

**« Elaboration et mise en œuvre de Dispositifs pour la Gestion des
Territoires générant des COulées Boueuses »
DIGET-COB**

RAPPORT INTERMEDIAIRE
(septembre 2004-septembre 2005)

Coordinateur : P. Martin (UMR SAD APT)
UMR SAD APT Bât. EGER BP 01
78850 Thiverval Grignon
pmartin@inapg.inra.fr
Tél : 01 30 81 59 30

Organismes partenaires :

Université Louis Pasteur (Strasbourg)
Ecole Supérieure des Ingénieurs et Techniciens de l'Agriculture (ESITPA)
Association Régionale pour l'Etude et l'Amélioration des sols (AREAS)
Association Régionale pour la Relance Agronomique en Alsace (ARAA)
Chambre d'agriculture de Seine Maritime
Somme Espace et Agronomie (SOMEA))

Table des matières

<i>Volet 1. Caractérisation du ruissellement érosif et maîtrise agricole de la parcelle au petit bassin versant agricole</i>	2
a. Mise au point d'indicateurs de risque de ruissellement agrégés au niveau de l'exploitation agricole et du bassin versant	2
Références bibliographiques citées	9
b. Production de données au niveau parcellaire	10
c. Etablissement d'un bilan des pratiques culturales anti-ruissellement utilisées en Europe	17
d. Test in situ d'un outil d'amélioration de l'organisation spatiale des systèmes de culture	20
e. Perspectives pour la deuxième année sur le volet 1	27
<i>Volet 2. Evaluation et maîtrise économique de l'aléa ruissellement érosif.</i>	27
a. Vers une meilleure estimation des coûts	27
b. Evaluation des dispositifs économiques actuels et potentiels	31
c. Perspectives pour la deuxième année sur le volet 2	33
<i>Volet 3. Le contexte et les conditions sociales de la maîtrise du ruissellement agricole</i>	34
a. Analyse des réseaux sociaux des agriculteurs au niveau d'un petit bassin versant	34
b. Confrontation entre savoirs experts et savoir-faire locaux, à l'échelle d'un territoire	36
c. Perspectives pour la deuxième année sur le volet 3	36
<i>Premiers acquis en termes de coordination et de programmation (comité de pilotage, coordination avec les partenaires institutionnels locaux...)</i>	36
Coordination entre zones géographiques :	36
Coordination interdisciplinaire	36
Coordination avec les partenaires institutionnels locaux	36
<i>Difficultés rencontrées et perspectives</i>	37
<i>Valorisation des travaux :</i>	38
Valorisation directement issue de RDT :	38
Valorisation 2004-2005 issue de travaux antérieurs sur la thématique du programme (programmes GESSOL, PNRH (RIDES), financement DGER...) :	40

Introduction

Ce projet a pour but de contribuer à la maîtrise des coulées boueuses sur les territoires agricoles. Il combine :

- un volet technique (de la parcelle au bassin versant)
- un volet économique (approche locale + dispositifs économiques de régulation)
- un volet sociologique portant sur les agriculteurs et les décideurs locaux concernés par le sujet.

L'objectif est d'apporter des éléments sur chacun des volets tout en montrant qu'il est possible et nécessaire de coordonner ces approches. Le projet porte majoritairement sur la région Haute-Normandie avec des points de comparaison en Alsace et en Picardie. Il s'appuie sur une collaboration étroite avec les agents de développement agricole (experts agricoles locaux, conseillers de chambre d'agriculture et de syndicats de bassin versant). Il est encadré par un comité de pilotage composé des décideurs et financeurs publics (agence de l'eau Seine-Normandie, DRDAF, DIREN, conseil régional de Haute-Normandie et conseil général de Seine-Maritime).

Une première réunion de lancement du projet a eu lieu par anticipation en avril 2004 à Rouen, elle a été suivie d'une deuxième réunion générale à Paris en mars 2005.

Les trois volets ont pu démarrer dès la première année. Le volet sociologique est toutefois moins avancé que les autres. Par ailleurs la coordination des résultats issus de chacun des volets ne sera envisagée qu'au cours de la deuxième année du projet.

Etat d'avancement des travaux :

Volet 1. Caractérisation du ruissellement érosif et maîtrise agricole de la parcelle au petit bassin versant agricole

Ce volet, essentiellement agronomique, se compose de trois types d'opérations de recherche complémentaires. La parcelle agricole y est vue comme l'interface entre les unités de décision que constituent les exploitations agricoles et les unités écologiques fonctionnelles que sont les petits bassins versants agricoles. Dans ce volet on cherche à porter des diagnostics sur les territoires à l'aide d'indicateur de risque de ruissellement calculés à la parcelle et agrégés au niveau de l'exploitation ou du bassin versant (volet 1.a) ceci nécessite d'être en mesure de qualifier le ruissellement au niveau des parcelles notamment grâce à des mesures de terrain (volet 1.b) associées à une recherche bibliographique complémentaire, ces mesures doivent permettre de proposer aux agriculteurs un guide des bonnes pratiques culturales permettant de réduire ces risques au niveau individuel (volet 1.c) tout en élaborant et testant in situ des outils d'animation agronomique collective destinés aux animateurs de bassins versant (volet 1.d).

a. Mise au point d'indicateurs de risque de ruissellement agrégés au niveau de l'exploitation agricole et du bassin versant

Deux approches complémentaires

L'objectif est d'établir un indicateur de risque de ruissellement à la parcelle permettant une agrégation au niveau de l'exploitation agricole. Le niveau « bassin versant » n'a pas été appréhendé cette première année. Le travail a été conduit en parallèle et de façon complémentaire à l'UMR SAD APT et à l'ARAA/INRA de Colmar.

L'ARAA (C. Bockstaller) s'est intéressée à la prise en compte de l'ensemble des mécanismes connus dans une large gamme de situations de systèmes de culture, de sol et de climat afin de les traduire sous forme d'un indicateur unique de risque de ruissellement. Ce travail s'appuie essentiellement sur de l'analyse bibliographique complétée par du savoir expert. De son côté, l'UMR SAD-APT (P. Martin) s'est focalisée sur un milieu donné (limon battant du Pays de Caux) en cherchant à concevoir un outil opérationnel de saisie de l'information sur les systèmes de culture ainsi qu'un mode de restitution des données pour les utilisateurs. Pour fonctionner, cet outil mobilise des fonctions simples de production de ruissellement faisant intervenir un nombre très limité de mécanismes comparativement à l'approche de l'ARAA. Ce travail s'appuie sur les résultats d'essais régionaux (volet 1.b) pour l'établissement des fonctions de production du ruissellement. Il a aussi mobilisé des enquêtes en exploitation agricole afin de tester la saisie des informations sur les systèmes de culture.

Après ce positionnement rapide des deux approches, nous allons maintenant présenter plus dans le détail la méthode et les résultats obtenus pour chacune d'entre elles.

L'outil de diagnostic ruissellement pour le Pays de Caux

Principes généraux

Un diagnostic à deux niveaux : système de culture et exploitation agricole

Face à un ensemble d'exploitations sur un territoire, on choisit deux niveaux de représentation complémentaires celui des systèmes de culture et celui des exploitations agricoles. Les systèmes de culture sont à l'origine de la production de ruissellement, c'est le niveau fonctionnel qui permet de repérer les grands systèmes en cause dans un bassin versant donné. Les exploitations gèrent des ensembles de systèmes de culture différents tant en qualité qu'en surface, c'est le niveau décisionnel qui permet de repérer les agriculteurs qui contribuent le plus au ruissellement global afin de cibler l'action.

Un explorateur de scénarios ouvert

L'outil vise une double finalité, il doit permettre de faire un état des lieux de la situation actuelle vis-à-vis du ruissellement. Il doit aussi permettre de tester de la façon la plus ouverte possible des améliorations par des modifications de techniques culturales. Ces améliorations pouvant être suggérées tant par l'animateur qui utilise l'outil que par les agriculteurs qui exploitent le bassin versant. En d'autres termes l'outil ne vise pas à faire la promotion d'une technique particulière jugée comme la plus efficace pour réduire le ruissellement, mais bien à explorer des voies d'amélioration pouvant différer d'une exploitation à l'autre. Ce choix méthodologique est guidé par le fait que les agriculteurs ont des marges de manœuvre variables pour l'adoption de nouvelles techniques. Il est donc important de conserver une gamme d'innovations si on ne veut pas exclure d'office certains agriculteurs de la démarche.

Une primauté du temps par rapport à l'espace

L'outil focalise volontairement sur la dimension temporelle. Afin qu'il reste simple d'utilisation, la dimension spatiale est, pour l'instant, limitée à sa plus simple expression. Le bassin versant est ainsi considéré comme un ensemble de parcelles soumises à des systèmes de culture générant chacun du ruissellement, variable au cours du temps. L'intégration spatiale des informations consistera à faire le cumul des ruissellements produits par chacun des systèmes de culture, tenu compte de la surface qu'ils occupent dans le bassin versant. La valeur de ruissellement ainsi obtenue est donc une valeur par excès puisqu'elle n'intègre pas la possibilité qu'une partie du ruissellement soit absorbée par des surfaces infiltrantes avant d'atteindre l'exutoire. En revanche, ce mode d'intégration permet de repérer au cours du temps les périodes de pic de ruissellement qu'on pourra écrier en modifiant les interventions culturales.

Les bases fonctionnelles de l'outil de diagnostic pour le Pays de Caux

Les trajectoires d'état

L'outil de diagnostic s'appuie sur la notion de trajectoire d'état et de ruissellement associé (Martin, 1997 ; Le Bissonnais et Martin, 2005). On entend par trajectoire d'état, le fait que sous l'action d'une technique culturale on va générer un état particulier de la parcelle qui va ensuite évoluer sous l'action du climat (dégradation de la surface, développement du couvert...). A cette trajectoire d'état correspondent des niveaux de sensibilité au ruissellement qui peuvent s'accroître ou au contraire diminuer. Concrètement, à chaque technique culturale est associée une trajectoire en 4 phases. Pour tout travail du sol, comme par exemple un semis, la **première phase** correspond au développement progressif de la croûte structurale. Nous appuyant sur les travaux de Boiffin et Monnier et de Ouvry, nous avons calé cette phase sur un cumul de pluie entre 0 et 60 mm. Nous basant sur les mêmes travaux, nous avons défini une **deuxième phase** entre 60 mm et 120 mm de pluie cumulée, pendant laquelle la croûte structurale évoluait en croûte sédimentaire, avec une sensibilité au ruissellement plus élevée. La **troisième phase** démarre à partir de 120 mm. La sensibilité au ruissellement est alors maximale. Dans le cas d'un semis, la sensibilité au ruissellement va ensuite chuter avec le développement du couvert végétal. Cette **quatrième phase** démarre pour une décennie de l'année adaptée au couvert semé et à la région d'étude. Par exemple, pour un semis de blé d'hiver réalisé en octobre, ce dernier seuil a été fixé pour le Pays de Caux à la première décennie de mars (fin tallage début redressement).

Pour des travaux culturaux comme les déchaumages, la quatrième phase n'existe pas car il n'y a pas eu implantation de culture. Pour une intervention culturale n'impliquant pas de travail du sol (exemple d'une récolte de blé), l'état initial reste stable sur toute la trajectoire, les différents seuils (60 mm, 120 mm, décennie x) ne sont pas activés.

Sur le pas de temps annuel que nous avons retenu (début août-fin juillet) on a généralement une succession de 2 cultures sur une même parcelle. Pour ces deux cultures, l'agriculteur met en œuvre une série de techniques culturales qui vont générer des enchaînements de trajectoires d'état et donc de sensibilité variable au ruissellement.

De la trajectoire d'état à la trajectoire de ruissellement

Le ruissellement est calculé jour par jour. Les seules informations dont nous disposons pour le calcul de ce ruissellement quotidien sont : le type de sol (limon battant), les techniques culturales mises en place et les précipitations quotidiennes. Cette information limitée nous a conduit à retenir la méthode des curve number (USDA, SCS, 1986). Cette méthode permet d'associer directement une lame d'eau ruisselée à une pluie donnée à partir de la seule connaissance d'un paramètre CN. Exprimée en système métrique pour la pluie et le ruissellement, la relation donnant le ruissellement est la suivante :

Q : ruissellement en mm

R : précipitations en mm

CN : valeurs de curve number (de 40 à 100) en inch⁻¹

Equation 1 :

$$Q = \frac{\left[R + 50.8 - \frac{5080}{CN} \right]^2}{R - 203.2 + \frac{20320}{CN}}$$

La méthode des curve number telle qu'elle est définie dans le document de référence (USDA, SCS, 1986) n'est pas directement applicable pour notre objectif particulier car elle n'intègre pas la dynamique des états de surface propre aux sols limoneux. Nous en garderons néanmoins l'idée de base en la combinant avec le concept de trajectoire d'état. En d'autres termes nous souhaitons déterminer pour chaque phase des trajectoires d'état les valeurs de curve number correspondantes dans le contexte du pays de Caux.

Méthodologie d'établissement des valeurs de curve number

On souhaite affecter des valeurs « modales » de CN aux différentes situations culturales rencontrées dans le Pays de Caux. Du fait de la diversité des cultures et des pratiques culturales propre à cette région, il apparaît impossible de différencier tous les cas existants. On est donc conduit à faire des regroupements de situations auxquelles on affectera un même CN sur la base de la similarité des états générés (exemple : le ruissellement généré par une culture d'escourgeon sera assimilé à celui généré par un blé). Parallèlement, il est nécessaire de disposer de situations de référence pour lesquelles les valeurs de CN reposent sur de réelles mesures de terrain. Pour le Pays de Caux, ces mesures sont celles qui ont été effectuées dans le cadre du réseau de mesure du ruissellement (volet 1.b). On doit toutefois s'attendre à des variations de CN pour une même situation culturale d'un essai à l'autre. *In fine*, l'affectation des CN aux différentes situations culturales se fera en cohérence avec :

1. les ordres de grandeur des ruissellements et de la dynamique des ruissellements mesurés pour un traitement donné
2. le classement relatif des différents traitements dans les essais ruissellement. Ce classement relatif entre situations culturales est en effet essentiel dans une optique d'outil de diagnostic visant à faire évoluer les pratiques.
3. la connaissance experte des états de surface générés par les pratiques culturales non testées sur les essais de ruissellement.

Pratiquement, pour les situations de référence où des résultats expérimentaux étaient disponibles, en utilisant l'équation 1 nous avons calculé la valeur de CN correspondant au couple pluie/ruissellement enregistré. Nous avons ensuite testé la stabilité de ces valeurs de CN pour chacune des phases des trajectoires de ruissellement pour une année donnée. Nous avons pu montrer que la valeur d'un curve number pour une phase donnée n'était pas stable mais dépendait du niveau de précipitation quotidienne reçu. Quand les résultats expérimentaux portaient sur plusieurs années, nous avons testé la stabilité inter annuelle de ces valeurs. De proche en proche, ces résultats ont été ajustés afin de respecter les 2 premières conditions. Une fois établies les CN des situations de référence, nous avons complété la base de données sur la base de la connaissance experte des états de surface (condition 3).

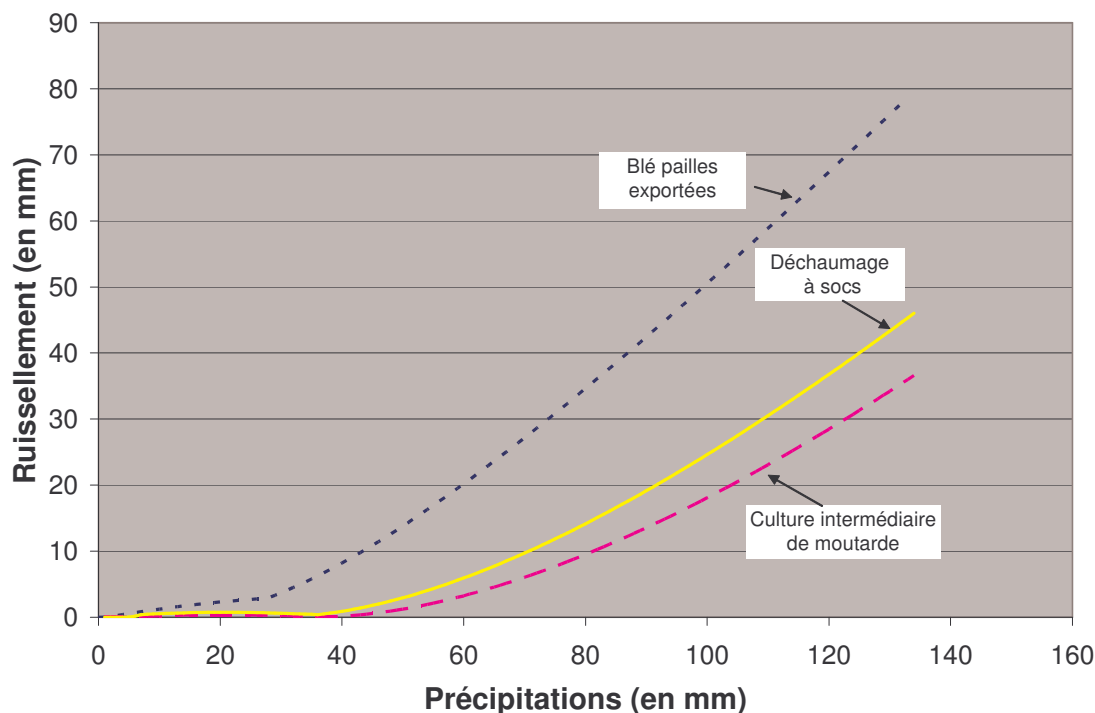


Figure 1 : Exemple de courbes « pluie-ruissellement » établies avec la méthode des curve number pour la période d'interculture après un blé. Les valeurs des curve number adoptées pour la réalisation de ces courbes sont plus élevées pour les faibles pluies que pour les plus fortes.

Conception d'un outil informatique de saisie et de restitution des informations

Un premier outil informatique a été mis au point pour mettre en pratique les principes généraux présentés ci-dessus. Cet outil se présente sous la forme d'une feuille de saisie Excel VBA. Pour une exploitation donnée, dont on spécifie la surface, l'utilisateur saisit à l'aide de menus déroulant les situations culturales pour chaque couple précédent-suivant du territoire de l'exploitation. L'utilisateur doit ensuite choisir un scénario climatique (donnée de pluie quotidienne pour une station et une année donnée) avant de lancer le calculateur.

Les résultats sont donnés sous forme de graphes. Ces graphes permettent d'une part de repérer les décades présentant les ruissellements les plus élevés (en tenant compte de la variabilité climatique inter annuelle) ; d'autre part de repérer les systèmes de culture à l'origine de ces ruissellements. Le fait qu'un système de culture génère beaucoup de ruissellement peut être dû à sa surface importante au sein de l'exploitation et/ou à son caractère très ruisselant sans qu'il occupe pour autant une très grande surface.

Le même outil permet de travailler sur un ensemble d'exploitations agricoles. On saisit alors les exploitations sur lesquelles on souhaite travailler (ces exploitations doivent avoir préalablement été saisies selon la procédure décrite au dessus) puis à nouveau le scénario climatique avant de lancer le calculateur. On obtient des graphes donnant le ruissellement par décade pour l'ensemble d'exploitation sur lequel on travaille. Ceci permet de repérer celles qui contribuent le plus au ruissellement de la zone d'une décade à l'autre. Dans une démarche de diagnostic, le passage aux graphes de l'exploitation concernée permet de repérer rapidement le ou les systèmes de culture en cause.

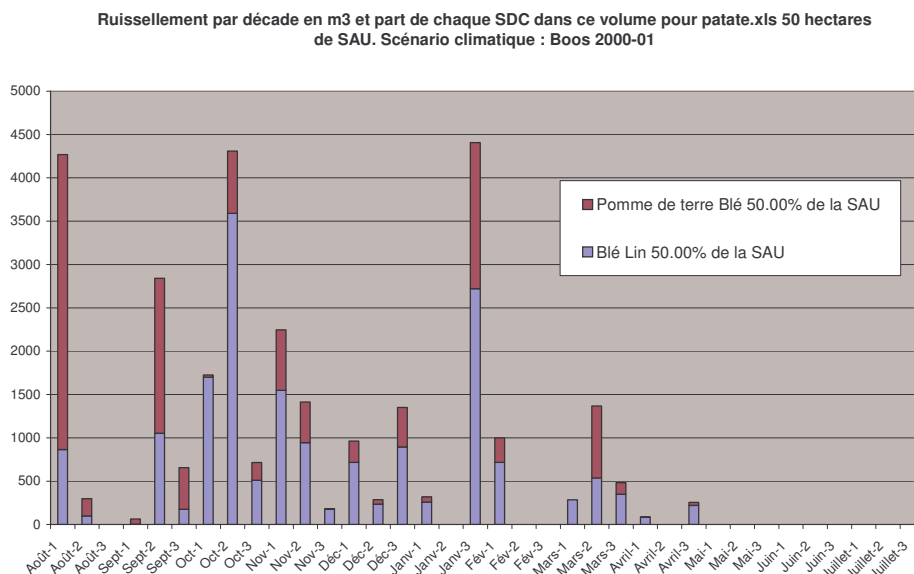
L'outil a été conçu pour travailler au niveau local dans un contexte où un animateur de bassin versant est en mesure de récupérer de l'information auprès de chaque agriculteur. On peut envisager une autre utilisation de l'outil sur de plus grands espaces : ensemble de communes, cantons. Pour peu qu'on dispose de données relativement fiables sur les techniques culturales modales mises en œuvre par les agriculteurs il pourrait être possible d'identifier les principaux systèmes de culture à l'origine du ruissellement boueux et de définir une politique locale afin d'infléchir la situation (incitation à la modification des pratiques). L'intérêt environnemental de la pratique préconisée pourrait être évalué a priori sur la base de simulations avec notre outil. Inversement, dans le cas où une nouvelle technique culturale se développe alors qu'il a été montré qu'elle

entraînait un accroissement du ruissellement ; il serait possible d'estimer le risque environnemental lié au développement de cette technique.

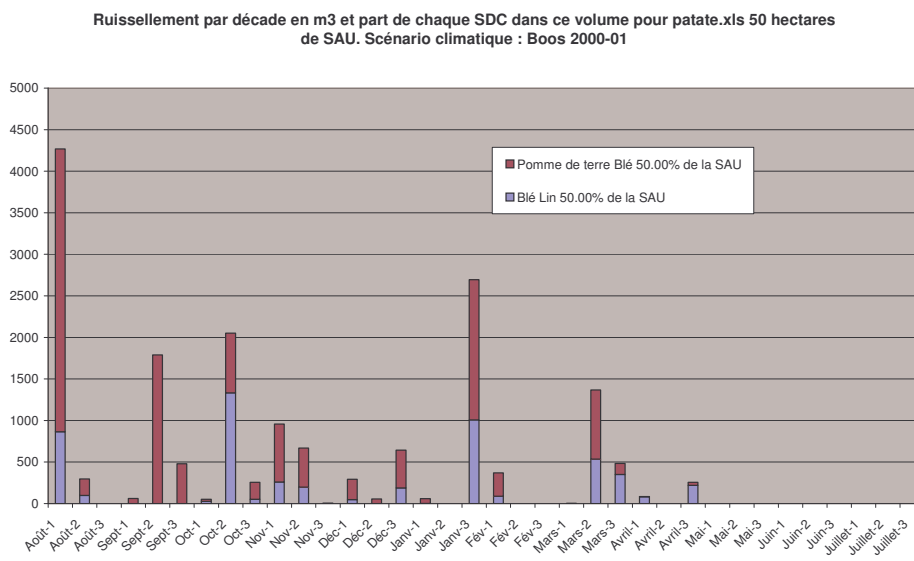
A ce stade du travail on ne dispose que d'un prototype ayant été testé sur le terrain avec des étudiants de l'INA P-G (Collectif, 1995 ; Pamies et al., 2005) et ayant fait l'objet d'une présentation scientifique (Martin et al., 2005). Ces différents tests ont permis de faire évoluer fortement l'outil, tant du point de vue des situations culturelles prises en compte que de l'interface de saisie ou des graphes de restitution rendus plus facilement appréhendables par un utilisateur non expérimenté. Il reste à tester l'outil en réelle situation de développement ; c'est-à-dire utilisé directement par des conseillers agricoles. Ceci devrait se faire courant 2006. L'encadré 1 montre le type de résultat qui peut être obtenu avec cet outil de diagnostic.

Encadré 1 : Exemple fictif de simulation sur un petit bassin de 50 ha cultivés par un agriculteur avec 2 systèmes de culture « Blé-Lin » et « Pomme de terre-blé ». Pour le scénario climatique 2000-2001. La deuxième figure montre la réduction de ruissellement obtenue avec le déchaumage à socs sur la base des valeurs de la figure 1.

Interculture blé-lin sans intervention.



Interculture blé-lin avec déchaumage à socs (3^{ème} décennie d'août).



Développement d'un indicateur ruissellement dans le cadre de la méthode INDIGO[®]

L'équipe Agriculture Durable de l'UMR INPL-ENSAIA-INRA Nancy Colmar avec l'ARAA a développé une méthode d'évaluation agri-environnementale, INDIGO[®] qui fait parti des méthodes aujourd'hui reconnues en France (<http://www.qesagri.com/sites/SAF/guide/>, Peschard et al., 2004). Cette méthode est basée sur des indicateurs synthétiques, phyto, azote, phosphore, etc. qui sont construits à l'aide de modèle opérationnel ou de règles de décision. Jusqu'à ce jour cette méthode ne traitait pas du ruissellement proprement dit.

L'objectif de ce travail est de développer un indicateur d'estimation du ruissellement (Iru) en suivant les principes de construction de la méthode INDIGO[®] :

une tentative de faire reposer les indicateurs sur des modèles opérationnels qui fournissent des données quantitatives si possible, tout en respectant le cahier de charges initial de faisabilité de l'outil, ce qui implique que les données d'entrées utilisées doivent être accessibles.

L'outil doit permettre d'évaluer l'effet des systèmes de culture sur le ruissellement et donc être sensible aux différentes interventions culturales.

Le travail qui a été entrepris est une tentative d'élargir le domaine de validité de l'outil développé par P. Martin, en y intégrant plus de connaissance sur les mécanismes. Ce travail ne se limite donc pas uniquement au contexte des sols limoneux battants de la Haute-Normandie. Il est destiné aux acteurs techniques (chercheurs, ingénieur du développement, conseillers) qui travaillent avec les agriculteurs sur l'adaptation des pratiques culturale dans un objectif de limitation du ruissellement.

Construction du modèle à la base de l'indicateur

Le développement de Iru repose sur l'utilisation de la connaissance des experts, de données expérimentales, et de certaines règles de décision du modèle STREAM, qui résultent de l'ensemble des travaux sur le ruissellement en France ces dernières années, (Boiffin et al., 1988; Cerdan et al., 2001; Ludwig et al., 1995; Papy et Boiffin, 1988).

Le modèle à la base de l'indicateur travaille à l'échelle de la parcelle, et pour le temps, à l'échelle journalière ou décadaire dans une version simplifiée.

Au cœur de l'outil se trouve une estimation de l'évolution des états de surface (EDS), caractérisée par un faciès et une rugosité, (avec la nomenclature simplifiée pour les faciès F0, F1, F2, et les classes, R0-R4 pour la rugosité, inspirée de Ludwig *et al.*, 1995) en fonction du cumul de pluie, du type d'outil et de la couverture du sol. Des valeurs de cumul de pluie nécessaires aux évolutions des états de surface (Tableau 1) ont été dérivées de données expérimentales et de la littérature pour des situations de sol nu et en rugosité minimale (Steffan, 2001).

Ces valeurs sont majorées en fonction de la rugosité, du taux de matière organique, et de la couverture du sol. Des valeurs de coefficient de ruissellement ont été fixées pour un état de surface sans rugosité en l'absence de couverture du sol (Tribouillard, 2004). Ils sont pondérés à l'aide de facteurs qui ont été dérivés des règles de décision de STREAM (Cerdan *et al.*, 2001) pour différentes classes de rugosité, et en fonction de la couverture de sol selon la formule suivante :

$$CR = CR \text{ sol nu} * (1 - \text{couvsoil}/2)$$

On remarque qu'en F0 on fait l'hypothèse d'une absence de ruissellement. Or un événement pluvieux intense peut provoquer du ruissellement sur de tels faciès toute de suite après le semis.

Exemple de calcul

Le modèle tel qu'il a été conçu permet d'identifier, pour un système de culture, les périodes sensibles, de simuler l'effet de changement de culture, d'outils, de date d'intervention, etc. (Tableau 3). Dans l'exemple portant sur une monoculture de maïs grain, on observe que le passage du labour au chisel maintient une certaine quantité de résidus à la surface du sol et empêche l'apparition de faciès le plus dégradé (F2). De même la présence de résidus limite les hauteurs de ruissellement.

Tableau 1 : Hauteur de pluie nécessaire non corrigée pour atteindre le faciès F2 par date de semis et par type de sol (Steffan, 2001, d'après données de Ludwig, 1992)

Texture	Date d'intervention	Cumul de pluie nécessaire pour passage au faciès F2 (en mm)	
		Pluie peu intense	En période avec orage(s)
ALO, AL, A, AS	01/01 – 31/12	500	500
LA	01/02 – 01/04	250	250
	02/04 – 01/06	300	
	02/06 – 01/11	325	
	02/11 – 31/01	250	
LAS, LSA, SA	01/02 – 01/04	200	200
	02/04 – 01/06	250	
	02/06 – 01/11	350	
	02/11 – 31/01	200	
LM pour A>14%	01/02 – 01/04	120	120
	02/04 – 01/06	160	
	02/06 – 01/10	240	
	02/10 – 01/11	160	
	02/11 – 31/01	120	
LM pour A<14%	01/02 – 01/04	60	60
	02/04 – 01/06	120	
	02/06 – 01/10	180	
	02/10 – 01/11	120	
	02/11 – 31/01	60	
LMS pour A>14%	01/02 – 01/04	80	80
	02/04 – 01/06	110	
	02/06 – 01/10	140	
	02/10 – 01/11	110	
	02/11 – 31/01	80	
LMS pour A<14%	01/02 – 01/04	60	60
	02/04 – 01/06	80	
	02/06 – 01/10	140	
	02/10 – 01/11	80	
	02/11 – 31/01	60	
LS	01/01 – 31/12	150	150
SL	01/01 – 31/12	250	250

Discussion et perspectives de travail

Le modèle développé dans le cadre de ce projet vise à fournir un outil qui permet d'analyser l'effet des systèmes de culture, tout en réclamant des données accessibles sur l'exploitation agricole (texture du sol, taux d'argile et de matière organique, données de précipitations, interventions culturales). Il repose cependant sur des simplifications. Les premières confrontations avec des données mesurées ont montré des surestimations des valeurs de ruissellement.

Suite à des discussions avec des membres du projet, il est envisagé de reprendre le mode de calcul du ruissellement proprement dit. Deux pistes sont possibles :

- l'une serait d'introduire des éléments du modèle STREAM (Cerdan et al., 2001) pour remplacer les coefficients de ruissellement indépendant des hauteurs de pluie du Tableau 2. Une des équations¹

¹ $R = P - P_{imb} - (d \cdot I)$ avec R ruissellement (si > 0) P : précipitation journalière, P_{imb} : pluie nécessaire à l'imbibition (fonction de la hauteur de pluie des 48 h, cf tableau de STREAM), d : durée de la pluie qui peut être obtenue avec une intensité moyenne (à rentrer ou valeurs par saison), I : capacité d'infiltration (fonction du faciès, valeur disponible dans STREAM).

centrales du modèle pourrait être adaptée et calée à l'outil même si l'échelle de temps ne correspond pas (STREAM travaille à l'échelle de l'événement et Iru à l'échelle du jour).

- L'autre serait de greffer l'approche Curve Number utilisée dans l'indicateur de P. Martin. Cela demanderait néanmoins un calage pour d'autres types de sol et n'est pas aussi transparent en termes de mécanismes.

Une fois, cet outil développé, il est envisagé de le coupler notamment à un indicateur de risque lié à l'utilisation des produits phytosanitaires, I-Phy (Bockstaller, 2004; van der Werf et Zimmer, 1999).

Tableau 2 : Valeur du coefficient de ruissellement maximal ($CR_{i\text{Max}}$) hors traces de roues (Tribouillard, 2004)

$CR_{i\text{Max}}$ (en %)	Intensité	
	Faible (< 20 mm/h) Pas d'orage	Forte (> 20 mm/h) Orage(s)
En faciès F0	0	0
En faciès F1	2	12
En faciès F2	25	40

Tableau 3 : Exemple de calculs de ruissellement d'après données du site de Geispitzen (sol limoneux > 14 % argile, monoculture de maïs grain, (Koller, ARAA, com pers.)).

a) labour

date	travail	% résidu	pluie (mm)	cumul pluie (mm)	% couvert	Rugosité	Faciès	RUIS	Total ruis.
10/04/02	semis	4%	0	0	0%	R1	F0	0,0	
02/05/02		4%	40	40	3%	R1	F0	0,7	
04/05/02		4%	32	72	3%	R0	F1	7,0	
23/05/02		4%	24	96	10%	R0	F1	5,0	
04/06/02		4%	7	103	25%	R0	F1	0,1	
05/06/02		4%	22	124	25%	R0	F1	0,4	
19/06/02		4%	28	152	40%	R0	F2	0,5	
23/06/02		4%	17	169	60%	R0	F2	2,7	16,5

b) chisel

date	travail	% résidu	pluie (mm)	cumul pluie (mm)	% couvert	Rugosité	Faciès	RUIS	Total ruis.
10/04/02	semis	40%	0	0	0%	R1	F0	0,0	
02/05/02		40%	40	40	3%	R1	F0	0,7	
04/05/02		40%	32	155	3%	R0	F1	1,1	
23/05/02		40%	24	254	10%	R0	F1	0,8	
04/06/02		40%	7	0	25%	R0	F1	0,1	
05/06/02		40%	22	43	25%	R0	F1	0,4	
19/06/02		40%	28	105	40%	R0	F1	0,9	
23/06/02		40%	17	139	60%	R0	F1	0,5	4,5

Références bibliographiques citées

Bockstaller, C., 2004 Elaboration et utilisation des indicateurs. Exemple de I-Phy, In: Barriuso, E., (Ed.), Estimation des risques environnementaux des pesticides, un point sur, INRA Editions, Paris, pp. 75-86.

- Bockstaller, C., Girardin, P., 2003. How to validate environmental indicators. *Agricultural Systems* 76, 639-653.
- Boiffin, J., Papy, F., Eimberck, M., 1988. Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentré. I. - Analyse des conditions de déclenchement de l'érosion. *Agronomie* 8, 663-673.
- Cerdan, O., Souchere, V., Lecomte, V., Couturier, A., Bissonais, Y. I., 2001. Incorporating soil surface crusting processes in an expert-based runoff model: sealing and transfer by runoff and erosion related to agricultural management. *Catena* 46.
- 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,, Université Louis Pasteur, pp. 201.
- Ludwig, B., Boiffin, J., Chadoeuf, J., Auzet, A. V., 1995. Hydrological structure and erosion damage caused by concentrated flow in cultivated catchments. *Catena* 25.
- Papy, F., Boiffin, J., 1988. Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentré. II. Evaluation des possibilités de maîtrise du phénomène dans les exploitations agricoles. *Agronomie* 8, 745-756.
- Peschard, D., Galan, M. B., Boizard, Y., Tools for evaluating the environmental impact of agricultural practices at the farm level: analysis of 5 agri-environmental methods, OECD expert meeting on farm management indicators for agriculture and the environment, Palmerston North, New-Zeland, 2004.
- Steffan, I., 2001. Mise au point d'un indicateur ruissellement RUIS, Université Louis Pasteur Strasbourg, Strasbourg, Mémoire de Maîtrise Sciences et Techniques, pp. 33.
- Tribouillard, C., 2004. Construction et validation d'un indicateur "Ruissellement" (IRu) basé sur un modèle dans le cadre de la méthode INDIGO®, ENITA Bordeaux, Gradignan, Mémoire de fin d'études, pp. 69.
- USDA, 1986. Urban hydrology for small watersheds. USDA, SCS, Engineering Division. Technical release 55.
- van der Werf, H. M. G., Zimmer, C., 1999. Un indicateur d'impact environnemental de pesticides basé sur un système expert à logique floue. *Courrier de l'environnement de l'INRA* n°34, 47-66.

b. Production de données au niveau parcellaire

Rappel de la constitution du réseau de mesure du ruissellement

La production de données au niveau parcellaire s'appuie sur un réseau de mesure, pour partie préexistant au lancement du programme RDT. Le réseau préexistant est basé sur un dispositif automatique (augets basculeurs) de mesure du ruissellement et de la chaîne informatique de traitement de l'information mis au point par l'UMR SAD APT dans le cadre d'un précédent programme financé par le MEDD (GESSOL, PNRH) et le MAPAR (financement DGER). Ces appareils sont mis en place sur des miniparcelles, d'une vingtaine de m², en situation agricole, dont la largeur correspond à une ½ largeur d'outil agricole. Couplées avec un pluviographe automatique, ces parcelles permettent l'enregistrement en continu de la pluie et des ruissellements résultants. Chaque traitement fait l'objet de 2 répétitions. Lors du lancement du programme RDT le réseau était constitué d'une quarantaine d'appareils permettant le test en simultané d'une vingtaine de traitements différents. Ces appareils sont répartis entre 5 structures dont 3 sont partenaires financiers du programme RDT (INRA SAD APT, AREAS, chambre d'agriculture de Seine-Maritime). Une première synthèse des travaux réalisés par ce groupe a été présentée aux décideurs et financeurs locaux au printemps 2004. (Coufourier *et al.*, 2004a, b et c)

Dans le cadre du programme RDT, nous avons élargi ce réseau de mesure à l'Alsace (thèse Romain Armand, ULP/IMFS) et à la Picardie (SOMEA). La Picardie s'est équipée avec un matériel identique à celui de la Haute-Normandie. En Alsace, le ruissellement est avant tout causé par des orages générant une érosion diffuse non négligeable qu'il est important de mesurer. On s'est donc orienté vers des bacs totalisateurs car les augets basculeurs ne sont pour l'instant pas équipés de dispositifs d'échantillonnage de la charge solide. Parallèlement à cet équipement, dans le cadre du programme RDT, nous avons conçu un ban d'étalonnage pour les augets basculeurs du réseau Haut-Normand. En effet, du fait que certains appareils sont en place depuis plusieurs années un ré-étalonnage s'avérait nécessaire. Un ban mobile, transportable dans une voiture, et conçu par l'UMR SAD-APT devrait être opérationnel fin septembre 2005. Il sera mis à la disposition des membres du réseau de mesure cet hiver 2005-2006.

Logique des essais mis en œuvre

La logique du réseau est de tester des techniques dont on espère qu'elles limitent le ruissellement comparativement aux pratiques modales actuelles des agriculteurs. Pour la zone Haute-Normandie/Picardie, les risques de ruissellement portent à la fois sur l'automne et le printemps, alors qu'ils sont plutôt circonscrits au

printemps pour l'Alsace. Les essais du « Nord » portent donc sur toute l'année, alors que ceux de « l'est » se concentrent sur la période printanière (culture du maïs).

Sur un cycle cultural, plusieurs voies de réduction du ruissellement peuvent être envisagées. Lors de l'implantation de la culture, on peut chercher à générer une surface avec une forte rugosité et/ou à maintenir le maximum de résidus de culture en surface. Une fois la culture levée, on peut chercher à restaurer les capacités d'infiltration en fragmentant la surface et/ou en implantant une culture associée. Il en est de même après la récolte où on pourra s'orienter vers la fragmentation de la surface, le maintien des résidus en surface et/ou l'implantation d'un couvert de culture intermédiaire. Les techniques « améliorantes » testées doivent être agronomiquement valables, c'est-à-dire ne pas pénaliser outre mesure le rendement agricole, ceci afin de limiter d'éventuelles compensations économiques (cf. volet 2.a) et faciliter leur acceptation sociale (cf. volet 3). Notons que les Techniques Culturelles Sans Labour (TCSL) tendent à se développer, ou, tout au moins, à susciter un intérêt auprès d'un nombre croissant d'agriculteurs, que ce soit pour des raisons économiques (le labour reste une opération d'autant plus coûteuse que le coût des carburants tend à augmenter) ou environnementales (maintien de l'équilibre biologique du sol). Il importe donc de tester ces techniques afin d'en connaître les conséquences sur les risques de ruissellement boueux. Les dispositifs de mesure du ruissellement fonctionnent ordinairement sous pluies naturelles. Dans certains cas on a aussi recours à la simulation de pluie (matériel AREAS).

Présentation des essais menés sur 2004-2005

En 2004-2005, tous les essais d'automne (zone « nord ») ont été conduits sur le blé qui constitue la culture principale semée à cette période de l'année. Quatre essais avec des objectifs complémentaires ont été mis en place et ont fonctionné jusqu'en juillet, peu de temps avant la récolte.

L'essai 1 : comparaison de l'effet conduite du précédent cultural sur le ruissellement du blé suivant (ARPTHN²)

L'essai 2 : test de différentes vitesses de travail pour l'affinement du lit de semence (CA27³)

L'essai 3 : test d'un semis de couvert associé à la culture de blé (CA76⁴)

L'essai 4 : comparaison semis avec et sans labour avec « écroûtage »⁵ en sortie d'hiver sur le blé implanté avec labour (CA76)

Au printemps 2005, les essais ont été menés sur trois des principales cultures : le maïs, la betterave sucrière et la pomme de terre.

Le maïs est la seule culture qui ait fait l'objet de mesures sur les 3 zones (Normandie, Picardie et Alsace). Pour cette culture on dispose des résultats des travaux menés en Bretagne par l'INRA de Rennes qui montrent tout l'intérêt du désherbage avec semis éventuel de couvert de ray-gras. Ces techniques permettent de limiter efficacement le ruissellement à partir de mi juin, il est aussi souhaitable de trouver des techniques qui permettent de limiter le ruissellement pour les stades précoces où le couvert ne protège pas la surface. C'est pourquoi les essais menés sur maïs portent tous sur les modalités d'implantation (labour, non labour).

La betterave sucrière fait l'objet de mesures de ruissellement par l'ITB (Institut Technique de la Betterave) qui participe aux travaux du réseau ruissellement depuis 3 ans. De même que pour le maïs, c'est avant tout les conditions d'implantations qui sont étudiées. Ces conditions si elles sont agronomiquement mauvaises peuvent avoir de sérieuses conséquences négatives sur le rendement. (betteraves trop petites, manque à la levée, betteraves fourchues).

La pomme de terre fait l'objet de mesures de ruissellement depuis 3 ans par l'ARPTHN (Association Régionale des Planteurs de pomme de terre de Haute-Normandie). Du fait d'une culture en billons très marqués qui tend à très rapidement concentrer le ruissellement, une solution a été recherchée par la création de mini-barrages entre 2 rangs de pomme de terre consécutifs. Ce n'est pas une innovation en tant que tel car des essais plus ou moins artisanaux ont déjà été mis en œuvre dans différents pays (Israël, Allemagne, Hollande). L'originalité de la démarche a été de réfléchir à la modélisation du stockage d'eau en fonction des caractéristiques géométriques des barrages créés.

Les résultats obtenus sur chacun des essais font l'objet d'une fiche de synthèse qui est insérée dans un document d'ensemble regroupant tous les essais menés sur le réseau depuis 2001. Une synthèse de ces fiches sera réalisée cet automne 2005 et présentée aux acteurs locaux courant décembre 2005. Cette synthèse ainsi que le recueil

² Association Régionale des Planteurs de pomme de Terre de Haute-Normandie

³ Chambre d'agriculture de l'Eure (27)

⁴ Chambre d'agriculture de Seine-Maritime (76)

⁵ L'écroûtage vise à fragmenter la croûte de battance développée sur blé d'hiver afin d'augmenter les capacités d'infiltration. Il est mené avec du matériel communément utilisé en agriculture biologique (houe rotative) mais utilisé ici dans des conditions d'agriculture « classique ».

complet des fiches relatives à chaque essai seront mis en ligne sur différents sites internet dont celui du programme RDT. Ces synthèses devraient permettre d'actualiser les fiches « cultures » réalisées dans les années 1990 en Haute-Normandie et qui permettent d'appuyer le conseil technique en direction des agriculteurs. Parallèlement, les résultats bruts obtenus dans le cadre du réseau de mesure du ruissellement permettent une analyse plus fine des mécanismes et devraient permettre à terme de calculer des paramètres hydrologiques comme les infiltrations sous pluies naturelles (Cochereau, 2005). Les suivis d'états de surface permettent d'évaluer les risques de ruissellement en année peu pluvieuse où de surcroît la simulation de pluie n'a pas pu se faire.

Dans le cadre de ce rapport intermédiaire, nous avons choisi de présenter quelques résultats acquis cette année par les partenaires impliqués illustrant la diversité et la complémentarité du travail effectué dans le cadre du réseau de mesure du ruissellement.

SOMEA : établissement de références sur les bonnes pratiques culturales (encadré 2)

AREAS : simulation de pluie sur pomme de terre pour pallier à l'absence de précipitations estivales (encadré 3)

INRA : calcul des infiltrations à partir des données brutes des dispositifs de mesure du ruissellement (encadré 4)

IMFS : analyse comparée des production de ruissellement et des valeurs de charge solide (encadré 5)

Encadré 2 : Etablissement de références sur les techniques culturales réduisant le ruissellement

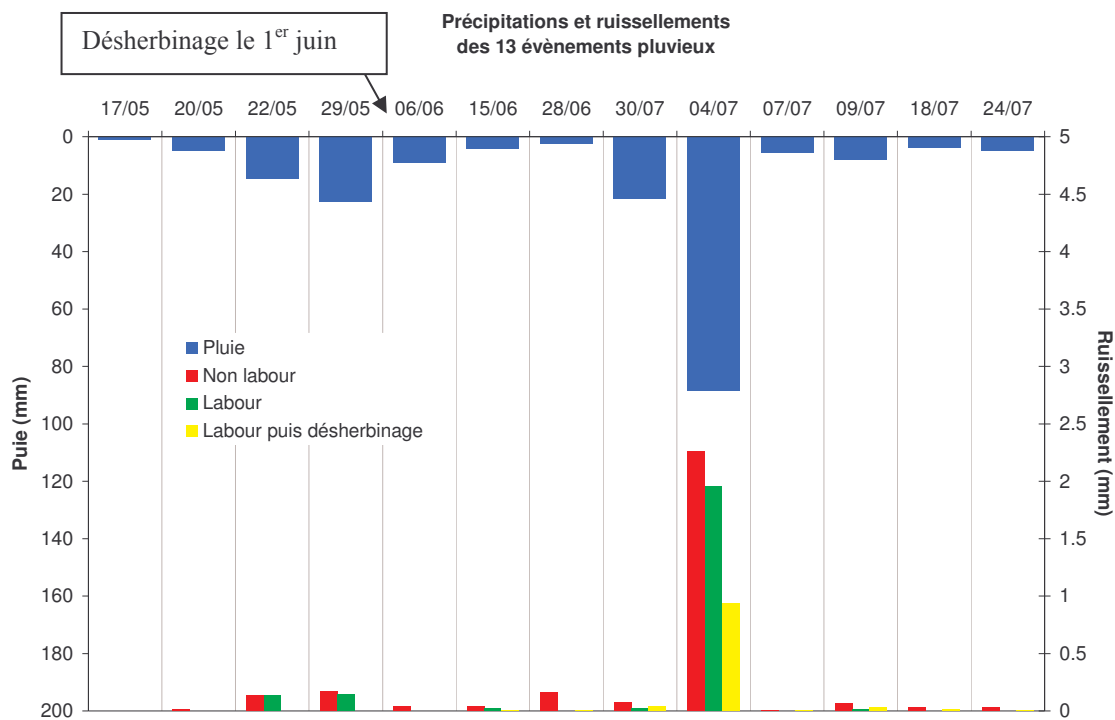
La culture du maïs pose de sérieux problèmes dans les 3 régions d'étude. On s'intéresse ici à l'impact sur le ruissellement de différentes modalités d'implantation et de conduite après levée. L'étude porte, d'une part, sur la comparaison d'un travail simplifié sans labour versus un travail conventionnel avec labour, et d'autre part, sur l'impact du désherbage mixte.

Le site d'expérimentation est localisé à Frireulles (80), dans la région du Vimeu. Il s'agit d'une parcelle avec 10,8% d'argile ; 19,8% de sable ; 0,38% de calcaire et 1,81% de matière organique.

Les trois modalités de travail du sol sont les suivantes :

- non labour "NL" : le sol a subi un décompactage le 22 avril et un passage de vibroculteur le 9 mai. Le désherbage est chimique.
- labour "L" : sol labouré + vibroculteur le 29 avril. Le désherbage est chimique.
- labour+désherbinage "LD" : même travail du sol que pour la modalité labour. En revanche le désherbage a été réalisé mécaniquement, à l'aide d'une désherbineuse le 1er juin.

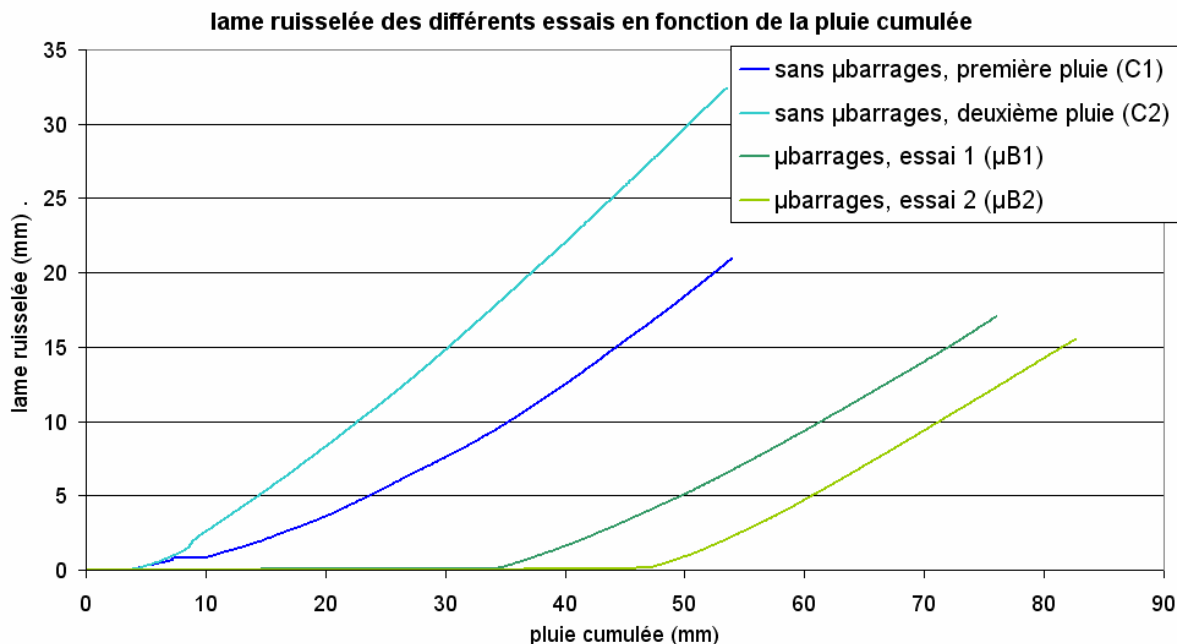
Le semis a eu lieu le 10 mai 2005 sur toutes les parcelles. Chaque modalité culturale a été équipée de deux placettes de ruissellement de 20 m². Chacune d'entre elle est munie d'un auget basculeur permettant de relever les volumes d'eau ruisselés.



Le 4/07, les différents traitements ont subi un orage de 80 mm. Le ruissellement a été deux fois moindre sur le traitement désherbé mécaniquement que sur les traitements désherbés chimiquement. Le non labour n'a pas entraîné de réduction notable du ruissellement. Notons toutefois qu'il s'agit ici d'une situation de non labour « occasionnel » et pas d'une parcelle en non labour depuis de nombreuses années.

Encadré 3 : Simulation de pluie sur pomme de terre.

Du 23 au 28 juin 2005, nous avons mesuré le ruissellement d’inter-rangs de pomme de terre conventionnel ou présentant des micro-barrages. Les mesures ont été faites sous pluies artificielles, les intensités étaient comprises entre 26 et 36 mm/h. La figure ci-dessous donne le ruissellement cumulé des différents essais en fonction de la pluie cumulée. Le tableau suivant précise les résultats obtenus.



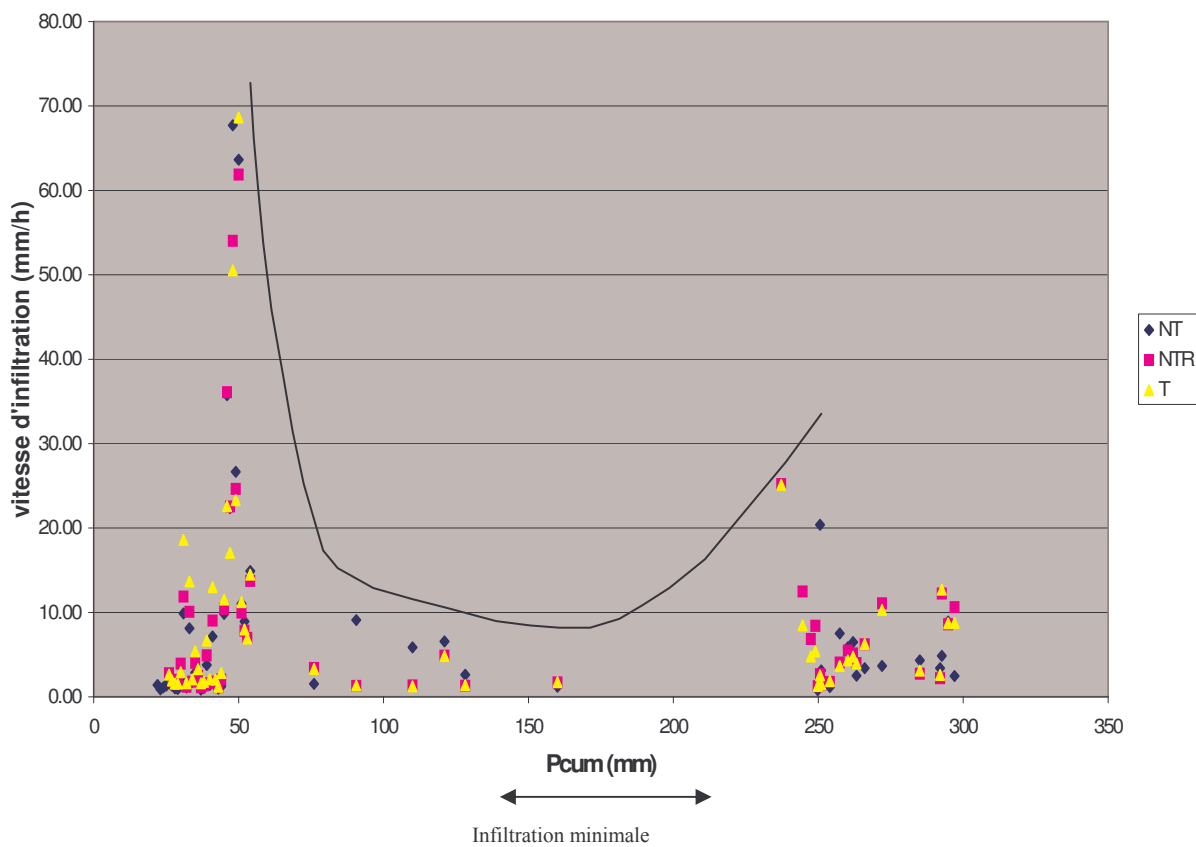
	<u>C1</u>	<u>C2</u>	<u>μB1</u>	<u>μB2</u>
<u>Intensité de la pluie (mm/h)</u>	<u>25,8</u>	<u>28,5</u>	<u>36,3</u>	<u>30,6</u>
<u>Durée de la pluie (minutes)</u>	<u>123</u>	<u>111</u>	<u>125</u>	<u>162</u>
<u>Quantité totale de pluie (mm)</u>	<u>54</u>	<u>54</u>	<u>76</u>	<u>83</u>
<u>Conditions d’humidité au début de l’essai</u>	<u>sec</u>	<u>humide</u>	<u>sec</u>	<u>humide</u>
<u>Pertes initiales (mm)</u>	<u>4</u>	<u>< 4</u>	<u>34</u>	<u>47</u>
<u>Saturation atteinte ?</u>	<u>non</u>	<u>oui</u>	<u>non</u>	<u>oui</u>
<u>Pluie de saturation (mm)</u>	<u>> 54</u>	<u>41</u>	<u>> 76</u>	<u>64</u>
<u>Intensité de ruissellement à saturation (mm/h)</u>	<u>> 17</u>	<u>21</u>	<u>> 19</u>	<u>15</u>
<u>Infiltration à saturation (mm/h)</u>	<u>< 9</u>	<u>8</u>	<u>< 18</u>	<u>16</u>

Les résultats montrent des gains sur les pertes initiales et sur l’infiltration du ruissellement très significatifs, et prouvent l’intérêt de la technique des micro-barrages pour limiter le ruissellement des champs de pomme de terre. Cependant, des améliorations techniques sont possibles (micro-barrages plus hauts, effacement des motifs pour la récolte), et des interrogations agronomiques persistent (éventuel impact phytosanitaire et qualité). Il convient donc de poursuivre le développement de cet outil.

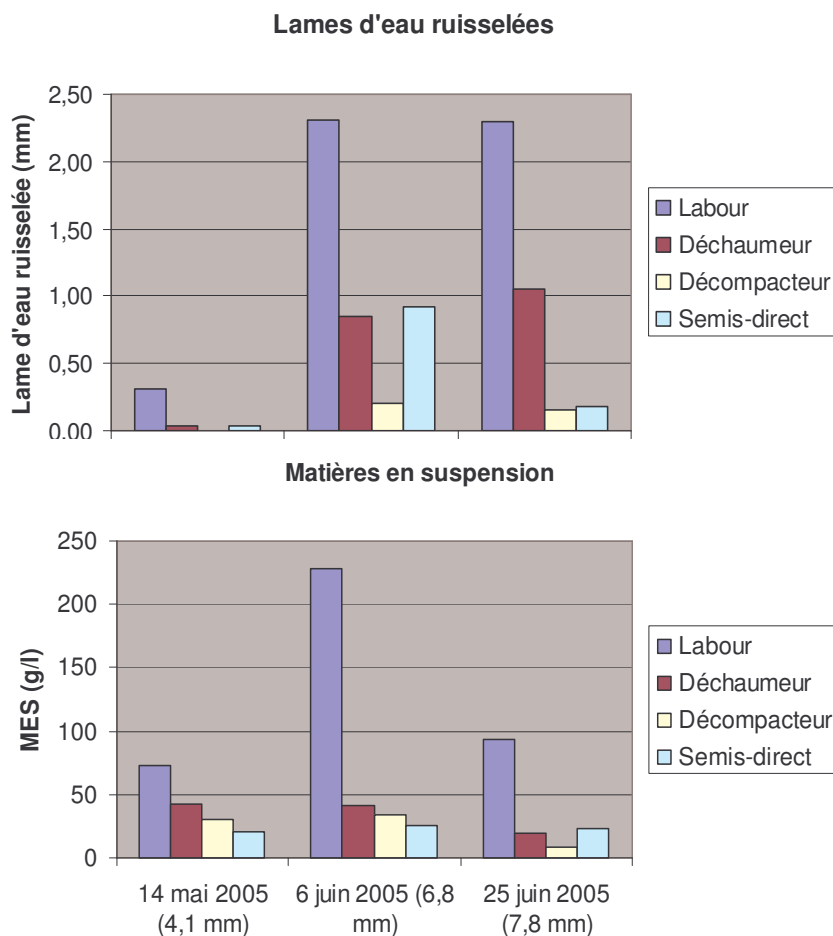
Encadré 4 : Calcul des vitesses d’infiltrations à partir des enregistrements automatiques de la pluie et du ruissellement

La figure ci-dessous donne, en fonction de la pluie cumulée depuis l’implantation de la culture de pomme de terre, les vitesses d’infiltration en mm/h calculées à partir des enregistrements automatiques de la pluie et du ruissellement. On peut à partir de ces résultats tracer la courbe enveloppe des vitesses d’infiltration, c’est-à-dire la courbe qui relie les valeurs maximales. Ces valeurs proches de 70 mm/h en dessous de 50 mm de pluie cumulée tendent à chuter à quelques mm/h pour des cumuls de l’ordre de 150 mm, puis à remonter au-delà de 250 mm. Cette évolution d’ensemble traduit la dégradation de la surface du sol suivi du développement du couvert végétal conforme à la notion de trajectoire d’état (Martin, 1997). On note toutefois pour un même cumul de pluie une forte variabilité des vitesses d’infiltration pour partie dépendante des conditions hydriques qui précèdent l’événement pluvieux.

Infiltration sur pomme de terre en 2001-2003



Encadré 5 : Ruissellement et charge solide sur le site de Neewiller (67)



Les résultats montrent une lame d'eau ruisselée et une charge en sédiments plus élevées en labour.

On notera que le déchaumeur, dans ce cas précis, présente les valeurs de ruissellement-érosion les plus élevés au sein des modalités en TCSL. Ceci s'explique sans doute par le fait que les états de surface créés par le labour et par le déchaumeur sont relativement proches (la couverture par les résidus est faible notamment).

Les deux derniers épisodes confortent les résultats existants : à couverture végétale quasi nulle et pour une lame d'eau précipitée identique, la lame d'eau ruisselée reste stable alors que la concentration en MES, connaît un pic, puis diminue, en raison de la formation de croûtes sédimentaires offrant une résistance à l'arrachement accrue.

14 mai 2005				
	Pluies cumulées (mm)	Faciès	Rugosité	Couverture par les résidus (%)
Labour	30	F11	R0	0
Déchaumeur	30	F11	R0	10
Décompacteur	30	F11	R1	60
Semis-direct	30	F11	R1	40
6 juin 2005				
Labour	65	F12	R0	0
Déchaumeur	65	F12	R0	10
Décompacteur	65	F11	R0	60
Semis-direct	65	F11	R1	30
27 juin 2005				
Labour	76	F2	R0	0
Déchaumeur	76	F2	R0	5
Décompacteur	76	F12	R0	50
Semis-direct	76	F11	R0	30

« Labour » : semis de maïs après labour ; « Déchaumeur » : semis de maïs après déchaumeur ; « Décompacteur » : semis de maïs après décompacteur ; « semis direct » : semis direct du maïs

Classes de faciès : F11 : surface couverte par les croûtes structurales

F12 : forte couverture par les croûtes structurales + croûtes sédimentaires localisées

F2 : extension généralisée des croûtes sédimentaires

Classes de rugosité : R0 < 1 cm ; R1 = 1 à 2 cm

c. Etablissement d'un bilan des pratiques culturales anti-ruissellement utilisées en Europe

L'AREAS est en charge de ce volet conduit cette année par Mademoiselle Aurélie BONAFOS, élève ingénieur agronome de l'ENSA de Rennes. Elle a été chargée de l'enquête sur les pratiques culturales anti-érosives au niveau européen. Elle a débuté le 4 avril 2005 à l'AREAS, pour une durée de stage initiale de 5,5 mois qui sera prolongée par 3,5 mois de CDD jusqu'à la fin de l'année 2005.

La méthodologie :

Elle a été mise au point en relation avec Monsieur Philippe MARTIN de l'INRA, coordinateur du projet. Nous avons interrogé par Internet tous les chercheurs (531) des pays de l'Europe du Nord (14) qui travaillent sur l'érosion des terres. Nous avons également enquêté les services du MEDD et du MAPARR afin de connaître leurs homologues européens, ainsi que les équivalents des Chambres d'Agriculture en Europe. Nous sommes aussi passés par les 4 projets Interreg SOWAP, MESAM, WAREMA et AMEWAM. Enfin, en ce qui concerne les régions françaises, nous avons interrogé les instituts techniques, les chercheurs spécialistes des stations INRA, les Chambres d'Agriculture et nous avons examiné la presse agricole. Ces enquêtes sont réalisées sur la base d'une grille d'analyse qui détaille la technique, les contextes pédo-climatiques, les systèmes de culture et d'exploitation, et si possible les résultats / avantages / contraintes / limites et conditions de réussite.

Dès que nous avons reçu des réponses positives sur des techniques non connues ou avec des variantes, nous nous sommes déplacés pour examiner sur le terrain les états de surface et les conditions de leur mise en place, et plus ou moins de leur succès (technico-économique-environnemental). Au 30 juin 2005, 12 rencontres ont été réalisées d'études dans 7 régions agricoles différentes.

Cette enquête montre des approches radicalement opposées entre les pays d'Europe. Elles sont certainement à mettre en relation avec l'organisation scientifique et technique des acteurs locaux sur ce sujet.

Résultats :

1^{er} CONSTAT : Une liste de 20 pratiques culturales anti-ruissellement recensées et déclinées pour différentes cultures.

A ce jour, donc à mi-parcours, nous avons recensé précisément 8 techniques « anti-ruissellement » utilisées en Europe du Nord, et le reste en cours d'étude. Les Tableaux 4,5,6,7 donnent la liste des expérimentations recensées en Europe en fonction de chaque pratique et (selon 4 catégories) détaillant leur localisation et la période de réalisation des tests.

Tableau 4 : Catégorie A : Adaptation de matériel conventionnel

	Pratique culturale anti-ruissellement	Culture testée	Pays d'expérimentation	Année d'expérimentation
Préparation du lit de semence	Nombre de passages et types de préparation du lit de semence	?	France, Pas de Calais	1982
	Vitesse de passage de la herse rotative pour préparation du lit de semence	Blé	France, Pays de Caux	2003
Semis	Semis avec outils combinés (outil à dents intercalé entre le tracteur et le semoir)	Maïs	France, Pays de Caux	1990
	Combinaisons diverses d'outils pour le semis	Blé	France, Pas de Calais	2002
	Adaptation d'effaceurs de traces de roues sur le semoir	Maïs	France, Pays de Caux	1990
		Maïs	France, Bretagne	1997-1998

Tableau 5 : Catégorie B: Pratiques demandant l'insertion d'une opération culturale dans l'itinéraire classique

Pratique culturale anti-ruissellement	Culture testée	Pays d'expérimentation	Année d'expérimentation
Binage	Maïs	France, Lauragais	1985-1987
	Betterave	France, Pays de Caux	1990
	Maïs	France, Bretagne	1996-1997
	Maïs	France, Pays de Caux	2001
	Tournesol	France, Lauragais	2001
	Betterave	France, Pays de Caux	2002-2003
Application de paille après semis	Maïs	Hollande, Sud Limbourg	1985-1993
	Pomme de terre	Belgique, Flandres orientales	Essai 2004
Formation de microbarrages dans les inter-billons	Pomme de terre	Allemagne, Schwaigern	Depuis 1998
		Belgique, Flandres orientales	Essai en 2004
		France, Pays de Caux	Essai en 2004
Rouleau Aqueel		UK	?
		France, Bretagne	?
"Ecroûtage" du blé	Blé	France, Pays de Caux	2003
Sous semis d'un couvert végétal dans les interrangs du maïs	Maïs	Suisse, Canton de Zürich	1984
		France, Bretagne	1996-1997
		France, Pays de Caux	2001-2002
Semis d'un couvert en interculture	Interculture	France, Pays de Caux	Gallien??
		France, Pays de Caux	1990
		France, Pays de Caux	1994-1996
		France, Pays de Caux	2001-2002
		Belgique, Wallonie	2004

Tableau 6 : Catégorie C : Pratiques demandant le remplacement d'opérations classiques par d'autres techniques culturales

Pratique culturale anti-ruissellement	Culture testée	Pays d'expérimentation	Année d'expérimentation
Formation des buttes à l'automne	Pomme de terre	Allemagne, Scheyern	1996-1999
Semis du maïs en bandes fraisées	Maïs	Suisse, Canton de Zürich	1989-1992
		France, Seine Maritime	2000-2002
Semis du maïs en réparti	Maïs	France, Pays de Caux	2003
Strip-till	Maïs	Hollande, Sud Limbourg	1985-1993
Déchaumage avec une déchaumeuse à socs	Interculture	France, Pays de Caux	1994-1996

Tableau 7 : Catégorie D : Pratiques nécessitant une conduite de culture en non labour

Pratique culturale anti-ruissellement	Culture testée	Pays d'expérimentation	Année d'expérimentation
Conduite en non labour incluant un décompactage	Monoculture de Maïs	Hollande, Sud Limbourg	1985-1993
	Maïs/ Soja/ Blé d'hiver/ Colza	Croatie centrale	1995-1999
	Monoculture de Maïs	France, Bretagne	1996-1997
	Monoculture de Maïs	France, Alsace	2002
	Monoculture de Maïs	France, Alsace	2004
	Monoculture de Maïs	France, Somme	2004
	Maïs/ Blé d'hiver/ Betterave	Belgique, Flandres	Depuis 2003
Conduite en non labour incluant seulement un travail superficiel avant semis (sans décompactage)	Haricots/ Blé/ Betterave sucrière	Allemagne, Sud Bavière	1988
	Rotation sur 4 ans: 2 céréales tous les trois ans; pomme de terre; betterave	UK, Woburn	1988-1998
	Monoculture de Maïs	Suisse, Canton de Zürich	1991-1992
	Blé/ Pois/ Seigle/ Maïs/ Orge/ Betterave	Suisse, Canton de Berne	1991-1995
	Monoculture de Maïs	Roumanie, Tarina	1992-1998
	Maïs/ Tournesol	Autriche	Depuis 1997
	Prairie temporaire/ Avoine	France, Aveyron	1998
	Rotation sur 4 ans: 3 céréales tous les quatre ans; betterave	Allemagne, Sinsheim	Depuis 1998
	Blé d'hiver/ maïs (décompactage occasionnel)	France, Pas de Calais	Depuis 1998
	Maïs/ Blé d'hiver/ Betterave	France, Bretagne	2000-2005
	Blé/ Tournesol/ Maïs	Hongrie, Lac Balaton	Depuis 2003
	?	République Tchèque	Depuis 2003
	?	UK, Loddington et Tivington	Depuis 2003
	?	Belgique, Flandres	Depuis 2003
Semis direct	?	Allemagne, Giessen	Depuis 1980
	Blé d'hiver	Belgique, Flandres	1986-1987
	Blé/ Maïs; Blé/ Betterave	Suisse, Canton de Vaud	1986-1987
	Blé/ Pois/ Seigle/ Maïs/ Orge/ Betterave	Suisse, Canton de Berne	1994
	sur Betterave	France, Pays de Caux	2003

Chacune de ces techniques a fait l'objet d'une analyse détaillée comme cela a été précisé dans le paragraphe « Méthode », et d'un avis sur le transfert possible à nos régions.

2^{ème} CONSTAT : Prépondérance des techniques culturales sans labour.

En dehors de la France, toutes les autres solutions suivies par les scientifiques s'appuient sur le concept du non labour. Par contre, quelques techniciens agricoles et/ou quelques agriculteurs pour certaines cultures, notamment les pommes de terre, examinent des pistes en condition de labour.

Cet état de fait peut avoir plusieurs raisons :

Le climat plus continental des pays européens provoque essentiellement des troubles en condition d'orages estivaux. De ce fait, c'est l'effet de protection de la surface du sol par le mulch qui est surtout recherché.

Les systèmes de cultures ayant peu de cultures sarclées ou industrielles type pommes de terre, lin, betteraves sucrières ou légumes, peuvent plus facilement passer du labour au non labour. Ainsi, les cultures à cycle long (9 mois) et toutes les céréales sont beaucoup testées en non labour dans les autres pays européens.

3^{ème} CONSTAT : Faible mobilisation des chercheurs sur ce thème en 2005.

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, la recherche scientifique n'est pas tellement impliquée dans ce domaine. Les chercheurs sont assez nombreux sur les aspects fondamentaux, sur les processus, sur la modélisation mais peu sur la recherche de nouvelles pratiques culturales, en dehors des quatre projets Interreg. Il en résulte une faible diffusion des connaissances et des résultats aux échelons nationaux et internationaux, et donc une difficulté non soupçonnée pour détecter ce qui a été fait en Europe.

4^{ème} CONSTAT : La qualité des résultats est extrêmement variable.

Actuellement, il y a assez peu d'essais comparatifs mis en place qui vont jusqu'à la mesure du ruissellement ou de l'érosion diffuse. Il semble que la qualité des données/mesures obtenues en Normandie depuis quelques mois soit assez unique. Lorsqu'il existe des résultats chiffrés, le matériel utilisé est toujours bien connu mais pas toujours les conditions dans lesquelles les ruissellements se sont faits : état de surface, couverture des sols, humidité initiale, dynamique du ruissellement au cours de l'essai. Il ne faut toutefois pas perdre de vue qu'il y a eu ces 15 dernières années plusieurs essais comparatifs mis en place (dont beaucoup avec le non labour), et compte tenu des résultats obtenus, des certitudes sont vite apparues, mettant en avant les techniques sans labour.

Ainsi, aujourd'hui, il est moins fait d'essais de recherche mais plus de développement sur ces techniques (exemple : Belgique, Allemagne, Suisse).

d. Test in situ d'un outil d'amélioration de l'organisation spatiale des systèmes de culture

Contribution à la mise au point d'un outil d'aide à la gestion concertée des assolements.

Les travaux de thèse d'Alexandre Joannon dans le Pays de Caux ont montré qu'il existe des marges de manœuvre au sein des exploitations agricoles pour modifier la localisation des cultures et que la coordination de la localisation des cultures au sein d'un bassin versant agricole peut conduire à diminuer le ruissellement à l'exutoire du bassin versant (Joannon, 2004). Dans le cadre du programme DiGetCoB, il a été envisagé d'approfondir ce thème, d'une part pour vérifier que dans un contexte agricole différent de celui du Pays de Caux des marges de manœuvre existent pour modifier la localisation des cultures, et d'autre part pour contribuer à la mise au point d'un outil d'aide à la gestion des assolements concertés, en se basant sur la méthode proposée par Alexandre Joannon dans sa thèse. Ce travail a été réalisé au cours d'un stage de fin d'étude d'école d'ingénieur (Silvestre, 2004) en partenariat avec l'association Somme-Espace-Agronomie (SOMEA).

Methodologie

Le cas d'étude retenu est le bassin versant de Crécy-en-Ponthieu dans la Somme. Ce bassin versant fait l'objet d'une procédure d'aménagement par SOMEA et en 2003 une démarche d'assolement concerté a été initiée par l'association. Le bassin versant est d'une surface de 1990 ha, dont 1351 ha de surface agricole utile. Les terres labourables représentent 89% de la SAU totale. Les céréales d'hiver représentent plus de 50% de l'assolement, et huit cultures de printemps représentent au moins 1% de l'assolement du bassin versant (figure 2).

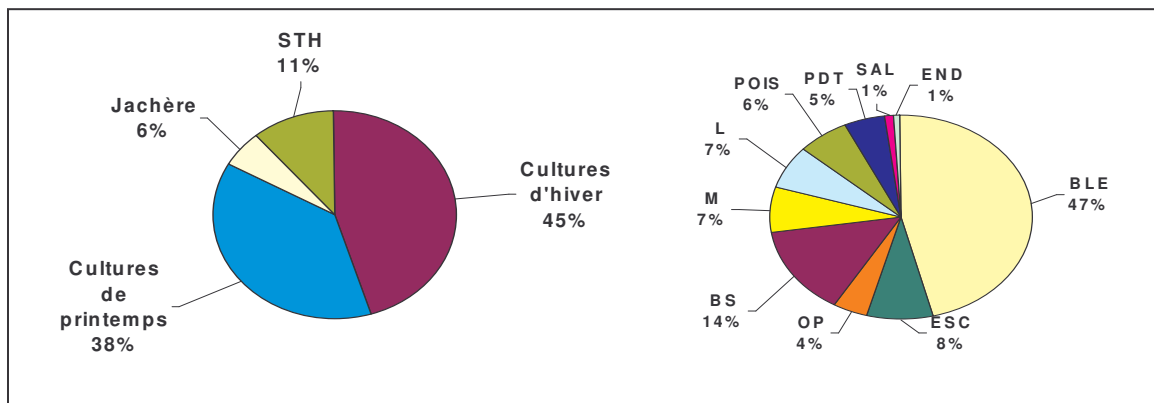


Figure 2 : Proportions des cultures sur le bassin versant (2001)

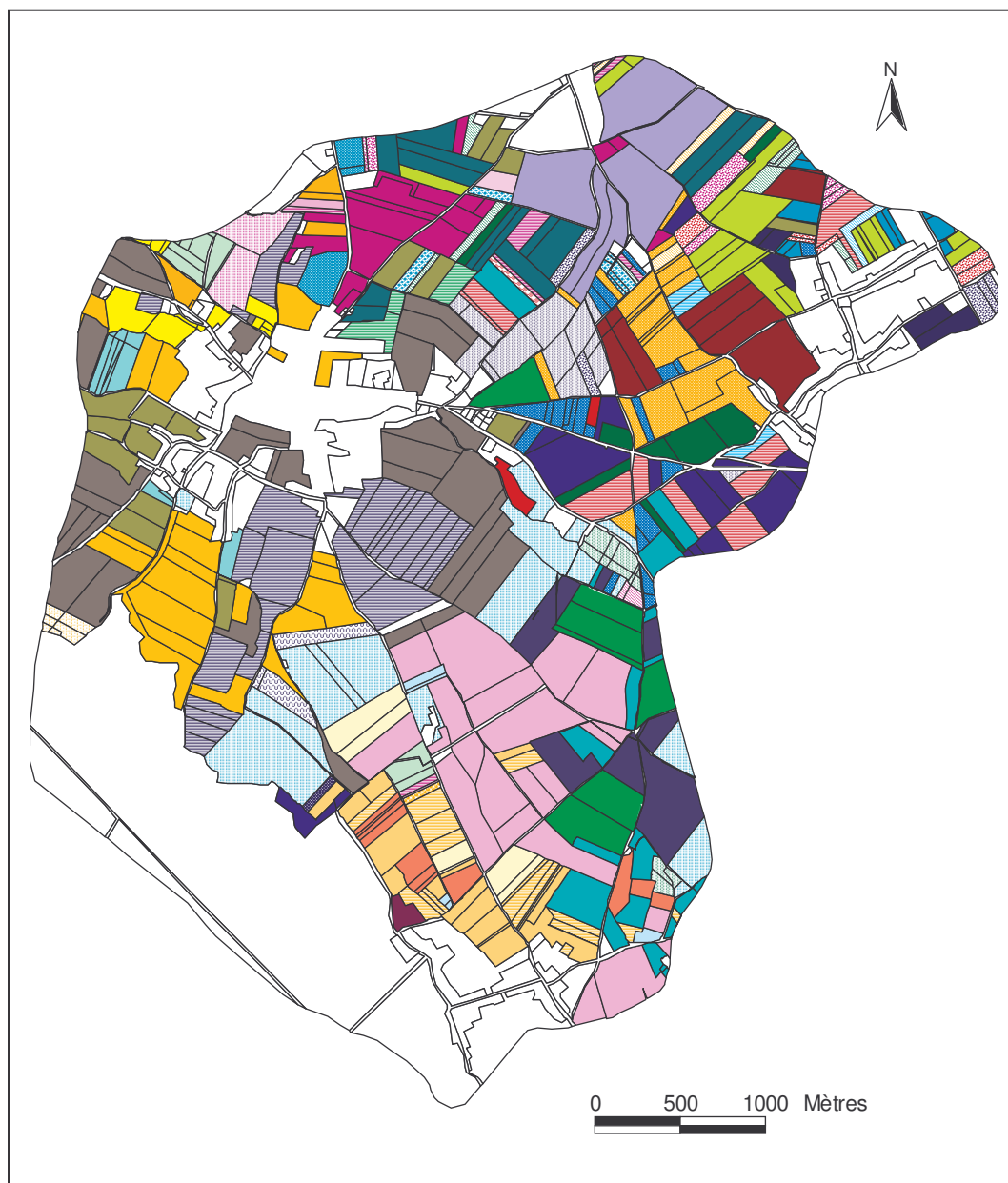


Figure 3 : Carte du parcellaire du bassin versant de Crécy-en-Ponthieu. Les zones en blanc correspondent aux zones d'habitation, aux routes et aux bois. Pour les autres zones, chaque motif correspond à un agriculteur.

En comparaison avec le Pays de Caux, la diversité des cultures de printemps est plus importante, en particulier en raison de la présence de nombreuses cultures industrielles (pomme de terre, carotte, endive, salsifis). 51 agriculteurs exploitent des terres dans le bassin versant de Crécy-en-Ponthieu (figure 3), mais l'analyse n'a porté que sur les 17 principaux qui exploitent 75% des terres labourables du bassin versant.

L'ensemble des analyses a été réalisé à partir de données recueillies au cours d'enquêtes dans chacune des 17 exploitations agricoles principales du bassin versant. Les thèmes abordés durant les enquêtes sont :

- des données générales sur le système de production ;
- le parcellaire de l'exploitation ;
- les règles agronomiques de localisation et de succession des cultures ;
- un retour sur la démarche d'assolement concerté mise en œuvre par SOMEA l'année précédente (2003).

Ces données de base ont permis ensuite de reconstituer les décisions des agriculteurs concernant les successions culturales et la localisation des cultures. Connaissant ces règles, il a alors été possible d'en déduire les marges de manœuvre que chacun d'entre eux avait afin de modifier une année donnée et pour un assolement donné, la localisation des cultures sur leur territoire d'exploitation. Ce travail a permis également d'envisager des pistes de simplification de la méthode d'identification des marges de manœuvre.

L'analyse des réponses aux questions ouvertes posées à propos de la démarche d'assolement concertée a mis en évidence certains points de blocage qui expliquent en partie la réussite partielle de la démarche en 2003.

Résultats

- Modèles de successions culturales et de localisation des cultures

La majorité des successions culturales peut être décomposée en deux motifs élémentaires principaux :

Motif 1 : une culture de printemps excepté l'orge de printemps suivi d'un blé

Motif 2 : une culture de printemps excepté l'orge de printemps suivi d'un blé, lui-même suivi d'un escourgeon ou d'une orge de printemps.

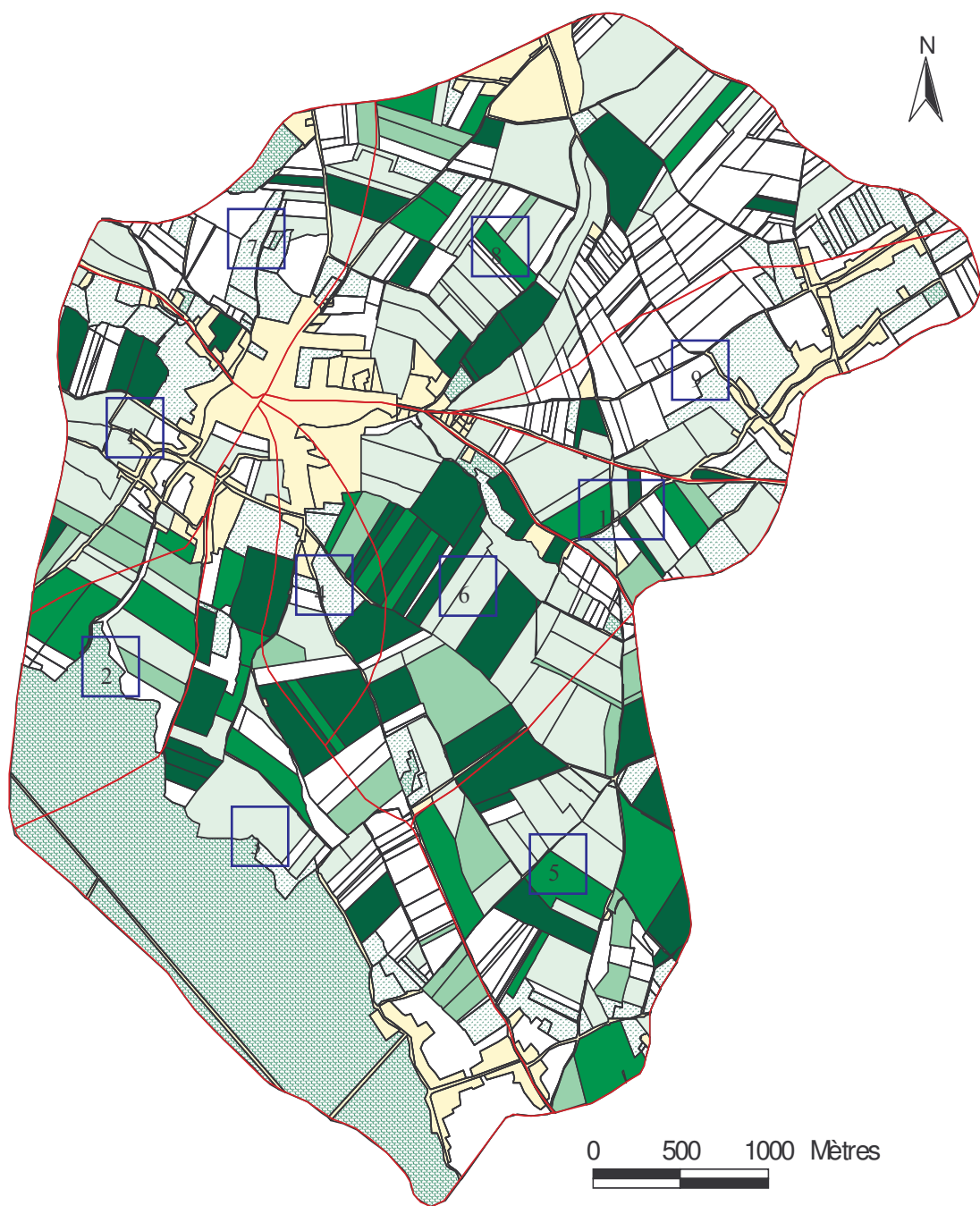
Les cultures de printemps possibles sont : betterave sucrière, maïs, lin, pois, pomme de terre, carotte, endive et salsifis. Dans le premier motif, le blé peut parfois être remplacé par une autre céréale, d'hiver ou de printemps. Enfin, chez certains producteurs de légumes industriels, nous trouvons un troisième motif élémentaire :

Motif 3 : une betterave sucrière, suivie d'une culture de pomme de terre ou de salsifis ou de maïs, eux-mêmes suivis d'un blé.

Ces motifs élémentaires sont ensuite combinés entre eux en fonction des délais de retour des cultures et des règles de précédents culturaux. La localisation des différents types de successions de culture d'une exploitation sur les parcelles dépend des caractéristiques du parcellaire. Deux contraintes majeures ont été identifiées : le type de sol et la distance entre les parcelles et le siège d'exploitation. Dans les sols crayeux, les agriculteurs évitent de semer le lin et les légumes. Dans les parcelles éloignées, les éleveurs évitent de cultiver le maïs ensilage à cause du transport occasionné lors de la récolte.

- Analyse des marges de manœuvre pour modifier la localisation des cultures

L'évaluation des marges de manœuvre a été réalisée pour 14 des 17 exploitations enquêtées. Elle consiste à simuler pour l'année 2005 les cultures possibles pour chacune des parcelles du bassin versant, compte tenu des règles de décision des agriculteurs et de l'historique des cultures sur les parcelles.



- Limites des sous bassin versant
- Routes, chemins et zones d'habitation
- Prairies permanentes et jachères fixes
- Bis et verges

Niveau de marge de manœuvre :

- 0
- 1
- 2
- 3
- 4
-

Figure 4 : Répartition spatiale des marges de manœuvre – BV de Crécly en Ponthieu

Les résultats sont récapitulés sur la figure 4. Les parcelles identifiées avec un niveau 0 de marge de manœuvre correspondent aux parcelles de terres labourables non analysées. Pour les autres, les niveaux 1 et 2 correspondent à de faibles marges de manœuvre : il est possible d'implanter au plus deux cultures sur ces parcelles. Les niveaux 3 et 4 correspondent aux parcelles sur lesquelles il est possible de semer entre 2 et 4 cultures différentes. Un niveau moyen par exploitation a été calculé : 50% des agriculteurs ont des marges de manœuvre faibles, et 50% ont des marges de manœuvre importantes. Cependant, nous constatons sur la figure 3 que la répartition n'est pas homogène, les marges de manœuvre sont moins importantes dans certains bassins versants comme le 8, et plus importantes dans d'autres comme le 6.

- Proposition de simplification de la démarche d'identification des marges de manœuvre

L'évaluation des marges de manœuvre à partir d'un indicateur au lieu d'une simulation des règles de décision a été envisagée. L'indicateur envisagé est calculé à partir des règles de décisions élémentaires et de l'assolement moyen de l'exploitation. Il permet ainsi de donner une indication sur le niveau potentiel des marges de manœuvre sans nécessité de renseigner l'historique des cultures. Un tel indicateur permettrait une évaluation plus rapide des marges de manœuvre des agriculteurs. Des travaux supplémentaires sont prévus pour affiner et évaluer cet indicateur.

Par ailleurs, la phase d'enquête a permis d'envisager une simplification du recueil des données nécessaires pour simuler la localisation des cultures sur le territoire d'une exploitation. Cela concerne l'historique des cultures. Jusque maintenant, nous relevons l'historique sur un nombre d'années équivalent au délai de retour le plus long, c'est-à-dire 6 ou 7 ans. Il s'avère que l'historique sur 6 ou 7 ans n'est nécessaire que pour les cultures exigeantes, pour les autres un historique sur 3 ans est suffisant.

- Chronologie des décisions d'assolement

L'analyse a également porté sur la chronologie des décisions d'assolement, ceci dans la perspective de déterminer à quel moment de l'année il est le plus judicieux de réunir les agriculteurs d'un bassin versant en vue d'une coordination des localisations de culture. Il s'est avéré que si l'emplacement des cultures d'hiver et du lin (culture très exigeante en terme de délai de retour et de précédents culturaux) est dans l'ensemble décidé au mois de juin, l'emplacement des autres cultures de printemps ne l'est définitivement qu'après la signature des contrats de production pour les cultures industrielles, soit en janvier au plus tôt. Des ajustements se font jusqu'en mars - avril. Une concertation des assolements en fin de printemps ne peut donc porter que sur la répartition des cultures d'hiver par rapport aux cultures de printemps. Pour une concertation sur la localisation des cultures de printemps, un deuxième travail devra être effectué en fin d'hiver, une fois la majorité des contrats connus.

- Retour sur la démarche d'assolement concerté de 2003

La démarche dite d'assolements concertés engagée par SOMEA en 2003 a été très peu suivie. Il s'agissait de la simple diffusion des prévisions d'assolements des agriculteurs. Il a donc été organisé une permanence afin de recueillir ces prévisions, suivi de la diffusion de ces informations sous forme de carte en mairie. La permanence s'est tenue le 7 juillet 2003 en mairie de Crécy-en-Ponthieu. Seuls deux agriculteurs se sont rendus à cette permanence. Les raisons principalement invoquées sont la date de la permanence, le lieu et une volonté de ne pas vouloir participer à cette démarche volontaire. Par ailleurs, six agriculteurs étaient déjà en moisson. A la vue des résultats sur la chronologie des décisions d'assolement, une date fin juin permettrait d'éviter ce risque tout en n'étant pas trop précoce. Concernant le lieu de la permanence, à la vue de la répartition des agriculteurs principaux du bassin versant, une double permanence dans les communes de Crécy-en-ponthieu et d'Estrées-les-Crécy permettrait de favoriser la participation, ces deux communes regroupant la majorité des agriculteurs principaux du bassin versant. Enfin, si certains agriculteurs se désintéressent de la démarche, la majorité trouve les assolements concertés utopiques, dans la mesure où il leur est déjà bien difficile d'élaborer leur propre assolement. Ces deux points renforcent l'idée d'un accompagnement poussé de la démarche d'assolement concerté lorsqu'elle est initiée.

Conclusion

Les résultats de cette étude confirment ceux obtenus dans le Pays de Caux, à savoir que dans des exploitations de grandes cultures ayant un assolement diversifié, il existe des marges de manœuvre pour modifier la localisation des cultures. Cela permet donc d'envisager une réduction de ruissellement et par conséquent des coulées boueuses par une organisation spatiale des cultures visant à créer une mosaïque de surfaces ruisselantes et infiltrantes.

Toutefois il apparaît que la méthode d'identification des marges de manœuvre est encore trop longue pour être mise en œuvre par les conseillers de manière systématique dans toutes les exploitations d'un bassin versant. La mise au point d'un indicateur tel qu'il a été évoqué à l'issue de l'analyse des marges de manœuvre semble une piste intéressante pour rendre la démarche plus opérationnelle. Ce type d'indicateur permettrait de déceler rapidement les exploitations ayant des marges de manœuvre potentielles. Une analyse plus approfondie serait alors appliquée uniquement pour ces exploitations.

Concernant la mise en œuvre de la démarche d'assolement concerté, il est ressorti la nécessité de bien accompagner les agriculteurs, car la concertation des assolements semble à la plupart d'entre eux irréaliste.

Contribution à l'optimisation de la localisation et du dimensionnement des aménagements

Le bassin versant de Veules Ouest, géré par le Syndicat de bassin versant du Dun et de la Veules est un territoire essentiellement agricole où les terres labourées sont dominantes (70% de la SAU). Ce bassin connaît des phénomènes importants d'érosion, entraînant de nombreuses coulées boueuses et des problèmes de turbidité et de sédimentation. Une étude hydraulique réalisée en 2002 a préconisé la mise en place de 8 aménagements hydrauliques structurants pour éviter ces problèmes récurrents. Cependant, avant de commencer à les mettre en place progressivement, le Syndicat souhaite régler les problèmes de l'érosion. Une des solutions envisagées consiste à planter des bandes enherbées dans les talwegs principaux. Ces derniers sont des zones stratégiques pour favoriser l'infiltration des eaux de ruissellement, éviter l'aggravation des problèmes érosifs et protéger ainsi les ouvrages de l'envasement.

Pour mener à bien son projet, le Syndicat doit pouvoir répondre aux questions suivantes :

- Comment dimensionner « facilement » une bande enherbée ?
- Quelles zones faut-il convertir en herbage, pour quel taux de maîtrise du ruissellement et de l'érosion ?

Des suivis de terrain et des enquêtes en exploitation agricole ont donc été conduits lors de cette année d'étude afin de recueillir les données nécessaires et fournir les premiers éléments de réponses.

Premiers résultats

L'AREAS a élaboré une matrice, basée sur les équations de Manning, permettant de calculer la largeur d'une bande enherbée en un point donné à partir de 3 informations : la surface ruisselante en amont ; la section transversale et la pente du talweg en ce point (voir encadré 6)

Cette matrice a été testée avec succès sur le terrain par le Syndicat. Les résultats ont montré qu'une bande enherbée de 20 m de large sur 200 m de long compatible avec l'exploitation des parcelles serait suffisante dans la zone testée. Ce travail a permis rapidement de préciser les propositions de l'étude hydraulique et de réduire de moitié la longueur de la bande enherbée suggérée à cet endroit en 2002.

En parallèle, pour pouvoir utiliser le modèle STREAM afin d'aider au choix de la localisation des zones à remettre en herbe, des données (topographie et occupations du sol au printemps et en hiver depuis trois ans) ont été recueillies et informatisées. Le logiciel Arcview et le modèle STREAM ont été installés à la Chambre d'Agriculture de Seine Maritime après qu'une convention de mise à disposition à titre gratuit du modèle ait été établie. La conseillère en charge de ce dossier a utilisé le modèle avec un jeu de données fictives, livré avec STREAM, pour apprendre à l'utiliser. Les simulations à partir des données réelles du bassin de Veules Ouest commenceront fin 2005.

Une enquête portant sur 8 exploitations du bassin de veules Ouest a été également conduite afin de saisir les contraintes qui pèsent sur les exploitations d'élevage en terme de gestion des prairies.

Encadré 6 : Vers un outil de dimensionnement des chenaux enherbés

Il a été démontré sur les zones littorales de la Manche et en Moyenne Belgique que la meilleure solution pour limiter les départs de terre par concentration du ruissellement consistait à mettre en place des chenaux enherbés dans ces axes d'écoulement concentré pour supprimer totalement l'érosion même avec des débits dépassant 10 m³/s pendant quelques heures.

Les techniciens souhaitent disposer d'un outil le plus simple pour les aider à dimensionner en largeur ces chenaux dans le contexte pédo-climatique Haut-Normand.

Ces chenaux doivent aussi respecter trois conditions supplémentaires :

- *être durable, c'est à dire :
 - ne pas s'éroder,
 - ne pas déborder pour éviter d'abord la formation de ravines parallèles et ensuite des phénomènes d'érosion par régression en tête,
 - continuer de fonctionner même avec la sédimentation progressive et annuelle qui va s'opérer avec certitude,
- *être aisé à mettre en place et au moindre coût,
- *être facile à entretenir.

Ces trois conditions sont indispensables pour favoriser leur développement par les exploitants agricoles et propriétaires fonciers.

Choix initiaux :

Pour limiter les coûts initiaux et faciliter la mise en œuvre, il a été retenu de ne pas « terrasser ces chenaux » mais d'enherber le talweg et le fond de vallon de part et d'autre (sauf cas particulier).

Pour tenir compte des risques de débordement, et de la sédimentation qui se fera inévitablement, il a été décidé que ce chenal soit dimensionné pour laisser passer un ruissellement lié à une pluie d'occurrence centennale. Cela garantit qu'il n'y aura pas d'érosion en ravine même au-delà d'un événement décennal. Cela prend en compte les incertitudes liées à l'occupation du sol en amont, et cela intègre les modifications de géométrie du chenal du fait de la sédimentation.

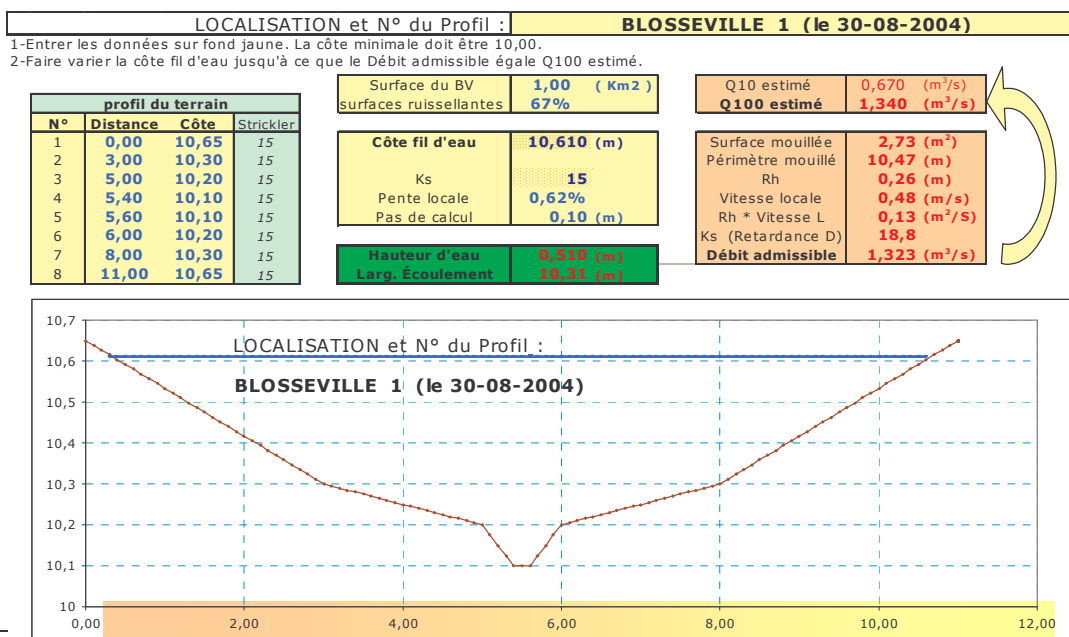
Ces choix impliquent que les chenaux enherbés atteignent des largeurs de 15 à 50 m, ce qui favorise leur entretien par les animaux (parcelles pas trop petites) ou un autre mode d'entretien au travers des jachères PAC.

Quant à l'estimation du débit centennal, il est estimé par une méthode basée sur les références acquises depuis 1985 dans la région (Qp f10 # 1,0 m³/s/km² surface potentiellement ruisselante en limon battant). Surface potentiellement ruisselante = Surface de labour + Surface imperméabilisée.

Résultats :

Une matrice de calcul a été mise en place sous excel pour calculer la hauteur de la lame d'eau et sa largeur sur le terrain naturel, et cela à partir de la formule de Manning-Strickler en tenant compte des coefficient de retardance des écoulements sur les chenaux enherbés (Méthode mise au point par l'USDA in CEMAGREF 1991)

Exemple de sortie :



e. Perspectives pour la deuxième année sur le volet 1

Les perspectives présentées à ce niveau seront amendées suite à la réunion du comité de pilotage du projet qui aura lieu le 10 novembre 2005.

volet 1.a : indicateur ruissellement

Concernant l'indicateur ruissellement, 3 voies vont être poursuivies sur la deuxième année. Une première valorisation de l'acquis au travers d'une publication (en cours d'écriture), la recherche de synergie entre les deux approches mises en œuvre et le test en conditions réelles avec les agents de développement agricole des outils résultants.

volet 1.b : production de données parcellaires

La qualité des données obtenues sur les parcelles de ruissellement dépend directement du bon fonctionnement des appareils de mesure. Nous avons donc prévu pour 2005-2006 une révision de ces appareils avec la conception d'un banc d'étalonnage mobile. Une fois les appareils révisés, les mesures de terrain vont se focaliser, cet automne, sur la culture du blé (implantation et conduite). Parallèlement on souhaite continuer le traitement des données afin d'extraire des valeurs d'infiltration et affiner les paramètres de l'indicateur ruissellement (volet 1.a)

volet 1.c : guide des bonnes pratiques

Les essais de l'année vont faire l'objet chacun d'une fiche récapitulative qui sera intégrée au document existant afin d'une mise en ligne sur internet. La synthèse de ces résultats, par culture, va, par ailleurs, faire l'objet d'une publication qui sera présentée aux décideurs locaux lors d'une réunion publique le 13 décembre 2005. Ces résultats locaux seront aussi confrontés à ceux obtenus au niveau européen. Il est envisagé à partir de ce travail d'actualiser les fiches de conseil par culture, éditées à la fin des années 90 dans le cadre du pôle de compétences.

volet 1.d : marges de manoeuvre pour l'organisation spatiale des SDC

Après une première année consacrée à l'organisation des successions de culture dans l'espace, la deuxième année devrait s'orienter vers la production d'un outil portant sur l'organisation du travail. Cet outil devrait permettre d'estimer rapidement les disponibilités des agriculteurs quant à l'insertion d'une nouvelle intervention à but de réduction du ruissellement (culture intermédiaire, déchaumage, binage...)

En ce qui concerne l'étude en cours sur le bassin versant de Veules Ouest, cette année sera consacrée à terminer l'acquisition des données nécessaires au fonctionnement de STREAM. Ensuite, il est prévu de faire tourner le modèle avec le jeu de données constitué afin de réaliser des simulations pour chercher les meilleures localisations des zones à remettre en herbe.

Volet 2. Evaluation et maîtrise économique de l'aléa ruissellement érosif.

a. Vers une meilleure estimation des coûts

Contexte et objectifs

Les dommages générés par le ruissellement et par l'érosion amputent le budget des collectivités, des ménages et des agriculteurs. Les politiques évoluent et les collectivités sont à la recherche de solutions permettant de prévenir les désagréments causés. Les travaux du Laboratoire d'Economie Rurale (Lecor) de l'Esitpa visent à avoir une approche des coûts et de la prise de décision concernant la gestion de l'espace de l'exploitation à la petite région agricole. Il s'agit de proposer un outil d'évaluation du coût de pratiques agricoles, permettant de limiter le ruissellement érosif, afin de fournir les éléments de décision nécessaires à la collectivité, aux agriculteurs, aux conseillers ou autres décideurs et financeurs. L'évaluation de pratiques agricoles permet à des collectivités de raisonner une indemnisation des agriculteurs en vue de motiver et de soutenir leur mise en place. Pour des conseillers agricoles et des agriculteurs, il s'agit de discuter les itinéraires techniques en considérant leur coût, le temps passé, le nombre d'interventions par exemple, en comparaison aux compensations existantes.

L'élaboration de cet outil est le résultat de trois phases de travail successives, nécessitant l'embauche d'un ingénieur d'étude au sein du Lecor. La première phase est une étude de terrain permettant d'acquérir des références, et de mettre au point une méthodologie d'évaluation des coûts. Puis, il s'agit dans une seconde phase d'affiner et vérifier la pertinence de cette méthodologie, en considérant les conclusions de la phase précédente. La réalisation de l'outil d'évaluation des coûts constitue la dernière phase de travail pour le Lecor.

Premiers résultats

La **première phase de terrain** répond à une problématique posée par une communauté d'agglomération (la CASE : Communauté d'Agglomération Seine-Eure). Cette collectivité souhaite réduire le ruissellement générant des inondations durant l'hiver en soutenant des mesures préventives à savoir des pratiques agricoles. En réponse à la CASE, le Lecor cherche à apprécier le coût des pratiques à plusieurs échelles (à savoir par hectare, par exploitation et à l'échelle du bassin versant) et de discuter de ses variations en comparaison aux montants d'aides existantes dans les CAD notamment.

Le territoire d'expérimentation est un bassin versant défini avec la CASE. Le choix de mener une étude dans une zone géographique permet de considérer des paramètres réels ainsi que les expériences des acteurs locaux. Au cours de cette phase de travail sur le terrain, il s'agit d'identifier et de définir des paramètres générant des variations de coût. En terme méthodologique, les évaluations s'appuient sur des données d'exploitations réelles, difficiles à obtenir, dont la collecte est incertaine et le traitement exigeant en temps. Afin de suppléer à un manque d'informations, nous cherchons à vérifier la pertinence d'utilisation de références technico-économiques d'exploitations issues du réseau ROSACE⁶ pour évaluer les coûts, à l'échelle d'une petite région agricole, en substitution aux données d'exploitations réelles.

L'étude menée se décompose en six étapes. L'identification de sous bassins versants vulnérables⁷ constitue la première étape afin de mieux appréhender la problématique de la zone d'étude et de proposer des pratiques pertinentes. Le recensement de pratiques agronomiques s'appuie sur une analyse bibliographique, la rencontre de conseillers de Chambre d'Agriculture et de techniciens d'Instituts Techniques. Ces deux premières étapes ont nécessité l'encadrement d'un stagiaire sur une période de trois mois. La réalisation d'enquêtes en exploitations permet ensuite de recueillir des données technico-économiques (en vue d'évaluer des coûts) ainsi que de considérer les contraintes propres aux agriculteurs pour la mise en œuvre des pratiques recensées (pouvant constituer des paramètres à intégrer dans l'évaluation des coûts). Ces diverses informations permettent d'élaborer un éventail de propositions techniques en vue de construire des scénarii (cf. tableau 8). 55 scénarii sont constitués pour trois pratiques : les cultures intermédiaires (27), l'enherbement (24) et le désherbage mécanique (4). Les simulations économiques permettent d'évaluer le coût des pratiques à partir des variations de l'Excédent Brut d'Exploitation selon une approche globale⁸ de l'exploitation agricole. Elles sont réalisées avec le logiciel Olympe⁹, sur les données des exploitations enquêtées et sur les cas types issus du réseau ROSACE. La dernière étape vise à comparer les données technico-économiques ainsi que les résultats des simulations relatifs aux deux échantillons d'exploitations.

Les agriculteurs enquêtés acceptent différemment les trois types de pratiques ayant fait l'objet de simulations. L'implantation de cultures intermédiaires est une pratique reconnue par les agriculteurs. L'enherbement de parcelles ou de bandes localisées nécessite un raisonnement à l'échelle du bassin versant et une forte concertation avec les agriculteurs. Dans le cadre de cette étude, les zones enherbées ont été localisées avec l'aide du conseiller de la Chambre d'Agriculture de l'Eure à partir de l'identification des sous bassins vulnérables. Pour le travail du sol, seul le désherbage mécanique est admis par les agriculteurs, l'abandon de la herse rotative étant considéré comme une régression technique et sociale d'après les enquêtes.

Une forte variabilité des coûts selon les critères considérés

Le coût d'implantation des cultures intermédiaires varie d'un facteur 5 selon les critères considérés (cf. figure 5), allant d'environ 20 euros par hectare pour un couvert de moutarde selon une hypothèse technique basse (itinéraire dit extensif) à environ 110 euros par hectare pour une phacélie selon une hypothèse haute (itinéraire dit intensif), en considérant le travail. Mais, aucune distinction n'est faite entre ces différentes hypothèses sur leur efficacité face au ruissellement d'après les conseillers de la Chambre d'Agriculture. Suite aux enquêtes auprès des agriculteurs, il est apparu important de prendre en compte le coût horaire du travail¹⁰.

⁶ ROSACE est un réseau créé par les Chambres d'Agriculture souhaitant se munir d'un observatoire. Il fournit des références technico-économiques sur des systèmes d'exploitation et des éléments d'aide à la décision. Des cas types sont construits au niveau régional à partir de suivi de fermes de référence, de banques de données et de dires d'experts.

⁷ Il s'agit de sous bassins versants pour lesquels nous avons recensé un dégât à l'exutoire causé par le ruissellement érosif. Les dégâts (inondations de voiries et d'habitations, ravinement) sont recensés sur plusieurs années à partir de la mémoire des agriculteurs enquêtés, des relevés d'un bureau d'études et de photo aériennes. Différents niveaux de vulnérabilité sont définis : à savoir des dégâts se traduisant par des nuisances ou non pour les habitants.

⁸ L'ensemble de l'exploitation est considéré pour les simulations. Un assolement moyen est retenu.

⁹ Olympe est un logiciel de modélisation économique des exploitations permettant à la fois d'approcher le fonctionnement de l'entreprise agricole et d'appréhender une dimension territoriale par une agrégation d'entreprises.

¹⁰ Le travail est estimé à raison de 11,78€/heure pour un ouvrier agricole qualifié

Tableau 8 : Paramètres combinés pour définir les scénarii des trois pratiques agricoles retenues

	Couverts ou outils	Itinéraires techniques	Surface concernée	Financements possibles	Autres
Cultures intermédiaires	1 option : couvert retenu selon la culture suivante	3 options** : basse moyenne haute	3 options de taux de recouvrement (20%, 50%, 80%)	3 options : mesure du département mesure CAD aucun	
Enherbement	2 options : fétuque + dactyle fétuque + fléole	1 option moyenne	3 options de largeurs : 5 mètres 10 mètres 20 mètres	3 options* : mesure CAD aide de la Fédération de Chasse aucun	2 options : implantation ou non au détriment de surface productive***
Désherbage mécanique	2 options : bineuse désherbineuse	3 options pour la bineuse	1 option : les surfaces en betteraves et maïs		

* : Ces financements sont possibles pour des bandes de 10 mètres de large au minimum. L'aide de la fédération de Chasse est versée pour un couvert de fétuque et de dactyle.

**Hypothèse haute : semis à la herse rotative, destruction chimique, enfouissement, anti-limaces
Hypothèse moyenne : semis à la volée sur déchaumeur, destruction chimique et enfouissement

Hypothèse basse : semis à la volée sur déchaumeur, destruction par le gel, enfouissement au labour

*** La perte de surface productive correspond à un manque de flexibilité sur les exploitations pour localiser les jachères. Elle se traduit par un manque à gagner, évalué par la marge brute moyenne.

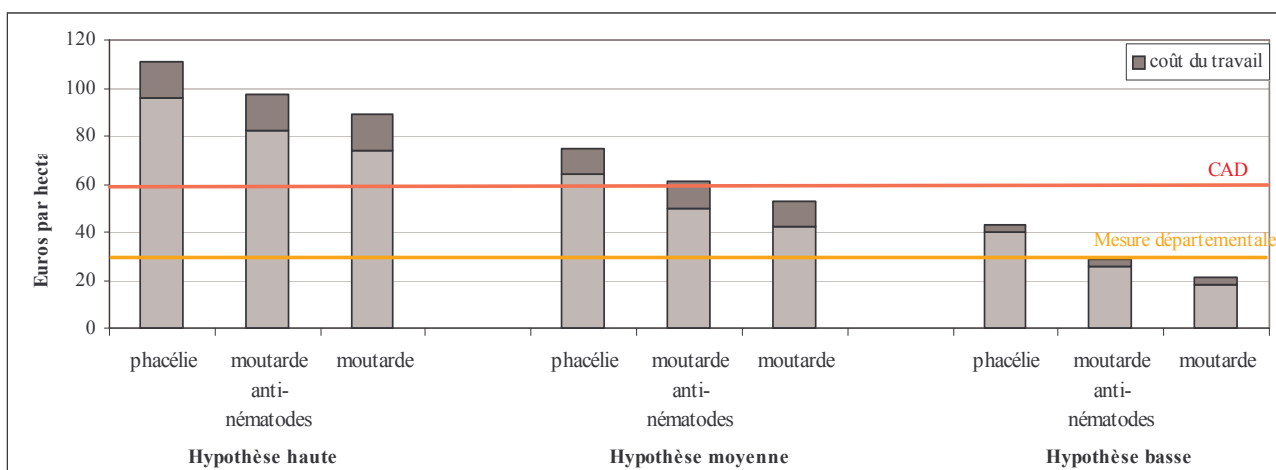


Figure 5 : Variabilité des coûts de mise en place de cultures intermédiaires. (les aides existantes couvrent des itinéraires techniques dits « extensifs » (avec peu de passages))

Face à la variabilité des coûts, les aides existantes ne peuvent couvrir la totalité des possibilités techniques décrites. La mesure proposée par le département à hauteur de 30,5 euros par hectare, couvre seulement une implantation selon une hypothèse technique basse avec des couverts de moutardes. Avec un choix de couverts en fonction de la culture suivante¹¹, la mesure départementale couvre seulement 50 % du coût (évalué à environ 60 euros par hectare) selon une hypothèse moyenne. Le montant de cette mesure (30,5 euros par hectare) est apparu insuffisant au cours des enquêtes, ne couvrant pas le coût relatif à l'itinéraire technique mis en œuvre par les agriculteurs (globalement proche de l'hypothèse moyenne). Par contre la mesure CAD « couverture des sols à l'automne » de 61 euros par hectare, offre une plus grande flexibilité technique aux agriculteurs dans l'optique d'avoir un revenu constant.

Le coût total d'implantation des cultures intermédiaire croît en fonction du taux de recouvrement¹² à l'échelle de l'exploitation agricole et a des conséquences en terme d'organisation du travail. Pour recouvrir 50% de la surface nue en hiver selon une hypothèse technique moyenne, un agriculteur moyen (d'après nos enquêtes, il s'agit d'environ 20 hectares) doit engager environ deux jours et demi de travail dont l'essentiel entre alors en compétition avec des chantiers de récoltes.

A l'échelle du bassin versant, le coût d'implantation des cultures intermédiaires est relativement conséquent, environ 21 000 euros sur un bassin versant de 2 300 hectares de SAU. Afin de réduire et d'optimiser la participation potentielle de la collectivité à l'échelle du bassin versant, le soutien des pratiques pourrait se limiter à des sous bassins versants identifiés et définis comme vulnérables. Cette option nécessite une concertation avec les agriculteurs.

Les éléments économiques obtenus à l'issue de cette première phase de travail ont été transmis à la collectivité au travers de documents écrits (rapport d'étape et document de diffusion de quatre pages) et de restitutions orales (à la commission environnement puis auprès des agriculteurs). Les résultats ont également été transmis aux conseillers de Chambres d'Agriculture et à des animateurs de bassins versants. Nous avons montré une variabilité importante des coûts pour une même pratique en fonction de critères identifiés, notamment l'intensité de l'itinéraire technique. Le coût des différentes pratiques ne s'élabore pas selon les mêmes paramètres, conditionnant ainsi le montant et la nature du soutien à apporter et laissant apparaître des marges de manœuvre pour une réduction des coûts de mise en oeuvre. Les coûts obtenus pourraient être relativisés en intégrant les effets positifs engendrés par la mise en place de ces pratiques sur la conduite des cultures et sur l'environnement mais nous ne disposons pas des données permettant cet ajustement.

Travaux à venir : vers un outil d'évaluation du coût de pratiques agricoles

La seconde phase vise à préciser la méthodologie d'évaluation du coût d'implantation des cultures intermédiaire afin d'approcher au mieux la réalité du terrain en découpant le territoire d'une exploitation en blocs de parcelles soumis à la même succession de culture et ayant le même degré de vulnérabilité face au ruissellement. Au cours de la première phase de travail, le coût des cultures intermédiaires est évalué selon une approche dite globale. Nous avons considéré un assolement moyen pour chaque exploitation. Pour l'évaluation, la surface implantée est définie par un taux de recouvrement fixe. D'après les conclusions de la première phase de travail sur le terrain, une mise en place ciblée des pratiques au sein de sous bassins versants vulnérables pourrait être une option afin de limiter les dépenses pour des financeurs et les agriculteurs tout en optimisant leur efficacité. De plus, la localisation des cultures au sein du parcellaire de l'exploitation varie d'une année à l'autre au fil des rotations (succession de cultures).

Nous proposons donc une méthodologie permettant d'apprécier plus finement le coût d'implantation des cultures intermédiaires en considérant les rotations et la vulnérabilité des sous bassins versants auxquels appartiennent les différentes parcelles de l'exploitation. Nous définissons pour cela des blocs, à savoir des groupes de parcelles recevant la même rotation et ayant le même degré de vulnérabilité (deux types de vulnérabilité sont considérés pour l'expérimentation : positive ou nulle). Il s'agit de vérifier si le coût évalué par une approche globale est surestimé ou sous estimé en comparaison à une approche par blocs. Cette approche cherche à caractériser une variation des coûts dans le temps et dans l'espace. Elle permet de tester une autre

¹¹ Choix du couvert en fonction de la culture suivante : pour les simulations à l'échelle des exploitations, le choix a été fait d'implanter de la moutarde avant pois et maïs, de la moutarde anti-nématodes avant betteraves et pommes de terre ainsi que de la phacélie avant du lin, et ce sur des critères agronomiques.

¹² pourcentage de couverture de la surface nue en hiver pendant une interculture longue (à savoir entre une culture d'hiver et une culture de printemps)

utilisation d'Olympe en vue de la réalisation d'un outil. Les données utilisées correspondent aux assolements relevés par Alexandre Joannon sur sept années de 1997 à 2003 pour dix exploitations ayant des parcelles au sein du bassin versant de Bourville en Seine-Maritime. Nous considérons que les parcelles au sein du bassin versant sont vulnérables, contrairement aux parcelles à l'extérieur.

La troisième phase de travail vise à élaborer un outil d'aide à la décision pour la détermination des coûts associés à la lutte contre l'érosion et le ruissellement par des mesures agronomiques. Cet outil s'adresse aux collectivités territoriales, aux financeurs de mesures ainsi qu'au secteur paragricole et gestionnaire d'espaces agricoles. L'outil doit pouvoir répondre aux demandes des différents utilisateurs potentiels et à leurs différentes échelles de travail (parcelle, exploitation, bassin versant ou petite région agricole). Son élaboration s'enrichit d'une collaboration avec des experts sur la mise en œuvre techniques de pratiques agricoles (conseillers agricoles locaux, animateurs agricoles de bassins versants, scientifiques) afin d'élaborer une base de données suffisante pour permettre d'apprécier un large éventail de coûts en fonction de plusieurs paramètres. Ce travail s'appuie sur la première phase de terrain, au cours de laquelle nous avons recueilli des références, mis au point une méthodologie d'évaluation et identifier des manques ainsi que sur la seconde phase visant à préciser cette méthodologie.

b. Evaluation des dispositifs économiques actuels et potentiels

Contexte et objectifs

Concernant les dispositifs économiques actuels et potentiels, la contribution du Bureau d'Economie Théorique et Appliquée (BETA, UMR 7522 CNRS/ULP, Strasbourg 1) s'inscrit dans le domaine de l'économie expérimentale qui doit servir à tester l'efficacité et l'acceptabilité sociale d'instruments économiques (telles que la taxe ambiante) visant à améliorer les politiques environnementales. L'analyse théorique est nécessaire à l'obtention de prédictions qui seront ensuite testées au sein du LEES (Laboratoire d'Economie Expérimentale de Strasbourg).

Les recherches bibliographiques et la réflexion théorique ont concerné cette première année de travail. La seconde année sera consacrée aux expériences. Elles doivent servir à analyser les comportements de choix effectués par des individus par ordinateur et selon un protocole bien établi et en rapport avec l'objet testé (l'instrument de régulation des coulées de boue ici). Les expériences seront effectuées en mode décontextualisé, c'est-à-dire en présence d'individus non agriculteurs, puis en mode contextualisé. Cette seconde phase d'expériences permettra ainsi de tester un nouvel instrument directement avec les agents qui seront amenés à l'intégrer dans leurs processus de décision s'il devait être mis en place en pratique. Le travail de contact avec les agriculteurs est en cours et concerne la région Nord de l'Alsace (secteur de Morschwiller).

En complément de cette question de la gestion du risque de coulées de boue *ex ante*, nous avons également pour objectif d'étudier les mécanismes de compensation qui prévalent, ou qui devraient prévaloir, lorsque le risque est réalisé. L'analyse des systèmes de compensation mis en place en France, en Allemagne et aux Etats-Unis est en cours et suit la réflexion théorique menée sur la question des types de contrats efficaces/équitables. La seconde année devra être consacrée à l'élaboration de schémas de compensation qui prendront en compte à la fois les avancées de la théorie et les conclusions empiriques. Ils auront aussi comme caractéristique de faire le lien entre les compensations *ex post* et les comportements *ex ante* (en rapport avec la première partie de cette étude, sur la taxe ambiante).

Premiers résultats

A partir d'une revue de la littérature et de nos propres travaux (Cochard, 2003, Spaeter et Verchère, 2004) nous avons montré qu'une application en l'état du principe du pollueur-payeur à un problème de pollution diffuse tel que celui qui peut être considéré pour les coulées de boue n'est pas efficace. En effet, elle conduit à des distorsions économiques qui rendent un système de taxes standard non efficace car trop coûteux pour la société au regard des bénéfices obtenus. Nous avons alors proposé de considérer un instrument assez récemment développé dans la littérature propre à l'économie de l'environnement mais non encore exploité en pratique : la taxe dite ambiante (Segerson, 1988), qui consiste en une taxe dont le niveau est basé non pas sur les actions individuelles des agents mais sur un niveau général de risque, ou un niveau général de dommages dans une zone donnée, comme après une coulée de boue. Cet outil est économiquement plus efficace en théorie, mais peut présenter des problèmes d'acceptabilité sociale en pratique.

Du point de vue de la théorie économique, l'intérêt de cet instrument est qu'il ne requiert que très peu d'informations pour pouvoir être appliqué : le régulateur ne doit connaître que le niveau ambiant de détérioration de l'environnement. Les coûts d'audit omni-présents lorsque l'on doit gérer des problèmes

d'asymétries d'information sont épargnés et la question de la fiabilité des données individuelles (au niveau de la parcelle ou de l'exploitation) ne se pose pas ici. Mais, malgré son efficacité économique, cet outil peut aussi présenter des problèmes d'acceptabilité sociale, surtout dans un environnement où les acteurs se connaissent et sont voisins (au sens géographique du terme comme au sens de la classe socio-professionnelle). Pour limiter l'aspect injuste d'un tel instrument qu'un individu peut ressentir lorsqu'il adopte des pratiques plus conformes aux normes que son voisin, nous avons envisagé de compléter l'instrument de la taxe ambiante par un système de révélations volontaires des pratiques. L'agriculteur eut ainsi se démarquer de l'ensemble de la population concernée par la taxe (les agriculteurs d'un village ou d'une zone géographique à déterminer) et voir ses efforts individuels récompensés. L'originalité de la démarche ici tient au fait que c'est l'agent économique en possession de l'information qui est amené à la révéler et à en supporter les coûts de révélation. Jusque là, les questions d'asymétries d'information tournaient très souvent autour de celle de l'audit, entrepris par le régulateur et financièrement supporté par lui. Ce coût limitait donc la finesse de l'audit qui pouvait être entrepris ainsi que sa fréquence. Par ailleurs, le contrôle est presque toujours considéré comme une punition. Dans le cadre que nous proposons, la diffusion d'information se fait à l'initiative de l'agent informé (l'agriculteur) et doit contribuer à l'amélioration de sa situation privée (moins de taxe à payer) grâce à l'amélioration du bien être social (de par sa contribution à l'amélioration de la qualité de l'environnement détérioré).

Les travaux en cours consistent à établir des protocoles expérimentaux afin de tester cette efficacité et le degré d'acceptabilité. Les premiers échanges avec les agriculteurs, notamment dans le nord de l'Alsace, ont eu lieu au printemps et il s'agit maintenant d'adapter le protocole à la problématique coulée de boue, puis de mener les expériences et de traiter les données ainsi obtenues.

En parallèle de ce travail, une analyse des systèmes de compensation en Allemagne, Etats-Unis et en France a permis de montrer que la pratique en matière d'indemnisation des catastrophes naturelles est en réel décalage avec la théorie économique. En effet, la théorie a montré que des contrats d'assurance privés établis sur la base du risque supporté initialement par l'assuré était la manière la plus efficace, et pour l'assuré et pour l'assureur, de couvrir un risque. Or, en pratique, lorsque ce type de contrat d'assurance est proposé pour les risques de catastrophes naturelles, comme en Allemagne, voire subventionné comme aux Etats-Unis, très peu (environ 10%) d'agents consentent à en souscrire. Ce comportement peut s'expliquer par le manque d'équité de tels contrats, mais également par une perception des risques erronée. Concernant l'équité, la France a décidé d'opter pour une couverture solidaire, dont la prime, appelée ici cotisation, ne dépend pas du risque encouru, mais du revenu de l'agent. Ceci permet à tous les agents, notamment ceux en zone vulnérable d'avoir accès à une couverture. Cette assurance est obligatoire. Elle génère néanmoins des soucis en termes de prévention des risques, dans la mesure où les habitants de zones risquées (zones rurales notamment) ne sont pas incités à investir dans des mesures d'auto-protection et les agriculteurs peu enclins à changer leurs pratiques dans un milieu assuré sachant que ce changement est coûteux pour eux.

Tableau 9 : Comparaison des situations en Allemagne, Etats-Unis, France : de l'assurance privée à la couverture solidaire

	Allemagne	Etats-Unis	France
Prix de l'assurance	Prime =f(risque individuel)	Prime =f(risque individuel, subventions, mesures d'auto-protection)	Cotisation =f(revenu individuel)
Type de couverture	- Assurance privée avec franchise - Assurance volontaire	- Assurance privée avec ≠ niveaux de franchise - Dépend des mesures d'auto-protection - Subventionnée	- Franchise identique pour tous - Assurance obligatoire
Choix individuels	- Peu d'achat d'assurance (jugée trop chère)	- Peu d'achat d'assurance - Perception erronée du	- Assur.obligatoire - Peu de mesures

		risque de cat. nat.	d'auto-protection
--	--	---------------------	-------------------

Le travail en cours consiste à construire, à partir des éléments théoriques et des informations plus empiriques obtenus, un contrat d'assurance qui alliera efficacité économique (avec une prime dépendant du risque) et équité. La question de l'obligation ou non d'assurance devra également être posée.

Nous réfléchissons également à un système contractuel dans lequel une taxe ambiante associée à un système de révélations volontaires des pratiques par les agriculteurs, viendrait alimenter un fonds d'indemnisation (comme il en existe déjà dans d'autres secteurs) qui permettrait de couvrir les dommages occasionnés suite à une coulée de boue. Les indemnisations pourraient dépendre des actions individuelles engagées par les individus sinistrés. Un tel système doit permettre de faire inter-agir agriculteurs et habitants d'une même zone géographique. Les taxes, subventions, assurances égalitaires, cotisations forfaitaires et autres systèmes actuellement en place en France laisse peut de place à l'action individuelle localisée.

c. Perspectives pour la deuxième année sur le volet 2

Vers un outil d'évaluation du coût de pratiques agricoles

Dans la seconde année, les économistes de l'ESITPA utiliseront une méthodologie permettant d'apprécier plus finement le coût d'implantation des cultures intermédiaires en considérant les rotations et la vulnérabilité des sous bassins versants auxquels appartiennent les différentes parcelles de l'exploitation. Il s'agira là de la seconde phase du travail du point a) du volet 2. La troisième phase visera à élaborer un outil d'aide à la décision pour la détermination des coûts associés à la lutte contre l'érosion et le ruissellement par des mesures agronomiques. Cet outil s'adressera aux collectivités territoriales, aux financeurs de mesures ainsi qu'au secteur paragricole et gestionnaire d'espaces agricoles. L'outil doit pouvoir répondre aux demandes des différents utilisateurs potentiels et à leurs différentes échelles de travail (parcelle, exploitation, bassin versant ou petite région agricole). Son élaboration s'enrichira d'une collaboration avec des experts sur la mise en œuvre technique de pratiques agricoles (conseillers agricoles locaux, animateurs agricoles de bassins versants, scientifiques) afin d'élaborer une base de données suffisante pour permettre d'apprécier un large éventail de coûts en fonction de plusieurs paramètres.

Sur l'évaluation des dispositifs économiques actuels et potentiels

La seconde partie du volet 2) portera sur les expériences en laboratoire effectuées au Beta à Strasbourg et qui devront tester les prédictions théoriques obtenues grâce à la modélisation économique. En particulier, des expériences décontextualisées et contextualisées (en présence d'agriculteurs) seront menées. Le travail de discussion et de contact sur le terrain a commencé et s'effectue essentiellement dans le Nord de l'Alsace (secteur de Morschwiller). Cette phase expérimentale doit venir compléter la partie a). Ainsi, le volet économique permettra non seulement la construction d'un outil d'évaluation des coûts, mais également d'une argumentation, fondée sur la théorie économique et sur une validation en laboratoire, autour d'outils permettant de réguler les problèmes de coulées boueuses au niveau de l'individu ou d'un groupe d'individus. Nous proposerons cette argumentation dans une optique d'aide à la décision et nous tiendrons compte simultanément du problème ex ante (avant la coulée) et de la problématique ex post. L'instrument d'évaluation des coûts devra encore permettre de mener une réflexion (qui ne pourra pas se faire dans le cadre des deux ans de ce travail) sur le calibrage des instruments économiques proposés ; l'élément important étant que la régulation doit être adaptée à l'échelle retenue ainsi qu'aux caractéristiques agronomiques, géologiques, pédologiques, climatiques, ..., à laquelle elle est destinée.

Volet 3. Le contexte et les conditions sociales de la maîtrise du ruissellement agricole

a. Analyse des réseaux sociaux des agriculteurs au niveau d'un petit bassin versant

Problématique

C'est au niveau d'un petit bassin versant, par l'intermédiaire des syndicats de bassin versant, que la prescription pour lutter contre le ruissellement et l'érosion par une transformation des pratiques agricoles est organisée. Pour réfléchir à cette organisation, il nous a semblé important de mettre en évidence la forme des relations entre les agriculteurs dans le bassin versant. Il est en effet maintenant admis que cette forme a une influence sur la façon dont les transformations techniques s'opèrent. Ce ne sont pas seulement les structures des exploitations qui déterminent les possibilités techniques, mais aussi les relations avec les autres. La connaissance de ces interactions est ici d'autant plus importante que les prescriptions peuvent nécessiter la coordination entre plusieurs exploitants (coordination des assolements par exemple).

Méthode

Nous avons donc réalisé une enquête auprès de chaque agriculteur des quatre communes qui se trouvent dans le bassin versant de Bourville pour connaître avec qui il échange du matériel, fait des travaux en commun, a des discussions techniques ou amicales. La lutte contre le ruissellement et l'érosion n'est pas citée comme objet de débat entre agriculteurs. Ce que nous avons établi est donc une image du réseau technique sur des sujets techniques plus classiques (techniques culturales, techniques d'élevage, introduction des intercultures). La méthode d'enquêtes utilisée est celle du GERDAL (Darré et al, 1989). Le traitement des données a été fait avec le logiciel Ucinet (Borgatti et al, 2002).

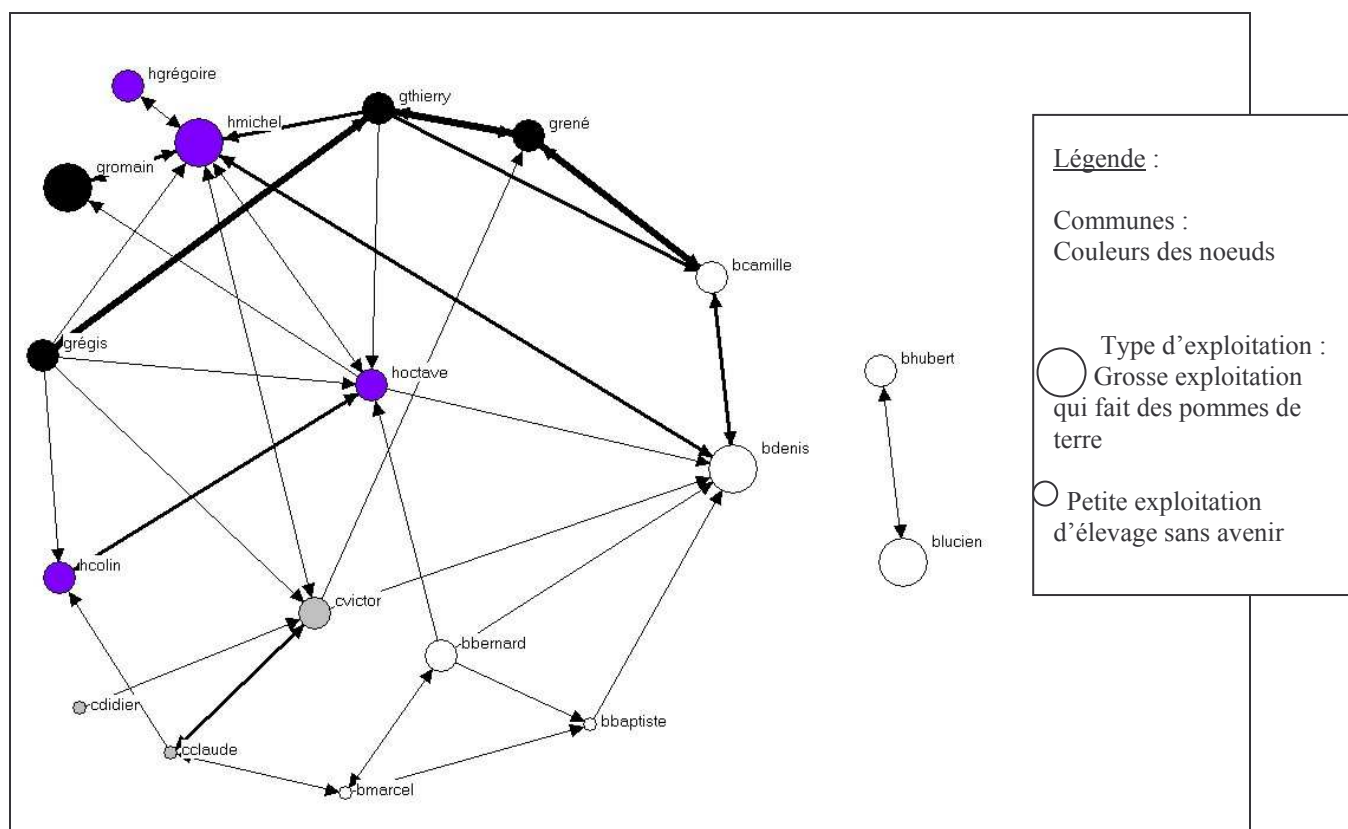


Figure 6 : Le réseau technique entre les agriculteurs du bassin versant de Bourville (76)

Résultats

La figure 6 montre la forme du réseau technique entre les agriculteurs du bassin versant, en distinguant par des couleurs l'appartenance à la commune, et par les tailles des nœuds des types d'exploitations décrites par les agriculteurs. Les liens représentent des échanges de matériel et de travail, des discussions techniques et des relations familiales et amicales. Les liens très épais représentent des liens amicaux ou familiaux accompagnés de discussions techniques, les liens moyens des discussions techniques réciproques fréquentes, ou des échanges de matériel et de travail et des discussions occasionnelles, les liens fins des échanges sans discussions ou des discussions occasionnelles.

Ce réseau se présente sous la forme d'une grappe dans laquelle il y a de nombreux échanges. Les deux exploitations hors de la grappe (Lucien et Hubert) se trouvent en bordure du bassin versant, de l'autre côté d'une voie ferrée qui fait barrage aux échanges. Leurs liens se trouvent ailleurs. Une part des liens réciproques faibles à l'intérieur de la grappe est liée à l'existence de chantiers de travail pour la culture de la betterave et du lin. Chaque agriculteur a au moins un lien de dialogue technique fréquent (trait moyen ou gros) avec un autre, mais ce lien peut être hors du bassin versant. En général, ces liens forts existent entre des exploitations distantes de moins de 10 km.

Il existe des liens de voisinage au sein d'une même commune, mais il y a aussi des liens entre agriculteurs de communes différentes. Cela renvoie à la remarque précédente : les liens ne se trouvent pas forcément dans la commune, mais dans un rayon d'une ou deux communes voisines. Le type d'exploitation (tel qu'il est différencié par les agriculteurs de la zone) intervient pour les extrêmes : c'est plutôt aux grosses exploitations avec des pommes de terre que l'on demande des informations techniques qu'aux petites exploitations d'élevage sans avenir.

On constate une hiérarchie assez affirmée au sein de la grappe. Certains agriculteurs sont presque uniquement demandeurs d'informations (Régis, Bernard). D'autres sont presque uniquement pourvoyeurs. Parmi eux, il existe encore une hiérarchie : on demande beaucoup à Octave et à Victor, mais eux-mêmes sont demandeurs auprès de Michel et de Denis. Ces deux derniers agriculteurs sont arrivés récemment dans le bassin versant en rachetant des fermes. Leurs réseaux techniques principaux se trouvent ailleurs, là d'où ils viennent, loin du local. Ils sont considérés comme de bons agriculteurs et chacun recherche des informations auprès d'eux, directement ou indirectement. Ils ont des discussions techniques régulières entre eux.

Utilisation de ces résultats

Cette analyse de réseau peut être utilisée pour :

- étudier la mise en place de coordinations d'assolements entre des groupes d'agriculteurs qui ont des parcelles conjointes. Cette opération nécessite que plusieurs agriculteurs décident ensemble des cultures implantées sur ces parcelles. Nous faisons alors l'hypothèse que ces coordinations sont plus faciles pour des agriculteurs qui ont des liens entre eux. Il est possible de réfléchir au choix de ces parcelles soit en prenant en premier leur intérêt pour la lutte contre le ruissellement, puis en prenant en compte les liens entre les exploitants, soit en prenant des groupes d'agriculteurs déjà liés et en choisissant parmi leurs parcelles les plus pertinentes pour coordonner les assolements.

- une enquête sur les conceptions du ruissellement et de l'érosion a été réalisée auprès d'agriculteurs du même bassin versant. Les résultats des deux enquêtes doivent être rapprochés. La prise en compte de ces phénomènes remet en cause la hiérarchie des exploitations : par exemple, l'enquête sur les conceptions montre que Michel et Denis sont considérés comme de bons agriculteurs, mais qui ont des pratiques favorables au ruissellement et à l'érosion. La conjonction de ces deux enquêtes devrait permettre une réflexion plus pertinente sur la façon dont le volet agricole de la lutte contre l'érosion peut être mis en place.

- enfin, il peut être intéressant d'analyser comment l'animateur du bassin versant considéré utilise ces connaissances pour la réflexion sur la mise en place du volet agricole. Cela dans le but de proposer des méthodes pour les autres animateurs.

b. Confrontation entre savoirs experts et savoir-faire locaux, à l'échelle d'un territoire

Ce point du volet 3 n'a pas pu être abordé cette année suite au désistement d'un stagiaire. La date à laquelle ce désistement a eu lieu n'a pas permis l'obtention de résultats ni le recrutement d'un autre stagiaire.

c Perspectives pour la deuxième année sur le volet 3

Ces perspectives ne sont pas encore clairement arrêtées à la date de rédaction de ce rapport. Elles feront l'objet d'une discussion cet automne 2005.

Premiers acquis en termes de coordination et de programmation (comité de pilotage, coordination avec les partenaires institutionnels locaux...)

La question de la coordination est centrale dans notre projet dans la mesure où on combine 2 zones géographiques (Alsace et Haute-Normandie/Picardie), 3 disciplines (agronomie, économie, sociologie) dans une collaboration entre chercheurs et agent de développement.

Coordination entre zones géographiques :

Au niveau des volets 1 et 2 du programme, la coordination entre zones géographique est assurée au travers d'une responsabilité assumée en binôme par des chercheurs de chacune des deux zones. Sur l'année 2 à 4 réunions (tant à Paris qu'à Strasbourg) ont ainsi été organisées afin d'assurer cette coordination. Le volet 3 n'implique que des chercheurs du SAD APT. Malgré cela des séminaires ont aussi été organisés en Alsace afin de permettre des échanges avec les chercheurs de sciences sociales qui travaillent avec les économistes du BETA dans le cadre du groupe GERIHCO (GESTION des RISques et Histoire des Coulées de boue, coord. : S. Spaeter) à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg (laboratoires co-encadrants : BETA et IMFS). Les travaux de ce groupe financés par le programme RDT correspondent au volet 2.b. et à la thèse de Romain Armand dans le volet 1.a. Mais GERIHCO intègre aussi des travaux en histoire des sciences et en sociologie non financés par RDT (financement de l'Université Louis Pasteur et de l'agence de l'eau Rhin-Meuse). La proximité thématique des travaux menés en sociologie a conduit les sociologues de RDT à participer à certaines réunions du groupe GERIHCO (3 réunions à ce jour). Cette coordination s'est traduite par des présentations coordonnées à l'occasion de deux colloques récents de l'action COST 634. Celui de Bratislava en octobre 2004 (Cf. la bibliographie) et à celui organisé à Rouen en juin 2005.

Coordination interdisciplinaire

Cette coordination est assurée pour partie lors des réunions GERIHCO évoquées ci-dessus qui, de fait, sont pluridisciplinaires. Elle est aussi assurée par les contacts que le coordinateur du projet (P. Martin), lui-même co-responsable du volet 1, entretient avec les responsables des volets 2 (économie) et 3 (sociologie). La coordination avec le volet 3 est facilitée par le fait que les responsables appartiennent à la même UMR que P. Martin. La coordination avec le volet 2 se fait au travers des réunions GERIHCO pour la partie alsacienne et par des déplacements à l'ESITPA pour la partie normande.

Coordination avec les partenaires institutionnels locaux

Dans les deux zones d'études, les chercheurs sont en contact régulier avec les acteurs locaux du développement agricole que ce soit pour la mise en place et la gestion des sites expérimentaux ou le test de nouveaux outils. Cette collaboration est facilitée du fait que les principaux acteurs locaux sont eux-mêmes partenaires financiers du programme (chambre d'agriculture de Seine-Maritime, SOMEA, AREAS, ARAA).

Les collaborations avec les institutionnels sont aussi importantes dans la mesure où les principaux institutionnels concernés par le programme ont accepté de participer au comité de pilotage du programme de recherche (DIREN, DRDAF et conseil régional de Haute-Normandie, conseil général de Seine-Maritime et Agence de l'eau Seine-Normandie). Deux réunions avec ce comité de pilotage ont été organisées lors de cette première année (avril 2004 et mars 2005). Par ailleurs l'Agence de l'eau Seine-Normandie co-finance le programme RDT de la même manière que l'agence de l'eau Rhin-Meuse co-finance le programme GERIHCO.

Difficultés rencontrées et perspectives

La principale difficulté concerne l'orientation du volet sociologique. Un premier travail a été réalisé sur les conceptions des agriculteurs mais rien n'a encore pu être formalisé sur la confrontation entre savoirs experts et savoir-faire locaux. Le contenu et l'orientation de ce volet vont faire l'objet de discussion entre les chercheurs concernés et le coordinateur du projet en septembre 2005.

Au-delà de cette difficulté d'orientation thématique particulière se pose la question de l'intégration de des points de vue biotechnique (volet 1), économique (volet 2) et sociologique (volet 3) pour la maîtrise du ruissellement agricole. En effet, à ce jour, et selon la région concernée (Alsace du Nord, Alsace du Sud, Haute-Normandie), il n'est pas clair si ce sont les contraintes économiques de Bruxelles, les contraintes agronomiques liées aux cultures, celles afférentes aux relations entre agriculteurs voisins ou un manque de diffusion de l'information qui expliquerait majoritairement qu'un agriculteur soit plus réticent à changer de pratique qu'un autre (voisin par exemple). Le programme RDT devrait pouvoir apporter des éléments de diagnostic complémentaires pour chacun des 3 volets, mais la hiérarchisation de l'importance respective de chacun de ces 3 volets ne pourra pas être faite dans l'année qui reste au programme.

Une autre difficulté de notre programme concerne le fonctionnement du comité de pilotage. Les changements de postes fréquents du personnel administratif font que 3 des 5 membres de notre comité de pilotage ont changé d'affectation cette année (DIREN, Agence de l'eau et conseil général de Seine-Maritime) et ne pourront donc plus participer au programme. Une autre personne de la DIREN a accepté de participer au programme. Il en est de même pour l'agence de l'eau Seine-Normandie mais pas pour le conseil général de Seine-Maritime. Une fois ces personnes connues le coordinateur du programme se chargera de les rencontrer personnellement afin de les informer du contenu du dossier avant la prochaine réunion qui se tiendra cet hiver 2004-2005.

Valorisation des travaux :

Notre programme de recherche est le prolongement logique de dispositifs de recherche qui, pour certains sont en place depuis plusieurs années. Il en résulte qu'une production scientifique en lien direct avec RDT mais non financé par ce programme a été obtenue en 2004-2005. Par souci de clarté nous avons donc distingué ci-dessous les productions directement issues du programme RDT de celles résultant de financements antérieurs.

Valorisation directement issue de RDT :***Articles scientifiques publiés, sous presse, soumis pour publication et en préparation***

Michaud M., Bourgain O., 2005. Evaluation du coût de mise en place de pratiques agricoles permettant de limiter le ruissellement érosif : l'exemple des exploitations sur le plateau du Neubourg. Ingénieries, Eau, Agriculture et Territoires, Cemagref Editions, septembre. (accepté)

Spaeter S., 2005, « Private vs. Solidar Insurance in the Management of Natural Catastrophes », en préparation pour le Journal of Risk and Insurance.

Spaeter S., Cochard F., Rozan A., 2005, "Some economic insights about (ex ante) prevention and (ex post) compensation related to muddy flood risks", en préparation pour Environmental, Science & Policy.

Participation à des colloques nationaux ou internationaux (communication orale et poster) :

Organisation par les participants au projet (UMR SAD APT) d'un colloque international sur le ruissellement et l'érosion à Rouen (COST 634 Scientific meeting "Soil conservation management, perception, and policy": Rouen, France (June 2005)-4-7 juin 2005). (110 participants)

Dans le cadre de ce colloque, organisation d'une journée de terrain organisée avec l'aide des structures de développement participantes au projet, pendant laquelle ont été présentées la problématique du ruissellement en Haute-Normandie ainsi que la logique du projet RDT. (70 participants)

Cochard F., Rozan A., Spaeter S., 2005. Some Economic Insights in the Mudd Flood Risk Management. COST 634 Scientific meeting "Soil conservation management, perception, and policy": Rouen, France (June 2005)-4-7 juin 2005. Présentation orale

Joannon A., Papy F., Souchère V., Martin P., 2005. Modification of crop location at farm level: Assessment of farmer's leeway. COST 634 Scientific meeting "Soil conservation management, perception, and policy": Rouen, France (June 2005)-4-7 juin 2005. Présentation orale

Martin P., Ouvry JF., Bockstaller C., 2005. Changing cultivation methods to reduce runoff: an assessment tool for dialogue with farmers and decision makers. COST 634 Scientific meeting "Soil conservation management, perception, and policy": Rouen, France (June 2005)-4-7 juin 2005. Présentation orale.

Mathieu A., Joannon A. 2005. Combining social network and technical leeway in farms analysis to reduce runoff at catchment's scale by managing crop localisation. COST 634 Scientific meeting "Soil conservation management, perception, and policy": Rouen, France (June 2005)-4-7 juin 2005. Présentation orale.

Michaud M., Bourgain O., 2005. Evaluation de l'impact économique pour les exploitations agricoles de pratiques agricoles permettant de limiter le ruissellement érosif sur le plateau du Neubourg. Colloque scientifique « Evaluation environnementale et développement d'une agriculture durable », Angers, France, 20-24 juin 2005. Présentation orale et communication écrite.

Michaud M., Bourgain O., 2005. Evaluation du coût de mise en place de pratiques agricoles pour limiter le ruissellement érosif, de la parcelle au bassin versant : l'exemple des exploitations du plateau du Neubourg. Colloque scientifique « Olympe : un outil de modélisation multifonctionnelle, de l'aide à la décision individuelle à la décision collective », Rouen, France, 8-9 décembre 2005. Présentation orale et communication écrite.

Bockstaller C., Armand R., Auzet A.V., Martin P., van Dijk P., 2005. Assessing the effects of cropping systems on soil surface characteristics and runoff using a model-based indicator. COST 634 Scientific meeting "Soil conservation management, perception, and policy": Rouen, France (June 2005)-4-7 juin 2005. Poster.

Heitz C., Cochard F., Glatron S., Rozan A., Spaeter S., Auzet A-V, 2004, "Methodological approach of the transfers generating muddy flows downstream the agricultural catchments: runoff, erosion perception and risks prevention (Sundgau-France)", COST 634 Scientific Meeting, Bratislava, Slovaquie, 7-10 octobre 2004. Poster.

Heitz C., Glatron S., Spaeter S., Auzet A-V, 2005, "Representing an characterizing impacts of muddy flows on environment for the different agents of a peri-urban area: methodological approach and risks perception

analyses", COST 634 Scientific meeting "'Soil conservation management, perception, and policy": Rouen, France (June 2005)-4-7 juin 2005. Poster.

Martin P., Cochereau D., Planchon O., Barrier C. 2005. Integrating runoff measurement and monitoring of soil surface characteristics at a field scale in Upper-Normandy (France) COST 634 Scientific meeting "'Soil conservation management, perception, and policy": Rouen, France (June 2005)-4-7 juin 2005. Poster.

Michaud M., Bourgain O. 2005. Assessment of the economic impact on farms of the agricultural practices allowing the limitation of erosive run-off on the Neubourg Plateau (France). COST 634 Scientific meeting "'Soil conservation management, perception, and policy": Rouen, France (June 2005)-4-7 juin 2005. Poster

Souchère V., Le Bissonnais Y., Cerdan O., Couturier A., Martin P. 2005. Assessment of economic efficiency and return of erosive management scenarios. COST 634 Scientific meeting "'Soil conservation management, perception, and policy": Rouen, France (June 2005)-4-7 juin 2005. Poster

Rapports de fin d'étude (mémoires de maîtrise, de DEA, thèses...)

Cochereau D., 2005. Maîtrise des ruissellements d'origine agricole via les pratiques culturales. Stage obligatoire de 2^{ème} année de l'INA P-G (encadré par P. Martin). 22 pages

Collectif 2005. Diagnostic ruissellement en Haute Normandie. Rapport d'option Agriculture et Risques environnementaux du DAA AGER module « Maîtrise des pollutions d'origine agricole ». 35 pages + annexes (coordonné par P. Martin).

Heitz C., 2005, « Etude de la perception du risque de catastrophes naturelles relatif aux coulées de boue par els acteurs d'une commune péri-urbaine : approche méthodologique et analyse d'enquêtes (Blotzheim-Alsace) », mémoire de DEA, dir. : S. Glatron.

Pamies M., Pare N., Trémeau E. 2005. L'agriculture et ses effets sur le ruissellement : diagnostic et propositions à l'échelle d'un petit bassin versant. Rapport d'Initiation à l'Ingénierie de Projet. 2^{ème} année INA P-G. 33 p. + annexes (coordonné par P. Martin).

Pangault I. 2005. Les perspectives d'évolution de l'utilisation des surfaces en herbe d'un bassin versant dans le cadre de la lutte contre le ruissellement et l'érosion. Rapport de stage de 1^{ère} année de l'INA P-G. 32 pages + annexes.

Popon P., 2004. Conditions d'utilisation d'un indicateur de risque de ruissellement en Pays de Caux. Mémoire de stage de l'école Polytechnique-INA P-G. 30 pages.

Silvestre M. 2004. Mise au point d'outils d'aide à la gestion concertée des assolements à des fins environnementales : application à l'érosion. Mémoire d'ingénieur ENSAT, 67 pages + annexes

Tribouillard C. 2004. Construction et validation d'un indicateur « Ruissellement » (Iru) basé sur un modèle dans le cadre de la méthode Indigo. Mémoire de fin d'études de l'ENITA de Bordeaux. (encadré par C. Bockstaller). 60 pp + annexes.

Actions de transfert, de communication.

Michaud M., Bourgain O., 2004. Evaluation de l'impact économique pour les exploitations agricoles de pratiques agricoles permettant de limiter le ruissellement érosif sur le plateau du Neubourg. Rapport d'étape, 30 pages + annexes.

Michaud M., Bourgain O., 2004. Evaluation de l'impact économique pour les exploitations agricoles de pratiques agricoles permettant de limiter le ruissellement érosif sur le plateau du Neubourg. Document de diffusion, 4 pages.

Michaud M., Bourgain O., 2005. Evaluation de l'impact économique pour les exploitations agricoles de pratiques agricoles permettant de limiter le ruissellement érosif sur le plateau du Neubourg. Restitution orales des résultats à la commission environnement de la Communauté d'Agglomération Seine-Eure et aux agriculteurs enquêtés.

Spaeter S., 2004, Conférence du Jardin des Sciences donnée dans le cadre de La Fête de la Science et des activités de l'Université Louis Pasteur, « Risques industriels et environnementaux : comment les gérer quand on ne peut pas les éliminer ? », 14 octobre 2004, Strasbourg.

Spaeter S., 2005, Présentation de l'état d'avancement de travaux à l'Agence de l'eau Rhin-Meuse, 22 juin 2005, Metz.

Spaeter S., 2005, Présentation de l'état d'avancement de travaux lors de la journée scientifique du réseau réalisE (Réseau des laboratoires alsaciens en ingénierie et sciences pour l'environnement), Strasbourg, 17 juin 2005.

Valorisation 2004-2005 issue de travaux antérieurs sur la thématique du programme (programmes GESSOL, PNRH (RIDES), financement DGER...)

Articles scientifiques publiés, sous presse, soumis pour publication et en préparation

Joannon A., Torre A., Souchère V., Martin P., 2004. The determinants of local collective action regarding erosive runoff. An analysis of farmers' geographical proximities in Upper-Normandy, France. *International Journal of Sustainable Development*, 3, 302-320.

Joannon, A., Papy, F., Martin, P. & Souchère, V., (Accepté). Planning work constraints within farms to reduce runoff at catchment level, *Ecosystems and Environnement*.

Joannon A., Souchère V., Martin P., Papy F. (Accepté) Reducing runoff by managing crop location at the catchment level: considering agronomic constraints at farm level. *Land Degradation and Development*.

King C., Lecomte V., Le Bissonnais Y., Baghdadi N., Souchère V., Cerdan O., 2005. Remote-sensing data as an alternative input for the 'STREAM' runoff model. *Catena*, 62(2-3): 125-135

Le Bissonnais Y., Cerdan O., Lecomte V., Benkhadra H., Souchère V., Martin P., 2005. Variability of soil surface characteristics influencing runoff and interrill erosion. *Catena*, 62(2-3): 111-124.

Le Bissonnais Y., Martin P., 2004. Dynamique du ruissellement et de l'érosion diffuse : caractérisation des états de surface des parcelles agricoles et intégration à l'échelle du bassin versant. In : *Ecospace*. Editions INRA, coll. Science Update. pp. 27-41.

Le Bissonnais Y., Cerdan O., Fox D., Gascuel-Oudou C., Martin P., Planchon O., Rajot J.-L., Revel J.-C., 2005. L'érosion des sols. Chapitre 25 de l'ouvrage « Environnement et sols » coordonné par M.C. Girard.

Martin P., Joannon A., Souchère V., Papy F., 2004. Management of soil surface characteristics for soil and water conservation, case of a silty loam region : the Pays de Caux. *Earth Surface Processes and Landforms*, 29, 1105-1115.

Nearing M.A., Jetten V., Baffaut C., Cerdan O., Couturier A., Hernandez M., Le Bissonnais Y., Nichols M.H., Nunes J.P., Renschler C.S., Souchère V., van Oost K., 2005. Modelling response of soil erosion and runoff to changes in precipitation and cover. *Catena*, 61(2-3): 131-164.

Souchère V., Cerdan O., Dubreuil N., Le Bissonnais Y., King C., 2005. Modelling the impact of agri-environmental scenarios on runoff in a cultivated catchment (Normandy, France). *Catena*, 61(2-3): 231-

Participation à des colloques nationaux ou internationaux (communication orale et poster) :

Souchère V., Sorel L., Couturier A., Le Bissonnais Y., Cerdan O., 2005. Application du modèle STREAM à l'échelle d'un bassin versant au cours d'un cycle hydrologique. Colloque de présentation des résultats 2004 du Piren-Seine, 3 et 4 février 2005, Communication orale, résumé.

Rapports de fin d'étude (mémoires de maîtrise, de DEA, thèses...)

Heitz C., 2004, « Analyses des demandes d'indemnisation de catastrophes naturelles liées à des coulées de boue et caractérisation des bassins versants amont », mémoire de maîtrise, dir. : A-V Auzet.

Joannon A. 2004. Coordination spatiale des systèmes de culture pour la maîtrise de processus écologiques - Cas du ruissellement érosif dans les bassins versants agricoles du Pays de Caux, Haute-Normandie. Thèse INA P-G.

Actions de transfert, de communication.

Coufourier N., Lecomte V., Martin P., Ouvry JF., Pivain Y., Richet JB., Saint Omer L., Witkowski D., 2004a. Présentation des résultats du réseau mesure du ruissellement aux financeurs et aux élus. Cité de l'Agriculture. Bois Guillaume. 7 mai 2004.

Coufourier N., Lecomte V., Martin P., Ouvry JF., Pivain Y., Richet JB., Saint Omer L., Witkowski D., 2004b. Présentation des résultats du réseau mesure du ruissellement aux agents de développement. Cité de l'Agriculture. Bois Guillaume. 14 mai 2004.

Coufourier N., Lecomte V., Martin P., Ouvry JF., Pivain Y., Richet JB., Saint Omer L., Witkowski D 2004c. Maîtrise du ruissellement et de l'érosion des sols. Expérimentations sur les pratiques culturales. Synthèse des mesures de ruissellement en Haute-Normandie. 57 pages.