

DESS Sciences de l'Environnement  
Promotion 2003 - 2004

Observation, appréciation et quantification  
du ruissellement appliquées  
aux parcelles cultivées en  
techniques culturales sans labour (TCSL)

Romain ARMAND



Tuteur professionnel

Tutrice universitaire

Responsables  
pédagogiques

Rémi Koller, Ingénieur agronome (ARAA)

Anne-Véronique Auzet  
Chargée de recherches au CNRS (IMFS)

Jean-Claude Gall, Professeur  
Sophie Rihs, Maître de conférences

# Remerciements

À ma grand-mère, Christiane Armand



1° étape  
Implantation des  
cuves à ruissellement  
(Mai 2004)

Mes premiers remerciements reviennent à Anne-Véronique Auzet (IMFS) et à Rémi Koller (ARAA). Merci à eux de m'avoir proposé ce stage et m'avoir aidé grandement (le mot est faible) à la préparation de « l'après-stage ». Je les remercie notamment des ressources matérielles qu'ils m'ont mis à disposition pour mener à bien les expérimentations. Je les remercie enfin pour les « réunions stagiaires » qu'ils ont mis en place afin de voir l'avancement de travaux dont les thématiques sont souvent croisées.

Merci également à François Alves et à Régis Huss (respectivement responsables des essais TCSL de la Chambre d'Agriculture du Haut-Rhin et du Bas-Rhin) pour leur implication réelle dans ce stage.



2° étape  
Pose de la bordure  
PVC

Mes remerciements les plus chaleureux sont adressés à toutes les personnes qui ont pris part aux séances de montage et de démontage des dispositifs expérimentaux. Je les remercie de m'avoir donné un sérieux coup de main par tout type de temps (de la pluie glaciale au soleil caniculaire) ! Merci donc à : François, Roxanne, Etienne, Pascal, Caroline, Eric, Martine, Ami, Bouchra, Anne-Véronique, Carine, Chesner, Nadège et Catherine.

La mise en place des parcelles expérimentales n'aurait pas été si aisée sans les conseils avisés de Philippe Martin, Paul Van Dijk, Véronique Leconte et de Nicolas Coufournier. Merci également à Jean-François Ouvry pour ses précieux conseils et son expérience sur le terrain.



3° étape  
Pose de la gouttière  
aval et de la bâche

Merci également à Jean-Marc Muller d'ARVALIS pour le prêt des bordures PVC qui m'a ainsi retiré une sacrée épine du pied !

Mes remerciements sont également adressés à Bruno Ambroise pour ses conseils sur mes illustrations et surtout le prêt des pluviographes indispensables aux suivis effectués.

Je remercie vivement les exploitants des sites retenus : François Tischmacher (Landser), Gérard Heintz (Neewiller) et Patrice Schneider (Geispitzen). Merci à eux de m'avoir permis de réaliser les expérimentations sur leurs parcelles. J'aurais souhaité passer plus de temps avec eux à discuter sur les techniques sans labour et le monde agricole, mais le temps m'était souvent compté.



Relevé d'état de surface du sol



Prélèvement de ruissellement

Merci également au personnel de l'ARAA pour leur gaieté lors des sorties sur le terrain. Leurs questions m'ont beaucoup aidé à progresser dans ma réflexion sur les états de surface.

Je remercie également Martine Trautmann pour les analyses qu'elle a patiemment effectuées sur mes échantillons de sols.

Merci enfin à Carine, Bouchra et Mickaël avec qui je partageais le bureau pour la bonne humeur qui régnait dans cette pièce. Je leur adresse tous mes encouragements pour la poursuite de leurs travaux et leur réorientation.

Merci à Odile qui a assuré la reprographie de ce mémoire avec son brio habituel.

Merci enfin à mes parents pour leur soutien moral et financier.



Site expérimental de Landser

# Sommaire

Chap. 1 - Comment lutter contre le ruissellement des terres agricoles et ses conséquences sur l'environnement ? _____	7
1. Le constat : une dégradation environnementale avérée _____	8
2. Un stage à la charnière de l'expertise agronomique et de la recherche appliquée _	14
Chap. 2 - Le contexte régional _____	18
1. Le ruissellement, un aléa présent naturellement _____	19
2. Une occupation du sol accroissant la vulnérabilité aux coulées boueuses _____	25
3. L'émergence des TCSL dans le contexte alsacien _____	27
Chap. 3 - Outils et méthodes _____	34
1. Les états de surface, un outil d'observation _____	35
2. Les placettes expérimentales, un outil de quantification _____	38
3. Le pluviographe, un outil de caractérisation _____	41
4. La base de données, un outil d'appréciation et de synthèse _____	42
5. Présentation des sites retenus _____	43
Chap. 4 - Résultats _____	48
1. Une pluviométrie très différenciée selon les sites _____	49
2. Les résultats fournis sur le site de Landser _____	50
3. Les résultats fournis sur le site de Neewiller _____	54

---

# Introduction Générale

---

Depuis plusieurs décennies, l'Europe Occidentale est affectée par des phénomènes liés au ruissellement et à l'érosion des terres cultivées. A la différence des zones tropicales où l'érosion s'explique par la vigueur du relief et celle des précipitations, celle-ci survient sur des secteurs de collines limoneuses où les précipitations sont de type océanique.

Sur ces secteurs au climat tempéré, les chercheurs ont souligné le rôle des états de surface (EDS) sur le devenir de la pluie sur le sol et notamment la partition infiltration/ruissellement. Les EDS regroupent un ensemble de descripteurs tels que le microrelief, l'état hydrique et structural de la surface du sol. Au vu de la complexité des mécanismes contrôlant les processus de ruissellement et d'infiltration, les EDS se sont révélés être de bons indicateurs potentiels de l'aptitude d'un sol à ruisseler.

Parallèlement, outre-atlantique, de nombreux pays se sont impliqués dans le développement massif de techniques culturales sans labour (TCSL) depuis plus d'un demi-siècle. Celles-ci avaient notamment pour but de résoudre d'importants problèmes d'érosion hydrique suite à des pratiques culturales intensives. L'essor de ces techniques débute en France et leurs effets sur le ruissellement semblent encourageants. Toutefois, il subsiste encore un manque de références adaptées aux contextes régionaux.

L'objectif de ce travail est double. Il s'agit d'une part de collecter et d'interpréter des données issues de relevés d'EDS sur des parcelles expérimentales cultivées en TCSL. Ceci permettra d'aider à la compréhension des variations spatiales des EDS, conditionnées pour partie par les pratiques culturales. Il s'agit également de mettre en relation des données de ruissellement et d'érosion avec des données d'EDS afin d'affiner les résultats fournis par les modèles d'érosion.

Il s'agit d'autre part d'acquérir des données de ruissellement et d'érosion adaptées au contexte alsacien. Ces mesures seront effectuées autour d'une pratique témoin basée sur le labour et de parcelles expérimentales travaillées en TCSL. Les résultats issus de ces protocoles aideront à la constitution d'un référentiel régional sur les TCSL.

Ainsi, ce travail devra répondre aux questions suivantes :

- Les TCSL permettent-elles de limiter le ruissellement et l'érosion ?
- Quels sont les effets des TCSL sur les EDS et leurs conséquences en terme de volumes d'eau et de sédiments ruisselés ?

Afin de répondre à ces questions, ce travail s'articulera autour du plan suivant.

Dans un premier temps, nous distinguerons quels sont les impacts naturels et anthropiques liés au ruissellement agricole afin d'envisager les moyens de lutte sur l'ensemble d'un bassin versant. Cette partie définira également les thématiques de travail des organismes ayant encadré le stage.

La deuxième partie sera consacrée à l'étude du contexte régional et aux mécanismes naturels et anthropiques expliquant l'occurrence du ruissellement sur les terres cultivées. Cette partie présentera également les effets attendus des TCSL sur la limitation de production de ruissellement.

La troisième partie développera les outils et méthodes mis en place afin d'acquérir les données. Elle présentera notamment la méthode d'observation des EDS et les placettes expérimentales implantées afin de mesurer les volumes d'eau et de sédiments exportés. Les sites et modalités culturales retenus pour les relevés seront également présentés.

La quatrième partie exposera les résultats des suivis effectués. Elle dégagera de l'analyse de la pluviométrie les épisodes les plus intéressants à étudier. L'interprétation des résultats sera tout d'abord axée sur les EDS, puis sur les volumes ruisselés.

# Comment lutter contre le ruissellement des terres agricoles et ses conséquences sur l'environnement ?

---

Les années précédentes ont été marquées par des coulées de boue ayant affecté de nombreux villages alsaciens (2001 : Landser ; 2003 : Ettendorf, Blotzheim, Wasselonne, etc.). Ces coulées constituent la manifestation la plus visible du ruissellement issu des terres agricoles.

La coulée boueuse servira de point de départ à un état des lieux des impacts environnementaux liés au ruissellement agricole. Il s'agira ensuite de savoir sur quels critères localiser les secteurs principalement affectés en Alsace.

Par la suite, les moyens de lutte (préventifs et curatifs) permettant de limiter la formation et la concentration du ruissellement seront abordés

Ce travail étant coencadré par deux organismes, cette partie exposera quels sont leurs axes de travail respectifs sur la thématique du ruissellement agricole et des flux associés. Il s'agira dès lors de savoir quelles sont leurs implications dans la compréhension et la lutte contre le ruissellement agricole

# 1. Le constat : une dégradation environnementale avérée

## 1.1. Les coulées boueuses en Alsace

### 1.1.1. Un terme à clarifier

Le terme *coulée boueuse* est un **terme général** recouvrant différents processus. Dans le langage réglementaire, notamment en vue du classement en catastrophe naturelle, le terme coulée boueuse s'apparente aussi bien aux *inondations* qu'aux *mouvements de terrains*.

Les coulées de boue qui surviennent dans les secteurs de collines limoneuses (cf. articles de presse en annexe 1) ne sont généralement pas des mouvements de masse et sont assimilés à des ***inondations boueuses***. Celles-ci prennent forme dans les bassins versants cultivés lors d'épisodes pluvieux de forte intensité (>40 mm/h). Sous l'action de différents processus, la capacité d'infiltration du sol diminue et l'eau en excès stagne en surface. Elle dévale ensuite les pentes puis se concentre dans le réseau hydrographique. En gagnant de la vitesse, elle acquiert une force érosive lui permettant d'arracher puis de transporter des particules solides. Chargées en sédiments, les eaux de ruissellement prennent alors en aval la forme d'un torrent boueux (photo 1.1). Il s'agit alors d'un événement pouvant faire l'objet d'un arrêté de reconnaissance d'état de catastrophe naturelle.



Photo 1.1 — Coulée boueuse à Soultz-les-Bains (67) – 12/06/2003. Photo : CG 67

Il existe encore peu d'études estimant le coût des dégâts liés aux coulées boueuses dans le contexte régional. Toutefois, on peut regrouper les **dégâts** en quatre catégories :

Les premiers concernés sont les **exploitants agricoles** dont les terres situées en amont sont victimes d'érosion, souvent concentrée, qui se présente alors sous la forme de griffures, rigoles et ravines pouvant déchausser voir arracher les plants. A l'inverse les bas de parcelles sont généralement des zones de replat favorisant la sédimentation. Les dépôts boueux asphyxient alors les cultures en place.

Les **particuliers** sont particulièrement touchés par le phénomène. Les coulées sont caractérisées par la brutalité de leur formation. Les témoignages font généralement état d'une vingtaine de minutes entre le début de l'averse et l'arrivée de la coulée. Cette



brutalité se traduit par une impossibilité de mettre en place une procédure d'urgence permettant d'évacuer les zones concernées. Les dégâts sont réels : les coulées pénètrent dans les jardins, les caves (souvent aménagées) et dans les rez-de-chaussée (photo 1.2), laissant une épaisse couche de sédiments lors de la décrue.

Les **collectivités** publiques et privées sont également touchées. Les coûts sont généralement très importants : destruction de chaussée, comblement des réseaux enterrés, matériel endommagé, chômage technique, etc. Le cas du collège de Landser (Sundgau) est symptomatique : les salles de classe situées en sous-sol ont été complètement ravagées par la coulée de 2001. Il a cependant été décidé de rénover ces salles et de les remettre en service.

Les **enjeux environnementaux** sont réels notamment les dommages causés sur les milieux aquatiques suite en raison de la turbidité des eaux de ruissellement. A plus long terme, l'érosion des sols provoque un appauvrissement du « capital-sol » induisant une baisse de la fertilité.



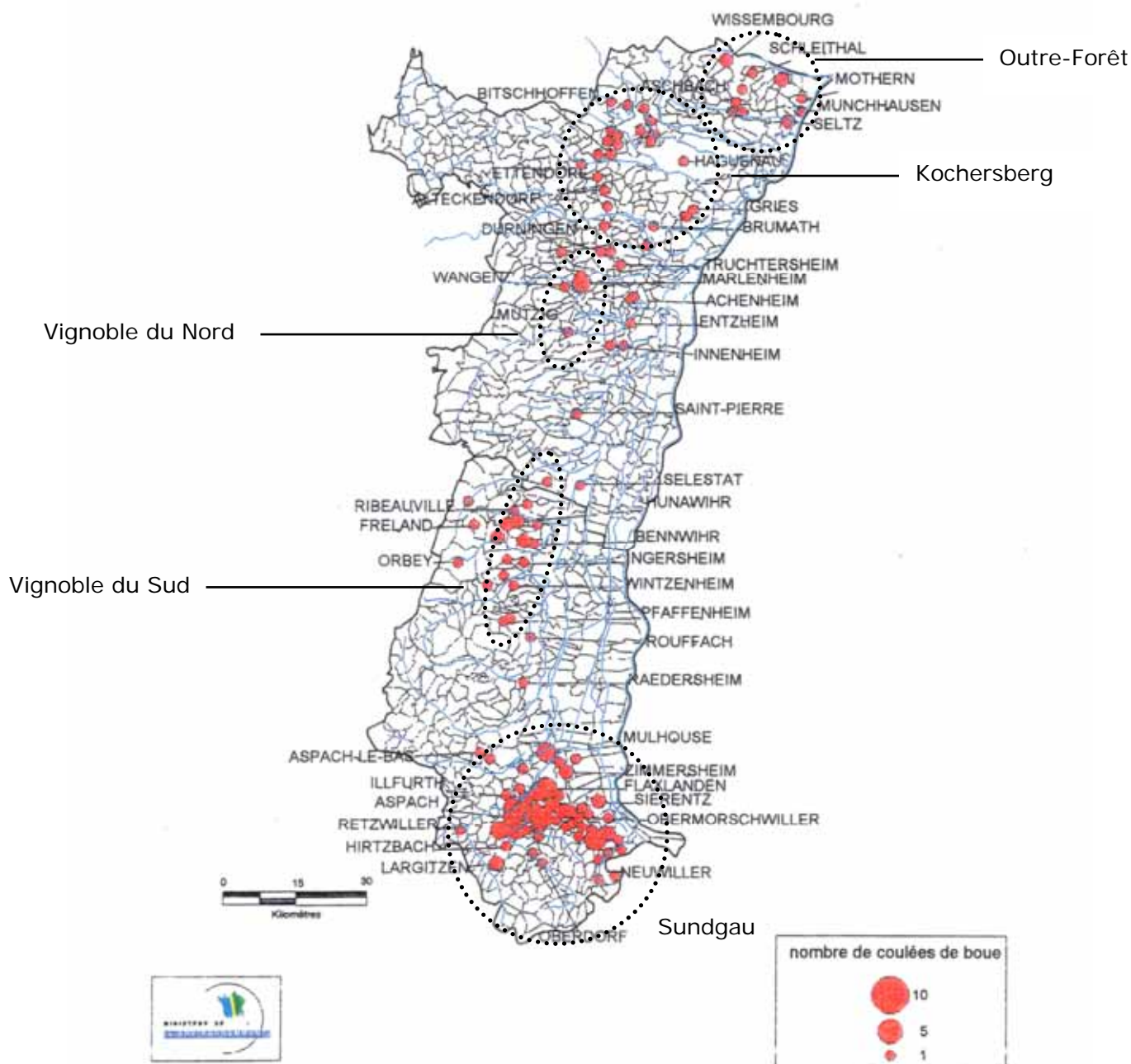
*Photo 1.2 — Coulée boueuse à Blotzheim, le 30/05/04  
Photo : R. Armand & M. Lemmel*

### *1.1.2. Localiser les coulées boueuses en Alsace*

En Alsace, la délimitation des secteurs d'occurrence de coulées boueuses peut être effectuée grâce à deux méthodes.

La plus aisée consiste à s'appuyer sur les lieux ayant déjà connus des coulées boueuses. La localisation passe alors par le recensement des communes ayant été classées en **catastrophe naturelle**. La carte 1.1 fait ressortir deux milieux spécifiques :

- les **collines limoneuses** de l'Outre-Forêt, du Kochersberg et du Sundgau sont des secteurs de collines limoneuses où se pratique une agriculture intensive ;
- les pentes fortes du **piémont vosgien** correspondent à la zone de culture du vignoble alsacien.



Source : dossiers transmis par les préfets de département demandant la reconnaissance de l'état de "catastrophe naturelle" au profit de communes touchées

Carte 1.1 — Localisation communale des coulées boueuses catastrophiques liées à l'érosion des terres agricoles (1985-1995). Source : Région Alsace.

La carte 1.1 ne reste cependant qu'une localisation du risque de coulée car elle ne tient compte que d'informations relatives aux dégâts subies par les communes, essentiellement sur des secteurs en aval des bassins versants. Elle ne reflète donc qu'un aspect partiel de l'aléa « ruissellement agricole ».

Afin de passer de la coulée boueuse, événement local, au ruissellement et à l'érosion des sols (phénomènes plus généraux), il est important de localiser également les secteurs non habités affectés par cet aléa, et ce, dans l'optique de préservation de la ressource en sol.

Les **conditions géographiques** (types de sols, pentes, climat, occupation du sol, etc.) qui déterminent la formation des coulées boueuses constituent alors de bons indicateurs. En se basant sur ces derniers, l'Institut Français de l'Environnement (IFEN, 1998) soulignait le risque érosif sur le Sundgau lors du printemps. L'aléa « coulée boueuse » y est alors caractérisé comme moyen (échelon 3 sur une échelle de 5 niveaux).

Plus récemment, le Conseil Général du Bas-Rhin (2004) a établi une carte des secteurs concernés par les coulées. La méthode se base d'une part sur les caractéristiques agronomiques, pédologiques et climatiques, et d'autre part sur les communes ayant été déclarées en état de catastrophe naturelle. Cette carte (annexe 2) fait ressortir les collines de l'Outre-Forêt, du Kochersberg ainsi que le piémont des Vosges.

Cette démarche souligne la bonne compréhension des enjeux et des causes des coulées de la part des pouvoirs publics, et ce, malgré une prise de conscience relativement tardive.

### 1.1.3. *Un phénomène récurrent*

L'**occurrence** des coulées boueuses n'est probablement pas un phénomène récent en Alsace. En effet, lors du démontage d'une maison traditionnelle à Schlierbach (Sundgau), des dépôts boueux ont été constatés sous le plancher actuel ce qui conduit à penser que les coulées boueuses se manifestaient déjà au cours des siècles derniers (F. Tishmacher, communication orale).

En revanche, leur **fréquence** semble augmenter depuis plusieurs décennies. En se basant sur les déclarations de catastrophes naturelles de type « coulées boueuses » (issues des terres cultivées) les travaux de Flota (1999) et Heitz (2004) soulignent l'importance du phénomène sur le Sundgau, essentiellement en mai-juin. Ainsi la période 1985 - 2003 totalise 192 coulées qui ont affecté 102 communes. Sur les 8 ans de la période 1995 - 2003, certaines communes ont été touchées plus de 3 fois (Rixheim, Brunstatt, Zimmersheim, etc.). Ceci illustre la **réurrence importante** des coulées boueuses sur le secteur.

Quant au Bas-Rhin, le Conseil Général estime à 110 le nombre de communes ayant déposé une ou plusieurs demande de classement en catastrophe naturelle au cours des vingt dernières années.

## 1.2. La dégradation des eaux souterraines

La coulée boueuse est une manifestation spectaculaire du ruissellement agricole. Cependant des transferts diffus - moins visibles – existent également lors d'événements pluvieux de moindre intensité. Les transferts de **produits phytosanitaires** (pesticides, herbicides, etc.) associés au ruissellement sont susceptibles de dégrader la qualité des grands aquifères.

Les connaissances sur les produits phytosanitaires sont peu détaillées car plus récentes et plus coûteuses à acquérir. Néanmoins, les autorités sanitaires semblent relativement inquiètes quant à leurs effets sur la santé et l'environnement. Les études épidémiologiques tendent à montrer un lien entre les phytosanitaires (dont la France est

le troisième utilisateur mondial) et certaines pathologies, notamment cancéreuses (in le monde, 13/12/2003). Les doutes subsistent également sur la toxicologie des mélanges de produits phytosanitaires. Selon le principe de précaution, le seuil légal a été fixé à 0.1 µg/l par substance et 0.5 µg/l pour la somme des substances.

Au niveau régional, les travaux menés par l'APRONA (2004) soulignent une forte contamination de la nappe rhénane (annexe 3) sur des secteurs dont certains sont sujets au ruissellement (Sundgau, Outre-Forêt). Ainsi, les concentrations en phytosanitaires, notamment en atrazine (cf. encart), sont très élevées dans la Plaine de la Hardt où les cours d'eau sundgauviens s'infiltrent directement dans la nappe. Cette pollution a contraint la régie des eaux de Mulhouse à fermer les puits de captage de la Hardt.

La situation des nappes sundgauviennes reste préoccupante car la limite de potabilité est dépassée sur 32.6% des 144 points de mesure. Le volume des aquifères sundgauviens (« nappe des cailloutis ») étant moindre que celui de la nappe rhénane, la dilution potentielle des phytosanitaires en est d'autant réduite. Ainsi, les concentrations, notamment de desethylatrazine, restent élevées sur le rebord Est du Sundgau et impliquent des actions afin de sécuriser la production d'eau potable.

#### L'ATRAZINE

L'atrazine appartient à la famille des triazines. Jusqu'en 2003, date de son interdiction, l'atrazine et ses dérivés étaient utilisés comme anti-germinatifs, notamment sous maïs. L'attrait de l'atrazine provenait du fait de sa grande facilité d'emploi (une ou deux pulvérisation au début du printemps suffisaient à limiter les levées d'adventices) et de son faible coût d'exploitation ; comme le relate ce témoignage d'exploitant (in Le Monde 4/12/2001) : *Autrefois, quand on s'installait, on achetait son bidon d'atrazine en même temps que ses premiers plants de maïs.*

Son utilisation massive et ses effets supposés sur la santé (cancers) et l'environnement ont conduit à son interdiction à la vente le 30 juin 2003. Néanmoins des questions subsistent quant aux effets de la généralisation de son remplaçant : le glyphosate (Round-Up).

Les interactions entre ruissellement agricole et migrations des pesticides vers le réseau hydrographique sont désormais avérées. A l'échelle de la parcelle, Voltz et Louchart (2001) estiment que 1 à 10% des pertes en phytosanitaires se font par ruissellement, l'autre principale voie de transfert étant la volatilisation (1 à 90%). Les auteurs soulignent un risque de transfert très important lors des premières pluies, peu de temps après l'application des produits, quand leur disponibilité par rapport au ruissellement est maximale. En cas de ruissellement intense, les concentrations peuvent alors dépasser 1 mg/l (Leonard, 1990 ; Lennartz et al., 1997 in Voltz et Louchart, 2001). De même, Louchart (1999) souligne qu'un seul événement ruisselant peut représenter 80% des pertes annuelles par ruissellement (étude sur la simazine et le diuron).

Selon Louchart (1999), les transferts des phytosanitaires disponibles vers les eaux de ruissellement se font selon quatre mécanismes :

- par **dissolution** des matières actives présentes à l'état solide dans l'eau du sol,
- par **érosion** des particules sur lesquelles sont adsorbées les matières actives,
- par **désorption** des particules. Le processus est proportionnel au gradient de concentration en phytosanitaires entre l'eau du sol et l'eau de ruissellement (elle peut se faire en phase stagnante),

- par **diffusion-convection** : les pesticides présents dans la solution du sol sont entraînés dans l'eau en mouvement suite aux impacts des gouttes de pluie.

### 1.3. Les moyens de lutte contre le ruissellement

De nombreuses Chambres d'Agriculture (Seine-Maritime, Rhône, Ain, Isère) se sont lancées dans la réalisation de plaquettes à destinations des exploitants afin de proposer des moyens techniques de réduction du ruissellement, de l'érosion induite et de leurs impacts à l'aval sur l'environnement.

#### → A L'AMONT

Il s'agit de **limiter la formation du ruissellement**. En période d'interculture (entre deux cultures, quand le sol est à nu), semer une plante de couverture permet de protéger le sol de la pluie. C'est notamment le cas des régions à forte proportion de cultures d'hiver (blé), comme la Haute-Normandie. Si l'érosion survient suite à des orages de printemps (Alsace), il s'agit de limiter la période où le sol est à nu alors que la plante se développe par le biais de méthodes telles que les Techniques Culturelles Sans Labour (TCSL).

Une fois formé en surface, il faut tâcher de **freiner la concentration** du ruissellement vers le réseau hydrographique. Les bandes enherbées constituent des zones où le ruissellement ralentit et dépose ses sédiments. Les bandes tassées en fond de vallon limitent l'arrachement des particules. Les haies, plis et petits talus constituent des obstacles où le ruissellement est retenu et peut s'infiltrer.

#### → A L'AVAL

Les mesures peuvent être de type **réglementaire** en autorisant l'extension urbaine uniquement aux zones non exposées au ruissellement agricole. Une réflexion est en cours sur les mesures réglementaires dans le cadre :

- d'un plan de prévention des risques inondation (PPRI) intégrant l'aléa coulée boueuse (mené par la DDAF) ;
- d'un GERPLAN (Plan de Gestion de l'espace rural et périurbain) dont la réalisation du module « coulée boueuse issue des terres cultivées » peut être confiée à la Chambre d'Agriculture.

Les mesures peuvent être également **curatives** : les communes peuvent faire construire un **bassin d'orage** dont le rôle est d'écrêter les écoulements boueux en sortie de bassin versant. Ces ouvrages ne sont efficaces que s'ils sont correctement dimensionnés et entretenus : une fois rempli, en cas d'un autre épisode pluvieux intense, le bassin d'orage se montre inefficace.

Les mesures curatives réalisées à l'aval, essentiellement les bassins d'orage, sont **complémentaires** de mesures effectuées à l'amont. Un bassin d'orage présente des effets immédiats dès qu'il entre en fonctionnement, mais son entretien (curage) est coûteux (10% du coût de l'ouvrage par an (Le Bissonnais et al., 2002)). Si l'apport de sédiments est moindre grâce à des mesures agronomiques et/ou d'aménagement à l'amont, l'effort financier à fournir pour entretenir l'ouvrage n'en sera que diminué.

## 2. Un stage à la charnière de l'expertise agronomique et de la recherche appliquée

### 2.1. L'Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA)

#### 2.1.1. *Le référentiel régional sur les TCSL*

Ce stage s'intègre dans le Programme Agronomique Régional constituant un des deux volets de recherche de l'ARAA. Ce référentiel est constitué d'un ensemble de références tournées vers **l'application**. Elles prennent en compte les variations de milieux, d'exploitations et d'itinéraires techniques propres à l'Alsace afin de rendre compte de la **diversité des situations régionales**.

Un des objectifs du référentiel consiste à vérifier si des observations générales (« il y a plus d'érosion sur limons blancs ») témoignent ou non d'une réalité physique. Dans le cas de ce travail, il s'agit de d'étudier l'impact des TCSL sur la limitation du ruissellement dans le contexte régional ainsi que les descripteurs permettant d'estimer si la surface sera ruisselante ou pas.

Ce référentiel est constitué de données provenant de différentes sources :

- des essais agronomiques sur parcelles expérimentales ;
- des observations ;
- des mesures de ruissellement et d'érosion (c'est le cas de cet ouvrage) ;
- des retours d'expérience évalués par des enquêtes (Granveaux, 2004), très intéressants car ils permettent des études plurifactorielles (à l'échelle de l'exploitation) à l'inverse des essais dont la variabilité est monofactorielle ;
- des travaux menés dans d'autres cadres (doctorats, tables-rondes, etc.).

A terme, ce référentiel deviendra un outil d'aide à la décision qui pourra être utilisé par :

- les agriculteurs novices et expérimentés (qui n'ont pas les mêmes attentes) ;
- les collectivités territoriales, pour qui les TCSL font partie d'un système visant à réduire le risque de ruissellement ;
- les prescripteurs (d'engrais, de phytosanitaires, les conseillers, etc.).

Notons que l'ARAA possède une expérience certaine dans l'établissement de références. Nombre de ses travaux sont sous-tendus par le référentiel azote qui s'intéresse aux fuites de nitrates et à la dégradation de la qualité des eaux. Un référentiel sur les phytosanitaires est amorcé, notamment grâce à deux sites expérimentaux sundgauviens. Dans le Haut-Rhin, l'ARAA a également constitué un référentiel sur le recyclage et l'épandage des boues de stations d'épuration (STEP).

L'exploitation des référentiels est une phase plus délicate, en raison notamment des aspects réglementaires complexes.

#### 2.1.2. *La place de l'ARAA dans l'Agriculture régionale*

L'ARAA est une association de droit local composée de 14 ingénieurs et de 2 techniciens. Les travaux concernent la résolution de questions agronomiques

(productivité, qualité) associées à des préoccupations environnementales (qualité des eaux).

Les travaux sont axés autour de deux pôles. Le **programme agronomique régional** se décline sur plusieurs thèmes :

- La connaissance des sols et de leurs potentialités (réalisation des *guides des sols* et de la base de données régionales sur les sols).
- La gestion de l'azote et des fuites de nitrates d'origine agricole (références agronomiques, 30 sites expérimentaux).
- La maîtrise de l'utilisation des produits phytosanitaires (références agronomiques en rapport avec la fuite de phytosanitaires, deux sites expérimentaux, formation des agriculteurs et viticulteurs).
- Les travaux conduits dans le cadre d'une coopération transfrontalière entre l'Allemagne et la Suisse où s'intègre le référentiel TCSSL.

L'autre pôle de travail concerne le recyclage des boues de stations d'épuration du Haut-Rhin.

L'ARAA assure une **mission d'expertise** et contribue également à la création d'**outils formalisés** dont font partie les indicateurs suivants.

- INDIGO, indicateur agri-environnemental, à l'échelle de l'exploitation.
- Un indicateur de pression environnementale des nitrates et phytosanitaires.
- Un projet d'indicateur à l'échelle territoriale est en projet afin de proposer un outil d'aide à la décision à l'échelle où se prennent les décisions.

L'ARAA s'est également dotée de compétence en matière de **communication** notamment dans le cadre de FERTI-MIEUX et la mission de recyclage des boues.

## 2.2. L'Institut de Mécanique des Fluides et Solides (IMFS)

L'Unité Thématique de Recherches *Hydrologie et Transferts en Bassins Versants et Aquifères* (HTBVA) dans laquelle s'inscrit le stage appartient à la branche *fluides et environnement* de l'Institut de Mécanique des Fluides et Solides (IMFS).

Les recherches menées concernent des systèmes environnementaux complexes, dont elles visent à comprendre la structure et à modéliser le fonctionnement. Les enjeux résident notamment dans la protection de la qualité des eaux et la protection des sols.

Ce travail s'est intégré dans une option de recherche basée sur le ruissellement et l'érosion en milieu agricole. Les mesures de ruissellement et d'érosion in situ sont rendues difficiles par une hétérogénéité spatiale et temporelle de la surface très importante, en raison de paramètres complexes (pratiques culturales, pédologie, climatologie, etc.). Les études menées au sein du laboratoire de recherches ont montré l'importance des états de surface (EDS) sur la partition infiltration/ruissellement. Ils peuvent constituer à ce titre de bons indicateurs du risque de ruissellement (Auzet, 2000).

Les recherches actuelles portent sur la caractérisation standardisée des EDS afin de rendre compte des variations hydrodynamiques de surface (Ali, 2004) et sur les réseaux de collecteurs du ruissellement en amont des cours d'eau réduisant la distance à parcourir par le ruissellement (Lemmel, 2002). Elles porteront également sur la mise au point d'indicateur de ruissellement basé sur les EDS et des mesures in situ (Armand,

thèse à venir). L'apport dans la compréhension spatiale de la formation et de la concentration du ruissellement permettra un gain dans la précision des modèles d'érosion.

Le laboratoire s'est investi dans de nombreux programmes interdisciplinaires et interprofessionnels en relation avec l'érosion agricole et la dégradation de qualité des eaux. Il collabore ainsi à des ateliers et table-rondes sur les pratiques agricoles et la dégradation des eaux (Sundg'Eaux Vives) afin de favoriser les transferts des connaissances universitaires vers le monde professionnel. La collaboration au programme de recherche « Risque Décision Territoire – Elaboration et mise en œuvre pour la gestion des territoires générant des coulées boueuses » conforte également ce choix d'aider l'appropriation des outils et méthodes développés dans un contexte universitaires par les acteurs de terrain (collectivités territoriales notamment).



## Conclusion partielle

Le ruissellement agricole se manifeste tout d'abord par la présence de coulées boueuses affectant les particuliers et les collectivités, laissant sur leur passage d'épais dépôts de sédiments.

Phénomène plus difficile à illustrer, la pollution des aquifères par les produits phytosanitaires véhiculés par les eaux de ruissellement est également un enjeu majeur pour la sauvegarde de la nappe rhénane.

Plusieurs moyens de lutte sont envisageables afin de limiter la formation du ruissellement, puis de freiner sa concentration dans le réseau topographique et enfin écrêter les crues à l'exutoire.

En effet, un bassin versant doit faire l'objet de mesures préventives et curatives sur la totalité de son étendue : de l'amont mis en culture jusqu'à l'exutoire urbanisé. Les moyens de lutte sont donc complémentaires et à même de juguler le ruissellement sans entraîner des coûts trop importants.

Parmi ces moyens de lutte, les TCSL apparaissent comme un moyen de limiter la formation du ruissellement, en amont, sur les parcelles cultivées.

L'ARAA cherche à constituer un référentiel sur les TCSL et à acquérir des données obtenues sur des observatoires permanents. Il s'agit d'établir des références en relation avec la diversité des pratiques culturales.

L'IMFS développe des connaissances sur la circulation du ruissellement dans les bassins versants et notamment en cherchant à expliquer la répartition spatiale et temporelle des EDS. Le besoin de données nécessaires aux modèles d'érosion nécessite également l'acquisition de données régionales.

## Le contexte régional

---

La partie précédente a montré la localisation préférentielle du ruissellement agricole sur les collines limoneuses. Cette partie va développer les mécanismes expliquant la formation du ruissellement.

Sa formation sera d'abord envisagée dans le cadre du milieu naturel, dans un environnement ôté de toute intervention anthropique. Il sera alors questions des facteurs « naturels » (sol, climat, pente) à même de favoriser la formation du ruissellement. Ce sera également l'occasion d'expliquer quelles propriétés du sol conditionnent la production de ruissellement.

Le tout sera synthétisé afin de distinguer les différents types de ruissellement.

Cependant, la récurrence des coulées souligne une influence accrue de l'homme dans la formation du ruissellement. Il s'agira alors d'analyser quelles mutations ont connu les bassins versants et les pratiques agricoles afin de dégager les facteurs anthropiques pouvant augmenter ce risque.

Les TCSL ayant été présentées comme un maillon de la lutte contre le ruissellement agricole, il s'agira, après une courte définition, de définir leurs modes d'action vis à vis de la formation du ruissellement.

# 1. Le ruissellement, un aléa présent naturellement

## 1.1. Des secteurs de collines

La morphologie des collines de l'Outre-Forêt et du Sundgau (carte 2.1) est assez semblable. Le **Sundgau** est un bloc qui a relativement bien résisté à l'effondrement du Fossé Rhénan (Vogt, 1992). Il présente une altitude moyenne variant de 500 mètres aux pieds du Jura à 350 mètres au sud du Mulhouse. Le contact entre ce bloc et la plaine du Rhin (située à environ 250 mètres) se fait par un jeu de failles, notamment la faille de Sierentz.

La géologie est essentiellement composée de couches de molasse imperméable et de cailloutis (Tertiaire) perméables accueillant parfois une nappe. Les formations inférieures sont principalement constituées de marnes imperméables (Secondaire) (Party, 2001).

La partie jurassienne (sud) possède une morphologie calcaire qui la place à l'écart des secteurs collinés du Sundgau.

L'**Outre-Forêt** est un ensemble dont l'altitude moyenne varie entre 300 et 500 mètres. Le contact avec la plaine du Rhin se fait via le réseau des failles rhénanes. Les collines sont limitées au sud par un talus dont l'origine semble être tectonique (Vogt, 1992) et au nord par la Lauter.

La géologie est majoritairement composée de dépôts marno-calcaires (dépôts lacustres) parfois entrecoupés de lits schisteux (dépôts marins) correspondant à l'Ere Tertiaire. Les assises issues du Secondaire consistent en une alternance de marnes, de calcaires et de grès (Party, 2003).

Les formations superficielles sont essentiellement composées de **couches de loess** déposées lors des dernières périodes glaciaires. L'épaisseur de cette couche varie de 10 à 30 mètres (Vogt, 1992) selon la situation des dépôts (en sommet de versant, en fond de vallon, etc.). La dissection effectuée par le réseau hydrographique a donné lieu à un relief de colline très prononcé, dont la valeur des pentes est comprise entre 2 et 10%.

## 1.2. Des sols sensibles à la battance

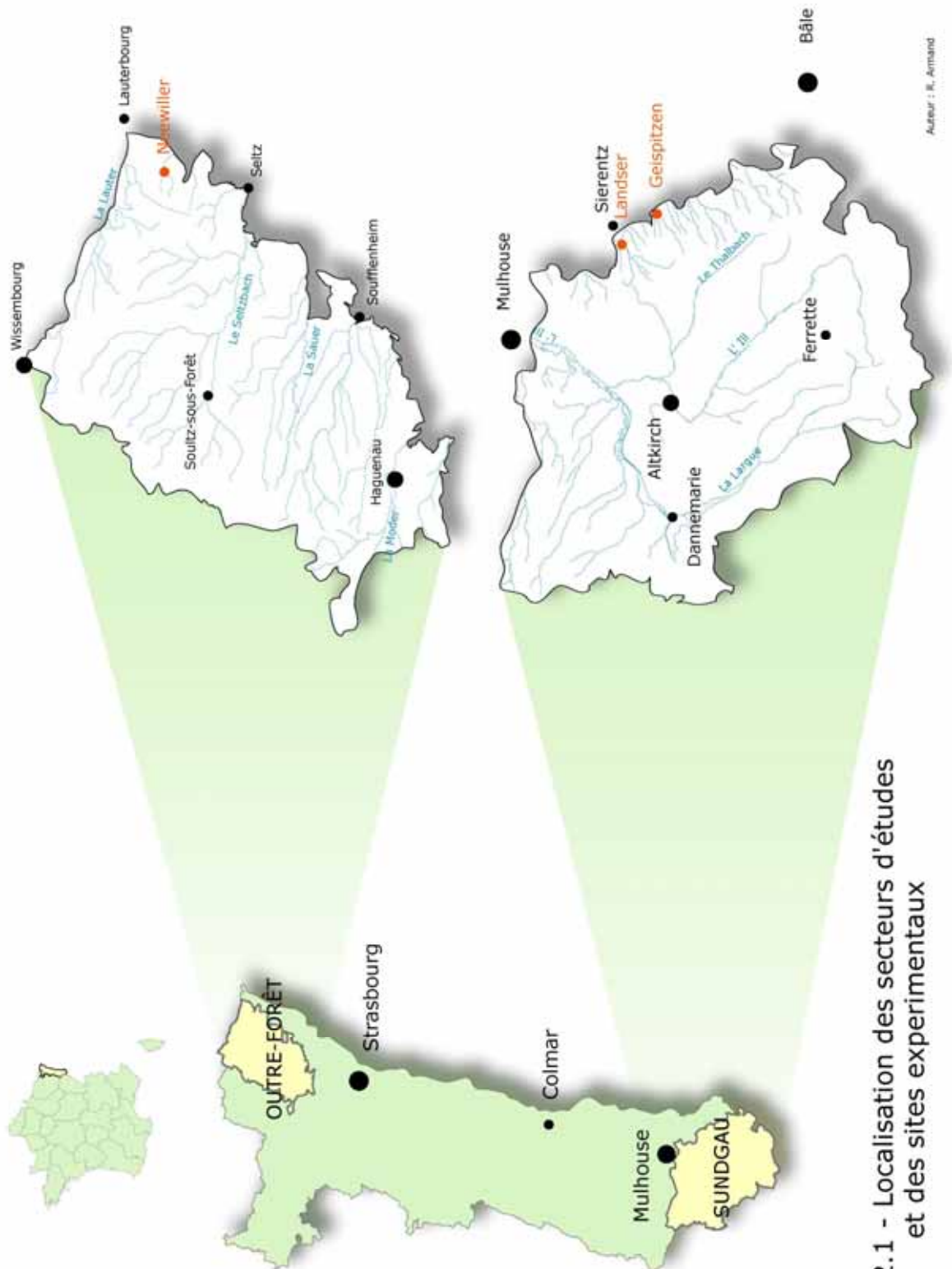
### 1.2.1. Une dominante limoneuse

Les versants des secteurs d'étude sont couverts par des sols à dominante limoneuse. Ils ont été formés à partir de dépôts éoliens loessiques et lehmiques (loess décarbonatés) constitués principalement au cours de la dernière phase glaciaire du Quaternaire (le Würm, de -12 à -10 000 ans).

Selon Party (2001 & 2003), ces sols possèdent des caractéristiques texturales assez similaires. La granulométrie de ces sols est généralement composée :

- de 15% d'argile (à ± 5 %) – diamètre des particules <2 $\mu$
- de 80% de limons (à ± 10 %) – diamètre des particules compris entre 2 et 50  $\mu$
- le tout est complété par du sable – diamètre >50  $\mu$ .

Carte 2.1 — Localisation des secteurs d'études et des sites expérimentaux



Carte 2.1 - Localisation des secteurs d'études et des sites expérimentaux

**DISTINGUER TEXTURE ET STRUCTURE DU SOL**

La *texture* est la combinaison des 3 composantes granulométriques d'un sol (argile, limon, sable).

La *structure* décrit l'agencement des particules. Elle détermine la répartition de la matière et des vides remplis par de l'eau ou de l'air. La structure conditionne l'ensemble des propriétés physiques et biochimiques du sol (aération, rétention d'eau...) (Duchaufour, 1997).

### 1.2.2. Une stabilité structurale faible

La stabilité structurale désigne la résistance de la structure d'un sol face à l'action dégradante de la pluie. Elle est déterminée par les forces qui lient les particules entre elles (Le Bissonnais, 1999).

Sur sols limoneux, ces forces mettent notamment en jeu la teneur en **argile** et le taux de **matière organique**. Selon Monnier et Stengel (1982, in Auzet, 1988), en dessous de 25% d'argile, la structure devient instable. Sous le seuil de 15% d'argile, la structure devient très instable, surtout si la teneur en matière organique est faible (<2-3%). Or un tel seuil est rarement atteint pour les sols de grande culture. Quand la stabilité structurale d'un sol est très faible, il est dit **battant**. La structure de sa surface se referme et se lisse rapidement au fil des épisodes pluvieux.

Selon Party (2001 & 2003), les sols limoneux des versants de collines possèdent un indice de battance (intégrant les teneurs en argile, limons et matière organique) de classes 4 et 5 (soit *battant* et *très battant*). De même, la stabilité structurale, évaluée à partir du triangle des textures, est classée en classes 4 et 5 (*instable* ou *très instable*).

La **matière organique** regroupe différentes composantes : litière, racines, microorganismes, sécrétions biologiques... Elle protège la structure grâce à une action physique (couverture par les débris végétaux) et chimique.

Tout comme les **argiles**, la matière organique est chargée négativement. En présence de cations bivalents ( $\text{Ca}^{2+}$ , notamment), des liaisons s'établissent entre les argiles et les composés organiques, consolidant ainsi la structure du sol. Ce processus est responsable pour partie de la formation des agrégats du sol.

Le processus de digestion de la micro et de la mésofaune donne lieu à des agrégats stables cimentés par des composés argilo-humiques.

La pluie dégrade la structure selon quatre mécanismes (Le Bissonnais, 1999) :

- Lors de son impact, la pluie libère l'énergie accumulée durant sa chute en cisillant les agrégats. Cet **effet mécanique**, appelé *splash*, voit son importance varier selon l'intensité de la pluie, le type et l'état hydrique du sol.
- Lorsque les agrégats sont secs, l'humectation brutale provoque une compression des volumes d'air contenus dans le sol ce qui provoque un **éclatement** des particules.
- Les sols argileux sont affectés d'alternances d'humectation et de dessiccation (déterminées par les conditions météorologiques) entraînant une microfissuration des agrégats préparant le terrain aux autres mécanismes. C'est le **gonflement différentiel**.
- La présence d'ions monovalents (Sodium,  $\text{Na}^+$ ) et d'ions bivalents (Calcium,  $\text{Ca}^{2+}$ ) joue sur les forces d'attraction du sol : c'est la **dispersion physico-chimique**. La présence de sodium tend à favoriser la dispersion, alors que la

présence de calcium favorise la stabilité en établissant des ponts entre les particules. Le rôle de ce mécanisme est important car il joue sur les particules élémentaires, renforçant ainsi les effets des autres mécanismes.

La dégradation de la structure de la surface se manifeste notamment par la formation de croûtes de battance dont le rôle sur la limitation de l'infiltrabilité est désormais avéré. Bresson et Boiffin (1990, in Le Bissonnais (1999)) font état de deux types morphologiques de croûtes :

- dans un premier temps, les **croûtes structurales** se forment sous l'action mécanique des gouttes de pluies. Des fragments sont détachés des agrégats et se réorganisent à la surface.
- Dans un second temps, en présence de ruissellement ou de flaques, les particules détachées sédimentent et forment des litages à l'infiltrabilité très limitée. Les **croûtes sédimentaires** se forment préférentiellement dans les dépressions jusqu'à devenir coalescentes si l'excès d'eau en surface se maintient.

### 1.2.3. Importance des états de surface sur l'infiltration

Les EDS sont composés d'un ensemble de descripteurs caractérisant le microrelief de la surface, son état structural, son état hydrique et son couvert végétal. Ils occupent une place d'interface (fig. 2.1) entre :

- la sphère climatique ;
- la sphère pédologique ;
- la sphère anthropique.

Leur évolution est donc conditionnée par ces trois paramètres très complexes. Appréhender les variations des EDS grâce à quelques descripteurs permet alors un regard transversal et complet sur le milieu environnant.

Dans notre cas, l'évolution des EDS est notamment conditionnée par les épisodes pluvieux. Elle se manifeste par le passage d'un état initial (le semis) poreux, meuble et motteux à un état dégradé, beaucoup plus lisse et fermé (Auzet, 2000).

A l'échelle du bassin versant, les chercheurs (Ludwig, 1992 ; Auzet et al., 1995) ont très vite montré le lien existant entre les EDS dégradés et les volumes érodés. Caractérisés par une grande extension des croûtes sédimentaires et un microrelief très faible, les surfaces aux EDS dégradés déterminent une grande part des volumes ruisselés, en raison de leur infiltrabilité très limitée.

Au vu des mécanismes complexes d'infiltration et de ruissellement, les EDS peuvent être considérés comme des **indicateurs des propriétés d'infiltration et de détention superficielle du sol**. Appréhendés par observation, ils permettent de caractériser l'état de dégradation de la surface avec une certaine rapidité et efficacité.

#### Conditions naturelles

- type de sol
- stabilité structural du sol
- topographie
- cumuls et intensité pluvio.
- périodes de temps sec

#### Pratiques culturelles

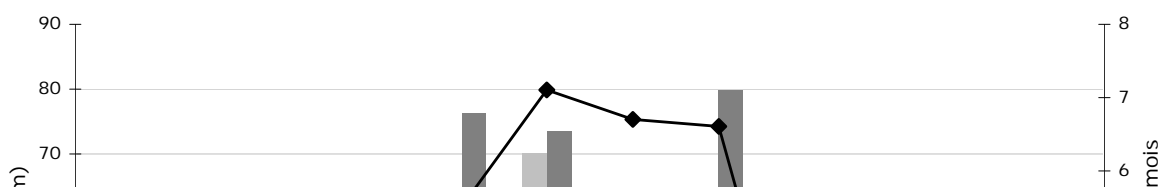
- type de culture
- opérations culturales (outils, dates de passage, etc.)
- mulch en surface
- précédents culturaux

*Fig. 2.1 — Les EDS, des descripteurs en situation d'interface*

### 1.3. Un climat marqué par les orages de printemps

Le climat est de type continental à influence océanique. La pluviométrie de début de printemps est due à des perturbations d'origine atlantique, alors que celle de fin de printemps et d'été est caractérisée par la présence d'orages. La période de mai-juin correspond notamment à un des deux maxima des précipitations annuelles (fig. 2.2).

Malgré la distance qui sépare les deux sites (180 km), la répartition pluviométrique reste comparable.



*Fig. 2.2 — Normales climatiques des sites de Lauterbourg (1973-1987)  
et de Bâle-Mulhouse (1961-1990)  
Cumul Lauterbourg : 796,4 mm – cumul Bâle-Mulhouse : 721,6 mm*

#### 1.4. Synthèse : formation et devenir du ruissellement

La formation du ruissellement peut obéir à trois processus distincts (Ambroise, 1999) :

Le ruissellement par **dépassement de la capacité d'infiltration** (appelé également ruissellement *hortonien*) se produit quand la capacité d'infiltration à saturation du sol (ou infiltrabilité) est inférieure à l'intensité des précipitations. L'excès de pluie qui ne peut s'infiltrer stagne alors en surface, puis ruisselle le long des versants.

C'est l'état de la surface qui détermine l'infiltrabilité de tout un profil. Ceci explique pourquoi des intensités inférieures à l'infiltrabilité d'un profil peuvent néanmoins provoquer du ruissellement.

Le ruissellement sur **surface saturée** se produit sur les zones généralement hydromorphes (fond de vallon humide, marais). Toute la porosité est alors occupée par des volumes d'eau. L'eau ne peut pas s'infiltrer et ruisselle en surface.

Le ruissellement par **exfiltration** est un cas plus rare s'expliquant par la saturation du profil de sol par le bas suite à la présence d'une source ou d'une nappe. Le flux en excès s'écoule alors par la surface donnant lieu à du ruissellement, sans qu'il n'y ait obligatoirement de précipitations.



Une fois formé en surface, le ruissellement peut s'écouler de manière **diffuse** : les filets d'eau parcourent le microrelief en évitant les parties hautes (mottes, touffes, cailloux). Si la lame d'eau est d'une épaisseur plus importante, elle submerge la microtopographie donnant lieu à un ruissellement **en nappe**. Le ruissellement tend également à se **concentrer** vers l'aval. Cette concentration confère au ruissellement une force érosive certaine qui lui permet de former des griffures, rigoles et ravines (Auzet 1988)

La collecte du ruissellement vers le réseau hydrographique actuel se fait selon deux réseaux distincts (Lemmel, 2002) :

- un réseau formé de **motifs agraires** liés au travail du sol. La présence de dérayure (sillon de labour non recouvert) et de fourrière (extrémité des parcelles où le tracteur fait demi-tour) forme un réseau complexe réduisant les distances à parcourir par le ruissellement avant sa concentration dans le réseau topographique. Ce réseau a pour particularité de se trouver modifié chaque année au gré des opérations culturales.
- Un **réseau permanent** formé par la topographie (vallons secs, talwegs) et les motifs anthropiques (fossés, routes, chemins).

## 2. Une occupation du sol accroissant la vulnérabilité aux coulées boueuses

L'occupation du sol des petits bassins versants agricoles s'est trouvée modifiée au cours du siècle dernier. L'exemple de la commune de Rixheim (Sundgau), étudié par Flota (2003), en est tout à fait représentatif (carte 2.2).

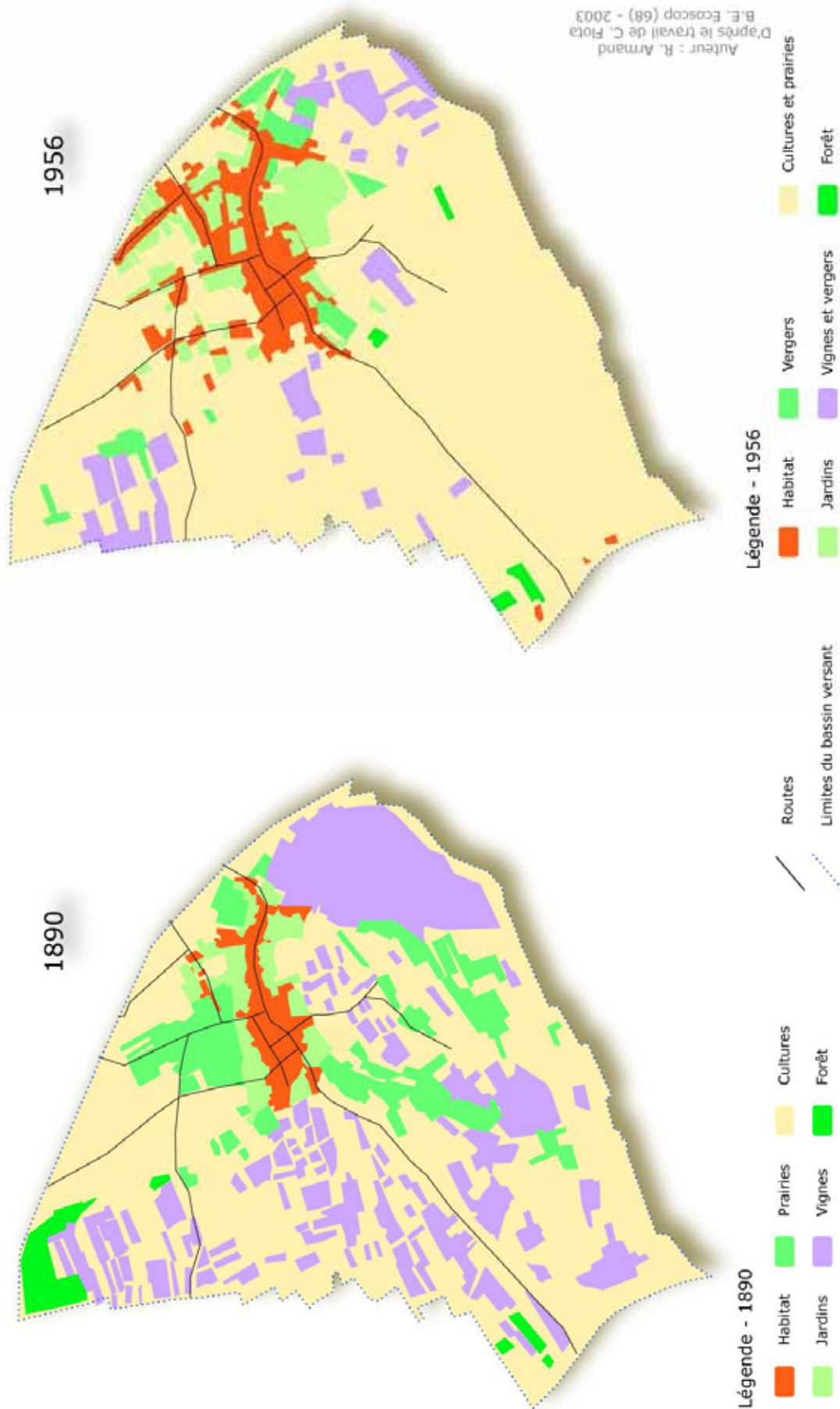
On observe une **déstructuration** très nette des terres agricoles. Auparavant, la commune était entourée d'un cordon de jardins, puis d'une « ceinture verte » composée de prairies et de vergers. Or ces secteurs constituaient des zones de dépôt des coulées boueuses, protégeant ainsi les habitations. Les populations en 1890 étaient essentiellement d'origine rurale et connaissaient le risque de coulées boueuses. Elles adaptaient alors l'occupation du bassin versant en conséquence.

Avec l'arrivée de populations périurbaines, le village s'est développé dans des zones délaissées, car perçues jusqu'alors comme des zones de circulation des coulées (fonds de talwegs et exutoires de bassins versants). L'extension des communes s'est alors réalisée sur des zones à risque, soulignant le **manque de perception** des nouvelles populations face au risque de coulées boueuses.

La vigne a connu un déclin important avec l'arrivée de machines agricoles plus puissantes et à même de cultiver des terrains en pente forte. Enfin, la délimitation des parcelles n'apparaît pas sur les cartes, mais le morcellement des parcelles de vigne suggère un parcellaire (au sens des îlots de culture) très fragmenté en 1890, favorisant une diversification certaine du milieu, constituant autant d'obstacles à la formation et à la concentration du ruissellement.

Carte 2.2 — Les mutations de l'occupation du sol dans les bassins versants agricoles  
L'exemple de Rixheim

Carte 2.2 - Les mutations de l'occupation du sol dans les bassins versants agricoles  
L'exemple de Rixheim



En 1956, l'essentiel du bassin est occupé par les grandes cultures, impliquant une plus **faible diversité du territoire agricole**. Cette homogénéité a été le fait d'une diminution du nombre d'exploitants agricoles et de l'augmentation des capacités des machines agricoles permettant de cultiver de plus grandes surfaces d'un seul tenant.

Les données du Recensement Général Agricole (tableau 2.1), montrent la **prévalence du maïs** sur les autres cultures. Celle-ci peut s'expliquer par le caractère peu contraignant de sa culture qui remporte alors la préférence des jeunes agriculteurs ou des double-actifs (notamment dans le Sundgau). Notons que la prime au maïs fixée par la PAC a également aidé au développement de cette culture tout comme le choix de la Région Alsace de se doter des industries de transformation adaptées.

Tableau 2.1 — Occupation des terres agricoles – RGA Agreste 2000

Outre forêt		Sundgau	
Culture	Surface de la SAU (%)	Culture	Surface de la SAU (%)
Blé tendre	12,4	Blé tendre	16,4
Maïs	37,9	Maïs	40,8
Surfaces toujours en herbe	25,5	Surfaces toujours en herbe	17,7
Autres	24,2	Autres	25,0

Les conditions naturelles sont par ailleurs très favorables à la culture du maïs : les hauteurs d'eau et l'ensoleillement sont suffisants au printemps et en été. Les sols limoneux permettent un enracinement profond et une réserve en eau importante. Il en ressort des rendements parmi les plus élevés d'Europe.

Cette monoculture de maïs a une importance capitale sur la production du ruissellement. Le calendrier cultural du maïs, semé à la fin avril, implique une période de 2 mois environ où le sol n'est pas protégé de la pluie par le feuillage. Or c'est à cette période que correspond le début de la période des orages. Le fait que des surfaces importantes présentent un stade phénologique identique augmente significativement le risque de coulées boueuses.

### 3. L'émergence des TCSL dans le contexte alsacien

#### 3.1. Définition

##### 3.1.1. Bref historique des TCSL

Les grandes **crises érosives** du XX<sup>ème</sup> siècle ont aidé à la prise de conscience de modifications des pratiques agricoles à mener.

Les années 1910 marquèrent le début de la traction mécanique (premiers tracteurs) et du développement du labour profond, déclenchant des crises érosives d'origine éolienne ou hydrique en Australie, en Amérique, etc.

La plus célèbre de ces crises érosives a été le **Dust Bowl**, ayant affecté les plaines semi-arides du Sud-Ouest des Etats-Unis. Cette érosion éolienne des terres

limoneuses se manifesta des années 1920 à 1935, provoquant un impact social et économique sévère. Cette crise aboutit à la mise en place de nouvelles pratiques culturales (*conservation tillage*, culture en bandes alternantes parallèles aux courbes de niveau) et également à la création d'aménagements (banquettes).

D'autres pays, notamment en Amérique du Sud (Argentine, Brésil), ont travaillé sur des techniques de non-labour (*no-till*) afin de remédier à des problèmes d'érosion hydrique (Robert et al., 2004)

Ces pays possèdent désormais des superficies considérables en non-labour, cette méthode ayant été retenue comme moyen de lutte contre le ruissellement.

### 3.1.2. Une ou des TCSL ?

Répondre à la question qu'est-ce qu'une TCSL, n'est pas chose aisée. Selon Robert et al. (2004), toutes les techniques de travail sans labour sont caractérisées par **l'absence de labour profond**. Le Congrès de l'Agriculture de Conservation (Madrid, 2001) base également la définition sur la **couverture** du sol au long de l'année, ainsi que la présence de **débris végétaux en surface** (mulch) suite aux précédents culturaux.

Auparavant, la France avait retenu le terme de **travail simplifié**. Simplifié par rapport à quoi ? Par rapport aux itinéraires culturaux basés sur le labour qui comptent de nombreuses phases de travail du sol (fig. 2.3).

En monoculture de maïs, le sol est labouré en hiver afin d'enfouir les résidus végétaux. Durant le printemps, les exploitants retravaillent la surface dégradée au cours de l'hiver afin de niveler et d'affiner le sol : c'est la préparation de semis (ou reprise de labour). A la fin du mois d'avril, le maïs est semé si les conditions de travail du sol sont favorables (humidité notamment).

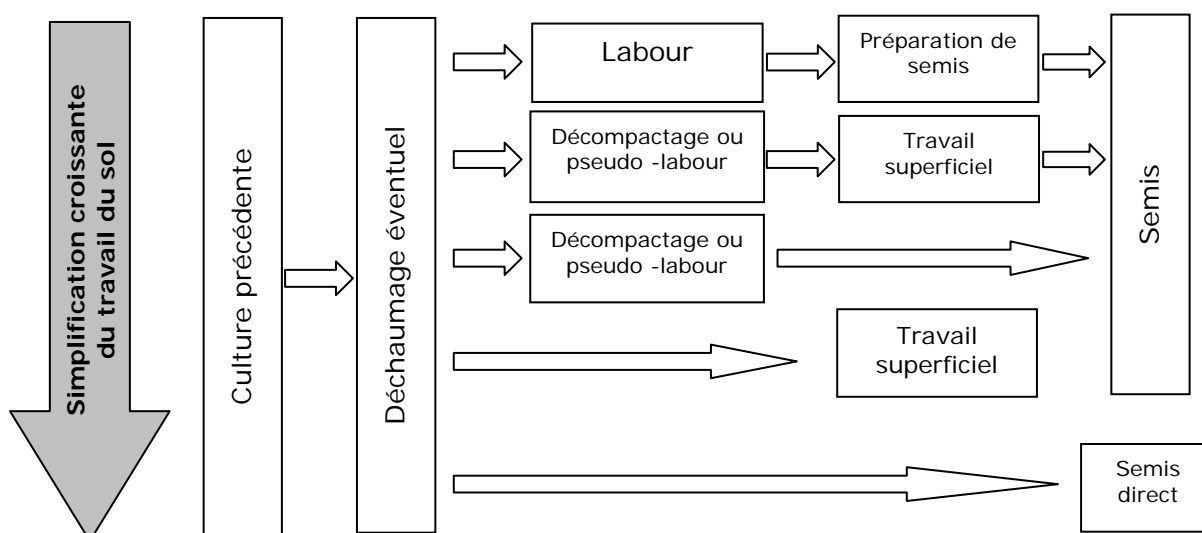


Fig. 2.3 — Exemples de simplification du travail du sol (d'après Soltner, 2000)

Désormais, la littérature (Soltner, 2000 ; Le Bissonnais, 2004)) s'entend pour distinguer 3 catégories de TCSL :

- le **semis direct** consiste à implanter une culture dans un champ qui n'a pas été travaillé depuis la récolte précédente. Seule la ligne de semis sera travaillée par les éléments semeurs. Le dispositif est généralement constitué de disques ouvreurs et de disques ou socs semeurs. L'ensemble peut-être complété d'outils travaillant sur des bandes d'une dizaine de centimètres de large.
- Le **travail superficiel** s'effectue sur toute la surface de la parcelle et sur une profondeur variant entre 3 et 10 cm. Les outils utilisés sont généralement des déchaumeurs à dents ou à disques .
- Le **décompactage** travaille sous le niveau de labour (20-35 cm) mais sans mélanger les couches de terre. Le sol est généralement soulevé par des outils à dents ou à coutres, ce qui provoque un effet de fissuration sur le sol. Il est généralement accompagné d'un travail superficiel.

### 3.2. Les motivations des exploitants

Les motivations des exploitants face au passage en TCSL sont très variées. Dans son étude menée sur un panel représentatif des exploitations alsaciennes ayant adoptées les TCSL, Granveaux (2004) relate que l'essentiel des agriculteurs l'ont fait pour des **raisons agronomiques**. Parmi, ces facteurs, c'est **l'érosion** qui domine, notamment pour les agriculteurs travaillant sur des limons blancs très instables. Les exploitations concernées sont situées dans le Sundgau, L'Outre-Forêt, le Pays de Hanau et le Kochersberg. Les autres motifs agronomiques concernent la faible activité biologique et à la faible teneur en matière organique des sols.

Le **gain de temps** est également une motivation importante, notamment pour des exploitants possédant une surface importante. Les céréaliers travaillant en monoculture ont besoin de réduire leurs périodes de pointes de travail. Les éleveurs souhaitent disposer de plus de temps pour leur travail d'astreinte quotidienne (traite). Le gain de temps permet également aux double-actifs de consacrer plus de temps à leur autre activité professionnel.

Autre motif plus rarement invoqué, la baisse des charges au niveau de l'exploitation.

### 3.3. Les effets supposés des TCSL sur le ruissellement

Les effets des TCSL sur le ruissellement sont étudiés depuis de nombreuses années à l'étranger et les résultats font état d'une réduction du ruissellement et de l'érosion d'un facteur 2 à 10 (Le Bissonnais, 2004).

Les données en France sont relativement récentes, mais les premiers résultats tendent à montrer le potentiel des TCSL dans la réduction du ruissellement (Le Bissonnais, 2004). A court terme, les effets sont de nature à **favoriser l'infiltration**. Ainsi, J. Labreuche (2003) relate les résultats de Grass et al. (1995) concernant un essai de travail du sol sur 8 ans (sous maïs). Au cours de la croissance du maïs, le semis direct

et le travail superficiel conservent une infiltrabilité supérieure au labour sur la couche 0-5 cm/h, notamment après les premières pluies.

La présence de **mulch** à la surface joue un rôle physique en la protégeant des précipitations (effet « parapluie ») (Fig. 2.4). Ceci limite la dégradation structurale et maintient une infiltrabilité supérieure à celle d'un labour dont la surface est battue. De même Armand (2003) et Scodro (2001), montrent que les parcelles expérimentales en TCSL présentent une surface moins encroûtée que les parcelles labourées.

Le mulch et une rugosité souvent supérieure au labour (Armand, 2003 ; Van Dijk 2001 ; Scodro, 2001) favorisent une **détention superficielle** (flaquage) supérieure au labour. Ce volume d'eau stocké en surface constitue un stock tampon avant l'écoulement du ruissellement sur les versants. Il peut s'évaporer ou s'infiltrer par la suite.

Dernier point, le mulch limite la concentration et la prise de vitesse du ruissellement, et à ce titre limite les risques d'arrachement des particules (effet « microbarrage ») et transport de matières en suspension (MES).

A long terme, les TCSL sont censées favoriser une hausse du **taux de matière organique** dans le sol, grâce à la décomposition des débris végétaux laissés en surface. A ce titre, de nombreuses instances (FAO, International Food Policy Research Institute) soulignent une perte en matière organique importante au cours des dernières décennies, notamment suite à l'intensification des pratiques agricoles (cf. annexe 4).

Le non-retournement du sol constitue un des points communs des TCSL. A l'inverse, le labour, en retournant le sol, dilue la matière organique sur toute l'épaisseur du profil travaillé. Il s'ensuit une diminution notable du taux de matière organique en surface fragilisant sa stabilité structurale.

La hausse du taux de matière organique disponible dans le sol permet également une **activité biologique accrue** permettant une bonne stabilité structurale ainsi qu'une structure de la porosité favorable à l'infiltration (macropores creusés par les lombrics).

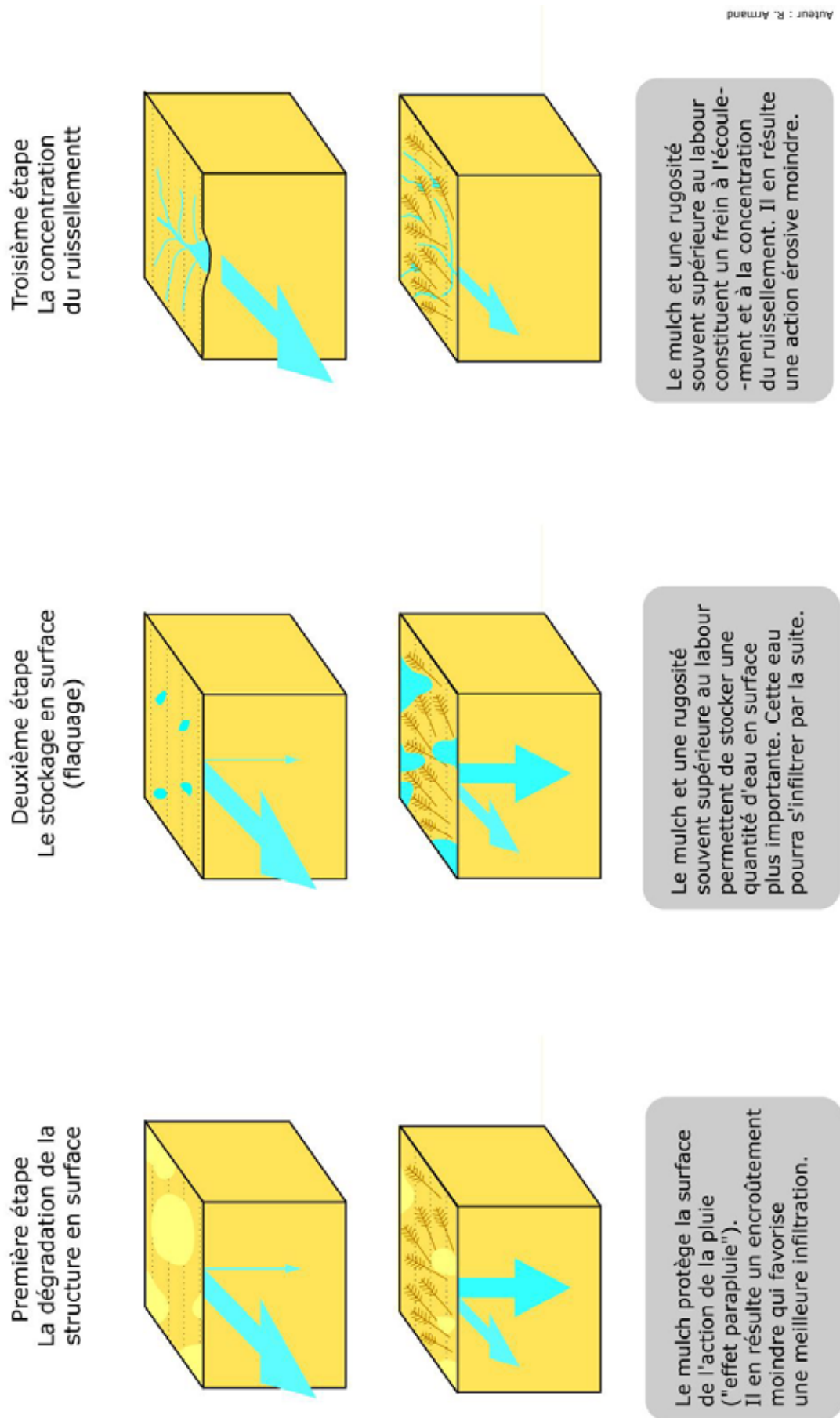
Les résultats relatés dans les revues spécialisées font état d'un maintien du taux de matière organique en TCSL voire d'une hausse très progressive au fil des années. C'est notamment le cas du semis-direct dont la surface récupère une grande partie de la biomasse après la récolte. Guillemont (1999) cite l'essai de longue durée mené par l'ARVALIS à Boigneville (91). Après 16 ans de semis direct, le taux de matière organique, sur l'horizon 0 – 5 cm, est passé de 1,8% à 2,3%.

### 3.4. Les limites d'utilisation des TCSL

Premier obstacle, le **risque de voir le rendement diminuer** suite à une levée de mauvaise qualité ou à un développement d'adventices est accru. En ne retournant pas le sol en profondeur, les TCSL n'enterrent pas le stock semencier présent en surface. Il convient alors d'adapter les pratiques culturales pour limiter ce risque.

De même, le maïs est relativement exigeant au moment de sa levée. Si la graine n'est pas suffisamment entourée de terre fine, la levée des plantules sera très hétérogène. Une fois sorti de terre, le maïs est très sujet à la concurrence en eau, notamment en présence d'adventices.

Fig. 2.4 - Les effets à court terme des TCSL sur le ruissellement



Les TCSL supposent donc un bagage technique pour permettre d'obtenir des rendements ou des coûts d'exploitation équivalents à ceux d'un maïs cultivé en labour. De l'avis des exploitants, au moins deux ans sont nécessaires pour acquérir une expérience suffisante pour modifier ses pratiques culturales.

Par ailleurs, il existe un **frein psychologique** à l'emploi des TCSL. Dans un secteur où « la charrue doit être graissée et rangée avant l'hiver », l'aspect d'un champ labouré, propre et net au regard est important aux yeux des exploitants agricoles, car il suggère un travail de bonne qualité. Les exploitants qui décident de passer en TCSL avouent les expérimenter sur des parcelles « loin des routes » afin d'éviter les railleries dues à la présence de mulch en surface pendant l'hiver.

Point important, **les TCSL ne doivent pas diaboliser le labour**. Il s'agit de ne pas être manichéen : un labour effectué dans de bonnes conditions vaut sans doute aussi bien en terme d'érosion et de ruissellement que certaines TCSL mal utilisées. C'est notamment le cas si les exploitants veillent à ne pas labourer trop profond tout évitant de produire trop de terre fine en surface lors des reprises de labour.

Enfin, l'impact des TCSL sur les transferts de **phytosanitaires** n'est pas encore clairement défini. Le mulch en surface représente une zone d'absorption des produits phytosanitaires qui pourrait inciter les exploitants à en pulvériser des quantités supérieures, notamment en vue de maîtriser des levées d'adventices plus fréquentes en TCSL.

La destruction du couvert d'interculture est généralement effectuée avec du glyphosate (Round Up), remplaçant l'atrazine. Qu'en sera-t-il si l'utilisation du glyphosate continue de se généraliser ? Cette question n'est pas vaine car les premières analyses de concentration en glyphosate dans les nappes imposent une certaine vigilance (IFEN, 2004).



## Conclusion partielle

La présence de risques liés au ruissellement sur les collines limoneuses d'Alsace résulte donc de la concordance de plusieurs phénomènes.

Le ruissellement est un aléa présent à l'état naturel en présence de sol limoneux dont la stabilité structurale est très faible. Le risque de ruissellement est notamment accru à la fin du printemps et en été quand l'activité orageuse est à son maximum.

Les activités humaines ont singulièrement augmenté le risque de ruissellement en modifiant l'occupation des bassins versants cultivés, au détriment des interfaces (vergers et prairies) protégeant les communes. Désormais, les grandes parcelles sont principalement occupées par le maïs dont le calendrier cultural offre une couverture du sol quasi nulle au début de la période orageuse (mai et juin).

Dans ce contexte, les TCSL apparaissent comme une pièce d'un système visant à réduire la formation et la concentration du ruissellement. Les premières études soulignent qu'à court terme, elles semblent autoriser des états de surface favorables à l'infiltration. A long terme, elles devraient pouvoir améliorer le statut organique des sols.

Reste un paradoxe : les TCSL semblent limiter la formation du ruissellement, mais leurs effets sur les flux de phytosanitaires, pourtant liés au ruissellement, restent encore peu connus et complexes à appréhender.

Le contexte est désormais posé, voyons à présent quels outils ont été mis en place afin de mesurer si les effets des TCSL sur la production de ruissellement sont avérés.

---

## Outils et méthodes

---

La partie précédente a souligné l'impact potentiel des TCSL en matière de lutte contre le ruissellement. Les résultats sur sites expérimentaux sont encourageants : la baisse des volumes ruisselés est significative. De même, les études soulignent des EDS moins dégradés sur des parcelles en TCSL.

Il s'agit désormais de développer des outils afin de répondre aux questions posées précédemment :

- Les TCSL permettent-elles de limiter le ruissellement et l'érosion ?
- Quels sont les effets des TCSL sur les EDS et les conséquences en terme de volumes d'eau et de sédiments ruisselés ?

Afin d'évaluer les EDS, le protocole permettra une observation fiable de descripteurs du risque de ruissellement de la surface. Il devra également tenir compte des particularités culturelles des TCSL (présence de mulch en surface, notamment). Il sera ainsi possible d'estimer la dégradation des EDS au fil des pluies en fonction de chaque modalité culturelle.

Afin de répondre à l'objectif quantitatif, il s'agira d'élaborer un dispositif expérimental s'intégrant dans des parcelles cultivées afin de contribuer au référentiel régional. Ces dispositifs devront permettre la mesure de volumes ruisselés et de MES.

La localisation des sites expérimentaux devra respecter les secteurs affectés par le ruissellement agricole (les collines limoneuses). Ils devront permettre une comparaison aisée entre différentes modalités culturelles.

## 1. Les états de surface, un outil d'observation

Les états de surface (EDS) sont constitués d'un ensemble de descripteurs tels que le microrelief, l'état hydrique et structural de la surface. Ils conditionnent la partition ruissellement/infiltration et à ce titre peuvent constituer de bons indicateurs du risque de ruissellement. Les suivis effectués cette année ont pour but de confirmer une dégradation des EDS globalement moindre en TCSL comparé au labour (Scodro, 2001 ; Armand, 2003) et d'étudier l'influence des EDS sur la production de ruissellement et de MES.

Premier obstacle à l'analyse des EDS, **la structure spatiale d'une parcelle cultivée en maïs n'est pas homogène**. Elle est constituée de trois motifs culturels spécifiques dont les trajectoires d'évolution des EDS au fil des pluies ne sont pas identiques (fig. 3.1) :

- La **trace de roue** est une zone qui est empruntée à plusieurs reprises au cours de la saison (reprise de labour, semis, épandages). Il s'ensuit un tassement qui dégrade la structure du profil et réduit considérablement l'infiltrabilité. Les traces de roues présentent en général des EDS dégradés de façon précoce. Elles sont fréquemment les premières zones à ruisseler et à s'inciser, le ruissellement acquerrant une forte vitesse d'écoulement, notamment à cause d'un faible microrelief.
- La **ligne de semis** est une zone présentant l'état de surface très fin après les semis, suite aux outils agricoles employés émiettant le sol et chassant les mottes (la graine réclame un bon contact avec le sol). C'est un motif présentant un encroûtement précoce, notamment si le sol a été trop affiné (R. Armand, 2003), par des vitesses de rotation des outils trop importantes, par exemple.
- L'**interrang** est l'espace séparant deux lignes de semis. La dégradation de son EDS est très variable car elle dépend du type travail du sol (en semis direct, les interrangs ne sont pas travaillés, par exemple).



Fig. 3.1 – Les trois motifs culturels à la surface d'un champ de maïs

Les trois motifs cultureux de chaque placette expérimentale ont ainsi été équipés d'une microplacette (60 x 40 cm) destinée à l'observation des EDS. Tous les 20 mm de pluies cumulées, les EDS sont évalués par le biais du formulaire développé dans le cadre du programme de recherches RIDES (Ruissellement, Infiltration et Dynamique des Etats de Surface, Auzet, 2000).

Il s'agit donc d'une **méthode d'observation** qui implique une certaine part d'incertitude relative à l'observateur. Des observations effectuées en groupe ont permis d'évaluer la marge d'erreur relative à chaque variable. Cette marge diminue cependant si les suivis sont effectués par une seule et même personne.

La fig. 3.2 illustre les différents descripteurs des EDS et servira de point de départ à l'explication de chacun d'entre eux.

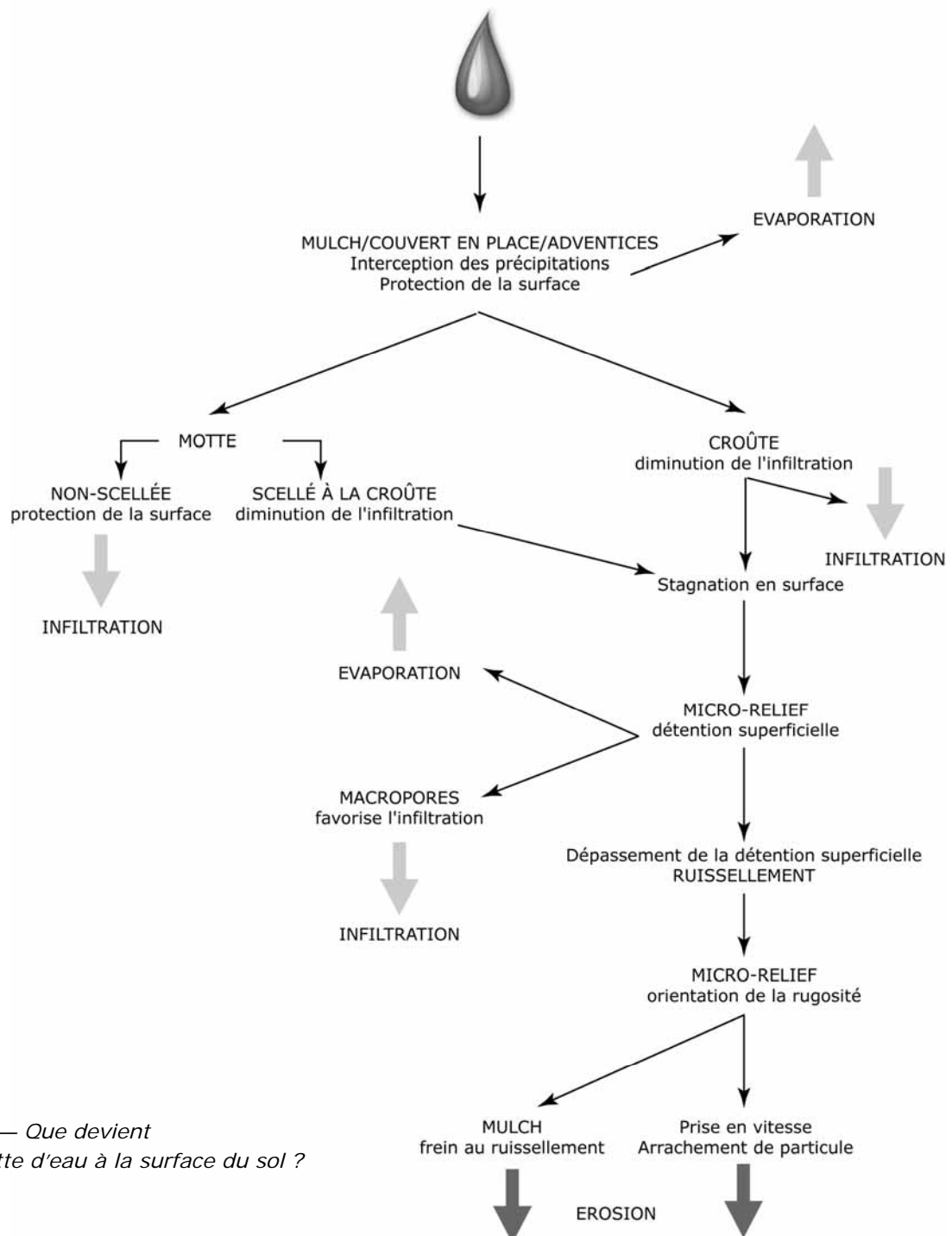


Fig. 3.2 — Que devient une goutte d'eau à la surface du sol ?

Les expressions en italique renvoient aux différents descripteurs formalisés dans l'annexe 5.

Lors de sa chute, la goutte peut tomber sur un *couvert végétal*. Il peut être *en place*, désignant alors le maïs. Il peut également s'agir de *mulch*, c'est-à-dire des débris végétaux de la culture précédente. Le rôle de la **végétation** est déterminant sur la protection de la surface vis à vis de l'action de la pluie (« effet parapluie ») et notamment son taux de *couverture de la surface* (évalué à  $\pm 10\%$ ).

Le *mulch* peut exercer une action de protection de la surface et de frein à la concentration du ruissellement. Le fait qu'il soit *scellé à croûte* traduit un état avancé de la dégradation de la surface. Le *couvert en place* joue un rôle d'interception des précipitations, en principe croissant avec le développement de la plante. Il est indiqué par la *hauteur* ( $\pm 5$  cm quand la hauteur est  $< 50$  cm,  $\pm 10$  cm  $> 50$  cm) et le *nombre de feuilles* ( $\pm 1$  feuille), descripteur retenu car très répandu dans le monde agricole.

L'*incision au collet* renseigne la nature du contact entre le collet et le sol : la présence de *fentes* traduit une infiltration potentielle, la présence d'incisions révèle la circulation de ruissellement.

Une fois libérée du couvert végétal ou provenant directement du nuage, la goutte peut tomber sur ou à proximité d'une **motte**. Elle protège la surface de l'action de la pluie, notamment si son diamètre est important. Sa base constitue ainsi une zone préférentielle d'infiltration. Au fil des précipitations, la base de la motte fusionne avec la croûte environnante réduisant ainsi l'infiltration : la motte est dite *scellée*. Sa désagrégation témoigne des différents mécanismes provoquant la séparation des agrégats (splash, éclatement, etc.).

Le *diamètre moyen* et la *couverture* constituent des indicateurs de la finesse de la préparation de semis. Plus le travail est fin, plus la dégradation structurale de la surface risque d'être rapide. La marge d'erreur de la couverture de surface est de  $\pm 10\%$ .

Le *diamètre moyen non scellé* renseigne sur l'avancée de la dégradation structurale. En principe, la valeur devrait augmenter au fil des épisodes pluvieux. L'erreur d'estimation est de  $\pm 2$  mm.

En présence de **croûte**, la goutte stagne en surface, l'infiltrabilité étant considérablement réduite. Le type de croûte est déterminé par le processus qui l'a mise en place. La croûte est dite *structurale* sous l'action de la pluie ; *sédimentaire* s'il y a eu ruissellement. Le type est déterminé en effectuant des petits carottages aux alentours de la microplacette. La proportion de surface occupée par les croûtes est ensuite estimée à  $\pm 10\%$ .

Le volume pouvant stagner en surface est approché par le **microrelief**. La *direction principale du ruissellement* restitue l'orientation du microrelief par rapport à la parcelle. La *hauteur des seuils à franchir (HSF) dans le sens du et perpendiculaire au ruissellement* représente la hauteur des obstacles que le ruissellement doit franchir pour progresser (marge d'erreur :  $\pm 1$  à  $5$  mm selon les cas, notamment en présence de mulch, inclus dans l'estimation). Les flaques sont également mesurées au mètre pliant (marge d'erreur  $\pm 10$  mm).

Les **macropores** constituent des espaces d'infiltration préférentielle, notamment quand la surface est encroûtée ou au niveau du contact avec le collet. Les *fentes* traduisent des phénomènes d'humectation/dessiccation. Leur *espacement* ( $\pm 5$  cm) est mesuré afin d'apprécier la densité de la fragmentation. La *largeur moyenne* et *maximale* est mesurée au double-décimètre ( $\pm 1$  mm). Les *trous* traduisent l'intensité de l'activité biologique (lombrics). Leur densité est évaluée en faisant un compte total du nombre de trous à  $\pm 2$  trous.

## 2. Les placettes expérimentales, un outil de quantification

### 2.1. Principe

Afin d'estimer si les TCSL réduisent significativement la production de ruissellement, les EDS constituent une première approche. Il s'agit désormais de **mesurer** précisément le ruissellement qui est exporté par des surfaces données et de les comparer aux EDS correspondants. Ceci permettra de vérifier le lien entre EDS et la partition infiltration/ruissellement, ainsi que d'acquérir des références régionales en matière de ruissellement.

Il a été choisi de mettre en place des placettes expérimentales (fig. 3.3) sur différentes modalités culturales afin de les comparer entre elles. Le principe de ces placettes est inspiré des dispositifs mis en place par P. Van Dijk (2001) et Ph. Martin (1997) qui les avaient utilisés pour effectuer des mesures de ruissellement et de matières en suspension, respectivement aux Pays-Bas et en Normandie.

Les placettes installées cette année devaient répondre à deux impératifs :

- permettre la mesure des volumes ruisselés sur une période donnée ;
- permettre la mesure des MES.

Pour cela, des portions de parcelles cultivées sont **isolées hydrauliquement**, ici grâce à des bordures PVC, afin de recueillir le ruissellement émis par une surface précise. Une tranchée située à l'amont de la placette dérive le ruissellement provenant du haut de la parcelle. Le ruissellement est ensuite recueilli par une gouttière située à l'aval. Sous la gouttière, une bâche en plastique évite l'infiltration du ruissellement, ce qui entraînerait une sous-captation. Une fois dans la gouttière, le ruissellement est évacué vers une des extrémités de la gouttière selon l'inclinaison de la pente, puis est redirigé vers une cuve enterrée.

Le dispositif se présente donc par une certaine simplicité de fonctionnement puisqu' aucun appareillage spécifique n'est utilisé. Il faut noter que ces placettes n'ont pas été conçues dans le but d'effectuer des mesures de concentrations de phytosanitaires, suite au prélèvement d'échantillons dans la cuve. Lors du choix des matériaux employés, il n'a pas été tenu compte des interactions chimiques (relargages) entre le ruissellement et les contenants (matériaux plastiques des cuves et des jerrycans). Ces interactions seraient à même de perturber la nature chimique du ruissellement et donc de fausser les mesures.

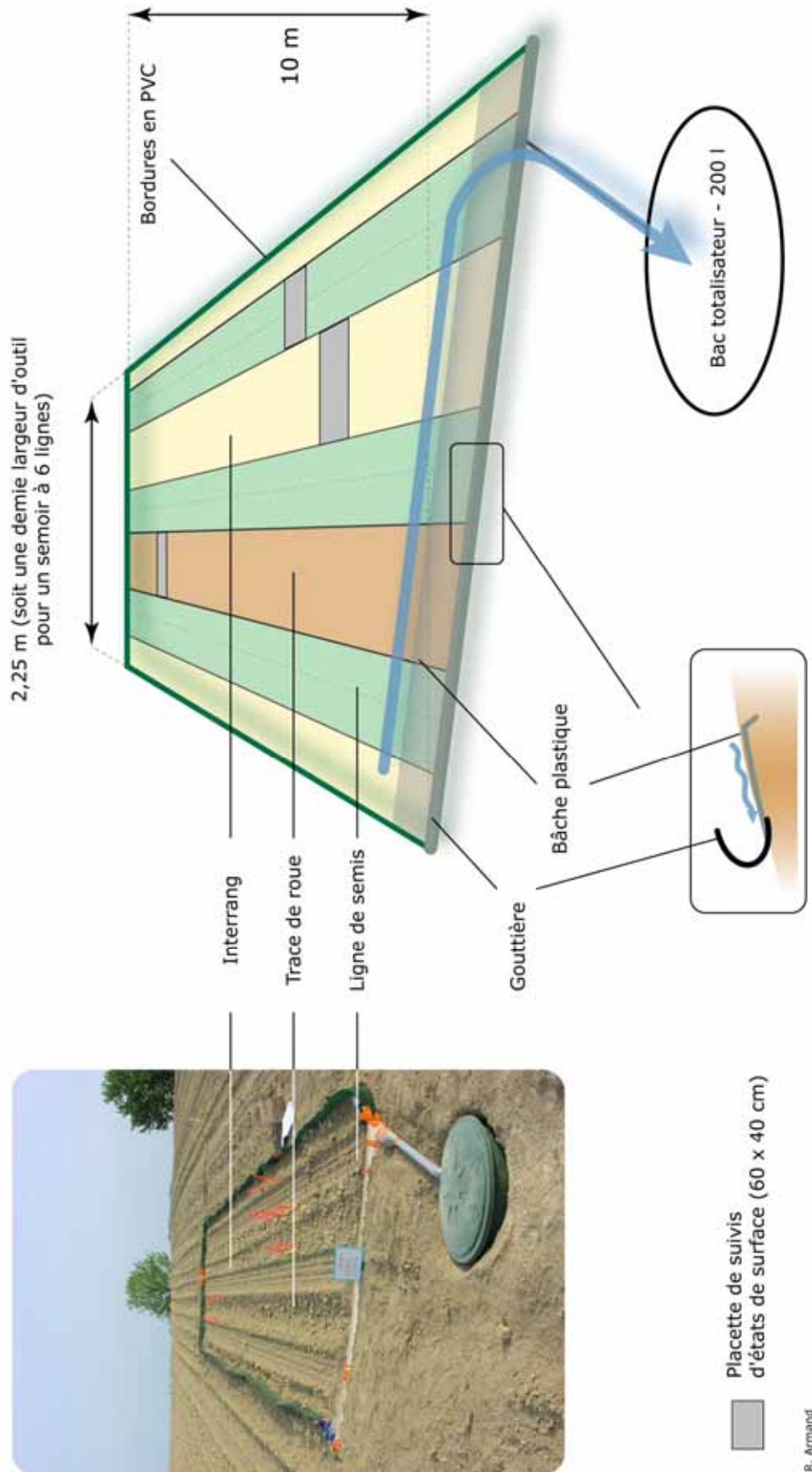
### 2.2. Protocoles de mesure

Une fois dans la cuve, le ruissellement est transvasé puis mesuré au moyen d'une cuve graduée sur le terrain, ou en laboratoire (allonge graduée) si le volume total est inférieur à 20 litres. Les échantillons prélevés dans la cuve permettent d'estimer les MES. Le taux d'échantillonnage varie selon le volume ruisselé :

- Il est de 100% lorsque le volume ruisselé est inférieur à 20 litres.
- Il supérieur à 50% quand le volume ruisselé est supérieur à 20 litres. Dans ce cas, pour obtenir des prélèvements homogènes, le volume total est scindé en deux, puis chaque moitié fait l'objet de plusieurs prélèvements de 5 litres. Avant et entre chaque prélèvement, le volume total est brassé afin de favoriser la mise en suspension des MES.

Fig 3.3 - Un dispositif expérimental alliant observation et quantification

Fig. 3.3 — Un dispositif alliant observation et expérimentation



Une fois en laboratoire, les échantillons sont mis à décanter avec adjonction de Chlorure de Calcium ( $\text{CaCl}_2$ , chargé à 55,5 g/l), à raison de 10 cm<sup>3</sup> pour 10 litres. Après 48h, les MES ont floclé puis sédimenté, l'eau claire est aspirée avec une trompe à vide. Les MES humides sont alors mises à l'étuve 48h. Une fois sèches, leur masse est obtenue en soustrayant la masse de la barquette en aluminium et celle de la dose de  $\text{CaCl}_2$ .

### 2.3. Emplacement et dimensionnement

Le dimensionnement des placettes a été effectué suite aux conseils de P. Van Dijk et de Ph. Martin, selon plusieurs impératifs. La **structure spatiale d'un champ de maïs n'est pas homogène** ce qui influe sur les propriétés hydrodynamiques (infiltrabilité notamment) de la surface. Les proportions de surface occupées par les traces de roue, interrangs et lignes de semis devaient représenter celle de la parcelle dans sa totalité.

Les semoirs utilisés sur les sites retenus travaillent sur 6 lignes de semis : l'écartement est de 75 cm entre deux lignes de semis. Un passage d'outil crée :

- 6 lignes de semis,
- 2 traces de roue
- 4 interrangs.

Il a été retenu de ne travailler que sur une **demi-largeur d'outil** (soit 2.25m) de façon à limiter la surface de la placette. La structuration spatiale (1 trace de roue, 3 lignes de semis et 2 interrangs) demeure respectée.

Concernant la **longueur** de la parcelle, il s'agit de prendre en compte le caractère cumulatif du ruissellement. Une fois formé, le ruissellement gagne en vitesse, ce qui accroît sa force érosive (P. Van Dijk, communication orale). La longueur de la parcelle doit ainsi être suffisante afin de ne pas sous-évaluer le ruissellement et les sédiments entraînés. La longueur a été fixée à 10 mètres, comme c'est le cas des placettes expérimentales sous blé de la Chambre d'Agriculture de l'Eure.

L'**emplacement** des parcelles est choisi en fonction des passages de pulvérisateurs à venir, de façon à ne pas gêner le travail des exploitants.

Toutes les placettes sont **doublées** afin de vérifier si les données obtenues sont homogènes et pour pallier les éventuelles défaillances techniques (gouttière submergée, rupture de la bordure PVC).

L'**estimation des volumes ruisselés** maximums a été calculée selon les paramètres énoncés dans le tableau 3.1 afin de dimensionner le volume des cuves enterrées. Les cuves installées peuvent contenir un volume maximum de 200 litres.

Tableau 3.1 — Valeurs utilisées pour estimer les volumes ruisselés

Paramètre	Valeur
Surface de la placette	22.5 m <sup>2</sup>
Intensité des pluies (décennale)	40 mm/h
Lame d'eau précipitée	20 mm
Coefficient de ruissellement	50%
VOLUME RUISSÉLÉ	225 litres



## 2.4. Avantages et inconvénients

Le principal avantage des placettes expérimentales réside dans leur grande **souplesse**. La mise en place d'une placette expérimentale nécessite 4 heures de travail pour une personne seule. Le peu de technique que requiert son installation permet de former rapidement des personnes. Le plus délicat réside dans la pose de la bâche plastique qui évite les infiltrations sous la gouttière. Le matériel n'a rien de spécifique, ce qui facilite les achats et réduit les coûts du dispositif (70€/placette). La fosse nécessaire à la cuve offre l'occasion d'étudier le profil du sol sur un mètre de profondeur et celle de faire des prélèvements à différentes profondeurs.

L'absence d'appareillage mécanique et électrique réduit considérablement le risque de dysfonctionnements. Le ralentissement ou la stagnation du ruissellement provoquant le dépôt des MES, il s'agit surtout de veiller à ce que la gouttière ne soit pas comblée. De même, une crapaudine est placée à l'entrée du tube reliant la gouttière à la cuve afin de limiter l'intrusion d'animaux ou de végétaux. Elle ralentit néanmoins le flux, pouvant provoquer une sédimentation locale réduisant le diamètre de sortie.

Les inconvénients résident surtout dans l'impossibilité de faire des mesures en continu des débits d'écoulement, ce qui permettrait de mesurer le temps de réponse de la surface après le début des pluies.

## 3. Le pluviographe, un outil de caractérisation

La pluviométrie des mois de mai et de juin étant caractérisée par des précipitations orageuses (cf. chap. 2), il s'agit de prendre en compte, en plus de leur cumul, leur **intensité**. Le pluviographe mécanique employé (modèle Précis Mécanique 3020) possède une résolution de 0.1 mm de pluie et une autonomie de 7 jours. Il permet donc de lire les intensités de pluie avec une grande précision (photo 3.1). Le diagramme sur lequel s'inscrivent les précipitations est changé tous les 7 jours, offrant ainsi l'occasion de vérifier le bon fonctionnement des sites expérimentaux.

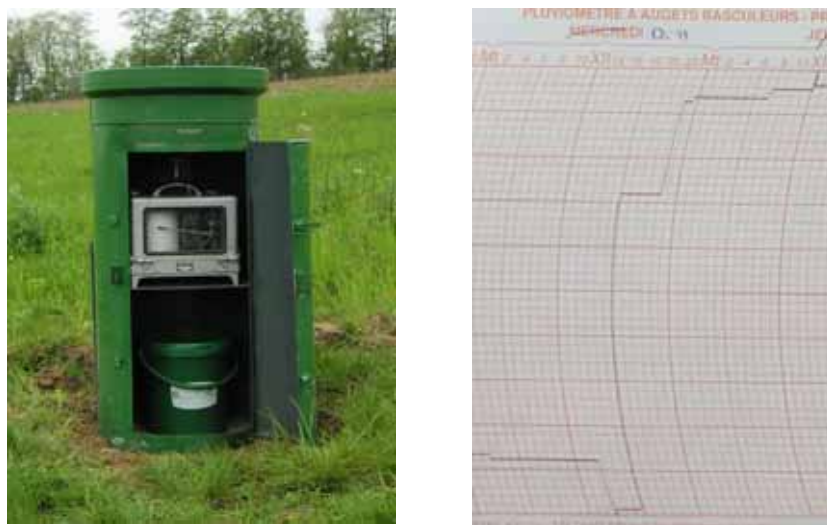


Photo 3.1 — Le pluviographe utilisé et le diagramme restitué

## 4. La base de données, un outil d'appréciation et de synthèse

Une fois les données recueillies sur le terrain, il était nécessaire de les structurer au travers d'une base de données afin de les rendre exploitables et exportables vers d'autres utilisations. Cette base devait répondre aux impératifs suivants :

- **Organiser** de façon logique des données de différents formats (granulométrie, itinéraires techniques, pluviométrie, relevés d'EDS, mesures de ruissellement et de MES, photos, etc.). Les suivis générant une grande quantité de données, il s'agit de limiter leur dispersion.
- Permettre la **visualisation** de la photo de l'EDS avec le relevé correspondant.
- Faciliter l'**exportation** des données vers d'autres applications (export sous fichier Excel).
- Faciliter la **saisie** des données issues des relevés d'EDS sur le terrain.
- Permettre des opérations de sélection et de tris via des **requêtes** multicritères.

Cette base de données a été élaborée sous Access. Elle est structurée autour de 5 tables de données (fig. 3.4) :

- La table *parcelles* constitue le noyau central de la base. C'est autour d'elle que s'articulent les autres tables. Elle contient notamment les identifiants des placettes, leurs coordonnées GPS et les opérations culturales.
- La table *granulo* recueille les données issues des analyses granulométriques effectuées sur les prélèvements de l'horizon 0-5 cm de chaque placette (% argile, % limon, % sable et % matière organique). La liaison entre les deux tables se fait par un champ commun : l'identifiant des placettes.
- La table *codification* fait le lien entre les placettes et les microplacettes de suivis d'EDS (elle relie les identifiants des placettes avec ceux des microplacettes correspondantes).
- La table *suivis* contient toutes les données relatives aux EDS ainsi que la photo associée au relevé. L'identifiant de la microplacette constitue le lien entre cette table et la table *codification*
- La table *ruissellement* contient toutes les données issues des analyses effectuées à partir des eaux recueillies par la cuve (volume, MES, etc.). Le lien avec la table *parcelles* se fait via l'identifiant de la placette.

Reste la table *pluviométrie* qui est ajoutée à la fin des suivis. Celle-ci est réalisée sous Excel (afin d'utiliser les possibilités de calcul du logiciel) puis exportée vers la base Access.

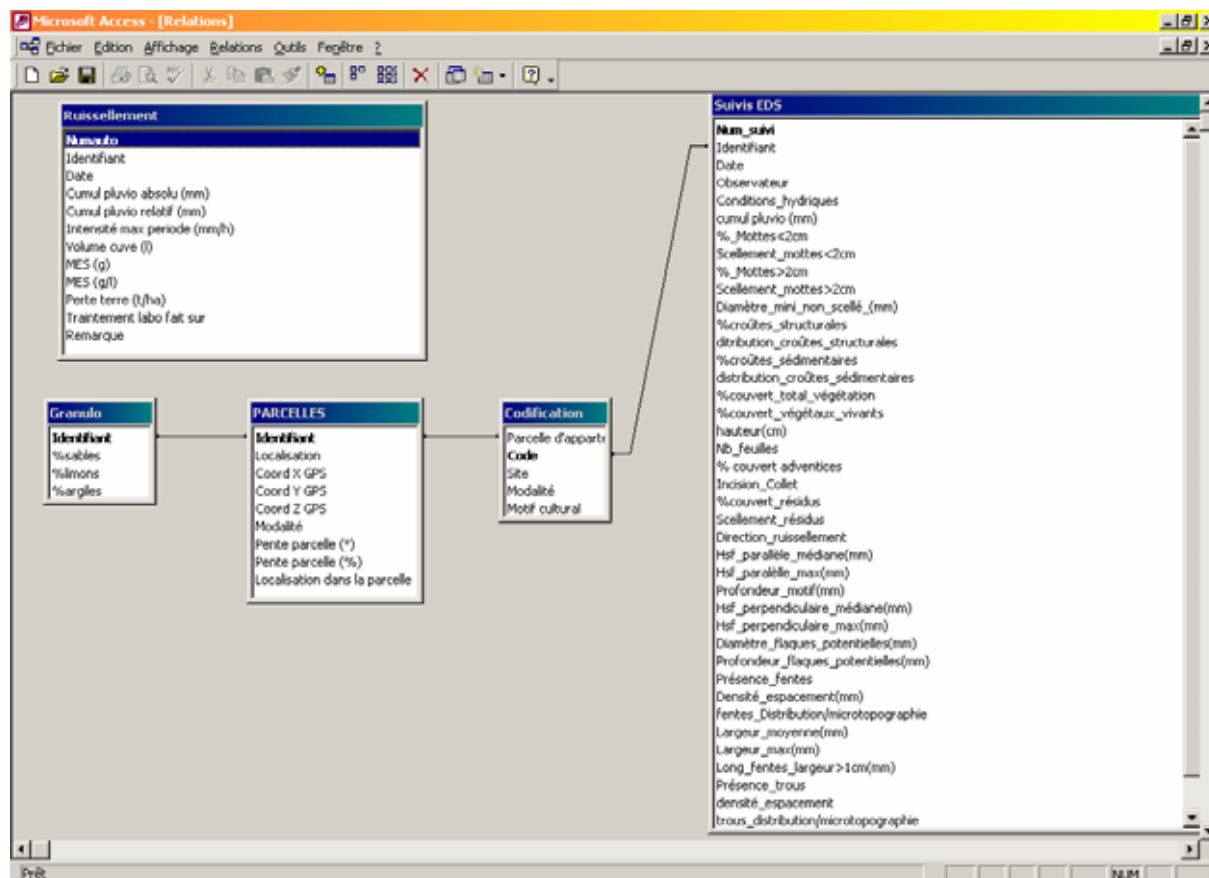


Fig. 3.4 — Tables et liaisons composant la base de données

## 5. Présentation des sites retenus

Les suivis ont été effectués sur des sites expérimentaux. Ces derniers regroupent une modalité témoin (le labour) et des modalités cultivées en TCSL. Il s'agit d'un outil très précieux permettant des comparaisons immédiates d'EDS et de ruissellement. Leur localisation (cf. carte 2.1) correspond aux secteurs de collines limoneuses d'Alsace sujets à un ruissellement agricole manifeste (cf. coupures presses en annexe 1).

### 5.1. Neewiller Près Lauterbourg, le site de l'Outre-Forêt

Le site de Neewiller appartient à un exploitant agricole mettant des parcelles à disposition de la Chambre d'Agriculture du Bas-Rhin. Les modalités culturales sont choisies par la Chambre et réalisées par l'exploitant. Les données d'analyses de sol (fig. 3.5) indiquent des sols très sensibles à la dégradation structurale (<17% argiles, >45% limons, selon le triangle de stabilité structurale de l'horizon labouré de l'INRA d'Avignon).

Sur ce site (fig. 3.5), 7 modalités en TCSL sont exploitées plus une en labour. Les modalités retenues sont les suivantes :

- **labour de printemps** : il a été passé en fin d'hiver, à une profondeur 20 cm. La reprise de labour a été effectuée par un passage de vibroculteur le 16/04/04.

- **semis direct sous couvert** (désigné en tant que *semis direct* dans la suite de cet ouvrage). Il est en place depuis 3 ans. L'avoine est semée à la volée après la récolte du maïs. Il est détruit chimiquement avant le semis.
- **Déchaumeur Pöttinger de printemps**: passé le 22/03/04, c'est un outil travaillant à 15 cm. Pas de passage de vibroculteur.

Le semis a été réalisé le 17 avril 2004.

### Le site de Neewiller

- Cultivé en maïs :
  - 1 modalité labour
  - 7 modalités TCS
- 6 placettes de mesure
- Implantation en bas de pente
- 3 suivis des états de surface par placette :
  - 1 interrang
  - 1 ligne de semis
  - 1 trace de roue

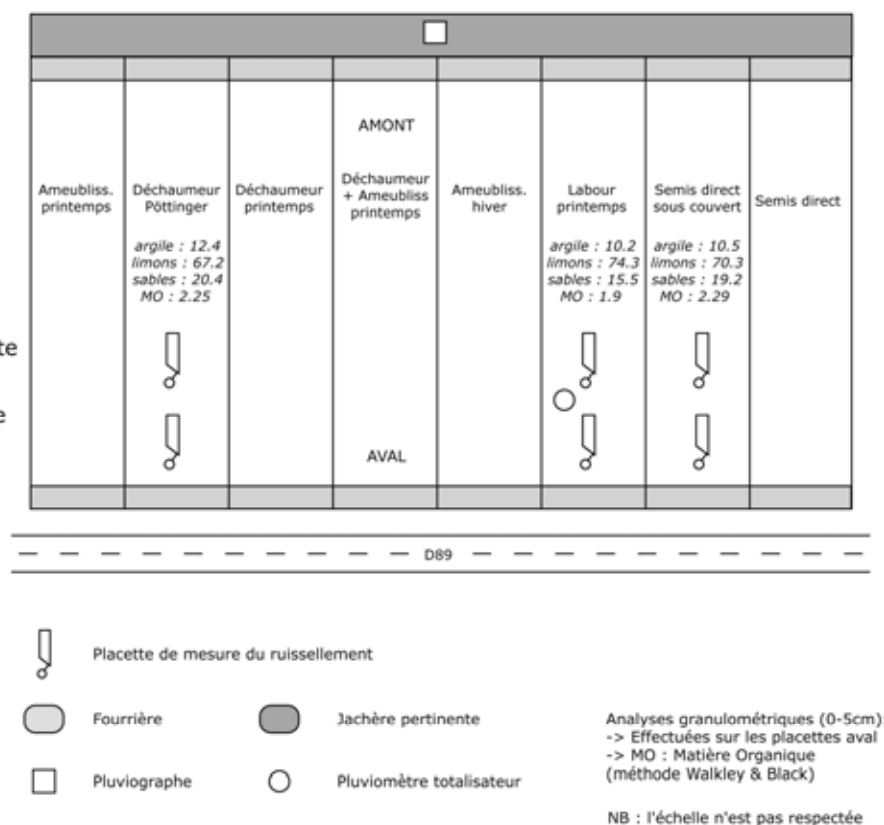


Fig. 3.5 — Présentation du site de Neewiller (Outre-Forêt)

## 5.2. Landser, le site du Sundgau

Sur le même principe que celui de Neewiller, le site de Landser (fig. 3.6) est géré en association par la Chambre d'Agriculture du Haut-Rhin et un exploitant. Les données granulométriques n'étaient pas disponibles lors de l'impression du rapport, mais elles semblent être proches de celles de Neewiller.

Notons également que ce site est localisé dans le bassin de l'Ibenbach défini comme bassin versant prioritaire dans la lutte contre l'érosion et la contamination par les phytosanitaires dans le cadre du GREPPAL (Groupement Régional Eau et Produits Phytosanitaires d'Alsace). C'est également un bassin bien connu des recherches menées par l'IMFS.

Trois modalités culturales ont été retenues :

- Le **labour d'hiver** a été effectué le 28/11/04 à une profondeur de 28 cm. La préparation de labour a été réalisée par un passage de herse lourde et un autre au vibroculteur.
- Le **décompacteur de printemps** (+ cover crop (déchaumeur) en hiver). Le décompacteur a été passé le 16/04/04 à une profondeur de 40 cm. C'est un outil à dents rigides. La préparation de labour consiste en deux passages de vibroculteurs.
- La **charrue Perrein d'hiver**. L'outil a été passé en novembre 2003, à une profondeur de 20 cm. C'est une charrue composée de dents et de disques : les résidus sont broyés mais maintenus dans l'horizon superficiel. La préparation de semis est identique à celle du décompacteur.

Le vibroculteur (outil à dents vibrantes fragmentant les mottes par effet de choc) a été passé le 17 avril 2004. Le semis a été effectué le 18 avril 2004.

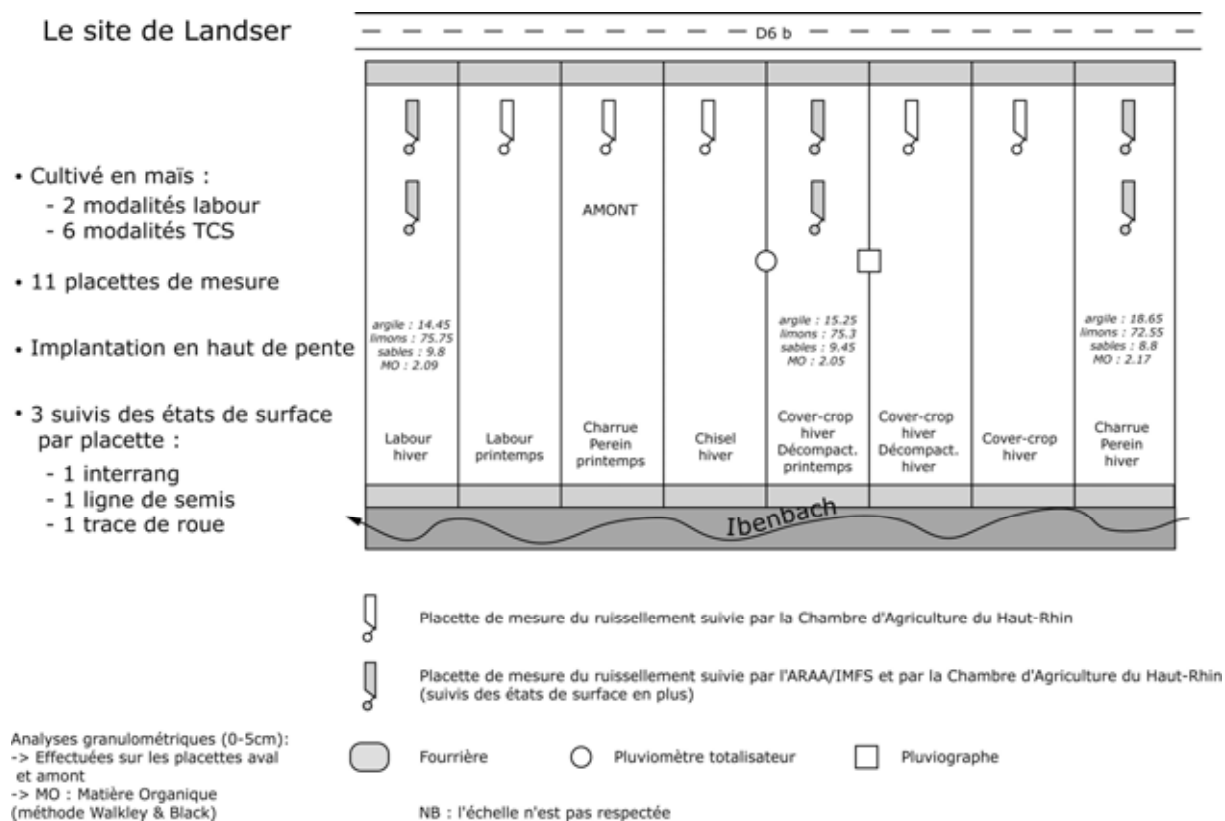


Fig. 3.6 — Présentation du site de Landser (Sundgau)

### 5.3. Geispitzen, site retenu mais abandonné

Le site de Geispitzen (Sundgau), avait été retenu car il est équipé de systèmes de mesures captant le ruissellement émis sur une parcelle dans sa totalité. Le dispositif est constitué d'un enregistreur en continu des débits à l'exutoire de la parcelle ainsi que d'un

préleveur automatique d'échantillons. Le dispositif, géré par l'ARVALIS, compare 3 parcelles de 1 ha, cultivées cette année en soja :

- une parcelle témoin, travaillée en labour,
- une parcelle cultivée en TCSL,
- une parcelle en labour complétée par une bande enherbée à l'aval.

Ce site avait été sélectionné afin d'apporter plus de détails sur les facteurs conditionnant la formation du ruissellement, et notamment les **variations de sol** sur une même pente. On observe fréquemment des sols plus pauvres en argiles et en matière organique (limons blancs) en haut de pente, et des sols enrichis de ces mêmes éléments en bas de pente (limons bruns). En théorie, il aurait été intéressant d'observer si la production de ruissellement et de MES était supérieure en limons blancs qu'en limons bruns. Pour cela 8 placettes avaient été implantées selon la répartition suivante :

- parcelle TCSL : 1 doublon en haut de pente, 1 doublon en milieu de pente ;
- parcelle labourée : 1 doublon en haut de pente, 1 doublon en milieu de pente.

Les données de ruissellement et d'érosion locales obtenues sur les placettes auraient pu être comparées à celles relatives à la parcelle dans son ensemble. De même, les concentrations en nitrates et en phytosanitaires auraient pu fournir quelques pistes de réflexion pertinentes : y-a-t-il une corrélation entre la teneur en MES et la concentration en phytosanitaires ?

Malheureusement, certaines placettes n'étaient pas opérationnelles car les cuves étaient soulevées par de l'eau présente au fond des fosses de façon permanente. Il s'ensuivait une contre-pente qui empêchait le ruissellement de rejoindre la cuve (photo 3.2). L'origine de cette présence d'eau au fond des fosses reste inconnue. Il peut s'agir d'écoulements hypodermiques ou de remontée de nappes locales (exfiltration).

Suite à ces problèmes, le site fut démonté.



Photo 3.2 — Présence d'eau dans les dispositifs du site de Geispitzen

## Conclusion partielle

Afin de vérifier l'effet des TCSL sur la production de ruissellement et de MES, un dispositif d'observation et un dispositif d'expérimentation coexistent.

Les modalités culturales qui ont été retenues sont équipées d'un doublon de placettes expérimentales de mesure du ruissellement. D'une surface de 22.25 m<sup>2</sup>, ces placettes collectent le ruissellement dans une cuve dimensionnée en fonction d'averses orageuses de fréquence décennale. Ces dispositifs permettent d'effectuer des mesures de volume de ruissellement et les MES correspondantes sur une période donnée.

Chaque placette expérimentale est équipée de trois microplacettes d'observation des EDS (40 x 60 cm). Ces microplacettes sont réparties de façon à couvrir chacun des trois motifs culturaux (interrang, ligne de semis et traces de roue) dont les dynamiques d'EDS et la partition infiltration/ruissellement sont généralement différentes. Les EDS de chacune des microplacettes sont évalués par observation tous les 20 mm de pluie. L'objectif de ces suivis est de constater si la dégradation des EDS présentée par les microplacettes correspond à la gamme des volumes ruisselés par l'ensemble de la placette expérimentale.

Deux sites ont été retenus : Neewiller près Lauterbourg pour l'Outre-Forêt et Landser pour le Sundgau. Sur chaque site, trois modalités culturales sont étudiées : une modalité conventionnelle basée sur le labour et deux modalités en TCSL.

Observons à présent quels résultats ont fourni ces dispositifs expérimentaux.

## Résultats

Rappelons les deux questions guidant ce travail :

- Les TCSL permettent-elles de limiter le ruissellement et l'érosion ?
- Quels sont les effets des TCSL sur les EDS et leurs conséquences en terme de volumes d'eau et de sédiments ruisselés ?

Pour répondre à ces questions, des suivis d'EDS fréquents ont été mis en place tout comme des mesures sur des parcelles expérimentales.

Les résultats seront présentés de la manière suivante.

L'analyse des suivis d'EDS comparera les EDS proches du semis, supposés être les moins dégradés, avec les EDS de fin de suivis supposés être les plus dégradés. Elle s'appuiera sur les valeurs d'EDS moyennes de chaque motif cultural.

Elle permettra de dégager quelles sont les variations d'EDS entre le début et la fin des suivis afin de distinguer les différences de comportement entre les modalités culturales. Pour faciliter l'analyse, seules quelques variables représentatives seront utilisées (tabl. 4.1).

Tableau 4.1 — Variables retenues pour l'analyse des EDS

Indicateur de risque de ruissellement	Variables d'état de surface retenues
Frein à l'infiltration	Proportion de surface occupée par les croûtes structurales
	Proportion de surface occupée par les croûtes sédimentaires
Aptitude à stocker le ruissellement	Microrelief : Hauteur moyenne des seuils à franchir dans le sens du ruissellement ( <i>HSF</i> )
Aptitude à freiner le ruissellement	Microrelief : Hauteur moyenne des seuils à franchir dans le sens du ruissellement ( <i>HSF</i> )
	Proportion de surface couverte par les résidus végétaux
Aptitude à protéger le sol	Proportion de surface couverte par le mulch

Par la suite, l'analyse des événements orageux permettra de dégager les épisodes les plus intéressants. Ils seront mis en relation avec les volumes et les MES ruisselés, afin de quantifier les variations de volumes et de MES en fonction des modalités culturales et des EDS.



## 1. Une pluviométrie très différenciée selon les sites

Les cumuls pluviométriques présentent une certaine similitude (tabl. 4.2). Comparées aux normales climatiques, les périodes de suivis apparaissent relativement sèches. Le descriptif complet des précipitations se trouve en annexe 5.

Tableau 4.2 — Pluviométrie des deux sites pour les mois de mai-juin-juillet 2004

Site	Début des suivis	Fin des suivis	Cumul pluvio. (mm)	Normales mai-juin-juillet (mm)
Landser	29/04/04	07/08/04	150.6	212.8 (Bâle-Mulhouse)
Neewiller	06/05/04	06/08/04	125.8	195.2 (Lauterbourg)

L'analyse des intensités pluviométriques va permettre de dégager des épisodes pluvieux potentiellement intéressants. Dans ce travail, pour être qualifié d' « **épisode** », la lame d'eau précipitée doit être supérieure à 1 mm. L'épisode doit également présenter une continuité dans le temps. Une durée de 1 heure sans pluie marque la fin de l'épisode. Cette limite est fixée par le pluviographe, dont la lecture des diagrammes ne permet pas une grande précision temporelle.

Avec cette méthode, sur les 32 averses survenues sur Neewiller, 16 événements inférieurs à 1 mm sont supprimés, soit un total de 7.6 mm. Sur Landser, ce sont 13 événements sur les 34 qui sont mis de côté, soit un total de 6.2 mm.

L'analyse des intensités (tabl. 4.3 et 4.4) révèle que la majorité des épisodes pluvieux survenus sur les deux sites présentent des intensités relativement faibles. Les événements orageux les plus intenses, et donc potentiellement les plus intéressants, sont survenus sur le site de Neewiller (fig. 4.1) qui recueillera toute notre attention lors de l'analyse des volumes ruisselés.

Tabl. 4.3 — Caractéristiques statistiques des intensités pluviométriques pour le site de Landser

Épisode pluvieux	Lame d'eau (mm)	Durée (mn)	Intensité (mm/h)
Nb. épisodes	21	21	21
Moyenne	2,9	54,3	6,0
Ecart-Type	2,6	74,1	5,6
Min	0,6	10	1,18
Max	11,7	330	24

Tabl. 4.4 — Caractéristiques statistiques des intensités pluviométriques pour le site de Neewiller

Épisode pluvieux	Lame d'eau (mm)	Durée (mn)	Intensité (mm/h)
Nb. épisodes	16	16	16
Moyenne	3,4	34,4	12,2
Ecart-type	2,5	30,4	14,2
Minimum	0,6	10	0,7
Maximum	8	90	42

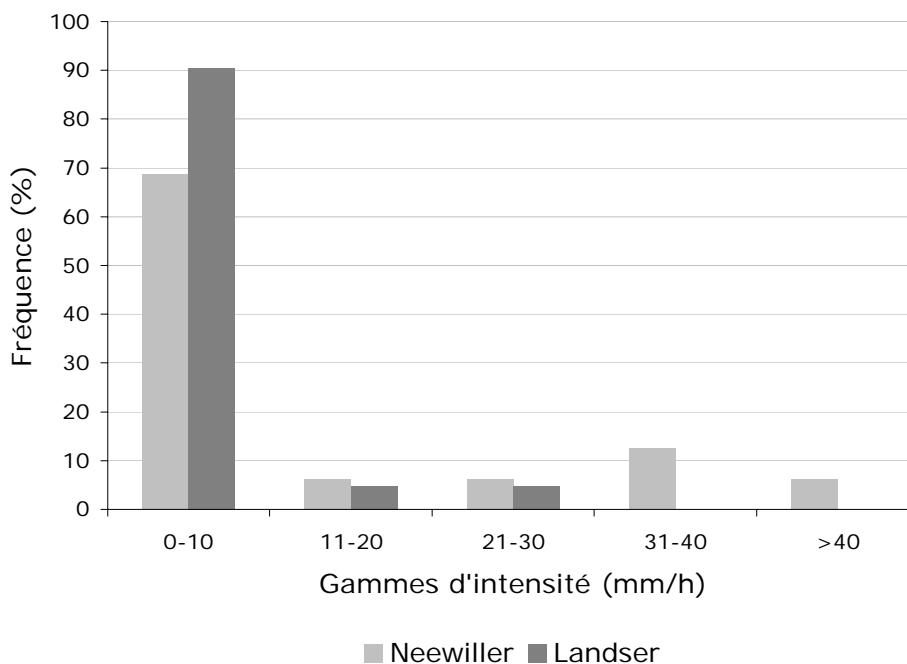


Figure 4.1 — Histogramme de fréquence des intensités pluviométriques

## 2. Les résultats fournis sur le site de Landser

### 2.1. Des différences d'états de surface peu marquées

Le tableau 4.5 confirme ce que suggérait l'analyse des intensités pluviométriques. Malgré un cumul de 94 mm le 15/06/04 (dernier relevé), la dégradation des EDS est très peu marquée. Celle-ci est caractérisée par une augmentation de la surface occupée par les croûtes structurales et une diminution légère de la hauteur des seuils à franchir dans la direction du ruissellement (HSF). On observe également un **non-développement des croûtes sédimentaires**, à l'exception des traces de roue sur les parcelles travaillées avec la charrue de labour et le décompacteur. Cette observation est confirmée par la présence de traces de ruissellement le long des traces de roue appartenant à ces deux modalités le jour de ces relevés.

Ces observations laissent à penser que les faibles intensités pluviométriques (l'intensité maximale est de 24 mm/h) n'ont pas suffi à dépasser l'infiltrabilité sur des microplacettes où le couvert par les croûtes structurales était alors très important. Il est donc possible que cette intensité n'ait pas suffi à saturer les croûtes structurales. Les essais effectués sous simulation de pluie montrent que pour des surfaces occupées par des croûtes structurales, les gammes d'infiltration sont situées entre 10 et 30 mm/h.

Les différences d'EDS entre technique conventionnelle et TCSL sont relativement faibles. En TCSL, après le semis, on note une HSF dans le sens du ruissellement supérieure à celle du labour ainsi qu'un couvert en croûtes structurales moins important.

Néanmoins, le dernier relevé montre une certaine homogénéité du stade de dégradation des EDS entre les trois modalités.

Il est fort possible que les faibles intensités pluviométriques n'aient pas permis de dégrader suffisamment les EDS afin d'observer les effets des TCSL et de différencier les différentes modalités culturales.

D'autre part, la couverture en mulch des microplacettes en TCSL est peu importante. Peu d'entre elles atteignent 30% de couverture de surface, seuil au-delà duquel le rôle du mulch sur le développement des croûtes semble devenir déterminant (Armand 2003). Un mulch plus couvrant aurait sans doute contribué à un développement des croûtes moins important.

Tabl. 4.5 — Moyenne des variables d'EDS au début et en fin de suivis sur le site de Landser

<b>Labour</b>	<b>Etats de surface le 01/05/04</b>	Interrang	Trace de roue	Ligne de semis
	<b>Cumul depuis le semis : 14 mm</b>			
	Croûtes structurales (%)	90	80	95
	Croûtes sédimentaires (%)	0	0	0
	HSF dans la direction du $R^t$ (mm)	1	2	1
	Couverture par le mulch (%)	2,5	0	0
	<b>Etats de surface le 15/06/04</b>	Interrang	Trace de roue	Ligne de semis
	<b>Cumul depuis le semis : 94 mm</b>			
	Croûtes structurales (%)	100	87,5	95
	Croûtes sédimentaires (%)	0	12,5	0
	HSF dans la direction du $R^t$ (mm)	1	1,5	1
Couverture par le mulch (%)	2,5	0	0	

<b>Décompacteur</b>	<b>Etats de surface le 01/05/04</b>	Interrang	Trace de roue	Ligne de semis
	<b>Cumul depuis le semis : 14 mm</b>			
	Croûtes structurales (%)	65	75	75
	Croûtes sédimentaires (%)	0	0	0
	HSF dans la direction du $R^t$ (mm)	5	4	1
	Couverture par le mulch (%)	35	20	20
	<b>Etats de surface le 15/06/04</b>	Interrang	Trace de roue	Ligne de semis
	<b>Cumul depuis le semis : 94 mm</b>			
	Croûtes structurales (%)	92,5	80	100
	Croûtes sédimentaires (%)	0	15	0
	HSF dans la direction du $R^t$ (mm)	3	4	1
Couverture par le mulch (%)	22,5	22,5	10	

Charrue Perrein	<b>Etats de surface le 01/05/04</b>	Interrang	Trace de roue	Ligne de semis
	<b>Cumul depuis le semis : 14 mm</b>			
	Croûtes structurales (%)	60	70	70
	Croûtes sédimentaires (%)	0	0	0
	HSF dans la direction du R <sup>t</sup> (mm)	5	4	2
	Couverture par le mulch (%)	30	30	10
	<b>Etats de surface le 15/06/04</b>	Interrang	Trace de roue	Ligne de semis
	<b>Cumul depuis le semis : 94 mm</b>			
	Croûtes structurales (%)	92,5	55	97,5
Croûtes sédimentaires (%)	0	0	0	
HSF dans la direction du R <sup>t</sup> (mm)	3	3,5	1,5	
Couverture par le mulch (%)	25	30	10	

## 2.2. Des volumes de ruissellement très faibles

Les volumes ruisselés sont extrêmement faibles puisque aucune placette n'a produit plus de 6 litres de ruissellement (tableau 4.7 et 4.8). Ces valeurs faibles sont à mettre en relation avec les faibles intensités pluviométriques. Au cours de la période de suivis, deux événements orageux sont survenus (tableau 4.6). Néanmoins, **les intensités et lames d'eau précipitées restent faibles.**

Tabl. 4.6 — Orages survenus sur le site de Landser

Date	Lame d'eau précipitée (mm)	Durée (mn)	Intensité (mm/h)
11/06/04	11,7	90	7,8
05/07/04	4,3	15	17,2

Tabl. 4.7 — Valeurs de ruissellement et de MES suite à l'orage du 11/06/04 sur le site de Landser

Labour	<b>15/06/2004</b>		Placette aval	Placette amont
	Ruissellement			
	Lame d'eau précipitée (mm)		11,7	11,7
	Lame d'eau ruisselée (mm)		0	0,2
	Volume ruisselé (l)		0	5,5
	Coeff. de ruissellement déduit (%)		0	2
	Erosion			
	MES <2mm (kg)		0	0,011
	MES <2mm (g/l)		0	2,0
	Erosion généralisée (t/ha)		0	0,005

Décompacteur	<b>15/06/2004</b>		Placette aval	Placette amont
	Ruissellement			
	Lame d'eau précipitée (mm)		11,7	11,7
	Lame d'eau ruisselée (mm)		0,2	0,1
	Volume ruisselé (l)		3,49	3
	Coeff. de ruissellement déduit (%)		1	1
	Erosion			
	MES <2mm (kg)		0,007	0,005
	MES <2mm (g/l)		2,0	0,0
	Erosion généralisée (t/ha)		0,003	0,002

Charrue Perrein	15/06/2004		Placette aval	Placette amont
	Ruissellement			
	Lame d'eau précipitée (mm)		11,7	11,7
	Lame d'eau ruisselée (mm)		0,1	0,2
	Volume ruisselé (l)		2,76	3,1
	Coeff. de ruissellement déduit (%)		1	1
	Erosion			
	MES <2mm (kg)		0,001	0,007
	MES <2mm (g/l)		0,4	0,0
	Erosion généralisée (t/ha)		0,000	0,003

Tabl. 4.8 — Valeurs de ruissellement et de MES suite à l'orage du 05/07/04 sur le site de Landser

Labour	11/08/2004		Placette aval	Placette amont
	Ruissellement			
	Lame d'eau précipitée (mm)		4,3	4,3
	Lame d'eau ruisselée (mm)		0	0,4
	Volume ruisselé (l)		0	9,5
	Coeff. de ruissellement déduit (%)		0	10
	Erosion			
	MES <2mm (kg)		0	0,009
	MES <2mm (g/l)		0	0,9
	Erosion généralisée (t/ha)		0	0,004

Décompacteur	11/08/2004		Placette aval	Placette amont
	Ruissellement			
	Lame d'eau précipitée (mm)		4,3	4,3
	Lame d'eau ruisselée (mm)		0,1	0,3
	Volume ruisselé (l)		2,16	5,83
	Coeff. de ruissellement déduit (%)		2	6
	Erosion			
	MES <2mm (kg)		0,003	0,003
	MES <2mm (g/l)		1,4	0,0
	Erosion généralisée (t/ha)		0,001	0,001

Charrue Perrein	11/08/2004		Placette aval	Placette amont
	Ruissellement			
	Lame d'eau précipitée (mm)		4,3	4,3
	Lame d'eau ruisselée (mm)		0,0	0,2
	Volume ruisselé (l)		0,74	3,66
	Coeff. de ruissellement déduit (%)		1	4
	Erosion			
	MES <2mm (kg)		0,006	0,003
	MES <2mm (g/l)		8,1	0,0
	Erosion généralisée (t/ha)		0,003	0,001

Les **coefficients de ruissellement sont extrêmement faibles** (< 5%), soulignant le fait que la majeure partie des précipitations s'est infiltrée. Il n'y a donc pas eu d'événements orageux dont l'intensité a dépassé l'infiltrabilité du sol. Ceci est à

mettre en relation avec des EDS peu dégradés, dont la quasi-absence de croûtes sédimentaires soulignait déjà une faible circulation du ruissellement.

Au vu de la faible quantité de ruissellement, il est délicat d'interpréter les résultats. Certes, les TCSL produisent moins de ruissellement, mais quand la différence se compte en décilitres, le risque qu'un dysfonctionnement des dispositifs affecte les volumes ruisselés est très important.

Par ailleurs, on observe que la parcelle « aval » travaillée en labour ne présente pas d'écoulement. Ceci s'explique sans doute par une texture plus argileuse. Ce changement de texture confèrerait au sol une stabilité structurale supérieure et donc une dégradation des EDS moindre.

Ainsi, les suivis d'EDS et de volumes ruisselés diffèrent faiblement entre labour et TCSL. Certes, la dégradation moindre des EDS sur les parcelles en TCSL se retrouve dans une production de ruissellement moindre. Néanmoins ces quelques différences n'estompent pas une certaine homogénéité, qui laisse à penser qu'il existe un **effet de seuil** au-delà duquel le rôle des TCSL sur les EDS et les volumes ruisselés devient sensible. Dans ce cas précis, le seuil n'a pas été dépassé en raison d'épisodes orageux de trop faible intensité.

### 3. Les résultats fournis sur le site de Neewiller

#### 3.1. Des états de surface très différenciés

Après les semis (tableau 4.9), les EDS sont très différenciés. Les microplacettes présentent un encroûtement peu important en l'absence de pluie depuis le semis. La couverture de la surface par le **mulch** constitue la principale différence : le labour n'est pas recouvert, le déchaumeur présente une situation intermédiaire ( $\pm 30\%$ ) et le semis direct possède une couverture très développée ( $>50\%$ ). Cette couverture est à l'origine d'une HSF dans le sens du ruissellement importante en TCSL. C'est notamment le cas pour le semis direct où l'on retrouve les cannes complètes de la récolte précédente induisant un microrelief élevé et complexe.

A la fin des suivis, la différenciation est beaucoup plus prononcée. Les microplacettes en labour présentent une couverture par les croûtes sédimentaires supérieure à 30%. La HSF est quasiment nulle (1 mm) induisant une absence de frein à la concentration du ruissellement, facilitée par l'absence de mulch. Il s'agit là d'une surface complètement lisse à l'infiltrabilité quasi-nulle. On notera la dégradation supérieure des lignes de semis, sans doute en raison d'un affinement du sol supérieur aux deux autres motifs culturels.

Les microplacettes en TCSL présentent une **quasi-absence de croûtes sédimentaires** suggérant une occurrence de ruissellement très faible. La forte couverture par le mulch est sans doute un des facteurs explicatifs de cette absence. A l'inverse, la présence de croûtes sédimentaires observées sur les interrangs et les lignes de semis de la modalité déchaumeur s'explique probablement par un couvert en mulch plus faible ( $<30\%$ ). Les valeurs de la HSF sont supérieures de plusieurs millimètres à celle de la modalité en labour, soulignant un frein à l'écoulement et une détention superficielle supérieurs.

Globalement, les différences entre les deux modalités en TCSL sont minimales. Les gammes de valeur de la HSF et de couverture en croûtes sont semblables. Tout au plus peut-on distinguer des valeurs légèrement supérieures à la faveur du semis direct à mettre sur le compte d'une forte couverture en mulch.

Tabl. 4.9 — Moyenne des variables d'EDS au début et en fin de suivis sur le site de Neewiller

Labour	<b>Etats de surface le 30/04/04</b>	Interrang	Trace de roue	Ligne de semis
	<b>Cumul depuis le semis : 0 mm</b>			
	Croûtes structurales (%)	30	5	10
	Croûtes sédimentaires (%)	0	0	0
	HSF dans la direction du R <sup>1</sup> (mm)	2	5	3
	Couverture par le mulch (%)	0	2	0
	<b>Etats de surface le 16/07/04</b>	Interrang	Trace de roue	Ligne de semis
	<b>Cumul depuis le semis : 103,5 mm</b>			
	Croûtes structurales (%)	70	67,5	50
Croûtes sédimentaires (%)	30	32,5	50	
HSF dans la direction du R <sup>1</sup> (mm)	1	1,5	1	
Couverture par le mulch (%)	0	2	0	
Semis direct	<b>Etats de surface le 30/04/04</b>	Interrang	Trace de roue	Ligne de semis
	<b>Cumul depuis le semis : 0 mm</b>			
	Croûtes structurales (%)	15	5	5
	Croûtes sédimentaires (%)	0	0	0
	HSF dans la direction du R <sup>1</sup> (mm)	20	50	5
	Couverture par le mulch (%)	65	85	50
	<b>Etats de surface le 16/07/04</b>	Interrang	Trace de roue	Ligne de semis
	<b>Cumul depuis le semis : 103,5 mm</b>			
	Croûtes structurales (%)	57,5	50	62,5
Croûtes sédimentaires (%)	0	0	0	
HSF dans la direction du R <sup>1</sup> (mm)	3	7,5	3	
Couverture par le mulch (%)	47,5	85	47,5	
Déchaumeur	<b>Etats de surface le 30/04/04</b>	Interrang	Trace de roue	Ligne de semis
	<b>Cumul depuis le semis : 0 mm</b>			
	Croûtes structurales (%)	10	10	5
	Croûtes sédimentaires (%)	0	0	0
	HSF dans la direction du R <sup>1</sup> (mm)	10	10	2
	Couverture par le mulch (%)	30	30	10
	<b>Etats de surface le 16/07/04</b>	Interrang	Trace de roue	Ligne de semis
	<b>Cumul depuis le semis : 103,5 mm</b>			
	Croûtes structurales (%)	65	67,5	90
Croûtes sédimentaires (%)	10	0	5	
HSF dans la direction du R <sup>1</sup> (mm)	4	7,5	1,5	
Couverture par le mulch (%)	25	15	12,5	

### 3.2. Des volumes de ruissellement très contrastés

L'analyse des événements pluvieux dégage trois épisodes orageux (tableau 4.10). Beaucoup plus intenses que les orages survenus à Landser, ils seront étudiés dans les parties suivantes.

Tabl. 4.10 — Orages survenus sur le site de Neewiller

Date	Lame d'eau (mm)	Durée (mn)	Intensité (mm/h)
13/06/04	7	10	42
11/07/04	6,6	10	39,6
24/07/04	8	15	32

#### 3.2.1. L'épisode du 13 juin 2004 : des écoulements très chargés en sédiments

Cet épisode (planche 4.1) est marqué par l'apparition de **croûtes sédimentaires**, massivement sur la parcelle travaillée en labour, et ponctuellement sur celle travaillée avec le déchaumeur. L'orage est survenu alors que le couvert végétal n'était pas développé et que la surface présentait un début de dégradation (présence de croûtes structurales en surface).

La formation des croûtes sédimentaires sur la parcelle en labour s'explique par le ruissellement abondant qui a parcouru la placette avant d'être capté. Les deux placettes présentent des volumes de ruissellement similaires et un **coefficient de ruissellement proche de 50%**. Cette valeur peut s'expliquer de plusieurs manières :

- La moitié des précipitations se sont infiltrées et ont saturé toute la surface provoquant le ruissellement de l'autre moitié des pluies.
- Les interrangs et les lignes de semis ont infiltré la pluie, mais les traces de roue, en raison de leur structure tassée, ont rapidement ruisselé (J-F Ouvry, communication orale). En effet, les traces de roue sont fréquemment les premiers motifs à ruisseler (cf. chap. 4 - 2.1).

Le ruissellement sur les placettes en labour est fortement chargé en sédiments (108 et 145g/l). La faible résistance des croûtes structurales à l'arrachement et la HSF peu importante sont probablement les facteurs explicatifs de ces fortes charges en sédiments. Une fois le ruissellement formé en surface, il ne peut être stocké par le microrelief, ni même freiné par le mulch.

Les volumes exportés par les parcelles en TCSL sont dix fois moins importants que ceux relatifs à la modalité en labour. Le **rôle de protection du mulch** a sans doute été déterminant en limitant la dégradation de la surface, favorisant ainsi des zones d'infiltration préférentielle. La quasi-absence de croûtes sédimentaires illustre bien le caractère peu développé du ruissellement en surface.

De même les fortes valeurs de la HSF et la présence d'un mulch épais ont permis de stocker l'eau et favoriser son infiltration. Ce frein à la concentration du ruissellement peut être à l'origine des **charges en sédiments inférieures** à celles obtenues sur labour. Le fait que les charges du semis direct soient inférieures à celles du déchaumeur s'explique sans doute par la technique de travail. En effet, le semis direct ne travaillant pas le sol, il favorise son tassement au fil des pluies et donc une résistance de la surface à l'arrachement probablement supérieure.



## Planche 4.1

Episode orageux du 13 juin 2004

Lame d'eau précipitée : 7 mm  
Intensité : 42 mm/h

## Analyse de l'épisode pluvieux

### Caractéristiques de l'épisode



Photos d'états de surface précédant l'épisode pluvieux



Photos d'états de surface suivant l'épisode pluvieux

**Données d'états de surface précédant l'épisode pluvieux**

Etats de surface le 17/06/04	Interrang		Trace de roue		Ligne de semis	
Cumul depuis le semis : 63 mm	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont
Croûtes structurales (%)						
Croûtes superficielles (%)						
Ruissellement dans la direction du N (mm)						
Couverture par le mulch (%)						
Couverture par la végétation en place (%)						
Couverture par les adventices (%)						

**Données d'états de surface suivant l'épisode pluvieux**

Etats de surface le 16/07/04	Interrang		Trace de roue		Ligne de semis	
Cumul depuis le semis : 103,5 mm	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont
Croûtes structurales (%)						
Croûtes superficielles (%)						
Ruissellement dans la direction du N (mm)						
Couverture par le mulch (%)						
Couverture par la végétation en place (%)						
Couverture par les adventices (%)						

**Données de ruissellement et d'érosion**

Mesure des volumes ruisselés	Placette aval	Placette amont
Ruissellement		
Lame d'eau précipitée (mm)		
Volum. d'eau ruisselés (l)		
Coeff. de ruissellement déduit (%)		
Erosion		
MES <2mm (kg)		
MES <2mm (g/l)		
Erosion généralisée (t/ha)		

## Planche 4.1

Néanmoins, les volumes et les charges en sédiments des placettes en TCSL sont affectés d'une **variabilité élevée**, notamment chez le déchaumeur (respectivement 3.07 l et 9.84 l ; 13 et 88,7 g/l) ce qui rend leur interprétation délicate. Les causes de cette variabilité sont probablement nombreuses. Les faibles volumes ruisselés impliquent une grande sensibilité au moindre artefact. Il est possible qu'une partie des MES sédimentent dans les motifs en dépression (creux, gouttière) avant la captation dans la cuve. Le mulch peut également filtrer le ruissellement en ralentissant le flux de l'eau, provoquant ainsi la sédimentation des MES. Il est alors possible d'obtenir des volumes de ruissellement proches mais des masses de MES sensiblement différentes.

### *3.2.2. L'épisode du 11 juillet 2004 : le rôle de la croûte sédimentaire sur la charge en sédiments*

Cette averse possède des caractéristiques similaires à celle du 13 juin, pourtant les EDS ne varient que très peu entre la période précédant et celle suivant l'averse (planche 4.2). Cette **stabilité des EDS** se retrouve sur chacune des modalités. Seule la HSF tend à diminuer, alors que les surfaces occupées par les croûtes n'augmentent pas. Cette stabilité provient sans doute du couvert végétal qui prend alors son ampleur (stade 10-12 feuilles soit plus de 1m de hauteur) et recouvre systématiquement plus de 20% de la surface. Le couvert intercepte alors une partie des précipitations et casse l'énergie accumulée lors de la chute de la goutte.

Néanmoins, les volumes et les coefficients de ruissellement sur les placettes en labour sont proches des valeurs obtenues le 13/06/04. Mais, **les charges en MES sont 4 fois inférieures** à celles obtenues après l'orage du 13/06/04. Le fait que les EDS présentaient alors une forte occupation par les croûtes sédimentaires, peu sensibles à l'arrachement, explique sans doute ces concentrations plus faibles.

Les TCSL ont exporté des volumes sensiblement identiques à l'épisode précédent. Seule la charge en MES diminue de moitié. Le rôle des différents couverts est sans doute, ici, déterminant. La surface est protégée par **trois strates de couvert**.

- Le maïs poursuit sa croissance, recouvrant 20% de la surface (comme c'est le cas sur la parcelle en labour).
- Les **adventices se développent abondamment** et n'affectent que les placettes en TCSL. Ce couvert peut protéger une part importante de la surface (jusqu'à 90% pour les interrangs). Le collet des adventices constitue probablement une zone d'infiltration préférentielle en perçant la croûte à de nombreux endroits.
- Au niveau du sol, le mulch exerce toujours son rôle protecteur.

La chute d'une goutte peut donc être stoppée par trois niveaux de couverts qui cassent ainsi son énergie cinétique. Le mulch et les adventices forment un réseau complexe freinant la concentration du ruissellement (à même d'arracher des particules) et favorisant son stockage.

A la différence du labour, les valeurs de ruissellement et de MES restent hétérogènes entre les deux placettes d'un même doublon.

## Planche 4.2

Episode orageux du 11 juillet 2004

Lame d'eau précipitée : 6.6 mm  
Intensité : 39.6mm/h

## Analyse de l'épisode pluvieux

### Caractéristiques de l'épisode



Photos d'états de surface précédant l'épisode pluvieux



Photos d'états de surface suivant l'épisode pluvieux

**Données d'états de surface précédant l'épisode pluvieux**

Etats de surface le 17/06/04	Interrang		Trace de roue		Ligne de semis	
Cumul depuis le semis : 63 mm	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont
Croûtes structurales (%)						
Croûtes superficielles (%)						
NSR dans la direction du N (mm)						
Couverture par le mulch (%)						
Couverture par la végétation en place (%)						
Couverture par les adventices (%)						

**Données d'états de surface suivant l'épisode pluvieux**

Etats de surface le 16/07/04	Interrang		Trace de roue		Ligne de semis	
Cumul depuis le semis : 103,5 mm	Aval	Amont	Aval	Amont	Aval	Amont
Croûtes structurales (%)						
Croûtes superficielles (%)						
NSR dans la direction du N (mm)						
Couverture par le mulch (%)						
Couverture par la végétation en place (%)						
Couverture par les adventices (%)						

**Données de ruissellement et d'érosion**

Mesure des volumes ruisselés	Placette aval	Placette amont
Ruissellement		
Lame d'eau précipitée (mm)		
Volum. d'eau ruisselés (l)		
Coeff. de ruissellement déduit (%)		
Erosion		
MES <2mm (kg)		
MES <2mm (g/l)		
Erosion généralisée (t/ha)		

## Planche 4.2

### 3.2.3. L'épisode du 24 juillet 2004 : l'expansion des adventices

Cet épisode est caractérisé par la quasi-absence d'écoulement sur les deux parcelles en TCSL (<0,5 litres). Le relevé d'EDS n'a pas été effectué, mais cet épisode renforce le rôle des différents couverts végétaux :

- le maïs couvrait une grande part de la surface ;
- les adventices couvraient également la totalité de la surface (sauf en labour).

La placette en labour (tableau 4.11) est la seule à avoir ruisselé, probablement en raison d'EDS dégradés (présence de croûtes sédimentaires) et en l'absence de mulch et d'adventices. Les concentrations en sédiments sont inférieures aux précédentes suite à la croissance du maïs qui augmente considérablement l'interception (le couvert en place atteint les 80%). Le **coefficient de ruissellement est de 4 fois inférieur** aux précédents, sans doute pour les mêmes raisons.

Tableau 4.11 — Volumes et MES exportés par les placettes de la modalité en labour de Neewiller suite à l'orage du 24 juillet 2004

24/07/2004 – Intensité : 32mm/h		Placette aval	Placette amont
Labour	Ruissellement		
	Lame d'eau précipitée (mm)	8	8
	Lame d'eau ruisselée (mm)	1,3	1,0
	Volume ruisselé (l)	28,61	21,9
	Coeff. de ruissellement déduit (%)	16	12
	Erosion		
	MES <2mm (kg)	0,407	0,166
	MES <2mm (g/l)	14,2	7,6
	Erosion généralisée (t/ha)	0,183	0,075



## Conclusion partielle

L'analyse des événements pluvieux a souligné l'absence d'orage de forte intensité sur le site de Landser. Les épisodes pluvieux de faible intensité n'ont pas entraîné une dégradation significative des EDS. La quasi-absence des croûtes sédimentaires laisse à penser que le ruissellement a été peu important.

Cette hypothèse est confirmée par des volumes de ruissellement extrêmement faibles.

Les différences entre labour et TCSL en terme d'EDS et de volumes ruisselés sont très peu marquées. Ceci laisse à penser qu'il existe un effet de seuil en deçà duquel l'effet des TCSL n'est pas explicite.

Les trois événements orageux survenus sur le site de Neewiller permettent de confirmer certaines hypothèses. Les TCSL présentent un état de surface globalement moins dégradé que les parcelles en labour, notamment en ce qui concerne l'absence de croûtes sédimentaires. A ce titre, le rôle du mulch semble tout à fait déterminant.

Les mesures effectuées soulignent le rôle déterminant des croûtes sédimentaires sur la limitation de la charge en sédiments du ruissellement. Les mesures confirment également que les placettes en TCSL exportent moins de ruissellement (dix fois moins) et de MES (au moins deux fois moins).

Toutefois, il n'existe pas de distinction entre les deux modalités en TCSL dont les gammes de volumes et de MES exportés sont identiques.

Les suivis sont néanmoins nuancés par plusieurs limites

- Le développement des adventices sur les parcelles en TCSL a considérablement faussé les mesures en augmentant l'interception et en freinant la concentration du ruissellement. Il est évident que les mesures sous-estiment le ruissellement exporté.
- Les mesures de volume et de MES des parcelles en TCSL sont affectées d'une variabilité importante à l'image d'une surface très hétérogène (mulch très couvrant, microrelief très prononcé). Cette variation empêche une interprétation claire des résultats.
- L'intensité et l'amplitude des orages restent très mesurées (7 mm en dix minutes).

---

## Conclusion Générale

---

Dans le cadre de ce travail sur le ruissellement des terres cultivées, les collines limoneuses d'Alsace ont servi de secteur d'études. Caractérisées par des sols sensibles à la battance, ces collines sont régulièrement le lieu de formation de ruissellement, notamment lors des orages de printemps, typiques du climat régional. Le risque de formation du ruissellement s'est trouvé accru par l'extension de la monoculture de maïs, généralement basée sur le labour, qui offre le désavantage de ne pas couvrir suffisamment le sol lors de la période orageuse.

En aval des terres cultivées, le ruissellement agricole prend généralement la forme de coulées boueuses affectant de nombreuses communes. Il prend également la forme de transferts diffus de phytosanitaires vers les aquifères et notamment la nappe rhénane dont la qualité devient problématique localement.

Afin de limiter les transferts (sédiments et phytosanitaires) liés au ruissellement agricole, les techniques culturales sans labour (TCSL) constituent une méthode visant à réduire la formation du ruissellement. Les premières études semblent encourageantes quant à leur potentiel de réduction du ruissellement et à leurs effets sur la préservation d'états de surface (EDS) favorables à l'infiltration. Cependant, peu d'études s'appliquent au contexte régional.

Deux problématiques ont structuré ce travail :

- Les TCSL permettent-elles de limiter le ruissellement et l'érosion ?
- Quels sont les effets des TCSL sur les états de surface (EDS) et leurs conséquences en terme de volumes d'eau et de sédiments ruisselés ?

Afin de répondre à ces questions, deux méthodes ont été mises en place. Les EDS ont été évalués régulièrement par le biais de descripteurs appréhendés par observation. Ces suivis avaient pour but d'analyser la dégradation des EDS en fonction des pratiques culturales. La quantification des volumes et matières en suspension (MES) exportés a été réalisée en installant des placettes expérimentales dans des parcelles cultivées. Deux sites expérimentaux ont été choisis, chacun dans deux secteurs concernés par le ruissellement agricole : l'Outre-Forêt et le Sundgau.

Les mesures réalisées sur les placettes expérimentales ont montré une diminution notable des volumes et MES exportés sur les modalités en TCSL. C'est notamment le cas du site de Neewiller (Outre-Forêt) où trois orages se sont abattus à un mois d'intervalle. La réponse est plus mesurée pour le site de Landser (Sundgau) où les volumes ruisselés sont minimales, sans doute en raison d'intensités pluviométriques relativement faibles.

Concernant la modalité en labour, à Neewiller, on remarquera la grande homogénéité des valeurs de ruissellement obtenues (chaque modalité culturale étant équipée d'un doublon de placettes expérimentales). Cela souligne une certaine fiabilité des mesures. Cependant les modalités en TCSL sont affectées d'une plus grande variabilité dans les mesures, même si les valeurs de ruissellement restent inférieures à celles relevées sur labour. Cette variabilité est sans doute expliquée par une grande hétérogénéité de la surface (mulch).

La fiabilité des mesures sur les placettes en TCSL est également limitée par une présence très importante d'adventices en surface. Ce couvert végétal inattendu a induit une interception des précipitations supérieure à la normale, entraînant une sous-estimation certaine des volumes et MES exportés.

Les EDS du site de Landser sont peu contrastés entre la modalité en labour et les modalités TCSL. Deux hypothèses peuvent expliquer cette homogénéité. Il n'y a pas eu d'intensité pluviométrique suffisante pour dégrader la surface de manière importante. Cela suggère un effet de seuil en deçà duquel, l'effet des TCSL n'est pas sensible. Par ailleurs, le mulch sur les modalités en TCSL n'était pas très couvrant (< 30%). Or ce seuil apparaît déterminant sur la limitation de l'extension des croûtes en surface et donc sur la limitation de la dégradation des EDS.

Les effets des TCSL sur les EDS sont plus prononcés sur le site de Neewiller. Les croûtes sédimentaires ont connu une extension très marquée sur les placettes en labour, et très faible sur les placettes en TCSL. De même la hauteur des seuils à franchir dans la direction du ruissellement est plus élevée chez les TCSL. Elles offrent ainsi des EDS favorables à l'infiltration et au stockage du ruissellement en surface.

Les faibles concentrations en MES semblent liées à la présence de croûtes sédimentaires. Sur les placettes en labour, deux orages d'intensité et de cumuls identiques ont ruisselé des volumes identiques mais des MES moins concentrées en présence de croûtes sédimentaires. Le développement de la végétation en place induit également une baisse de la charge en MES, probablement suite à une augmentation de l'interception.

Afin de développer les résultats présentés ci-dessus, les travaux ultérieurs pourront effectuer des concentrations en phytosanitaires afin de dresser un bilan environnemental des TCSL plus complet. Il faudra cependant être vigilant sur le flaconnage et l'échantillonnage.

Les mesures de ruissellement pourront également être effectuées sur chaque motif cultural afin de préciser leur risque de ruissellement.

Dernier point, les mesures de ruissellement et de précipitations pourront également être effectuées en continu par des systèmes électroniques. Le gain en précision sera appréciable, notamment concernant les intensités pluviométriques, délicates à dépouiller sur les diagrammes. Il sera également possible d'observer le temps de réponse de la surface après le déclenchement de l'orage.

## Références bibliographiques

- Ali B.**, 2004. Etats de surface du sol et propriétés d'infiltration. Mémoire de DEA systèmes spatiaux et environnement – ULP Strasbourg. 70p + annexes.
- Ambroise B.**, 1999. La dynamique du cycle de l'eau dans un bassin versant – processus, facteurs, modèles. Ed. \*H\*G\*A, Bucarest. 200p.
- Armand R.**, 2003. Risque de ruissellement des terres agricoles et Techniques Culturelles Simplifiées (TCS) :évaluation par les états de surface du sol. Mémoire de maîtrise de Géographie Physique, ULP – Strasbourg. 93p
- Auzet A.-V.**, 1988. L'érosion des sols par l'eau dans les régions de grande culture : aspects agronomiques. Ministères de l'Environnement et de l'Agriculture, CEREG. 60 p.
- Auzet A.-V. et al.**, 1995. Concentrated flow erosion in cultivated catchments : influence of soil surface state. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 20. p. 759-767.
- Auzet A.-V.**, 2000. Ruissellement, érosion et conditions de surface des sols à l'échelle de versants et de petits bassins versants. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université Louis Pasteur, Strasbourg. 79 p. + annexes.
- Conseil Général du Bas-Rhin**, 2004. L'eau dans le Bas-Rhin – des Hommes et des Territoires. Porte à connaissance. 102p.
- Duchaufour Ph.**, 1997. Abrégé de pédologie. Ed. Masson. 291p.
- Flota C.**, 1999. Validation de la Cartographie de l'aléa *érosion des sols* en France (IFEN) grâce aux *coulées boueuses* liées à l'érosion des terres agricoles dans le Sundgau (Alsace). Mémoire de DEA de Géomorphologie. 102 p + annexes.
- Flota C.**, 2003. Prévention de l'érosion des sols et des coulées boueuses dans la commune de Rixheim. Bureau d'études Ecoscope. 106 p.
- Guillemont E.**, 1999. Matière organique : l'essence de la vie des sols est en danger. *Revue TCS* n°3 – juin-juillet. pp9-20.
- Granveaux E.**, 2004. Cibler les perspectives de réussite des TCSL dans le Rhin supérieur par le diagnostic dynamique du fonctionnement des exploitations en non-labour et l'analyse de leurs itinéraires techniques. Mémoire de fin d'études – ENESAD, Dijon.
- Heitz C.**, 2004. Analyse des demandes d'indemnisation de catastrophe naturelle liées à des coulées de boue et caractérisation des bassins versants amont (Sundgau, Alsace). Mémoire de maîtrise de Géographie Physique, ULP – Strasbourg. 90p.
- IMFS**, 2003. Rapport d'activité – Fluides et environnement – Matériaux et santé. IMFS ULP CNRS IFARE. 204p
- Labreuche J.**, 2003. Favoriser l'infiltration de l'eau pour lutter contre l'érosion. *Perspectives agricoles*, n°290. p. 69-71.
- Le Bissonnais Y.**, 1999. L'érosion des sols cultivés : mécanismes, déterminisme et spatialisation. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université d'Orléans. 53 p. + sélection articles.
- Le Bissonnais Y. et al.**, 2002. L'érosion hydrique des sols en France. INRA-IFEN. 106p.
- Le Bissonnais Y.**, 2004. Les TCS : impact sur le ruissellement et l'érosion. Actes colloque MED sur les TCSL. pp 54-58.

**Louchart X.**, 1999. Transfert de pesticides dans les eaux de surface aux échelles de la parcelle et d'un bassin versant viticole. Etude expérimentale et éléments de modélisation. INRA – Montpellier. 263p.

**IFEN**, 1998. Cartographie de l'aléa *érosion des sols* en France. 62p + annexes.

**IFEN**, 2004. Les pesticides dans les eaux. Sixième bilan annuel – données 2002. 32p.

**Lemmel M.**, 2002. Collecte et concentration du ruissellement par les motifs topographiques et agraires au sein de bassins versants cultivés . DEA Systèmes Spatiaux et Environnement, ULP, IMFS UMR7507 CNRS. 84 p + annexes

**Ludwig B.**, 1992. L'érosion par ruissellement concentré des terres cultivées du nord du Bassin Parisien : analyse de la variabilité des symptômes d'érosion à l'échelle du bassin versant élémentaire. Thèse de Doctorat de l'ULP – Strasbourg 1 (Mention : Géographie Physique). CEREG – INRA-Laon. 202 p.

**Martin Ph.**, 1997. Pratiques culturales, ruissellement et érosion diffuse sur les plateaux limoneux du Nord Ouest de l'Europe. Application aux intercultures du Pays de Caux. Thèse de doctorat de l'INA-PG. 184p + annexes.

**Party J.-P.**, 2001. Guide des sols d'Alsace – Petite Région Naturelle n°11 : Sundgau et Jura alsacien. Région Alsace.

**Party J.-P.**, 2003. Guide des sols d'Alsace – Petite Région Naturelle n°1 : Outre-Forêt. Région Alsace. 246p.

**Région Alsace**, 2004. Inventaire 2003 de la qualité des eaux souterraines dans le Fossé rhénan. Région Alsace – APRONA. 12p.

**Robert M. & Capillon A.**, 2004. Historique mondial et enjeux environnementaux des techniques sans labour. Actes Colloque MEDD sur les TCSL. pp2-11.

**Scodro E.**, 2001. Appréciation du risque de ruissellement des sols cultivés à partir des états de surface du sol. Application aux cultures de maïs du Sundgau alsacien. Mémoire de Géographie Physique. ULP. 80 p. + annexes.

**Soltner D.**, 2000. Les bases de la production végétale – Tome 1 : le sol et son amélioration. Edition Sciences et Techniques agricoles. 474 p.

**Van Dijk P.**, 2001. Soil erosion and associated sediment supply to rivers – Seasonal dynamics, soil conservation measures and impacts of climate change. Thèse de l'université d'Amsterdam. 212 p.

**Voltz M., Louchart X.**, 2001. Les facteurs-clés de transfert des produits phytosanitaires vers les eaux de surface. Ingénierie – eau, agriculture, territoires, n° spécial 2001. p. 45-54.

**Vogt H.**, 1992. Le relief en Alsace. Etude géomorphologique du rebord sud-occidental du Fossé Rhénan. Ed. Oberlin. 239p.

# Table des matières

<b>Remerciements</b>	2
<b>Sommaire</b>	4
<b>Introduction Générale</b>	5
<b>Chap. 1 - Comment lutter contre le ruissellement des terres agricoles et ses conséquences sur l'environnement ?</b>	7
1. Le constat : une dégradation environnementale avérée	8
1.1.2. Localiser les coulées boueuses en Alsace	9
1.1.3. Un phénomène récurrent	11
1.2. La dégradation des eaux souterraines	11
1.3. Les moyens de lutte contre le ruissellement	13
2. Un stage à la charnière de l'expertise agronomique et de la recherche appliquée	14
2.1. L'Association pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA)	14
2.1.1. Le référentiel régional sur les TCSL	14
2.1.2. La place de l'ARAA dans l'Agriculture régionale	14
2.2. L'Institut de Mécanique des Fluides et Solides (IMFS)	15
<b>Chap. 2 - Le contexte régional</b>	18
1. Le ruissellement, un aléa présent naturellement	19
1.1. Des secteurs de collines	19
1.2. Des sols sensibles à la battance	19
1.2.1. Une dominante limoneuse	19
1.2.2. Une stabilité structurale faible	21
1.2.3. Importance des états de surface sur l'infiltration	22
1.3. Un climat marqué par les orages de printemps	23
1.4. Synthèse : formation et devenir du ruissellement	24
2. Une occupation du sol accroissant la vulnérabilité aux coulées boueuses	25
3. L'émergence des TCSL dans le contexte alsacien	27
3.1. Définition	27
3.1.1. Bref historique des TCSL	27
3.1.2. Une ou des TCSL ?	28
3.2. Les motivations des exploitants	29
3.3. Les effets supposés des TCSL sur le ruissellement	29
3.4. Les limites d'utilisation des TCSL	30

<b>Chap. 3 - Outils et méthodes</b>	<b>34</b>
1. Les états de surface, un outil d'observation	35
2. Les placettes expérimentales, un outil de quantification	38
2.1. Principe	38
2.2. Protocoles de mesure	38
2.3. Emplacement et dimensionnement	40
2.4. Avantages et inconvénients	41
3. Le pluviographe, un outil de caractérisation	41
4. La base de données, un outil d'appréciation et de synthèse	42
5. Présentation des sites retenus	43
5.1. Neewiller Près Lauterbourg, le site de l'Outre-Forêt	43
5.2. Landser, le site du Sundgau	44
5.3. Geispitzen, site retenu mais abandonné	45
<b>Chap. 4 - Résultats</b>	<b>48</b>
1. Une pluviométrie très différenciée selon les sites	49
2. Les résultats fournis sur le site de Landser	50
2.1. Des différences d'états de surface peu marquées	50
2.2. Des volumes de ruissellement très faibles	52
3. Les résultats fournis sur le site de Neewiller	54
3.1. Des états de surface très différenciés	54
3.2. Des volumes de ruissellement très contrastés	56
3.2.1. <i>L'épisode du 13 juin 2004 : des écoulements très chargés en sédiments</i>	56
3.2.2. <i>L'épisode du 11 juillet 2004 : le rôle de la croûte sédimentaire sur la charge en sédiments</i>	60
3.2.3. <i>L'épisode du 24 juillet 2004 : l'expansion des adventices</i>	64
<b>Conclusion Générale</b>	<b>66</b>
<b>Références bibliographiques</b>	<b>68</b>
<b>Table des matières</b>	<b>70</b>
<b>Liste des abréviations</b>	<b>72</b>
<b>Table des illustrations</b>	<b>73</b>
<b>Annexes</b>	<b>75</b>

## Liste des abréviations

APRONA	Association pour la PROtection de la NAppe phréatique d'alsace
ARAA	Association pour la Relance Agronomique en Alsace
CG	Conseil Général
DDAF	Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt
EDS	Etat De Surface
FAO	Food and Agricultural Organization
HSF	Hauteur des Seuls à Franchir <sup>1</sup>
IFEN	Institut Français Sur l'Environnement
IMFS	Institut de Mécanique des Fluides et Solides
MEDD	Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable
MES	Matière En Suspension
PPRI	Plan de Prévention du Risque Inondation
STEP	STation d'Épuration
TCSL	Technique Culturelle Sans Labour

---

<sup>1</sup> Dans la quatrième partie de ce travail, par HSF, il faut entendre hauteur des seuils à franchir *dans la direction du ruissellement*.



# Table des illustrations

## CHAPITRE 1

Photo 1.1 — Coulée boueuse à Soultz-les-Bains (67) – 12/06/2003. Photo : CG 67	8
Photo 1.2 — Coulée boueuse à Blotzheim, le 30/05/04 (cliché : R. Armand – M. Lemmel)	9
Carte 1.1 — Localisation communale des coulées boueuses catastrophiques liées à l'érosion des terres agricoles (1985-1995). Source : Région Alsace.	10

## CHAPITRE 2

Carte 2.1 — Localisation des secteurs d'études et des sites expérimentaux	20
Fig. 2.1 — Les EDS, des descripteurs en situation d'interface	23
Fig. 2.2 — Normales climatiques des sites de Lauterbourg (1973-1987) et de Bâle-Mulhouse (1961-1990)	24
Carte 2.2 — Les mutations de l'occupation du sol dans les bassins versants agricoles L'exemple de Rixheim	26
Tableau 2.1 — Occupation des terres agricoles – RGA Agreste 2000	27
Fig. 2.3 — Exemples de simplification du travail du sol (d'après Soltner, 2000)	28
Fig. 2.4 — Les effets à court terme des TCSL sur les EDS	31

## CHAPITRE 3

Fig. 3.1 — Les trois motifs cultureux à la surface d'un champ de maïs	35
Fig. 3.2 — Que devient une goutte d'eau à la surface du sol ?	36
Fig. 3.3 — Un dispositif alliant observation et expérimentation	39
Tableau 3.1 — Valeurs utilisées pour estimer les volumes ruisselés	40
Photo 3.1 — Le pluviographe utilisé et le diagramme restitué	41
Fig. 3.4 — Tables et liaisons composant la base de données	43
Fig. 3.5 — Présentation du site de Neewiller (Outre-Forêt)	44
Fig. 3.6 — Présentation du site de Landser (Sundgau)	45
Photo 3.2 — Présence d'eau dans les dispositifs du site de Geispitzen	46

## CHAPITRE 4

Tableau 4.1 — Variables retenues pour l'analyse des EDS	48
Tableau 4.2 — Pluviométrie des deux sites pour les mois de mai-juin-juillet 2004	49
Tabl. 4.3 — Caractéristiques statistiques des intensités pluviométriques pour le site de Landser	49
Tabl. 4.4 — Caractéristiques statistiques des intensités pluviométriques pour le site de Neewiller	49
Figure 4.1 — Histogramme de fréquence des intensités pluviométriques	50

Tabl. 4.5 — Moyenne des variables d'EDS au début et en fin de suivis sur le site de Landser _____	51
Tabl. 4.6 — Orages survenus sur le site de Landser _____	52
Tabl. 4.7 — Valeurs de ruissellement et de MES suite à l'orage du 11/06/04 (Landser) _____	52
Tabl. 4.8 — Valeurs de ruissellement et de MES suite à l'orage du 05/07/04 (Landser) _____	53
Tabl. 4.9 — Moyenne des variables d'EDS au début et en fin de suivis sur le site de Neewiller _____	55
Tabl. 4.10 — Orages survenus sur le site de Neewiller _____	56
Tabl. 4.11 — Volumes et MES exportés par les placettes de la modalité en labour de Neewiller suite à l'orage du 24 juillet 2004 _____	64

# Annexes

Annexe 1 - Articles de la Presse régionale sur les coulées boueuses survenues en 2003 _____	76
Annexe 2 - Le risque de coulées de boue dans le Bas-Rhin _____	80
Annexe 3 - Concentrations en atrazine et ses métabolites dans la nappe rhénane et sundgauvienne _____	81
Annexe 4 - Communiqué de la FAO sur l'érosion des sols _____	83
Annexe 5 - Formulaire de suivis d'états de surface _____	86
Annexe 6 - Relevés pluviométriques _____	87
Annexe 7 - Méthodes de calcul utilisées dans les planches 4.1 et 4.2 _____	89

## Annexe 1

Articles de la Presse régionale sur les coulées boueuses  
survenues en 2003**FAITS DIVERS - JUSTICE**

Coulées de boues à Blotzheim et Bartenheim

**Des centaines de caves inondées**

●●● Le violent orage qui s'est abattu hier en début de soirée sur le secteur frontalier, et plus particulièrement du côté de Blotzheim et de Bartenheim, a provoqué d'importants dégâts. Plusieurs centaines de caves étaient inondées et de nombreuses chaussées recouvertes par les flots.

Les sapeurs-pompiers du centre de secours des Trois-Frontières, comme les différents corps locaux qui ont effectué plus de 150 sorties en moins d'une heure, ont été très vite débordés par les éléments.

Les eaux de ruissellement dévalant des collines sundgauviennes ont fait déborder le ruisseau du Muehlgraben et du Liesbach à Blotzheim, recouvrant notamment d'une vague boueuse la rue du Ruisseau où les riverains ont assisté, impuissants, à la montée des eaux. Certains ont bien tenté d'écoper le trop-plein avec des seaux. En vain.

Au fil des minutes, la situation est allée en empirant. Remontant par les égouts, les flots bruns ont fini par gagner le centre de Blotzheim transformé en petite Venise. «Je n'ai encore jamais vu ça !», lançait un rive-



**Le centre de Blotzheim transformé hier en petite Venise. Du jamais vu!**  
(Photo DNA- M. Baltrès)

rain prisonnier des eaux dans son immeuble. Des inondations qui ont souvent rendu la circulation difficile.

Même scénario catastrophe du côté de Bartenheim où les eaux du «Graba» ont fini par gagner la rue principale (CD 466) après avoir également inondé des dizaines de caves que l'on s'employait, hier, à pomper.

A Sierentz, le parking d'un supermarché a aussi disparu sous les eaux.

A Saint-Louis, l'eau a gagné les sous-sols de la barrette d'immeubles du n°95, avenue De Gaulle.

Du côté du Sundgau, on signalait des coulées de boue à Oberdorf, Grentzingen où l'on a relevé jusqu'à 50 cm de hauteur d'eau.

Une dizaine de maisons ont été inondées à Jettingen, ainsi qu'à Zaessingue (8 caves).

Bien que spectaculaires, ces débordements n'ont heureusement fait aucune victime. En ce jeudi de l'Ascension, les sinistrés vont s'employer à évaluer l'ampleur des dégâts.

**M. Baltrès**

## Un policier happé par une voiture

Un policier a été blessé mercredi soir à Strasbourg lors du contrôle d'une voiture volé. Le véhicule suspect a démarré en trombe et le policier, resté accroché à la voiture, a été traîné sur une centaine de mètres.

22

# ORAGE

21

ALSACE

VENDREDI 30 MAI 2003

## Demain : éclipse de soleil

Demain samedi, une éclipse de soleil devrait être bien visible en Alsace, dès le lever du jour. Mais des précautions sont à prendre pour l'observer.

22

# Sous des flots de boue

Après le choc causé par l'orage de mercredi soir, l'heure est au bilan à Blotzheim et dans les communes alentour. Les pompiers ont commencé le nettoyage des chaussées, mais il faudra beaucoup de temps aux habitants pour effacer les traces des coulées de boue.

**L**ES HABITANTS de Blotzheim et des communes alentour étaient sous le choc hier, après le violent orage qui a entraîné d'importantes coulées de boue et causé de nombreux dégâts (voir notre édition d'hier). Météo France, à l'EuroAirport, a relevé une pluviométrie « exceptionnelle » : 54,6 millimètres d'eau sont tombés sur l'aéroport en l'espace d'une heure, mercredi entre 18 h et 19 h. La commune la plus touchée a été celle de Blotzheim. Le Muehlbach est sorti de son lit. Dans le haut du village, vers Michelbach-le-Bas, le garage d'une maison a été envahi par du limon mêlé de troncs d'arbre, qui a rempli cinq camions.

## Les pompes à plein régime

Les pompiers ont été à pied d'œuvre toute la nuit dans tout le village pour venir en aide aux sinistrés.

Le commandant Brest, chef du groupement sud, organisait les opérations depuis un PC de crise installé non loin de la mairie. Les secours ont divisé la commune en cinq zones. « Au plus fort de la

nuit, nous avions 135 hommes sur place, équipés de 41 engins et d'une bonne trentaine de pompes », souligne-t-il. Toute la nuit, les pompes ont fonctionné. Mais de nombreuses caves, notamment dans la zone la plus touchée, restaient inondées hier matin. « Il a fallu relever les hommes », précisait le commandant Brest. Ils étaient venus de tout le département du Haut-Rhin : Dannemarie, Altkirch, Witzelsheim, Ottmarsheim, Mulhouse et Illzach, Cernay, Masevaux, et Guebwiller, Seppois, Didenheim, et même de Kayersberg et au-delà. Soit en tout une centaine de pompiers mobilisés pour la journée.

Dans les secteurs les moins touchés, ils ont pu commencer à dégager, avec quatre engins de chantier, puis à nettoyer la chaussée de toute la boue, tandis que les gendarmes organisaient les déviations.

Le village de Bartenheim a été sérieusement touché, mais selon son maire, Jacques Ginther, « la situation aurait été bien pire sans les sept bassins de retenue qui bordent le Muehlgraben : les quatre du ban de Bartenheim, à



Les coulées de boue ont rendu de nombreuses rues de Blotzheim méconnaissables, mais le nettoyage, grâce aux pompiers et aux habitants, a déjà été bien entamé.

eux seuls, ont absorbé 120000 mètres cubes d'eau ». Cela n'a pas empêché les deux sections du CPI remontées d'eau claire par les égouts : 70 caves vidées dans la nuit, une quinzaine dans la jour-

née. A Michelbach-le-Bas, l'Altenbach a débordé, envahissant les caves d'une dizaine de maisons, dans le creux du village. Le travail pour dégager la chaussée a duré une bonne partie de la nuit.

## Calmes et discipline

Plusieurs autres communes ont été touchées : les pompiers et la population de Ranspach-le-Bas ont travaillé dur pour nettoyer les rues du village, pour que tout soit prêt pour un marché aux puces organisé hier. L'orage a aussi fait des dégâts à Brinckheim, Kappel, Helfrantzkirch, où le bassin de retenue a bien fonctionné, et Zaessingue.

Partout, la solidarité, notamment entre les habitants, s'est organisée très vite, et les élus ont noté le calme et la discipline des sinistrés attendant les secours. ●

JEAN-CHRISTOPHE MEYER

## SE RENSEIGNER

Les personnes victimes des dégâts de l'orage de mercredi soir sont priées de se déclarer en mairie en vue de constituer les dossiers d'indemnisation et de classement en zone sinistrée.

# « Pourquoi c'est arrivé? »

●●● Touchés sur le plan matériel et moral, les habitants d'Ettendorf s'interrogent encore sur les causes du sinistre. Pour le premier magistrat Patrice Weiss, « cette affaire n'est pas finie ».

A l'instar de ses administrés, le maire est lui aussi sous le choc, et tente, devant cette situation inédite, de parler au plus pressé. « J'ai sollicité, le week-end dernier, auprès du préfet, la prise d'un arrêté demandant le classement de notre commune en zone de catastrophe naturelle », explique Patrice Weiss entre deux tonalités de portable. « Ce sont des sinistres ayant des difficultés avec les experts », s'excuse le maire dont la fonction, dans ces moments-là, prend une nouvelle dimension.

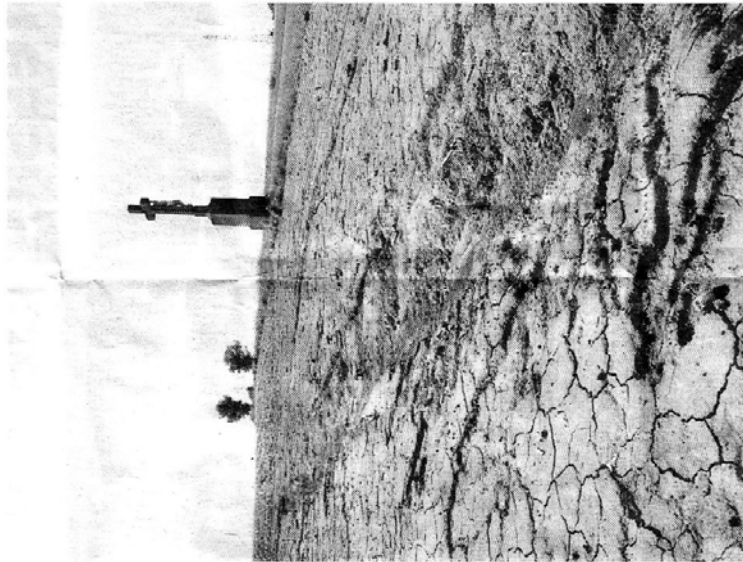
« Etre présent, reconforter »... La tâche est grande, urgente, mais déjà les interrogations se bousculent au portillon de la commune. « Ettendorf est dans une cuvette située entre la Zorn et la Moder. On ramasse les queues d'orage. Pour cette pluie torrentielle, on n'a pas encore les chiffres de la météo, mais ça n'a duré qu'une heure, et c'est venu de trois côtés : Buswiller, la voie ferrée, et Ringendorf ». Particularité de ce dernier versant : « des sols en pente, et des

champs non couverts ». « Je ne veux jeter la pierre à personne, je veux simplement comprendre pourquoi c'est arrivé! », explique l' élu. Mais pour les sinistres submergés par les torrents boueux, le coupable, s'il en est un, est tout trouvé. C'est le maïs dont la culture en cette période de l'année, « ces plantules de mai », pourrait avoir favorisé les coulées de boue.

## « Zone à risques »

Habité par le doute, Patrice Weiss a d'ores et déjà sollicité les services de la société MRW spécialisée dans la photo aérienne des sinistres en tout genre, pour effectuer un premier état des lieux. Un document visuel qui devrait appuyer la requête formulée par le maire auprès de la préfecture, pour qu'après décision interministérielle, Ettendorf soit classé « zone à risques ».

A la mairie, depuis une semaine, les démarches s'accroissent, et les coups de main ne sont pas du luxe. Même si cela ne va pas sans frais. « La commune était déjà en travaux. Les rues atten-



« Des sols en pente et des champs non couverts. » (Photo DNA)

daient un enrobé. Il va donc falloir remettre les chantiers en état, et rétribuer les services des entreprises de travaux publics, les vacations des pompiers, et l'intervention des agriculteurs ». « Il faudra un budget supplémentaire, sinon on ne passe pas », prévient d'emblée le premier magistrat qui, partagé entre la farouche volonté de

## Le maïs, bouc émissaire

Christophe Klotz, ingénieur agronome au Compagnon agricole de Hochfelden, revient sur cette nouvelle mise en cause d'un maïs déjà tant décrié, et répond d'avance aux critiques dont pourraient être affublés des agriculteurs qu'il côtoie au quotidien dans sa profession. « On trouvera toujours un truc à dire à propos des paysans. Déjà dans la Somme, on les avait accusés d'avoir drainé les parcelles. Pour Ettendorf, on fait porter le chapeau au

comprendre l'origine du sinistre et l'appréhension de ses conséquences morales

et financières, conclut sur ces mots : « Cette affaire n'est pas finie! »

D. G.

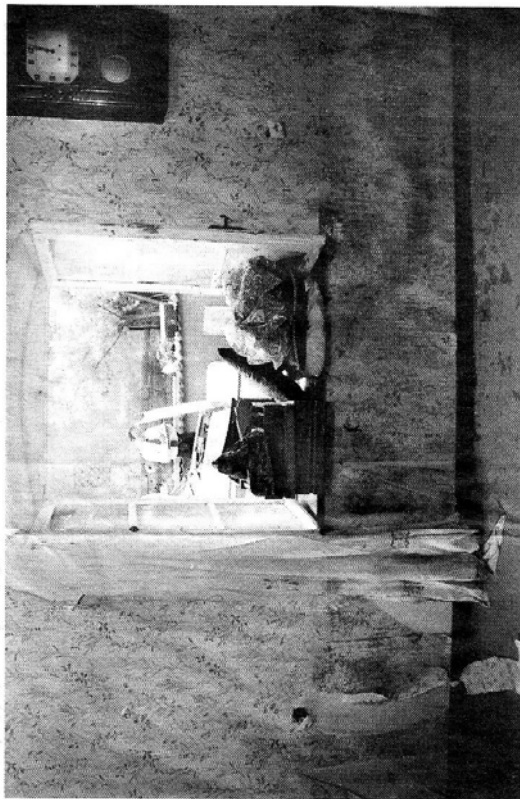
ETTENDORF

# Chez une famille sinistrée

●●● Une semaine après les coulées de boue qui ont déferlé sur Ettendorf, la famille Gross gère comme elle peut les lendemains de tempête. Dans une maison sinistrée et hantée par les effroyables images de ce vendredi noir.

Nuages persistants et rues poussiéreuses. Ettendorf se réveille tant bien que mal du cauchemar de la semaine passée, cette déférente boueuse qui, jeudi en fin de soirée, a inondé le village en faisant son lit de la rue Principale. L'orage a frappé de nombreuses communes de la région, mais ses répercussions, ici, ont pris une ampleur phénoménale. «Les poubelles défilent du haut du village. On a tout ramassé dans notre garage», se souvient Antoine Gross dont le domicile, dans une artère centrale déjà malmenée par des travaux d'assainissement, a véritablement fait les frais des intempéries.

«Je me souviens des enfants de l'école qui s'installaient en face de la maison pour la dessiner. Beaucoup de touristes s'arrêtaient pour la photo». Trois jours après le sinistre, le père de famille craint que «tout cela soit fini». Comme si le charme de cette maison à colombage datant du XVII<sup>e</sup> siècle et qui fait la fierté d'Ettendorf se trouvait soudainement bala- yé, après la disparition de son mobilier. La façade est



Une vaise d'experts au domicile de la famille Gross. (Photo DNA)

parmi d'autres -une cinquantaine de maisons on été touchées- qui transforment Ettendorf en véritable champ de bataille. Pour ce qui est des choses récupérées, elles s'alignent à l'intérieur du corps de ferme. «Un vrai mur des lamentations», martèle Mauricette qui, tout comme son mari et ses enfants, n'a repris le travail que ce mercredi. Après plusieurs jours de labeurs qu'Antoine n'oubliera certainement pas. «Il a d'abord

fallu sortir la boue et l'eau avec l'aide des voisins et des pompiers, et ensuite seulement, on s'est attaqué au mobilier».

## «A la moindre pluie, je prends peur»

A l'instar de la poussière, des nuages et de la crasse environnante, ce «mur des lamentations» s'inscrit à la fois dans l'esprit de la famille Gross. Et la vaise d'experts défilant en début de semaine sur le lieu du sinis-

trage prendra plusieurs mois. «Les experts, eux, nous ont dit qu'on aurait des nouvelles en fin de semaine par courrier, mais que de toute manière il fallait une contre-expertise», observe encore Antoine.

Un casse-tête administratif qui n'arrange rien au désarroi familial. Une semaine après les événements, les Gross restent prosternés devant ce «mur des lamentations» qui désormais fait parti du décor. On a peine à y croire, et on ose espérer que le dépotoir du trottoir sera enlevé au plus vite.

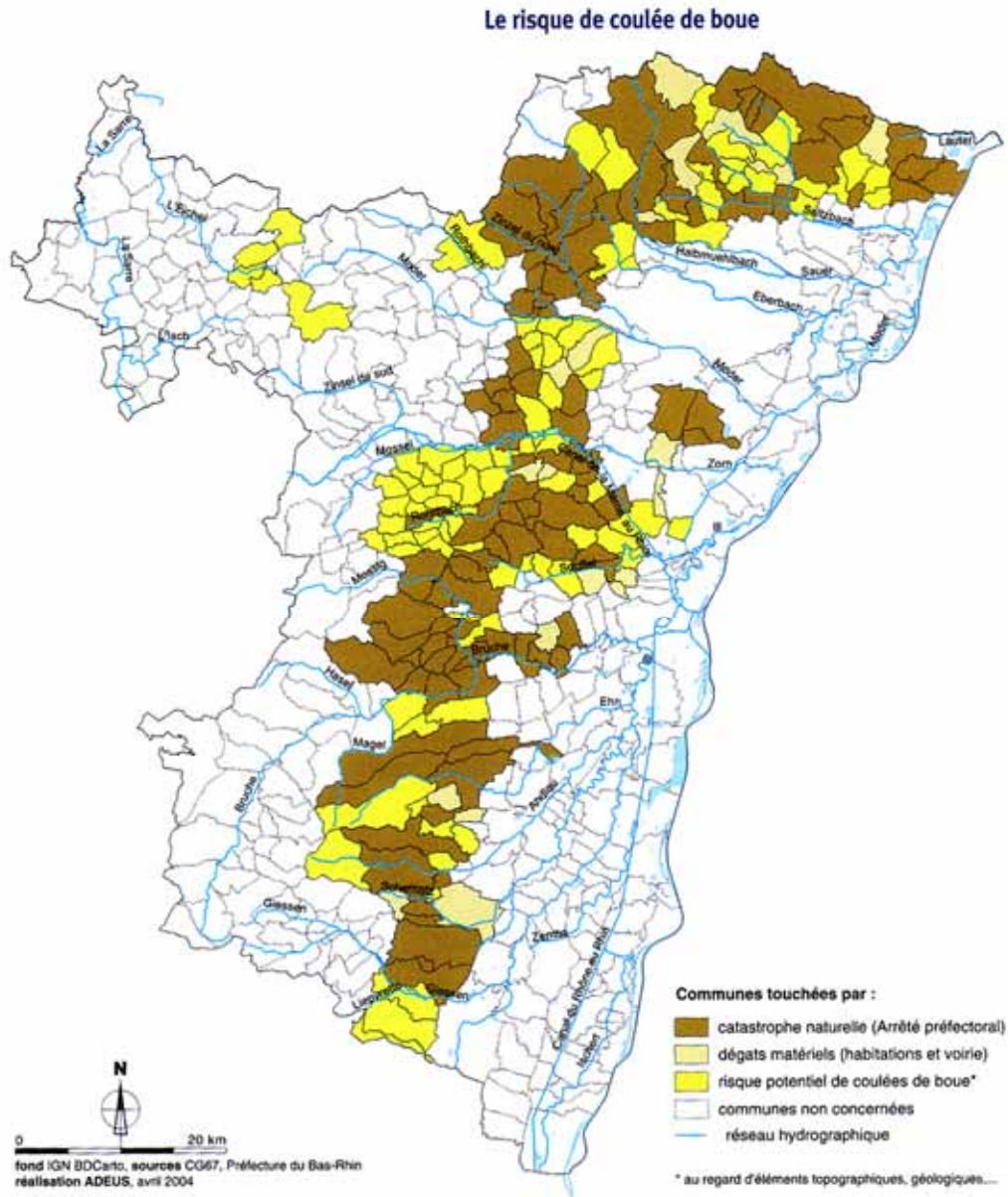
Comme pour rayer de la mémoire les stigmates de la tempête. Sauver les meubles, quoi. Mais rien n'y fait. Les sinistrés sont encore sous le choc. «A la moindre pluie, je prends peur», sanglote Mauricette. L'incertitude demeure, et la rancoeur s'exprime comme une échappatoire à la douleur tangible. Ici comme ailleurs, on cherche à comprendre. Décrypter cette «catastrophe naturelle». «Pourquoi ici? Pourquoi nous?». Entre deux coups de balai, les échanges entre voisins vont bon train, et la rumeur s'installe. «C'est la faute au maïs. Les coulées de boue provenaient des champs avoisinants»,

conclut Antoine sur un ton désabusé, ne sachant «plus quoi penser», ne sachant «plus quoi dire».

David Geiss

## Annexe 2

### Le risque de coulées de boue dans le Bas-Rhin



Des risques de coulées de boues accentués en zone Piémont et Vosges du Nord

Source : CG67 - 2004

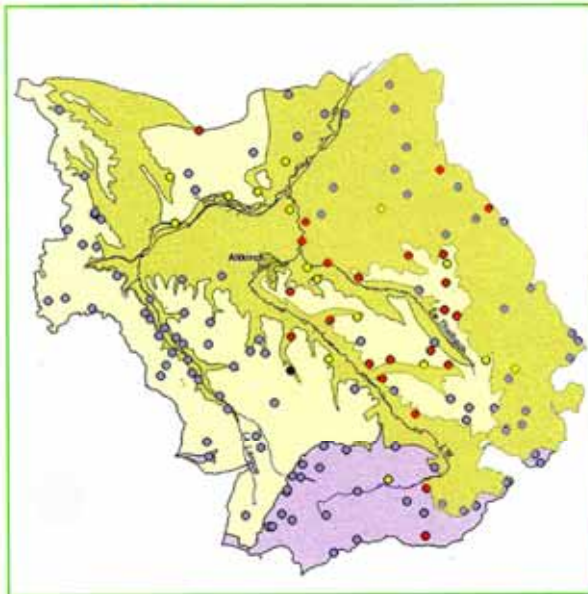


## Annexe 3

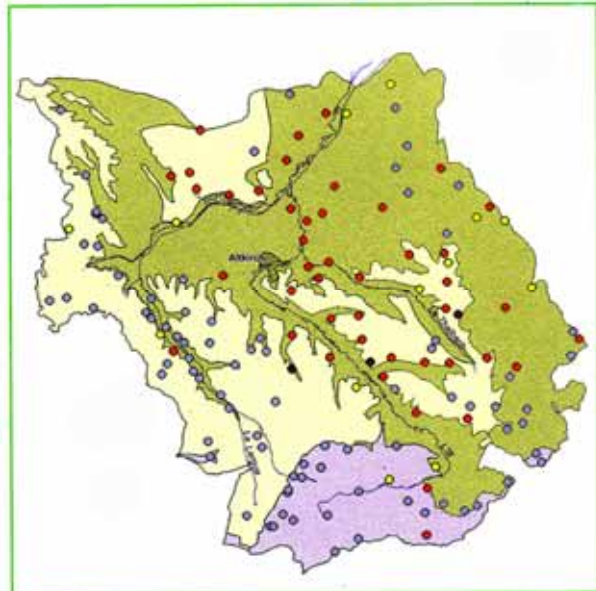
### Concentrations en atrazine et ses métabolites dans la nappe rhénane et sundgauvienne

#### Inventaire de la qualité des eaux des aquifères du Sundgau

##### Atrazine 2003



##### Desethylatrazine 2003



##### Concentration (en µg/l)

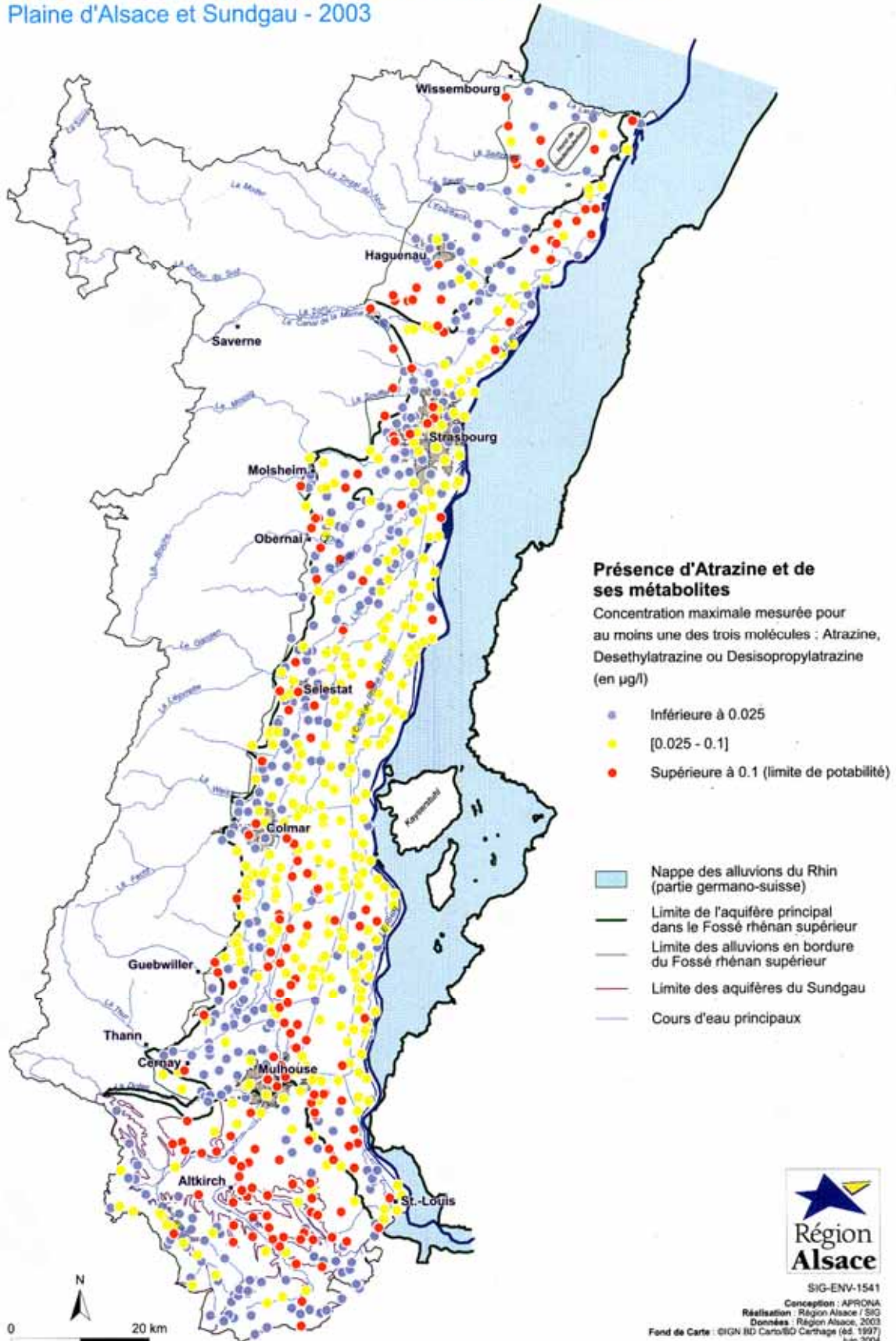
- |                              |                                |
|------------------------------|--------------------------------|
| ● Inférieure ou égale à 0.05 | ■ Cailloutis du Sundgau        |
| ● ]0.05 - 0.1]               | ■ Jura alsacien                |
| ● ]0.1 - 0.5]                | ■ Oligocène-Molasse alsacienne |
| ● Supérieure à 0.5           | — Cours d'eau principaux       |



SIG-ENV-1543  
 Conception : BRGM  
 Réalisation : Région Alsace / SIG  
 Données : Région Alsace, 2003  
 Fond de Carte : ©IGN BD Carthage (éd. 1997)  
 Juin 2004

## Inventaire de la qualité des eaux souterraines dans le Fossé rhénan supérieur

### Atrazine, Desethylatrazine et Desisopropylatrazine Plaine d'Alsace et Sundgau - 2003



## Annexe 4

### Communiqué de la FAO sur l'érosion des sols

#### Communiqué de presse 98/42

#### NOUVELLE MISE EN GARDE DE LA FAO CONTRE LA DEGRADATION DES SOLS

---

Rome, 22 juin 1998 -- Des millions d'hectares de terres agricoles pourraient être sauvés de l'érosion et de la dégradation si les agriculteurs recouraient à des façons culturales respectueuses de l'environnement, souligne aujourd'hui l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) qui précise que les pratiques culturales traditionnelles aggravent la désertification dans plusieurs pays en développement alors qu'à l'échelle mondiale l'érosion des sols, accélérée par l'action du vent et de l'eau, entraîne la dégradation d'environ 40 pour cent des terres.

"Dans la plupart des pays en développement, le labourage traditionnel aggrave le phénomène d'érosion entraînant des pertes en terre qui dépasseraient 150 tonnes par hectare par an", a indiqué José Benites, expert au Service gestion et conservation des Sols-Ressources de la FAO. "A l'opposé, dans les pays développés, c'est le machinisme à outrance qui est le principal responsable de la dégradation des terres", a-t-il ajouté.

"Plusieurs parties d'Afrique et d'Amérique latine deviendraient désertiques si les agriculteurs ne modifiaient pas leurs méthodes de travail du sol", met en garde l'expert. Par exemple, le désherbage, en modifiant la structure du sol, le rend plus vulnérable à l'érosion. "Le labourage traditionnel par charrue ou tracteur est responsable du compactage du sol et de la dégradation biologique. Quoique dans une moindre mesure, les systèmes à traction animale peuvent, eux aussi, être facteurs d'érosion. La manière dont les sols sont cultivés aujourd'hui doit être revue de fond en comble", a souligné Benites.

Dans les pays tropicaux, les sols ne nécessitent généralement pas de labourage et il convient d'utiliser le moins possible les machines agricoles, selon l'expert. Une bonne façon culturale est le labour en courbe de niveau. L'expert de la FAO préconise, notamment, de laisser, à la surface des sols, une couche protectrice de feuilles et de tiges provenant de la récolte précédente. Cette couche isole les sols de la chaleur, du vent et de la pluie tout en réduisant les pertes en eau dues à l'évaporation.

"La réduction de la fréquence des labourages signifie non seulement que les sols seront moins sujets à l'érosion et à la dégradation, mais aussi que les coûts en combustible et en main-d'oeuvre seront en baisse", selon Benites.

L'expert de la FAO a, enfin, invité tous les pays à suivre l'exemple du continent américain où plus de 14 millions d'hectares sont cultivés suivant les techniques culturales visant à une meilleure conservation des sols.

Les techniques de conservation des sols feront l'objet d'une Consultation d'experts inter-régionale à Harare (Zimbabwe), du 22 au 27 juin, qui permettra, à la fois, le lancement d'un projet régional pour l'amélioration des façons culturales et l'élaboration d'un projet de Code de conduite pour l'aménagement des sols. La GTZ (Coopération allemande), le Conseil pour la recherche agricole sud-africain, la FAO (grâce à un financement de la Suède) et la Fédération des agriculteurs du Zimbabwe participeront à cet atelier intitulé "Culture durable pour la protection des sols".

Pour enrayer l'érosion des sols, la FAO prône le labour minimum

Le labourage peut être mauvais pour le sol. C'est ce qu'une minorité d'agronomes affirme depuis des années et la FAO ajoute aujourd'hui sa voix aux appels en faveur d'une réduction draconienne du labourage afin de ralentir la dégradation des terres dans le monde entier.



D'après l'Organisation, avec l'avènement des tracteurs, la tendance a été d'accroître le labour et les agriculteurs ont commencé à être convaincus que, plus on laboure, plus le rendement est élevé. La vérité est qu'un labourage accru entraîne davantage d'érosion et de dégradation des sols, notamment dans les régions plus chaudes où la couche arable est plus mince.

**Qu'il soit mécanisé ou à traction animale, le labourage peut entraîner une perte de sol**

développement. La FAO estime qu'environ 40 pour cent de la dégradation des terres dans le monde est imputable à l'érosion.

Les méthodes conventionnelles de labour utilisées actuellement entraînent une forte déperdition des sols et la désertification dans de nombreux pays en

L'Organisation a lancé un sévère avertissement aux agriculteurs: certaines régions d'Amérique latine et de l'Afrique pourraient devenir désertiques s'ils ne changent pas leurs pratiques de labour. Chaque fois qu'un agriculteur travaille la terre pour désherber, le sol devient plus vulnérable à l'érosion et sa structure est détruite. Un labourage conventionnel avec tracteur et charrue provoque le compactage des sols et la dégradation biologique. Même les systèmes à traction animale peuvent, quoique à un degré moindre, favoriser l'érosion. Il faut radicalement changer la façon dont les sols sont aujourd'hui cultivés.

Du 22 au 27 juin, la FAO organise à Harare (Zimbabwe) un atelier pour promouvoir le labour de conservation. Cette réunion commencera le travail de formulation d'un code de conduite sur la gestion des sols et les grandes lignes d'un projet régional sur le labour de conservation seront préparées. L'Agence allemande de coopération technique (GTZ), le South African Research Council, un projet FAO financé par la Suède et le Zimbabwe Farmers Union participeront à cette réunion.

En Amérique latine, le RELACO, réseau de promotion du labour de conservation, a été créé en 1992 et plus de 14 millions d'hectares de terres agricoles dans la région sont aujourd'hui en régime de labour zéro, c'est-à-dire que le sol n'est retourné que là où les semis sont effectués. Plusieurs outils ont été spécialement conçus pour ces opérations, dont la charrue ciseau, ou cultivateur sous-soleur.

En Afrique, le labour minimum est surtout pratiqué dans de grandes propriétés agricoles, mais le projet régional visera également les petits paysans. Ce qui est intéressant pour les petits agriculteurs, c'est que le labour minimum diminue également les coûts de préparation de la terre. Par exemple, les coûts de production par acre pour les fèves de soja pourraient être réduits de 27 dollars E.-U. en Argentine, 14 dollars E.-U. aux Etats-Unis et 11 dollars E.-U. au Brésil grâce à l'introduction de techniques de labour minimum.

D'après José Benites, expert de la FAO du Service des sols, ressources, aménagement et conservation, les sols des pays tropicaux n'ont en principe pas besoin d'être labourés. "La meilleure technique de labour est le labour de conservation, qui laisse une couche protectrice de feuilles, de tiges et de chaume de la récolte précédente à la surface du sol. Cette couverture protège le sol de la chaleur, du vent et de la pluie, le garde plus frais et diminue la perte d'humidité par évaporation."



## Annexe 6

### Relevés pluviométriques

Landser

Date	Precip. Journ. (mm)	Episode max (mm)	Durée (mn)	Intensité (mm/h)	Precip. Cumulées (mm)	Remarque
29/04/2004				faible	2	données pluviomètre
01/05/2004				moyenne	14	données pluviomètre
07/05/2004				faible	20	données pluviomètre
11/05/2004				faible	26	installation pluviographe
12/05/2004					26	
17/05/2004					26	
20/05/2004	0				26	
21/05/2004	6,4	4	40	6	32,4	
22/05/2004	1,5	1,5	60	1,5	33,9	
23/05/2004	0				33,9	
24/05/2004	0				33,9	
25/05/2004	0				33,9	
26/05/2004	0				33,9	
27/05/2004	1,1				35	
28/05/2004	0				35	
29/05/2004	0				35	
30/05/2004	0				35	
31/05/2004	5,7	3,2	150	1,28	40,7	
01/06/2004	8,8	6,5	330	1,18	49,5	
02/06/2004	6	2,4	60	2,4	55,5	
03/06/2004	9,6	4,6	120	2,3	65,1	
04/06/2004	0,6				65,7	
05/06/2004	4,8	3,2	30	6,4	70,5	
06/06/2004	0				70,5	
07/06/2004	0				70,5	
08/06/2004	0				70,5	
09/06/2004	0				70,5	
10/06/2004	1,8	1,8	15	7,2	72,3	
11/06/2004	20,5	11,7	90	7,8	92,8	
12/06/2004	0,4				93,2	
13/06/2004	0,3				93,5	
14/06/2004	0				93,5	
15/06/2004	0,2				93,7	
16/06/2004	0				93,7	
17/06/2004	0				93,7	
18/06/2004	0				93,7	
19/06/2004	0,3				94	
20/06/2004	0,7				94,7	
21/06/2004	0,2				94,9	
22/06/2004	0,8				95,7	
23/06/2004	2,5	0,8	15	3,2	98,2	
24/06/2004	0				98,2	
25/06/2004	0				98,2	
26/06/2004	0				98,2	
27/06/2004	0				98,2	
28/06/2004	0				98,2	
29/06/2004	0				98,2	
30/06/2004	0				98,2	
01/07/2004	0				98,2	
02/07/2004	1,6	1,6	15	6,4	99,8	
03/07/2004	0				99,8	
04/07/2004	0,2				100	
05/07/2004	9,5	4,3	15	17,2	109,5	
06/07/2004	6,5	3,5	60	3,5	116	
07/07/2004	1,1	0,6	30	1,2	117,1	
08/07/2004	13,2	4	10	24	130,3	
09/07/2004	2,4	1,4	10	8,4	132,7	
10/07/2004	5	1	15	4	137,7	
11/07/2004	3,4	0,7	10	4,2	141,1	
12/07/2004	0				141,1	
13/07/2004	1,8	1,4	10	8,4	142,9	
14/07/2004	0				142,9	
15/07/2004	0				142,9	
16/07/2004	0,2				143,1	
17/07/2004	0				143,1	
18/07/2004	0,2				143,3	
19/07/2004	0				143,3	
20/07/2004	0				143,3	
21/07/2004	0				143,3	
22/07/2004	3,2	1,4	10	8,4	146,5	
23/07/2004	0				146,5	
24/07/2004	1			<1	147,5	
25/07/2004	0				147,5	

## Neewiller

Date	Precip. Journ. (mm)	Episode max (mm)	Durée (mn)	Intensité (mm/h)	Precip. Cumulées (mm)	Remarque
06/05/2004				faible		7 données pluviomètre
07/05/2004				faible		21 données pluviomètre
13/05/2004	0					21 Installation pluviographe
14/05/2004	0					21
15/05/2004	0					21
16/05/2004	0					21
17/05/2004	0					21
18/05/2004	0					21
19/05/2004	0					21
20/05/2004	0					21
21/05/2004	1,3	1,3	90	<1		22,3
22/05/2004	0					22,3
23/05/2004	0,2					22,5
24/05/2004	0					22,5
25/05/2004	0					22,5
26/05/2004	0					22,5
27/05/2004	0					22,5
28/05/2004	0					22,5
29/05/2004	0					22,5
30/05/2004	0					22,5
31/05/2004	3,4	1,6	60		1,6	25,9
01/06/2004	0					25,9
02/06/2004	5	4	90		2,67	30,9
03/06/2004	4,8	1,7	20		5,1	35,7
04/06/2004	0,8					36,5
05/06/2004	0,5					37
06/06/2004	0					37
07/06/2004	0					37
08/06/2004	0					37
09/06/2004	0					37
10/06/2004	7,7	6	40		9	44,7
11/06/2004	7,1	4,4	10		26,4	51,8
12/06/2004	0,2					52
13/06/2004	11,1	7	10		42	63,1
14/06/2004	0,2					63,3
15/06/2004	0					63,3
16/06/2004	0					63,3
17/06/2004	0					63,3
18/06/2004	0					63,3
19/06/2004	1,3					64,6
20/06/2004	0,7					65,3
21/06/2004	0,2					65,5
22/06/2004	1,8	1	90	<1		67,3
23/06/2004	0,7					68
24/06/2004	0					68
25/06/2004	0					68
26/06/2004	0					68
27/06/2004	0					68
28/06/2004	0					68
29/06/2004	0					68
30/06/2004	0					68
01/07/2004	0					68
02/07/2004	5,9	1,6	15		6,4	73,9
03/07/2004	0					73,9
04/07/2004	0					73,9
05/07/2004	0					73,9
06/07/2004	0					73,9
07/07/2004	0					73,9
08/07/2004	11,4	5,4	30		10,8	85,3
09/07/2004	0,7					86
10/07/2004	0,7					86,7
11/07/2004	10,6	6,6	10		39,6	97,3
12/07/2004	3,4	2	20		6	100,7
13/07/2004	2,8	2,1	20		6,3	103,5
14/07/2004	0					103,5
15/07/2004	0					103,5
16/07/2004	0					103,5
17/07/2004	0,2					103,7
18/07/2004	0					103,7
19/07/2004	0					103,7
20/07/2004	6,5	0,6	15		2,4	110,2
21/07/2004	0,6	0,6	30		1,2	110,8
22/07/2004	0,2					111



## Annexe 7

### Méthodes de calcul utilisées dans les planches 4.1 et 4.2

#### Données d'entrée

*Lame d'eau précipitée (mm)* : issue du dépouillement des diagrammes fournis par le pluviographe

*Volume ruisselé (l)* : mesuré sur le terrain ou en laboratoire

*Masse MES <2g (kg)* : issue des traitement en laboratoire

#### Calculs

*Lame d'eau ruisselée (mm)* = Volume d'eau ruisselé/surface placette (22.25 m<sup>2</sup>)

*Coeff. de ruissellement déduit (%)* = (Lame d'eau ruisselée/lame d'eau précipitée) x 100

*Concentration en MES (g/l)* = (Masse MES/volume ruisselé)/1 000

*Erosion généralisée (t/ha)* = (Masse MES x (10 000/22.25))/1 000