantation de l'ouvrage Q50 sur le BV1

L'emprise de l'ouvrage au sol est estimée à 1250 m² lorsque le niveau de protection est fixé à Q50. L'emprise passe à 1500 m² pour l'ouvrage permettant de protéger l'aval contre une crue centennale.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

Cette indication permet d'ores et déjà de donner une approche de l'emprise foncière que devra acquérir le maître d'ouvrage en cas de souhait de poursuivre la mise en place d'une rétention amont.

3.2.3. Chiffrage estimatif

Le tableau ci-dessous décrit les coûts relatifs à l'aménagement proposé et en tenant compte des hypothèses de dimensionnement précédentes. Le chiffrage estimatif fait apparaître différentes actions des travaux à réaliser.

Tabl. 11 - Coûts estimatifs pour la mise en place d'un ouvrage de rétention BV1

Désignation	Montant Q50	Montant Q100
Installation de chantier	15 000	15 000
Travaux de terrassement	130 000	180 000
Pertuis	15 000	20 000
Déversoir de sécurité	25 000	35 000
Divers	10 000	10 000
Prix total € HT estimé	195 000 € HT	260 000 € HT

La construction d'un ouvrage de rétention pour la protection contre les événements de période de retour 50 ans nécessiterait une enveloppe prévisionnelle de 195 000 € HT. Pour une protection centennale, l'enveloppe budgétaire passerait à environ 260 000 € HT.

Cependant, cet estimatif n'intègre pas les coûts annexes liés aux études géotechniques de qualité des sols. Par ailleurs ces études permettront de dimensionner les fondations de l'ouvrage et pourront engendrer des coûts de réalisation plus importants. Aussi, les frais d'acquisition foncière et des démarches réglementaires ne sont pas comptabilisés à ce stade de l'étude.

Rappelons que l'ouvrage présenterait une emprise au sol nécessitant une acquisition foncière (se limitant uniquement à l'emprise de l'ouvrage) de l'ordre de 1250 à 1500 m² selon le niveau de protection recherché.

3.3. BV2

3.3.1. Généralités

Les problèmes rencontrés sur le BV2 sont de différents types. En premier lieu, pour le versant dont l'exutoire est la rue des Lanciers, il sera privilégié de :

- **Aménager le chemin** de manière à s'assurer de rediriger les écoulements vers le ruisseau,
- **Renforcer la présence d'arbuste le long du cours d'eau** pour favoriser la filtration des écoulements,
- **Officialiser la mise en place d'une bande enherbée** de 30 mètres en aval des parcelles cultivées.

En effet, une visite sur le terrain a permis de mettre en évidence la prise de conscience des agriculteurs car une bande enherbée de plus de 30 mètres a été relevée en aval des parcelles généralement soumises à l'érosion des sols.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

Ensuite, concernant le versant dont l'exutoire est matérialisé à la rue des Zouaves, les problèmes sont d'ordre hydraulique. La mise en place d'une **rétenion amont** pourrait donc être une des solutions les plus adaptées.

La vue aérienne suivante présente schématiquement la zone potentiellement utilisable pour la création d'une rétenion amont, la zone où il est proposé d'aménager le chemin ainsi que la zone où l'on peut observer la bande enherbée déjà en place :

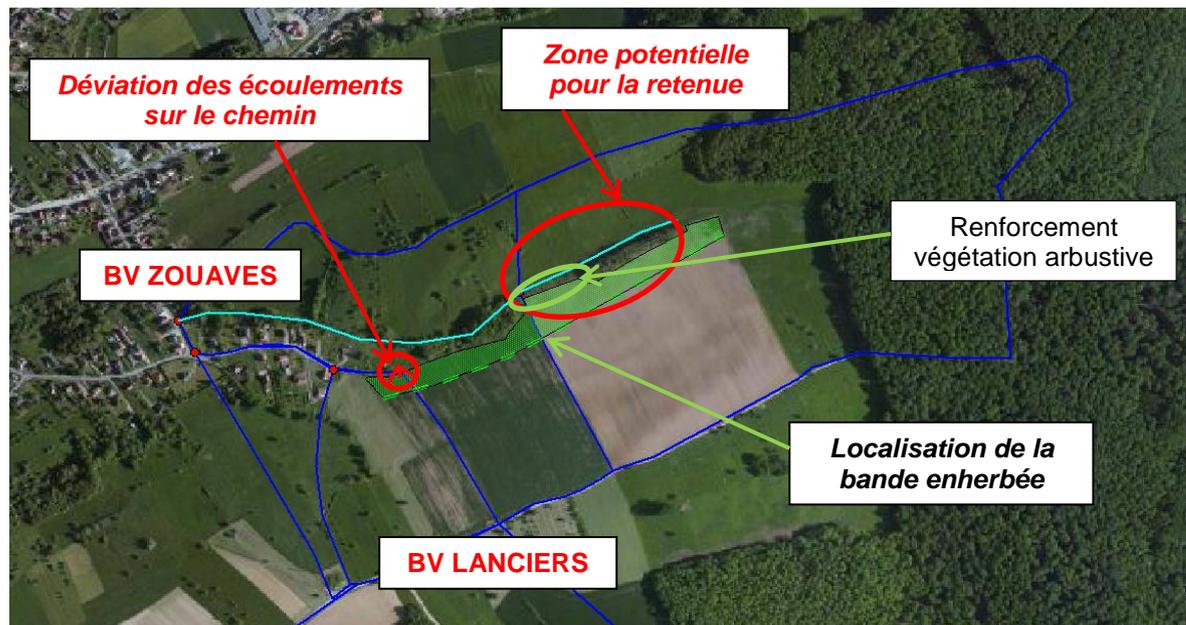


Fig. 37. Localisation des aménagements proposés

Dans la mesure où une bande enherbée d'environ 30 mètres a été mise en place à l'aval des grandes unités cultivées, il n'est pas nécessaire de compléter l'aménagement par la mise en place de haies ou de fascines sur les versants. La bande enherbée est suffisamment importante pour ralentir les ruissellements, favoriser l'infiltration des eaux, limiter l'incision et limiter le risque de coulées d'eau boueuse. Cependant, une zone atteste d'un manque de végétation le long du cours d'eau et il serait ici important de renforcer le rôle de filtre que joue la ripisylve.

L'attention devra également être portée sur l'**officialisation** de cet aménagement de manière à le rendre pérenne. Dans ce sens, seuls les aménagements de **rétenion amont** et de **modification du chemin** seront étudiés par la suite.

Dans la première phase d'étude, l'objectif était d'estimer les volumes à retenir en vue de protéger la commune contre des phénomènes de périodes de retour 50 et 100 ans. Cette donnée est consignée dans le tableau suivant :

Tabl. 12 - Résultats de la modélisation du bassin de rétenion du BV2 pour Q50

	Q amont	Q sortant rétenion	Q apport aval	Q global BV	Volume à stocké
Rétenion amont Q50	1.10 m ³ /s	0.40 m ³ /s	0.80 m ³ /s	1.20 m ³ /s	2 000 m ³
Rétenion amont Q100	1.44 m ³ /s	0.20 m ³ /s	0.99 m ³ /s	1.20 m ³ /s	4 200 m ³

Le volume nécessaire au stockage du volume écrêté était estimé à **environ 2 000 m³ pour l'évènement d'occurrence 50 ans** et à **environ 4 200 m³ pour l'évènement d'occurrence 100 ans**.

L'idée est à présent de reprendre les calculs tout en intégrant la composante topographique issue du traitement du MNT issu du « Partenariat CIGAL ».

3.3.2. L'aménagement du chemin – déviation des écoulements et le renforcement de la végétation arbustive

Afin de s'assurer qu'une partie des écoulements des versants sud rejoignent bien le ruisseau et qu'ils ne soient orientés vers la rue des Lanciers comme c'est le cas actuellement lors de forts épisodes pluvieux, il est possible de proposer un aménagement simple de **déviations des écoulements** sur le chemin.

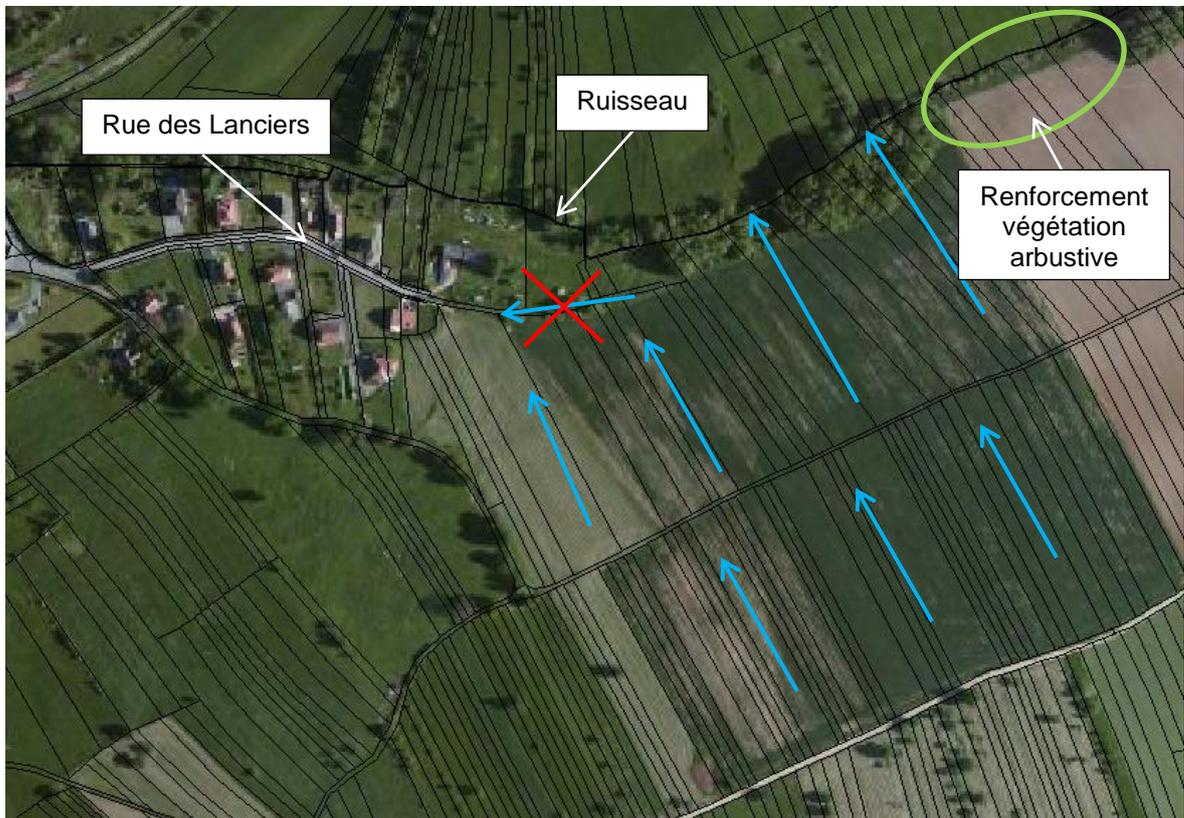


Fig. 38. Schématisation du risque de drainage des écoulements le long du chemin et zone en manque de végétation arbustive

Par ailleurs, les riverains mettent déjà en place des merlons de terre sur le chemin afin de rediriger les écoulements vers le ruisseau plus en retrait. Il est dans ce sens possible de reprofiler le chemin par des travaux de déblai/remblai pour créer une dépression sur le chemin suivi d'une zone légèrement surélevée à l'image d'un dos d'âne.

Les travaux devront prendre en compte la préparation de l'espace notamment lié au débroussaillage du site, les actions de déblai et de remblai compacté pour mise en forme du chemin et la stabilisation de la zone par enherbement ou mise en œuvre de concassé.

Le schéma suivant illustre l'aménagement rustique qui est proposé :

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements



Fig. 39. Schématisation de l'aménagement de reprofilage ponctuel du chemin

Concernant la zone en manque de végétation arbustive, il est possible de mettre en œuvre un linéaire de 110 mètres de haies dense sous forme de bosquets qui permettront de renforcer le rôle de filtre que joue habituellement la ripisylve en bordure de cours d'eau.

La mise en place de fascines n'est ici pas nécessaire et étant donné la proximité direct du cours d'eau et la présence d'une large bande enherbée, une plantation d'arbustes adaptés aux cours d'eau est à privilégier (cf. annexe 3).

La figure suivante présente l'emplacement envisagée pour la mise en place de haies en bordure de cours d'eau :

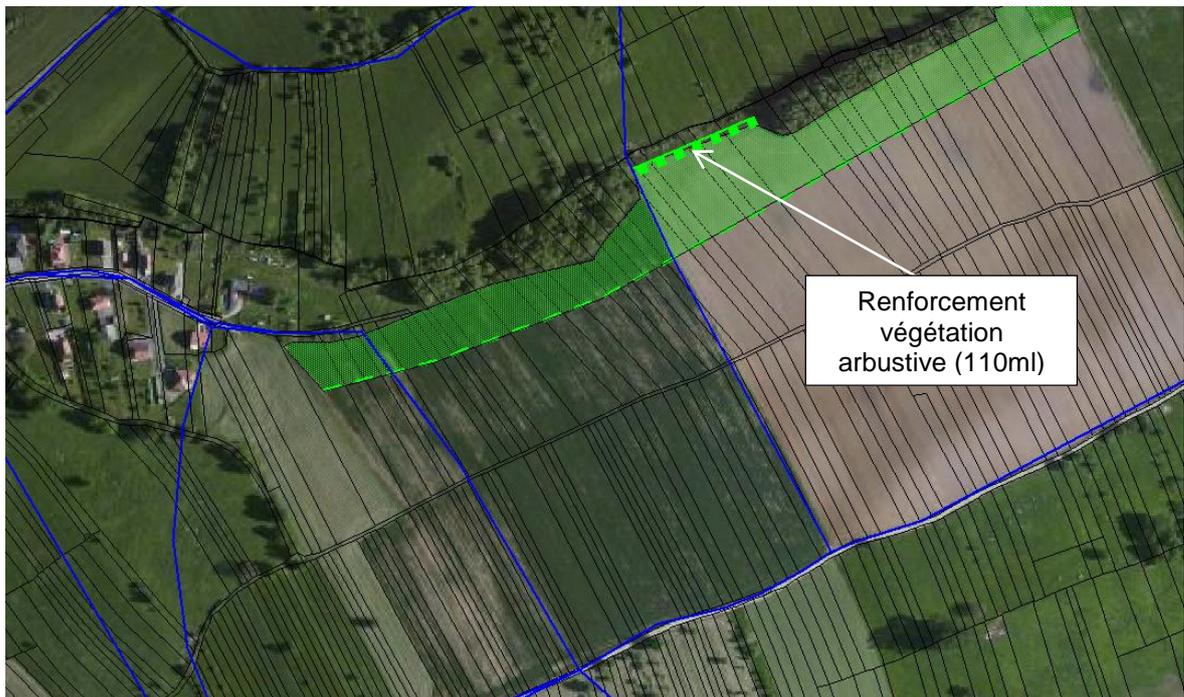


Fig. 40. Schématisation de la mise en place de haies le long du cours d'eau

3.3.3. Calcul de la retenue amont

3.3.3.1. LOI COTE/VOLUME

Les hypothèses de calculs ont été reprises du modèle existant et de l'analyse hydrologique effectuée en phase de diagnostic. Simplement, le modèle a été mis à jour et respecte maintenant les contraintes topographiques imposés par le site visé. Ainsi, à l'inverse des tests réalisés en phase 1, la modélisation a été conduite en tenant compte d'une loi cote/volume donnée ci-dessous. Cette loi a pu être créée grâce à l'exploitation du MNT du secteur d'étude et à titre indicatif, les emprises en fonction de la hauteur d'eau sont également données sur le tableau suivant :

Tabl. 13 - Table cote/volume/emprise de la rétention du BV2

cote (m)	hauteur (m)	volume (m3)	surface (m ²)
214.00	0	0	0
214.50	0.5	22	160
215.00	1	331	1 146
215.50	1.5	1 148	2 128
216.00	2	2 548	3 591
216.50	2.5	4 835	5 499
217.00	3	8 036	7 449

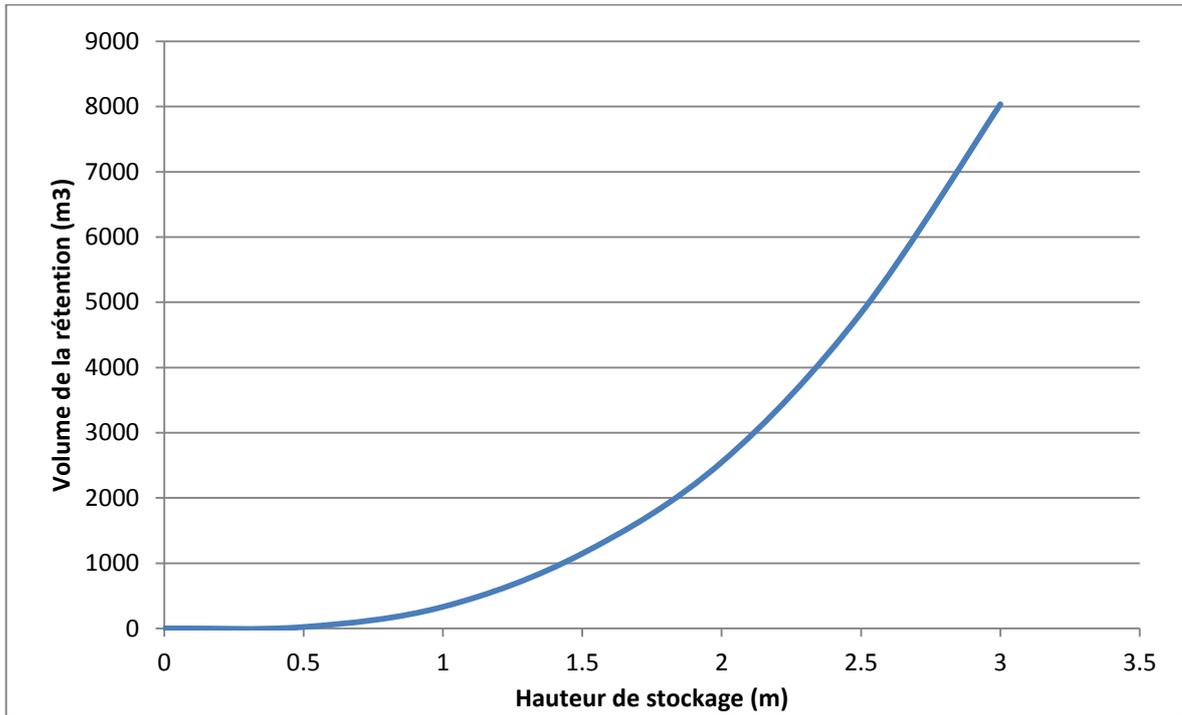


Fig. 41. Graphique de la loi cote/volume de la zone de rétention sur le BV2

La régulation du débit a également fait l'objet d'une analyse plus fine dans la mesure où il ne sera pas possible d'obtenir un débit fixe en sortie de la rétention (pas de fonctionnement régulé comme en première phase de l'étude). Le modèle a donc été exploité en renseignant des dimensions d'ouvrage tout en calculant en finalité, le débit du ruisseau à l'exutoire. L'idée étant de retenir les dimensions d'un ouvrage induisant un débit inférieur mais proche de 1.20 m³/s, limite de la capacité hydraulique à l'exutoire.

3.3.3.2. VERIFICATION DU FONCTIONNEMENT DE L'OUVRAGE

En fonction de la loi cote/volume précédemment, un ouvrage de type ouvrage cadre a donc été ajouté au modèle et ses caractéristiques sont les suivantes :

- Pour Q50 : 0.25 x 0.50 m
- Pour Q100 : 0.15 x 0.40 m
- Positionnement du fond de l'ouvrage : cote 214.00 (fond du lit)

Le graphique suivant représente le fonctionnement détaillé de l'ouvrage de rétention amont (Q50) :

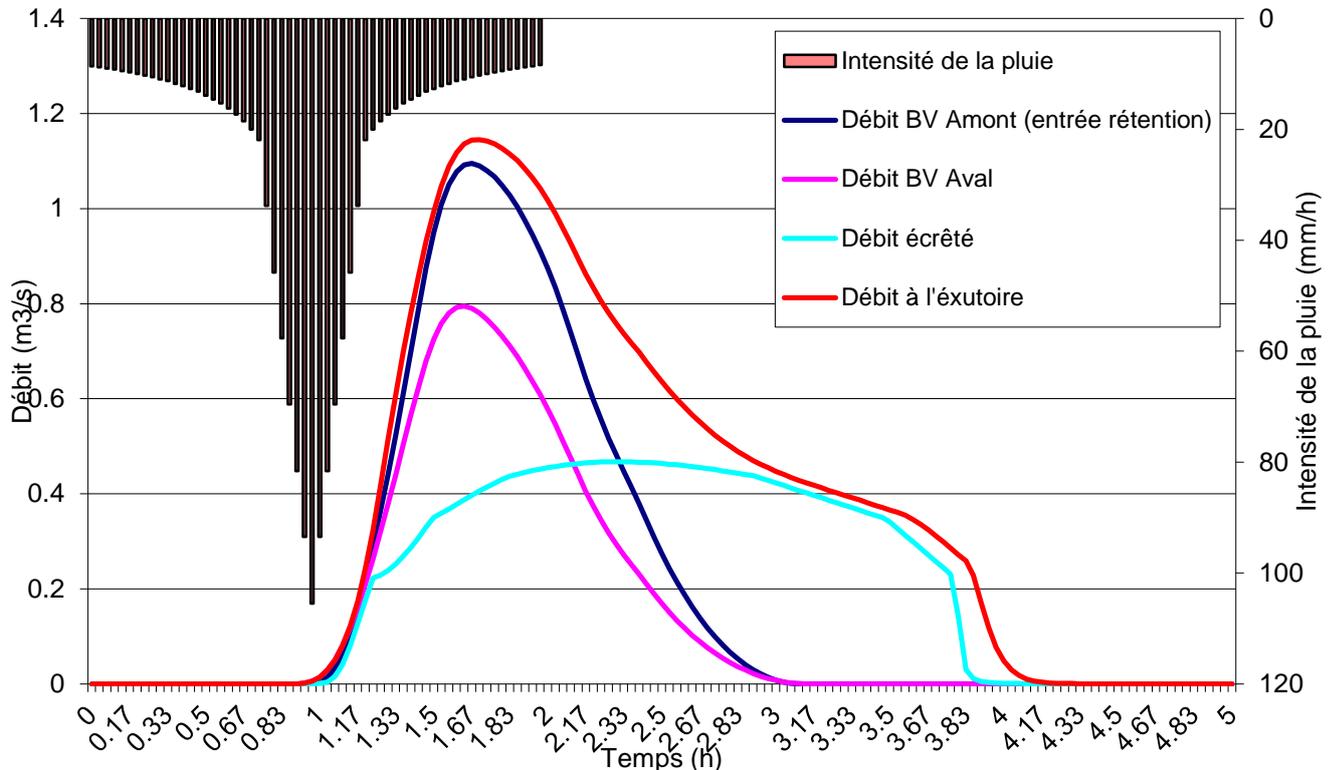


Fig. 42. Fonctionnement réel de l'ouvrage de rétention Q50 sur le BV2

Le résultat de la modélisation, prenant en compte l'ouvrage de régulation ainsi que la topographie du site, permet d'affiner le volume de stockage à **1 900 m³ pour une crue Q50** ce qui représente une hauteur d'eau d'environ 1.80 m par rapport au fond du lit.

Pour Q100, le volume de stockage a été affiné à 3 800 m³ ce qui représente une hauteur d'eau de l'ordre de 2.30 m par rapport au fond du lit.

3.3.3.3. DIMENSIONS RETENUES

Les calculs réalisés sous PLUTON ont permis de définir les dimensions de l'ouvrage de régulation de manière à sécuriser les écoulements à l'aval de la rétention (cf. chapitre précédent). Deux niveaux de protection ont par ailleurs été étudiés et pour chacun d'entre eux, la courbe de fonctionnement de l'ouvrage permet également de retenir les dimensions du barrage à réaliser.

A ce stade, la cote atteinte lors de la simulation de la crue de dimensionnement (Q50 ou Q100) représente la cote à laquelle devra être mis en place un déversoir de sécurité.

Un déversoir de sécurité est essentiel pour la pérennité de l'ouvrage notamment lors de la survenue d'évènements pluvieux supérieurs à l'évènement de référence utilisé pour le dimensionnement de la retenue. Pour cela, il est nécessaire de calculer la dimension nécessaire d'un ouvrage permettant l'évacuation d'un débit rare, mais à ce stade de l'étude nous considérerons qu'une marge de 1 mètre de hauteur de barrage supplémentaire est suffisant pour à la fois permettre l'évacuation d'un débit extrême tout en permettant de garder une revanche de sécurité.

De la même façon que pour le BV1, nous déterminons le débit millénal par la méthode du Gradex :

$$Gp(t) = (P100 - P10)/(U100 - U10)$$

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

$$Gq(t) = \frac{Gp(t) * r * S}{3.6 * t}$$

Avec :

Gp(t) : Gradex des pluies ($Gp = 7.40 \text{ mm}$) ;P : pluie brute de période de retour correspondante sur la durée t ($P10 = 36.8 \text{ mm}$ et $P100 = 54.2 \text{ mm}$) ;U : variable centrée réduite de Gumbel (associé à la période de retour donnée) ($U10 = 2.25$, $U100 = 4.60$ et $U1000 = 6.91$) ;Gq(t) : Gradex des débits ($Gq = 0.77 \text{ m}^3/\text{s}$) ;r : rapport des débits : $Q_{\text{max}}/Q_{\text{moy}}$ ($r = 2.5$) ;S : surface du bassin versant en km^2 ($S = 0.45 \text{ km}^2$) ;t : durée de la crue en h ($t = 3h$).

Pour le bassin versant amont correspondant au bassin alimentant la retenue, nous avons calculé un débit décennal de $0.45 \text{ m}^3/\text{s}$ et nous obtenons un débit **Q1000 de $4 \text{ m}^3/\text{s}$** . Finalement, pour un écoulement dénoyé, un déversoir de 15 mètres permet d'évacuer $4 \text{ m}^3/\text{s}$ sous une lame d'eau de 30 cm. Une marge supplémentaire de 1 mètre au-delà de la cote de retenue est donc suffisante. Nous considérerons par la suite une longueur de déversoir de l'ordre de 15 m, notamment pour l'estimation budgétaire.

Les éléments renseignant les dimensions de l'ouvrage, en fonction du niveau de protection recherché, sont donnés dans le tableau ci-après :

Tabl. 14 - Dimension retenues pour l'ouvrage du BV2

	Q50	Q100
Largeur du pertuis (m)	0.50	0.40
Hauteur du pertuis (m)	0.25	0.15
Longueur de franchissement (m)	17	20
Longueur du barrage (m)	50	55
Longueur du déversoir (m)	15	15
Emprise au sol du barrage (m^2)	600	750
Cote de fond (du ruisseau) (m)	214.00	214.00
Cote de déversoir (m)	215.80	216.30
Cote de crête (m)	216.80	217.30
Hauteur du barrage (m)	2.80	3.30
Volume stocké (niveau protection) (m)	1900	3800
Valeur de $H^2 \times vV$	0.34	0.67
Classe de l'ouvrage (théorique)	D	D

3.3.3.4. IMPLANTATION DE L'OUVRAGE

Afin de visualiser l'emplacement de la retenue plus en détail, son implantation a été représentée sur l'extrait cartographique de l'annexe 2. L'interpolation des cotes de dimensionnement de l'ouvrage avec le MNT permet de représenter l'emprise des talus amont et aval selon les coupes définies au chapitre précédent.

Malgré tout, le MNT tient compte de la végétation en place et pourrait engendrer des approximations. Il sera ainsi nécessaire lors d'un stade d'étude plus avancé, de vérifier l'implantation ainsi que le fonctionnement de la retenue suite à des levés topographique terrestres.

Les figures suivantes donnent un aperçu de l'implantation de l'ouvrage dimensionné pour Q50:



Fig. 43. Implantation de l'ouvrage Q50 sur le BV2

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

L'emprise de l'ouvrage au sol est estimée à 600 m² lorsque le niveau de protection est fixé à Q50. L'emprise passe à 750 m² pour l'ouvrage permettant de protéger l'aval contre une crue centennale.

Cette indication permet d'ores et déjà de donner une approche de l'emprise foncière que devra acquérir le maître d'ouvrage en cas de souhait de poursuivre la mise en place d'une rétention amont.

A noter également que l'implantation de l'ouvrage pourra être réadaptée en phase d'étude plus avancée et notamment, il est possible de mettre en place la zone de rétention plus en aval afin de favoriser l'interception des écoulements. En effet, la mise en place d'une rétention plus à l'aval sur le versant permet de bénéficier d'un versant d'apport plus important et la limitation de débit pourra alors être plus importante.

A ce stade d'étude, l'implantation est imaginée dans une zone totalement favorable et éloignée des habitations ce qui est généralement recherché pour ce type de projet. Alors même que le fonctionnement de l'ouvrage pourrait être amélioré en le positionnant plus à l'aval, une plus faible distance vis-à-vis des premières habitations aura en contrepartie tendance à effrayer l'opinion publique.

3.3.4. Chiffrage estimatif

Les tableaux ci-dessous décrivent les coûts relatifs à l'aménagement proposé et en tenant compte des hypothèses de dimensionnement précédentes. Le chiffrage estimatif fait apparaître différentes actions des travaux à réaliser.

Tabl. 15 - Coûts estimatifs pour l'aménagement du chemin (déviation des écoulements) BV2

Désignation	Montant
Aménagement du chemin (Fft)	1 500 €
Renforcement arbustif (110ml)	4 500 €
Prix total € HT estimé	6 000 € HT

Tabl. 16 - Coûts estimatifs pour la mise en place d'un ouvrage de rétention BV2

Désignation	Montant Q50	Montant Q100
Installation de chantier	15 000	15 000
Travaux de terrassement	60 000	80 000
Pertuis	15 000	20 000
Déversoir de sécurité	25 000	35 000
Divers	10 000	10 000
Prix total € HT estimé	125 000 € HT	160 000 € HT

La construction d'un ouvrage de rétention pour la protection contre les événements de période de retour 50 ans nécessiterait une enveloppe prévisionnelle de 125 000 € HT. Pour une protection centennale, l'enveloppe budgétaire passerait à environ 160 000 € HT.

Cependant, cet estimatif n'intègre pas les coûts annexes liés aux études géotechniques de qualité des sols. Par ailleurs ces études permettront de dimensionner les fondations de l'ouvrage et pourront engendrer des coûts de réalisation plus importants. Aussi, les frais d'acquisition foncière et des démarches réglementaires ne sont pas comptabilisés à ce stade de l'étude.

Rappelons que l'ouvrage présenterait une emprise au sol nécessitant une acquisition foncière (se limitant uniquement à l'emprise de l'ouvrage) de l'ordre de 600 à 750 m² selon le niveau de protection recherché.

Finalement, il est possible de considérer que l'aménagement global proposé pour le BV2 nécessite une enveloppe financière de l'ordre de 125 000 à 160 000 € HT.

3.4. BV3

3.4.1. Généralités

Le BV3 ne pose pas de réel problème à ce jour et l'objectif devra être de **maintenir et entretenir la végétation en place** ainsi que les parcelles en prairie.

Le point un peu plus critique est celui du BV NORD débouchant directement sur l'exploitation agricole. Afin de se protéger contre les coulées d'eau boueuse, le propriétaire a déjà diminué sa superficie de terre cultivée en maïs et a aménagé un fossé avec une fascine en sortie afin de filtrer les eaux chargées et les orienter pour qu'elles n'arrivent pas directement sur son habitation.

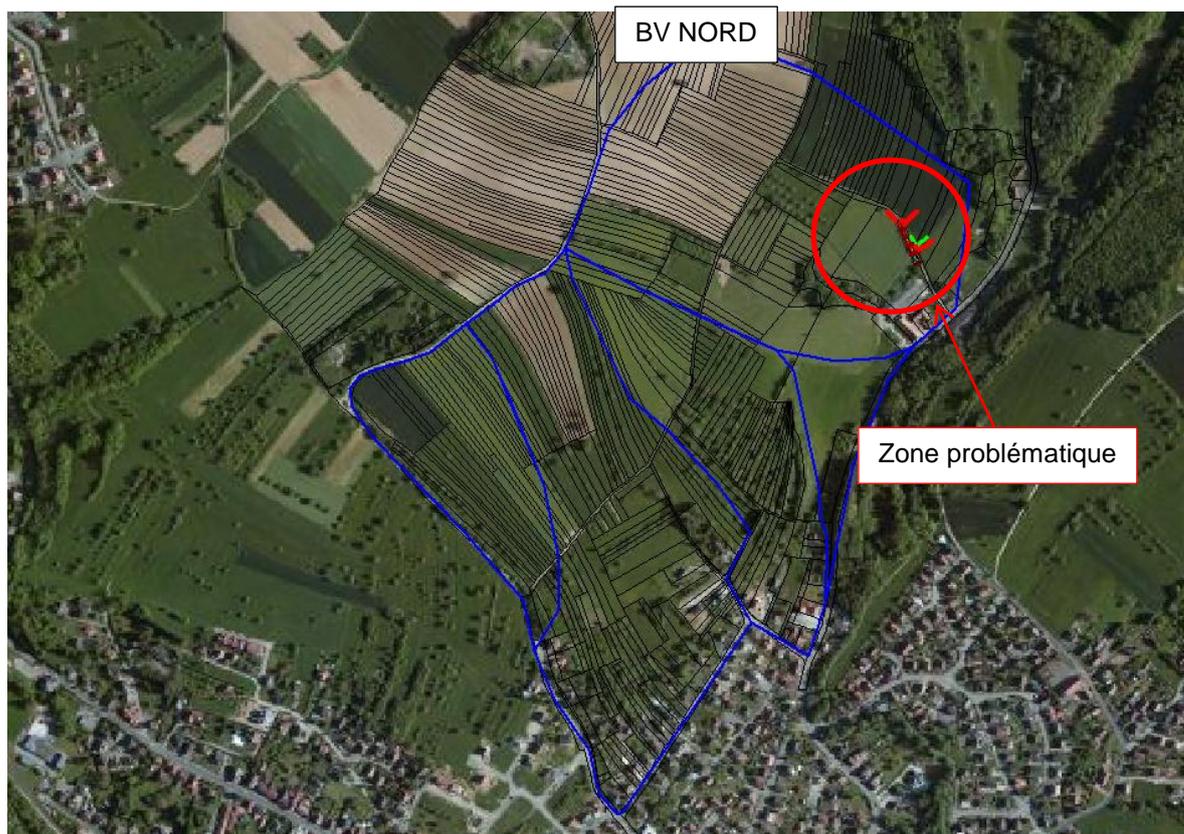


Fig. 44. Localisation de la zone problématique sur le BV3

Il est possible d'améliorer le système en freinant et filtrant d'avantage le ruissellement par la mise en place d'une **fascine d'angle à l'aval de la parcelle de maïs** puis d'aménager le chemin de façon à **orienter plus efficacement les flux vers le fossé** de l'autre côté du chemin

Il serait également possible de **retravailler ce fossé** pour permettre de stocker plus d'eau et améliorer la fonction d'infiltration des eaux.

3.4.2. L'aménagement de la zone – déviation des écoulements et stockage partiel

La proposition d'aménagement sur ce bassin versant tient compte des actions suivantes :

- Mise en place d'une fascine vivante d'angle (40ml),
- Reprofilage du chemin en deux points par des travaux de déblai/remblai pour créer une dépression sur le chemin suivi d'une zone légèrement surélevée à l'image d'un dos d'âne,
- Création d'un fossé sur 65ml et 4 mètres de large environ permettant la création d'une zone de stockage naturelle,
- Mise en place de redents en bois dans le fossé pour augmenter le volume de stockage potentiel (mise en place de pertuis fond) et favoriser l'infiltration.

L'ensemble de l'aménagement proposé peut être présenté sur la vue aérienne ci-dessous :

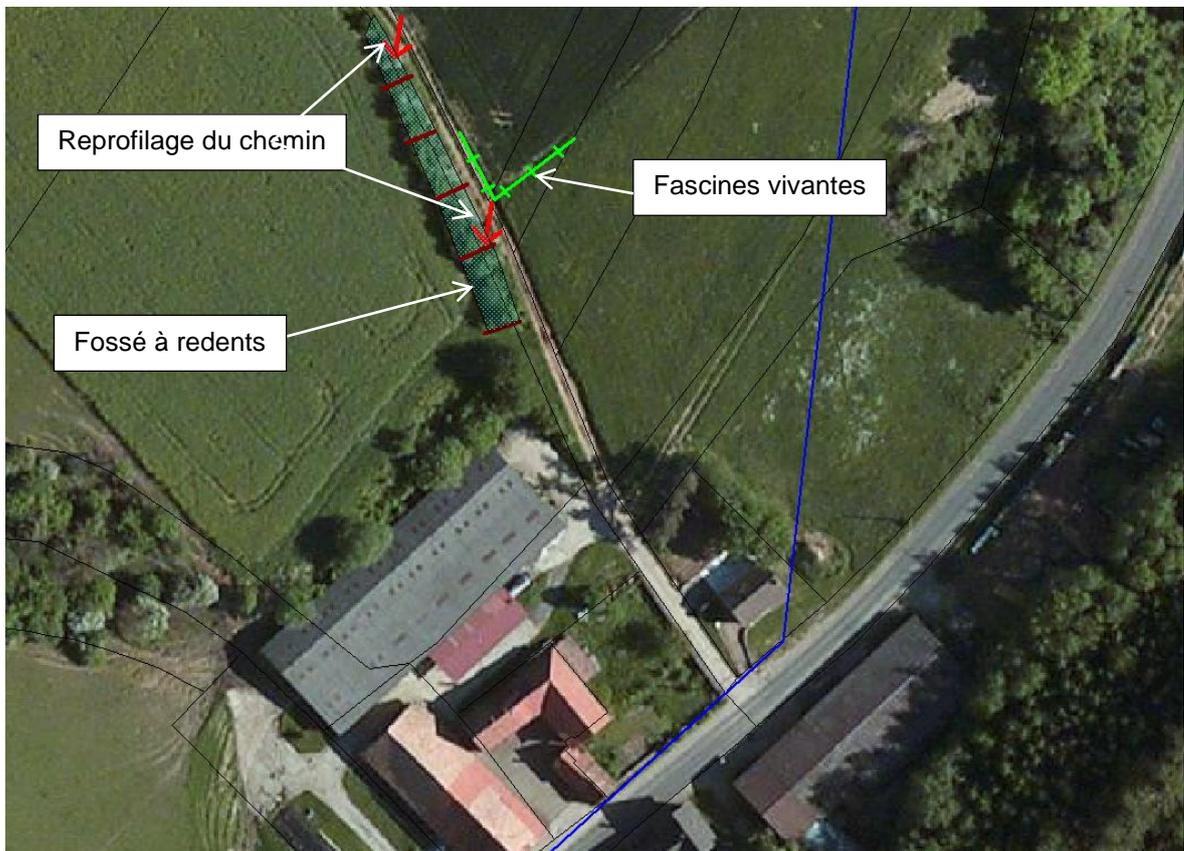


Fig. 45. Implantation de l'aménagement proposé sur le BV3

Concernant le fossé à aménager, les courbes de niveau sur les cartes de l'IGN permettent d'estimer la pente et c'est à partir de cette donnée qu'un profil en long du fossé a pu être construit. Schématiquement, le profil en long permet d'estimer le nombre de redents nécessaires et l'amplitude des travaux de terrassement à réaliser, notamment intéressante pour l'estimation financière.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

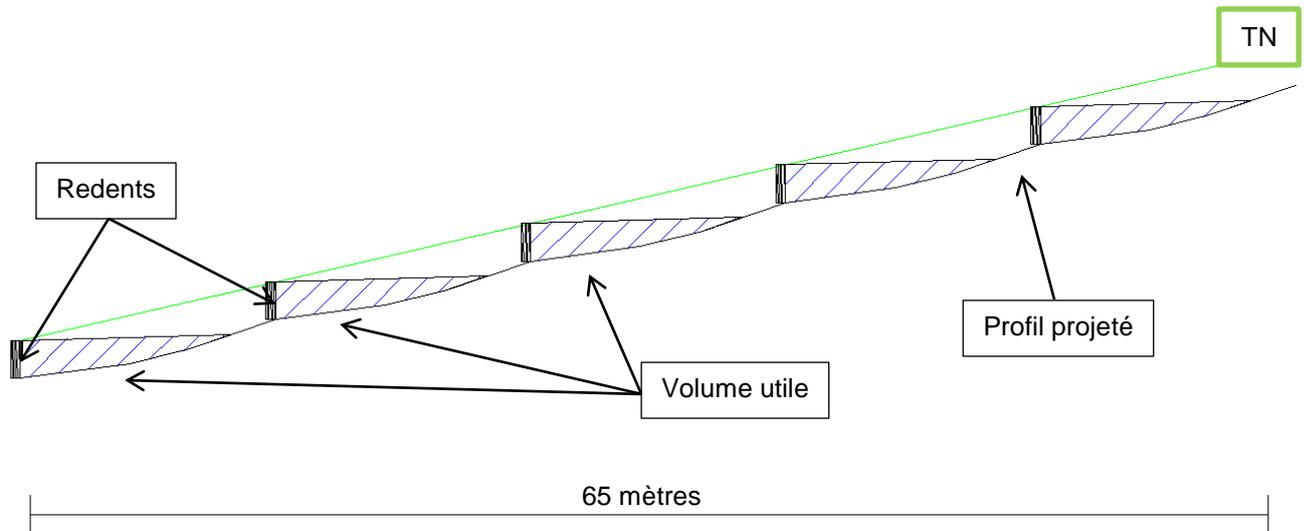


Fig. 46. Profil en long schématique de l'aménagement du fossé sur le BV3

Ce même aménagement peut être illustré de la façon suivante :



Fig. 47. Schématisation de l'aménagement proposé sur le BV3

3.4.3. Chiffrage estimatif

Le tableau ci-dessous décrit les coûts relatifs à l'aménagement proposé. Le chiffrage estimatif fait apparaître différentes actions des travaux à réaliser.

Tabl. 17 - Coûts estimatifs pour l'aménagement du BV3

Désignation	Montant
Mise en place de fascines vivante (40ml)	3 000 €
Aménagement du chemin (Fft)	3 000 €
Terrassement du fossé	3 000 €
Mise en place de redents (Fft)	2 500 €
Prix total € HT estimé	11 500 € HT

Cet estimatif n'intègre pas les coûts annexes d'études ou, le cas échéant, les frais d'acquisition foncière.

3.5. BV4

3.5.1. Généralités

Le BV4 est problématique dans la mesure où il présente une monoculture de maïs. La mise en place de fascines permet de limiter les risques pour les habitations en contre bas et la mise en place programmée de haie en arrières des fascines permettra encore d'améliorer ce système de protection.

Pour le versant le plus **au nord**, il est possible **d'augmenter la quantité de fascines** pour bénéficier d'une meilleure protection.

Pour le versant drainé par le **chemin des criquets**, il serait possible de **rajouter une fascine d'angle** pour filtrer d'avantage les flux d'eau chargés qui descendent vers la route.

C'est sur ce type de versant également que la **sensibilisation des agriculteurs** est la plus importante. Le potentiel d'érosion est ici élevé et la **modification des pratiques culturales** comme elle est présentée au chapitre 3.1.3 constitue une solution qui devra faire l'objet de discussions avec les exploitants agricoles.

3.5.2. L'aménagement par complément de fascines

Le BV4 présente, suite au diagnostic, deux versants problématiques, le BV NORD et le BV CENTRE. Comme expliqué précédemment, la sensibilité des agriculteurs doit être un des axes majeurs en vue de sécuriser les habitations riveraines face au risque de coulées d'eau boueuse. Néanmoins, il est possible de proposer une barrière de sécurité supplémentaire par la mise en place de fascines complémentaires dans des zones stratégiques :

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

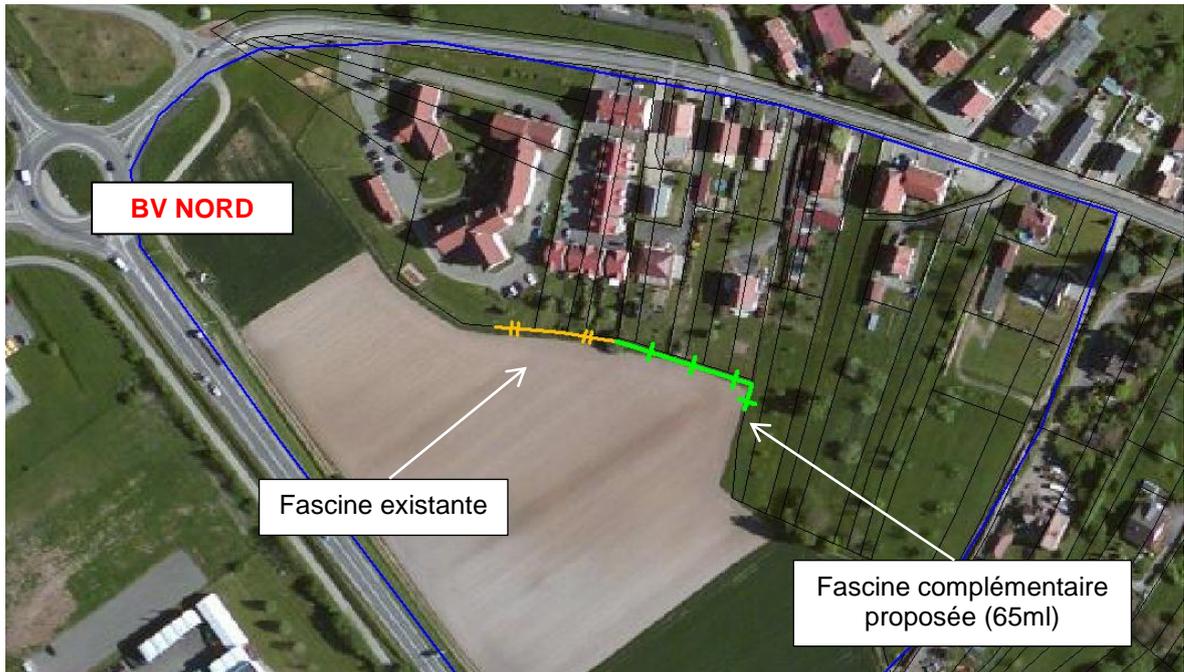


Fig. 48. Localisation des aménagements proposés pour le BV NORD (BV4)

Sur le secteur Nord (cf. figure ci-dessus), le **prolongement de la fascine actuelle** (65ml environ) est essentiel car c'est dans cette zone que la distance est la plus réduite entre la source de danger (érosion et coulées d'eau boueuse) et les enjeux aval (les habitations). Le retour d'une dizaine de mètres permet d'éviter tout transfère des terres en cas d'érosion en amont. Plus à l'Est, de grandes surfaces naturelles (prairies) séparent les terres cultivées des habitations et le risque est moindre. La mise en place de protection devient alors moins pertinente.

Pour le secteur dit BV CENTRE (cf. figure ci-dessous), le point essentiel serait la sécurisation de la rue des Criquets d'où la **mise en place d'une fascine d'angle** (55ml) :

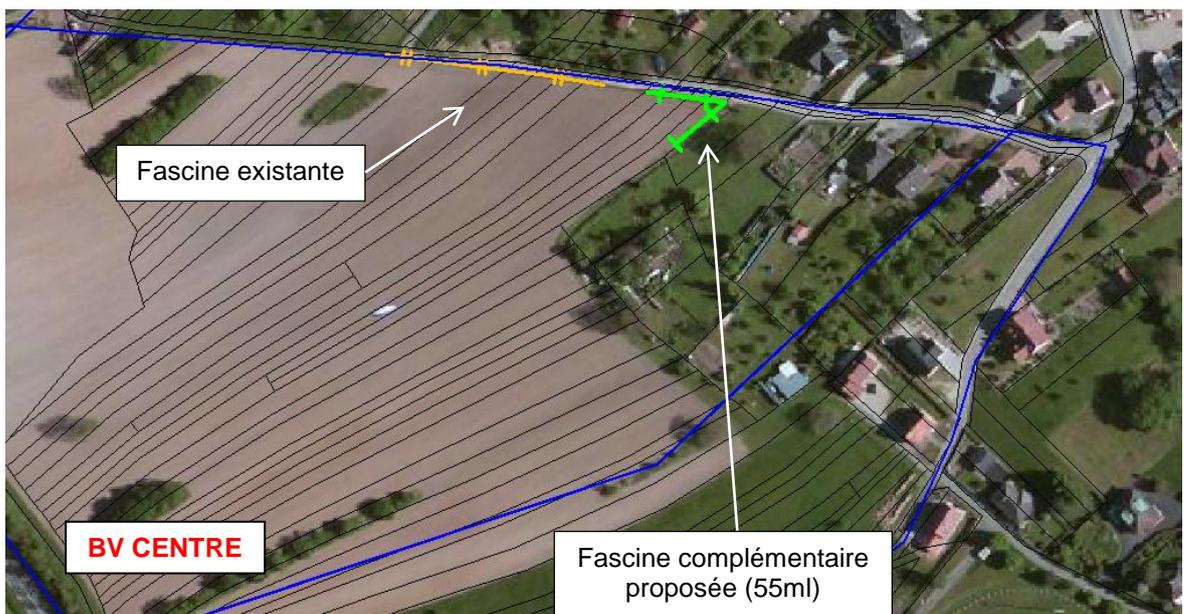


Fig. 49. Localisation des aménagements proposés pour le BV NORD (BV4)

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

Pour les autres secteurs, les enjeux étant plus éloignés des sources de dangers, les aménagements sont moins significatifs.

3.5.3. Chiffrage estimatif

Le tableau ci-dessous décrit les coûts relatifs à l'aménagement proposé. Le chiffrage estimatif fait apparaître différentes actions des travaux à réaliser.

Tabl. 18 - Coûts estimatifs pour l'aménagement du BV4

Désignation	Montant
Mise en place de fascines vivante BV NORD (65ml)	5 000 €
Mise en place de fascines vivante BV CENTRE (55ml)	4 000 €
Prix total € HT estimé	9 000 € HT

Cet estimatif n'intègre pas les coûts annexes d'études ou, le cas échéant, les frais d'acquisition foncière.

3.6. BV5

3.6.1. Généralités

Le principal problème sur le BV5 est localisé au niveau de l'impasse drainant un versant majoritairement cultivé. Les fortes pentes engendrent un ruissellement élevé. Afin de protéger les habitations à proximité immédiate des versants problématiques, il est possible de mettre en place **des fascines** pour limiter le transfert d'eaux chargées. Des secteurs seront aussi laissés hors cultures de manière à proposer des **zones d'infiltrations préférentielles telles que les bandes enherbées**.

Il est également possible de proposer un **changement des pratiques culturales** afin de prévenir des risques d'érosion et sécuriser d'avantage les habitations proches (Cf. chapitre 3.1.3).

Sur le versant plus au sud, nous avons également noté la présence d'une zone de stockage en aval des parcelles cultivées. Le risque serait que pour un épisode pluvieux plus intense, il ne serait plus possible de stocker naturellement les eaux chargées et ces dernières pourraient alors être orientées en contre-bas vers les habitations. Pour prévenir cela, il est possible de simplement **densifier la végétation arbustive ou de mettre en place des fascines** au niveau de secteurs adéquats afin de ralentir le ruissellement et le filtrer au maximum les ruissellements par la mise en place de **bandes enherbées**.

3.6.2. L'aménagement par complément de fascines et de zones d'infiltrations

Le BV5 présente, suite au diagnostic, un versant problématique, le BV IMPASSE. Il a également été question de proposer des aménagements sur les versants plus au Sud où le risque est certes moins significatif à première vue, mais a été mis en avant par la présence d'une zone de stockage de terres érodées lors de la phase de diagnostic et des différentes investigations de terrains.

Il est possible de sécuriser la situation par la mise en place de fascines dans des zones stratégiques tout en restituant des zones en herbe en arrière, favorisant l'infiltration des eaux :

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

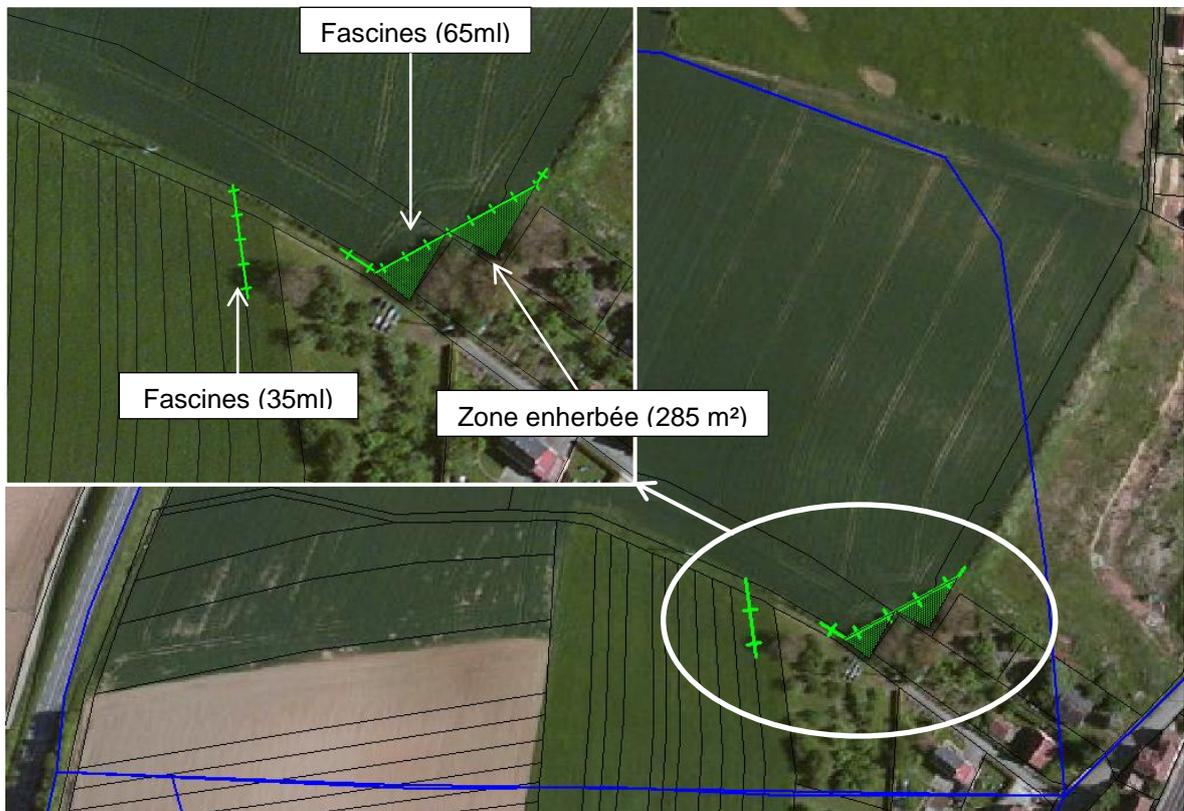


Fig. 50. Localisation des aménagements proposés pour le BV IMPASSE (BV5)

Pour les autres secteurs, les enjeux étant plus éloignés des sources de dangers, les aménagements sont moins significatifs.

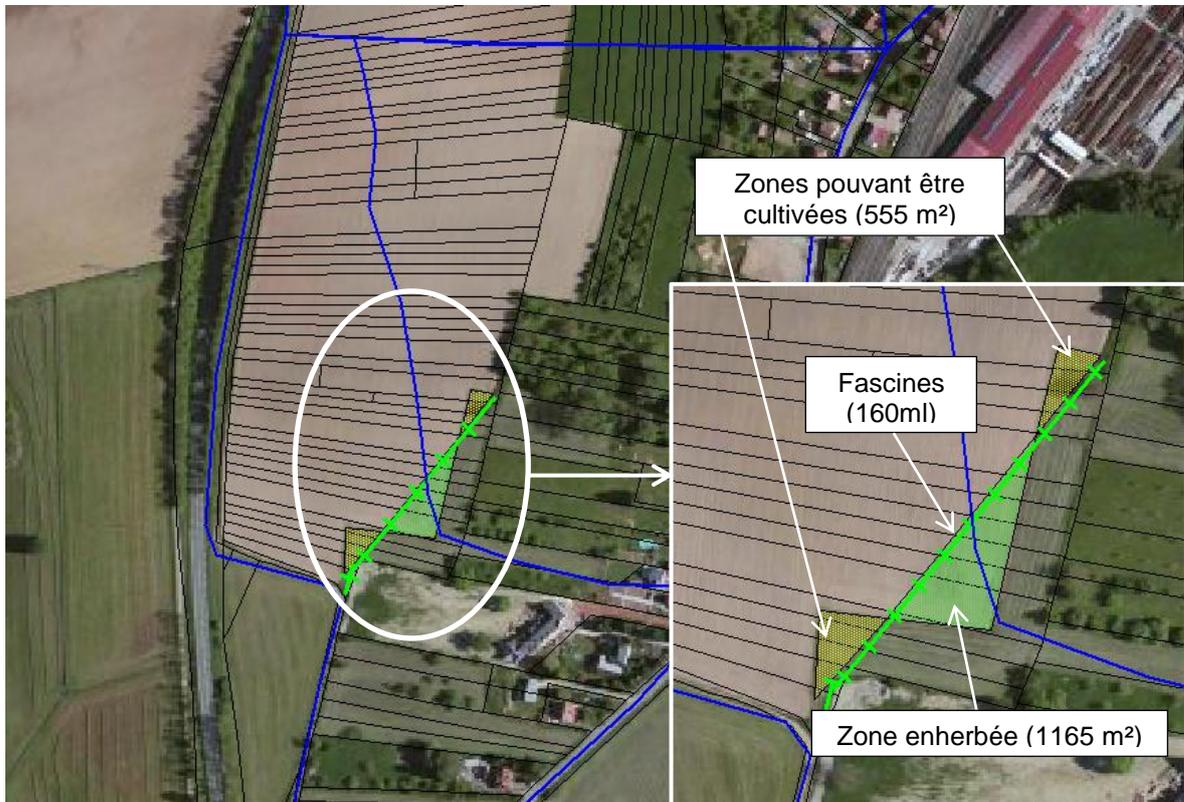


Fig. 51. Localisation des aménagements proposés pour le BV SUD (BV5)

3.6.3. Chiffrage estimatif

Le tableau ci-dessous décrit les coûts relatifs à l'aménagement proposé. Le chiffrage estimatif fait apparaître différentes actions des travaux à réaliser.

Tabl. 19 - Coûts estimatifs pour l'aménagement du BV5

Désignation	Montant
Mise en place de fascines vivantes BV IMPASSE (100ml)	7 000 €
Enherbement de zone arrière fascine BV IMPASSE (285 m ²)	800 €
Mise en place de fascines vivantes BV SUD (160ml)	11 000 €
Enherbement de zone arrière fascine BV SUD (555 m ²)	1 200 €
Prix total € HT estimé	20 000 € HT

Cet estimatif n'intègre pas les coûts annexes d'études ou, le cas échéant, les frais d'acquisition foncière.

A noter également que pour le BV SUD, une partie des terres restituées pour l'infiltration des eaux (zone à enherbée) est compensée par une surface pouvant à nouveau être cultivée (en amont de la fascine). Pour le chiffrage, seul l'enherbement de la zone arrière a été pris en compte, aucune compensation par la superficie récupérée pour la culture n'a été prise en compte.

3.7. BV NEHWILLER - SUD

3.7.1. Généralités

Le bassin versant Sud étudié à Nehwiller présente de nombreuses caractéristiques conduisant à l'érosion des sols :

- Grande unité cultivée,
- Présence de culture d'hiver prédominante,
- Pente élevée,
- Sols favorables à l'érosion, etc.

L'érosion des sols conduisant à la dégradation du ruisseau du Moerdersklamm, l'attention doit également être conduite sur l'état du ruisseau. En effet, le diagnostic montre qu'il est également possible d'améliorer le potentiel de filtration et d'autoépuration du ruisseau en **densifiant la ripisylve** d'où la possibilité de proposer les aménagements suivants :

- **Traitement de la végétation** du ruisseau pour éliminer les espèces à faible intérêt et nettoyer la zone,
- **Plantation** pour développement d'une ripisylve et améliorer la filtration des ruissellements arrivant vers le ruisseau,
- **Diversification des cultures**, valorisation des jachères pour une couverture stratégique des sols au printemps,
- **Mise en place de bandes enherbées** entre parcelles,
- **Fragmentation éventuelle de parcelles** trop étendues dans le sens de la pente.

Comme évoqué précédemment, d'autres techniques peuvent être envisagées pour réduire le risque de ruissellement voire même celui d'arrachement de la couche superficielle de la terre végétale lors de coulées d'eaux boueuses. Elles font appel à des pratiques culturales qui s'inscrivent dans une démarche d'agriculture de conservation (Cf. chapitre 3.1.3).

Le texte qui suit a pour objet de présenter les aménagements liés au cours d'eau et les aménagements d'hydraulique douce.

3.7.2. L'aménagement par complément de fascines et de bandes enherbées

Le BV SUD de Nehwiller présente de grandes unités cultivées et l'érosion des sols entraîne, après transfert, une dégradation du milieu naturel. Il est possible d'améliorer la situation par la mise en place de fascines dans des zones stratégiques en aval directe des unités cultivées mais aussi en mettant en place des zones enherbées (bandes enherbées) favorisant l'infiltration des eaux avant d'impacter le milieu naturel :

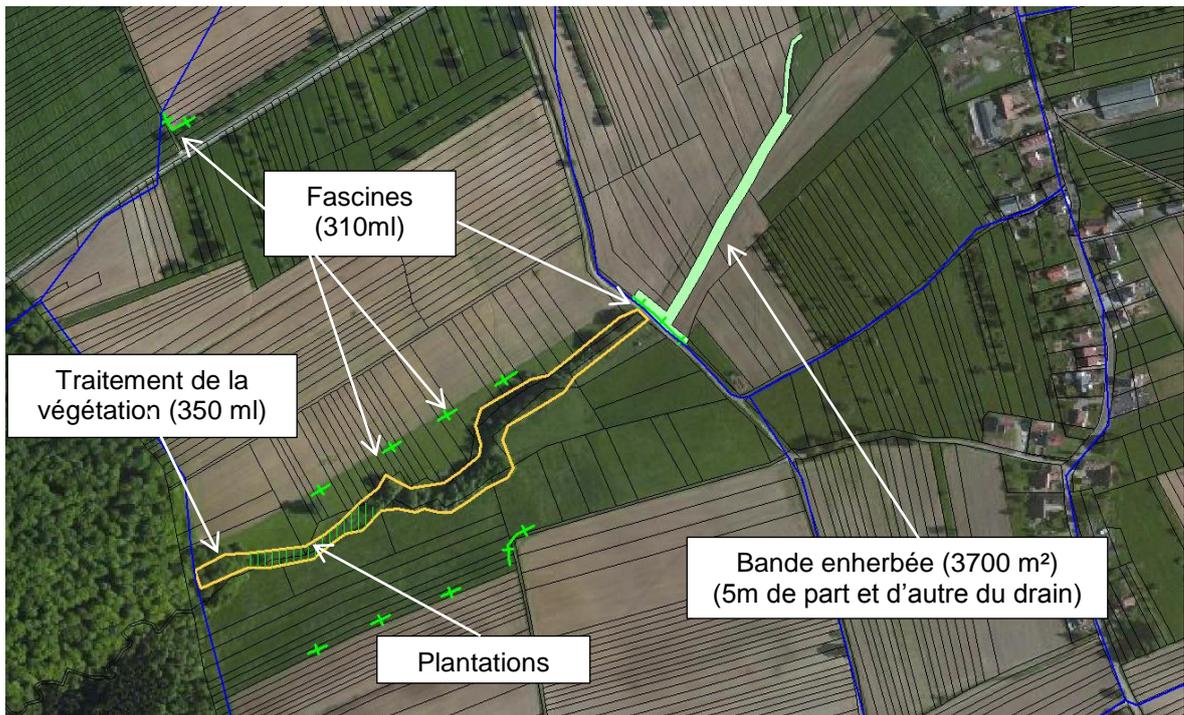


Fig. 52. Localisation des aménagements proposés pour le BV SUD (BV Nehwiller)

3.7.3. Aménagement du ruisseau – travaux sur la végétation

Nous avons pu relever lors des investigations de terrain un manque de valorisation et le faible intérêt écologique du ruisseau.

Il est possible d'améliorer davantage la situation en proposant des aménagements avec conséquences directes sur le milieu naturel comme le traitement de la végétation, la plantation d'espèces intéressantes pour le milieu, l'aménagement des berges en cas de défaut, le nettoyage du lit du ruisseau.

Tous ces aménagements ont pour but d'améliorer l'état général du ruisseau, de favoriser la filtration et l'autoépuration des écoulements et d'améliorer le rôle structurant joué par les berges.

3.7.3.1. GESTION DES EMBACLES

Les embâcles ont des effets à la fois positifs et négatifs pour les cours d'eau : ils constituent des habitats potentiels pour la faune aquatique et une source d'alimentation pour les consommateurs primaires (faune benthique). Dans certains cas, ils peuvent jouer un rôle sur la granulométrie du cours d'eau, en atténuant la régularité de l'écoulement.

Mais les embâcles sont également souvent des perturbations pour le cours d'eau, notamment en favorisant l'érosion des berges, en créant des barrages au déplacement de la faune aquatique, ou encore en obstruant les ouvrages en milieu urbain.

Il s'agit donc de mener une gestion raisonnée des embâcles. Celle-ci peut être appliquée d'une part en anticipant l'apparition d'embâcles, d'autre part en choisissant les embâcles à supprimer, notamment lorsque la présence de déchets d'origine anthropique est importante ou susceptible de le devenir (exemple : arbre tombé en travers du ruisseau dont les branches au niveau de l'eau retiennent les déchets).

3.7.3.2. TRAITEMENT DE LA VEGETATION

La ripisylve est une formation végétale qui se développe sur les bords de cours d'eau. Avec son cortège d'essences particulières, elle protège la berge, régule l'écoulement des eaux, fixe polluants et sédiments fins, apporte nourriture et abri à la faune.

Autrefois entretenue par les riverains pour sa valeur économique (bois de chauffage, vannerie, etc.), elle a peu à peu été abandonnée avec l'évolution de la société et des pratiques agricoles. Aujourd'hui, malgré l'obligation réglementaire pour les riverains d'entretenir les cours d'eau, elle ne retrouve pas son équilibre d'antan et de nombreux problèmes apparaissent.

Il est proposé de conserver au maximum la végétation autochtone adaptée. Elle joue un rôle primordial dans la protection contre l'érosion des berges et à ce titre constitue un dispositif irremplaçable pour la bonne tenue des berges.

L'exécution des travaux de coupe de la végétation se fera à partir du pied de la berge ou depuis le lit du ruisseau de façon à bien apprécier la nature des opérations.

Le traitement effectué sera sélectif dans tous les cas et permettra une sélection des sujets en préservant non seulement toutes les classes d'âge mais également d'espèces.

Pour la végétation arborescente, les coupes d'élagage seront franches et effectuées le plus près possible du tronc. Elles concerneront essentiellement les branches constituant une gêne pour l'écoulement des eaux.

Pour le recépage ou la création de saules têtards, un soin particulier sera apporté à la qualité des coupes qui devront être effectuées sans arrachage du tronc. Elles seront effectuées soit au niveau de l'ancienne « forme têtard », soit à une hauteur comprise entre 1,50 et 3 m.

En résumé, les travaux de traitement de la végétation des berges comprennent :

- L'élagage des branches qui menacent de tomber dans le lit ou qui gênent l'écoulement des eaux (sont compris les arbres qui poussent dans le lit) ;
- Le recépage de la végétation vieillissante et l'étêtage des vieux saules têtards (rajeunissement) ;
- L'abattage d'arbres ;
- Le dégagement des jeunes plants, issus de régénération naturelle ;
- L'élimination des déchets de toute nature (domestiques, gravats, souches...), situés sur les berges et dans le lit avec élimination selon la réglementation en vigueur ;
- L'enlèvement des embâcles (arbres et déchets de toute nature) obstruant partiellement ou totalement le lit de la rivière.

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements



Fig. 53. Exemple de traitement de la végétation

3.7.3.3. PLANTATIONS

On cherchera toujours à créer de la diversité. Il faudra autant que possible préserver l'existant ou effectuer quelques coupes sanitaires sur les quelques sujets isolés nécessitant un entretien et effectuer des plantations étagées en complément. Il s'agit de :

- Varier les strates et les essences ;
- Alternier les zones d'ombre et de lumière ;
- Favoriser les plantations dans les zones concernées par les risques d'érosion ;
- Mettre en place des clôtures de protection autour des plantations.

Certains secteurs sont entièrement dénudés, le reboisement sera nécessaire pour le retour à l'équilibre des cours d'eau. L'alternance de plantations sur les berges gauches et droites est une bonne solution, avec des plantations en premier lieu dans les secteurs externes de méandre, sous réserve que l'état de la berge le permette.

Nous proposons en annexe 3 une liste d'espèces adaptées pour les plantations en rivières.

3.7.4. Chiffrage estimatif

Le tableau ci-dessous décrit les coûts relatifs à l'aménagement proposé. Le chiffrage estimatif fait apparaître différentes actions des travaux à réaliser.

Désignation	Montant
Mise en place de fascines (310ml)	20 500 €
Enherbement de zone de long du drain naturel (3700m ²)	10 000 €
Entretien de la végétation du cours d'eau (350ml)	2 000 €
Plantations diverses (arbres/arbustes) (Fft)	1 500 €
Plantations héliophytes (Fft)	500 €
Prix total € HT estimé	34 500 € HT

Cet estimatif n'intègre pas les coûts annexes d'études ou, le cas échéant, les frais d'acquisition foncière.

4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le bassin versant étudié dans le présent rapport est complexe et l'analyse a dû être menée spécifiquement sur chaque versant problématique. D'une manière globale, pour l'ensemble de l'étude, les versants présentent de nombreuses contraintes : sols peu perméables, surfaces cultivées importantes ou caractéristiques de l'exutoire défavorables. Tous ces paramètres entraînent des dysfonctionnements, soit en termes d'hydraulique par une capacité restreinte à l'aval, soit en termes d'agronomie par un potentiel d'érosion des sols élevé et préjudiciable pour les enjeux proches.

Le diagnostic établi a permis de mieux cerner le risque pour chaque bassin versant et de hiérarchiser les priorités d'intervention (phase 1). Les solutions potentielles d'aménagements ont ensuite été définies et ont été présentées à travers ce rapport (phase 2).

Le budget estimé par bassin versant est le suivant :

- BV1 (Reichshoffen) : **195 000 € HT à 260 000 € HT**
- BV2 (Reichshoffen) : **130 000 € HT à 165 000 € HT**
- BV3 (Reichshoffen) : **11 500 € HT**
- BV4 (Reichshoffen) : **9 000 € HT**
- BV5 (Reichshoffen) : **20 000 € HT**
- BV-SUD (Nehwiller) : **34 500 € HT**

Ces estimations tiennent compte des éléments identifiés dans le présent rapport mais en tout état de cause, il est également préférable d'accompagner ces aménagements par les éléments suivants :

- Sensibilisation des exploitants agricoles et promouvoir la modification des pratiques culturales, la diversification des cultures, les fragmentations des unités cultivées (cf. chapitre 3.1.3),
- Sensibiliser les habitants impactés directement par les inondations et encourager, en complément de l'action collective, les initiatives de protections individuelles (cf. chapitre 3.1.4).

Finalement, quelle que soit les perspectives pour lesquelles le maître d'ouvrage optera, la démarche adoptée pour aboutir à un scénario d'aménagements complet devra être pensée de manière globale et transversale à travers chaque versant concerné.

oOo

**Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées
d'eau boueuse**

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

ANNEXE 1

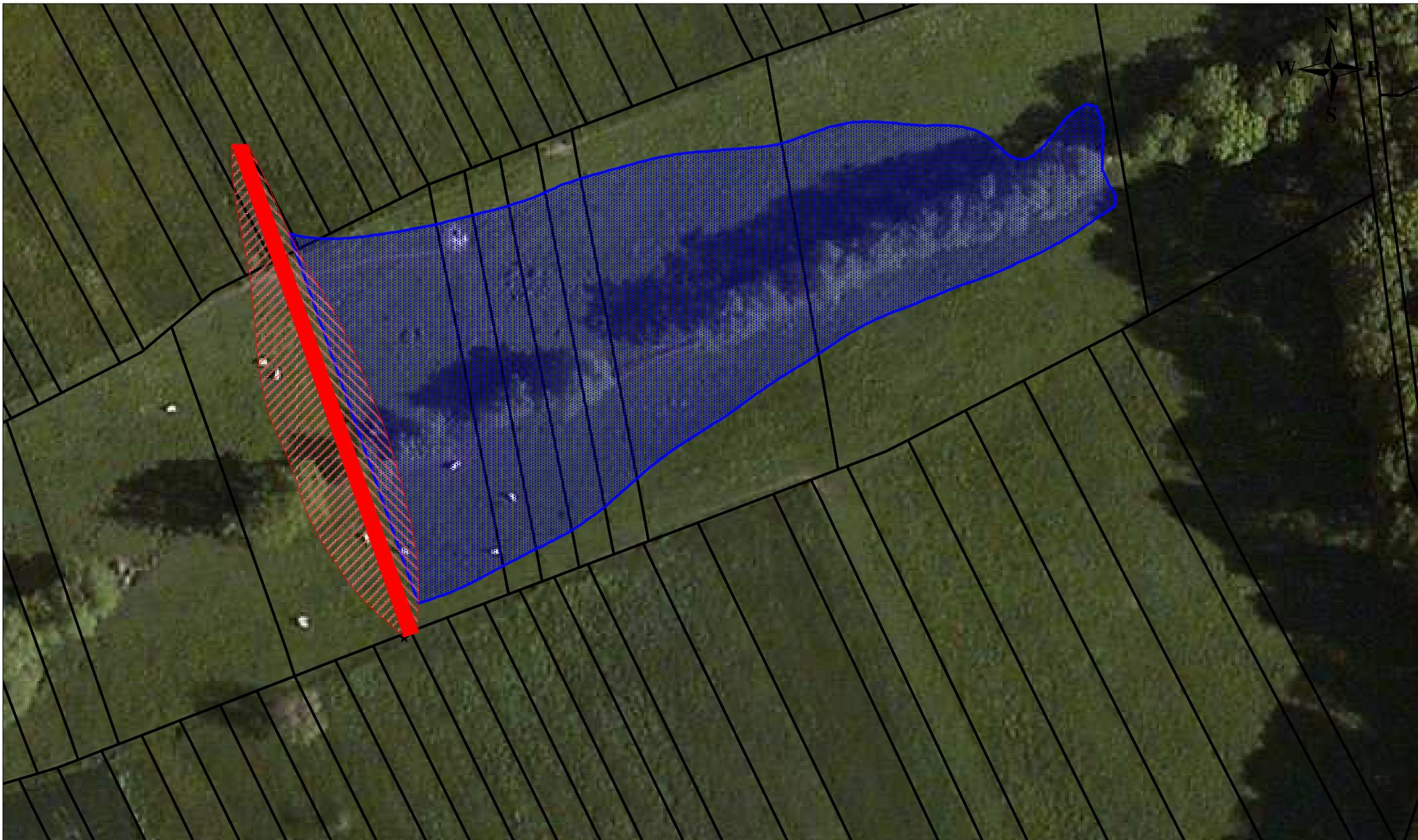
BV1 – Implantation de la rétention Q50 et Q100

**Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées
d'eau boueuse**

Phase 2 : Scénarii d'aménagements



Maître de l'ouvrage <i>Département : 67</i> COMMUNE DE REICHSHOFFEN		Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuses	N° Affaire :	4 63 1960	Etabli par : MHT	Vérifié par : SDN	N° Plan	Indice	Format
Maître d'oeuvre/Bureau d'études AGENCE DE STRASBOURG 15 avenue de l'Europe - 67 300 SCHILTIGHEIM Tel : 03 88 04 04 00 Fax : 03 88 56 90 20 E-mail : strasbourg-s@arteliagroup.com		Implantation de l'ouvrage de rétention sur le BV1 Dimensionnement Q50	Phase Echelle :	ETUDE 1/1000e	Date : 12/13 	Date : 12/2013 <i>Fichier :</i>	1	A	A4



Maître de l'ouvrage <i>Département : 67</i> COMMUNE DE REICHSHOFFEN		Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuses	N° Affaire :	4 63 1960	Etabli par : MHT	Vérifié par : SDN	N° Plan	Indice	Format
Maître d'oeuvre/Bureau d'études AGENCE DE STRASBOURG 15 avenue de l'Europe - 67 300 SCHILTIGHEIM Tel : 03 88 04 04 00 Fax : 03 88 56 90 20 E-mail : strasbourg-s@arteliagroup.com		Implantation de l'ouvrage de rétention sur le BV1 Dimensionnement Q100	Phase	ETUDE	Date : 12/13	Date : 12/2013	2	A	A4
			Echelle :	1/1000e		<i>Fichier :</i>			

ANNEXE 2

BV2 – Implantation de la rétention Q50 et Q100

**Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées
d'eau boueuse**

Phase 2 : Scénarii d'aménagements



Maître de l'ouvrage <i>Département : 67</i> COMMUNE DE REICHSHOFFEN		Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuses	N° Affaire :	4 63 1960	Etabli par : MHT	Vérifié par : SDN	N° Plan	Indice	Format
Maître d'oeuvre/Bureau d'études AGENCE DE STRASBOURG 15 avenue de l'Europe - 67 300 SCHILTIGHEIM Tel : 03 88 04 04 00 Fax : 03 88 56 90 20 E-mail : strasbourg-s@arteliagroup.com		Implantation de l'ouvrage de rétention sur le BV2 Dimensionnement Q50	Phase	ETUDE	Date : 12/13	Date : 12/2013	3	A	A4
			Echelle :	1/1000e		<i>Fichier :</i>			



Maître de l'ouvrage <i>Département : 67</i> COMMUNE DE REICHSHOFFEN		Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuses	N° Affaire :	4 63 1960	Etabli par : MHT	Vérifié par : SDN	N° Plan	Indice	Format
Maître d'oeuvre/Bureau d'études AGENCE DE STRASBOURG 15 avenue de l'Europe - 67 300 SCHILTIGHEIM Tel : 03 88 04 04 00 Fax : 03 88 56 90 20 E-mail : strasbourg-s@arteliagroup.com		Implantation de l'ouvrage de rétention sur le BV2 Dimensionnement Q100	Phase	ETUDE	Date : 12/13	Date : 12/2013	4	A	A4
			Echelle :	1/1000e		<i>Fichier :</i>			

ANNEXE 3

Listes d'espèces adaptées pour les actions de plantations

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

Les espèces d'arbres et arbustes qui pourront être utilisées sont les suivantes :

	Nom commun	Nom latin	Bas de berge	Mi-berge	Haut de berge
Arbres	Erable champêtre	Acer campestre			X
	Erable sycomore	Acer pseudoplatanus			X
	Aulne glutineux	Alnus glutinosa	X	X	
	Frêne commun	Fraxinus excelsior		X	X
	Merisier	Prunus avium			X
	Pommier sauvage	Pyrus malus		X	X
	Saule blanc	Salix alba	X	X	
	Sorbier des oiseaux	Sorbus aucuparia		X	X
	Saule fragile	Salix fragilis	X	X	
	Tilleul à grandes feuilles	Tilia platyphyllos			X
Arbustes	Cornouiller sanguin	Cornus sanguinea		X	X
	Noisetier	Corylus avellana		X	X
	Aubépine épineuse	Crataegus monogyna			X
	Fusain d'Europe	Evonymus europaeus	X	X	
	Troène	Ligustrum vulgare		X	X
	Merisier à grappes	Prunus padus	X	X	
	Prunus spinosa	Prunelier			X
	Saule marsault	Salix caprea		X	X
	Saule cendré	Salix cinerea		X	
	Saules pourpres	Salix purpurea	X	X	
	Saule amandier	Salix triandra	X	X	
	Saule des vanniers	Salix viminalis	X	X	
	Sureau noir	Sambucus nigra			X
	Viorne lantane	Viburnum lantana			X

Diagnostic de bassins versants pour la lutte contre l'érosion des sols et les coulées d'eau boueuse

Phase 2 : Scénarii d'aménagements

Les espèces d'hélophytes qui pourront être utilisées sur le secteur d'étude sont les suivantes :

Photo	Nom	caractéristiques
	CALTHA palustris (populage des marais)	Plante à feuilles arrondies, légèrement dentées; elle forme de belles touffes serrées d'environ 40 cm de haut dès le mois de mars parsemées de multiples fleurs jaune vif. Espèce de demi ombre, dans prairies marécageuses, coupes des bois humides, cariçaies, bords des ruisseaux et des fossés, aulnaies – frênaies A planter en terre humide à 10/M2.
	CAREX (laïches)	Plante vivace de marais ou de sol frais. Planter 10/M2 en terre humide ou peu immergée. Espèces : Carex acuta (gracilis), pendula, et riparia (paludosa).
	IRIS pseudacorus (iris des marais)	Plante à feuilles striées en lame de sabre de 1.20 m de hauteur. Sa fleur est jaune vif en juin-juillet. Cet iris forme des grosses souches par rhizomes souterrains retenant les berges. Planter 10/M ² sous 5 à 20 cm d'eau.
	LYTHRUM salicaria (salicaire)	Très jolie plante vivace décorative de 0.80 à 1.50 m de haut. Elle s'épanouit de juin à septembre en de nombreuses fleurs pourpres violacées en épis terminaux allongés; Ses feuilles rappellent celles du saule. Planter 10/M2; Elle s'accommode aussi bien des terres peu humides que des zones inondées sous 20 cm d'eau momentanément.
	PHRAGMITES australis (roseau commun)	Plante rustique et vigoureuse la plus intéressante pour la dépollution de l'eau. Planter 5 à 10/M2 sous 0 à 15 cm d'eau.
	TYPHA latifolia et angustifolia (massette)	Célèbre plante vivace donnant de longues feuilles rubanées de 1 à 3 m de hauteur. Sa tige est souterraine et rampante. Son épi de floraison recherché pour garnir les bouquets secs, ressemble à un gros cigare marron. Planter 10/M2 sous 20 à 40 cm d'eau.