



RAPPORT D'ETUDE

ETUDE DE LUTTE CONTRE LES COULEES D'EAUX BOUEUSES

DIAGNOSTIC



ARTELIA STRASBOURG

15 avenue de l'Europe
67300 Schiltigheim
Tel. : +33 (0) 3 88 04 04 00
Fax : +33 (0) 3 88 56 90 20

RAPPORT D'ETUDE

ETUDE DE LUTTE CONTRE LES COULEES D'EAUX BOUEUSES DIAGNOSTIC



SOMMAIRE

SECTION A
OBJET DE L'ETUDE

SECTION B
PRESENTATION DE LA PROBLEMATIQUE

SECTION C
DIAGNOSTIC

SECTION D
PROPOSITIONS D'AMENAGEMENTS

SECTION E
ESTIMATIF DES SOLUTIONS

SECTION F
CONCLUSION ET PERSPECTIVES

SOMMAIRE

| | |
|--|-----------|
| SOMMAIRE | 3 |
| OBJET DE L'ÉTUDE | 4 |
| 1. PRESENTATION DE LA PROBLEMATIQUE COULEES D'EAU BOUEUSE..... | 5 |
| 1.1. <i>Définition d'une coulée d'eau boueuse</i> | 5 |
| 1.2. <i>Causes et facteurs aggravants</i> | 5 |
| 1.3. <i>Conséquences et moyens de lutte contre les inondations boueuses</i> | 5 |
| 1.4. <i>Acteurs</i> | 6 |
| 2. CARACTERISATION DE L'ALEA CEB SUR LE BASSIN VERSANT OUEST DE NIEDERHAUSBERGEN..... | 7 |
| 2.1. <i>Localisation et caractéristiques du bassin versant</i> | 7 |
| 2.2. <i>Géologie et Pédologie</i> | 8 |
| 2.3. <i>Occupation des sols</i> | 11 |
| 2.4. <i>Les évènements classés en catastrophe naturelle</i> | 14 |
| 2.5. <i>Investigations de terrain et dialogue avec les acteurs</i> | 14 |
| 2.6. <i>Modélisation</i> | 16 |
| 2.6.1. Le modèle PLUTON..... | 16 |
| 2.6.2. Découpage du bassin versant..... | 16 |
| 2.6.3. Choix des paramètres..... | 17 |
| 2.6.4. Pluie de projet..... | 18 |
| 2.6.5. Résultats diagnostic initial..... | 18 |
| 2.6.5.1. Pluie de projet de période de retour 10 ans..... | 18 |
| 2.6.5.2. Pluie de projet de période de retour 30 ans..... | 18 |
| 2.6.5.3. Pluie de projet de période de retour 50 ans..... | 18 |
| 2.6.5.4. Pluie de projet de période de retour 100 ans..... | 19 |
| 2.6.5.5. Synthèse..... | 19 |
| 3. SCENARII D'AMENAGEMENT (BV1)..... | 21 |
| 3.1. <i>Déviation des eaux en tête de versant</i> | 21 |
| 3.2. <i>Améliorer le rôle de la grille à l'exutoire</i> | 23 |
| 4. SCENARII D'AMENAGEMENT (BV2 ET BV3)..... | 24 |
| 4.1. <i>Mesures préventives : Réduction et ralentissement du ruissellement</i> | 24 |
| 4.1.1. Action préventive en amont de versant..... | 24 |
| 4.1.2. Actions au niveau des parcelles agricoles..... | 24 |
| 4.2. <i>Mesures curatives : Rétention et écrêtement des débits</i> | 27 |
| 4.2.1. Scénario complet de maîtrise des ruissellements, par créations de noues et zone d'épandage..... | 27 |
| 4.2.2. Scénario alternatif, visant à solutionner prioritairement le problème actuel de pression d'eau sur les propriétés riveraines en pied de versant agricole..... | 33 |
| 5. ESTIMATIF DES SOLUTIONS PROPOSEES..... | 34 |
| CONCLUSION ET PERSPECTIVES | 36 |

OBJET DE L'ÉTUDE

Soumise à des inondations récurrentes par ruissellements de versants sur terres agricoles, la commune de Niederhausbergen a engagé une étude, confiée à ARTELIA, pour faire le diagnostic des phénomènes de coulées d'eaux boueuses se produisant sur son bassin versant Ouest, et élaborer un plan d'action basé sur différents scénarii d'aménagement.

L'objet du présent rapport est de proposer, à partir du diagnostic de l'état actuel, des solutions d'aménagements du bassin versant pour pouvoir ensuite les discuter avec la commune et ses partenaires techniques. Un choix devra alors être arrêté quant aux solutions à retenir pour aller plus loin dans l'élaboration d'un avant-projet. Ces solutions sont 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 ainsi que certains riverains rencontrés lors des campagnes de terrain ;
- D'une étude hydrologique détaillée visant à caractériser au mieux les événements météorologiques et hydrauliques.

La recherche de solutions de protection passe ensuite par la définition de scénarii d'aménagement potentiellement envisageables pour différents niveaux de protection à partir de solutions techniques associant méthodes préventives et curatives : écrêtement, aménagement des parcelles par techniques douces, protections rapprochées,...

Enfin, une comparaison des scénarii pour aide à la décision a été réalisée à partir d'une estimation des coûts et des gains associés et permet de faire émerger les scénarii les plus pertinents au regard des enjeux humains, environnementaux et économiques.

oOo

1. PRESENTATION DE LA PROBLEMATIQUE COULEES D'EAU BOUEUSE

1.1. DEFINITION D'UNE COULEE D'EAU BOUEUSE

Les coulées d'eau boueuse (CEB) se produisent lorsqu'un ruissellement important entraîne les particules et agrégats arrachés à la surface du sol, notamment par l'impact des gouttes de pluie. Une érosion forte des sols s'ensuit, jusqu'à former un torrent boueux. Le ruissellement est généralement la conséquence d'un défaut d'infiltration lors d'une précipitation plus ou moins longue et/ou intense. Ce défaut d'infiltration peut être causé par une saturation du sol en eau, ou parce que la vitesse d'infiltration dans le sol ne permet pas l'absorption de la précipitation selon son intensité.

1.2. CAUSES ET FACTEURS AGGRAVANTS

Les coulées d'eaux boueuses sont liées à :

- La couverture des sols,
- La nature des sols,
- Les caractéristiques des événements météorologiques.

Les orages violents constatés entre les mois d'avril et août en Alsace sont généralement à l'origine des inondations torrentielles. Le faible couvert végétal et l'intensité des pluies favorisent la formation d'une croûte de battance, réduisant le potentiel d'infiltration de l'eau dans le sol. Cependant, la recrudescence de pluies très intenses et sur une durée relativement courte (inférieure à 1h) ne permet pas d'expliquer à elle seule l'augmentation de la fréquence des phénomènes de coulées boueuses.

La répétition des catastrophes ces dernières années est également fortement liée à l'évolution du paysage, dont on citera les principales composantes :

- La modification des assolements ;
- Les remembrements des terres agricoles

L'activité humaine a ainsi effectué une conversion croissante des prairies en labours, une augmentation de la taille des parcelles entraînant une diminution du linéaire de haies, de fossés et de talus, et ainsi une perte de potentialité d'infiltration et de stockage des eaux de ruissellement.

1.3. CONSEQUENCES ET MOYENS DE LUTTE CONTRE LES INONDATIONS BOUEUSES

Les principales conséquences des coulées d'eau boueuse sont

- La dégradation du potentiel agricole du sol (appauvrissement des sols), la destruction des cultures et la détérioration de la qualité des cours d'eau par accroissement de la turbidité, transfert des pesticides et fertilisants.
- Les dégâts affectent les infrastructures routières (dépôt d'une couche de boue sur la route, colmatage des fossés et canalisations) et le bâti (inondation des caves, garages et jardins, voire du rez-de-chaussée des maisons).
- Le préjudice économique et moral est important, à la fois pour les exploitants qui perdent leur production et le patrimoine fertile, et pour les communes et les habitants, qui doivent prendre en partie en charge le nettoyage des dépôts de boue et l'évacuation des déchets (mobilier détruit etc.).

La lutte contre ce phénomène s'organise autour de la prévention et de la protection :

- La prévention consiste à agir sur les causes du ruissellement boueux : développement de pratiques agricoles alternatives favorisant l'infiltration et limitant le lessivage et l'érosion des parcelles ;
- La protection consiste généralement à réaliser des ouvrages d'écrêtement du ruissellement de versant en aval des parcelles agricoles.

D'autres techniques à la fois de prévention et de protection, dites « d'hydraulique douce » permettent de contraindre le ruissellement au moyen de bandes enherbées entre les parcelles, de fascines, par la valorisation des haies en bordure de terrains agricoles...

Ces mesures sont à développer parallèlement pour réduire significativement le risque.

1.4. ACTEURS

Les acteurs (figure ci-dessous) concernés par les coulées d'eaux boueuses sont nombreux, en raison de la diversité des enjeux décrits ci-dessus. Par conséquent les points de vue et approches de la problématique CEB sont tout aussi divers, ce qui complique la concertation et la gestion de ces phénomènes. Les intérêts défendus sont sociaux, économiques, environnementaux, territoriaux... De plus, la perception du risque CEB et des enjeux territoriaux est très différente, suivant que les acteurs se placent en zone « source » ou en zone « cible » du ruissellement¹.

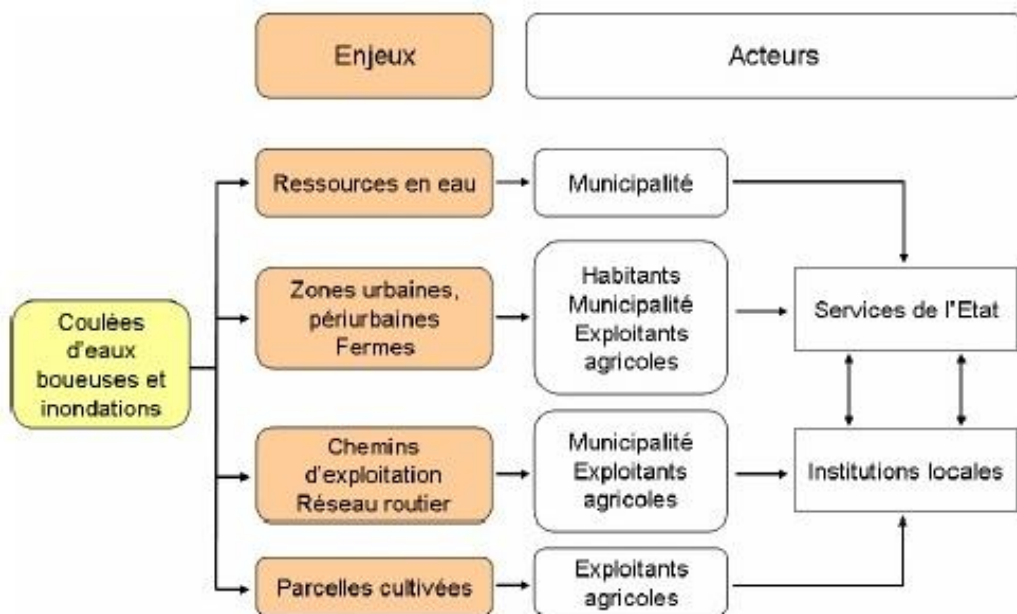


Fig. 1. INTERACTIONS ENTRE LES DIFFERENTS ACTEURS CONCERNES PAR LES CEB²

La diversité des acteurs, enjeux et objectifs face aux phénomènes de coulées d'eau boueuse nécessite de développer une analyse globale de ces paramètres pour trouver des solutions avec un compromis optimal.

¹ Auzet A.-V., Heitz C., Armand R., Guyonnet J., Moquet J.-S., 2005. Les « coulées de boue » dans le Bas-Rhin : analyse à partir des dossiers de demande de reconnaissance de l'état de catastrophe naturelle. 28 p.

² Heitz C., Spaeter S., Auzet A.-V., Glatron G., 2008. Local stakeholders' perception of muddy flood risk and implications for management approaches: A case study in Alsace (France). Land Use Policy (2008), 9 p.

2. CARACTERISATION DE L'ALEA CEB SUR LE BASSIN VERSANT OUEST DE NIEDERHAUSBERGEN

2.1. LOCALISATION ET CARACTERISTIQUES DU BASSIN VERSANT

La commune de Niederhausbergen est située directement au Nord-Ouest de Strasbourg.

Le bassin versant concerné par le présent rapport a une surface d'environ 19 hectares. Il est situé à l'ouest de la partie urbanisée de Niederhausbergen. Les pentes relevées sur le secteur d'étude sont comprises entre 5 et 10 %. Par la suite, l'étude tiendra compte de trois bassins versants dont le fonctionnement hydrologique est indépendant.

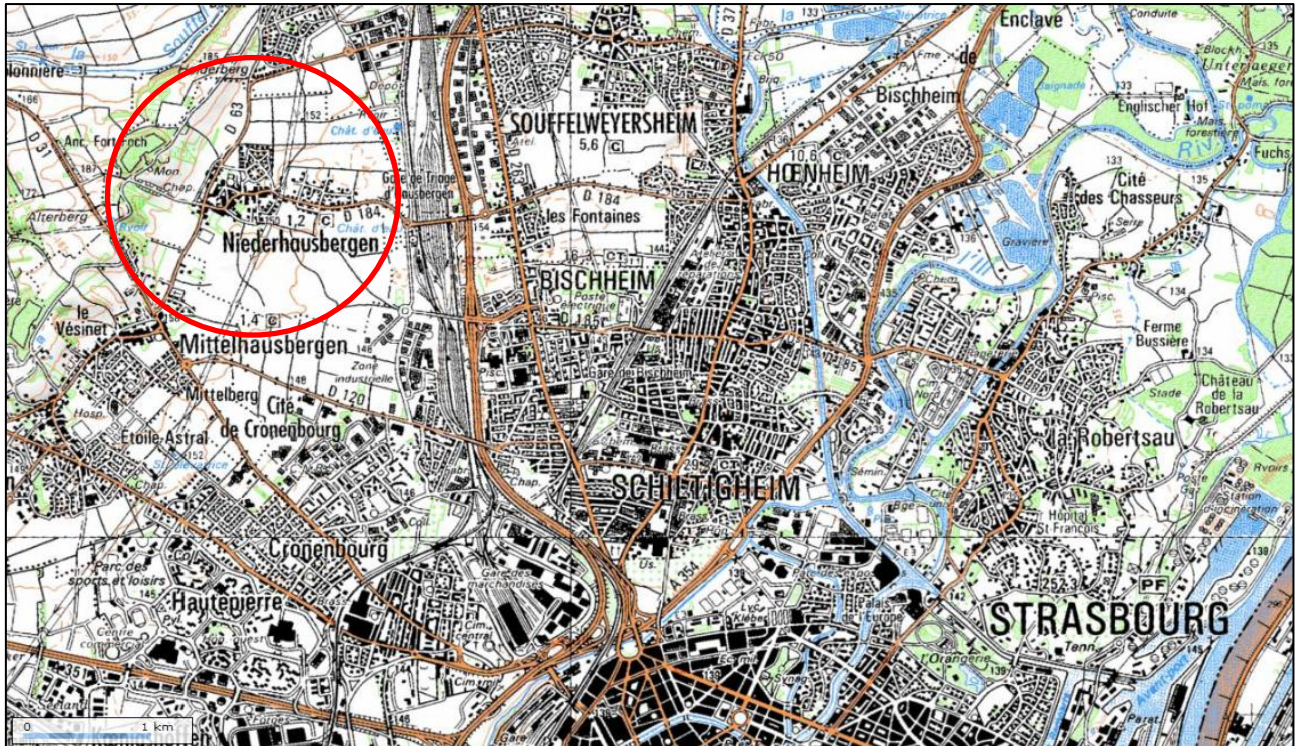


Fig. 2. LOCALISATION DE LA COMMUNE DE NIEDERHAUSBERGEN (GEOPORTAL / IGN)

Le premier bassin versant est drainé par le chemin menant à l'ancien fort Foch dont l'exutoire se trouve être la grille à l'entrée de la rue du fort Foch. Les deux autres bassins versants ne possèdent pas d'exutoire à proprement parlé et l'on constate que l'écoulement des eaux s'effectue en front d'eau, perpendiculaire au chemin situé à l'arrière des dernières maisons.

Grâce à la récupération de données topographiques fournies par la CUS ainsi qu'aux investigations de terrains réalisées, les bassins versants ont pu être tracés plus finement tel que l'on peut l'observer sur la figure suivante. Le cheminement des eaux ainsi que l'emplacement du futur projet de lotissement y ont également été renseignés.

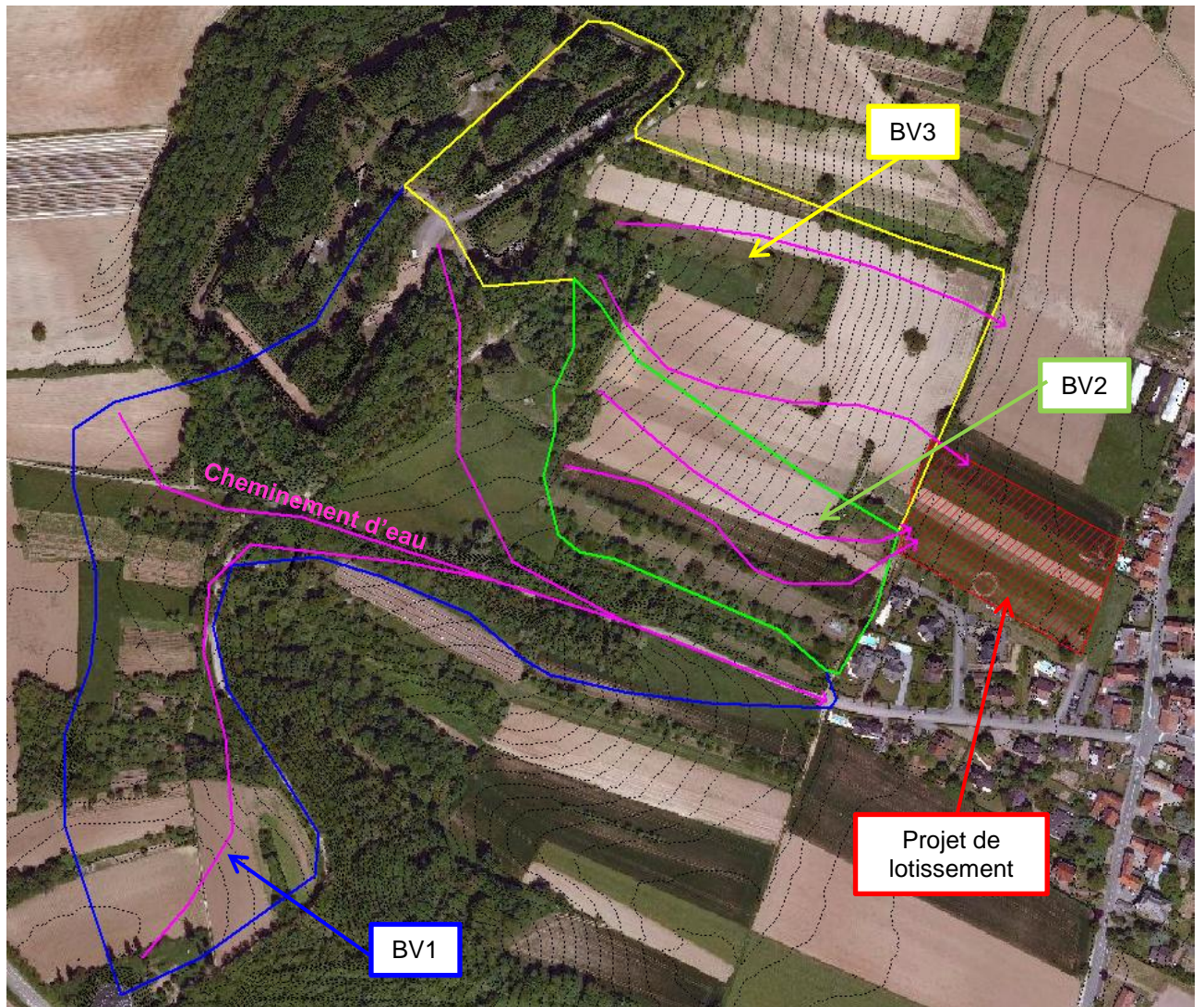


Fig. 3. *BASSINS VERSANTS ET CHEMINS D'EAU PRINCIPAUX*

2.2. GEOLOGIE ET PEDOLOGIE

La commune de Niederhausbergen est située immédiatement au nord de l'agglomération strasbourgeoise qui marque un changement net des caractéristiques géologiques et géographiques. Elle fait partie de la zone géologique des « collines du Kochersberg » marquée par la présence de terrains de composition mixte, en partie loessique.

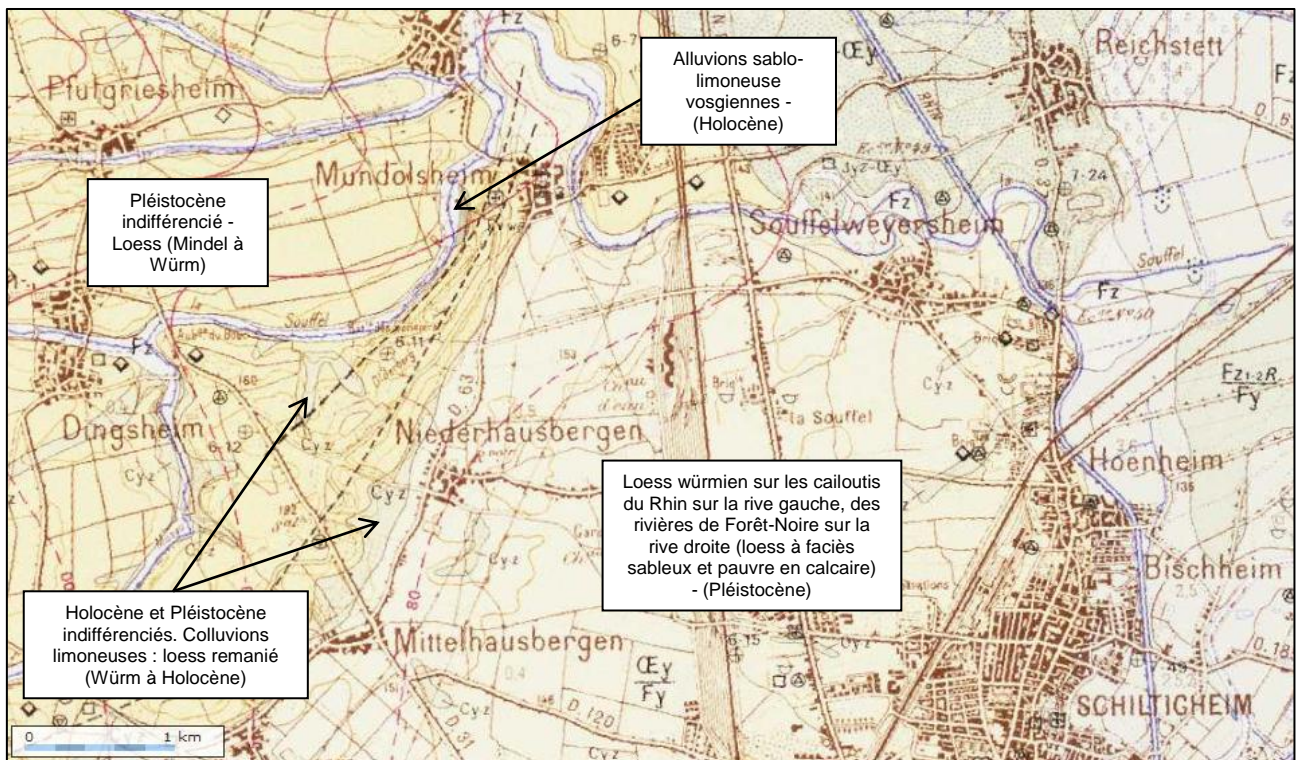


Fig. 4. CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES DU SITE ETUDIE (GEOPORTAIL / BRGM / INFOTERRE)

La carte ci-dessus nous indique une forte présence de loess (roche sédimentaire formée par l'accumulation de limons issus de l'érosion éolienne). Le Guide des sols d'Alsace³ (Petite région naturelle n°5) précise que se sont majoritairement des sols limono-argileux à argilo-limoneux, calcique, sur loess argileux. Il est précisé que « ces loess [...] sont souvent déplacés sous forme de coulées de boue glissant sur le substrat marneux peu perméable ».

Le contexte géologique et pédologique du bassin versant étudié présente donc des caractéristiques de faible perméabilité et par conséquent un facteur de ruissellement potentiel fort.

Une étude de l'ARAA (Association pour la Relance Agronomique en Alsace) a permis de mettre en évidence la sensibilité à l'érosion pour les sols agronomiques, en corrélant et interpolant des données d'occupation des sols et de Modèle Numérique de Terrain (MNT) par maille de 20 mètres. En ce qui concerne la commune de Niederhausbergen, le résultat (figure ci-dessous) démontre une forte sensibilité à l'érosion pour la majeure partie de la surface du bassin versant. En effet, ces surfaces sont essentiellement recouvertes de grandes cultures céréalières, sur des versants à forte pente.

³ Guide des sols d'Alsace, Petite région naturelle n°5 : « Collines de Brumath, du Kochersberg et de l'arrière Kochersberg ». Sol Conseil, 2008.

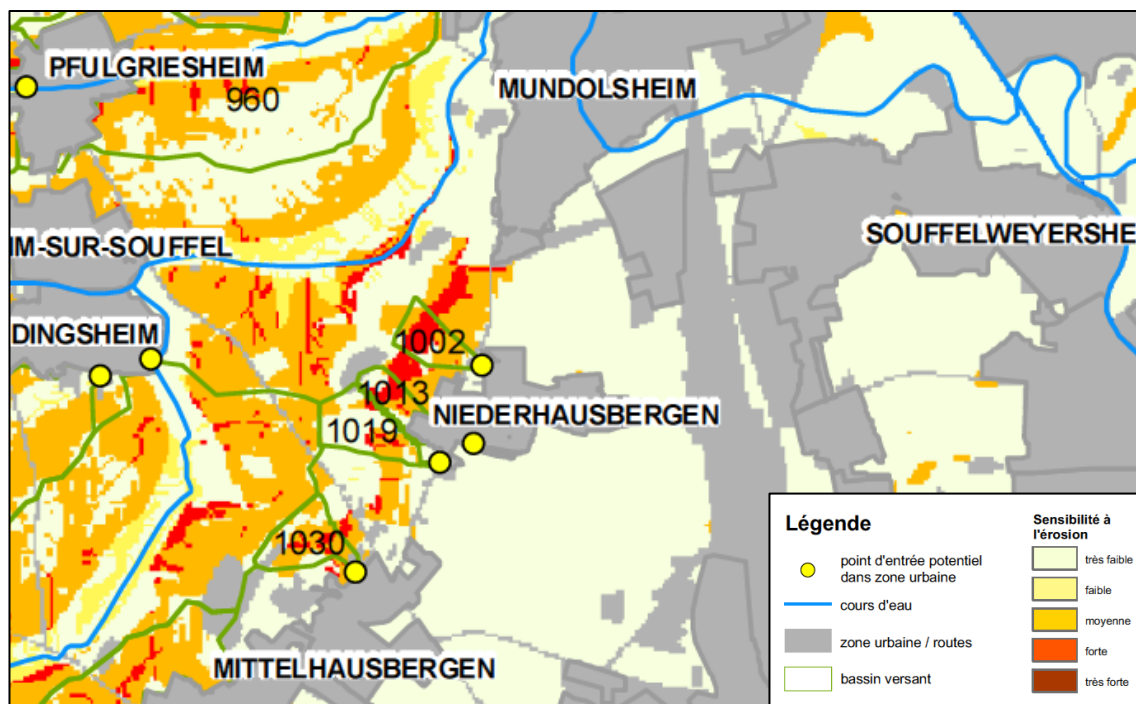


Fig. 5. **EXTRAIT DE LA CARTE DE SENSIBILITE POTENTIELLE A L'ÉROSION, PAR MAILLE DE 20M (ARAA)**

A partir de la carte ci-dessus, l'ARAA a réalisé une carte de risque potentiel « Coulees d'eaux boueuses » par bassin versant :

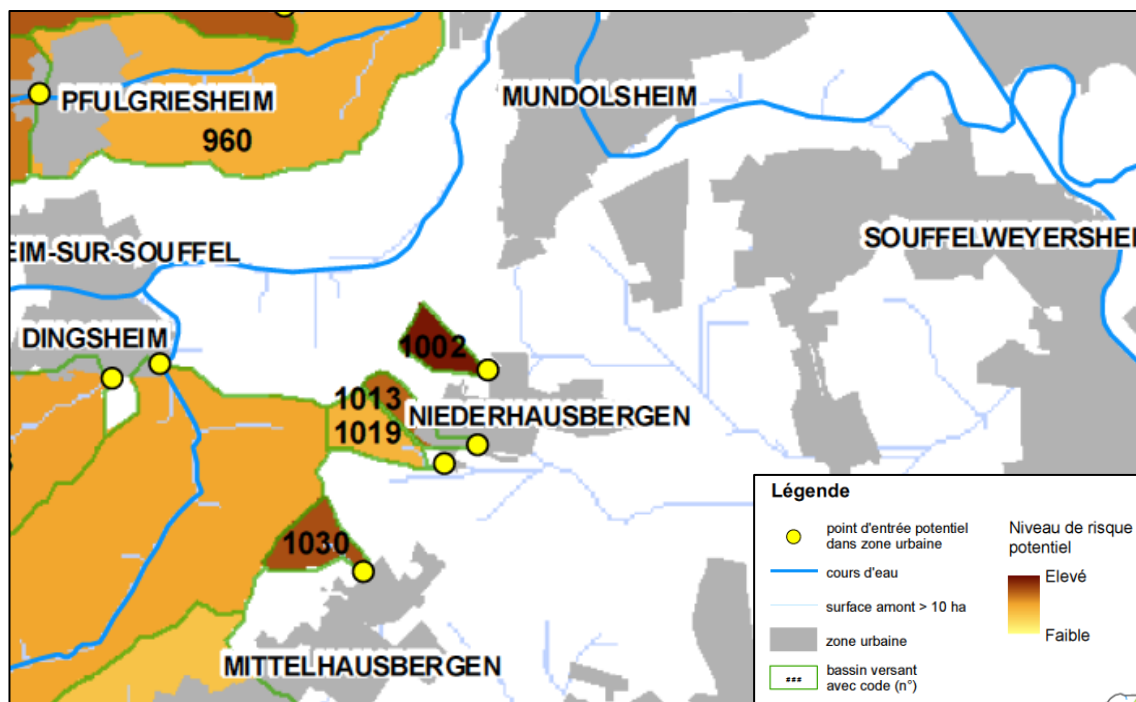


Fig. 6. **EXTRAIT DE LA CARTE DE RISQUE POTENTIEL DE COULEES D'EAU BOUEUSE PAR BASSIN VERSANT (ARAA)**

Les données existantes de caractéristiques des sols ainsi que les résultats des modèles cartographiques de l'ARAA confirment le potentiel de ruissellement (moyen à fort) et d'érosion sur le bassin versant Ouest de la commune de Niederhausbergen, facteurs à l'origine des coulées d'eaux boueuses que connaît la commune.

2.3. OCCUPATION DES SOLS

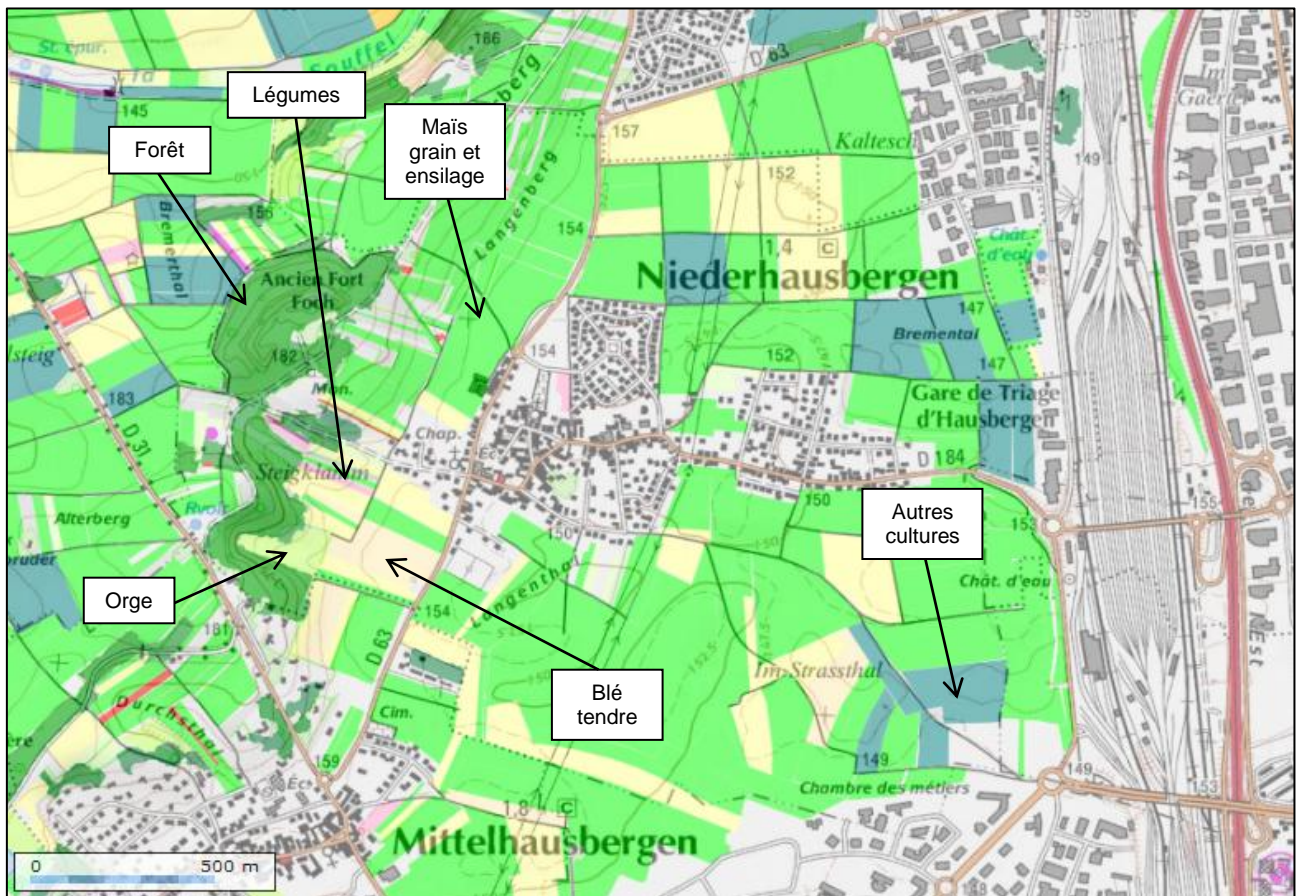


Fig. 7. OCCUPATION DES SOLS SUR LE BASSIN VERSANT NORD DE NIEDERHAUSBERGEN (GEOIPORTAIL / REGISTRE PARCELLAIRE GRAPHIQUE)

La figure ci-dessus montre que les sols sur le bassin versant ouest sont en grande partie occupés par des terres arables et systèmes cultureaux. En fonction du couvert végétal des cultures et du travail des parcelles, ces surfaces peuvent considérablement favoriser ou réduire les conditions de ruissellement et de transport solide. La présence d'espaces forestiers et de vergers présentent par ailleurs un aspect positif de la composition du paysage, dans la mesure où il s'agit en général de surfaces faiblement ruisselantes, favorisant le dépôt des sédiments. Il convient de favoriser le maintien de ces surfaces pour ne pas augmenter les surfaces peu infiltrantes.

Plusieurs chemins dans le bassin versant favorisent la concentration et le drainage des flux vers l'aval notamment le chemin allant de la rue du fort Foch jusqu'à ce dernier. Ce chemin avec les fossés (aménagé avec des ralentisseurs), constitue le principal vecteur des écoulements du bassin versant n°1 et collecte la plupart des ruissellements.



Fig. 8. PHOTOGRAPHIE DES RALENTISSEURS MIS EN PLACE SUR LE CHEMIN MENANT AU FORT

Pour les bassins versants n°2 et 3, il n'y a pas de drainage : les écoulements se propagent en fonction de la topographie et de la surface du sol. Les champs étant travaillés dans le sens de la pente, les sillons favorisent la propagation vers les enjeux en aval.



Fig. 9. PHOTOGRAPHIE D'UN SOL FAVORISANT LES COULEES D'EAUX BOUEUSES

A l'entrée dans la partie urbanisée de la commune (rue du fort), les écoulements sont acheminés dans le réseau d'eaux pluviales à l'aide d'une grille à l'entrée de la rue sur toute la largeur (7 m x 0.5 m).



Fig. 10. GRILLE DE RECUPERATION DES ECOULEMENT A L'ENTREE DE LA RUE DU FORT FOCH

La grille est connectée au réseau d'eaux pluviales par le biais d'une canalisation Ø600. Ce diamètre constitue à priori le paramètre limitant de la capacité d'évacuation du réseau d'eaux pluviales sur ce tronçon (cette canalisation rejoint un Ø1000 puis un Ø1300, qui laissent supposer une capacité d'écoulement accrue vers l'aval, sous réserve que les apports latéraux ne viennent saturer l'artère principale du réseau).

En cas d'insuffisance du premier tronçon (Ø600) et/ou encombrement de la grille d'admission au réseau (tel que ce fut le cas en 2008), les écoulements sont susceptibles d'emprunter directement les chaussées dans la traversée urbaine.

Des travaux d'aménagement de voirie ont déjà été réalisés sur le chemin menant au fort pour favoriser l'infiltration et le ralentissement des ruissellements. Il est cependant difficile de qualifier le bénéfice de ces travaux par rapport à la situation initiale. En effet, des travaux ont été entrepris par la CUS en 2008 pour lutter contre le ruissellement des eaux vers les zones vulnérables à l'aval. Ces travaux d'aménagement de la voirie, de mise en place de fossés avec ralentisseurs, de création de zones avec galets (voir photographies ci-dessous) favorisent la clarification des eaux, le ralentissement des ruissellements et le stockage partiel des volumes de crue. Ces travaux ont déjà été utiles et efficaces suite aux derniers événements orageux subis par la commune.





Fig. 11. PHOTOGRAPHIE MONTRANT LES TRAVAUX REALISES RECEMMENT

En conclusion, les caractéristiques du bassin versant (surface, nature des sols, occupation des sols, morphologie du site, nature de l'exutoire) sont autant de paramètres favorables au ruissellement et à la concentration des écoulements vers l'entrée Ouest de la partie urbanisée de Niederhausbergen.

2.4. LES EVENEMENTS CLASSES EN CATASTROPHE NATURELLE

Ces dernières années, la commune de Niederhausbergen a connu quelques d'évènements pluvieux donnant lieu à des inondations et coulées de boue classées en catastrophes naturelles.

| Date de début | Date de fin | Arrêté du | Date d'inscription au JO : | Nature de l'événement |
|---------------|-------------|------------|----------------------------|--------------------------------|
| 25/12/1999 | 29/12/1999 | 29/12/1999 | 30/12/1999 | inondations et coulées de boue |
| 29/05/2008 | 30/05/2008 | 13/03/2009 | 18/03/2009 | inondations et coulées de boue |

Fig. 12. LISTE DES ARRETES DE CATASTROPHES NATURELLES POUR LA COMMUNE DE NIEDERHAUSBERGEN

2.5. INVESTIGATIONS DE TERRAIN ET DIALOGUE AVEC LES ACTEURS

Plusieurs visites de terrain ont été effectuées pour avoir une perception concrète du site étudié, vérifier les chemins d'eau précédemment identifiés, comprendre le fonctionnement dynamique du bassin versant, et déterminer des emplacements potentiels pour proposer des rétentions d'eau et des aménagements de type fascine et bande enherbée.

Dans la partie la plus cultivée de la zone d'étude quelques buissons et haies présents contribuent au ralentissement des écoulements et à l'infiltration. Cependant, ces haies buissonnantes pourraient être renforcées : il nous semble notamment possible de mettre en place une végétation plus dense.



Fig. 13. EXEMPLE DE HAIES BUISSONNANTES PRESENTENT SUR LE TERRAIN

Il ressort du diagnostic de terrain :

- Que les premières habitations en pied de versant sont particulièrement touchées par les coulées d'eaux boueuses (affaissement du mur maçonné) ;



Fig. 14. PHOTOGRAPHIE DE L'AFFAISSEMENT DU MUR DE LA PREMIERE HABITATION

- Selon le témoignage de certains riverains les maisons situées en contrebas (rue de Mundolsheim) ne sont pas touchées : les eaux de ruissellement stagnent dans les champs à pente nulle entre le pied du versant et la frange urbaine de la rue de Mundolsheim.



Fig. 15. PHOTOGRAPHIE DE LA ZONE D'ÉPANDAGE DES EAUX

L'exutoire du bassin versant le plus au sud, drainé par le chemin menant au fort est matérialisé par le réseau d'eaux pluviales qui démarre en bas du versant ; à l'entrée du village (voir illustration figure 10). Il s'agit d'une grille dont les eaux sont récupérées par une conduite en Ø600. Ce dispositif à l'aval est donc considéré comme facteur limitant pour la gestion des eaux de ruissellement de ce bassin versant. Sa capacité est estimée à 550 L/s, (valeur à confirmer par des levés topographiques et données complémentaires de la CUS).

2.6. MODELISATION

Pour déterminer les débits et les volumes de crue générés par une pluie orageuse, nous avons mis en œuvre un modèle pluie-débit à l'aide du code de calcul pluie/débit PLUTON développé par SOGREAH.

2.6.1. LE MODELE PLUTON

Le logiciel PLUTON est un logiciel de transformation pluie-débit, permettant le calcul en régime transitoire de la formation et la propagation d'hydrogrammes de crue sur des bassins versants multiples et imbriqués.

Ce modèle a pour objet le calcul de l'hydrogramme de crue $Q(t)$ de chaque sous-bassin, soit avec calage (sur pluies connues et débit connu), soit sans calage sur pluie statistique pour calculer une crue de temps de retour donné. Il permet d'étudier l'influence ponctuelle et globale de sites de rétention à l'échelle du bassin versant. Le programme mis en œuvre comprend :

- Un modèle pluie-débit de type hydrogramme unitaire ;
- Un modèle de propagation et de sommation des hydrogrammes de type Muskingum ;
- Des modèles d'écrêtement par laminage dans des retenues schématisées.

Le modèle comprend un ensemble de nœuds, deux nœuds délimitant un bief. Un nœud reçoit les apports :

- De son bassin versant propre (modèle pluie-débit) ;
- Du bief amont (modèle de propagation).

Les nœuds doivent être positionnés de manière stratégique sur le bassin versant :

- À l'exutoire des principaux sous-bassins versants ;
- Au droit des stations hydrométriques ou des échelles limnimétriques ;
- Au droit des secteurs à risque du bassin versant où des objectifs de réduction de débits sont définis.

2.6.2. DECOUPAGE DU BASSIN VERSANT

Le découpage du bassin versant étudié en sous-bassins versants permet de créer des entités avec des caractéristiques d'occupation des sols les plus homogènes possible, permettant de définir les coefficients de ruissellement renseignés dans le modèle PLUTON.

La carte ci-dessous représente le découpage tel qu'il a été réalisé pour la modélisation sous PLUTON. Dans notre cas, au vu de la superficie du secteur d'étude, il n'est pas nécessaire de modéliser des bassins imbriqués. Trois bassins versants ont été identifiés et ont un fonctionnement indépendant vis-à-vis des écoulements. Les caractéristiques de chaque élément de sous bassin versant ont été renseignés dans le modèle.

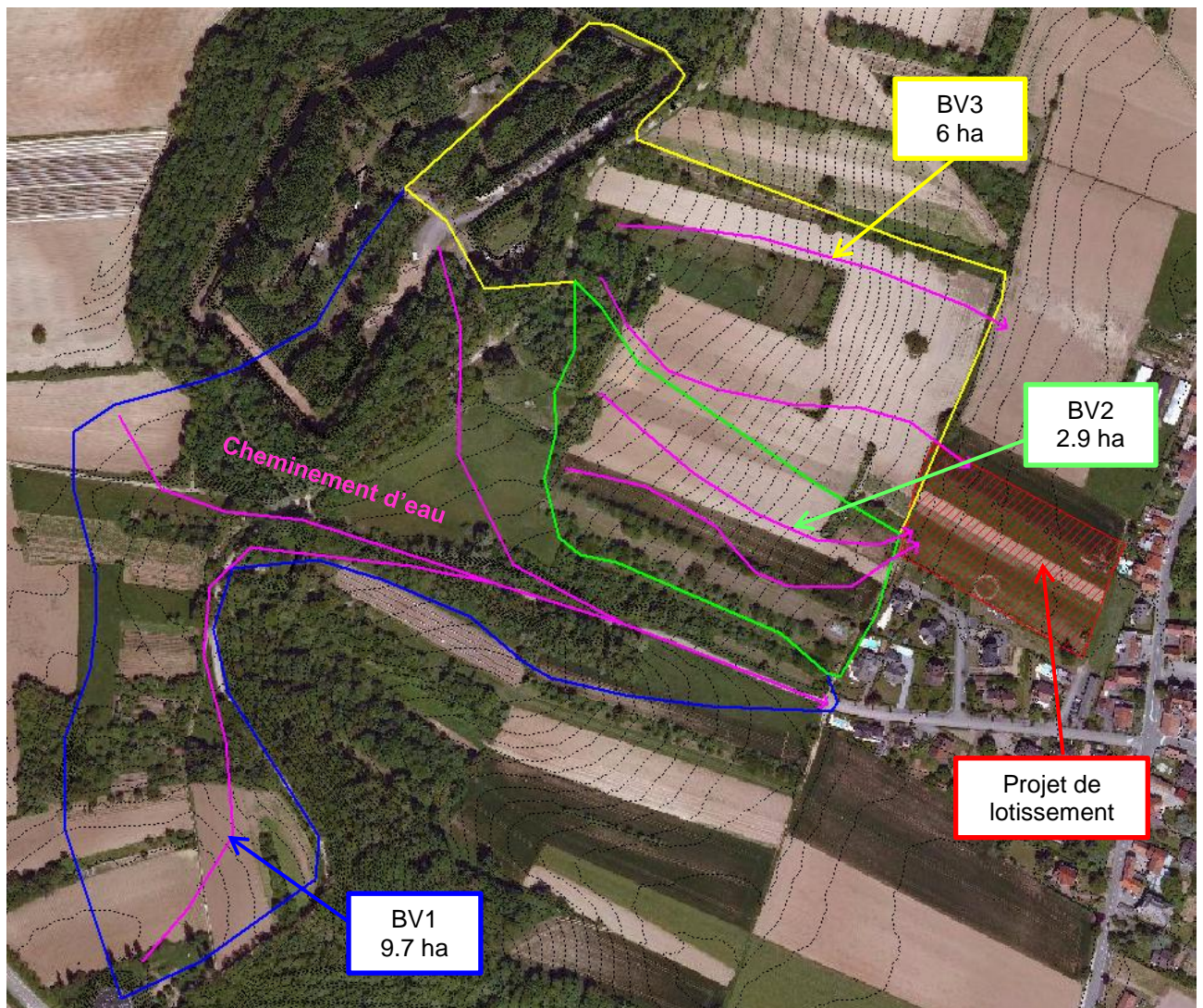


Fig. 16. **DECOUPAGE DES BASSINS VERSANTS ET SURFACES CORRESPONDANTES EN HECTARES**

2.6.3. CHOIX DES PARAMETRES

Le modèle s'appuie sur de nombreux paramètres caractérisant physiquement les sous bassins versants, notamment les surfaces, pentes, coefficients de ruissellement et agencement dans l'espace. Certains paramètres sont modulables, par exemple les coefficients de ruissellement peuvent être modifiés en fonction de l'occupation des sols.

Les coefficients de ruissellement qui ont été appliqués à chaque bassin versant ont été définis en fonction des informations disponibles concernant les types de sols, et nuancés par rapport à l'occupation des sols observée lors des visites de terrain.

- Le BV1 est essentiellement recouvert de pâtures, surfaces enherbées, vergers. Aussi, les nombreuses zones forestières constituent un potentiel d'infiltration fort, mais les différents chemins drainent les écoulements. Le coefficient de ruissellement appliqué à ce bassin versant est de 0.20 (T10) à 0,26 (T100).
- Le BV2 est recouvert de surfaces principalement cultivées, de pâtures et de quelques vergers. Le coefficient de ruissellement appliqué à ce bassin versant est de 0.29 (T10) à 0,38 (T100).
- Le BV3 est semblable au BV2 car recouvert de surfaces cultivées mais les terrains au sommet du bassin sont de type forestier. Le coefficient de ruissellement appliqué à ce bassin versant est de 0.27 (T10) à 0,35 (T100).

2.6.4. PLUIE DE PROJET

La pluie de projet se réfère à des pluies orageuses, intenses et de courte durée, se produisant au printemps et/ou en été. Ce sont ces événements qui sont en général à l'origine des coulées d'eau boueuse. La présente étude s'efforce d'évaluer les résultats pour des périodes de retour 10 ans, 30 ans, 50 ans et 100 ans. Pour obtenir la pluie de projet, les coefficients de Montana de la Communauté Urbaine de Strasbourg (données de 1968-2005) ont été appliqués.

Tabl. 1 - PLUIES DE PROJET MODELISEES DANS LE CADRE DE CETTE ETUDE

| Période de retour | Durée totale de la pluie (h) | Durée de la pluie intense (min) | Hauteur de pluie tombée (mm) |
|-------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| 10 ans | 1 | 20 | 26.6 |
| 30 ans | 1 | 20 | 35.6 |
| 50 ans | 1 | 20 | 38.6 |
| 100 ans | 1 | 20 | 42.8 |

Par souci de cohérence par rapport aux hypothèses de base, la même durée de pluie a été modélisée pour chaque période de retour. La durée de pluie intense est ici calée sur le temps de concentration du bassin versant global, afin d'obtenir le débit de pointe le plus contraignant à l'exutoire du bassin versant.

2.6.5. RESULTATS DIAGNOSTIC INITIAL

2.6.5.1. PLUIE DE PROJET DE PERIODE DE RETOUR 10 ANS

Pour le bassin versant n°1, le débit maximal de pointe obtenu à l'aval du bassin versant étudié pour une pluie de période de retour 10 ans est de 253 L/s, pour un volume maximal de 511 m³.

Le bassin versant n°2 génèrerait quant à lui un débit de pointe pour une pluie de période de retour 10 ans de l'ordre de 145 L/s pour un volume de 221 m³.

Le bassin versant n°3 génèrerait un débit de pointe pour une pluie de période de retour 10 ans de l'ordre de 242 L/s pour un volume de 426 m³.

Cependant, les deux derniers bassins ne disposent pas d'un exutoire unique mais les écoulements se produisent en front d'eau. Il est possible d'approcher le débit par mètre linéaire compte tenue du chemin perpendiculaire à l'écoulement. Dans ce sens le débit unitaire serait alors d'environ 1.4 L/s/ml (le chemin faisant environ 280 mètres de long sur ce bassin versant).

2.6.5.2. PLUIE DE PROJET DE PERIODE DE RETOUR 30 ANS

Pour le bassin versant n°1, le débit maximal de pointe obtenu à l'aval du bassin versant étudié pour une pluie de période de retour 30 ans est de 375 L/s, pour un volume maximal de 753 m³.

Le bassin versant n°2 aurait quant à lui un débit de pointe pour une pluie de période de retour 30 ans de l'ordre de 217 L/s pour un volume de 327 m³.

Le bassin versant n°3 aurait un débit de pointe pour une pluie de période de retour 30 ans de l'ordre de 363 L/s pour un volume de 634 m³. Reprenant le même raisonnement que précédemment, le débit unitaire sur le chemin serait alors d'environ 2.1 L/s/ml.

2.6.5.3. PLUIE DE PROJET DE PERIODE DE RETOUR 50 ANS

Pour le bassin versant n°1, le débit maximal de pointe obtenu à l'aval du bassin versant étudié pour une pluie de période de retour 50 ans est de 426 L/s, pour un volume maximal de 855 m³.

Le bassin versant n°2 aurait quant à lui un débit de pointe pour une pluie de période de retour 30 ans de l'ordre de 243 L/s pour un volume de 366 m³.

Le bassin versant n°3 aurait un débit de pointe pour une pluie de période de retour 30 ans de l'ordre de 408 L/s pour un volume de 711 m³. Reprenant le même résonnement que précédemment, le débit unitaire sur le chemin serait alors d'environ 2.3 L/s/ml.

2.6.5.4. PLUIE DE PROJET DE PERIODE DE RETOUR 100 ANS

Pour le bassin versant n°1, le débit maximal de pointe obtenu à l'aval du bassin versant étudié pour une pluie de période de retour 100 ans est de 535 L/s, pour un volume maximal de 1072 m³.

Le bassin versant n°2 aurait quant à lui un débit de pointe pour une pluie de période de retour 100 ans de l'ordre de 312 L/s pour un volume de 467 m³.

Le bassin versant n°3 aurait un débit de pointe pour une pluie de période de retour 100 ans de l'ordre de 512 L/s pour un volume de 890 m³. Reprenant le même résonnement que précédemment, le débit unitaire serait alors d'environ 2.9 L/s/ml.

La figure suivante présente le résultat de la modélisation hydraulique pour la pluie de période de retour 100 ans :

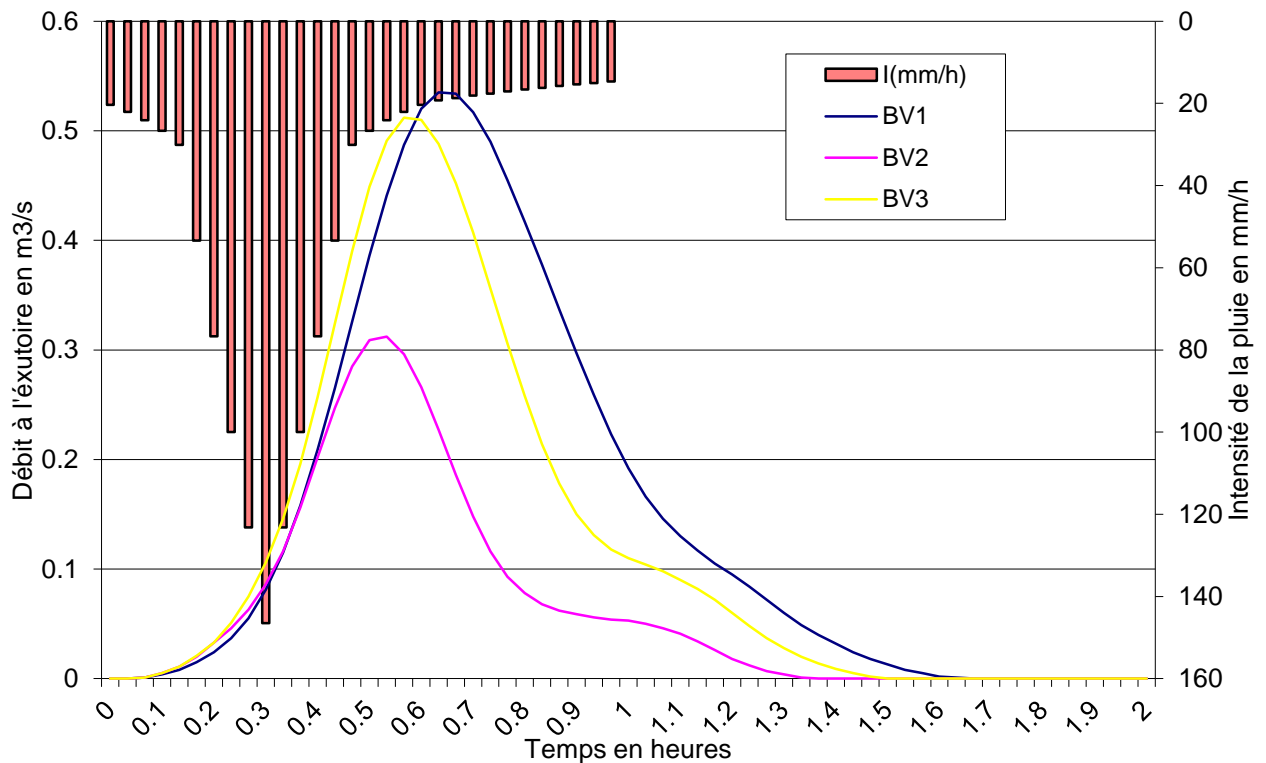


Fig. 17. REPONSE DES BASSINS VERSANTS POUR UNE PLUIE CENTENNALE

2.6.5.5. SYNTHESE

Pour le BV 1 l'exutoire représenté par le réseau EP semble être suffisamment dimensionné pour évacuer le débit de pointe. La capacité du point d'entrée dans le réseau a été estimée à 550 L/s, ce qui est proche du débit de pointe calculé lors d'un événement orageux de période de retour 100 ans. Cependant il est difficile d'estimer la capacité exacte du réseau compte tenu des apports supplémentaires par ruissellement sur la voirie ainsi que des apports aux nœuds du réseau à l'aval. Aussi, les grilles peuvent avoir une capacité inférieure au réseau EP lui-même et donc provoquer un ruissellement d'eaux boueuses sur la voirie (rue du fort).

Aussi, le volume de stockage apporté par l'aménagement des fossés le long du chemin menant au fort Foch (fossé avec ralentisseurs) est également un atout pour la gestion des ruissellements sur le BV1. Les volumes de stockages restent cependant faibles (estimés à environ 150 m³ sur le BV1) vis-à-vis des volumes de crues calculés notamment pour les évènements de forte période de retour. Parallèlement, l'amélioration de la capacité d'infiltration, paramètre difficilement estimable, apporte assurément un bénéfice considérable lors de fort évènement orageux.

Que ce soit pour le BV 2 comme pour le BV 3, il est nécessaire d'intervenir de façon à réduire le débit de pointe, potentiellement dommageable du fait qu'aucun exutoire ne permet d'évacuer les ruissellements. Comme il n'y a d'un point de vue topographique pas d'emplacement de stockage possible, il faut favoriser le ralentissement des écoulements et améliorer l'infiltration de la pluie dans le sol. Le chemin pourra également être utilisé pour drainer les écoulements.

Tabl. 2 - RESULTATS OBTENUS PAR MODELISATION SOUS PLUTON

| Période de retour | Hauteur de pluie totale (mm) | Débit pointe BV1 (L/s) | Volume crue BV1 (m ³) | Débit pointe BV2 (L/s) | Volume crue BV2 (m ³) | Débit pointe BV3 (L/s) | Volume crue BV3 (m ³) |
|-------------------|------------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------------|
| 10 ans | 26.6 | 253 | 511 | 145 | 221 | 242 | 426 |
| 30 ans | 35.6 | 375 | 753 | 217 | 327 | 363 | 634 |
| 50 ans | 38.6 | 426 | 855 | 243 | 366 | 408 | 711 |
| 100 ans | 42,8 | 535 | 1072 | 312 | 467 | 512 | 890 |

Le tableau précédent montre les différents débits de pointe calculés pour différentes périodes de retour ainsi que le volume de crue généré correspondant.

Pour le BV1, l'exutoire ne semble pas être limitant même lors d'un évènement pluvieux de période de retour 100 ans. Cependant, la capacité d'avalement de la grille est difficilement estimable et peut être à l'origine de ruissellement sur la chaussée.

La difficulté pour les BV problématiques à ce jour, BV2 et BV3, est qu'il est difficile de visualiser le cheminement des eaux alors que les débits générés peuvent être conséquent pour des périodes de retour importantes. Le ralentissement des écoulements sur ces bassins versants est prioritaire (renforcement du linéaire de haies, noues...), le site n'offrant que très peu de possibilités de stockage.

En complément des mesures précitées, nous suggérons une alternative à la mise en place d'une noue permettant de stocker partiellement et maîtriser les débits à l'aval.

Nota : Pour le BV1, la capacité admissible par le réseau d'eaux pluviales doit être vérifiée par les services de la CUS. La capacité mesurée ne tient pas compte des apports complémentaires par ruissellement sur la voirie ainsi que des flux arrivant aux nœuds du réseau EP situés aux carrefours avec la rue du vignoble et avec la rue du stade. Aussi, la bonne absorption dans le réseau est conditionnée par l'entretien des grilles situées en tête.

3. SCENARI D'AMENAGEMENT (BV1)

3.1. DEVIATION DES EAUX EN TETE DE VERSANT

Une solution permettant de réduire l'apport d'eau à l'exutoire du premier bassin versant serait d'aménager la voirie en tête de bassin dans le but de dévier et d'orienter une partie du ruissellement. L'idée est de diminuer la surface du bassin versant propre à l'exutoire du BV1 matérialisé par la grille à l'aval en orientant les écoulements en tête vers la surface forestière comme indiqué sur l'extrait de carte suivante :

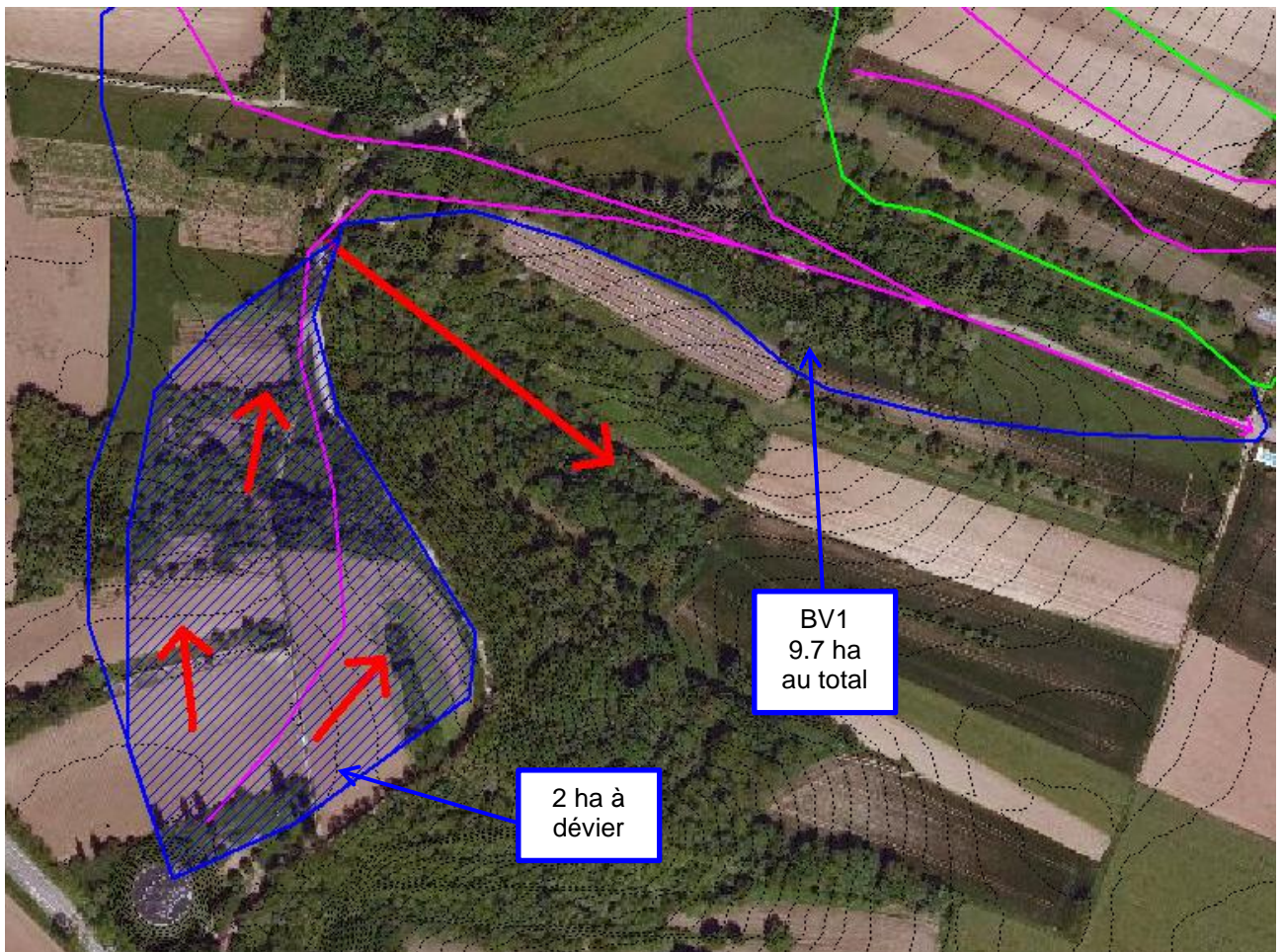


Fig. 18. CARTE PRESENTANT LA ZONE A DEVIER

La déviation d'une partie du ruissellement peut s'effectuer en aménagement simplement la voirie avec une rigole d'orientation vers le bas-côté droit du chemin et en s'assurant que les eaux pourront facilement s'écouler vers la zone forestière voisine (léger terrassement du talus possible).

Une esquisse de cette proposition est présentée sur la figure suivante :



Fig. 19. SCHEMA DE L'AMENAGEMENT DE LA VOIRIE EN TETE DE BASSIN

L'intérêt de cette opération est de diminuer le volume de crues ainsi que le débit de pointe associé. Les résultats du nouveau calcul sont présentés dans le tableau suivant. Les anciennes valeurs y sont également consignées.

Tabl. 3 - RESULTATS OBTENUS PAR MODELISATION SOUS PLUTON DU BV1 AVEC DEVIATION D'UN PARTIE DU RUISSELLEMENT

| Période de retour | Hauteur de pluie totale (mm) | Débit pointe BV1 (L/s) actuel | Volume crue BV1 (m3) actuel | Débit pointe BV1 (L/s) aménagé | Volume crue BV1 (m3) aménagé |
|-------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 10 ans | 26.6 | 253 | 511 | 211 | 407 |
| 30 ans | 35.6 | 375 | 753 | 313 | 600 |
| 50 ans | 38.6 | 426 | 855 | 355 | 681 |
| 100 ans | 42,8 | 535 | 1072 | 447 | 854 |

Suite au calcul hydrologique, nous remarquerons donc que cet aménagement permet de réduire de façon notable le débit de pointe à l'exutoire du BV1 (environ de 15%) et permet également de réduire de 20% le volume de crue généré.

3.2. AMELIORER LE ROLE DE LA GRILLE A L'EXUTOIRE

Concernant le BV1, le diagnostic montre que l'exutoire semble suffisamment dimensionné pour transiter les eaux de ruissellement du versant. Des aménagements permettant de ralentir le ruissellement et de favoriser l'infiltration ont d'ores et déjà été entrepris mais le problème qui peut alors se poser réside dans la capacité d'avalement de la grille permettant l'entrée dans le réseau de ces eaux.

Cette capacité est difficilement estimable car elle doit tenir compte de nombreux paramètres (vitesse de l'écoulement, ouvertures sur la grille, entretien de la grille, colmatage de la grille, nature de l'effluent ruisselé, etc.) mais ce problème expliquerait les ruissellements générés sur la voirie de la rue du fort Foch lors de précédents événements orageux. Il serait donc pertinent de permettre aux écoulements d'entrer plus facilement dans le réseau par la grille en place.

Pour ce faire, une solution possible serait de mettre en place à l'aval direct de la grille un aménagement de type « dos d'âne » qui retiendrait les flux en les forçant à se diriger dans la grille. La grille étant située en extrémité de la rue où la circulation reste peu courante, il est possible de surélever la chaussée d'environ 10-15 cm afin d'avoir un effet plus remarqué.

Une esquisse de cet aménagement est proposée sur la photographie suivante :



Fig. 20. SCHEMA DE L'IMPLANTATION D'UN DOS D'ANE A L'AVANT DE LA GRILLE SUR LE BV N°1

Cet aménagement permettra de limiter le ruissellement sur la chaussée de la rue du fort Foch en orientant les eaux à transiter par la grille. De plus, les travaux effectués sur le chemin permettent d'ores et déjà de clarifier les eaux de ruissellement qui colmateront moins la grille qu'auparavant. L'excédent d'eau qui passera par-dessus le dos d'âne ruissellera sur la voirie pour entrer par les avaloirs situés tout au long et de part et d'autre de la rue du fort Foch.

Cependant, il est nécessaire de s'assurer au préalable que le réseau ne devient pas limitant à l'aval et qu'il peut accepter les eaux générées sur le bassin versant.

4. SCENARI D'AMENAGEMENT (BV2 ET BV3)

Le diagnostic décrit au chapitre 2 montre qu'il est nécessaire d'intervenir à l'échelle des parcelles (mesures préventives) ainsi qu'à l'échelle du bassin versant (mesures curatives).

Le caractère peu infiltrant des sols motive la mise en œuvre de techniques « douces » permettant de ralentir les ruissellements et de favoriser l'infiltration des écoulements (système racinaire des haies, surfaces enherbées). Les techniques d'hydraulique douce amélioreront la situation par rapport à l'érosion des sols mais les ruissellements, bien que freinés et clarifiés, ne seront pas éliminés, notamment pour les événements exceptionnels (>Q50).

Dans ce sens, un stockage d'eau semble indispensable pour les événements pluvieux importants et les BV2 et BV3 ne disposent pas d'exutoires pouvant capter les eaux de ruissellement. De plus, le stockage est une technique lourde et la topographie du site ne permet pas la mise en place d'une zone de rétention.

Les différentes mesures réalisées doivent donc être conçues en sorte d'être complémentaires et cohérentes dans l'espace du bassin versant.

Dans un premier temps, les possibilités de ralentir le ruissellement sur les versants et dans les chemins d'eau préférentiels sont évaluées, pour les raisons suivantes :

- La mise en place de fascines, bandes enherbées, noues... favorise un écoulement plus diffus et ralenti de l'eau, limitant les destructions de cultures et réduisant l'érosion et l'appauvrissement des sols.
- La réduction du transfert de sédiments diminue également le volume de boue décanté dans les bassins de stockage, fossés et dessableurs et réduit les coûts d'entretien et de curage. L'obstruction des ouvrages limitants (buses, grilles) est atténuée.
- Les temps de transfert augmentent et les débits de pointe diminuent, ce qui constitue un aspect sécuritaire pour le dimensionnement des ouvrages de rétention.

Dans un second temps, la rétention des écoulements sera évaluée en fonction de la capacité de stockage sur site. Une comparaison sera effectuée selon les différentes périodes de retour.

4.1. MESURES PREVENTIVES : REDUCTION ET RALENTISSEMENT DU RUISSELLEMENT

4.1.1. ACTION PREVENTIVE EN AMONT DE VERSANT

L'une des premières actions à mettre en œuvre, a été discutée en réunion, suite au constat que des amorces de cheminements d'eau se développent dès l'amont des versants, dans les micro-vallons forestiers et sur une zone de prairie (« esplanade ») **depuis la piste des Forts vers les parcelles agricole :**

Pour briser l'énergie de ces premiers ruissellements qui aujourd'hui amorcent des sillons de ravinement dès l'amont des parcelles agricoles, nous préconisons les actions suivantes :

- Repérage des micro-vallons avec les agriculteurs et acteurs locaux ayant constaté ce phénomène ;
- Apport de blocs d'enrochement et remplissage des dépressions identifiées, pour briser la course de ces premiers ruissellements afin de rétablir une diffusion de l'eau plus homogène sur le versant.

4.1.2. ACTIONS AU NIVEAU DES PARCELLES AGRICOLES

Les aménagements de type fascines, haies, noues et bandes enherbées sont à promouvoir et planter prioritairement. En effet, les volumes de terre 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.

Les différents types d'ouvrages sont décrits ci-après :

Les haies : les haies sont déjà présentes sur les pentes du bassin versant étudié. Il est cependant conseillé de renforcer ce réseau de haies par des linéaires de plantations supplémentaires, d'une part en densifiant l'existant, d'autre part en créant de nouveaux linéaires notamment à l'aval du bassin versant n°2.

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... Elles constituent également une protection contre le vent, le soleil, le froid pour le bétail.

Les bandes enherbées : les bandes enherbées ont pour vocation de favoriser les dépôts de terre, de ralentir les écoulements, et de réduire les transferts de phytosanitaires et engrais issus du lessivage des parcelles vers l'aval.

En raison des fortes pentes du bassin versant étudié et des vitesses de ruissellement, les bandes enherbées n'ont un intérêt majeur que si elles sont placées dans les ruptures de pentes (en particulier en tête de bassin), dans les chemins d'eau (exemple : chemin d'exploitation drainant à enherber), ou en complément des fascines et des haies. Elles sont par ailleurs très utiles lorsqu'il s'agit d'enherber la fourrière située à l'aval des parcelles, afin de réduire les probabilités de formation de ruissellement concentré.

Par rapport aux aménagements cités précédemment, la bande enherbée a pour avantage de présenter moins de contraintes par rapport aux manœuvres des engins agricoles. Par contre, l'emprise foncière est beaucoup plus importante, car une bande enherbée doit a minima avoir une largeur de 6 mètres sur tout son linéaire. L'entretien d'une bande enherbée consiste à

faucher l'herbe une fois par an, et si nécessaire de densifier le système racinaire par des semences supplémentaires.

Les noues d'infiltration : Les noues s'apparentent à des fossés enherbés et dans notre cas pourront être mises en lieu et place des bandes enherbées. Elles sont plus larges qu'un fossé et moins profondes ($L = 4\text{m}$, $h = 0.8\text{m}$, valeurs indicatives). Aménagées parallèlement aux courbes de niveau, elles ont pour vocation de **collecter les ruissellements diffus des versants et de constituer un stockage temporaire avant infiltration**. Elles fonctionnent donc comme des mares tampons, mais avec un potentiel de captage du ruissellement plus large. Le débordement des noues doit être calibré en sorte d'orienter les flux dans la direction souhaitée. Ainsi, un réseau de noues aménagé de façon pertinente tel que proposé sur la figure suivante, peut diriger de façon contrôlée le ruissellement vers les secteurs d'épandage identifiés entre le pied de versant et la frange urbaine le long de la rue de Mundolsheim.

Les noues d'infiltration constituent des éléments forts du paysage, autant pour la richesse de la biodiversité que pour l'aspect esthétique. Leur entretien consiste à effectuer ponctuellement une fauche. L'emprise foncière est relativement importante, mais n'entrave pas le passage des engins sous réserve que ceux-ci ne modifient pas les fonctions hydrauliques de cet aménagement (collecte, infiltration, débordement).

La carte ci-dessous présente les emplacements repérés sur le secteur d'étude.



Fig. 21. PROPOSITION DE LOCALISATION DES HAIES ET NOUES

La proposition présentée sur cette carte regroupe au global un linéaire d'environ 400 mètres de haies dont une partie en renforcement de la végétation présente ainsi que 180 mètres de noues ou de bandes enherbées.

Tous les aménagements présentés ci-dessus peuvent être associés pour optimiser leur fonctionnement. **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.

4.2. MESURES CURATIVES : RETENTION ET ECURETLEMENT DES DEBITS

4.2.1. SCENARIO COMPLET DE MAITRISE DES RUISSELLEMENTS, PAR CREATIONS DE NOUES ET ZONE D'EPANDAGE

L'aménagement d'un bassin de rétention est une solution lourde, difficilement envisageable pour les raisons suivantes :

- les BV 2 et 3 ne disposent pas d'un exutoire clairement localisé ;
- la topographie de versant est contraignante et nécessiterait des emprises et des volumes de terrassement qui ne sont probablement pas à l'échelle des enjeux concernés.

Il est proposé dans ce cas **d'utiliser les noues comme zone de stockage des eaux de ruissellement**. En effet il est possible de gérer les noues comme des bassins de rétention naturelle qu'il faudra alors dimensionner avec un exutoire localisé et un débit de fuite fixé.

L'idée est d'agir sur les vitesses d'écoulement dans les noues. Pour cela, il est proposé d'implanter des micro-barrages ou redents permettant de limiter les débits dans les noues et créer des stockages de faible volume. En agissant sur le coefficient de rugosité des fossés, notamment par enherbement, il est possible de réduire le temps de transfert des flux. Les noues participent également à la clarification des eaux boueuses par décantation et nécessitent de ce fait un entretien régulier après chaque événement orageux.

Dans notre cas, il est proposé de mettre en place des noues le long du chemin à l'aval des BV2 et BV3, ces noues pouvant idéalement être bordées sur leur frange amont, de haies qui auront alors un rôle de filtre. Les noues ne doivent pas être trop profondes pour permettre le passage des véhicules agricoles mais suffisamment pour permettre un stockage efficace des écoulements. C'est pourquoi il est suggéré de mettre en place deux noues (cf carte figure 21), l'une permettant de collecter les ruissellements du BV2 et l'autre ceux du BV3. Le profil type de l'aménagement est schématisé sur la figure suivante :

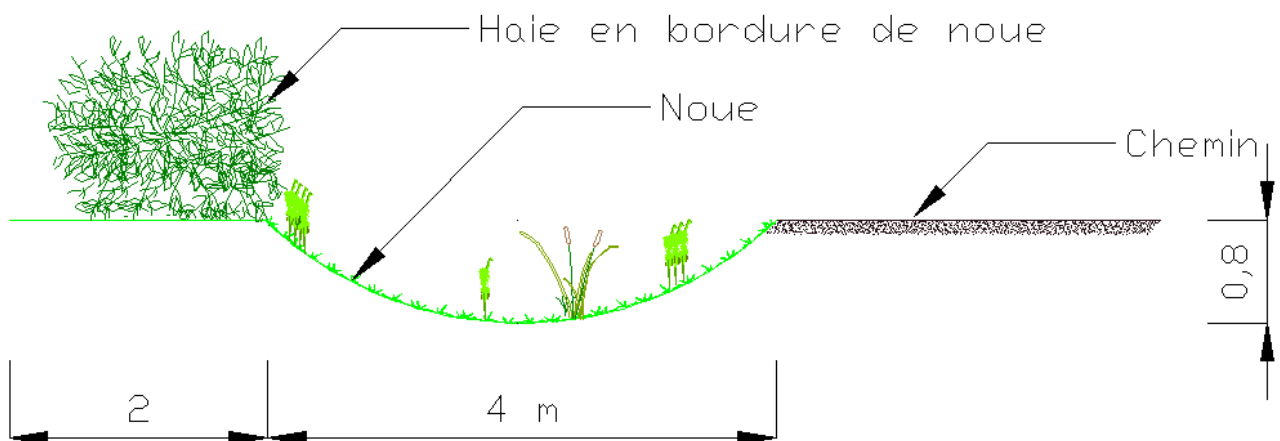


Fig. 22. PROFIL EN TRAVERS DES NOUES

Avec un linéaire de noue de 180 mètres (60 mètres pour le BV2 et 120 mètres pour le BV3) un tel aménagement possède une capacité de stockage potentiel de l'ordre de 360 m³ (120 sur le BV2 et 240 sur le BV3). Les volumes de stockage sont inférieurs aux volumes de crue mais permettent dans un premier temps l'écrêtement des pics de crue tout en empiétant de manière raisonnable sur les parcelles agricoles (une bande d'environ 6 mètres serait nécessaire en

bordure de chemin agricole). On peut également constater sur les figures suivantes représentant des esquisses de l'aménagement proposé, que l'intégration paysagère serait respectée.



Fig. 23. SCHEMA DE L'IMPLANTATION DE HAIES ET D'UNE NOUE A L'AVAL DU BASSIN VERSANT N°2



Fig. 24. SCHEMA DE L'IMPLANTATION DE HAIES ET D'UNE NOUE A L'AVAL DU BASSIN VERSANT N°3

Le but de cet aménagement étant d'écrêter le pic de débit, des simulations ont été effectuées pour chacune des périodes de retour. Ceci dans le but d'estimer quelle serait le débit de fuite des noeues permettant une sollicitation maximale du volume de stockage disponible. Le tableau

suivant présente ces résultats avec prise en compte d'un volume maximal de 120 m³ pour le BV2 et 240 m³ pour le BV3 :

Tabl. 4 - RESULTATS OBTENUS PAR SIMULATION DES ECRETEMENTS DE DEBIT

| Période de retour | Débit de fuite de la noue BV2 pour un stockage de 120 m ³ (L/s) | Débit de fuite de la noue BV3 pour un stockage de 200 m ³ (L/s) | Débites de fuite global du BV2 et du BV3 (L/s) |
|-------------------|--|--|--|
| 10 ans | 30 | 51 | 81 |
| 30 ans | 78 | 133 | 211 |
| 50 ans | 95 | 165 | 260 |
| 100 ans | 150 | 246 | 396 |

Bien entendu, un choix devra être fait quant au fonctionnement de ce dispositif qui sera optimisé par rapport au débit et au volume réellement disponible. Un orifice ou un seuil de surverse permettra de calibrer le débit de sortie maximale de l'ouvrage, et selon la période de retour associée, le volume de l'ouvrage est optimisé. Aussi pour un évènement pluvieux différent, l'aménagement ne sera pas sollicité de la même manière (risque de débordement ou sollicitation faible du volume potentiel).

Le graphe de la figure suivante présente un exemple de sollicitation des noues pour la période de retour 100 ans et calibré avec les débits du tableau ci-dessus.

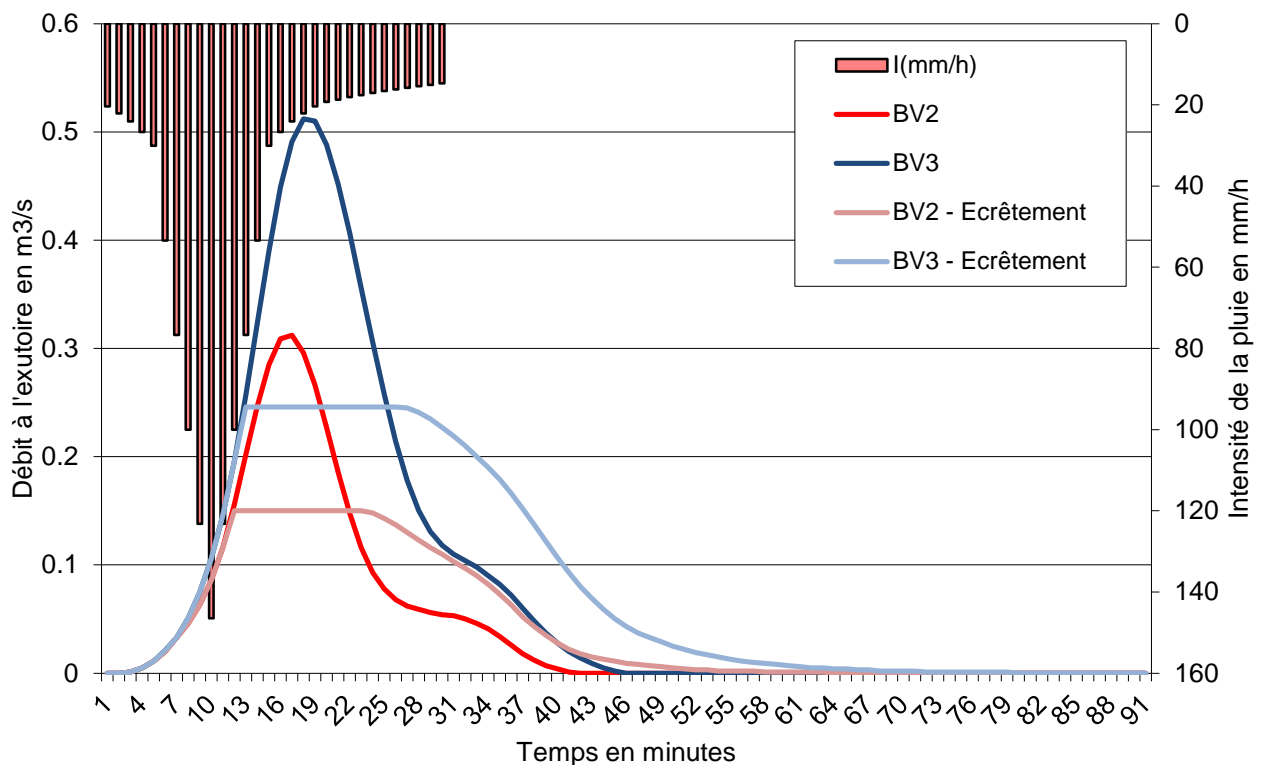


Fig. 25. SOLLICITATION DES NOUES POUR UN EVENEMENT D'OCCURRENCE CENTENNALE

Actuellement les eaux de ruissellement de ces versants finissent leur course dans la zone totalement à l'aval des versants, à l'arrière des habitations de la route de Mundolsheim. Il s'agit d'une zone d'épandage relativement plane où les eaux sont retenues avant de s'infiltrer dans le sol.

Dans la mesure où ces eaux stagnantes ne causent pas d'inondations et que cette zone d'épandage se trouve être une parcelle communale, il est proposé d'associer l'utilisation de cette parcelle avec la création des noues.

En effet, les noues permettent de diminuer les débits de pointe et de stocker partiellement le volume de crue. Pour l'excédent d'eau, il sera nécessaire de permettre son acheminement jusqu'à la zone d'épandage qui sera alors l'exutoire final des eaux générées sur le bassin versant agricole n°2 et n°3.

L'acheminement de ces eaux depuis le chemin jusqu'à la zone d'épandage s'effectue actuellement par un ruissellement naturel de surface mais le projet de lotissement coupe le chemin d'eau actuellement emprunté. Il est donc important que le projet de lotissement tienne compte de cet aspect et l'intègre dans sa conception pour conserver l'utilisation de la zone d'épandage.

Différentes solutions à examiner (avec le lotisseur) sont envisageables pour le transfert des eaux en excès vers cette zone :

- par un fossé à ciel ouvert de type noue traversant le lotissement ;
- par ruissellement sur la voirie à profiler en conséquence (les eaux en sortie des noues seront claires car les haies ainsi que les noues à l'amont permettront de filtrer puis de décanter les eaux chargées) ;
- en dernier recours, via une canalisation.

La carte suivante permet de localiser la zone d'épandage repérée ainsi que la position des noues proposée :

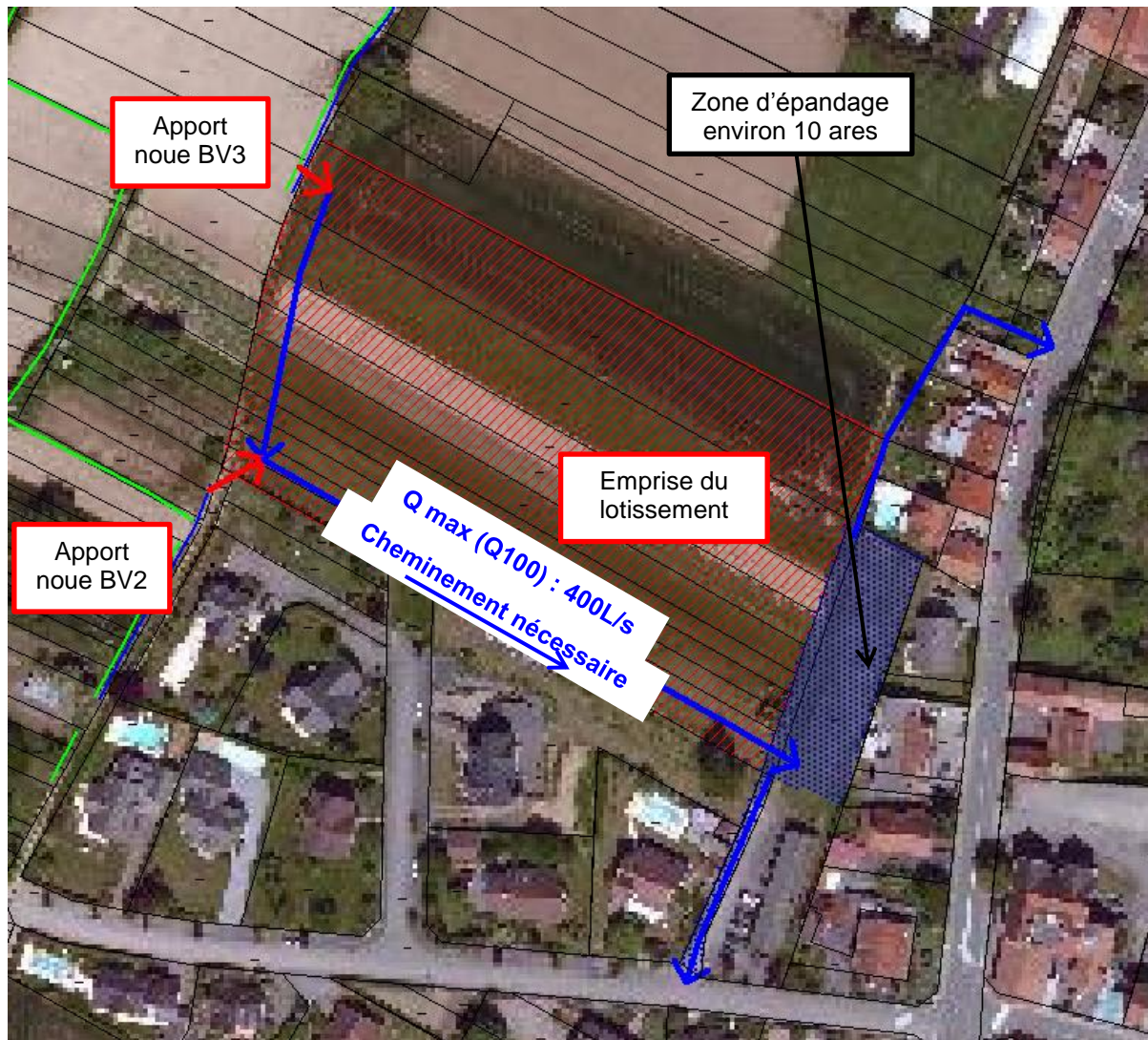


Fig. 26. *SOLLICITATION DES NOUES POUR UN EVENEMENT D'OCCURRENCE CENTENNALE*

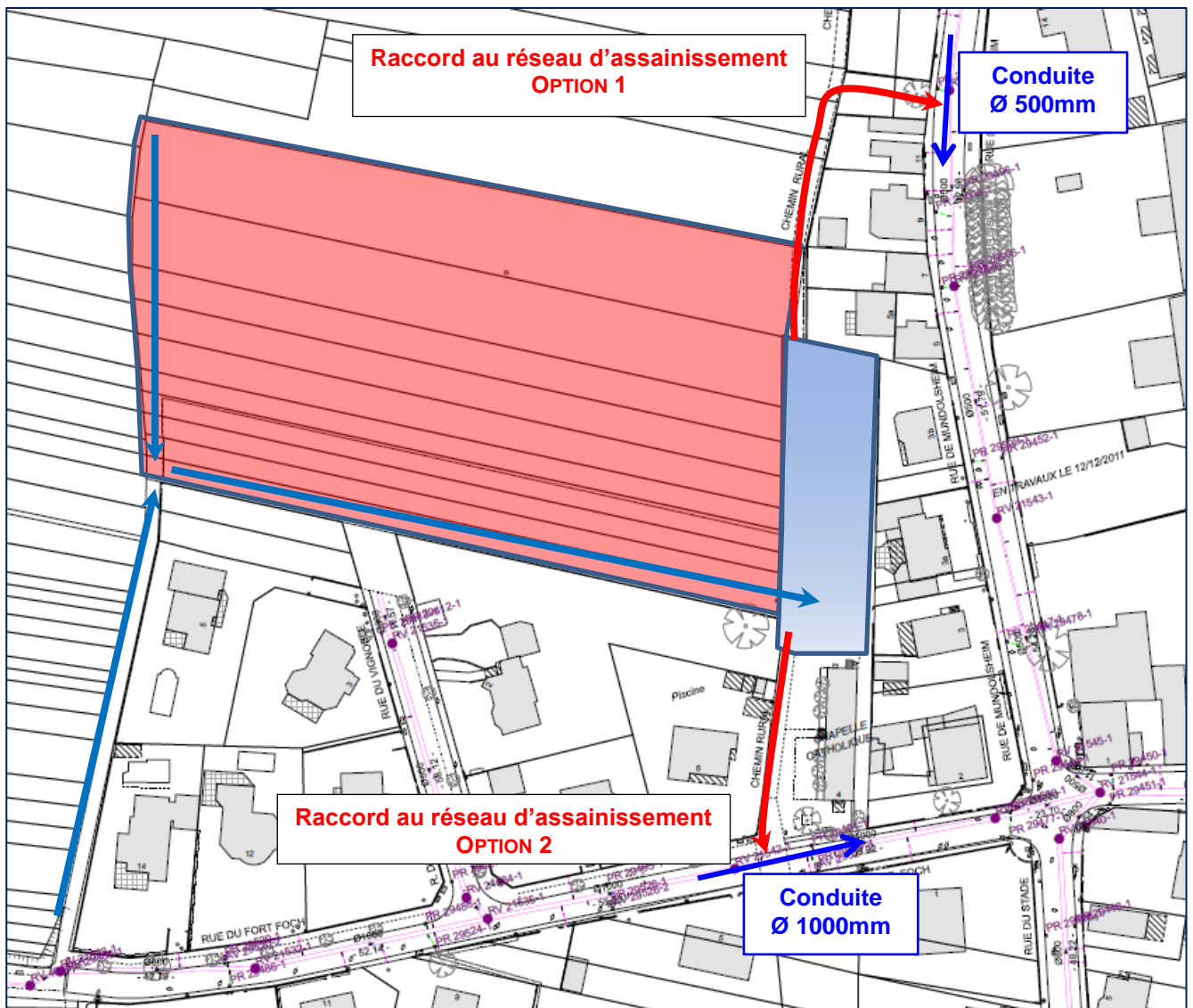


Fig. 27. BASSIN DE STOCKAGE DES EAUX EXCEDENTAIRES PROVENANT DES NOUES ET POSSIBILITE D'EVACUATION DES EAUX VERS LE RESEAU COMMUNAL POUR UN EVENEMENT D'OCCURRENCE CENTENNALE

La parcelle visée pour la zone d'épandage dispose d'une superficie d'environ 10 ares et la topographie du site, parfaitement plane, permet d'envisager un épandage / stockage significatif avant surverse vers le réseau d'assainissement, selon les 2 options suivantes :

- Soit par transfert le long du chemin agricole vers le noris, pour rejoindre une parcelle non urbanisée donnant sur la rue de Mundolsheim ;
- Soit par connexion au réseau de la rue du Fort.

On estime le volume de stockage nécessaire de l'ordre de 500 à 700 m³, pour réduire le débit de pointe de moitié, sans tenir compte du potentiel d'infiltration des sols. Pour obtenir ce volume, il faudrait idéalement envisager d'abaisser toute la surface de la parcelle de 50 à 70 cm.

On aurait donc un résiduel de 200 l/s à évacuer vers le réseau d'assainissement. **Sachant que l'on réduit de près de 100 l/s les apports du BV1 en déconnectant une part significative vers la zone forestière, on aurait donc un résiduel positif de 100 l/s à faire accepter par les services de la CUS, sur la base de l'événement centennal.**

4.2.2. SCENARIO ALTERNATIF, VISANT A SOLUTIONNER PRIORITAIREMENT LE PROBLEME ACTUEL DE PRESSION D'EAU SUR LES PROPRIETES RIVERAINES EN PIED DE VERSANT AGRICOLE.

Aujourd'hui, les principaux riverains impactés se situent en pied de bassin versant N°2 (entre la rue du Fort et la zone réservée pour un futur lotissement).

Suite aux dernières discussions en réunion du 10 juillet 2012, il a été demandé à ARTELIA d'envisager une solution de stockage/épandage visant essentiellement à protéger les riverains impactés par les derniers événements, **sans compter sur la zone d'épandage identifiée derrière la rue de la Chapelle.**

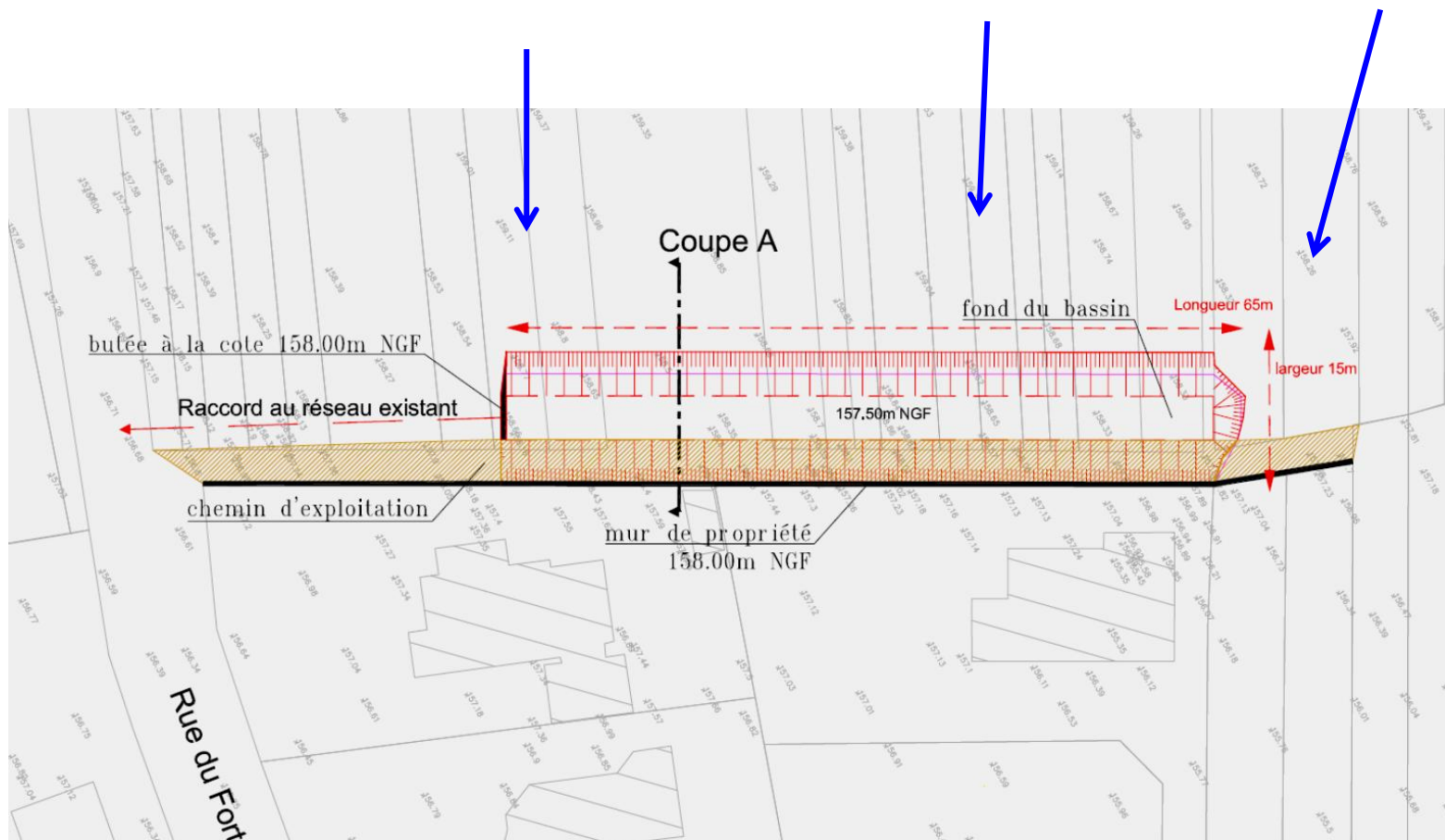
Michel Batt de la Chambre d'Agriculture propose la mise en place d'une zone d'épandage le long du chemin agricole qui surmonte les propriétés impactéesS.

Pour traiter ce problème localement, on considérera les apports du BV2, qui représentent une pointe de débit de 312 l/s pour un volume total de crue de 470 m³ (voir page 20).

Nos calculs d'écrêtement sous PLUTON, indiquent qu'il faut prévoir de stocker un volume de plus de 200 m³, pour réduire la pointe de crue à moins de 100 l/s.

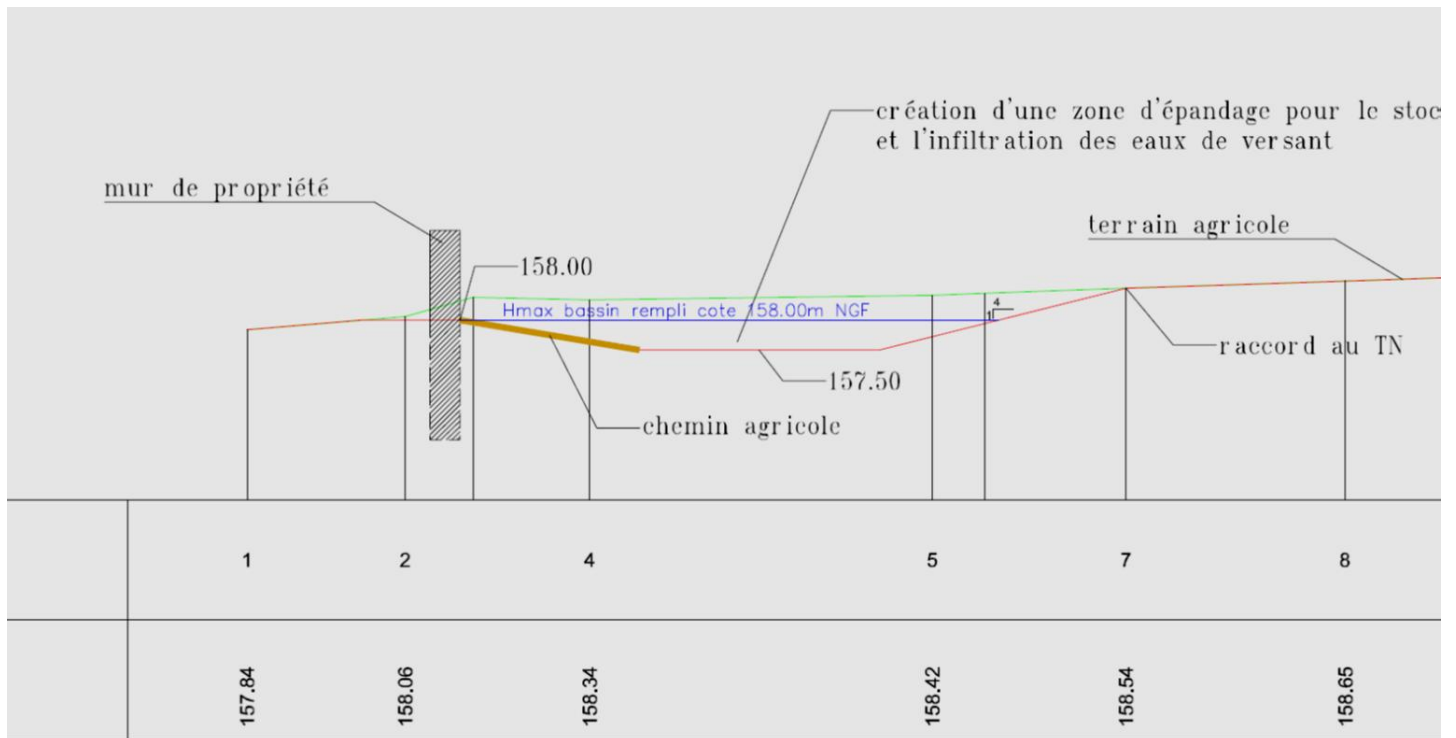
La recherche d'une solution optimale de stockage à l'appui du Modèle Numérique de Terrain mis à disposition par la CUS, aboutit à la proposition suivante :

RUISSELLEMENTS BV 2



L'emprise sur les parcelles privées (y compris le chemin agricole) serait de 15m sur une longueur de 65 m environ.

Partant du niveau moyen actuel, le chemin agricole sera profilé en léger dévers pour permettre son ressuyage rapide et garantir sa praticabilité (voir coupe page suivante)



Les plans complets sont reportés en annexe du présent rapport.

5. ESTIMATIF DES SOLUTIONS PROPOSEES

La partie qui suit présente quelques scénarii d'aménagement possibles ainsi qu'une estimation des coûts. Les montants indiqués devront être affinés au stade maîtrise d'œuvre, après réalisation de levés topographiques et du dimensionnement des noues.

Travaux permettant d'améliorer le captage des eaux par la grille à l'aval du BV1 :

- Création d'un dos d'âne à l'aval direct de la grille sur la chaussée,

Coût estimatif : 6 000 €

Gain : Permet de limiter le ruissellement sur la chaussée de la rue du fort Foch en améliorant le captage des eaux par la grille à l'aval du versant

Travaux de déviation d'une partie du ruissellement en tête de BV1 :

- Aménagement de la voirie en mettant en place des déflecteurs,

Coût estimatif : 5 000 €

Gain : Permet de réduire la superficie du versant dont l'exutoire est matérialisé par la grille d'entrée de la rue du fort.

Travaux préventif uniquement (mise en place de haies et bandes enherbées) :

- Plantations de haies (400 ml) sur le BV2 et BV3,
- Mise en place de bandes enherbées le long du chemin sur le BV2 et BV3 (200 ml).

Coût estimatif : 15 000 €

Gain : Permet essentiellement de filtrer les eaux boueuses et de ralentir les ruissellements, avec diminution légère des débits de pointe (non significatif pour des grands évènements orageux)

Travaux préventif et écrêtement/rétention par des noues :

- Plantations de haies (400 ml) sur le BV2 et BV2,
- Mise en place de noues d'infiltration permettant également la rétention et l'écrêtement des débits de pointes sur le BV2 (60 ml pour 120 m3),
- Mise en place de noues d'infiltration permettant également la rétention et l'écrêtement des débits de pointes sur le BV3 (120 ml pour 240 m3).

Coût estimatif : 25 000 €

Gain : Permet le ralentissement des ruissellements et la diminution contrôlée des débits de pointe, drainage des eaux et possibilité de gestion à l'aval (n'intègre ni les coûts d'acheminement des eaux vers la zone d'épandage ni les coûts d'entretien des noues)

Travaux d'aménagement de la zone d'épandage aval derrière la Chapelle :

- Création d'une dépression de 50 à 70 cm au niveau de la zone d'épandage,
- Réutilisation des matériaux pour créer des merlons de terre à l'aval,
- Liaison avec le réseau d'assainissement
- Remise en état du site (enherbement...)

Coût estimatif : 25 000 €

Gain : Améliore la rétention des eaux (augmentation du volume exploitable) et l'infiltration au niveau de la zone d'épandage. Sécurise la situation vis-à-vis des habitations à l'aval de la zone d'épandage.

Travaux d'aménagement d'une zone d'épandage aval BV2 :

- 230 m3 de volume utile
- 500 m3 de déblai à évacuer
- Liaison avec le réseau d'assainissement
- Décapage de la terre végétale et remise en état du site (enherbement...)

Coût estimatif : 18 000 €

Gain : Sécurise la situation actuelle des riverains impactés par les derniers événements climatiques

Les montants indiqués ci-dessus ne comprennent pas les frais d'enquêtes publiques et des frais d'acquisition foncière.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le bassin versant étudié dans le présent rapport présente de nombreuses contraintes : sols peu perméables, surfaces cultivées importantes, fortes pentes, exutoire non localisé, peu de possibilité de rétention.

Le diagnostic a permis de confirmer les points suivants :

- Les ruissellements sur le BV1 sont drainés par le chemin menant au fort Foch et le point d'entrée dans le réseau est matérialisé par une grille à l'aval du versant. Cet exutoire est suffisamment dimensionné pour évacuer le débit. La grille peut être un facteur limitant, mais du fait des derniers aménagements de voirie et des fossés créés, les eaux en excès seront peu chargées et rejoindront le réseau à l'aval de la grille principale, via les avaloirs de la rue du Fort (ceux-ci avait été colmatés rapidement par la charge solide en 2008, un tel phénomène ne devant plus se produire aujourd'hui).
- Concernant les BV 2 et BV 3, il n'y pas d'exutoire clairement matérialisé. Les écoulements sont générés dans le sens de la pente et atteignent perpendiculairement le chemin agricole à l'aval des versants. Le potentiel d'érosion des sols est élevé du fait de la pente et les débits de pointe obtenus par modélisation hydrologique des versants confirment la vulnérabilité des premières habitations impactées lors d'évènements orageux de forte occurrence. Il est nécessaire d'intervenir sur ces versants en mettant en place des techniques douces mais cela ne sera pas suffisant et un stockage des eaux semble inévitable.

Les observations effectuées sur le terrain ont permis d'identifier plusieurs solutions potentielles d'aménagement afin d'intervenir à la fois sur le ruissellement et la filtration des eaux boueuses mais aussi sur leur stockage temporaire en noues et au niveau de la zone d'épandage localisée. Les différents aménagements proposés dans le rapport sont en partie modulables et se doivent d'être complémentaires.

L'ensemble des aménagements envisagés devra faire l'objet d'études complémentaires (dimensionnement hydraulique des zones de stockage par les noues) au stade maîtrise d'œuvre pour réévaluer les emplacements de stockage (capacité volumique, profil des fossés...).

oOo

ANNEXE

**PLAN D'IMPLANTATION D'UNE ZONE D'EPANDAGE EN PIED
DE VERSANT (BV N°2)**



Maitre d'ouvrage
Département : 67
Commune de Niederhausbergen

Maitre d'oeuvre
AGENCE DE STRASBOURG - Espace Européen de l'Entreprise
15 Avenue de l'Europe - 67 300 SCHILTIGHEIM
TEL: 03 88 04 00 00 - FAX: 03 88 56 90 20 E-mail: strasbourg-s@artellagroup.com

Lutte contre les coulées d'eaux boueuses

Localisation de l'aménagement

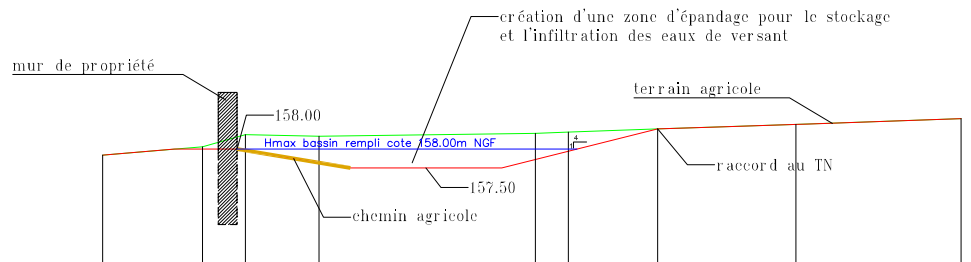
| | | | | | | |
|------------|-----------|---------------------|---------------------|---------|--------|--------|
| N° Affaire | 4 63 1661 | Etabli par : MHP | Vérifié par : PES | N° Plan | Indice | Format |
| Phase | AVP | Date : Juillet 2012 | Date : Juillet 2012 | A | A | A3 |
| Echelle | 1/500 | | | | | |

Profil n°: Coupe A

Echelle en X : 1/20

Echelle en Y : 1/20

PC : 155.00 m



| | | | | | | | |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Numéros des points TN | 1 | 2 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 |
| Altitudes TN | 157.84 | 158.06 | 158.34 | 158.42 | 158.54 | 158.65 | 158.80 |
| Distances cumulées TN | 0.000 | 2.644 | 5.724 | 11.446 | 14.681 | 18.344 | 22.709 |
| Distances partielles TN | | 2.644 | 3.080 | 5.722 | 3.235 | 3.663 | 4.365 |
| Altitudes Projet | 157.84 | 158.00 | 157.50 | 157.50 | 158.54 | 158.65 | 158.80 |
| Distances cumulées Projet | 0.000 | 3.556 | 6.556 | 10.556 | 14.681 | 18.344 | 22.709 |
| Distances partielles Projet | | 3.556 | 3.000 | 4.000 | 4.126 | 3.663 | 4.365 |