

**Mention Géographie Environnementale**  
**Spécialité : Observation de la Terre et Géomatique**  
**Mémoire de Master 2**

**Suivi et analyse du fonctionnement des fascines dans le Bas-Rhin**



**Guillaume VALENTIN**  
**Juin 2011**

- Structure d'accueil :** Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg (LHyGeS),  
1, quai Koch F-67000 Strasbourg
- Maître de stage :** Florence LE BER  
Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement (ENGEES)  
1, quai Koch F-67000 Strasbourg
- Co-maître de stage :** Anne-Véronique AUZET  
Laboratoire d'hydrologie et de Géochimie de Strasbourg (LHyGeS),  
3, rue de l'Argonne F-67000 Strasbourg
- Tuteur universitaire :** Anne PUISSANT  
Laboratoire Image, Ville, Environnement ERL 7230 CNRS-Uds  
3, rue de l'Argonne F-67000 Strasbourg

## Remerciements

---

*Je remercie Florence Le Ber et Anne-Véronique Auzet pour leur suivi et leur soutien durant ce stage. Franck Huffschmitt du Conseil Général et Michel Batt de la Chambre d'Agriculture pour le partage de leurs connaissances qui m'ont permis de mener à bien ce stage.*

*Carine Heitz, Paul Van Dijk et Sylvain Payraudeau pour les sources de données indispensables à ce stage.*

*Les six autres stagiaires Géraldine, Juliette, Julien, Mathieu, Thomas et Thibault ainsi que Youssef, doctorant pour leur convivialité.*

*Les membres et autres stagiaires de Gerihco sans lesquels ce stage n'aurait pas existé.*

*Je remercie également Anne Puissant qui a accepté d'être la responsable universitaire de ce stage ainsi que les professeurs de l'Université L. Pasteur de Strasbourg pour les enseignements dispensés durant ce master.*

## Table des matières :

---

<b>Remerciements .....</b>	<b>2</b>
<b>Liste des abréviations et sigles .....</b>	<b>64</b>
<b>Introduction .....</b>	<b>5</b>
<b>Partie I : Etat de l'art.....</b>	<b>7</b>
1.1) L'érosion et les phénomènes de coulées d'eaux boueuses.....	8
1.2) Les origines de l'érosion.....	8
1.3) Les orages de printemps, élément déclencheur.....	9
1.4) Moyens de lutte .....	11
1.4.1) Adapter les techniques culturales .....	12
1.4.2) Les aménagements d'hydraulique douce.....	13
1.5) L'implantation des fascines.....	16
1.6) Objectifs de l'étude .....	18
1.6.1) Etudes déjà menées.....	18
1.6.2) Les fascines du Bas-Rhin .....	19
1.6.3) Questionnements actuels.....	19
1.6.4) Détails de l'étude.....	20
<b>Partie II : Matériel et méthode.....</b>	<b>21</b>
2.1) La zone d'étude.....	22
2.2) Données disponibles .....	25
2.2.1) La base de données .....	25
2.2.2) Les données SIG.....	25
2.3) La collecte des données .....	26
2.3.2) Les données calculées.....	30
2.4) La cartographie des fascines .....	31
2.5) L'analyse de données .....	32
2.5.1) Analyse factorielle.....	32

2.5.1.1) Principes et types d'analyses factorielles.....	32
2.5.1.2) Plusieurs modes d'analyse .....	33
2.5.1.3) Analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM) .....	33
2.6) Classification automatique .....	34
2.7) Arbres de décision.....	35
2.8) Présentation des logiciels .....	37
<b>Partie III : Résultats .....</b>	<b>38</b>
3.1) La base de données.....	39
3.2) La cartographie .....	40
3.3) Les analyses de données.....	41
3.4) L'arbre de décision.....	50
<b>Partie IV : Interprétations et discussions .....</b>	<b>53</b>
4.1) La base de données.....	54
4.2) Les relevés de terrain .....	54
4.3) Les calculs effectués sous SIG .....	55
4.4) Les analyses de données.....	56
4.5) L'arbre de décision.....	57
<b>Conclusion .....</b>	<b>59</b>
<b>Perspectives.....</b>	<b>61</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>62</b>
<b>Sitographie.....</b>	<b>63</b>
<b>Table des figures .....</b>	<b>65</b>
<b>Table des tableaux .....</b>	<b>66</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>67</b>

## Introduction

---

Le risque naturel « coulées d'eaux boueuses » est connu de longue date dans les régions du Nord de la France et notamment en Alsace, région fortement touchée par ces phénomènes dégradant la qualité des sols. Ces coulées d'eaux boueuses sont dues à des précipitations sur des champs nus, sans couvert végétal. Le sol n'est pas protégé et l'érosion ainsi que le ruissellement de l'eau de pluie agissent, entraînant les sédiments.

Les coulées d'eaux boueuses provoquent également de gros dommages dans les habitations touchées ; dommages tant physiques au niveau des biens matériels (ces dommages font souvent l'objet de demande d'indemnisation au titre de catastrophes naturelles) que moraux pour les habitants ayant subi ces phénomènes. En effet, les habitants sont vraiment marqués par des coulées d'eaux boueuses envahissant leurs habitations. La vulnérabilité à ces phénomènes entraîne de fortes tensions entre les habitants, les élus locaux et les agriculteurs. Les habitants ont tendance à tenir les agriculteurs pour responsables. Malgré tout, les villages s'agrandissent et de nouveaux quartiers sont construits sur les zones exposées au risque. L'extension des périphéries des villages menacés est bel est bien problématique car elle coïncide avec l'augmentation des déclarations de catastrophes naturelles de type « coulées d'eaux boueuses ». De ce fait, ces dernières années, les coulées d'eaux boueuses se sont multipliées et touchent de plus en plus de zones urbanisées ; ce qui a provoqué une prise de conscience des risques chez les personnes concernées. De nombreux acteurs ont décidé de s'investir pour lutter contre ces phénomènes.

Cependant, il existe plusieurs moyens de lutte contre les coulées d'eaux boueuses. Des moyens préventifs impliquant surtout les techniques agricoles et l'organisation des surfaces agricoles et des moyens curatifs consistant en l'implantation d'ouvrages hydrauliques sur les parcelles. Les fascines, micro-ouvrages de bois tressés mis en place en travers des zones de ruissellement font partie de ces moyens curatifs et sont l'objet de cette étude.

Une série de cent-huit fascines ont été posées dans le Bas-Rhin entre 2008 et 2011 sur vingt et unes communes. Lors de la réunion précédant le début de cette étude, un constat est ressorti : il est important d'évaluer la pertinence des fascines déjà posées avant de poursuivre les campagnes d'implantation.

Le but de ce stage a été de recenser l'intégralité des fascines afin de constituer un ensemble de données permettant une analyse rétrospective de l'efficacité et de la pertinence de cet

aménagement. Cette analyse permettra ou outre de produire des règles de décision modélisant les critères les mieux adaptés (ou non) pour la mise en place des futures fascines Pour cela des relevés de terrain ont été effectués et les outils informatiques adéquats ont été exploités.

On s'intéressera en particulier aux paramètres suivants : pentes, tailles des bassins versants, autres aménagements présent, sédiments retenus, ...

Ce mémoire s'organise en quatre parties. La première partie est une approche bibliographie sur le sujet, présentant le contexte. La deuxième présente la méthodologie et matériel employés durant ce stage. La troisième présente les résultats obtenus. La quatrième, enfin, contient l'interprétation des résultats et les discussions associées.

# Partie I : Etat de l'art

---

## 1.1) L'érosion et les phénomènes de coulées d'eaux boueuses

En France, l'érosion est un problème majeur. Traditionnellement, les régions les plus touchées possèdent sont sujettes aux fortes précipitations et possèdent des sols peu résistants et mal protégés par un couvert végétal. Ce sont notamment les coteaux du sud-ouest de la France (Auzet, 1990). Depuis les années 1980, on constate que plusieurs régions de grandes cultures sont aussi fortement touchées. C'est le cas des zones de collines limoneuses d'Alsace qui sont des régions de grandes cultures.

Les facteurs de l'érosion sont le climat, la topographie, les caractéristiques du sol, les cultures en place et les techniques agricoles employées. Lors d'épisodes pluvieux (cours et intenses ou long et peu intenses), les gouttes de pluies qui s'abattent et le ruissellement qui en résulte provoquent un arrachement et un transfert des sédiments vers l'aval et creusent des ravines. Ces phénomènes peuvent générer des coulées d'eaux boueuses lorsque l'eau entraîne une grande quantité de sédiments sans réels obstacles pour la freiner. Ces coulées peuvent être dévastatrices pour les cultures, mais surtout pour les zones urbanisées situées en aval.

## 1.2) Les origines de l'érosion

En Alsace, les obstacles au ruissellement ont progressivement été supprimés et l'homogénéisation des surfaces agricoles a pris le pas sur un sol agricole diversifié. Les haies, talus et chemins enherbés ont été supprimés pour faciliter les manœuvres des engins agricoles et maximiser les surfaces exploitables. Ces changements ont un impact sur les transferts superficiels (ruissellement, matières en suspension) parce qu'ils limitent les possibilités d'infiltration et modifient fortement les conditions de circulation du ruissellement à la surface du sol, en amont des cours d'eau et/ou des réseaux de collecte des eaux pluviales, ainsi que dans les zones urbanisées (Auzet *et al.*, 2005). La dégradation de la structure des sols sous l'effet des pluies lorsqu'ils sont nus ou peu couverts réduit fortement l'infiltration (Auzet *et al.*, 2005). L'insuffisance du réseau de collecte des eaux pluviales provenant des terres cultivées et des surfaces macadamisées favorise le ruissellement. On constate également une augmentation de la taille et du poids des matériels provoquant une dégradation de la structure du sol notamment en période de récolte en conditions humides.



### 1.3) Les orages de printemps, élément déclencheur

Les violents orages de printemps (cf. fig. 1) constituent l'élément déclencheur des coulées d'eaux boueuses. Ils produisent de fortes précipitations sur un sol limoneux présentant des champs labourés et ensemencés qui sont laissés nus sans couvert végétal (ou presque sans). L'action dégradante des gouttes de pluie provoque la formation d'une croûte superficielle dite de « battance ». Les sols limoneux sont très sensibles à la battance (Le Bissonais *et al.*, 2002). Lorsqu'un orage s'abat sur une telle surface, presque toute l'eau ruisselle, entraînant au passage des particules de sol, lui conférant un caractère boueux (Evrard, 2006). C'est ce que l'on appelle une coulée d'eau boueuse. Il est donc important de protéger les sols contre l'impact des gouttes de pluies (Auzet, 1990 ; Boiffin, 1984). Le phénomène « coulées d'eaux boueuses » doit être compris comme étant un écoulement chargé en sédiments, provenant des surfaces agricoles et entraînant des particules de sol vers les habitations situées en aval (Le Bissonais *et al.*, 2002). Comme le montre la figure 2, les coulées d'eaux boueuses surviennent principalement au printemps, en Alsace, période sujette aux orages violents. La figure 3 présente le nombre de coulées d'eaux boueuses par régions du Bas-Rhin entre 1985 et 2004.

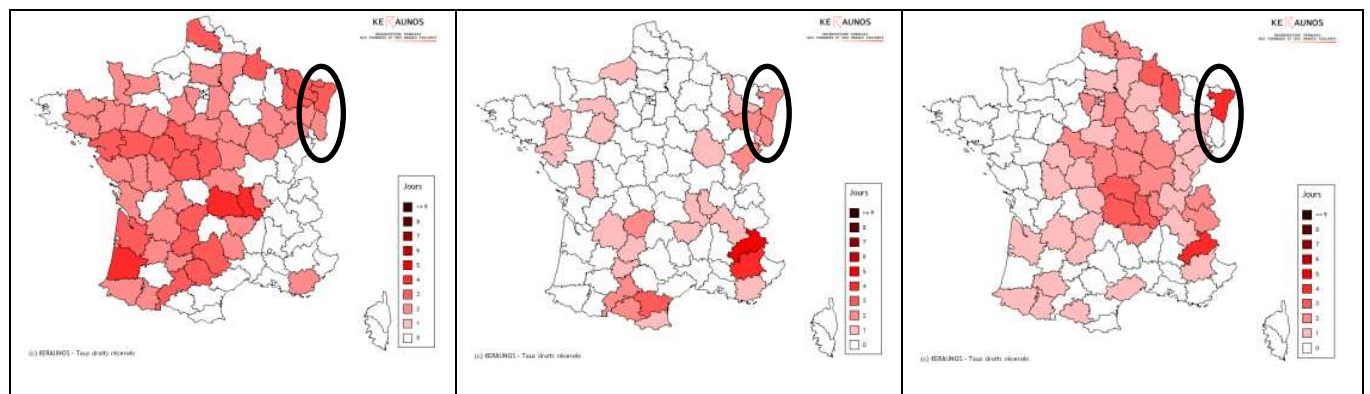


Figure 1 : Cartes des orages forts Mai, Juin, Juillet 2009, Source : Keraunos

2009 : année particulière : mettre des données moyenne,

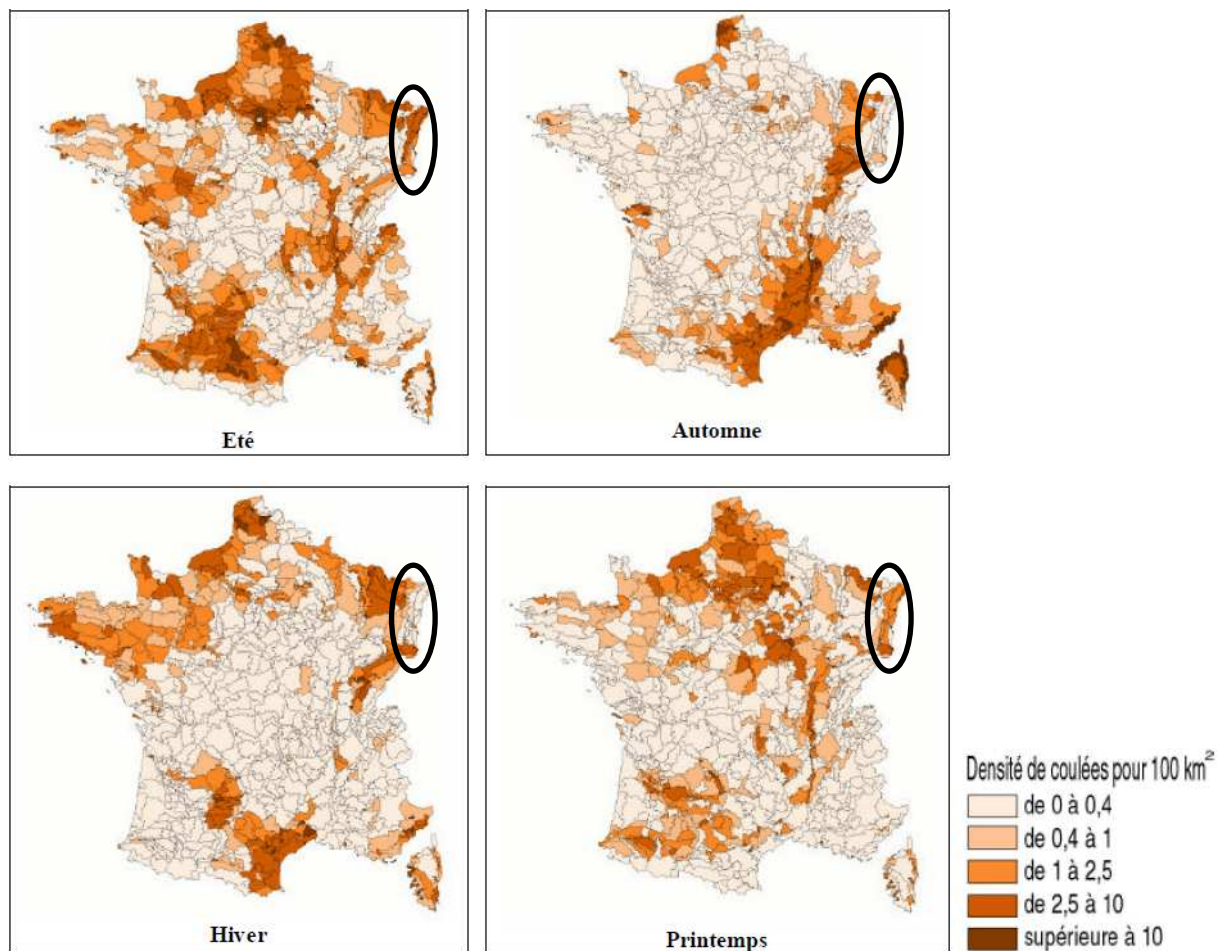


Figure 2 : Distribution saisonnière des coulées d'eau boueuse, Source : base des coulées boueuse, Cartographie : INRA Orléans, Kaléidos, Le Bissonnais et al., 2002

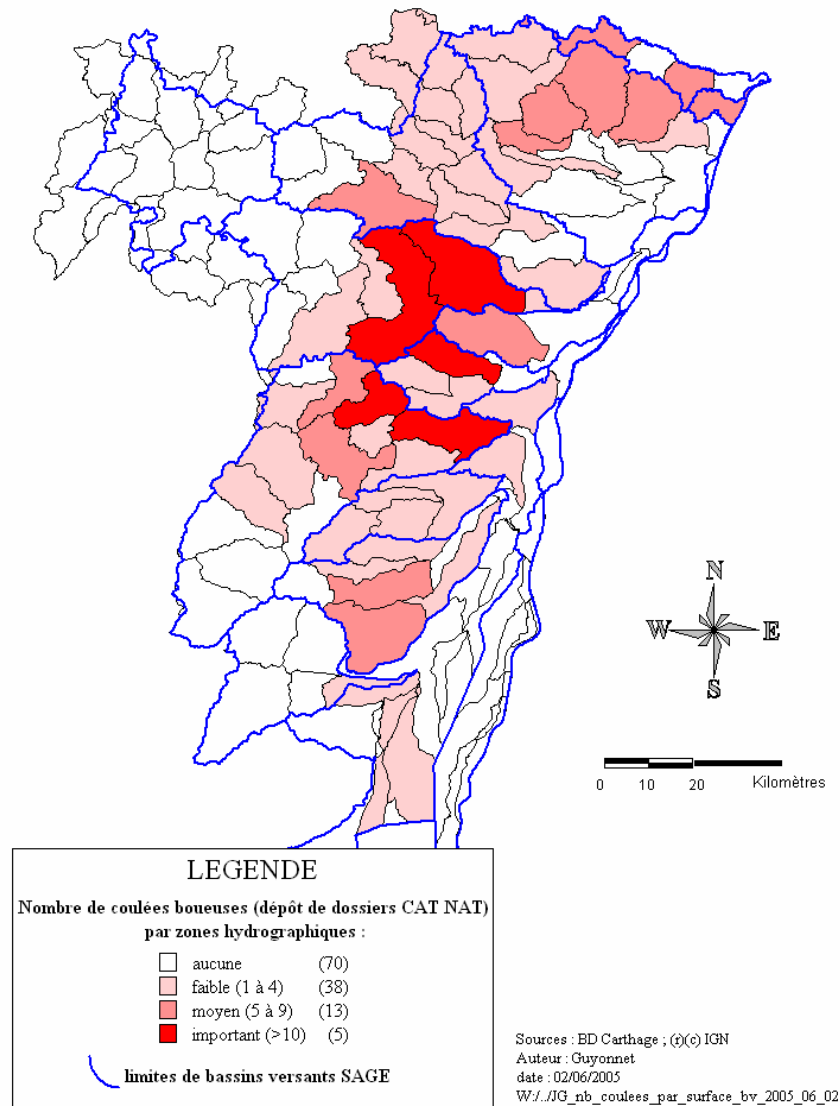


Figure 3 : Répartition des coulées de boue associées à l'érosion des sols (1985-2004) par zones hydrographiques de la BD Carthage, Auzet et al., 2005

#### 1.4) Moyens de lutte

La lutte contre les coulées d'eaux boueuses repose sur quatre principes (Auzet et al., 1990) :

- Limiter la production de ruissellement dans les zones émettrices
- Limiter la concentration du ruissellement dans les zones à risque d'incision
- Augmenter la résistance à l'arrachement dans les zones source de sédiments

- Protéger les zones où les inondations et les dépôts intempestifs provoqueraient des dégâts importants

Il existe plusieurs solutions de lutte contre l'érosion et le ruissellement. Ces solutions consistent à adapter les techniques culturales pour jouer sur les couverts végétaux et implanter des aménagements d'hydraulique douce sur les parcelles agricoles pour limiter les transferts. Pour lutter efficacement contre les coulées d'eaux boueuses, il faut adopter une combinaison de ces solutions.

#### **1.4.1) Adapter les techniques culturales**

La prise de conscience débutée en 2003 après de violentes coulées d'eaux boueuses ayant frappé plusieurs communes au printemps, a amené une réflexion sur les pratiques culturales en elles-mêmes. En effet, une adaptation de celles-ci peut prévenir ces coulées en limitant l'érosion et le ruissellement dans les parcelles agricoles. Plusieurs communes ont mis en place un assolement concerté des cultures entre les agriculteurs, souvent par arrêté municipal. Les territoires d'exploitation sont différents des territoires des bassins versants. Les agriculteurs travaillent selon le terrain de leurs exploitations. L'assolement concerté permet de raisonner d'avantage en termes de territoire de bassins versants. Les agriculteurs se concertent pour décider de la répartition des cultures au lieu de le choisir individuellement. Cela permet d'obtenir une plus grande diversité des couverts en alternant les cultures de printemps et d'hiver. Ainsi les chemins d'eau créés par le ruissellement traverseront obligatoirement des parcelles présentant un couvert végétal assez développé pour freiner leur vitesse et favoriser le dépôt de sédiments.

Les agriculteurs essayent d'alterner au possible les cultures semées. Le maïs est le plus rémunérateur mais les parcelles en maïs sont parmi les plus sensibles à l'érosion au printemps (faible couvert végétal) et occupent des surfaces très étendues : plus de deux tiers de la SAU (Surface Agricole Utile) dans les BV (Bassins Versants). Les cultures sont, en général, orientées perpendiculairement à la pente pour freiner le ruissellement. Les nouvelles techniques de labour, utilisant du matériel de plus en plus performant (avec des socs creusant des sillons moins profonds), travaillent la terre jusqu'à la rendre extrêmement fine, ce qui la rend très sensible à l'érosion. Depuis quelques années, des TCSL (Techniques de Cultures Sans Labour) sont expérimentées et progressivement mises en place dans le Bas-Rhin. Celles-ci sont divisées en deux types. La substitution de la charrue par un autre outil qui permet un travail du sol sur une faible profondeur

(<15cm) et le semis direct qui supprime tout autre opération que le semis et la récolte (Armand, 2009) (cf. fig. 4). Ces techniques permettent de conserver une structure du sol plus résistante.



Figure 4 : Exemple de champ en TCSL, Bas-Rhin, cliché : Valentin, 2011

Si ces techniques présentent de nombreux avantages, elles ont aussi des inconvénients. Le premier est financier ; les nouvelles techniques culturales préconisées nécessitent l'utilisation de nouveaux matériels coûteux que les agriculteurs ne possèdent pas forcément. Cependant, le Conseil Général propose la location de ce matériel afin d'aider les agriculteurs. Le deuxième inconvénient concerne les pratiques agricoles en elles-mêmes. En effet les agriculteurs pratiquent depuis très longtemps le labour du sol et ont développé une grande expérience professionnelle à ce sujet. Il est donc compréhensible qu'ils soient réticents lorsqu'il faut changer leurs pratiques et habitudes de travail. De plus, revenir à des pratiques sans labour leur semble être un retour en arrière important car ces pratiques avaient depuis longtemps été abandonnées.

#### **1.4.2) Les aménagements d'hydraulique douce**

Les aménagements hydrauliques sont inter-parcellaires ou intra-parcellaires. Il existe de nombreux aménagements d'hydraulique douce (Auzet, 1990). Ici nous allons nous intéresser aux principaux. Le but de ces ouvrages est de laminier l'onde de crue, ce qui correspond soit à réduire du débit de pointe de l'hydrogramme de la crue (Bennis, 2007) soit à collecter les eaux en aval tout en piégeant les sédiments (Ludwig, 2009).

- Haies : Implantées perpendiculairement à la pente, elles permettent de freiner le ruissellement tout en retenant les sédiments transportés. Le dépôt en amont du talus de terres érodées provoque la formation progressive d'une couche de sol perméable, riche en matière organique. Celle-ci contribue au maintien de la qualité de l'eau en filtrant une partie des produits phytosanitaires (Chambre d'Agriculture, 2007).
- Talus : Ils bloquent les écoulements et retiennent les sédiments tout en réduisant les pentes. Ils permettent ainsi de dévier les chemins d'eaux. Les talus peuvent être associés à un fossé ou une haie (plantée au dessus) pour augmenter leur efficacité.
- Fossés : Ils permettent également de gérer les écoulements et de les diriger sans dommages. Cette fois ci l'ouvrage est creusé dans le sol.



Figure 5 : Haie sur talus avec fossé, Seine-Maritime, cliché : Armand, 2004

- Fascines<sup>1</sup> : Ces sont des ouvrages de bois tressé. Les fascines sont l'objet de cette étude. Elles permettent, comme les haies, de freiner le ruissellement tout en provoquant la sédimentation de la terre en piégeant les sables et limons transportés (cf. fig. 7). Les fascines permettent de limiter l'érosion sur plusieurs centaines de mètres en aval en diminuant la vitesse de l'eau.

---

<sup>1</sup> La fascine est une petite diguette végétale constituée de deux rangées de pieux entre lesquels des fagots de bois sont empilés (Rey, 2007).

- Bandes enherbées : Aménagement hydraulique particulier. Elles consistent à utiliser une partie des parcelles agricoles pour freiner le ruissellement. Des bandes entières sont laissées enherbées présentant un couvert végétal important permettant de freiner le ruissellement et de limiter les transferts de sédiments.
- Miscanthus : Roseau de Chine. Il s'agit d'en planter une zone, qui agit de la même manière qu'une bande enherbée et produit en plus de la biomasse. Le miscanthus est encore au stade d'expérimentations dans le Bas-Rhin. A terme, l'objectif est de remplacer certaines fascines par des parcelles de miscanthus.
- Bassins d'orage : Ils permettent d'écrêter les crues en recueillant les eaux de ruissellement et soulager les réseaux d'assainissement. Ce sont des aménagements lourds assurant une retenue importante. Ils sont généralement placés près de l'exutoire du bassin versant concerné pour protéger les zones urbanisées directement en aval. Le Bas-Rhin connaît actuellement un développement des bassins d'orages.

Les ouvrages légers (fascines, haies, talus) peuvent être placés en milieu de parcelle ou en bordure aval, au bord de chemins ou de routes et au bord d'habitations ; dans les zones de concentration du ruissellement.

Outre le coût financier nécessaire à leur mise en place, ces aménagements présentent certains inconvénients. Les zones habitées en aval sont menacées si l'ouvrage cède ou déborde. Il est donc important d'entretenir régulièrement ces ouvrages et d'enlever les sédiments qui ont pu s'y accumuler. Les bassins d'orages sont très coûteux et sont placés à proximité des habitations. Cela bloque l'extension urbaine en occupant de grandes zones qui pourraient être bâties. Les bassins d'orages sont également très coûteux à entretenir. Les aménagements légers doivent souvent être placés sur des parcelles agricoles, ce qui représente une perte de rendement et une gêne pour le travail des agriculteurs ; les ouvrages placés en dehors des parcelles représentent également une gêne. L'implantation de ces ouvrages se fait donc en négociation avec les exploitants. Le Conseil Général et la Chambre d'Agriculture ont proposé une alternative aux bassins d'orages très coûteux. Elle consiste notamment à implanter des fascines sur les parcelles agricoles.

La figure 6 présente un projet de mesures de lutte combinant un assolement concerté à des ouvrages d'hydraulique douce.

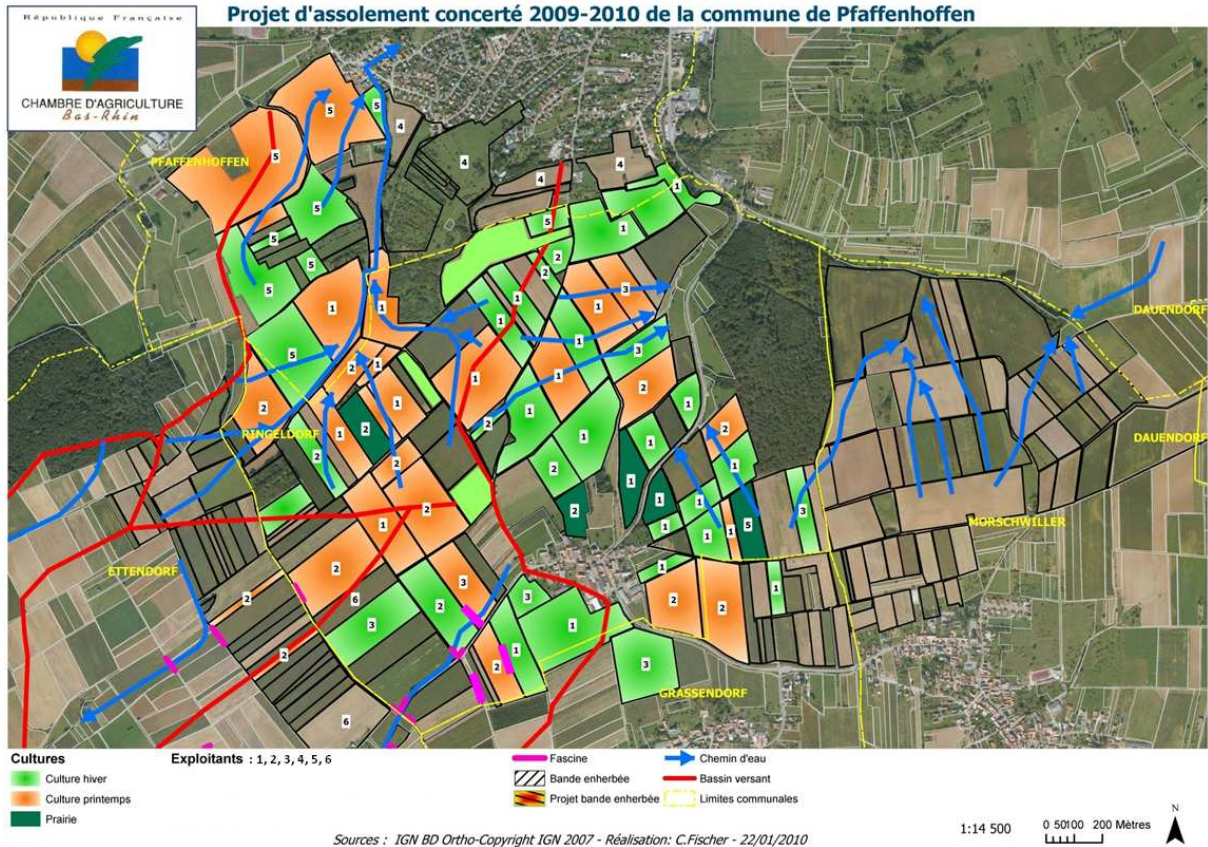


Figure 6 : Projet de mesures de lutte pour la commune de Pfaffenhoffen (Bas-Rhin), Source : M. Batt, Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin

## 1.5) L'implantation des fascines

Historiquement, les fascines sont une technique de génie végétal (ou ingénierie écologique), qui trouve son utilité surtout dans la restauration des cours d'eau, notamment pour la consolidation des berges lors des travaux de canalisation des cours d'eau conduits par Vauban. La littérature fait état de fascines qui ont servi au ralentissement dynamique des cours d'eau, dès le XVII<sup>ème</sup> siècle, surtout en milieu torrentiel (Labonne *et al.*, 2007). Elles sont présentes en Haute-Normandie, Alsace, Picardie (Somme), Nord-Pas de Calais, Belgique (Sint-Truiden). Les fascines d'Alsace ont une hauteur comprise entre 30 et 100cm, une largeur comprise entre 30 et 40cm et une longueur allant de 20 à 150m. Leur coût est de 70-80€ par mètre. Il en existe deux types (cf. fig. 7) :



- Fascines : Bois tressé fait à partir de branchages récupérés. Elles sont construites avec des fagots et des pieux inertes et nécessitent un entretien par rembourrage, les fagots ayant une durée de vie de 2 à 4 ans.
- Fascines vivantes : Fascines avec boutures ou plants arbustifs juste en aval de la fascine (principalement du saule). Elles sont composées de branches qui prennent facilement racine au contact de la terre et deviennent des haies à terme. Elles représentent un léger surcoût (10€) à l'installation.



Figure 7 : Fascine / fascine vivante, Bas-Rhin, clichés : Valentin, 2011

Les fascines peuvent être débordées ou contournées lorsque les coulées d'eaux boueuses sont trop importantes. Les sédiments peuvent s'accumuler jusqu'à passer au dessus de la fascine (débordement) (cf. fig. 12) ou sur ses côtés (contournement). Des chemins d'eaux où le ruissellement est concentré ainsi qu'un réseau de galeries souterraines peuvent creuser la terre au niveau de la fascine jusqu'à créer un « renard hydraulique » en dessous (cf. fig. 12), ce qui diminue l'efficacité de la fascine. Les fascines nécessitent un entretien régulier. Les fagots ont une durée de vie assez courte et doivent être régulièrement remplacés. Les fascines ayant retenu des sédiments doivent être curées ou rehaussées car les boues accumulées réduisent leur capacité de rétention et peuvent provoquer débordements et contournements.

Les fascines vivantes sont amenées à devenir des haies à terme, ce qui résout le problème de l'entretien car il n'est plus nécessaire de remplacer les fagots de bois mort. Elles sont productrices de bois et elles constituent un habitat pour plusieurs espèces animales dont le Grand Hamster d'Alsace. Elles possèdent donc un aspect écologique prononcé en contribuant à la trame verte.

## **1.6) Objectifs de l'étude**

### **1.6.1) Etudes déjà menées**

En 2004, la Chambre d'Agriculture du Haut-Rhin a réalisé un outil de diagnostic des risques de coulées d'eaux boueuses permettant de déterminer les zones à risque de ruissellement. En 2008, une étude a été menée pour évaluer la pertinence de la mise en place de fascines dans le Bas-Rhin (Pacevicius, 2008). Une série de fascines a alors été posée dans le Bas-Rhin entre 2008 et 2009. L'emplacement de ces fascines a été décidé de manière empirique selon l'expérience des différents acteurs (Chambre d'Agriculture, Conseil Général, agriculteurs, élus locaux, ...). Suite à cette étude, le Laboratoire d'Hydrologie et de Géochimie de Strasbourg (LHyGeS) a repris la problématique des aléas « ruissellements et coulées d'eaux boueuses » et créé le groupe GEstion des Risques et Historique des COulées d'eaux boueuses (GERIHCO). Ce groupe étudie l'approche intégrée des transferts générant des coulées d'eaux boueuses en aval des BV cultivés : ruissellement, érosion, perception et prévention des risques. Il a été décidé de mettre en place une base de données regroupant les fascines du Bas-Rhin. Cette base de données a été initiée en 2010, recensant les fascines de cinq communes sélectionnées comme échantillon représentatif. Une analyse de données

a ensuite été faite sur cet échantillon afin de créer un arbre de décision montrant le comportement adopté jusqu'à présent pour la pose des fascines (Noelison, 2010).

### **1.6.2) Les fascines du Bas-Rhin**

Cent-huit fascines ont d'ores et déjà été mises en place entre 2008 et 2010 dans le Bas-Rhin, dans vingt et une communes. Ces fascines ont été posées de manière empirique par le Conseil Général et la Chambre d'Agriculture en s'appuyant sur leurs observations du terrain et celles des agriculteurs concernés. La règle était de placer les fascines en travers des chemins d'eau. Cependant l'expérience et la connaissance des BV concernés ont également dicté le dimensionnement et le nombre de fascines à implanter. De plus, chaque mise en place de fascines a fait l'objet d'une négociation avec les agriculteurs concernés car les fascines sont implantées sur leurs parcelles. Outre le coût de la fascine, les agriculteurs sont dédommagés à raison de 2€ par mètre linéaire de fascine posé.

### **1.6.3) Questionnements actuels**

Les fascines se sont fortement développées ces dernières années dans le Bas-Rhin. L'objectif de ce travail est de tirer parti de cette expérience pour dégager un certain nombre de règles pour d'une part déterminer le positionnement et le dimensionnement et d'autre part évaluer l'efficacité de ces ouvrages. Cela passe par un gros travail de recensement, de caractérisation et de traitement pour lequel la première chose à faire était de constituer une base de données spatialisée des fascines du Bas-Rhin. Recenser les fascines du Bas-Rhin revient à le faire pour toute l'Alsace car il n'y en a pas dans le Haut-Rhin. Cela permettra de disposer de données sur l'ensemble des fascines d'Alsace et donc plus généralement d'une base de connaissances sur un type d'ouvrage d'hydraulique douce d'une région. De nouvelles campagnes d'implantation de fascines sont prévues. Parvenir à évaluer les fascines déjà en place pourrait aider la conduite des futures campagnes. L'évaluation des fascines se fait par deux approches :

- Le questionnement des exploitants concernés et des élus locaux pour obtenir leur vision des fascines et plus généralement comment ils se placent par rapport aux phénomènes de coulées d'eaux boueuses. Cet aspect a fait l'objet d'un autre stage.
- L'observation directe des fascines pour estimer leur efficacité et relever les éventuels dysfonctionnements.

#### **1.6.4) Détails de l'étude**

Il a été décidé lors d'une réunion avec le Conseil Général et la Chambre d'Agriculture de visiter l'intégralité des fascines du Bas-Rhin et d'effectuer des observations sur leur efficacité et leurs dysfonctionnements. Ceci permettra de mener une étude exhaustive sur l'intégralité des fascines du Bas-Rhin et de dégager une notion d'efficacité de ces fascines, même si cette efficacité est à relativiser car dépendante des évènements pluvieux survenus auparavant. Ces visites sont également l'occasion de localiser les fascines avec un GPS afin de réaliser une cartographie complète des fascines du Bas-Rhin.

De nouvelles analyses de données seront effectuées sur l'ensemble des fascines. Ces analyses viendront compléter la base de connaissances que représente la base de données. A ces analyses seront intégrés de nouveaux paramètres relevés grâce à des observations sur le terrain et à des enquêtes effectuées auprès des agriculteurs concernés. Ces paramètres permettront d'intégrer deux nouveaux aspects : le niveau d'efficacité des fascines en place et la perception des agriculteurs vis-à-vis de ces fascines. Cette analyse permettra de produire de nouveaux arbres de décision symbolisant le comportement à adopter pour la mise en place des futures fascines et cherchant également à prédire le futur comportement que pourront adopter les fascines en fonction de leurs caractéristiques et de celles des BV associés.

La base de données permettra également de disposer de connaissances sur l'évolution des fascines dans le temps. En y intégrant des données sur l'état et le fonctionnement relevées chaque année, la base deviendra un outil de suivi temporel.

# **Partie II : Matériel et méthode**

---

## 2.1) La zone d'étude

La zone d'étude s'étend sur le Kochersberg et les Collines de Brumath, régions très agricoles. Elles possèdent une polyculture très diversifiée avec des cultures de céréales (blé, orge, maïs), des cultures maraîchères (asperges, pommes de terre), des cultures fourragères en vue d'un élevage bovin à l'étable (viande et lait), des cultures spéciales (tabac, houblon, betteraves sucrières), quelques vignes et arbres fruitiers, quelques cultures maraîchères (asperges) et quelques élevages spécialisés (volailles, porcs) (Lebreton-Thaler, 2001). Au niveau géomorphologique, la région possède de nombreux vallons secs, même au dessus des cours d'eau, qui favorisent la concentration du ruissellement. D'épaisses couches de *loess*, déposées à l'Ouest de la vallée du Rhin, caractérisent une région très fertile (Lebreton-Thaler, 2001). La pluviométrie moyenne annuelle du Kochersberg varie entre 620mm et 820mm selon les postes météorologiques du secteur. La répartition des pluies dans l'année connaît un maximum durant les mois de mai et juin avec des pluies mensuelles dépassant 65mm à 95mm une année sur deux. La forte pluviométrie de printemps est liée aux passages de perturbations d'origine atlantiques et aux orages violents survenant à cette époque (ARAA, 2001).

Les fascines sont réparties dans vingt et une communes du Bas-Rhin. Certaines communes ne possèdent qu'une seule fascine (exemples : Hohfrankenheim, Sultz-les-Bains) tandis qu'une commune comme Ettendorf en possède vingt-six. Le tableau 1 et la figure 8 présentent la répartition des fascines dans les communes du Bas-Rhin.

	<b>Commune</b>	<b>Nb fascines</b>
	Alteckendorf	10
	Brumath	4
	Dingsheim	2
	Eckwersheim	5
	Ettendorf	26
	Gingsheim	4
	Gougenheim	2
	Grassendorf	2
	Griesheim-sur-Souffel	2
	Hohatzenheim	12
	Hohfrankenheim	1
	Jetterswiller	2
	Lampertheim	8
	Pfaffenhoffen	3
	Reutenbourg	2
	Ringeldorf	8
	Schwindratzheim	3
	Soultz-les-Bains	1
	Soultz-sous-Forêts	5
	Wickersheim-Wilshausen	1
	Wittersheim	5
	<b>Total</b>	<b>21</b>
		<b>108</b>

*Tableau 1 : Répartition des fascines dans les communes du Bas-Rhin*

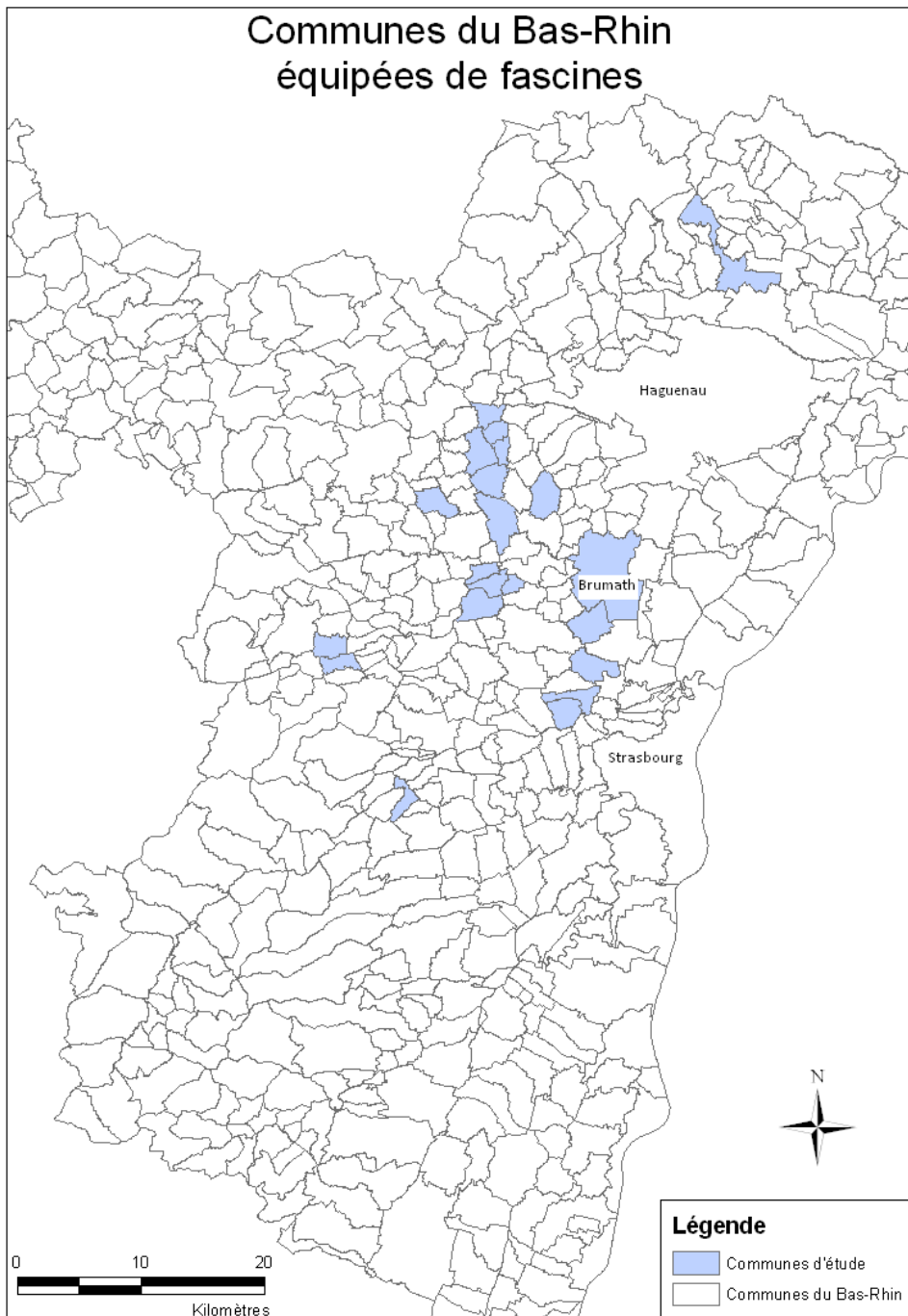


Figure 8 : Carte des communes équipées de fascines en 2011, Bas-Rhin, Valentin, 2011, découpage communal : ENGEES



## 2.2) Données disponibles

### 2.2.1) La base de données

La base de données initiée en 2010 contient uniquement des informations sur cinq communes. En outre, elle ne prévoit pas le suivi des fascines. Cependant cela a constitué une bonne base pour rassembler les données nécessaires. Les autres données ont été relevées sur le terrain ou calculées sous logiciel SIG.

La base a été construite en suivant la méthode MERISE. Cette méthode a été créée afin de définir une méthode de conception de systèmes d'information (Di Gallo, 2001). La base a été créée sous Access® car c'est l'outil utilisé au Conseil Général et à la Chambre d'Agriculture. Le modèle suivi est celui d'« entité-relation ». Cette construction passe par quatre phases :

1. La phase d'analyse : Décider de ce que l'on va mettre dans la base
2. La phase conceptuelle : Créer un schéma qui représente l'organisation générale de la base. Les données sont les « entités » liées entre elles par des relations. C'est le Modèle Conceptuel des Données (MCD)
3. La phase logique : Créer le Modèle Logique des Données (MLD). Il représente l'organisation des données sous forme de tables qui correspondent aux entités du MCD
4. La phase physique : Créer la base de données dans un Système de Gestion de Bases de Données (SGBD). On crée la base dans le logiciel à partir du MLD

La base créée contient neuf tables de données et cinquante quatre enregistrements représentant les fascines de cinq communes d'étude : Alteckendorf, Brumath, Ettendorf, Hohatzenheim et Lampertheim.

### 2.2.2) Les données SIG

Des couches SIG nécessaires aux calculs ont été fournies :

- MNT : Modèle Numérique de Terrain à 25m (résolution 25m \* 25m) du Bas-Rhin fourni par l'ENGEES. Il est issu de la BD Alti de l'IGN (fourni par la région au LHyGeS) dans le cadre de la convention CIGAL.

- Découpage des communes : Découpage communal de l'Alsace. Fourni par l'ENGEES.
- Carte des BV : Découpage du Bas-Rhin en bassins versants. Fourni par P. Van Dijk de l'ARAA. Il est issu de l'étude sur l'aléa érosif menée par l'ARAA.
- Ortho-photographies : Ortho-photographies du Bas-Rhin. Fournies par l'ENGEES. Issues de la BD ORTHO®IGN. Prise de vue aérienne 2007, CIGAL 2008.

## 2.3) La collecte des données

### 2.3.1) Les visites de terrain

Une grande partie des données ont été obtenues en effectuant des relevés de terrain. Les fascines ont pu être localisées grâce à des cartes fournies par M. Batt de la Chambre d'Agriculture et F. Huffschmitt du Conseil Général. La visite des fascines a permis d'observer les différents types de fascines en place. Les fascines servent à freiner le ruissellement et retenir les sédiments transportés. L'intensité du ralentissement subi par le ruissellement ne peut être évaluée par des observations. C'est pourquoi nous avons cherché une méthode d'évaluation des sédiments retenus. La méthode mise au point consiste à effectuer deux types de relevés : les sédiments présents à un instant  $t$  et les traces des anciens sédiments présents.

La solution que nous proposons pour estimer les sédiments présents est de mesurer les différences de hauteurs entre les piquets amont et les piquets aval, ceci en plusieurs points de la fascine. Quatre relevés de ce type ont été effectués pour chaque fascine : deux au milieu et un sur chaque extrémité (cf. fig. 9). Les sédiments se trouvent majoritairement au milieu, cependant il est tout de même intéressant de mesurer les sédiments sur les côtés. En effet, de nombreuses fascines retiennent des sédiments non seulement en leur centre mais aussi sur leurs bords et il est important d'estimer le fonctionnement de la fascine sur toute sa longueur. La présence de sédiments sur les côtés peut être le signe qu'il faut agrandir la longueur de la fascine avant qu'elle ne se trouve contournée lors d'un épisode pluvieux intense. En prenant la moyenne de ces quatre mesures on obtient une estimation des sédiments sur toute la longueur de la fascine. Il y a deux mesures prises au centre, ce qui pondère la moyenne selon l'endroit de la mesure. En effet le centre aura une pondération de deux et les côtés auront chacun une pondération de un. Ceci permet de donner une importance supérieure au centre qui reste l'endroit le plus propice à la rétention de sédiments. Les fascines, après avoir fonctionné ont souvent besoin d'être curées. Lorsqu'une fascine est curée, les

traces des anciens sédiments restent visibles (cf. fig. 10). Les hauteurs de ces traces ont également été relevées en quatre points (les mêmes que pour la précédente mesure). On obtient donc la moyenne des hauteurs des traces des sédiments précédemment déposés et la moyenne des hauteurs des sédiments présents. Cela permet d'observer d'une part les boues présentes à l'instant  $t$  des relevés mais aussi les anciennes boues retirées. En prenant le maximum de ces deux mesures, on obtient un bon indicateur estimant la capacité de rétention de la fascine, indicateur qui sera intégré dans l'analyse de données. A noter, que parfois, les boues retenues par la fascine masquent les traces d'anciennes boues. On prend alors la moyenne des hauteurs des boues présentes comme indicateur.

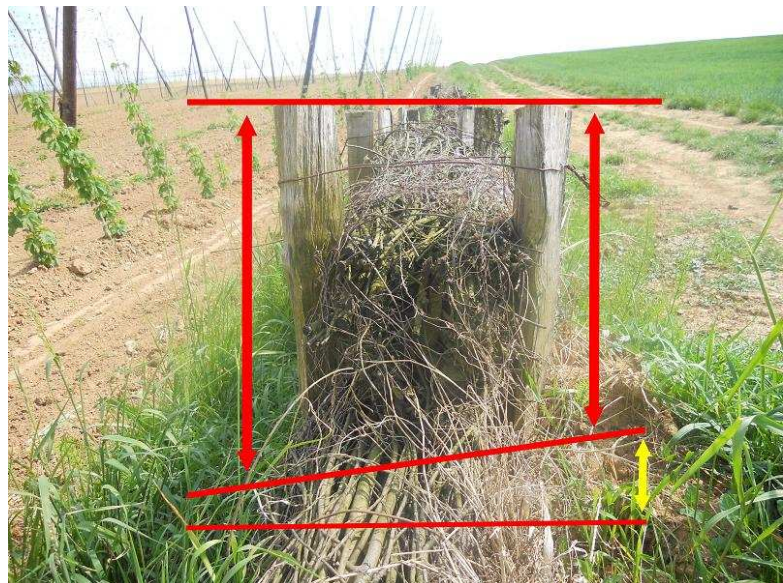
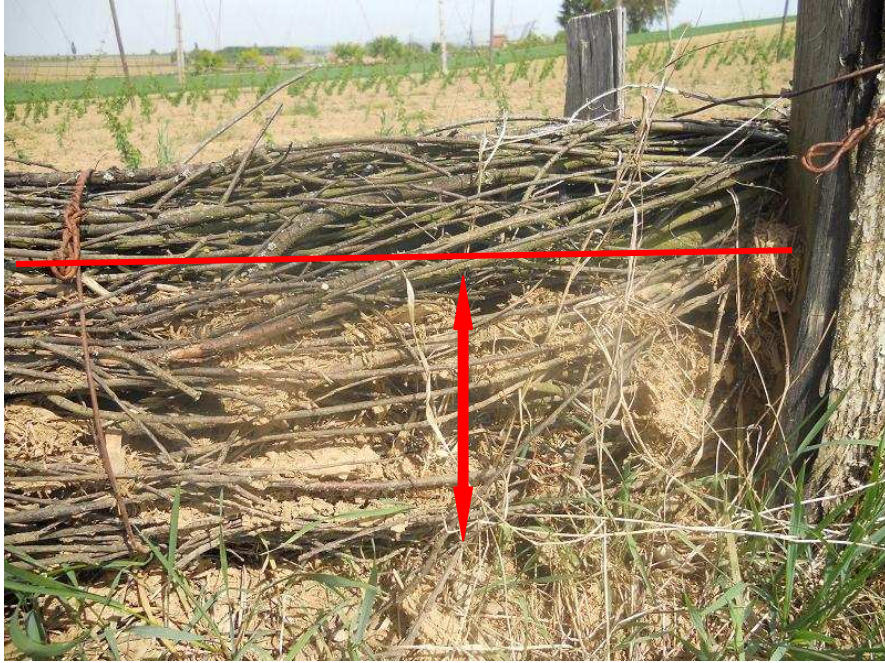


Figure 9 : Méthodes de relevés des sédiments retenus, Bas-Rhin, clichés : Valentin, 2011



*Figure 10 : Relevés des traces d'anciens sédiments, Bas-Rhin, cliché : Valentin, 2011*



*Figure 11: Fascine débordée / fascine ravinée, Bas-Rhin, clichés : Valentin, 2011*

Les observations de terrain n'ont pas seulement eu pour but d'obtenir des informations sur l'efficacité des fascines. Elles ont également permis de relever les informations suivantes :

- Emplacement de la fascine : Fascine positionnée en milieu d'ilot, en bord/angle de celui-ci ou entre deux ilots. Ainsi que la commune d'appartenance de la fascine
- Caractéristiques : Hauteur et largeur de la fascine

- Etat : Etat global de la fascine apprécié selon l'état des fagots et des piquets
- Ravine : La fascine est-elle ravinée ? (cf. fig. 11)
- Débordement : La fascine est-elle débordée ? (cf. fig. 11)
- Contournement : La fascine est-elle contournée ? Aucun cas de contournement n'a été constaté
- Aménagements amont/aval : Présence d'autres ouvrages à l'amont/aval de la fascine
- Enjeu local : Zone protégée par la fascine (habitations, route, champ)
- Bande enherbée : La fascine est-elle associée à une bande enherbée

La fiche employée pour réaliser les relevés terrain est présente en annexe 4.

### **2.3.2) Les données calculées**

Les données suivantes ont été obtenues en effectuant des calculs sur des vecteurs/rasters sous le logiciel ArcGIS® :

- Taille des fascines : Longueur de la fascine en mètres
- Surface Contributive des fascines : Surface en amont de la fascine, en hectares, ayant une influence sur celle-ci.
- Pentes : Pentes médianes des surfaces contributives ; pentes à l'aval des fascines
- Bassin versant d'appartenance : Les fascines appartiennent chacune à un bassin versant recensé par l'ARAA.

La surface contributive est obtenue en calculant tout d'abord les chemins d'eau à partir du MNT à 25m fourni par l'ENGEES. Ensuite on calcule des bassins versants en prenant les fascines comme exutoires de ces bassins (outil *Hydrology* du module *Spatial Analyst*). La longueur entière de la fascine est considérée comme exutoire. La figure 12 présente un exemple de calculs de surfaces contributives. Les pentes sont calculées en convertissant les valeurs du MNT en pourcentages de pente (outil *Surface/Slope* du module *Spatial Analyst*) puis en utilisant l'outil *Zonal Statistics* (du module *Spatial Analyst*) qui permet d'obtenir des statistiques (moyenne, médiane, valeur max, ...) sur des zones définies (ici les zones contributives). Le bassin versant des fascines a été obtenu en superposant la couche des fascines à celle des bassins versants fournie par l'ARAA.

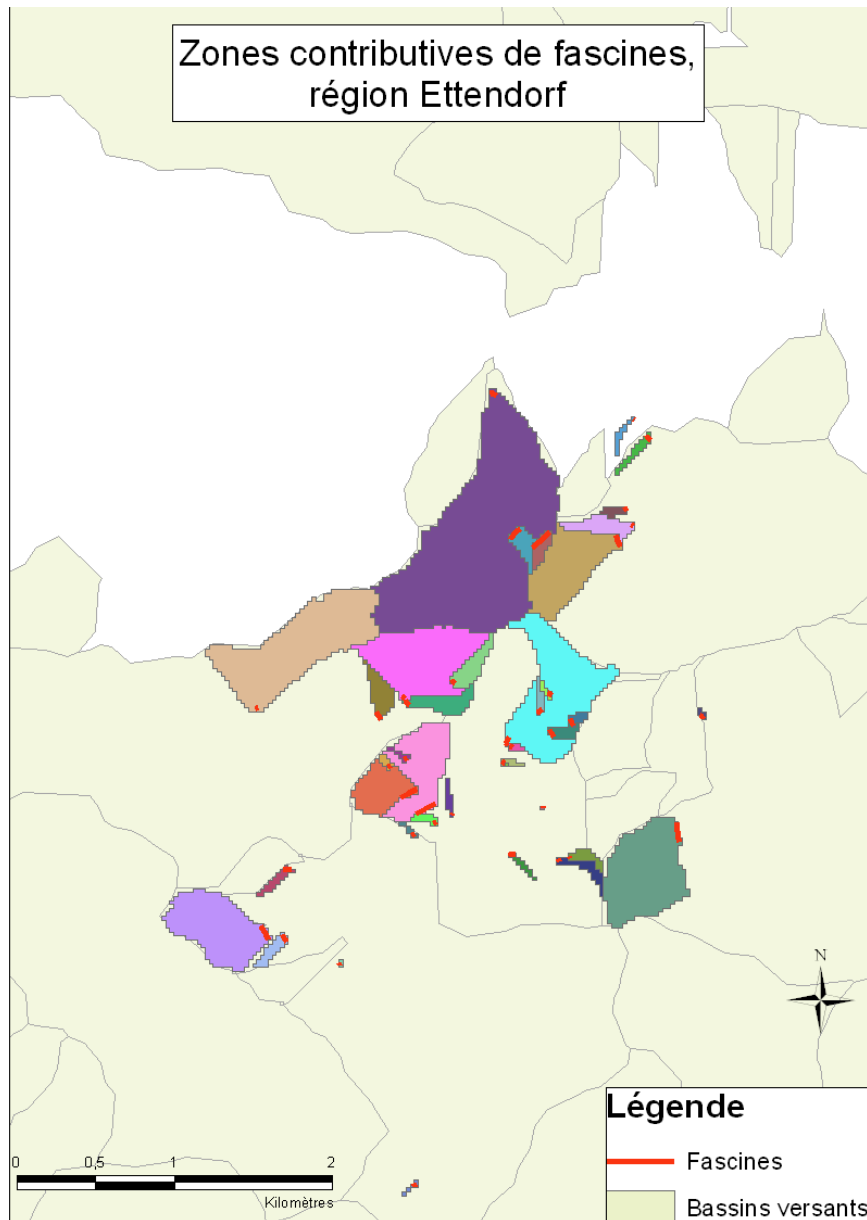


Figure 12 : Calculs de zones contributives de fascines, auteur : Valentin, 2011

## 2.4) La cartographie des fascines

Les relevés des coordonnées GPS de chaque fascine a permis d'établir une cartographie complète des fascines du Bas-Rhin. Un GPS classique *Garmin Nüvi* ayant une précision de 5 mètres a été utilisé. Après avoir testé son efficacité sur un échantillon de fascines, il s'est avéré, en observant la précision des coordonnées relevées sur les ortho-photographies, que sa précision était suffisante

pour réaliser cette cartographie. La représentation des fascines sur le logiciel SIG est suffisamment précise pour effectuer les calculs nécessaires.

Les relevés ont été effectués comme ceci : deux relevés pour les plus courtes (les deux extrémités), trois pour les fascines de taille moyenne et quatre pour les plus grandes. Ces données GPS ont ensuite été converties en données *Lambert / Carto* avec le logiciel Circé, logiciel de conversion de coordonnées géographiques. Une fonction code sous le logiciel ArcGIS® permet d'utiliser ces coordonnées de points pour tracer des *polylines* représentant les fascines et créer ainsi une couche « fascines » exploitable sous logiciel SIG. Cette couche peut être exportée et constitue une base de connaissances sur l'intégralité des fascines du Bas-Rhin. La couche fascine est superposée sur des ortho-photographies du Bas-Rhin obtenues grâce à la Coopération pour l'Information Géographique en Alsace).

## **2.5) L'analyse de données**

L'analyse de données permet d'étudier des tableaux de données ayant trait à des individus statistiques décrits par un ensemble de variables qualitatives ou quantitatives (Le Ber, 2009). Les méthodes d'analyse de données ont démontré, depuis une soixantaine d'années, leur efficacité dans l'étude de grandes masses d'informations. Ce sont des méthodes dites multidimensionnelles en opposition aux méthodes de statistiques descriptives qui ne traitent qu'une ou deux variables à la fois (Escofier et Pages, 1988). Pour mener une analyse concluante, la part de connaissance du domaine et d'interprétation y est primordiale (Le Ber, 2009).

### **2.5.1) Analyse factorielle**

#### ***2.5.1.1) Principes et types d'analyses factorielles***

La méthode d'analyse factorielle permet, lorsque l'on dispose d'une population d'individus pour lesquels on possède de nombreux renseignements, d'en donner une représentation géométrique qui permet de voir les rapprochements, les oppositions et les tendances entre les caractéristiques des individus (Cibois, 2006). Cette perception est impossible à discerner directement sur un grand tableau de nombres, même après un examen prolongé (Escofier et Pages, 1988).



### **2.5.1.2) Plusieurs modes d'analyse**

Il existe plusieurs méthodes adaptées à différents types de données. La méthode base est l'Analyse en Composantes Principales (ACP) qui s'applique à des données quantitatives, donc qui ne nous intéresse pas aussi. L'analyse Factorielle des Correspondances Multiples (AFCM) s'appliquant à de multiples variables qualitatives. Pour ces deux méthodes, le principe est unique. Deux nuages de points représentant respectivement les lignes et les colonnes du tableau de données étudié sont construits et représentés sur des graphiques. Les représentations des lignes et des colonnes sont fortement liées entre elles (Escofier et Pages, 1988) et permettent de repérer les regroupements et les oppositions entre les modalités et entre les individus. La méthode AFCM est retenue pour cette étude car nous avons un large jeu de données qualitatives.

### **2.5.1.3) Analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM)**

Cette méthode d'analyse permet d'étudier une population de  $n$  individus décrits par  $m$  variables qualitatives. Elle permet donc d'étudier les liaisons qui existent entre plusieurs variables qualitatives sur une même population. Lorsque les variables étudiées ne sont pas qualitatives, il est toujours possible d'utiliser l'AFCM en transformant les variables quantitatives en variables qualitatives en regroupant les valeurs des variables initiales en classes (Jalby, 2010). Une des applications les plus courantes de l'AFCM est le traitement de l'ensemble des réponses à une enquête.

L'AFCM prend en entrée un tableau de données qui est vu comme un nuage de points (les individus) dans un espace de dimension  $p - m$  ( $p$  : nombre de modalités,  $m$  : nombre de variables). On cherche les « meilleurs » plans de projection pour visualiser le nuage. Ces plans (dits plans factoriels) mettent en évidence des groupes de modalités/individus liés ou opposés. Les dimensions initiales sont réduites à quelques dimensions qui contiennent la majeure partie de l'information.

## **2.5.2) La discrétisation des données**

Les analyses AFCM nécessitent des données qualitatives et non quantitatives. Les données relevées sur le terrain et calculées sous le logiciel ArcGIS® sont chiffrées. Il faut donc les discrétiser pour transformer en données qualitatives. Pour cela, le logiciel StatBox Pro® propose des discrétisations automatiques (effectifs égaux, intervalles de valeurs égaux, ...). Cependant, pour réaliser une discrétisation efficace, il faut observer la répartition des données pour une variable en regardant l'histogramme de distribution de ses valeurs. Cela permet d'éviter la création de classes

qui ne seraient pas représentatives, par exemple si les valeurs présentent des trous ou sont distribuées irrégulièrement.

### 2.5.3) L'Interprétation des résultats

L'interprétation d'une AFCM est souvent délicate et peut être faussée par des variables trop hétérogènes. Il est donc souvent nécessaire de procéder à plusieurs AFCM différentes pour obtenir des résultats plus facilement interprétables (Jalby, 2010). L'interprétation s'effectue en utilisant simultanément les modalités et les individus. Le choix des axes s'effectue en retenant les axes dont la valeur propre est supérieure à la moyenne ( $1/m$ ) et/ou en recherchant une cassure dans l'histogramme des valeurs propres.

La projection des nuages de points représentant les modalités et les individus sur les axes (facteurs) permet de visualiser les regroupements. A chaque facteur est associée une valeur propre. En pratique, on observe que les valeurs propres sont faiblement et régulièrement décroissantes (Escofier et Pages, 1988). La somme des valeurs propres est égale au rapport entre le nombre de modalités et le nombre de variables diminué de 1 : c'est l'inertie totale. L'inertie mesure la dispersion totale du nuage de points (d'après Gonzales).

$$\text{Inertie totale} = \left( \frac{p}{m} \right) - 1$$

## 2.6) Classification automatique

Les méthodes de classification automatique s'appliquent sur des tableaux de données multivariées, à valeurs quantitatives ou qualitatives (Le Ber, 2009). La classification permet d'identifier des groupes homogènes de données. C'est une méthode complémentaire des analyses factorielles (Le Ber, 2009). La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) regroupe les individus pas à pas selon une mesure de distance sur l'ensemble des attributs entre individus et entre groupes, pour former des classes. La classification s'arrête lorsque le nombre de classes voulu est atteint et produit des tableaux et diagrammes présentant la répartition des individus dans les classes.

## 2.7) Arbres de décision

Les arbres de décision sont une méthode d'apprentissage supervisé. Ils sont souvent utilisés pour résoudre les problèmes de classification. Les arbres de décision sont une technique de prédiction à base de modélisation utilisée pour la classification et le regroupement de données et la prédiction. La structure de l'arbre doit être la plus simple possible pour le rendre plus facilement compréhensible et pour que la phase de classification soit rendue plus rapide (Dunham, 2003).

### 2.7.1) Principe

Un arbre de décision est composé de trois objets :

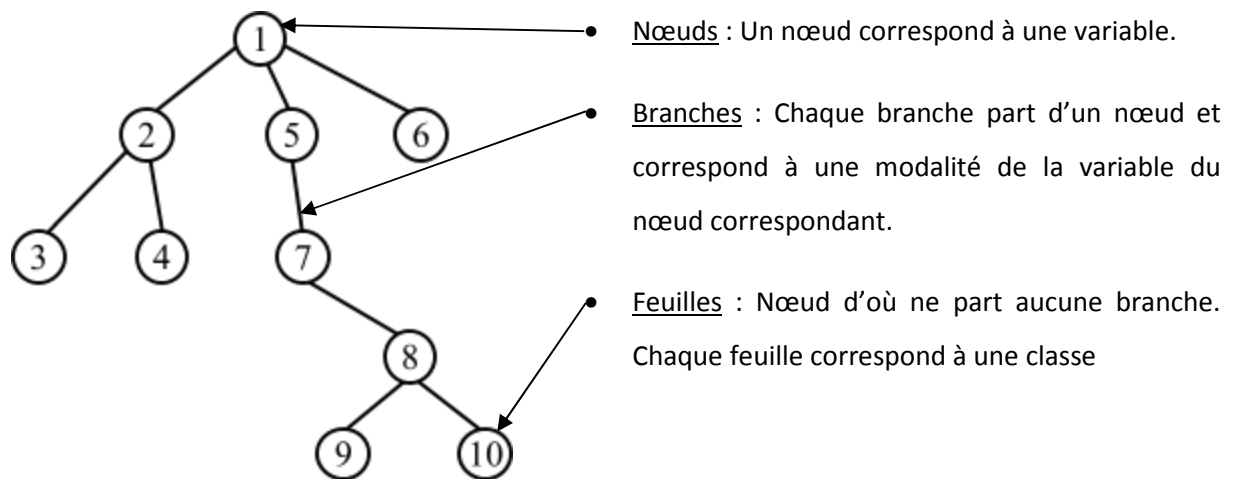


Figure 13 : Un arbre de décision

Un arbre de décision sépare les attributs selon leur capacité à diviser les individus représentés. Plus l'attribut divise les individus et plus il se retrouve dans les nœuds les plus en haut de l'arbre. Dans la figure 13, le nœud 1 divise le mieux les individus.

La construction d'un arbre se fait selon un algorithme. Il en existe plusieurs types. Celui utilisé sélectionne les attributs en fonction de leur entropie. La stratégie utilisée est de séparer en premier les attributs avec le maximum de gain d'entropie. La quantité d'information associée à un attribut dépend de ses probabilités d'occurrence (Dunham, 2003).

## 2.7.2) Entropie et gain d'information

La sélection des attributs se fait par calcul d'entropie. L'entropie permet à la fois de mesurer la quantité d'incertitude dans une base de données avant échantillonnage et la quantité d'information obtenue lors d'un échantillonnage. L'entropie de Shannon est l'une des plus utilisées pour la sélection d'attributs (Dumas, 2009). L'entropie, notée  $H$ , est la quantité d'information associée à un évènement de probabilité  $p_i$ . Elle est définie par l'expression :

$$H = -\log P(p_i)$$

Le gain d'entropie est la différence entre l'entropie initiale (avant la segmentation) et l'entropie finale. Il permet de choisir la meilleure segmentation par rapport à l'ensemble de départ (Noelison, 2010). Le gain d'entropie, noté  $Gain(D,S)$  est défini par l'expression :

$$Gain(D,S) = H(D) - \sum_{j=1}^S P(D_j)H(D_j)$$

$S$  : segmentation de  $D$  en  $s$  sous ensembles  $D_j$

$H(D)$  : entropie avant la segmentation

$P(D_j)$  : probabilité des sous-ensembles

$H(D_j)$  : entropie des sous-ensembles

Le gain d'entropie est nul si  $S$  apporte une information à la classe, il est maximum lorsque l'entropie conditionnelle est minimale (Noelison, 2010):

$$Gain(D,S) = maximum \Leftrightarrow H(D/S) = minimum$$

## 2.8) Présentation des logiciels

Les logiciels suivants ont été utilisés :

- ArcGIS<sup>®</sup> : Système d'Information Géographique (SIG). Utilisé pour calculer des données sur les fascines et les bassins versants.
- Access<sup>®</sup> : Système de Gestion de Base de Données Relationnelle (SGBDR). Utilisé pour créer et administrer la base de données.
- StatBox Pro<sup>®</sup> : Ensemble d'outils d'analyse de données exploitable sous Excel<sup>®</sup>. Utilisé pour réaliser les discrétisations de données, les CAH et les AFCM.
- WEKA<sup>®</sup> : Ensemble d'outils et d'algorithmes d'analyse de données. Utilisé pour former les arbres de décision. Plusieurs algorithmes sont disponibles. Celui utilisé dans cette étude est l'algorithme *J48*. C'est une implémentation améliorée de l'algorithme *C4.5*.

# Partie III : Résultats

---

### 3.1) La base de données

#### 3.1.1) Modification de la base

De nouvelles données ont été intégrées dans la base. La structure a été modifiée pour pouvoir les ajouter. Le modèle a été entièrement revu car certaines données étaient redondantes (présentes à plusieurs endroits en même temps) et de nouvelles tables ont été créées pour accueillir les données. La base contient dorénavant des tables pour les données relevées sur le terrain, un aspect suivi temporel d'année en année et l'intégration des questionnaires/résultats fournis par G. Flinois qui réalise une enquête de perception auprès d'agriculteurs. La structure représentée sous forme de Modèle Logique de Données (MLD) est représenté dans la figure 14.

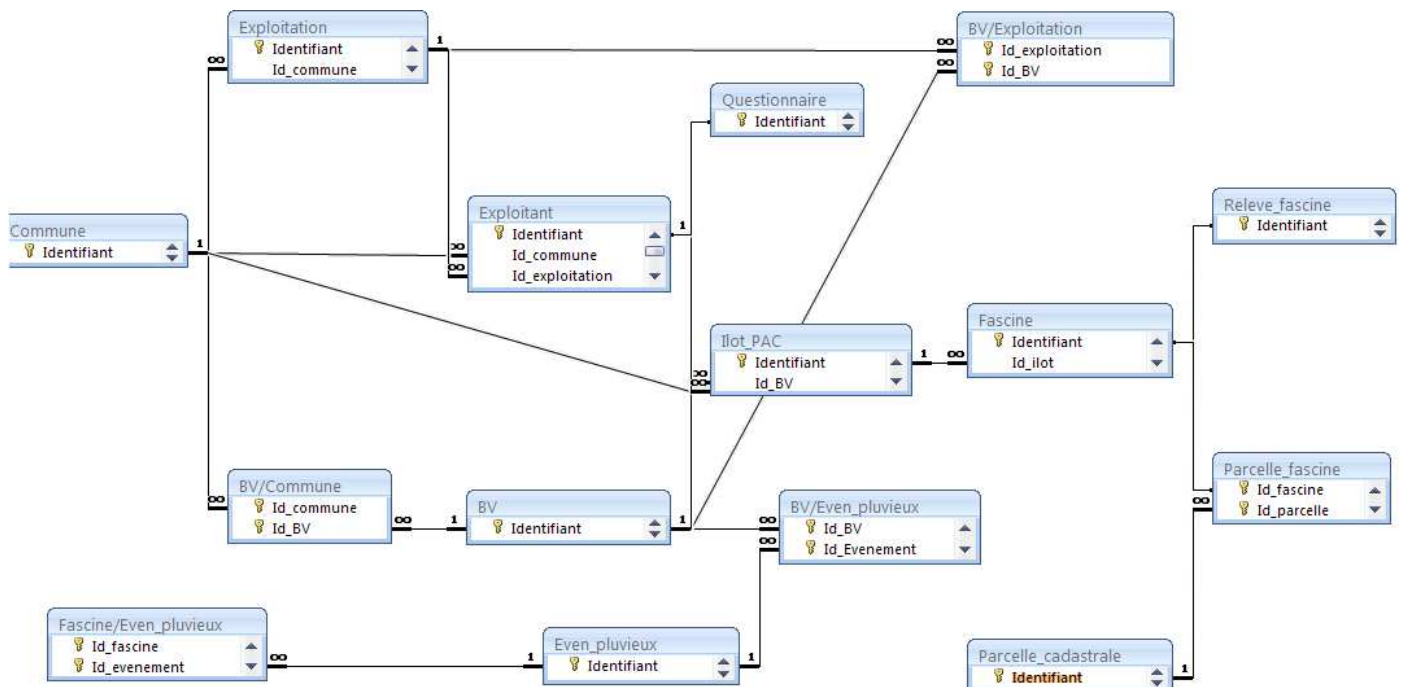


Figure 14 : Modèle Logique de Données (MLD) de la base

La base contient beaucoup de tables de données, ce qui permet d'être complet. En effet beaucoup d'informations se rapportent aux fascines (BV, exploitant, parcelle, ...). Le détail des tables est présent en annexe 5.

### 3.1.2) Coupler la base de données Access® à ArcGIS®

Il est possible de lier une base de données Access® à ArcGIS® par le biais d'une *geodatabase* (ou base de données géographique). L'interconnexion Access®/ArcGIS® est facile à réaliser car contrairement aux autres SIG, il n'y a pas besoin de connexion ODBC (système de connexion local vers une source de données). Il existe trois types de *geodatabases*.

- La **GeoDatabase Fichier** stocke les ensembles de données dans un dossier Windows. Chaque ensemble de données peut peser jusqu'à 1To. Cette base de données peut-être cryptée et sécurisée. C'est la *geodatabase* la plus souple d'emploi.
- La **GeoDatabase personnelle** stocke les données dans une base de données Access (.MDB). La taille maximale de cette base de données est de 250 à 500 Mo et elle ne peut être utilisée que dans l'environnement Microsoft Windows.
- La **GeoDatabase ARCSDE** stocke les données dans des bases de données externes et beaucoup plus lourdes à gérer mais aussi plus performantes comme Oracle, DB2, SQL Server, etc.

Comme les données sur les fascines sont stockées dans une base de données Access®, la *geodatabase* la plus adaptée est la *personnelle*. Disposer d'une *geodatabase* permet de coupler les fonctionnalités des deux logiciels ArcGIS® et Access®. On peut créer facilement la structure de la base de données sous Access® ainsi que les formulaires servant à saisir les données. Ceci permet d'exploiter plus facilement les tables attributaires qui deviennent des tables sous Access®. De même, on peut utiliser sous ArcGIS® les formulaires créés avec Access®.

Une *geodatabase* a donc été créée, regroupant l'information spatialisée disponible sous ArcGIS® et les tables de données et formulaires disponibles sous Access®.

## 3.2) La cartographie

Le résultat de la cartographie est une couche (*shape*) exploitable sous logiciel SIG. Cette couche représente l'intégralité des fascines du Bas-Rhin. La figure 15 présente un extrait de cette cartographie réalisée avec le logiciel ArcGIS®.





Figure 15 : Extrait de la cartographie des fascines, région Ettendorf (Bas-Rhin), auteur : Valentin, 2011, orthophotos : "COPIE ET REPRODUCTION INTERDITE BDORTHO®IGN - Prise de vue aérienne 2007, CIGAL 2008", découpage communal : ENGEES

### 3.3) Les analyses de données

On dispose d'un jeu de données sur quatre-vingt neuf fascines. Certaines données comme le maître d'œuvre et la commune d'appartenance n'ont pas d'influence et ne sont pas prises en compte pour l'analyse. D'autres données ont des valeurs qui ne varient que très peu où mêmes parfois des valeurs toutes identiques. Ces données ne sont pas significatives et ne doivent pas être intégrées

dans l'analyse. Le tableau 2 présente les données qui ne sont pas retenues pour l'analyse. Une fois le tri fait, il reste douze variables utiles pour l'analyse de données. Le tableau 3 présente les douze variables retenues.

<b>Num</b>	<b>Nom variable</b>	<b>Signification</b>
<b>1</b>	Hauteur	Hauteur de la fascine
<b>2</b>	Largeur	Largeur de la fascine
<b>3</b>	Diamètre fagots	Diamètre des fagots de bois de la fascine
<b>4</b>	Maître ouvrage	Maître d'œuvre pour la pose de la fascine
<b>5</b>	Commune	Commune d'appartenance de la fascine
<b>6</b>	Date pose	Date de pose de la fascine
<b>7</b>	Vivante	La fascine est-elle vivante
<b>8</b>	Enjeu local	Ce que protège la fascine
<b>9</b>	Distance enjeu	La distance entre la fascine et l'enjeu
<b>10</b>	Qualité œuvre	Qualité de mise en place de la fascine

*Tableau 2 : Variables non retenues pour l'analyse*

<b>Num</b>	<b>Nom variable</b>	<b>Signification</b>
<b>1</b>	Position	Emplacement de la fascine
<b>2</b>	Longueur	Longueur de la fascine
<b>3</b>	Aménagement amont	Aménagement à l'amont de la fascine
<b>4</b>	Aménagement aval	Aménagement à l'aval de la fascine
<b>5</b>	Zone contributive	Zone contributive de la fascine
<b>6</b>	Pente médiane	Pente médiane de la zone contributive
<b>7</b>	surface de forte pente	Pourcentage de zone de pente >7%
<b>8</b>	Pente aval	Pente à l'aval de la fascine (10m)
<b>9</b>	Etat	Etat global de la fascine
<b>10</b>	Ravine	Fascine ravinée ou non
<b>11</b>	Débordement	Fascine débordée ou non
<b>12</b>	Sédiments	Hauteur de sédiments retenus

*Tableau 3 : Variables retenues pour l'analyse*

On dispose ici de données sur les caractéristiques des fascines, celles des bassins versants et des données sur l'efficacité et le suivi issues des observations de terrain. On sépare donc les données en trois grands thèmes (cf. tab. 4) :

- Caractéristiques des fascines
- Caractéristiques des BV
- Efficacité et suivi des fascines

Num variable	Caractéristiques des fascines	Caractéristiques des BV des fascines	Efficacité et suivi des fascines
1	Position	Zone contributive	Etat
2	Longueur	Pente médiane	Ravine
3	Aménagement amont	surface de forte pente	Débordement
4	Aménagement aval	Pente aval	Sédiments

Tableau 4 : Répartition des variables

Ces données doivent être mises en forme avant de pouvoir être exploitées pour les analyses.

### 3.3.1) Prétraitement des données

Comme vu dans le paragraphe 2.5.1.3, les AFCM nécessitent un jeu de données qualitatives. Ici six variables sont quantitatives et six sont déjà qualitatives. Le tableau 5 présente la discrétisation des variables quantitatives afin de créer des classes de données qualitatives :

Catégorie	Variable	Classe	Résultat	Nombre modalités
Caractéristiques des fascines	Longueur	4 – < 25 m	Fascine courte	4
		25 – < 45 m	Fascine moyenne	
		45 – < 90 m	Fascine longue	
		> 90 m	Fascine très longue	
Caractéristiques des BV	Zone contributive	0,1 – < 0,6 ha	Petite zone	4
		0,6 – < 2 ha	Moyenne zone	
		2 – < 6 ha	Grande zone	
		> 6 ha	Très grande zone	
	Pente médiane	1,2 – < 3,7 %	Pente faible	4
		3,7 – < 5,7 %	Pente moyenne	
		5,7 – < 8,2 %	Pente forte	
		> 8,2 %	Pente très forte	
	Surface de pente supérieure à 7%	0 %	Surface nulle	4
		2 – < 17,5 %	Petite surface	
		17,5 - < 42 %	Moyenne surface	
		> 42 %	Grande surface	
	Pente aval	0,1 – 3,2 %	Pente faible	4
		3,2 - < 5,2 %	Pente moyenne	
		5,2 – < 8,5 %	Pente forte	
		> 8.5 %	Pente très forte	
Efficacité et suivi	Hauteurs de sédiments	0 cm	Aucun sédiment	4
		1 – < 14 cm	Peu de sédiments	
		14 – < 30 cm	Sédiments moyens	
		> 30 cm	Beaucoup de sédiments	

Tableau 5 : Discrétisation des données quantitatives

Un extrait du tableau final de données (le tableau complet étant trop conséquent) prêtes pour les analyses est disponible en annexe 10.

### 3.3.2) L'analyse de données

Le jeu de données est important tant au niveau du nombre de variables que du nombre d'individus. Une analyse effectuée sur cet ensemble de données donne beaucoup de résultats à interpréter, ce qui donne des classes de fascines peu précises. Trois analyses séparées ont donc été faites : une pour chaque grand thème. Chaque analyse consistait à effectuer une AFCM sur les variables d'un thème, suivie d'une CAH sur le tableau des coordonnées des individus créé par l'AFCM. Prenons l'exemple du thème « Caractéristiques des fascines ».

L'AFCM est effectuée et donne un certain nombre d'axes à interpréter (cf. paragraphe 2.5.3). Pour déterminer le nombre d'axes à interpréter, il faut garder les axes qui ont une valeur propre supérieure à  $(1/m)$  ( $m$  : nombre de variables). Ici nous avons quatre variables. Il faut donc garder les axes ayant une valeur propre supérieure à 0,25. Le tableau 6, issu des résultats de l'AFCM présente les valeurs propres des axes. Le tableau 6 présente les valeurs propres de chaque axe. Ici il faut donc interpréter les axes F1 à F5.

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
<b>Valeur propre</b>	<b>0,446</b>	<b>0,347</b>	<b>0,334</b>	<b>0,302</b>	<b>0,270</b>	0,233	0,221	0,210	0,177	0,119	0,091

*Tableau 6 : Valeurs propres des axes*

Pour interpréter les résultats, pour chaque axe on effectue les opérations suivantes :

1. Cumul des modalités jusqu'à obtenir environ 80% (cf. annexe 6)
2. Repérer le signe de projection de chaque modalité retenue en se basant sur le tableau de valeur test des modalités (cf. annexe 7)

On regroupe ensuite les modalités les plus contributives selon leur axe et leur signe (cf. tab. 9).

Axe		Modalités	Résultat
F1	+	Angle d'ilot, LF_courte, AV_herbe	Fascines courtes en angle d'ilot avec de l'herbe à l'aval
	-	Milieu d'ilot, AM_fascine, AV_fascine	Fascines en milieu d'ilot avec des fascines à l'amont et à l'aval
F2	+	Bordure d'ilot, AV_autre	Fascines en bordure d'ilot avec un aménagement autre que fascine ou herbe à l'aval
	-	Entre deux ilots, AM_herbe	Fascines entre deux ilots avec de l'herbe à l'amont
F3	+	LF_moyenne, AV_herbe	Fascines de taille moyenne avec de l'herbe à l'aval
	-	LF_longue, AV_rien	Fascines longues sans aménagement à l'aval
F4	+	LF_courte, AM_herbe, AV_autre	Fascines courtes avec de l'herbe à l'amont et un aménagement autre que fascine ou herbe à l'aval
	-	Angle d'ilot, milieu d'ilot, LF_courte	Fascines longues en angle ou milieu d'ilot
F5	+	Milieu d'ilot, AM_fascine	Fascines en milieu d'ilot avec des fascines à l'amont
	-	Entre deux ilots, LF_t-longue, AM_rien	Fascines très longues, entre deux ilots sans aménagement à l'amont

Tableau 7 : Regroupement des modalités contributives selon leur axe et leur signe

On fait ensuite une CAH sur le tableau de coordonnées des individus produit par l'AFCM, selon leur dissimilarité calculée avec la distance euclidienne. Le critère d'agrégation des individus est l'augmentation de l'inertie (critère de Ward). On observe la répartition des individus dans le dendrogramme créé (cf. fig. 16) pour déterminer le nombre de classes optimal. Ici, retenir six classes de fascines permet d'avoir une bonne distribution des individus.

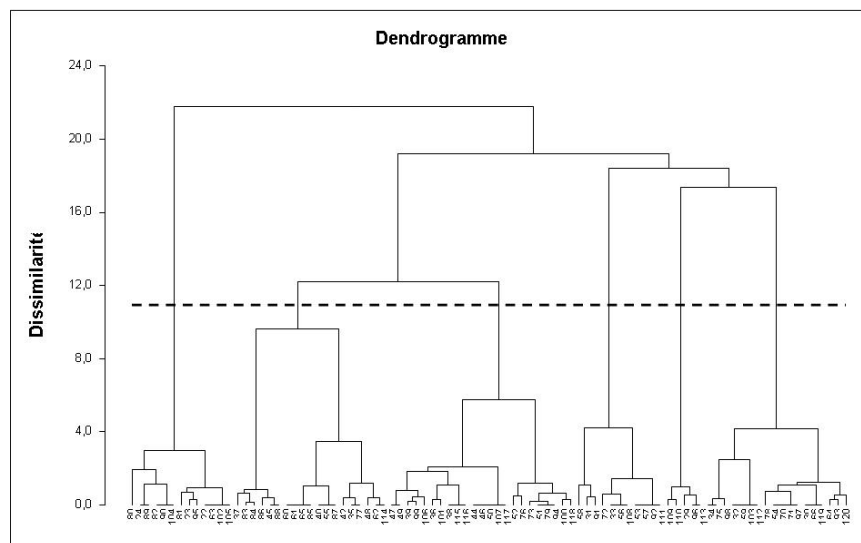


Figure 16 : Dendrogramme de dissimilarité des individus, en pointillés la séparation pour créer six classes

Les fascines sont réparties en six classes (cf. tab. 10).

	<b>Classe 1</b>	<b>Classe 2</b>	<b>Classe 3</b>	<b>Classe 4</b>	<b>Classe 5</b>	<b>Classe 6</b>
Nb individus	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>23</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>18</b>
	22	35	36	31	29	30
	23	37	38	33	96	32
	24	40	39	53	109	34
	63	42	44	56	110	54
	80	45	46	57	113	59
	81	48	47	58		64
	82	55	49	72		66
	89	60	50	91		70
	90	61	51	92		71
	95	62	52	108		75
	102	65	73	111		78
	104	77	76			93
	105	83	79			97
		84	94			98
		85	99			103
		86	100			112
		87	101			119
		88	106			120
		114	107			
			115			
			116			
			117			
			118			

*Tableau 8 : Composition des classes*

Sur le tableau de contributions des individus issu de l'AFCM, on additionne les contributions jusqu'à obtenir environ 80% (cf. annexe 8). On repère ensuite les signes de projection des individus retenus sur le tableau des coordonnées des individus (cf. annexe 9).

Pour chaque classe issue de la CAH, on regarde les individus et on identifie les axes et signes de projection correspondants en observant les individus les plus contributifs. Puis on repère à quelles modalités correspondent les axes et on corrige les éventuelles incohérences à l'aide du tableau d'origine des données. Le tableau 13 présente les classes issues du croisement entre l'AFCM et la CAH. Le tableau 14 présente les fascines correspondant à la classe 1. On peut voir que ce sont bien des fascines courtes ou moyennes, en angle avec de l'herbe à l'aval. Certaines exceptions apparaissent (la fascine 81 est longue, les fascines 22, 24, 89 et 95 n'ont pas d'herbe à l'aval). Ceci s'explique par le fait que l'interprétation de l'AFCM se fait en sélectionnant les axes les plus

représentatifs des classes obtenues avec la CAH ; ces axes ne représentent pas forcément avec exactitude les classes obtenues.

Classe	Axes représentatifs	Résultat
1	F1+, F3+	Fascines courtes ou moyennes, en angle avec de l'herbe à l'aval
2	F1-, F3+	Fascines de taille moyenne en milieu d'ilot au milieu d'une série de fascines et pouvant avoir de l'herbe à l'aval
3	F5-, F2-	Fascines très longues situées entre deux ilots pouvant avoir de l'herbe à l'amont
4	F2-, F3-, F4+	Fascines longues situées entre deux ilots avec de l'herbe à l'amont et pas d'aménagement à l'aval
5	F2+, F4+	Fascines courtes en bordure d'ilot avec de l'herbe à l'amont et un aménagement autre que des fascines et de l'herbe à l'aval
6	F2+, F3-, F5+	Fascines longues en milieu ou bordure d'ilot avec des fascines à l'amont et éventuellement un aménagement autre que des fascines et de l'herbe à l'aval

Tableau 9 : Thème « Caractéristiques des fascines », classes obtenues

Id fascine	Position	Longueur	Aménagement aval
22	angle d'ilot	LF_moyenne	AV_herbe
23	angle d'ilot	LF_moyenne	AV_rien
24	angle d'ilot	LF_courte	AV_rien
63	angle d'ilot	LF_moyenne	AV_herbe
80	angle d'ilot	LF_moyenne	AV_herbe
81	angle d'ilot	LF_longue	AV_herbe
82	angle d'ilot	LF_courte	AV_herbe
89	angle d'ilot	LF_courte	AV_rien
90	angle d'ilot	LF_courte	AV_herbe
95	angle d'ilot	LF_moyenne	AV_fascine
102	angle d'ilot	LF_moyenne	AV_herbe
104	angle d'ilot	LF_courte	AV_herbe
105	angle d'ilot	LF_moyenne	AV_herbe

Tableau 10 : Fascines correspondant à la classe 1

La même méthode a été employée pour les deux autres thèmes en effectuant une AFCM et une CAH. Les classes obtenues sont présentées dans les tableaux 14 et 15.

Classe	Axes représentatifs	Résultat
1	F1+, F2-, F4-	Fascines avec une petite zone contributive ayant une grande part de zones de forte pente, des pentes médiane et aval très fortes
2	F4+, F1-, F2+	Fascines avec une zone contributive très grande n'ayant pas ou très peu de zones de forte pente, des pentes médiane et aval faibles
3	F2+, F3+	Fascines avec une zone contributive moyenne ayant un pourcentage moyen de zones de forte pente, des pentes médianes et aval fortes
4	F1-, F2-, F3+	Fascines avec une zone contributive petite ou moyenne n'ayant pas de zones de forte pente, des pentes médianes et aval faibles
5	F4-, F3-	Fascines avec une petite zone contributive n'ayant pas de zones de forte pente, des pentes médiane et aval moyennes

Tableau 11 : Thème « Caractéristiques des BV des fascines », classes obtenues

Classe	Axes représentatifs	Résultat
1	F4+, F1+	Fascines en moyen état, ni débordées ni ravinées et retenant peu de sédiments
2	F1+, F2-, F3-, F4-	Fascines en moyen état, débordées, pouvant être ravinées et retenant beaucoup de sédiments
3	F3+, F2-	Fascines en moyen état, pouvant être débordées et ravinées et retenant moyennement de sédiments
4	F1-, F3-, F4+	Fascines souvent en mauvais état, pouvant être débordées, non ravinées et retenant peu ou moyennement de sédiments
5	F1-, F2+, F3+, F4-	Fascines en bon état, ni débordées ni ravinées et ne retenant pas de sédiments

Tableau 12 : Thème « Efficacité et suivi des fascines », classes obtenues

Une dernière analyse (AFCM/CAH) est faite prenant comme variables les trois thèmes et comme modalités les classes dégagées lors des analyses précédentes. Le résultat est donné dans le tableau 16, qui présente les cinq classes de fascines qui ressortent de cette analyse.



Numéro	Classe	Fascines	Nb fascines
1	<p>Fascines en angle d'îlot ou entre deux îlots ayant de l'herbe à l'amont et soit de l'herbe soit aucun aménagement à l'aval.</p> <p>Fascines avec une zone contributive de taille moyenne avec un nombre moyen de zones de forte pente et des pentes médiane et aval fortes.</p> <p>Fascines en moyen état, ni débordées ni ravinées et retenant peu de sédiments.</p>	22, 34, 37, 45, 48, 50, 51, 52, 58, 71, 76, 77, 78, 79, 81, 90, 91, 92, 102, 105, 108	21
2	<p>Fascines courtes situées en bordure d'îlot, ayant de l'herbe à l'amont et un aménagement (autre que fascine et herbe) à l'aval.</p> <p>Fascines avec une petite zone contributive avec beaucoup de zones de forte pente et des pentes médiane et aval très fortes.</p> <p>Fascines en moyen état, débordées, pouvant être ravinées et retenant beaucoup de sédiments.</p>	31, 35, 36, 38, 44, 46, 53, 57, 66, 111	10
3	<p>Fascines très longues, situées entre deux îlots, ayant soit de l'herbe, soit aucun aménagement à l'amont.</p> <p>Fascines avec une petite zone contributive avec beaucoup de zones de forte pente et des pentes médiane et aval très fortes.</p> <p>Fascines en moyen état, pouvant être débordées et ravinées et retenant moyennement de sédiments.</p>	39, 40, 47, 49, 60, 62, 87, 88, 99, 100, 101, 106, 107, 116, 117, 118	16
4	<p>Fascines courtes ou moyennes, en angle ou milieu d'îlot ayant une ou plusieurs fascines à l'amont et de l'herbe ou une ou plusieurs fascines à l'aval.</p> <p>Fascines avec une zone contributive très grande ayant peu ou aucune zone de forte pente et des pentes médiane et aval faibles.</p> <p>Fascines souvent en mauvais état, pouvant être débordées, non ravinées et retenant peu ou moyennement de sédiments.</p>	23, 24, 29, 54, 59, 63, 64, 70, 75, 80, 82, 89, 95, 96, 98, 104, 109, 110, 112, 113, 114, 115, 119	23
5	<p>Fascines longues en milieu ou bordure d'îlot avec une ou plusieurs fascines à l'amont et aucun aménagement ou autre que fascines et herbe à l'aval.</p> <p>Fascines avec une zone contributive petite n'ayant pas de zone de forte pente et des pentes médiane et aval moyennes.</p>	30, 32, 33, 42, 55, 56, 61, 65, 72, 73, 83, 84, 85, 86, 93, 94, 97, 103, 120	19

Tableau 13 : Classes finales de fascines

### 3.4) L'arbre de décision

Un arbre de décision est intéressant dans cette étude pour prédire le comportement que pourront adopter les fascines en fonction de paramètres physiques (caractéristiques des fascines et des BV associés).

Les paramètres décrivant les bassins versants et les fascines représentent donc les variables en entrée de l'arbre (nœuds). Les paramètres associés à l'aval des fascines (« pente aval » et « aménagement aval ») sont retirés car ils n'ont a priori qu'une influence très faible sur le comportement des fascines. Le tableau 17 présente les données retenues pour la création de l'arbre de décision. Comme on veut prédire les comportements des fascines, les cinq classes « Efficacité et suivi des fascines » établies précédemment seront les résultats (feuilles).

La figure 17 présente l'arbre de décision obtenu en utilisant l'algorithme *J48* sur les sept critères retenus. Il faut rapporter les numéros contenus dans les feuilles aux classes « d'Efficacité et suivi » rappelées dans le tableau 18.

Paramètre	
entrée	Position
	Longueur
	Aménagement amont
	Zone contributive
	Pente médiane
	Zone de forte pente
sortie	Efficacité et suivi

Tableau 14 : Variables de l'arbre de décision

Classe	Résultat
1	Fascines en moyen état, ni débordées ni ravinées et retenant peu de sédiments
2	Fascines en moyen état, débordées, pouvant être ravinées et retenant beaucoup de sédiments
3	Fascines en moyen état, pouvant être débordées et ravinées et retenant moyennement de sédiments
4	Fascines souvent en mauvais état, pouvant être débordées, non ravinées et retenant peu ou moyennement de sédiments
5	Fascines en bon état, ni débordées ni ravinées et ne retenant pas de sédiments

Tableau 15 : Classes « Efficacité et suivi des fascines »

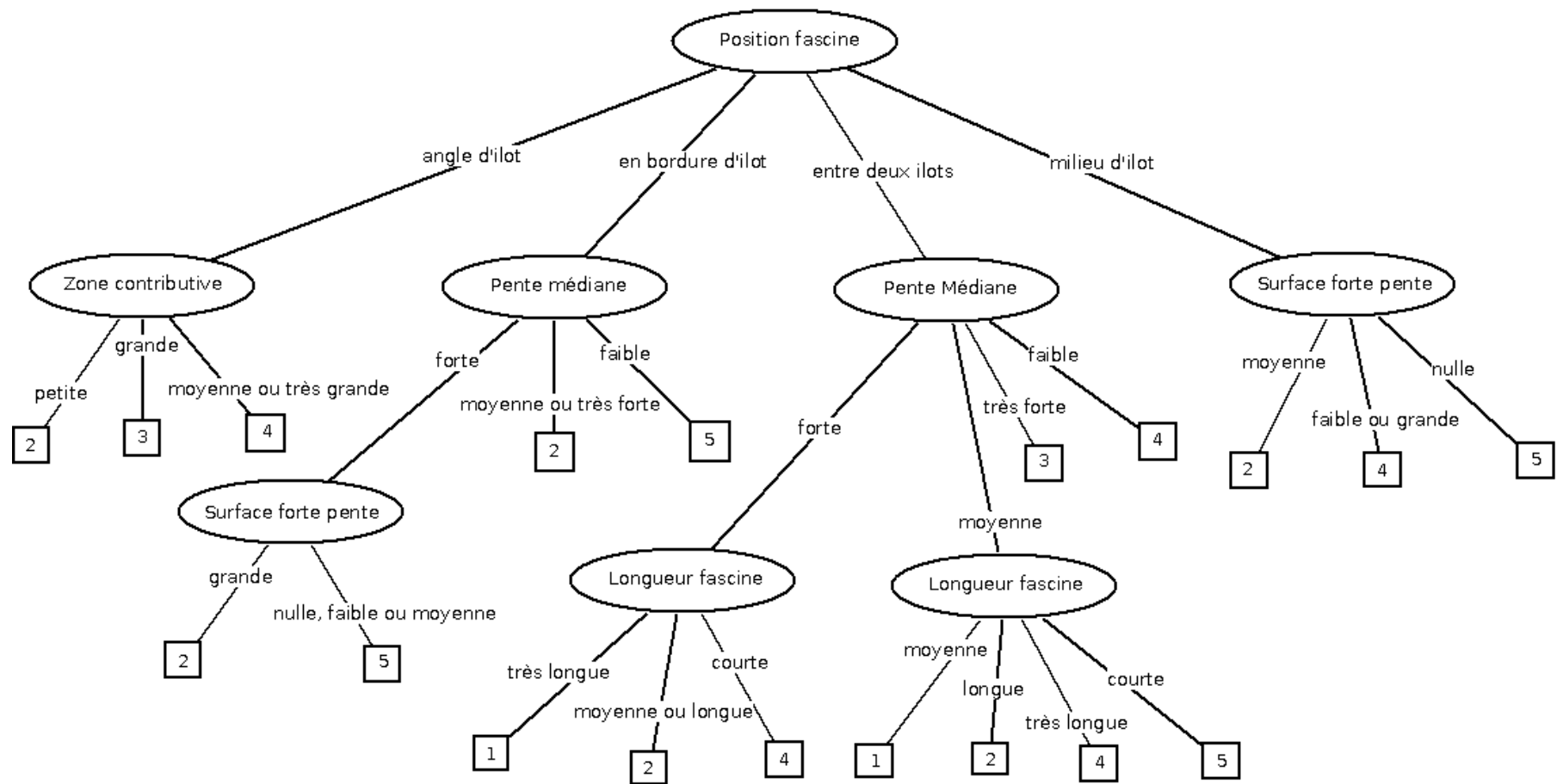


Figure 17 : Arbre de décision final prédisant le comportement des fascines

La position de la fascine est l'attribut qui sépare le mieux les individus. C'est le nœud principal de l'arbre (racine) et le plus déterminant pour prédire le comportement des fascines. Au contraire les nœuds représentant la longueur de la fascine sont les plus bas, cet attribut est donc le moins significatif. L'aménagement amont n'est pas présent en tant que nœud dans l'arbre. Cela signifie qu'il n'apporte pas d'information pour déterminer le fonctionnement de la fascine. L'arbre comporte quatre niveaux, huit nœuds, vingt-six branches et dix-neuf feuilles. Pour exploiter cet arbre il faut sélectionner une fascine et ses caractéristiques. On part de la racine et on descend dans l'arbre en suivant les branches correspondant aux critères de la fascine. Ceci jusqu'à arriver à une feuille qui représente la classe d'appartenance de la fascine. Différents chemins sont possibles pour arriver à une classe.

# **Partie IV : Interprétations et discussions**

---

## **4.1) La base de données**

Une base de données permet de disposer de l'information sous format numérique. L'information est archivée et ne peut être perdue à condition de réaliser des sauvegardes de cette base. Les données sont structurées, ce qui garantit leur uniformité sur le long terme et évite de nombreuses erreurs. La base peut être partagée entre plusieurs personnes ou entités via un réseau informatique, auquel cas plusieurs personnes peuvent y accéder en même temps. Cela fonctionne par un système de requêtes adressé par les utilisateurs à la base. La base analyse les requêtes et retourne l'information demandée. De plus il est possible d'affecter des droits particuliers à chaque utilisateur (uniquement consultation, modification, ...). Une base de données est un bon moyen pour partager des informations car elle peut être transmise pour être exploitée sur un autre réseau.

Dans le cas des fascines, une base de données pourrait être partagée entre les entités concernées : Conseil Général du Bas-Rhin, Chambre d'Agriculture, Association pour la Relance Agronomique en Alsace,... Cette base pourrait aussi être mise à disposition de régions qui envisagent de mettre en place des fascines ou des ouvrages équivalents. Les fascines sont encore relativement nouvelles comme moyen de lutte contre l'érosion ; seules quelques régions ont décidé de mettre en place de tels ouvrages. Les informations et synthèses tirés de la base développée peuvent alors être utiles dans d'autres régions. Pour cela, la base doit être complète et proposer une structure simple.

## **4.2) Les relevés de terrain**

La pertinence des relevés de terrain effectués est à relativiser car la présence de sédiments à l'amont des fascines dépend des événements pluvieux survenus auparavant. Une fascine n'ayant pas connu d'intenses épisodes pluvieux ne présentera aucune trace de sédiments mais ne sera pas pour autant forcément mal placée. Malgré tout, depuis 2009 (les fascines étaient alors presque toutes en place), il est fort probable que chaque fascine ait connu des événements pluvieux ayant engendré du ruissellement.

Ces relevés ont été effectués dans la même période (mars-mai 2011), avant le début des gros orages de printemps. Les boues présentes sont donc anciennes et, sauf événement particulier, aucune fascine n'aura connue de récentes coulées d'eaux boueuses. Cela permet de s'assurer d'avoir

un jeu de données uniforme pour l'ensemble des fascines du Bas-Rhin. Comme souligné précédemment, le mieux serait de mettre en relation les événements pluvieux survenus avec les hauteurs de sédiments constatés. Cependant, il faudrait pour cela exploiter des données météorologiques précises en terme géographique et temporel. En effet, les violents orages sont souvent très localisés et les données pluviométriques localisées n'existent pas. De plus, il faudrait exploiter les données météorologiques journalières pour avoir une précision suffisante. Les fascines ayant été, pour la plupart, posées en 2009, cela représente une large période temporelle.

La méthode de relevés employée permet d'estimer la capacité de rétention de sédiments des fascines. Pour mesurer efficacement la quantité de sédiments présents à l'amont d'une fascine, il faut utiliser une méthode de calcul distincte selon la forme des sédiments piégés par la fascine (cf. fig. 18). Cependant les sédiments se présentent rarement sous une forme qui permet d'appliquer la méthode. Les visites effectuées confirment le fait que les sédiments se présentent rarement sous forme de cône mesurable. La proposition, qui a été faite, d'estimer seulement la hauteur se justifie donc.

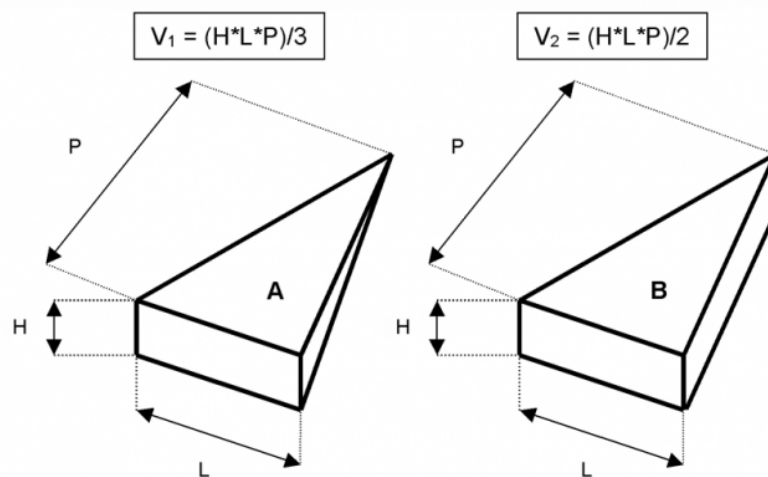


Figure 18 : Méthodes de calcul du volume de terre accumulée en amont de la fascine, source : Rey, 2007

### 4.3) Les calculs effectués sous SIG

Le calcul des zones contributives n'est pas optimal. En effet les motifs agraires ne sont pas pris en compte et le MNT seul n'est pas suffisant pour représenter au mieux l'orientation des écoulements. Pour calculer des zones contributives optimales, Il faudrait utiliser un modèle

supplémentaire comme le modèle *Tillage Controlled Runoff Pattern* (TRCP). Cependant ce modèle est relativement lourd à mettre en place pour l'ensemble des fascines. De plus le calcul des zones contributives est ensuite discrétisé en classe pour l'analyse, ce qui réduit sa précision. Ce calcul n'a donc pas besoin d'être optimal mais doit approximer la réalité.

## **4.4) Les analyses de données**

### **4.4.1) L'échantillon de données**

Toutes les fascines n'ont pas été intégrées dans l'analyse de données car certaines ont été posées pendant la période avril-mai 2011 et sont donc trop récentes. En effet, les observations visant à évaluer l'efficacité et le suivi des fascines ne peuvent être appliquées à des fascines aussi récentes. C'est le cas des fascines de Gingsheim (4 fascines). Cependant les quatre-vingt neuf individus retenus représentent presque la totalité des fascines et une base suffisamment représentative pour effectuer les analyses. D'autres fascines situées dans des communes excentrées (Soultz-les-Bains, 1 fascine et Soultz-sous-Forêts, 5 fascines) n'ont également pas été prises en compte dans les analyses.

### **4.4.2) Les résultats**

Les analyses ont permis d'obtenir quatre classifications de fascines, une sur chaque grand thème et une regroupant les trois thèmes classifiant les fascines selon leurs caractéristiques, celles de leur BV et leur comportement. Concernant le comportement, la classe 1 peut se rapporter aux fascines qui fonctionnent un peu (peu de sédiments retenus). La classe 2 représente les fascines qui marchent bien (beaucoup de sédiments) mais qu'il faudrait surélever (débordées). Les classes 2 et 3 se rapportent aux fascines ayant un comportement moyen (état et sédiments moyens). Enfin, la classe 5 correspond aux fascines ne fonctionnant pas (pas de sédiments).

Lors de la mise au point de la méthode d'analyse de données il a fallu faire des choix pour décider de l'orientation à donner à cette analyse. En effet les données sont nombreuses, et les méthodes d'analyse le sont tout autant. De même l'exploitation des AFCM repose sur une méthode établie mais possède une part d'interprétation personnelle selon le nombre de modalités retenues comme significatives ou pour la CAH, le nombre de classes choisi.



## 4.5) L'arbre de décision

### 4.5.1) Les résultats

Le tableau 19 présente les résultats obtenus en exploitant l'arbre de décision. Cela consiste en un ensemble de règles de décisions.

Num	Prémises	Classe
1	Fascines très longues situées entre deux ilots avec une pente médiane forte	1
2	Fascines de longueur moyenne situées entre deux ilots avec une pente médiane moyenne	
3	Fascines en angle d'ilot avec une petite zone contributive	2
4	Fascines en bordure d'ilot avec pente médiane forte et une grande surface de forte pente	
5	Fascines en bordure d'ilot avec une pente médiane moyenne à forte	
6	Fascines de longueur moyenne à longue situées entre deux ilots et avec une pente médiane forte	
7	Fascines longues situées entre deux ilots et avec une pente médiane moyenne	
8	Fascines en milieu d'ilot avec une surface de forte pente de taille moyenne	
9	Fascines en angle d'ilot avec une grande zone contributive	3
10	Fascines entre deux ilots avec une pente médiane très forte	4
11	Fascines en angle d'ilot avec une zone contributive moyenne ou très grande	
12	Fascines courtes situées entre deux ilots avec une pente médiane forte	
13	Fascines longues situées entre deux ilots avec une pente médiane moyenne	
14	Fascines entre deux ilots avec une pente médiane faible	
15	Fascines en milieu d'ilot avec une surface de forte pente petite ou grande	
16	Fascines en bordure d'ilot avec une pente médiane forte et une surface de forte pente nulle à moyenne	5
17	Fascines en bordure d'ilot avec une pente médiane faible	
18	Fascines courtes entre deux ilots avec une pente médiane moyenne	
19	Fascines en milieu d'ilot avec une surface de forte pente nulle	

Tableau 16 : Règles prédisant le comportement des fascines

Nous obtenons dix-neuf règles conduisant à cinq types de comportements possibles. L'arbre se base sur des données existantes pour créer un ensemble de prédictions. Cet arbre permettra de prédire le comportement que pourront montrer les fascines implantées lors de futures campagnes.

Selon l'arbre de décision, tous les critères permettent de séparer les individus hormis les aménagements présents à l'amont ; ce critère n'est donc pas présent dans l'arbre. Les fascines qui fonctionnent quelque peu (classe 1) se retrouvent notamment dans la branche de l'arbre avec une pente médiane forte et une longueur de fascines très longue. Ceci peu s'expliquer par le fait que les

sédiments se trouvent répartis sur toute la longueur de la fascine. Les fascines qui marchent bien se retrouvent dans les branches de forte pente (pentes médianes et surfaces de forte pente moyennes à très grandes). En effet les zones de forte pente amènent beaucoup de sédiments. A priori les futures fascines possédant les caractéristiques correspondant à ces branches seront les fascines qui fonctionneront le mieux. Les fascines qui ne marchent pas (classe 5) se retrouvent dans les branches de pentes faibles ou nulles. Cela se justifie car les pentes faibles ou nulles impliquent que peu de sédiments sont transportés. La branche de fascines en bordure d'îlot correspond seulement à deux classes (2 et 5), fascines ayant bien marché ou pas du tout.

#### **4.5.2) Critique des résultats de l'arbre de décision**

Les règles obtenues sont précises car l'ensemble de variables en entrée donne une description précise des fascines. Il serait intéressant de regrouper ces règles pour créer des règles plus générales et ainsi faciliter l'utilisation de cet arbre. On peut également envisager de regrouper les variables en entrée de l'arbre afin de simplifier l'arbre. Ici l'arbre produit se base sur les critères des fascines et des BV associés pour prédire des comportements. On peut envisager de séparer les critères des fascines de ceux des BV pour créer deux arbres distincts. De même, d'autres arbres de décision seraient intéressants à produire, indiquant le dimensionnement et le positionnement des fascines. On pourrait aussi affiner le résultat de l'arbre en ajoutant des critères comme la forme du bassin versant qui influe sur les concentrations de ruissellement. Tous ces aspects seront traités dans le temps restant avant la fin de ce stage.

La présence du paramètre « état de la fascine » est discutable car dépendant de l'ancienneté de la fascine. Cependant les fascines ont été posées entre 2008 et 2009 (hormis celles de Gingsheim qui n'ont pas été prises en compte dans l'analyse).

## Conclusion

---

Les fascines sont un moyen simple et peu coûteux pour lutter contre les coulées d'eaux boueuses. Cependant elles ne font pas l'unanimité chez les exploitants et leur mise en place se fait toujours après une phase de négociations. Parvenir à déterminer les critères optimaux définissant leur mise en place peut aider à favoriser la pose de fascines qui seront efficaces en choisissant les meilleurs emplacements et, par conséquent, aider à limiter les gênes pour les exploitants ainsi que limiter les coûts financiers.

Le recensement des fascines du Bas-Rhin a pris beaucoup de temps mais cela a permis d'obtenir une base géo-localisée de toutes ces fascines. Cela peut être très utile pour de futures études, afin notamment de pouvoir extraire des informations des tables attributaires et de retrouver aisément l'emplacement de ces fascines dans les communes.

Cette étude apporte trois résultats :

1. Une base de données géolocalisée recensant l'ensemble des fascines du Bas-Rhin
2. Une analyse permettant d'identifier des classes et des critères pertinents pour décrire les fascines
3. Un ensemble de règles de décision issues de l'arbre de décision

L'arbre permet de prédire le comportement *a posteriori* de fascines en fonction de leurs caractéristiques et de ceux de leur espace d'implantation. Une classe se dégage comme représentant les fascines qui retiennent beaucoup de sédiments. Les branches de l'arbre qui mènent à cette classe (classe 2) semblent donc être les critères optimaux pour avoir les fascines les plus efficaces. Cela correspond à quatre types de fascines :

1. Fascines en angle d'ilot avec une petite zone contributive
2. Fascines en bordure d'ilot avec une pente médiane moyenne à forte et une grande surface de forte pente
3. Fascines de longueur moyenne à longue situées entre deux ilots et avec une pente médiane moyenne à forte
4. Fascines en milieu d'ilot avec une surface de forte pente de taille moyenne

Les branches menant aux classes 1, 3 et 4 mènent aussi à des fascines qui fonctionnent car retenant tout de même une certaine quantité de sédiments. Au contraire les branches menant à la classe 5 représentent les fascines qui ne marchent pas et il faut donc a priori éviter de placer des fascines en suivant ces critères. Cependant, il faut tout de même relativiser ces règles de décisions car certains critères ne varient que peu entre branches différentes.

La base de données représente un outil de suivi temporel des fascines. Cependant pour rester à jour, cette base devra être alimentée avec les nouvelles fascines et avec de nouveaux relevés de terrain. Ces relevés devraient être effectués régulièrement pour suivre l'évolution de l'état des fascines et ainsi pouvoir affiner les prévisions en ajoutant de nouvelles données.

Cette étude ouvre de nombreuses perspectives, dont certaines pourront être traitées durant le dernier mois de ce stage. Le choix des attributs utilisés dans les analyses et du nombre de classes associées et à affiner et d'autres arbres sont envisageables.

## Perspectives

---

Comme souligné plus haut, pour réaliser une observation complète des fascines, il faudrait disposer des données météorologiques associées. Cependant ces données ne sont pas disponibles. On pourrait donc envisager d'installer des stations d'observation météorologiques pour un échantillon représentatif de fascines afin de pouvoir disposer de telles données. De même les méthodes de relevés mises au point pour cette étude permettent seulement d'établir un indicateur de capacité de rétention de sédiments. On pourrait envisager des relevés plus poussés afin de disposer de données précises. D'autres arbres de décision vont être testés et comparés à celui déjà produit en termes d'information apportée. On peut de plus envisager de réaliser des arbres ne prédisant pas des classes de comportements mais des classes de position et dimensionnement (les classes « caractéristiques des fascines ») créés lors des analyses, en fonction des caractéristiques des BV. Il serait également intéressant de pouvoir établir un ensemble d'informations (nombre de fascines, longueur, localisation, ...) en prenant en entrée un bassin versant (toutes ses caractéristiques).

Parallèlement à ce stage, un travail est mené pour évaluer la perception des agriculteurs sur les phénomènes de coulées d'eaux boueuses. Des questionnaires sont passés pour récolter les informations puis une analyse de données est faite. Les résultats de ces questionnaires et de ces analyses seront intégrés dans la base de données. De plus on peut envisager de créer un indice de perception des agriculteurs vis-à-vis des fascines, indicateur qui pourra être intégré dans les analyses produites lors de cette étude. Cela permettra d'introduire un facteur humain qui pourrait s'avérer utile. En effet, l'implantation des fascines se fait toujours après une phase de négociation avec les exploitants et après leur installation, les fascines sont plus ou moins bien acceptées (et entretenues), en fonction de leur taille et surtout de leur emplacement sur les parcelles agricoles.

Enfin, comme souligné auparavant, la base de données, les analyses de données et l'arbre de décision, constituent un ensemble d'informations qui pourrait être partagé avec d'autres régions désirant réaliser une étude de mise en place de fascines ou d'un autre ouvrage d'hydraulique douce. La *geodatabase* permet d'accéder facilement à de l'information spatialisée. On pourrait par exemple extraire une cartographie de toutes les fascines ravinées ou de toutes les fascines en mauvais état qu'il faudrait entretenir.

## Bibliographie

---

Armand R., 2009, Etude des états de surface du sol et de leur dynamique pour différentes pratiques de travail du sol. Mise au point d'un indicateur de ruissellement, Univ. L. Pasteur, Strasbourg, 208 p.

Auzet A., 1990, L'érosion des sols par l'eau dans les régions de grande culture : Aspect aménagement, Centre d'Etude et de Recherches Eco-géographiques, Univ. L. Pasteur, Strasbourg, 44 p.

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

Bennis S., 2007, Hydraulique et hydrologie, Multimondes, 452 p.

Boiffin J., 1984, La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies, Institut National d'Agronomie de Paris Grignon, 320 p.

Cibois P., 2006, Principe de l'analyse factorielle, Univ. Versailles, 34 p.

Damay J. et Solau J., 1990, L'érosion des sols cultivés en Picardie, mise en place d'aménagements antiérosifs, Chambre d'Agriculture de l'Aisne, Laon, 21 p.

Di Gallo, 2001, Méthodologie des systèmes d'information – MERISE, CNAM Angoulême, 101 p.

Dumas, 2009, Optimisation des micro-ouvrages de lutte contre les coulées d'eaux boueuses par la modélisation, Univ. L. Pasteur, Strasbourg, 45 p.

Dunham M. H., 2003, Data Mining, Introductory and Advanced Topics, Prentice Hall, New Jersey, pages 58 à 101.

Escofier B. et Pages J., 1988, Analyses factorielles simples et multiples ; objectifs, méthodes et interprétation, Dunod, Paris, pages 47 à 66.

Evrard O., Persoons E., Vandaele K. et Vesemael B. van, 2006, Effectiveness of erosion mitigation measures to prevent muddy floods: A case of study in the Belgian loam belt, Agriculture, Ecosystems & Environment, pages 149 à 158.

Gonzales P., Analyse en composantes principales, CNAM, 26 p.

Heitz C., 2005, Etude de la perception du risque de catastrophes naturelles relatif aux coulées de boue par les acteurs de communes périurbaines. Approche méthodologique et analyse d'enquêtes (Sundgau - Alsace), 158 p.

Jalby V., 2010, Analyse des données, Analyse factorielle des correspondances (AFC), Univ. Limoge, 3 p.

Labonne S., Rey F., Girel J., Evette A., 2007, Historique des techniques de génie biologique appliquées aux cours d'eau. Ingénieries, n°52, Décembre 2007. CEMAGREF, pages 37 à 47.

Le Ber F., 2009, Analyse de données, Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement (ENGEES), Strasbourg, 40 p.

Le Bissonais Y., Thorette J. Bardet C., Daroussin J., 2002, L'érosion hydrique des sols en France, INRA/IFEN, Orléans, 108 p.

Lebreton-Thaler A., 2001, Guide des sols d'Alsace, Petite région naturelle n°5, CAP Environnement, 226 p.

Lecoutre E., 2003, Méthodes de statistiques multifactorielles, Analyse en Composante Principale, Institut de statistique, UCL.

Ludwig B., 2009, Visite de site d'Erlon, Sorange, document de travail, 27 p.

Noelison JM., 2010, Constitution d'une base de données en matière de prévention de l'érosion des sols et des coulées d'eaux boueuses – Mise au point d'une méthode d'analyse, Ecole ENGEES, Strasbourg, 76 p.

Pacevicius A., 2008, Lutte contre l'érosion des sols et des coulées d'eaux boueuses : Utilisation de méthodes rustiques, Univ L. Pasteur, Strasbourg, 50 p.

## Sitographie

---

- Agence de l'eau Rhin-Meuse : <http://www.eau-rhin-meuse.fr>
- ARAA : <http://www.araa-agronomie.org>
- CEMAGREF : <http://www.cemagref.fr>
- Chambres d'Agriculture : <http://paris.apca.chambagri.fr>
- Conseil Général Bas-Rhin : <http://www.bas-rhin.fr>
- Conseil Régional Alsace : <http://www.region-alsace.eu>
- DIREN Alsace : <http://www.alsace.ecologie.gouv.fr>
- Keraunos (orages) : <http://www.keraunos.org>
- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche : <http://agriculture.gouv.fr>
- ScienceDirect : <http://www.sciencedirect.com>

## Liste des abréviations et sigles

---

ARAA :	Association pour la Relance Agronomique en Alsace
CG67 :	Conseil Général du Bas-Rhin
CIGAL :	Coopération pour l'Information Géographique en Alsace
CNRS :	Centre National de la Recherche Scientifique
DIREN :	Direction Régionale de l'ENvironnement
ENGEES :	Ecole Nationale du Génie de l'Eau et de l'Environnement de Strasbourg
GERIHCO :	GEstion des Risques et HIstoires des COulees de boues
IGN :	Institut Géographique National
LHYGES :	Laboratoire d'HYdrologie et de GEochimie de Strasbourg
UdS :	Université de Strasbourg

### Techniques :

ACP :	Analyse en Composantes Principales
AFC :	Analyse Factorielle des Correspondances
AFCM :	Analyse Factorielle des Correspondances Multiples
BD :	Base de données
BV :	Bassin versant
CAH :	Classification Ascendante Hiérarchique
MCD :	Modèle Conceptuel de Données
MLD :	Modèle Logique de Données
MNT :	Modèle Numérique de Terrain
SGBDR :	Système de Gestion de Bases de Données Relationnelles
SIG :	Système d'Informations Géographiques
TCSL :	Techniques Culturelles Sans Labour
WEKA :	Waikato Environment of Knowledge Analysis



## Table des figures

---

<i>Figure 1 : Cartes des orages forts Mai, Juin, Juillet 2009, Source : Keraunos</i> .....	9
<i>Figure 2 : Distribution saisonnière des coulées d'eau boueuse, Source : base des coulées boueuse, Cartographie : INRA Orléans, Kaléidos, Le Bissonnais et al., 2002</i> .....	10
<i>Figure 3 : Répartition des coulées de boue associées à l'érosion des sols (1985-2004) par zones hydrographiques de la BD Carthage, Auzet et al., 2005</i> .....	11
<i>Figure 4 : Exemple de champ en TCSL, Bas-Rhin, cliché : Valentin, 2011</i> .....	13
<i>Figure 5 : Haie sur talus avec fossé, Seine-Maritime, cliché : Armand, 2004</i> .....	14
<i>Figure 6 : Projet de mesures de lutte pour la commune de Pfaffenhoffen (Bas-Rhin), Source : M. Batt, Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin</i> .....	16
<i>Figure 7 : Fascine / fascine vivante, Bas-Rhin, clichés : Valentin, 2011</i> .....	17
<i>Figure 8 : Carte des communes équipées de fascines en 2011, Bas-Rhin, Valentin, 2011, découpage communal : ENGEES</i> .....	24
<i>Figure 9 : Méthodes de relevés des sédiments retenus, Bas-Rhin, clichés : Valentin, 2011</i> .....	27
<i>Figure 10 : Relevés des traces d'anciens sédiments, Bas-Rhin, cliché : Valentin, 2011</i> .....	28
<i>Figure 11: Fascine débordée / fascine ravinée, Bas-Rhin, clichés : Valentin, 2011</i> .....	29
<i>Figure 12 : Calculs de zones contributives de fascines, auteur : Valentin, 2011</i> .....	31
<i>Figure 13 : Un arbre de décision</i> .....	35
<i>Figure 14 : Modèle Logique de Données (MLD) de la base</i> .....	39
<i>Figure 15 : Extrait de la cartographie des fascines, région Ettendorf (Bas-Rhin), auteur : Valentin, 2011, orthophotos : "COPIE ET REPRODUCTION INTERDITE BDORTHO®IGN - Prise de vue aérienne 2007, CIGAL 2008", découpage communal : ENGEES</i> .....	41
<i>Figure 16 : Dendrogramme de dissimilarité des individus, en pointillés la séparation pour créer six classes</i> .....	45
<i>Figure 17 : Arbre de décision final prédisant le comportement des fascines</i> .....	51
<i>Figure 18 : Méthodes de calcul du volume de terre accumulée en amont de la fascine, source : Rey, 2007</i> .....	55

## Table des tableaux

---

<i>Tableau 1 : Répartition des fascines dans les communes du Bas-Rhin</i> .....	23
<i>Tableau 2 : Variables non retenues pour l'analyse</i> .....	42
<i>Tableau 3 : Variables retenues pour l'analyse</i> .....	42
<i>Tableau 4 : Répartition des variables</i> .....	43
<i>Tableau 5 : Discrétisation des données quantitatives</i> .....	43
<i>Tableau 6 : Valeurs propres des axes</i> .....	44
<i>Tableau 7 : Regroupement des modalités contributives selon leur axe et leur signe</i> .....	45
<i>Tableau 8 : Composition des classes</i> .....	46
<i>Tableau 9 : Thème « Caractéristiques des fascines », classes obtenues</i> .....	47
<i>Tableau 10 : Fascines correspondant à la classe 1</i> .....	47
<i>Tableau 11 : Thème « Caractéristiques des BV des fascines », classes obtenues</i> .....	48
<i>Tableau 12 : Thème « Efficacité et suivi des fascines », classes obtenues</i> .....	48
<i>Tableau 13 : Classes finales de fascines</i> .....	49
<i>Tableau 14 : Variables de l'arbre de décision</i> .....	50
<i>Tableau 15 : Classes « Efficacité et suivi des fascines »</i> .....	50
<i>Tableau 16 : Règles prédisant le comportement des fascines</i> .....	57

# Annexes

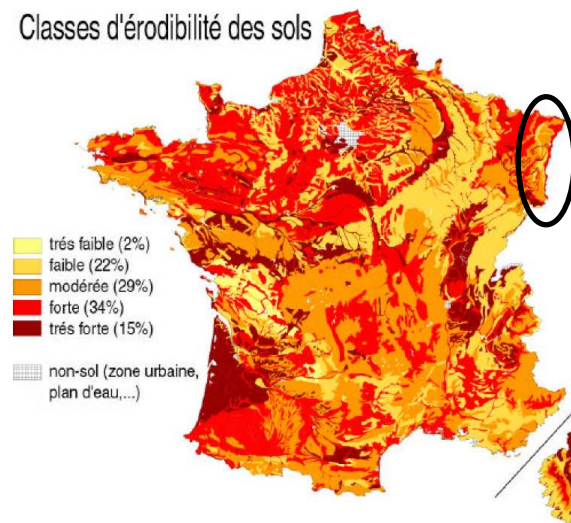
---

- Annexe 1 : Organigramme du laboratoire LHyGeS, mars 2010
- Annexe 2 : L'érodibilité des sols sur le territoire français (base de données géographiques des sols de France (INRA), 2002).
- Annexe 3 : Sensibilité à l'érosion, Alsace (Préfectures 67 et 68), IMFS, ULP-CNRS, 2007
- Annexe 4 : Fiche de relevés de terrain pour fascines, Valentin, 2011
- Annexe 5 : Extrait du tableau de données en entrée de l'analyse
- Annexe 6 : Contributions des modalités (%)
- Annexe 7 : Valeurs-test des modalités (en gras : valeurs significatives)
- Annexe 8 : Extrait du tableau de contribution des individus (%)
- Annexe 9 : Extrait du tableau des coordonnées des individus
- Annexe 10 : Extrait du tableau de données en entrée des AFCM et des CAH

<b>Directeur : Philippe ACKERER, DR CNRS</b> <b>Directeur adjoint : François CHABAUX, PU</b>		<b>EQUIPE DE DIRECTION</b> Administrateur : Y. Armando, IE2 Secrétaire du directeur : C. Nothisen, TCS (80 %) Gestion financière : D. Boutin, TCS F. Cerni, TCS (40 %) Secrétariat scientifique : D. Aunis, IEHC (50%)		
<b>Recherche</b>				
<b>BIOREACTIVITE DE LA PHASE SOLIDE</b> ♦ J.L. Crovisier		<b>GÉOCHIMIE ISOTOPIQUE ET CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT</b> ♦ F. Chabaux		<b>PROCESSUS ELEMENTAIRES ET MODELISATION</b> ♦ G. Schäfer
J.L. Crovisier, DR2 N. Clauer, DR1 ém. J. Duplay, CR1 G. Quaranta, MC T. Weber, MC		F. Chabaux, PU1 I. Combroux, MC F. Gauthier-Lafaye, DR2 J. Honnorez, PU ém. D. Lemarchand, MC M.C. Pierret, Phys. A S. Rihs, MC P. Stille, DR2 M. Trémolières, PU1 D. Viville, CR1		P. Ackerer, DR2 B. Ambroise, DR2 A. Auzet, PU2 B. Belfort, MC J. Carrayrou, MC B. Fritz, DR1 C. Grégoire, IDAE G. Imfeld, CR2 S. Lawniczak, MC F. Le Ber, ICGREF F. Lehmann, MC Y. Lucas, MC S. Payraudeau, MC F. Risacher, DR, IRD G. Schäfer, PU2 A. Younés, CR1
<i>Diffraction des Rayons X</i> A. Aubert, TCN J.L. Cézard, TCE F. Huber, IE2 <i>Microscopie électronique</i> G. Morvan, IE1C		<i>Spectrométrie ICP</i> I. Balouka, TCS R. Boutin, IR2 <i>Géochimie des eaux</i> S. Gangloff, AI <i>Analyses biologiques</i> C. Grac, IAE <i>Spectro. à thermo-ionisation</i> E. Pelt, IR2 T. Perrone, TCE		<i>Expérimentation</i> A. Arth, TCE (ULP) S. Cotel, IR2 P. Friedmann, TCS E. Pemin, TCN O. Razakarisoa, IR1 <i>SIG-Téledétection</i> A. Hermann, IR
<b>Services communs</b>				
<b>Formation permanente</b>	<b>Hygiène-Sécurité</b>	<b>Bibliothèque</b>	<b>Informatique</b>	<b>Edition scientifique</b>
R. Boutin, IR2	F. Huber, IE2 T. Perrone, TCE E. Pemin, T	B. Kieffer, IE1	A. Clément, IR1 N. Mahr, IEHC	D. Aunis, IEHC (50%)

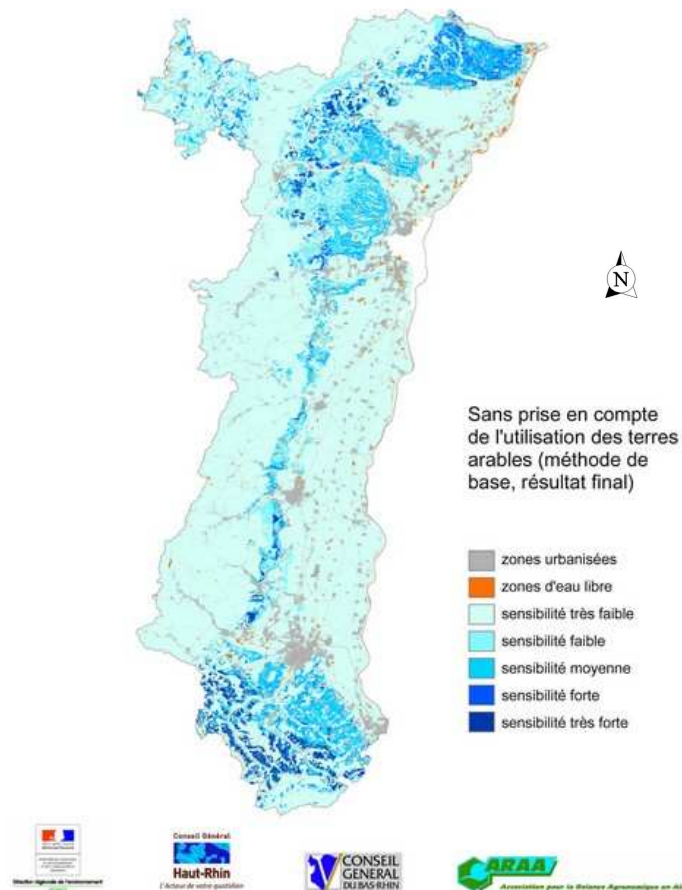
Annexe 1 : Organigramme du laboratoire LHyGeS, mars 2010

### Classes d'érodibilité des sols



Annexe 2 : L'érodibilité des sols sur le territoire français (base de données géographiques des sols de France (INRA), 2002).

### Sensibilité à l'érosion à la maille (20m)



Annexe 3 : Sensibilité à l'érosion, Alsace (Préfectures 67 et 68), IMFS, ULP-CNRS, 2007

## Formulaire de relevés fascine 2011

Date : .....

Fascine N°: .....

Commune : .....

Largeur : ..... cm

Hauteur : ..... cm

Vivante

Bande enherbée

Débordée

Contournée

Position :

- Angle d'îlot
- Limite d'îlot
- Entre deux îlots
- Milieu d'îlot

Etat :

- Bon
- Moyen
- Mauvais

Sédiments :  
1. .... cm / ..... cm  
2. .... cm / ..... cm  
3. .... cm / ..... cm  
4. .... cm / ..... cm

Traces :  
1. .... cm  
2. .... cm  
3. .... cm  
4. .... cm



Commentaires : .....  
.....  
.....  
.....

*Annexe 4 : Fiche de relevés de terrain pour fascines, Valentin, 2011*

<b>Table</b>	<b>Contenu</b>
BV	Bassins versants possédants des fascines
Commune	Communes possédants des fascines
Even_pluvieux	Informations sur les évènements pluvieux ayant survenus. Associés aux BV
Exploitant	Exploitants agricoles possédant des fascines
Exploitation	Exploitations agricoles dirigée par un exploitant et associée à une commune
Fascine	Informations sur les fascines du Bas-Rhin. Associé à un ilot et une parcelle
Ilot_PAC	Ilot de culture défini par la PAC
Questionnaire	Résultat des questionnaires passés auprès des exploitants. Associé à un exploitant
Parcelle_cadastrale	Parcelle de culture définie selon le cadastre
Releve_fascine	Relevés de terrain faits sur les fascines. Associé à une fascine

*Annexe 5 : Tables de la base de données*

Modalité	F1	F2	F3	F4	F5
angle d'îlot	20,367	2,764	3,619	10,707	0,025
bordure d'îlot	0,001	24,898	0,984	4,088	0,659
entre deux îlots	6,225	15,811	0,529	4,868	9,910
milieu d'îlot	7,528	0,180	0,075	8,091	18,122
Total Position	34,121	43,654	5,207	27,754	28,717
LF_courte	7,320	4,997	3,565	19,252	0,659
LF_longue	0,166	7,588	11,964	15,052	1,190
LF_moyenne	2,799	0,091	26,830	0,006	0,058
LF_t-longue	3,229	1,512	4,468	2,187	13,590
Total longueur	13,514	14,187	46,827	36,497	15,498
AM_fascine	9,387	0,052	0,118	0,855	20,374
AM_herbe	4,915	10,351	0,034	12,873	8,002
AM_rien	3,334	0,506	0,049	2,998	19,188
Total Amenag_ament	17,636	10,908	0,201	16,725	47,564
AV_autre	0,385	26,720	0,612	16,696	2,909
AV_fascine	18,370	0,361	5,376	0,060	2,322
AV_herbe	14,317	0,619	18,846	0,252	1,138
AV_rien	1,657	3,550	22,932	2,015	1,853
Total Amenag_aval	34,728	31,251	47,765	19,023	8,221
<b>Cumul des contributions</b>	<b>77,289</b>	<b>77,780</b>	<b>80,572</b>	<b>82,671</b>	<b>81,184</b>

 Positif  
 Négatif

Annexe 6 : Contributions des modalités (%)

Modalité	F1	F2	F3	F4	F5
angle d'îlot	6,466	-2,103	2,359	-3,860	-0,176
bordure d'îlot	-0,054	7,019	-1,368	2,652	1,006
entre deux îlots	-3,714	-5,226	-0,937	2,704	-3,644
milieu d'îlot	-3,602	-0,492	0,311	-3,075	4,346
LF_courte	3,965	-2,892	-2,395	5,295	0,926
LF_longue	0,584	3,485	-4,289	-4,577	1,216
LF_moyenne	-2,715	0,431	7,276	0,104	0,305
LF_t-longue	-2,359	-1,425	-2,402	-1,598	-3,764
AM_fascine	-4,838	0,317	-0,469	1,202	5,542
AM_herbe	2,841	-3,640	0,204	3,786	2,819
AM_rien	3,547	1,220	0,373	-2,769	-6,617
AV_autre	0,800	5,884	-0,873	4,337	-1,710
AV_fascine	-6,708	-0,831	3,141	0,316	-1,854
AV_herbe	5,233	0,960	5,196	-0,571	1,147
AV_rien	2,089	-2,700	-6,727	-1,897	1,718

Annexe 7 : Valeurs-test des modalités (en gras : valeurs significatives)



num	F1	F2	F3	F4	F5
22	2,036	0,000	4,294	0,942	0,104
23	0,773	0,201	0,196	1,148	0,130
24	2,255	0,770	0,407	0,072	0,058
29	0,211	10,764	1,159	0,978	0,915
30	0,170	1,109	2,145	0,789	0,000
31	1,961	1,670	1,192	6,486	3,514
32	1,333	0,000	0,918	3,435	0,029
33	0,037	1,642	1,438	1,299	0,292
34	0,084	0,248	0,132	0,499	0,962
35	0,469	1,038	2,451	0,000	0,024
36	3,274	1,181	0,218	0,011	1,829
37	4,706	0,306	0,067	1,451	0,478
38	0,909	0,391	1,010	0,051	1,961
39	0,109	1,113	0,006	1,060	1,637
40	1,393	0,507	0,815	0,263	0,449
42	0,009	0,939	2,212	0,129	1,408
44	2,379	0,456	0,859	0,350	0,003
45	3,619	0,020	1,286	0,514	3,943
46	2,379	0,456	0,859	0,350	0,003
47	0,663	0,726	0,014	0,113	0,176

Annexe 8 : Extrait du tableau de contribution des individus (%)

num	F1	F2	F3	F4	F5
22	0,899	-0,008	1,129	-0,503	-0,158
23	0,554	-0,249	0,241	-0,556	-0,177
24	0,946	-0,488	-0,348	-0,139	-0,118
29	0,290	1,824	-0,587	0,513	-0,468
30	0,260	0,586	-0,798	-0,461	-0,002
31	0,882	-0,718	-0,595	1,321	0,918
32	0,727	0,011	-0,522	-0,961	-0,083
33	-0,121	-0,713	-0,654	0,591	0,265
34	0,183	-0,277	0,198	-0,366	0,480
35	0,431	0,567	0,853	-0,003	-0,076
36	-1,139	-0,604	-0,255	0,054	-0,662
37	-1,366	-0,307	-0,142	-0,625	0,339
38	-0,600	-0,348	0,548	0,117	-0,686
39	-0,208	-0,587	-0,041	0,534	-0,627
40	-0,743	0,396	0,492	0,266	0,328
42	0,060	0,539	0,811	0,186	0,581
44	-0,971	-0,376	0,505	0,307	-0,029
45	-1,198	-0,079	0,618	-0,372	0,973
46	-0,971	-0,376	0,505	0,307	-0,029
47	-0,513	-0,474	-0,065	0,175	0,205

Annexe 9 : Extrait du tableau des coordonnées des individus

<b>Id_fascine</b>	<b>Position</b>	<b>Longueur</b>	<b>Amenag_amont</b>	<b>Amenag_aval</b>	<b>Zone Contri</b>	<b>Pente Med</b>	<b>Pourc_sup_seuil</b>	<b>Pente Aval</b>	<b>Etat</b>	<b>Ravine</b>	<b>Debordee</b>	<b>sédiments</b>
22	angle d'ilot	LF_moyenne	AM_rien	AV_herbe	ZC_moyenne	PM_forte	surf-seuil_faible	PA_forte	Etat_moyen	rav_non	deb_oui	Sed_peu
23	angle d'ilot	LF_moyenne	AM_rien	AV_rien	ZC_grande	PM_forte	surf-	PA_forte	Etat_mauvais	rav_non	deb_oui	Sed_peu
24	angle d'ilot	LF_courte	AM_rien	AV_rien	ZC_petite	PM_forte	surf-	PA_forte	Etat_moyen	rav_non	deb_oui	Sed_moyen
29	bordure d'ilot	LF_longue	AM_rien	AV_autre	ZC_moyenne	PM_forte	surf-	PA_forte	Etat_bon	rav_non	deb_non	Sed_moyen
30	bordure d'ilot	LF_longue	AM_rien	AV_rien	ZC_moyenne	PM_forte	surf-	PA_forte	Etat_bon	rav_non	deb_non	Sed_aucun
31	bordure d'ilot	LF_courte	AM_herbe	AV_rien	ZC_petite	PM_moyenne	surf-seuil_nulle	PA_moyenne	Etat_moyen	rav_non	deb_non	Sed_moyen
32	angle d'ilot	LF_longue	AM_rien	AV_rien	ZC_moyenne	PM_t-forte	surf-	PA_t-forte	Etat_bon	rav_non	deb_non	Sed_aucun
33	entre deux ilots	LF_courte	AM_fascine	AV_rien	ZC_grande	PM_moyenne	surf-seuil_nulle	PA_faible	Etat_bon	rav_non	deb_non	Sed_aucun
34	angle d'ilot	LF_moyenne	AM_fascine	AV_rien	ZC_moyenne	PM_forte	surf-	PA_moyenne	Etat_moyen	rav_non	deb_non	Sed_peu
35	bordure d'ilot	LF_moyenne	AM_rien	AV_herbe	ZC_petite	PM_t-forte	surf-	PA_t-forte	Etat_bon	rav_oui	deb_non	Sed_beaucoup
36	entre deux ilots	LF_t-longue	AM_fascine	AV_fascine	ZC_t-grande	PM_forte	surf-	PA_moyenne	Etat_moyen	rav_non	deb_oui	Sed_beaucoup
37	milieu d'ilot	LF_t-longue	AM_fascine	AV_fascine	ZC_t-grande	PM_forte	surf-	PA_moyenne	Etat_bon	rav_non	deb_non	Sed_peu
38	entre deux ilots	LF_moyenne	AM_rien	AV_fascine	ZC_petite	PM_moyenne	surf-	PA_t-forte	Etat_moyen	rav_non	deb_oui	Sed_beaucoup
39	entre deux ilots	LF_courte	AM_rien	AV_fascine	ZC_petite	PM_forte	surf-	PA_moyenne	Etat_moyen	rav_oui	deb_oui	Sed_moyen
40	bordure d'ilot	LF_moyenne	AM_fascine	AV_fascine	ZC_t-grande	PM_moyenne	surf-	PA_moyenne	Etat_moyen	rav_non	deb_oui	Sed_moyen
42	bordure d'ilot	LF_moyenne	AM_fascine	AV_herbe	ZC_petite	PM_moyenne	surf-seuil_nulle	PA_moyenne	Etat_bon	rav_non	deb_non	Sed_aucun
44	entre deux ilots	LF_moyenne	AM_fascine	AV_fascine	ZC_grande	PM_forte	surf-	PA_moyenne	Etat_moyen	rav_non	deb_oui	Sed_beaucoup
45	milieu d'ilot	LF_moyenne	AM_fascine	AV_fascine	ZC_grande	PM_forte	surf-	PA_faible	Etat_moyen	rav_non	deb_non	Sed_peu
46	entre deux ilots	LF_moyenne	AM_fascine	AV_fascine	ZC_t-grande	PM_moyenne	surf-seuil_faible	PA_faible	Etat_moyen	rav_oui	deb_oui	Sed_beaucoup
47	entre deux ilots	LF_moyenne	AM_fascine	AV_rien	ZC_t-grande	PM_moyenne	surf-seuil_faible	PA_forte	Etat_moyen	rav_non	deb_oui	Sed_moyen
48	bordure d'ilot	LF_courte	AM_rien	AV_herbe	ZC_grande	PM_moyenne	surf-seuil_faible	PA_moyenne	Etat_moyen	rav_non	deb_non	Sed_peu
49	entre deux ilots	LF_moyenne	AM_fascine	AV_rien	ZC_moyenne	PM_faible	surf-seuil_nulle	PA_faible	Etat_moyen	rav_oui	deb_non	Sed_moyen
50	entre deux ilots	LF_moyenne	AM_fascine	AV_fascine	ZC_petite	PM_faible	surf-seuil_nulle	PA_faible	Etat_moyen	rav_non	deb_non	Sed_peu
51	entre deux ilots	LF_longue	AM_rien	AV_fascine	ZC_petite	PM_faible	surf-seuil_nulle	PA_faible	Etat_moyen	rav_non	deb_non	Sed_peu
52	entre deux ilots	LF_t-longue	AM_rien	AV_rien	ZC_t-grande	PM_moyenne	surf-	PA_forte	Etat_bon	rav_non	deb_non	Sed_peu
53	entre deux ilots	LF_courte	AM_rien	AV_rien	ZC_t-grande	PM_forte	surf-	PA_faible	Etat_moyen	rav_non	deb_oui	Sed_beaucoup
54	bordure d'ilot	LF_longue	AM_fascine	AV_rien	ZC_grande	PM_forte	surf-	PA_forte	Etat_moyen	rav_oui	deb_non	Sed_moyen

*Annexe 10 : Extrait du tableau de données en entrée des AFCM et des CAH*

Annexe 11 : Extrait de l'AFCM faite sur le thème « Caractéristiques des fascines »

StatBoxPro version 5.0 (b7a) - Analyse des Correspondances Multiples (ACM) - le 15/06/2011 à 11:33:05

Tableau : classeur = donnees.xls / feuille = pour AFCM / plage = \$B\$2:\$E\$90 / 89 lignes et 4 colonnes

Aucune donnée manquante détectée

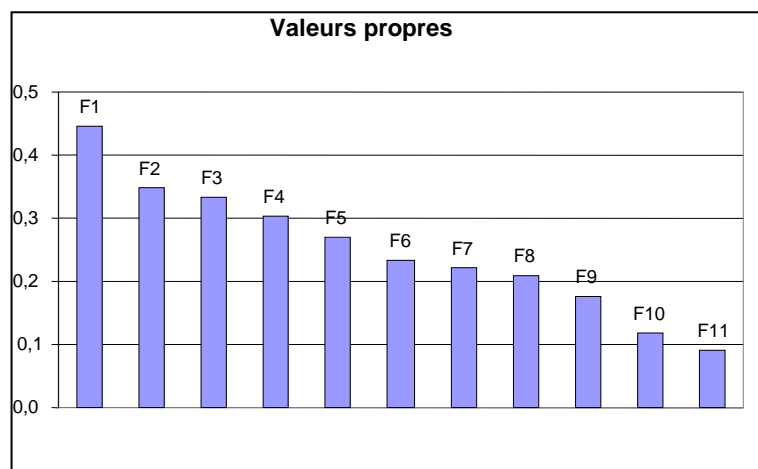
Pondération uniforme (par défaut)

Nombre de facteurs retenus pour l'analyse : 6

Valeurs propres et pourcentage de variance :

Remarque : dans le cadre de l'ACM, la variance totale n'a pas d'interprétation statistique

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
Valeur propre	0,446	0,347	0,334	0,302	0,270	0,233	0,221	0,210	0,177	0,119	0,091
% variance	16,205	12,632	12,139	10,986	9,800	8,468	8,045	7,642	6,424	4,339	3,322
% cumulé	16,205	28,836	40,975	51,961	61,762	70,230	78,274	85,916	92,340	96,678	100,000



Coordonnées des modalités :

	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>
angle d'ilot	1,240	-0,403	0,453	-0,741	-0,034	0,058
bordure d'ilot	-0,007	0,952	-0,185	0,360	0,136	0,227
entre deux ilots	-0,616	-0,867	-0,155	0,449	-0,605	-0,595
milieu d'ilot	-1,222	-0,167	0,106	-1,043	1,474	0,820
LF_courte	0,696	-0,507	-0,420	0,929	0,162	0,061
LF_longue	0,112	0,668	-0,823	-0,878	0,233	-0,724
LF_moyenne	-0,351	0,056	0,941	0,013	0,039	-0,168
LF_t-longue	-0,800	-0,483	-0,815	-0,542	-1,277	2,472
AM_fascine	-0,672	0,044	-0,065	0,167	0,770	0,067
AM_herbe	1,396	-1,789	0,100	1,860	1,385	0,585
AM_rien	0,319	0,110	0,034	-0,249	-0,595	-0,087
AV_autre	0,350	2,571	-0,381	1,895	-0,747	0,251
AV_fascine	-0,954	-0,118	0,447	0,045	-0,264	-0,134
AV_herbe	1,191	0,219	1,183	-0,130	0,261	0,389
AV_rien	0,270	-0,349	-0,870	-0,245	0,222	-0,089

	<b>Poids abs.</b>	<b>Poids rel.</b>	<b>F1</b>	<b>F2</b>	<b>F3</b>	<b>F4</b>	<b>F5</b>	<b>F6</b>
angle d'ilot	21	5,899	20,367	2,764	3,619	10,707	0,025	0,084
bordure d'ilot	34	9,551	0,001	24,898	0,984	4,088	0,659	2,109
entre deux ilots	26	7,303	6,225	15,811	0,529	4,868	9,910	11,120
milieu d'ilot	8	2,247	7,528	0,180	0,075	8,091	18,122	6,489
Total Position	89	25,000	34,121	43,654	5,207	27,754	28,717	19,802
LF_courte	24	6,742	7,320	4,997	3,565	19,252	0,659	0,108
LF_longue	21	5,899	0,166	7,588	11,964	15,052	1,190	13,265
LF_moyenne	36	10,112	2,799	0,091	26,830	0,006	0,058	1,225
LF_t-longue	8	2,247	3,229	1,512	4,468	2,187	13,590	58,962
Total longueur	89	25,000	13,514	14,187	46,827	36,497	15,498	73,560
AM_fascine	33	9,270	9,387	0,052	0,118	0,855	20,374	0,177
AM_herbe	4	1,124	4,915	10,351	0,034	12,873	8,002	1,651
AM_rien	52	14,607	3,334	0,506	0,049	2,998	19,188	0,478
Total								
Amenag_amont	89	25,000	17,636	10,908	0,201	16,725	47,564	2,306
AV_autre	5	1,404	0,385	26,720	0,612	16,696	2,909	0,379
AV_fascine	32	8,989	18,370	0,361	5,376	0,060	2,322	0,690
AV_herbe	16	4,494	14,317	0,619	18,846	0,252	1,138	2,919
AV_rien	36	10,112	1,657	3,550	22,932	2,015	1,853	0,343
Total								
Amenag_aval	89	25,000	34,728	31,251	47,765	19,023	8,221	4,332



**Mention Géographie Environnementale**  
**Spécialité : Observation de la Terre et Géomatique**  
**2010-2011**

**Résumé :**

Dans la région d'Alsace, les coulées d'eaux boueuses dues à l'érosion entraînent d'importants dégâts dans les villages en aval des zones agricoles. Le Conseil Général du Bas-Rhin, en partenariat avec la Chambre d'Agriculture, a mis en place des fascines pour prévenir ces phénomènes.

Une base de données sur ces fascines avait été initiée en 2010. Pour compléter cette base, toutes les fascines ont été recensées et des relevés de terrain ont été effectués pour évaluer leur efficacité et leur évolution. La base de données a été modifiée et complétée pour y intégrer ces nouvelles données. Une analyse prenant en compte ces données a été effectuée, menant à un arbre de décision prédisant le comportement futur des fascines en fonction de leurs caractéristiques et de celles de leurs bassins versants.

**Mots-clés :**

Fascines, érosion, coulées d'eaux boueuses, base de données, analyse de données, arbre de décision

---

**Abstract :**

In the Alsace region, streams of muddy floods due to erosion are causing severe damage in villages downstream agricultural areas. The General Council of Bas-Rhin, in partnership with the Chamber of Agriculture has set up weirs to prevent these phenomena.

A database of these weirs was initiated in 2010. To complete this basis, all the weirs have been identified and field surveys were conducted to assess their effectiveness and their evolution. The database has been amended and supplemented to incorporate these new data. An analysis, taking into account the new data, was performed, leading to a decision tree predicting the future behaviour of weirs according to their characteristics and those of their watersheds.

**Keywords :**

Weirs, erosion, muddy floods, database, data mining, decision tree

