

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)



ELABORATION ET MISE EN ŒUVRE DE DISPOSITIFS POUR LA GESTION DES TERRITOIRES GENERANT DES COULEES BOUEUSES (DIGET-COB).

DESIGN AND SET UP OF MANAGEMENT DEVICES DEVOTED TO TERRITORIES AT THE ORIGIN OF MUD FLOWS.

Programme Risque Décision Territoire
Rapport de fin de contrat

UMR SAD APT bât. EGER
BP 01 78850 Thiverval-
Grignon
Coordinateur : Philippe.
MARTIN, UMR SAD APT,
pmartin@agroparistech.fr
Tél. : 01 30 81 59 30

Date : 10/06/2007

N° de contrat : CV04000069

Date du contrat : 13/09/2004

TABLE DES MATIERES

Remarques concernant ce document	4
Synthèse	5
Résumés	23
Rapport scientifique	25
Annexe : tirés à part des publications.....	27
Annexe : partie confidentielle	28

REMARQUES CONCERNANT CE DOCUMENT

- ❖ La mise en forme de ce rapport, hormis sa partie scientifique et les annexes, doit être respectée. Ce format imposé permettra au SRP une copie automatique vers d'autres documents à usage interne ou externe.
- ❖ Merci de limiter la taille de votre document à 5Mo.
- ❖ Votre rapport doit nous parvenir sous forme électronique (à envoyer sur adresse rdt : rdt.medd@sogreah.fr) sur CD ainsi que sous format papier en 5 exemplaires au moins pour le responsable du programme (Sylvie CHARRON au MEDD) et en 2 exemplaires pour son animateur scientifique (à l'attention de Martine MONTEIL, SOGREAH), en recto-verso, interligne simple, sans couverture plastique ni spirales. Des exemplaires supplémentaires, à la charge du ou des bénéficiaire(s), seront éventuellement demandés (art. 4 de la convention).
- ❖ Les versions électroniques des résumés et de la synthèse de votre rapport doivent impérativement nous parvenir sous format modifiable rtf afin de pouvoir être réutilisés pour valorisation ou publiés (après relecture de votre part), ainsi que sous format pdf (art. 4 de la convention).
- ❖ Les documents de ce rapport, en dehors de l'éventuelle partie confidentielle, serviront aussi bien pour l'évaluation du projet que pour la valorisation des résultats.

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

SYNTHESE

(destinée aux utilisateurs et gestionnaires publics)

(Environ 10 pages, hors liste des publications et autres valorisations)

Merci de rédiger l'ensemble de cette partie de manière à ce qu'elle soit aisément compréhensible par un utilisateur non spécialiste.

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

ELABORATION ET MISE EN ŒUVRE DE DISPOSITIFS POUR LA GESTION DES TERRITOIRES GENERANT DES COULEES BOUEUSES (DIGET-COB)

PROGRAMME RISQUE DECISION TERRITOIRE

Responsable scientifique : Philippe MARTIN (UMR SAD APT)

En collaboration avec :

- **Université Louis Pasteur (Strasbourg)**
- **Ecole Supérieure d'Ingénieurs et Techniciens Pour 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 (CA76)**
- **Somme Espace et Agronomie (SOMEA)**

En français

CONTEXTE GENERAL

Quelle situation, quels enjeux motivent ce projet ?

Ce projet s'inscrit dans la thématique des coulées boueuses qui constituent un problème récurrent dans un nombre croissant de régions françaises. Les coulées boueuses sont notamment très présentes dans les zones limoneuses avec une orientation grande culture du Nord de la France, alors que les conditions topographiques et l'intensité des pluies sont généralement modérées. C'est dans ces zones, essentiellement la Haute-Normandie, que s'est concentré notre travail. La lutte contre les coulées boueuses passe par une meilleure protection des zones inondables. Celle-ci n'est durablement assurée que si les stratégies intègrent des mesures de prévention limitant le ruissellement et l'érosion des sols en amont sur le territoire agricole. C'est dans cette voie « préventive » que s'est inscrit notre travail de recherche. Ce travail a démarré alors que des progrès importants avaient été obtenus en ce qui concerne l'avertissement de crue, la protection des zones vulnérables et la maîtrise de la vulnérabilité. En revanche la prévention du ruissellement à la source sur le territoire agricole était un domaine pour lequel on disposait encore de trop peu d'outils et méthodes.

Les terrains sur lesquels nous avons travaillé ont été retenus du fait de leur similitude quant à la mise en place des stratégies de lutte contre le ruissellement érosif. Dans tous les cas on note la présence *d'experts régionaux*. Ces experts, peu nombreux, sont souvent relayés sur le terrain auprès des agriculteurs par les *Chambres d'agriculture*. Les faibles effectifs des chambres sur ce domaine (1 ou 2 personnes par département) ne permettent cependant pas un conseil rapproché des agriculteurs. Cette situation tend à évoluer avec la multiplication des postes *d'animateurs agricoles de bassin versant*. Ceci est particulièrement net en Seine-Maritime où le territoire a été structuré en 22 syndicats de bassin versant. Les animateurs de syndicat sont fortement sollicités par les élus dès que des coulées boueuses surviennent. Ils ont alors recours aux chambres d'agriculture et aux experts qui se sentent parfois dépassés et ne savent pas nécessairement comment renouveler leur expertise. Les outils développés par la recherche peuvent dans une certaine mesure aider à renouveler cette expertise tout en fournissant des bases de discussion communes entre les acteurs. Inversement, la confrontation entre produits de la recherche et gestionnaires de terrain peut conduire à renouveler les questions de recherche. L'enjeu de ce projet était d'assurer les bases d'une collaboration entre chercheurs et opérationnels de terrain sur une thématique de gestion territoriale multi-acteurs en milieu rural.

OBJECTIFS GENERAUX DU PROJET

La question scientifique du ruissellement érosif sur les terres agricoles est une question récente puisqu'on peut dater son émergence en France et en Europe à la fin des années 70 (colloques de Strasbourg et de Ghent en 1978). De la fin des années 70 au début des années 2000, de nombreux résultats ont été obtenus tant en ce qui concerne la compréhension des mécanismes biophysiques, des déterminants agronomiques de ces mécanismes, et plus récemment des marges de manœuvre techniques et socio économiques des agriculteurs quant à la réduction des risques de ruissellement. Ces résultats ont fait l'objet de publications scientifiques dont le public cible n'est pas les gestionnaires de terrain. Par ailleurs, les sorties les plus abouties des recherches correspondaient à des modèles informatisés nécessitant un niveau scientifique et un équipement importants pour être manipulés. Depuis quelques années

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

la situation a sensiblement évolué. Les matériels de mesure du ruissellement sont devenus accessibles aux structures d'encadrement agricole, ce qui leur permet d'élaborer des références pour répondre aux questions techniques qui leur sont posées. Par ailleurs les modèles informatisés qui tournent maintenant sous de simples PC ont une interface plus ergonomique qui permet une prise en charge plus aisée par des non spécialistes (ex. du modèle STREAM). Au début du projet, on était donc en passe de voir des outils scientifiques utilisés par des structures de développement pour aider à résoudre la question des coulées boueuses. Ces outils demandaient toutefois une mise au point en adéquation avec les besoins et pratiques actuelles des acteurs de terrain (experts, conseillers de chambre, animateurs agricoles, agriculteurs) ; besoins qu'il fallait par ailleurs mieux cerner. Enfin, la modification des pratiques ne pouvait être envisagée sans une prise en compte explicite des conséquences économiques que cela pouvait impliquer aux différents niveaux de décision (agriculteurs, collectivités territoriales, sinistrés). C'est dans cette logique que les 3 volets de notre projet ont été construits :

- un volet technique (volet 1) qui visait à définir des outils et méthodes permettant de raisonner l'effet des actes techniques, tels que les pratiques culturales ou la mise en place de petits aménagements hydrauliques, sur les mécanismes de ruissellement, de la parcelle au bassin versant.
- un volet économique (volet 2) qui visait à mieux connaître les coûts d'une modification des pratiques agricoles tout en proposant des dispositifs économiques innovants permettant d'encadrer ces changements de pratiques face à un risque d'inondation boueuse.
- un volet sociologique (volet 3) portant sur les agriculteurs et les décideurs locaux concernés par le sujet afin de préciser la manière dont les échanges d'informations pouvaient structurer des groupes sociaux et conditionner l'évolution des pratiques au sein de dispositifs complexes.

L'objectif était d'apporter des éléments sur chacun des volets tout en montrant qu'il est possible et nécessaire de coordonner ces approches.

QUELQUES ELEMENTS DE METHODOLOGIE (ET EVENTUELLES DIFFICULTES RENCONTREES)

Le projet portait majoritairement sur la région Haute-Normandie avec des points de comparaison en Alsace et en Picardie. Il s'appuyait 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 a été 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).

Bien que chaque volet soit porté par une discipline différente, l'approche a été sensiblement la même dans la mesure où on a recherché la combinaison de mesures de terrain (mesure physique ou enquête) avec un appui de modélisation en lien avec les partenaires régionaux. Nous donnons ci-dessous quelques précisions sur les méthodologies particulières à chaque volet.

Volet technique : D'une part on visait l'acquisition et la formalisation de connaissances ayant trait à l'impact des activités agricoles (pratiques culturales et petits aménagements hydrauliques) sur la réduction des risques de ruissellement à l'exutoire de petits bassins versants agricoles. D'autre part on s'intéressait à l'identification des marges de manœuvre techniques des agriculteurs permettant de réduire cet impact. L'acquisition de références à la

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

parcelle a combiné de l'expérimentation sur mini-parcelle agricole (20 m²) avec des enquêtes auprès d'experts (chercheurs et conseillers agricoles) en dehors du strict réseau de partenaires du projet. La formalisation d'un outil de diagnostic des risques de ruissellement s'est appuyée sur les références de terrain ainsi acquises. Au niveau bassin versant, on s'est appuyé sur une modélisation hydraulique simple afin de proposer un calibrage de bandes enherbées en fond de talweg. L'identification des marges de manœuvre des agriculteurs s'est appuyée sur des enquêtes en exploitation agricole, dont l'objectif était d'aller vers la formalisation d'un outil informatique de raisonnement des jours disponibles pour intégrer de nouvelles interventions culturales permettant de lutter contre le ruissellement. D'autres enquêtes en exploitation visaient à identifier la manière dont les agriculteurs concevaient leurs successions de culture afin d'en déduire des indicateurs simples portant sur les possibilités de relocaliser les cultures à l'intérieur d'un bassin versant une année donnée en fonction du caractère ruisselant ou au contraire infiltrant de chaque culture.

Volet économique : La mise au point de la méthodologie d'évaluation du coût de pratiques agricoles permettant de limiter le ruissellement érosif a nécessité 3 phases distinctes. Dans une première phase, il s'agissait de mener une étude de terrain, en lien avec une collectivité territoriale touchée par des problèmes de ruissellement érosif, afin de recueillir des informations et des références permettant d'évaluer économiquement la gamme des solutions agricoles possibles. Cette phase s'est appuyée sur l'utilisation de données économiques d'exploitations réelles, difficiles à obtenir et consommatrices de temps. Nous avons aussi testé l'utilisation de références technico-économiques standardisées d'accès plus facile et issues du réseau ROSACE. La seconde phase de travail visait à affiner la méthodologie d'évaluation des coûts pour les cultures intermédiaires. Il s'agissait de vérifier la pertinence d'une approche globale de l'exploitation agricole (où l'évaluation est réalisée à partir d'un assolement moyen, considérant une vulnérabilité identique des parcelles face au ruissellement), par rapport à une méthodologie plus précise (réalisée à l'échelle de la rotation des cultures et différenciant le niveau de vulnérabilité des parcelles face au ruissellement). Les données utilisées étaient celles recueillies par Alexandre Joannon au cours de sa thèse. Toutes les évaluations des coûts ont été réalisées à partir du logiciel Olympe. La réalisation de l'outil d'évaluation sensu stricto constitue la dernière phase de travail. Une réflexion doit par ailleurs être menée sur la valorisation d'Olympe en tant qu'outil pour l'aide à la mise en place de stratégies de lutte contre le ruissellement.

La recherche de dispositifs économiques innovants s'est appuyée sur une analyse bibliographique internationale menée dans le cadre de la théorie économique, qui relève notamment de la théorie du risque et de la décision et de la théorie des contrats. Elle s'est aussi appuyée sur un outil particulier, la taxe ambiante, dont le niveau est basé non pas sur les actions individuelles des agents mais sur la qualité ambiante de l'environnement. Dans le contexte des coulées de boue, la taxe dépend alors des dommages engendrés par l'éventuelle coulée de boue. Pour tester l'efficacité de l'instrument nous avons utilisé les techniques de l'économie expérimentale, et plus particulièrement des « field experiments ». Nous avons fait appel à un groupe de six exploitants agricoles sensibilisés aux problèmes des coulées de boue, et nous les avons fait participer à une expérience en laboratoire les plaçant en situation. Pour tester l'acceptabilité de l'instrument, nous avons procédé à l'issue de l'expérience à un débriefing minutieux avec un sociologue. Dans un second temps, nous avons analysé comment associer cette taxe ambiante à un fonds d'indemnisation qui pourrait être alimenté : (1) par la taxe ambiante qui serait versée par les agriculteurs ayant des terres en zone vulnérable, (2) par les primes d'assurance actuellement versées par les citoyens de la zone aux assureurs (qui pourraient participer à la gestion du fonds), et (3) par le gouvernement (jouant le rôle d'assureur en dernier ressort). Enfin, nous avons également réfléchi à l'échelle à

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

laquelle une politique de réduction des risques de coulées boueuses devrait être mise en place. Pour cela nous avons combiné les compétences des économistes (S. Spaeter) et des collègues géomorphologues (A.-V. Auzet).

Volet sociologique : La mise au point encore incomplète des outils d'aide à la maîtrise du ruissellement agricole ne permettant pas d'étudier leur appropriation concrète par les acteurs locaux, l'analyse sociologique s'est interrogée sur les potentialités d'usage de ces outils, en étudiant la réalité des échanges de connaissances et de conseils sur les ruissellements érosifs entre les agriculteurs d'un même sous bassin versant, d'une part, et entre les animateurs agricoles de bassin versant et leur réseau de relations professionnelles, d'autre part. Ces deux volets ont été conduits en Seine-Maritime où les animateurs agricoles de bassin versant sont les plus nombreux et a priori les mieux encadrés. Les investigations se sont déclinées selon deux axes :

- L'analyse des réseaux de dialogue entre les agriculteurs de deux sous bassins versants, en adoptant la démarche méthodologique développée par le GERDAL.¹
- L'analyse lexicale (logiciel Alceste) pour cerner les enjeux de connaissance exprimés par les différents animateurs de bassin versant, suivie d'une analyse du réseau (logiciel RéseauLu) des ressources relationnelles, matérielles et cognitives que ces derniers mobilisent dans leur action et qui constituent des "ressorts d'expertise" pour eux.

RESULTATS OBTENUS

Les résultats issus des 3 volets de ce projet ont été présentés lors d'un colloque dédié au programme DIGET-COB à Rouen en février 2007. Ce colloque a été organisé en association avec le comité de pilotage du projet. Les actes du colloque sont disponibles à l'adresse http://www.rdtrisques.org/projets/digetcob/bib/colloque_rouen_2007/. Nous présentons dans cette synthèse les principaux résultats exposés et discutés pendant le colloque.

Volet technique

L'acquisition de références sur le ruissellement effectuée dans le cadre de ce projet a permis la rédaction d'une synthèse des essais ruissellement conduits pour les principales cultures des zones d'étude. Cette synthèse disponible en ligne² constitue un appui au conseil des animateurs agricoles. Au-delà de cette synthèse globale, deux cultures ont fait l'objet de travaux plus poussés durant le programme RDT afin de proposer des améliorations techniques : la culture de pomme de terre et celle du maïs. Ces deux cultures de printemps se caractérisent par un fort risque de ruissellement, lié à un fort affinement de la surface associé à un développement lent de la couverture du sol par la culture (inter-rangs larges). Des solutions techniques ont été proposées pour ces deux cultures. Pour la pomme de terre, il s'agissait de créer des micro-barrages entre les buttes de pomme de terre à l'aide d'une machine mise au point avec un constructeur de matériel agricole régional sur la base d'un prototype développé en Allemagne. Nous avons modélisé la quantité d'eau retenue dans les billons à partir des paramètres géométriques descriptifs de la forme des buttes de pomme de terre, de l'espacement et de la hauteur des mini-barrages et de la pente de la parcelle. En associant à cette approche des mesures sous pluie artificielle nous avons montré l'intérêt de cette technique des mini-barrages même pour des événements de fréquence rare (50 mm/h pendant 2h). Concernant le maïs, nous avons montré l'intérêt de préciser les différences de

¹ Darré J.-P. (dir.), 1994, Pairs et Experts dans l'agriculture, Paris, Eres.

² http://www.rdtrisques.org/projets/digetcob/bib/techniques_ruis/groupe_ruiss/syntheses/

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

contexte d'une région à l'autre pour justifier du caractère favorable ou défavorable de telle ou telle technique culturale. C'est ainsi qu'en Alsace nous avons montré que le semis direct du maïs permettait de fortement réduire les risques de ruissellement. Cet effet du semis direct est bien moins marqué en Haute-Normandie où le non labour peut même conduire à un accroissement du ruissellement. Une des raisons tient aux systèmes de culture mis en œuvre. En Alsace, on est face à une monoculture de maïs grain. On dispose donc avant chaque semis d'une grande quantité de résidus (issus des cannes du maïs précédent) qu'on a tout intérêt à maintenir à la surface du sol. En Haute-Normandie, le maïs est valorisé en ensilage (récolte de la plante entière) et est souvent conduit dans des successions de cultures juste après un blé dont on exporte les pailles pour les besoins du troupeau. Le faible couvert en résidus après le blé ne permet donc pas d'assurer une protection efficace. En Haute-Normandie le non labour reste possible, mais pour protéger la surface il doit être associé à une culture intermédiaire en hiver détruite avant semis. Notons que l'importance de la prise en compte des contextes locaux a été confirmée par l'enquête européenne menée dans le cadre du projet, qui a montré la difficulté de transférer directement aux conditions de Haute-Normandie les solutions préconisées dans les autres pays européens qui misent fortement sur le non labour. Cette enquête a toutefois permis de mettre à jour des techniques innovantes comme le semis direct de culture d'hiver dans les résidus d'une culture intermédiaire détruite après récolte d'une culture de printemps récoltée précocement (lin ou pois). Cette technique doit toutefois faire l'objet de tests in situ afin de s'assurer qu'elle n'induit pas de problème agronomique notoire (ex. : développement de limaces).

Les références acquises sur parcelles expérimentales ont permis de caler les paramètres d'un outil de diagnostic des risques de ruissellement. L'outil s'appuie sur la méthode des "curve number" mise au point par les services de conservation des sols des Etats-Unis, qui permet d'associer un niveau de ruissellement à un niveau de pluie via une fonction polynomiale déterminée par une valeur : le curve number. Ce curve number varie de 40 à 100 sachant qu'une surface est d'autant plus ruisselante que le curve number est élevé. Nous avons adapté la méthode des curve number pour tenir compte des évolutions de sensibilité au ruissellement dues à la dégradation de la surface (fortement marquée sur sol battant) ou à sa protection par le couvert. Dans son fonctionnement, l'outil de diagnostic, nommé DIAR (Diagnostic Agronomique de Ruissellement), associe à chaque système de culture des trajectoires de ruissellement basées sur des évolutions de valeurs de curve number qui traduisent une dégradation ou au contraire une amélioration des capacités d'infiltration des parcelles. L'outil a été traduit en programme informatique qui permet de travailler à différents niveaux : à la parcelle pour comparer des systèmes de culture, à l'exploitation pour discuter de changement de système de culture, au bassin versant considéré comme un ensemble d'exploitations agricoles afin de repérer les types d'exploitations contribuant majoritairement au ruissellement. L'outil a été construit uniquement pour des sols limoneux (les plus touchés), toutefois des pistes ont été ouvertes pour élargir à d'autres types de sol soumis au ruissellement de surface.

La réduction du ruissellement agricole peut se faire en réduisant le ruissellement produit par les parcelles mais aussi en répartissant différemment les cultures dans l'espace du bassin versant une année donnée, afin qu'un éventuel ruissellement amont puisse être infiltré au niveau de parcelles très infiltrantes situées plus en aval, dans l'hypothèse où le ruissellement n'arrive pas de façon concentrée sur ces parcelles aval. La réduction du ruissellement sur les parcelles individuelles peut notamment se faire via l'introduction d'un travail du sol accru (déchaumage en interculture, binage mécanique sur culture) visant à fragmenter la croûte de surface. Ces techniques dont l'efficacité est avérée sont toutefois coûteuses en temps de

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

travail pour les agriculteurs. Face à cette difficulté, nous avons mis au point un outil d'analyse des jours de travail disponibles dans le calendrier des exploitations agricoles, afin d'évaluer les possibilités d'introduction de nouvelles pratiques de travail du sol visant à réduire le ruissellement. Cet outil nommé DAISI (DAILY farm fieldwork SIMulation) a pu être validé pour ses fonctions essentielles sur des données antérieures au programme RDT. DAISI n'a toutefois pas fait l'objet d'applications sur site dans le cadre du programme RDT. Parallèlement à la recherche de réduction du ruissellement sur les parcelles individuelles, nous nous sommes aussi intéressés aux possibilités de modification des modalités d'allocation des cultures aux parcelles dans le respect des règles mobilisées par les agriculteurs (zone cultivable pour chaque culture, délai de retour minimum sur une parcelle, précédent souhaité ou évité...). Ces principes qui avaient été établis dans le cadre de la thèse d'A. Joannon (2004) en Pays de Caux ont pu être remobilisés dans un autre contexte (Somme). Par ailleurs, l'analyse in situ d'une démarche d'assolement concerté a montré l'intérêt de fixer deux dates de concertation entre agriculteurs, en lien avec la temporalité des décisions relatives à la construction des assolements individuels et collectifs. Dans une optique de simplification de la démarche, nous avons proposé un indicateur de la marge de manœuvre dont disposent les agriculteurs pour modifier la localisation de leurs cultures une année donnée. Cet indicateur permet de cibler plus rapidement les agriculteurs pour lesquels les modifications seront techniquement plus faciles que chez d'autres.

La mise en place d'aménagements hydrauliques de laminage de crue est une solution souvent mise en œuvre par les syndicats de bassin versant pour réduire les risques de coulée de boue, mais leur implantation ne peut être envisagée avec des frais d'entretien et de curage raisonnables que si le territoire agricole en amont est lui aussi traité afin de réduire les émissions d'eau boueuse. En complément des aménagements hydrauliques, les gestionnaires de terrain doivent donc réussir à maintenir ou à créer des herbages dans des zones stratégiques pour protéger les ouvrages de l'envasement. Ils sont alors confrontés aux questions suivantes : Quelles zones faut-il convertir en herbage ? Pour quel taux de maîtrise du ruissellement et de l'érosion ?

Dans le cadre de ce projet RDT, nous avons proposé d'utiliser le modèle STREAM pour faire un état des lieux de la sensibilité au ruissellement et à l'érosion du bassin versant et pour tester par simulation un schéma optimisé de localisation d'aménagements (bandes enherbées et prairies inondables) tout en estimant leur efficacité relative. Après l'acquisition des données nécessaires pour alimenter le modèle (Modèle Numérique d'Altitude obtenu par digitalisation des courbes de niveau et des points cotés des cartes IGN au 1/25 000, Occupation du sol de chaque parcelle par suivi de terrain pour trois périodes – décembre 2004, juin 2004 et 2005), en lien avec le Syndicat Mixte des Bassins Versants du Dun et de la Veules (Seine-Maritime), nous avons modélisé le comportement de la partie amont du bassin versant Veules Ouest (980 ha). Sur ce bassin, les principaux enjeux sont de limiter la turbidité et la sédimentation dans le lit de la rivière Veules et sur la plage et de réduire la turbidité au captage d'eau potable ainsi que les inondations de voirie et de maisons à Veules-les-Roses. Pour ce site nous avons modélisé l'effet de 5 événements pluvieux représentatifs des conditions climatiques de la zone d'étude. Ensuite, en utilisant les mêmes événements pluvieux, deux scénarii de modification de l'état initial ont été testés. L'un correspond à l'implantation de bandes enherbées et l'autre à la réalisation d'ouvrages de stockage (4 prairies inondables) avec une remise en herbe des abords. Chacune des trois dates d'occupation du sol (décembre 2004, juin 2004 et juin 2005) a été combinée avec les deux scénarii d'aménagements et le modèle a été appliqué pour les cinq pluies, soit 45 simulations avec celles concernant l'état initial.

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

L'implantation de 6 bandes enherbées localisées en différents points du bassin versant et représentant une surface globale de 11,53 ha (soit 1,2 % du bassin versant) permet de réduire le ruissellement à l'exutoire de 10 à 68 %. Une réduction de 100 % est obtenue pour 5 des 6 bandes enherbées pour la pluie la plus faible (12.2 mm). L'efficacité des bandes enherbées est variable selon leur taille et leur localisation, la configuration du bassin versant amont et les caractéristiques des événements pluvieux. L'efficacité est réduite avec les événements les plus intenses et la configuration d'état de surface la plus dégradée qui entraînent un dépassement des capacités de ré-infiltration des bandes enherbées. Bien sûr, leur localisation doit être étudiée de façon précise afin qu'elles interceptent bien le flux d'eau et de sédiment. La divagation du ruissellement, variable selon la rugosité induite par les motifs agraires, peut nécessiter un élargissement des bandes enherbées qui les rend plus consommatrices d'espace.

Les résultats obtenus à l'exutoire montrent que les prairies inondables permettraient d'intercepter une grande partie du ruissellement amont (réduction de 76 à 99 % selon les pluies simulées). Cependant, l'érosion en amont des prairies inondables est très importante. Elle pourrait représenter plus de 20 % du volume de stockage de certains ouvrages suite aux trois pluies survenues sur le bassin versant à l'automne 1993. C'est pourquoi l'enherbement en amont est indispensable.

L'étude réalisée a montré que l'utilisation de STREAM présente de nombreux avantages pour anticiper des problèmes et tester certaines solutions. Il peut facilement être utilisé comme outil de sensibilisation des acteurs, en leur permettant de visualiser les éventuels impacts des aménagements envisagés à partir de la comparaison des cartes de ruissellement érosif avant et après implantation fictive de l'aménagement. Le modèle doit encore être amélioré au niveau de la prédiction des pertes en terre et son développement doit se poursuivre pour lui permettre d'intégrer facilement des aménagements variés. Notons qu'en parallèle de ce travail sur la localisation des bandes enherbées, un outil informatique simple (feuille Excel) a aussi été proposé par l'AREAS pour mieux définir la forme des bandes enherbées en fonction des caractéristiques hydrologiques du bassin versant.

Résultats du volet économique

Vers une meilleure estimation des coûts

La première phase a permis de dégager trois types de pratiques qui ont fait l'objet de simulations : les cultures intermédiaires, l'enherbement de parcelles ou de bandes localisées et le travail du sol (seul le désherbage mécanique est admis par les agriculteurs). Une forte variabilité du coût des pratiques a été mise en évidence en fonction du niveau d'intensification des itinéraires techniques et des critères considérés (notamment le travail). Les aides existantes (mesures CAD et mesures départementales) offrent une faible flexibilité de choix techniques aux agriculteurs, couvrant des itinéraires pouvant être qualifiés d'extensifs. Le soutien des pratiques agricoles favorables à la réduction du ruissellement constitue un coût relativement conséquent à l'échelle du bassin versant, laissant apparaître une nécessité de concertation entre les agriculteurs et la collectivité pour une localisation pertinente des pratiques en fonction de la vulnérabilité des parcelles au ruissellement érosif. Ces éléments de décision ont été transmis à la collectivité territoriale concernée.

Dans la première phase on testait différents niveaux d'adoption des nouvelles pratiques par les agriculteurs (% de la SAU). Dans la deuxième phase, partant de l'exemple de l'implantation des cultures intermédiaires, on a comparé cette approche dite globale (seuil retenu de 50 % de cultures intermédiaires sur la SAU totale des exploitations d'un bassin versant) avec une approche par blocs dans laquelle on ne cherche à mettre des cultures intermédiaires que sur les parcelles du bassin versant étudié. Pour une exploitation agricole moyenne, sur un pas de

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

temps correspondant à une rotation, l'approche globale et l'approche par blocs permettent d'évaluer des coûts équivalents. Cependant pour une année donnée, les deux approches donnent des résultats différents qui pourraient être pris en compte pour une aide individualisée ou mieux ciblée. A l'usage, on préconise que l'utilisation de l'une ou l'autre méthode (approche globale ou par blocs) dépende du degré de précision recherché et de la prise en compte partielle ou totale de la réalité du terrain. Ainsi l'approche globale est adaptée dans les cas de grandes surfaces de territoire à caractériser ou d'étude préliminaire. L'approche par blocs est opérationnelle pour des chiffrages précis et ciblés (stade de négociation avec les agriculteurs).

La troisième phase portait sur la mise au point de l'outil d'évaluation. Les exemples traités montrent que le logiciel Olympe constitue un outil pertinent pour l'évaluation des coûts de lutte contre le ruissellement via les pratiques culturales sur des espaces de surface variable. Olympe n'a toutefois pas été conçu pour cette seule utilisation et la nécessité de saisir les données sur les systèmes de culture des exploitations peut apparaître trop complexe ; et le logiciel nécessite de fait une phase d'adaptation/simplification pour être utilisable par le plus grand nombre et permettre d'évaluer facilement le coût de pratiques agricoles aux différentes échelles abordées lors de l'étude ainsi que le temps de travail exigé. L'objectif serait notamment d'arriver à ce que l'utilisateur puisse construire aisément un itinéraire technique, et sélectionner différents paramètres à intégrer dans le coût de la pratique, parmi une liste de possibilités. Il devrait aussi pouvoir réaliser des comparaisons entre différents itinéraires techniques et définir aisément son échelle de travail, à savoir la surface sur laquelle le coût est évalué (approche globale ou par blocs).

Modélisation de nouvelles organisations économiques

Lors des sessions d'économie expérimentale conduites avec les agriculteurs, nous avons observé que l'instrument taxe ambiante était relativement efficace pendant les quinze premières périodes (sur trente), dans le sens où l'optimum social y est approximativement atteint. L'efficacité de l'instrument s'est dégradée en revanche légèrement par la suite, dans la mesure où les agents tendaient à fournir des niveaux d'efforts « excessifs » par rapport à l'optimum social.³

- Résultats du débriefing :

- Sur l'expérience elle-même, les participants expriment un sentiment plutôt mitigé. D'une part, la contextualisation semble pour certains insuffisante et artificielle. Il leur manque des repères à travers lesquels ils appréhendent habituellement leur univers de travail (taille de l'exploitation, position dans le bassin versant). D'autre part, l'expérimentation ne donne pas la possibilité aux exploitants de se concerter pour prendre leurs décisions, ce qui n'est pas conforme à la réalité.
- Sur le dispositif économique proposé, la perspective de la mise en place d'un tel instrument est vivement critiquée : c'est une fois de plus aux agriculteurs de fournir des efforts ; cette taxe est injuste car elle constitue une punition collective.

Concernant la question de l'échelle, nos principales conclusions conduisent à une préférence pour une échelle qui ne dépasse pas celle du bassin versant. Par ailleurs, il est nécessaire que

³ Contrairement à l'intuition, des efforts excessifs ne sont pas nécessairement bénéfiques pour la société : ils permettent certes de réduire les dommages dus aux coulées de boue, mais n'en restent pas moins coûteux pour les exploitants. Le concept d'« optimum social » exprime précisément le juste équilibre entre les gains environnementaux et les coûts générés par les efforts des exploitants.

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

les contraintes techniques et économiques régissent le niveau administratif auquel est gérée la politique et non l'inverse.

Résultats du volet sociologique

Les agriculteurs sont actuellement dans leur majorité en fort déni de leur responsabilité dans les phénomènes de ruissellement et d'érosion. Les obstacles sont constitués, d'abord, par leur difficulté à percevoir les effets de leurs actions, sur une échelle plus large que le périmètre de leur exploitation, ensuite, par leur réticence à discuter d'assolement concerté avec leurs voisins, en l'absence d'un support de médiation et d'échange permettant de décrire les pratiques ou les états de parcelle de chacun. Les agriculteurs distinguent dans un bassin versant différentes façons de produire. Les relations techniques entre agriculteurs sont analysées en liaison avec ces façons de produire. Ces relations sont denses au niveau d'un bassin versant. Une réflexion doit avoir lieu sur leur utilisation possible pour impulser une mobilisation collective face aux risques. Il est également nécessaire de trouver une cohérence dans l'attribution des aides aux agriculteurs, de façon à mieux les responsabiliser à propos des effets de leurs pratiques sur le ruissellement et l'érosion, et à éviter que des pratiques favorables (maintien des prairies) ne soient pénalisées.

En ce qui concerne les animateurs agricoles, l'analyse a permis d'identifier des enjeux d'expertise à la fois différents et semblables. D'une part, la nature des connaissances privilégiées diffère selon les fins (conduite de cultures ou hydraulique douce) ou les moyens (négociation individuelle ou recherche de moyens de pression sur le bassin versant) que les animateurs se donnent. D'autre part, les quatre registres d'expertises identifiés (technique agricole, contextes locaux, réseau d'alliés, cadre réglementaire) sont des enjeux pour tous, car ils conditionnent l'exercice de leur fonction d'animation agricole.

Si les outils tels que STREAM, DIAR ou le diagnostic exploitation constituent potentiellement des dispositifs de révélation des risques vécus sur le terrain et des supports de dialogue entre les acteurs locaux pour les prévenir, leur usage comme dispositifs de surveillance des actions engagées risque d'altérer le maintien de la dynamique d'échange qu'ils auront contribué à instaurer.

IMPLICATIONS PRATIQUES, RECOMMANDATIONS, REALISATIONS PRATIQUES, VALORISATION

- Implications pratiques :

La plupart des résultats du volet technique ont une implication pratique directe dans la mesure où ils sont directement mobilisables par les acteurs locaux (références sur les pratiques culturelles, outils de diagnostic co-construits par des chercheurs et des agents de développement). Il en est de même de certains aspects des volets sociologique (méthodes d'analyse des réseaux d'agriculteurs) et économique (utilisation du logiciel Olympe pour l'évaluation économique).

- Recommandations et limites éventuelles :

Les références expérimentales obtenues sur les pratiques culturelles se limitent à des situations sur limon. Il en résulte que l'outil DIAR basé sur ces références n'est actuellement utilisable que pour des sols limoneux. Dans sa version actuelle, le modèle STREAM rend encore insuffisamment compte des phénomènes érosifs, de même qu'il ne peut pas intégrer l'effet de tous les aménagements hydrauliques envisageables dans de petits bassins versants.

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

Les résultats mitigés sur la recherche de nouveaux dispositifs économiques nous conduisent aussi à émettre des recommandations de prudence :

- D'une part, l'instrument s'avère relativement efficace, conformément aux études passées sur la taxe ambiante. Toutefois le nombre d'observations dont nous disposons nous incite à considérer ce résultat avec prudence, d'autant plus que l'efficacité se dégrade au cours du temps. Ce résultat suggère que l'instrument ne doit peut-être pas être appliqué pendant une durée trop prolongée puisque les agents pourraient finir par l'exploiter stratégiquement.
- D'autre part, les participants nous ont clairement indiqué leur réprobation sur l'introduction d'un tel instrument. Ils préfèrent deux alternatives : une solution centralisée et uniforme (l'Etat impose des mesures) ; une solution collective sous contrainte (c'est aux agriculteurs, forts de leur savoir pratique, de s'organiser collectivement, l'engagement de tous pouvant le cas échéant être obtenu en brandissant la menace d'une action autoritaire du préfet).
- Il est alors utile, comme nous l'avons fait dans le système combiné taxe/fonds d'indemnisation, de laisser plus de place à l'action des agriculteurs. Cela a été envisagé en leur permettant de révéler volontairement leurs pratiques, ceci afin de bénéficier d'une réduction de la taxe ambiante qui leur serait propre.

Du volet sociologique, il commence à se dessiner une proposition pour décrire un fonctionnement sociologique des agriculteurs dans un bassin versant. La finalisation sous la forme d'une méthode pour le décrire, utilisable par les animateurs de bassin versant, doit se poursuivre avec leur collaboration. Il ressort aussi l'importance de favoriser la montée en compétences des animateurs agricoles de bassin versant, qui devraient être des médiateurs privilégiés de l'appropriation locale des outils conçus dans le programme DIGET-COB. Cet accroissement d'expertise ne peut être efficient que par l'inscription de leur action dans de véritables "scènes locales des risques" qui soient des instances où l'ensemble des acteurs concernés (décideurs et experts régionaux, élus, syndicats de bassin versant et agriculteurs) se coordonnent autour de l'évaluation et de la prévention des risques de ruissellement. La mobilisation ne nous semble pouvoir être effective que si les uns et les autres se sentent pris dans un même dispositif qui les contraint à se mobiliser face une urgence. L'absence d'inondation catastrophique depuis quelques années a fait perdre beaucoup de vigueur à la dynamique d'action collective, initiée à la fin des années 90. Il faut retrouver les moyens de sensibiliser les uns et les autres à la permanence de cette urgence. Des initiatives vont aujourd'hui dans ce sens, comme celle du conseil général qui cherche à initier une meilleure articulation entre le volet protection des biens et des personnes et le volet gestion de la ressource en eau, celle de l'agence de l'eau et celle de l'AREAS qui soutiennent une expérimentation d'envergure menée dans le bassin versant de l'Yères, sur les différentes thématiques du risque de ruissellement.

Notons par ailleurs que tous les raisonnements conduits sur le territoire agricole dans le programme DigetCob l'ont été indépendamment des puissants moteurs d'évolution de l'occupation des sols agricoles qui conditionne fortement le niveau global de ruissellement. Parmi ces facteurs il y a notamment l'évolution des filières agricoles locales⁴, celle de la réglementation environnementale⁵ ainsi que celle de la politique agricole commune et du

⁴ Les surfaces en lin se sont notamment fortement accrues sur la durée du projet du fait de la forte demande de l'industrie textile Chinoise. Le développement de ces surfaces n'est pas sans conséquences sur l'évolution des risques de ruissellement. Parallèlement l'avenir de la filière sucre française n'est pas du tout assuré. Sachant qu'il ne reste plus qu'une sucrerie en Seine-Maritime, la culture de la betterave à sucre pourrait très bien disparaître du Pays de Caux d'ici quelques années.

⁵ Lors de son passage en Seine-Maritime en 2005, la ministre de l'environnement et du développement durable a accepté le principe de mise en place de contraintes pour les pratiques agricoles dans le cadre des PPRI (Plans de Prévention des Risques Inondation). Ces contraintes pourraient notamment s'appuyer sur l'article 21 de la loi sur l'eau de décembre 2006. Dans le même temps la révision du SDAGE par

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

développement souhaité des cultures énergétiques⁶. C'est à ce titre qu'un nouveau projet de recherche a été soumis au programme RDT afin d'explicitement prendre en compte ces déterminants et construire des stratégies d'adaptation à des évolutions jugées par trop négatives pour la maîtrise des ruissellements érosifs. Ce projet intitulé AcTerre (Anticiper et accompagner des évolutions de TERRritoires agricoles sensibles aux coulées boueuses) s'appuie sur la méthode prospective développée par Sebillotte et Sebillotte (2002)⁷ qui mobilisera les experts et décideurs locaux pour définir des futurs possibles pour l'évolution des assolements du Pays de Caux. Ce programme remobilisera par ailleurs les outils déjà mobilisés pour DigetCob (modèle STREAM) ou initiés par DigetCob (DIAR, DAISY), le tout en lien avec les conseillers de terrain qui restent une cible privilégiée de nos travaux.

- Réalisations pratiques et valorisation :

Le travail mené dans le cadre de ce projet a permis de générer trois outils informatiques pouvant apporter une aide au raisonnement des changements techniques :

- l'outil DIAR permet de rendre compte de l'impact des pratiques culturales sur la production de ruissellement au cours d'une année culturale
- l'outil DAISI permet d'évaluer les possibilités qu'ont les agriculteurs d'intégrer de nouvelles pratiques culturales entrant en compétition avec les pratiques actuelles pour les temps de travaux
- une feuille Excel permet de calibrer la forme d'une bande enherbée en fond de talweg en fonction des paramètres hydrologiques du bassin versant.

Par ailleurs on a pu montrer l'intérêt que pouvaient avoir des structures de développement à utiliser le modèle STREAM.

Enfin un colloque de restitution des résultats du programme organisé en février 2007 a été à l'origine de groupes de travail entre chercheurs et animateurs de bassin versant. Ces groupes de travail sont basés sur l'utilisation/amélioration des outils forgés dans le cadre du programme.

PARTENARIATS MIS EN PLACE, PROJETS, ENVISAGES

L'émergence du programme DIGET-COB résultait de la préexistence d'un partenariat fort entre structures de recherche (INRA) et structures de développement (AREAS, chambre d'agriculture). La mise en place effective de ce programme a permis de développer de nouveaux partenariats entre les structures de recherche et les structures membres du comité de pilotage (DRDAF, agence de l'eau, DIREN et conseil général). Des relations ont aussi été établies entre des équipes de recherche qui ne se connaissaient pas ou peu à l'origine (ESITPA/INRA/BETA). Ces différents partenariats ont débouché sur la proposition d'un nouveau projet de recherche (AcTerre), la définition et le financement d'un sujet de thèse. Ce travail a aussi permis de développer plusieurs séquences de formation d'ingénieurs agronomes ancrées sur le Pays de Caux.

POUR EN SAVOIR PLUS (QUELQUES REFERENCES)

rapport à la directive cadre eau va vraisemblablement conduire à l'obligation d'implantation de cultures intermédiaires sur l'ensemble des zones vulnérables aux nitrates (= ensemble de la Seine-Maritime) rendant inéligible les subventions pour cette pratique par l'agence de l'eau.

⁶ Pour ne citer que deux exemples, la France a affiché un objectif de 10% d'incorporation d'agrocarburants en 2015, ce qui risque de se traduire par une augmentation des surfaces en colza ; parallèlement l'avenir de la filière laitière avec la suppression programmée des quotas laitiers laisse planer des inquiétudes sur l'évolution des surfaces en herbe.

⁷ Sebillotte M., Sebillotte C. «Recherche finalisée, organisations et prospective : la méthode prospective SYSPAHMM (SYStème, Processus, Agrégats d'Hypothèses, Micro- et Macros scénarios)». OCL, vol.9, n°5, 2002, pp.329-345

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

Cartier S., 2002. Chronique d'un déluge annoncé : Crise de la solidarité face aux risques naturels. Grasset ed. 373 p.

Auzet A.-V., Le Bissonnais Y., Souchère V., 2006. France. In Soil erosion in Europe. Poesen J. & Boardman J. Editors, ed. Wiley. 805 p. pp 369-384.

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-Oudoux C., Martin P., Planchon O., Rajot J.-L., Revel J.-C., 2005. Chapitre 25, L'érosion des sols. In : Girard M.C. (coord.), Sols et environnement, Cours et Etudes de cas. Dunod, coll. Sciences Sup. 832 p. pp 563-582.

LISTE DES OPERATIONS DE VALORISATION ISSUES DU CONTRAT (ARTICLES DE VALORISATION, PARTICIPATIONS A DES COLLOQUES, ENSEIGNEMENT ET FORMATION, COMMUNICATION, EXPERTISES...)

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Publications scientifiques parues

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, n°43, p. 33-42.

Publications scientifiques à paraître

Publications scientifiques prévues

Auzet A.-V., Spaeter S., 2007. Muddy flow risk management : the technical and economic scale constraints.

Barbier R., Cochard F., Rozan A., 2007. Taxe ambiante : un outil adapté à la lutte contre les coulées de boue ? Une étude expérimentale. En préparation pour les *Cahiers d'Economie et de Sociologie Rurale*.

Martin P., Ouvry J.-F., Bockstaller C. Assessing runoff in arable fields by means of an indicator : development and evaluation of the calculation method. Devrait être soumis à Land Degradation and Development Journal en juillet 2007.

Spaeter S., Cochard F., Rozan A., 2007, "Some economic insights about (ex ante) prevention and (ex post) compensation related to muddy flood risks", soumis à Environmental, Science & Policy.

COLLOQUES

Participations passées à des colloques

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)

Organisation d'un colloque de restitution des travaux aux acteurs de terrain les 1 et 2 février 2007 à Rouen

(Actes disponible en ligne à l'adresse :)

http://www.rdtrisque.org/projets/digetcob/bib/colloque_rouen_2007/

Barbier R., Cochard F., Rozan A., 2007. Taxe ambiante : un outil adapté à la lutte contre les coulées de boue ? Une étude expérimentale. Association Française de Sciences Economiques : Lyon, France (Mai 2007). 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.

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

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 and 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.

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., 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.

Martin P., Ouvry J.-F., 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.

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

Bourgain O., Michaud M., Merle F., 2007. Analyse des coûts de mise en œuvre de techniques limitant le ruissellement. Colloque RDT DIGET-COB : Réduire le ruissellement sur le territoire agricole : quels outils pour quelles perspectives ? Bois-Guillaume, France, 1^{er} et 2 février 2007. Présentation orale et atelier thématique (Olympe : un outil d'analyse économique au service de l'environnement).

Bourgain O., Michaud M., 2006. Assessment of the economic impact on farms of the agricultural practices allowing the limitation of erosive run-off on the Neubourg Plateau (France). Strasbourg, France, 7 et 8 April 2006. Présentation orale et communication écrite.

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

Spaeter S., Cochard F., Rozan A., 2005. "Some economic insights about (ex ante) prevention and (ex post) compensation related to muddy flood risks", workshop on "The socio-economic aspects of soil erosion", Strasbourg, 6-7 avril 2005.

Spaeter S., 2007. Gérer l'avant et l'après coulée de boue : *Quels outils pour quelles incitations ?*, Colloque Réduire le ruissellement sur le territoire agricole : quels outils pour quelles perspectives ? Cité de l'agriculture, Bois-Guillaume (76), 1er et 2 février 2007.

Spaeter S., Auzet A.-V., 2007. Muddy flow risk management : the technical and economic scale constraints, workshop "The role of socio-economics in soil erosion", Muencheberg, 29-30 mars 2007.

Spaeter S., 2005. Organisation du workshop "The socio-economic aspects of soil erosion", Strasbourg, 7-8 avril 2006, avec J. Schuler (ZALF, Muencheberg).

Spaeter S., 2007. Co-organisatrice (avec J. Schuler, ZALF Muencheberg) du workshop "The role of socio-economics in soil erosion", Muencheberg, 29-30 mars 2007.

Participations futures à des colloques

THESES

Thèses passées

Thèses en cours

Romain Armand (démarrage en 2005 ?)

Céline Ronfort « Nouvelle organisation des systèmes de culture et risques en matière d'érosion suite aux recompositions des marchés de la betterave à sucre et du colza diester » (démarrage en novembre 2006)

ARTICLES DE VALORISATION-VULGARISATION

Articles de valorisation parus

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.

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

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 orale 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 realisE (Réseau des laboratoires alsaciens en ingénierie et sciences pour l'environnement), Strasbourg, 17 juin 2005.

Articles de valorisation à paraître

Articles de valorisation prévus

AUTRES ACTIONS VERS LES MEDIAS

Actions vers les médias
(interviews...) effectuées

Actions vers les médias prévues

ENSEIGNEMENT - FORMATION

Enseignements/formations dispensés

Enseignements/formations prévus

EXPERTISES

Expertises menées

Expertises en cours

Expertises prévues

METHODOLOGIES (GUIDES...)

Méthodologies produites

Méthodologies en cours d'élaboration

Méthodologies prévues

AUTRES

Rapports d'étudiants

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

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 les 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. 2ème 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 1ère 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.

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

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. 60 pp + annexes. (encadré par C. Bockstaller).

RESUMES

En français

RESUME

Le projet DIGET-COB a porté sur la maîtrise du ruissellement agricole en amont des zones urbaines vulnérables aux coulées boueuses. Ce projet, qui s'appuyait sur trois régions de grande culture sur sols limoneux (Haute-Normandie, Picardie et Alsace), comportait trois volets complémentaires : technique, économique, sociologique. La partie technique a permis de renforcer un réseau de mesure du ruissellement sur parcelles agricoles. Le traitement des données issues de ce réseau, complétées par une enquête au niveau européen, a conduit à des préconisations techniques diffusées auprès des conseillers agricoles. Ces résultats ont aussi servi de base à un outil, DIAR ou Diagnostic Agronomique de Ruissellement, que nous avons conçu et qui permet de tester les effets d'évolutions de systèmes de culture sur la dynamique intra annuelle de ruissellement. Au niveau du bassin versant, nous avons mis au point une méthode opérationnelle de calibrage des bandes enherbées protégeant les talwegs de l'érosion. Nous avons proposé des outils permettant de limiter l'émission de ruissellement à l'exutoire des bassins versants, que ce soit via l'introduction de travaux culturaux supplémentaires (outil DAISI d'analyse des jours disponibles) ou le raisonnement concerté des assolements entre plusieurs agriculteurs que nous avons testé in situ. La partie économique a permis de mieux évaluer la variabilité des coûts de modification des pratiques agricoles selon les modalités techniques retenues. Elle a aussi permis de proposer des esquisses d'organisations collectives basées sur l'association d'une taxe ambiante et de dispositifs d'assurance volontaires. Ces dispositifs ont montré un réel intérêt lors de simulation faites avec de vrais agriculteurs en économie expérimentale. La partie sociologique a mis en évidence l'existence de réseaux de discussions locaux entre agriculteurs potentiellement porteurs de diffusion d'innovation technique. Elle a aussi permis d'éclairer les réseaux relationnels mis en place par les animateurs de syndicats de bassin versant afin de mener à bien leur action.

MOTS CLES

COULEES BOEUSES, RUISSELLEMENT, AGRICULTEURS, CONSEILLERS, INNOVATION, PRATIQUES CULTURALES, BANDES ENHERBEES, BASSIN VERSANT

In English

ABSTRACT

1/2-1 page

The main issue of the DIGET-COB project was the control of the agricultural runoff upslope of urban zones prone to muddy floods. The work was conducted in 3 regions with loamy soils mainly dedicated to intensive farming systems (winter wheat, sugar beet, potatoes...), Haute-Normandie, Picardie and Alsace. The project was based on 3 work packages (technical, economic and sociological). The technical work package was conducted with local agricultural extension services. It allowed the acquisition of runoff references for the main cropping systems of the studied regions. The collected data were used for the conception of a runoff assessment tool called DIAR (Diagnostic Agronomique de Ruissellement). DIAR can assess the runoff-impact of current cropping system, but it can also be used to test the extension of some good or rather bad cultivation practices. At the catchment level we proposed a new method for the calibration of grass strips aiming at protecting soil from

Elaboration et mise en œuvre de dispositifs pour la gestion de territoires générant des coulées boueuses (DIGET-COB)

concentrated erosion in valley bottom. We also proposed methods to limit the runoff quantity at the outlet of agricultural catchments. These methods are based on cropping systems changes. Some changes are based on additional cultivation interventions in relation with the work time management at the farm level. This can be done using the model DAISI (for the available time analysis). Others changes are based on changes in cropping system spatial organisation. One part of the economic work package was about the cost-variability analysis of some potential changes in cultivation practices. The other part was about the design of some new socio-economic organisations associating an ambient tax with voluntary insurance systems. These new organisations appeared interesting considering the results of some simulation done in experimental economy, but some sociological factors may limit their extension. The sociological work package showed that there was some social network, in which farmers were implied, that can be used for the extension of some new good practices for runoff limitation. It has also been showed that the local advisers were in different types of social network that could induce different functioning.

KEY WORDS

MUD FLOWS, RUNOFF, FARMERS, ADVISERS, INNOVATION, AGRICULTURAL PRACTICES, GRASS STRIPS, CATCHMENT BASIN

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

RAPPORT FINAL
(septembre 2004-juin 2007)

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 d'Ingénieurs et Techniciens Pour 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

Volet 1. Caractérisation du ruissellement érosif et maîtrise agricole de la parcelle au petit bassin versant agricole	3
a. Mise au point d'indicateurs de risque de ruissellement agrégés au niveau de l'exploitation agricole et du bassin versant	4
Références bibliographiques citées	13
b. Production de données au niveau parcellaire	15
c. Etablissement d'un bilan des pratiques culturales anti-ruissellement utilisées en Europe	37
d. Test in situ d'un outil d'amélioration de l'organisation spatiale des systèmes de culture	44
Volet 2. Evaluation et maîtrise économique de l'aléa ruissellement érosif	66
a. Vers une meilleure estimation des coûts	66
b. Evaluation des dispositifs économiques actuels et potentiels	71
Volet 3. Le contexte et les conditions sociales de la maîtrise du ruissellement agricole	79
Introduction	79
A. Analyse des réseaux sociaux d'agriculteurs au niveau d'un petit bassin versant (Anne Mathieu)	80
B. Confrontation entre savoirs experts et savoir-faire locaux, à l'échelle d'un petit bassin versant (François Hochereau)	88
Conclusions	95
Point sur la coordination du programme	97
Coordination entre zones géographiques	97
Coordination interdisciplinaire	98
Coordination avec les partenaires institutionnels locaux	98
Rappel des principaux résultats et conclusion générale sur le programme Diget-Cob	98
 Annexe (Rapport complet volet 3b, F. Hochereau)	 -----105

Introduction

Ce projet s'inscrit dans la thématique des coulées boueuses qui constituent un problème récurrent dans un nombre croissant de régions françaises. Les coulées boueuses sont notamment très présentes dans les zones limoneuses avec une orientation grande culture du Nord de la France, alors que les conditions topographiques et l'intensité des pluies sont généralement modérées. C'est dans ces zones, essentiellement la Haute-Normandie, que s'est concentré notre travail. La lutte contre les coulées boueuses passe par une meilleure protection des zones inondables. Celle-ci n'est durablement assurée que si les stratégies intègrent des mesures de prévention limitant le ruissellement et l'érosion des sols en amont sur le territoire agricole. C'est dans cette voie « préventive » que s'est inscrit notre travail de recherche. Ce travail a démarré alors que des progrès importants avaient été obtenus en ce qui concerne l'avertissement de crue, la protection des zones vulnérables et la maîtrise de la vulnérabilité. En revanche la prévention du ruissellement à la source sur le territoire agricole était un domaine pour lequel on disposait encore de trop peu d'outils et méthodes.

Les terrains sur lesquels nous avons travaillé ont été retenus du fait de leur similitude quant à la mise en place des stratégies de lutte contre le ruissellement érosif. Dans tous les cas on note la présence *d'experts régionaux*. Ces experts, peu nombreux, sont souvent relayés sur le terrain auprès des agriculteurs par les *Chambres d'agriculture*. Les faibles effectifs des Chambres dans ce domaine (1 ou 2 personnes par département) ne permettent cependant pas un conseil rapproché des agriculteurs. Cette situation tend à évoluer avec la multiplication des postes *d'animateurs agricoles de bassin versant*. Ceci est particulièrement net en Seine-Maritime où le territoire a été structuré en 22 syndicats de bassin versant. Les animateurs de syndicat sont fortement sollicités par les élus dès que des coulées boueuses surviennent. Ils ont alors recours aux Chambres d'agriculture et aux experts qui se sentent parfois dépassés et ne savent pas nécessairement comment renouveler leur expertise. Les outils développés par la recherche peuvent dans une certaine mesure aider à renouveler cette expertise, tout en fournissant des bases de discussion communes entre les acteurs. Inversement, la confrontation entre produits de la recherche et gestionnaires de terrain peut conduire à renouveler les questions de recherche.

La question scientifique du ruissellement érosif sur les terres agricoles est une question récente puisqu'on peut dater son émergence en France et en Europe à la fin des années 70 (colloques de Strasbourg et de Ghent en 1978). De la fin des années 70 au début des années 2000, de nombreux résultats ont été obtenus tant en ce qui concerne la compréhension des mécanismes biophysiques, des déterminants agronomiques de ces mécanismes, et plus récemment des marges de manœuvre techniques et socio-économiques des agriculteurs quant à la réduction des risques de ruissellement. Ces résultats ont fait l'objet de publications scientifiques dont le public cible n'est pas les gestionnaires de terrain. Par ailleurs, les sorties les plus abouties des recherches correspondaient à des modèles informatisés nécessitant un niveau scientifique et un équipement importants pour être manipulés. Depuis quelques années la situation a sensiblement évolué. Les matériels de mesure du ruissellement sont devenus accessibles aux structures d'encadrement agricole, ce qui leur permet d'élaborer des références pour répondre aux questions techniques qui leur sont posées. Par ailleurs les modèles informatisés qui tournent maintenant sous de simples PC ont une interface plus ergonomique qui permet une prise en charge plus aisée par des non spécialistes (ex. du modèle STREAM). Au début du projet, on était donc en passe de voir des outils scientifiques utilisés par des structures de développement pour aider à résoudre la question des coulées boueuses. Ces outils demandaient toutefois une mise au point en adéquation avec les besoins

et pratiques actuelles des acteurs de terrain (experts, conseillers de Chambre, animateurs agricoles, agriculteurs) ; besoins qu'il fallait par ailleurs mieux cerner. Enfin, la modification des pratiques ne pouvait être envisagée sans une prise en compte explicite des conséquences économiques et sociologiques que cela pouvait impliquer aux différents niveaux de décision (agriculteurs, collectivités territoriales, sinistrés). C'est dans cette logique que les 3 volets de notre projet ont été construits :

- un volet technique (volet 1) qui visait à définir des outils et méthodes permettant de raisonner l'effet des actes techniques, tels que les pratiques culturales ou la mise en place de petits aménagements hydrauliques, sur les mécanismes de ruissellement, de la parcelle au bassin versant.
- un volet économique (volet 2) qui visait à mieux connaître les coûts d'une modification des pratiques agricoles, tout en proposant des dispositifs économiques innovants permettant d'encadrer ces changements de pratiques face à un risque d'inondation boueuse.
- un volet sociologique (volet 3) portant sur les agriculteurs et les décideurs locaux concernés par le sujet afin de préciser la manière dont les échanges d'informations pouvaient structurer des groupes sociaux et conditionner l'évolution des pratiques au sein de dispositifs complexes.

L'objectif était d'apporter des éléments sur chacun des volets tout en montrant qu'il est possible et nécessaire de coordonner ces approches. Le projet portait majoritairement sur la région Haute-Normandie avec des points de comparaison en Alsace et en Picardie. Il s'appuyait 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 a été 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). Les résultats de ce projet ont fait l'objet d'une présentation lors d'un colloque organisé avec le comité de pilotage, à Rouen en février 2007. Ce rapport constitue la synthèse écrite du travail réalisé.

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

Ce volet, essentiellement agronomique, se composait de trois types d'opérations de recherche complémentaires. La parcelle agricole y était 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 a cherché à porter des diagnostics sur le territoire à l'aide d'indicateurs de risque de ruissellement calculés à la parcelle et agrégés au niveau de l'exploitation ou du bassin versant (volet 1.a), ceci nécessitait 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 devaient 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 bassin 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 était d'établir un outil de diagnostic du risque de ruissellement à la parcelle permettant une agrégation au niveau de l'exploitation agricole ou d'un ensemble d'exploitations agricoles exploitant par exemple un même bassin versant. 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'est appuyé 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 seul type de sol (limon battant du Pays de Caux) afin de concevoir un outil informatique opérationnel de saisie et de traitement 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 limité de paramètres, sachant que pour l'établissement des fonctions de production du ruissellement, ce travail s'appuie sur les résultats d'essais régionaux (volet 1.b). L'outil a aussi nécessité 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 (DIAR)

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 exploitations gèrent des ensembles de systèmes de culture différents tant en nature qu'en surface. Le niveau exploitation permet de repérer les agriculteurs qui contribuent le plus au ruissellement global afin de cibler l'action de conseil sur eux. L'entrée par les systèmes de cultures permet de repérer les cultures et les pratiques associées qui contribuent le plus au ruissellement indépendamment des agriculteurs qui les mettent en œuvre. Ceci permet de cibler le conseil par rapport à des pratiques à risque ou au contraire par rapport à des innovations techniques dont on souhaite évaluer l'impact.

Un explorateur de scénarios ouvert

L'outil vise une double finalité, d'une part permettre de faire un état des lieux de la situation actuelle vis-à-vis du ruissellement et d'autre part permettre de tester de la façon la plus ouverte possible des améliorations par des modifications de techniques culturales. Ces améliorations peuvent 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 (cf. volet 1.d). Il est donc important de conserver une gamme d'innovations si on ne veut pas exclure d'office

certain agriculteurs de la démarche et se priver ainsi de substantielles réductions de ruissellement.

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 consiste à faire le cumul des ruissellements produits par chacun des systèmes de culture, compte tenu 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 écrêter en modifiant les interventions culturales. Dans les cas où l'intégration spatiale est le cœur du problème le recours au modèle STREAM est fortement recommandé (cf. volet 1.d).

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, est généré 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, dans l'approche actuelle, 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 (1986), de Ouvry (1990) et de Ludwig (1992), 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 décade de l'année adaptée au couvert semé et à la région d'étude. Par exemple, dans le cas d'un semis de blé d'hiver réalisé en octobre, ce dernier seuil a été fixé pour le Pays de Caux à la première décade 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, décade 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 une 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 conduits 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 sans unité (de 40 à 100)

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 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). 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. Une fois les valeurs de CN des situations de référence établies, nous avons complété la base de données à partir de la connaissance experte des états de surface.

L'encadré 1 présente (1) la manière dont on a pu relier des valeur de CN à des pluies sur la base des essais en parcelle, (2) les différents paramètres à intégrer pour le ruissellement généré par une situation culturelle selon les précipitations considérées, (3) les résultats obtenus

pour les situations culturales associées au blé depuis le semis jusqu'à l'implantation d'une culture intermédiaire après récolte (Martin *et al.*, soumis)

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

Un outil informatique a été mis au point pour mettre en pratique les principes généraux présentés ci-dessus (encadré 2). Cet outil, initialement créé sous la forme d'une feuille de saisie Excel VBA, a par la suite été converti en programme autonome fonctionnant en VBnet. Pour une exploitation donnée, dont on spécifie la surface, l'utilisateur saisit à l'aide de menus déroulants les situations culturales pour chaque couple précédent-suivant du territoire de l'exploitation. L'utilisateur doit ensuite choisir un ensemble de scénarii climatiques (données de pluie quotidienne pour une station et une année donnée) avant de lancer le calculateur.

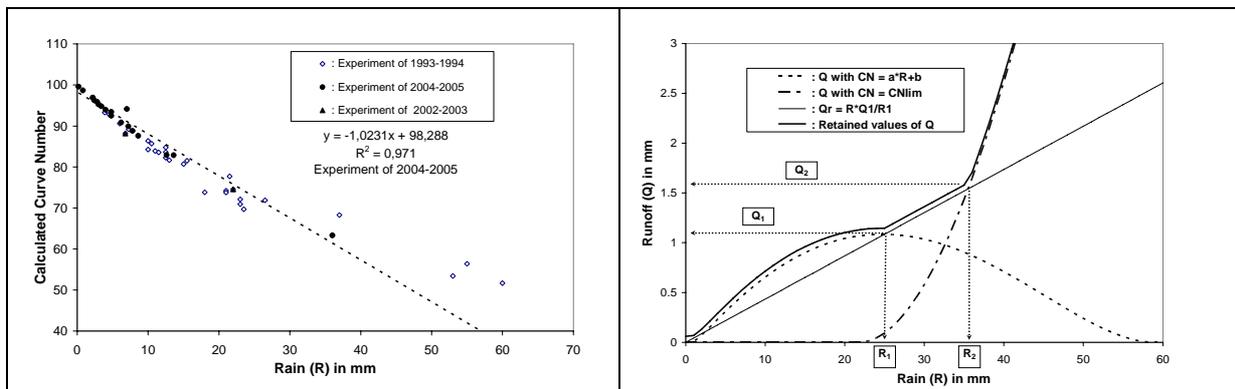
Les résultats sont présentés sous forme de graphes. Ces graphes permettent d'une part de repérer les décades présentant les ruissellements les plus élevés (en tenant compte de la variabilité climatique inter annuelle) ; d'autre part de repérer les systèmes de culture à l'origine de ces ruissellements. 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 prendre en compte un ensemble d'exploitations agricoles. On sélectionne 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'exploitations considéré. Ceci permet de repérer les exploitations qui contribuent le plus au ruissellement de la zone d'une décade à l'autre. Dans une démarche de diagnostic, le passage ultérieur 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. Un module de création de base de données exploitation et système de culture a été créé afin de limiter au minimum la saisie fastidieuse des informations. Une nouvelle exploitation peut ainsi être créée par simple modification d'une exploitation existante et/ou par agglomération de systèmes de culture déjà présents dans une base dont on ne modifie que le strict nécessaire (nature et date de certaines interventions). Les temps de saisie et la pénibilité du travail de l'utilisateur s'en trouvent considérablement réduits.

L'outil ainsi décrit a tout d'abord fait l'objet de tests sur le terrain avec des étudiants (Collectif, 2005 ; Pamies *et al.*, 2005) avant de faire l'objet d'une présentation scientifique (Martin *et al.*, 2005). Il a récemment été utilisé à l'occasion d'un colloque à Wageningen (Ronfort *et al.*, 2006) puis présenté lors du colloque de restitution des travaux du programme RDT en février 2007 (Martin *et al.*, 2007). Cette présentation a été suivie d'un atelier de discussion plus approfondi avec les utilisateurs potentiels de l'outil (conseillers de Chambre, ingénieurs de bureau d'étude, animateurs de bassin versant). Un cercle d'utilisateurs testeurs de l'outil a ainsi pu être constitué. Les premières remontées de ce cercle nous ont conduits à modifier l'outil, afin de créer un indicateur agrégatif de l'information portant sur une année complète pour faciliter une première lecture rapide des résultats sans passer par une analyse des évolutions décade par décade. Cet indicateur très simple correspond au ruissellement moyen décadaire par ha (en mm) ou sur l'exploitation totale (en m³).

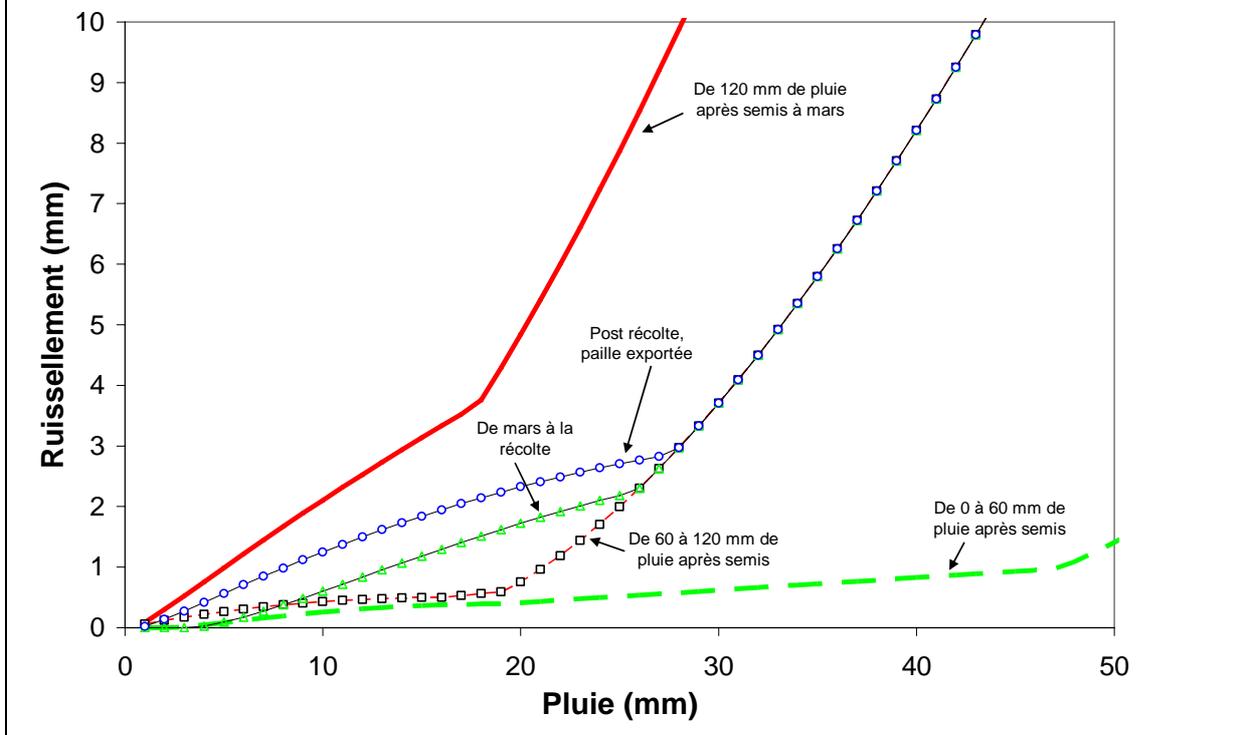
Encadré 1 : Etablissement des références de ruissellement par situation culturale



(1) Détermination des valeurs de curve number en fonction des niveaux de pluie : nous avons pu constater expérimentalement que dans les conditions du Pays de Caux, pour un état de surface jugé stable, les valeurs de curve number étaient corrélées négativement à la lame d'eau précipitée. La figure présentée correspond à la réponse d'une culture intermédiaire de moutarde.

(2) Les différents paramètres descriptifs d'une courbe de ruissellement : la relation présentée en (1) ne vaut que dans une gamme de précipitations. Si on l'appliquait au-delà d'une certaine limite (R_1), on finirait par associer un ruissellement (Q) décroissant à un accroissement de pluie (R). On fixe donc une valeur de CN limite ($CNlim$) pour les fortes pluies. La courbe de ruissellement retenue correspond au trait gras de la figure ci-dessus.

(3) Application à une culture test : le traitement des résultats d'essais impliquant un blé d'hiver a permis d'établir les courbes de ruissellement pour les différents points de la trajectoire d'état associée à cette culture. Ce sont ces relations qui sont utilisées dans l'outil DIAR. On note sur la figure ci-dessous que le ruissellement tend à s'accroître au fur et à mesure du développement de la croûte de battance après les semis (0-60 mm ; 60-120 mm et de 120 mm à mars). Le ruissellement tend à se réduire avec le développement du couvert (de mars à la récolte).



Encadré 2 : Présentation de l'outil DIAR

L'interface :

Répertoires de travail (points to the 'Répertoires disponible' window)

Liste des exploitations dans le répertoire actif (points to the 'Exploitations disponible' list)

Systèmes de culture de l'exploitation active (points to the 'Liste des successions culturales de l'exploitation' table)

Précédent	Suivant	Surface	Nb de situations	Ajouter
Blé	Lin	3,4	6	
Betterave	Blé	5,8	3	
Pomme de terre	Ble	6,7	4	
Prairie perm...	Prairie perm...	2	1	
Ble	Betterave	3	6	
Colza	Ble	4,4	3	
Lin	Lin	1,6	7	
Orge de print...	Lin	1	4	
Orge de print...	Pomme de t...	1	3	
Pois	Ble	5,2	3	
Ble	Escourgeon	4,8	5	
Lin	Betterave	3,7	7	
Lin	Pomme de t...	4,5	6	
Ray gras	Lin	3	7	
Ray gras	Ray gras	4	4	

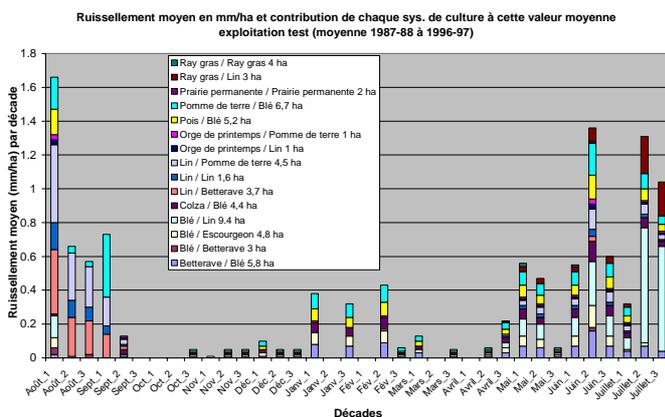
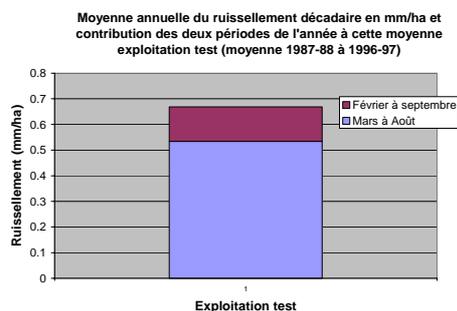
Enchaînement des situations culturales propres à un couple « précédent-suivant » (points to the 'Saisie d'une succession culturale' dialog box)

Saisie d'une succession culturale

Culture précédente: [Ble] Culture suivante: [Lin] Surface: [3,4]

Situation culturale	Date d'ensemencement	Ajouter
Récolte : blé-escourgeon paille exportée	01 août	
Déchaussage : soies sur céréales à paille et colza	20 août	
Labour	28 décembre	
Semenc. Lin	17 mars	
Culture en place : Lin en cours de rouissage	13 juillet	
Récolte : Lin ou Maïs ensilage ou pomme de terre ou ca...	31 juillet	

Les résultats :



L'indicateur synthétique permet de repérer l'impact moyen de l'exploitation (mm/ha) sur une année moyenne ainsi que la contribution des deux périodes à cette valeur moyenne. Pour l'exploitation analysée, le ruissellement est globalement faible et avant tout présent au printemps et en été.

Le détail par décade et par système de culture permet de repérer que sur cette exploitation c'est avant tout la conduite des cultures de lin mais aussi de pomme de terre qui pose problème. Des solutions techniques peuvent alors être discutées entre l'agriculteur et le conseiller. Ces solutions peuvent ensuite faire l'objet de tests avec DIAR.

Développement d'un indicateur de ruissellement (IRU) 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 partie 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 modèles opérationnels ou de règles de décision. Au démarrage du projet, la méthode ne traitait pas du ruissellement proprement dit.

L'objectif de ce travail était de développer un indicateur d'estimation du ruissellement (Iru) en suivant les principes de construction de la méthode INDIGO® : recours à des modèles opérationnels qui fournissent des sorties quantitatives (quand les modèles sont disponibles), tout en s'appuyant sur des données d'entrée des modèles accessibles à l'utilisateur d'INDIGO®.

L'outil visait l'évaluation de l'effet des systèmes de culture sur le ruissellement et devait donc être sensible aux différentes interventions culturales. Dès le départ Iru a été pensé comme devant pouvoir être appliqué sur une large gamme de types de sol. Ne disposant que de références limitées sur les types de sol différents de ceux traités par DIAR, le choix a été fait d'intégrer dans Iru plus de connaissances sur les mécanismes via une prise en compte explicite des états du sol et de leur évolution, alors que pour DIAR cette prise en compte est implicite et se réfère au seul contexte des régions limoneuses¹. A noter que dans le cadre du programme Diget-Cob limité à deux ans, contrairement au travail mené sur DIAR, on n'envisageait pas l'implémentation informatique de l'indicateur Iru.

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. 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). Ces coefficients 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 de faciès et de couverture du sol. Rugosité et faciès sont identifiés à partir de la nomenclature simplifiée inspirée de Ludwig *et al.*, (1995) et repris dans les tableaux 1 et 2. Le coefficient de ruissellement est ainsi donné par la relation suivante :

$$CR_i = CR_{i \max} * [F_{i,R} * F_{i,C}]$$

Avec :

CR_i : coefficient de ruissellement pour la surface de sol considérée pour la période i (%)

¹ Le recours aux notations d'états de surface permet de traiter de manière homogène les différents types de sol et de leur associer un risque de ruissellement. Dans le contexte particulier des sols limoneux battants, cela permet de trier les situations culturales les plus tranchées. Les travaux menés par le SAD APT ces dernières années ont toutefois montré que ces seules notations (1) étaient insuffisantes pour rendre compte de différences de comportement entre certains traitements, (2) pouvaient induire des changements importants de ruissellement d'une classe à l'autre d'état de surface qui ne correspondent pas forcément à la réalité. Le choix a donc été fait pour Diar de s'appuyer sur une approche de type curve number plus intégrative de l'ensemble des phénomènes pouvant intervenir et plus continue dans les variations de ruissellement. Cette approche était rendue possible par les nombreux résultats issus de parcelles de ruissellement. L'absence de résultats de ruissellement dans les autres contextes agro-pédologiques visés par Iru a conduit l'équipe de Colmar à raisonner sur les états de surface.

CR_i max : valeur du coefficient de ruissellement maximal pour un état de surface sans rugosité en l'absence de couverture du sol (voir tableau 3)

F_{i,F,R} : correction en fonction du faciès et de la rugosité (voir tableau 4)

Fic : correction en fonction de la couverture de sol (Fic=1-[couverture du sol/2])

Tableau 1 : Détermination du faciès du sol (d'après Boiffin, 1984)

Notation	Description	% surface recouvert par les croûtes	
		structurale	sédimentaire
F0	Tous les fragments sont parfaitement distincts	< 50%	0%
F1	Croûte structurale	> 50%	< 60%
F2	Croûte sédimentaire	< 40%	> 60%

Tableau 2 : Classes de rugosité (d'après Ludwig, 1992)

Classes de rugosité	Dénivelé	Exemple de situations caractéristiques
R4	Plus de 10 cm	Butte de pomme de terre
R3	De 5 à 10 cm	Labour grossier
R2	De 2 à 5 cm	Semis très motteux, labour fin
R1	De 1 à 2 cm	Semis battus ou roulés, lits de semences très affinés
R0	De 0 à 1 cm	Semis très battus, chantiers de récolte

Tableau 3 : Valeur du coefficient de ruissellement maximal (CR_i Max) hors traces de roues

CR _i 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 4 : Influences combinées de la rugosité et de l'intensité des précipitations sur le coefficient de ruissellement en fonction du faciès atteint : valeurs du coefficient $f_{F,R}$

$f_{F,R}$		Classes de rugosité				
Intensité	Faciès	R4	R3	R2	R1	R0
Absence d'orage	F2	0	0,2	0,2	1	1
	F1	0	0	0	0	1
Orage(s)	F2	0,5	0,7	0,7	1	1
	F1	0,4	0,5	0,5	1	1

Notons que dans cette approche simplifiée, le ruissellement n'apparaît pas avec un faciès F0 (fragmentaire) alors que cela est possible pour Diar quand les pluies sont importantes juste après un travail du sol.

Au cœur de l'outil Iru se trouve aussi une estimation de l'évolution des états de surface 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 5) ont été dérivées de données expérimentales et de la littérature pour des situations de sol nu et en rugosité minimale pour une large gamme de textures (Steffan, 2001). Ces valeurs sont majorées en fonction de la rugosité, du taux de matière organique, et de la couverture du sol par la relation suivante :

$$P_{F2} = P_{F2th} * (F_{MO} * F_{RES} * F_{CV} * F_R)$$

Avec :

P_{F2} : cumul de pluie (mm) pour atteindre F2

P_{F2th} : cumul de pluie (mm) pour atteindre F2 en sol nu et faible rugosité (valeurs données par le tableau 5)

F_{MO} : effet de la teneur en matière organique du sol (1 si $MO < 2\%$; 1.1 si $2\% < MO < 2.5\%$; 1.25 si $2.5\% < MO < 3\%$ et 1.5 si $MO > 3\%$)

F_{RES} : effet de la couverture du sol en résidus (1 si $RES < 30\%$; $1 + RES/100$ si $30\% < RES < 65\%$; infini si $RES > 65\%$)

F_{CV} : effet de la nature de la couverture végétale et de la proportion du sol couverte (1 pour des couverts fasciculés (ex : blé) $< 70\%$ ou des couverts pivotants (ex : moutarde) $< 30\%$; infini dans tous les autres cas)

F_R : effet de la rugosité initiale du sol (1.00 pour R0 ; 1.05 pour R1 ; 1.10 pour R2 ; 1.15 pour R3 ; 1.20 pour R4)

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 6). 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 du faciès le plus dégradé (F2). De même la présence de résidus limite les hauteurs de ruissellement.

Discussion et perspectives

Le modèle développé dans le cadre de ce projet visait à fournir un outil qui permette d'analyser l'effet des systèmes de culture, tout en ne réclamant que 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. Ce décalage n'est pas étonnant dans la mesure où Iru est basé sur des coefficients de ruissellement et pas directement sur des épaisseurs d'eau ruisselantes (l'erreur s'en trouve potentiellement multipliée). A l'avenir l'approche coefficient de ruissellement devrait donc être abandonnée au profit de l'approche curve number développée en Pays de Caux. La caractérisation des états de surface ainsi que les moteurs de leur dynamique développés par l'équipe de Colmar peuvent être utilisés pour recalibrer les valeurs de curve number en dehors du contexte de sol limoneux déjà bien renseigné dans le cadre des travaux menés sur Diar.

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., Le Bissonnais, Y., 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., 2004. 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-Zealand.
- Steffan, I., 2001. Mise au point d'un indicateur ruissellement RUIS, Université Louis Pasteur, 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.

Tableau 5 : 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

Tableau 6 : 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 ruiss.
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 ruiss.
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

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'est appuyée 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 sur la chaîne informatique de traitement de l'information mise 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 mini-parcelles, d'une vingtaine de m², en situation agricole, dont la largeur correspond à une 1/2 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 étaient répartis entre 5 organismes dont 3 étaient 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 avant le démarrage du programme RDT au printemps 2004 (Coufourier *et al.*, 2004a, b et c). Les résultats obtenus majoritairement sous pluie naturelle ont pu être complétés grâce à des simulations de pluies conduites par l'AREAS.

Dans le cadre du programme RDT, nous avons élargi ce réseau de mesure à l'Alsace (thèse de 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.

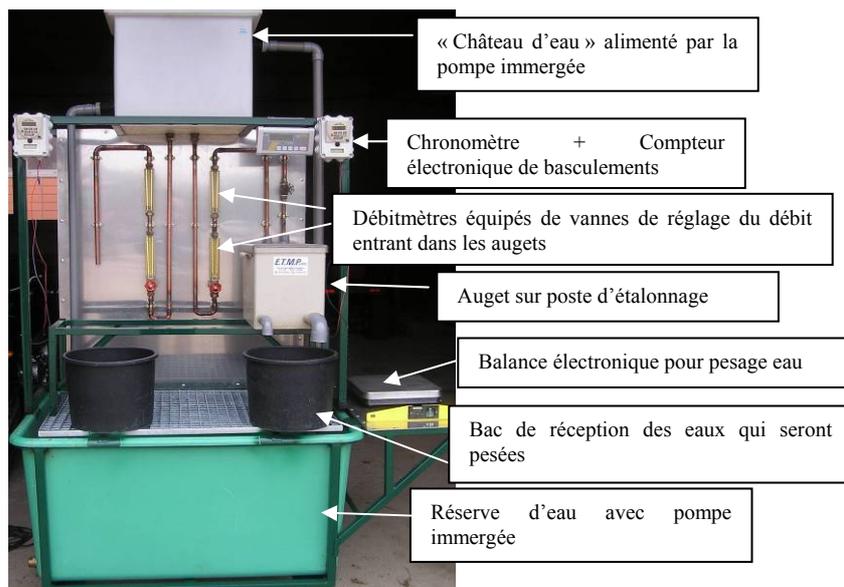
Point métrologique

Les objectifs du programme RDT imposaient de s'assurer de la fiabilité des outils utilisés, notamment en ce qui concerne les augets de mesure du ruissellement ainsi que le simulateur de pluie.

Etalonnage des augets

Concernant les augets de mesure du ruissellement, ils ont tous été produits sous licence INRA par une entreprise qui ne disposait pas de matériel d'étalonnage fiable pour les hauts débits (>10 litres/minute, soit pour une surface expérimentale de 20 m² un débit de ruissellement de 30 mm/h). Pour pallier ce manque, dans le cadre du programme RDT, nous avons conçu un banc d'étalonnage pour les augets basculeurs du réseau Haut-Normand. (Barrier *et al.* 2006). Cet appareil (figure 1) permet de générer des débits stables variant de 0.25 l/minute à 16 l/minute. Il a depuis lors permis de tester la plupart des augets utilisés. Suite à ces tests, des dysfonctionnements masqués à faible débit sont apparus et certains augets ont dû être modifiés avant d'être ré-étalonnés. Une nouvelle base de paramètres relatifs aux augets utilisés dans le réseau a alors pu être diffusée aux partenaires.

Figure 1 :
Photographie du banc d'étalonnage des augets de mesure du ruissellement mis au point dans le cadre du programme RDT.



Etalonnage du simulateur de pluie

Au cours de l'été 2005, l'AREAS a procédé à un travail d'étalonnage de son simulateur de pluie². L'objectif était de vérifier les performances de cet outil, et d'adapter le protocole expérimental en conséquence. La répartition de l'intensité de la pluie au sol a donc été étudiée pour différents jeux de buses, ainsi que l'énergie cinétique au sol lorsque l'information était disponible. L'intensité au sol a été calculée à l'aide d'un ensemble de pots répartis sur le sol³, et d'une extrapolation spatiale sous SIG. Le résultat de ces extrapolations a été confronté à la mesure de l'intensité globale obtenue en concentrant l'ensemble de la pluie interceptée. La figure 2 montre les résultats obtenus avec le jeu de buses le plus fréquemment utilisé.

Ces résultats ont été obtenus dans un local fermé. Il a également été mis en évidence que le vent avait une forte incidence sur la répartition des gouttes au sol : les gouttes fines, avec un fort rapport surface/masse et une vitesse initiale faible, dérivent aisément sous l'action du vent. Les figures 3 et 4 illustrent ce résultat (une buse isolée, avec ou sans protection contre le vent).

Les conclusions de cette étude sont les suivantes :

- un jeu de buses a été éliminé, car la répartition des intensités de pluie au sol n'était pas assez uniforme, trois jeux de buses ont été jugés satisfaisants,
- pour obtenir une intensité de pluie homogène sur toute la surface étudiée, la longueur de la placette expérimentale ne doit pas être supérieure à 5 m,
- l'énergie cinétique des pluies artificielles est faible, les états de surface n'évoluent pas au cours d'une pluie,
- le protocole expérimental a été complété pour évaluer *in situ* l'intensité moyenne de la pluie sur la placette expérimentale dans les conditions de vent du moment,
- la protection contre le vent a été améliorée,
- la précision et la stabilité de la pression de l'eau dans le système de distribution ont été améliorées.

² Ce travail a été effectué dans le cadre du stage dit *d'initiation à la recherche* de 2^{ème} année d'école d'ingénieur ESITPA par Nicolas Levillain.

³ Pots de diamètre connu, temps de fonctionnement chronométré, volume mesuré à l'éprouvette graduée.

Association des buses
 Lechler 402.608.30
 I, II, III, IV, V et VII, 1 bar

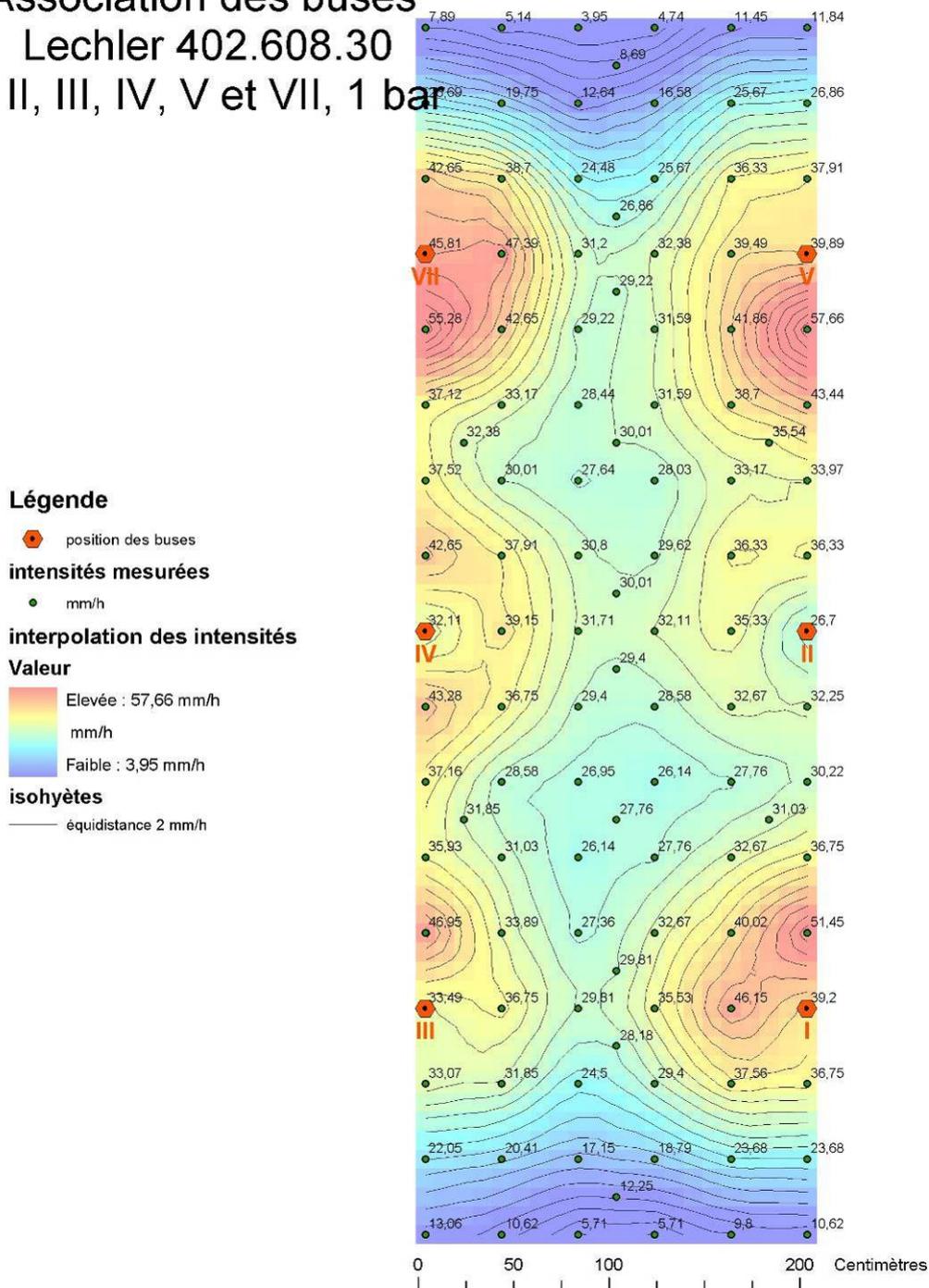


Figure 2 : Carte d'isorepartition des intensités de pluie avec l'ancien jeu de buses.

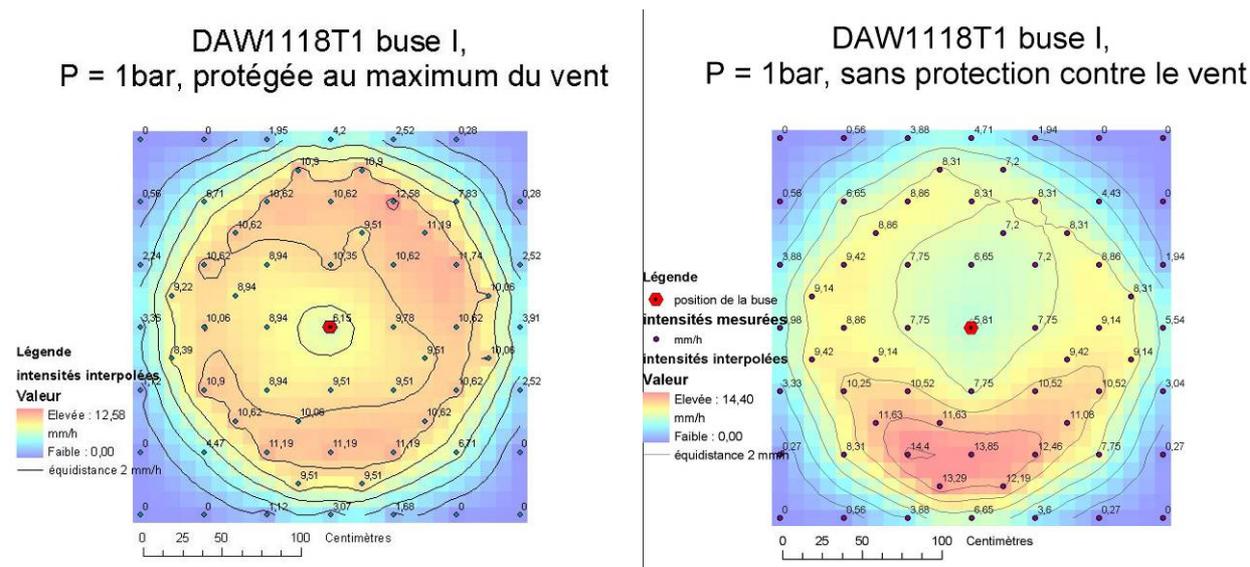


Figure 3 : Spatialisation des intensités de pluies générées par une buse (avec protection contre le vent).

Figure 4 : Spatialisation des intensités de pluies générées par une buse sans protection contre le vent.

Logique des essais mis en œuvre

La logique du réseau de mesure du ruissellement est double :

- 1. Pour une culture donnée, tester des techniques dont on espère qu'elles limitent le ruissellement comparativement aux pratiques modales actuelles des agriculteurs.
- 2. Pour des cultures différentes, comparer la production de ruissellement générée à un même moment (ex. : ruissellement du blé ou du colza en hiver/surface en interculture).

L'information issue du 1 est destinée aux agriculteurs et à leurs conseillers techniques alors que celle issue du 2 vise à informer les gestionnaires de bassin versant sur l'évolution des risques de ruissellement associés à une évolution de l'occupation du territoire (notamment via l'outil DIAR). Dans 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 en 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 ont été testées. 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 grâce au matériel de l'AREAS (acquis en dehors du programme RDT).

Présentation des essais menés sur les deux années du programme 2004-2005 et 2005-2006

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 (ARPTHN⁴)

L'essai 2 : test de différentes vitesses de travail pour l'affinement du lit de semence (CA27⁵)

L'essai 3 : test d'un semis de couvert associé à la culture de blé (CA76⁶)

L'essai 4 : comparaison semis avec et sans labour, avec « écroûtage »⁷ 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 désherbinage avec semis éventuel de couvert de ray-grass. 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, ce sont avant tout les conditions d'implantation qui sont étudiées. Ces conditions, si elles sont mauvaises sur le plan agronomique, peuvent avoir des conséquences négatives sur le rendement (betteraves trop petites, manque à la levée, betteraves fourchues).

La pomme de terre a fait l'objet de mesures de ruissellement pendant 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 telle 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.

En deuxième année du programme de recherche, la thématique des techniques culturales sans labour s'est poursuivie en Alsace et a commencé à être traitée en Haute-Normandie et dans la Somme (prise en compte de non labour sur une longue durée et pas uniquement un non labour

⁴ Association Régionale des Planteurs de pomme de Terre de Haute-Normandie.

⁵ Chambre d'agriculture de l'Eure (27).

⁶ Chambre d'agriculture de Seine-Maritime (76).

⁷ 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 ».

conjuncturel du type blé après pomme de terre). Parallèlement les travaux sur la technique de micro-barrages se sont continués en Haute-Normandie avec un recours à la simulation de pluie. Le maïs quant à lui a fait l'objet d'essais complémentaires avec simulation de pluie dans la Somme et en Alsace.

Les résultats obtenus sur chacun des essais font l'objet d'une fiche de synthèse qui est insérée dans un document d'ensemble. Le dernier en date regroupe tous les essais menés sur le réseau de 2001 à 2005⁸. Une synthèse de ces fiches a été éditée dans le cadre de RDT en septembre 2006 après avoir été présentée oralement aux acteurs de terrain en avril 2006. Le document numérique est disponible à l'adresse :

http://www.rdtrisques.org/projets/digetcob/bib/techniques_ruis/groupe_ruiss/syntheses/

Dans le cadre de ce rapport final, nous avons choisi de présenter

- 1 : Le test de solutions techniques pour deux cultures de printemps dans deux contextes différents : la pomme de terre (Haute-Normandie) et le maïs grain (Alsace). La solution pour la pomme de terre relève d'une maximisation de la rugosité (micro-barrages) alors que pour le maïs c'est le couvert en résidus (implantation sans labour) qui est mis en avant.
- 2 : Les principaux enseignements issus de la synthèse par cultures éditée en 2006 en prenant l'exemple de la période d'interculture et de la culture du blé (nous intégrons à ce niveau des données d'essais antérieurs au démarrage de RDT).

1. Test de solutions techniques pour deux cultures de printemps : maïs et pomme de terre

Cas du maïs en Alsace : L'Alsace est une région touchée par l'érosion agricole et par les dommages associés (inondations boueuses, pollution des eaux superficielles et souterraines). Cette érosion résulte de l'occurrence d'orages locaux survenant d'Avril à Juillet sur des sols limoneux essentiellement cultivés en monoculture de maïs grain. Pour réduire cette érosion ainsi que ses impacts, les techniques sans labour (TSL), caractérisées par l'absence de retournement du sol et la présence de résidus végétaux en surface, constituent une des solutions envisageables.

Objectifs et méthode

L'objectif principal de cette étude était de caractériser la production de ruissellement de différents types d'états de surface (EDS), incluant notamment la présence de résidus végétaux. Deux campagnes de suivis ont été effectuées sur la période d'avril à juillet en 2005 et 2006. Lors de ces années, des suivis d'EDS ont été réalisés régulièrement pour prendre en compte le développement des croûtes de battance. Deux types de dispositifs ont été utilisés pour caractériser la production de ruissellement des EDS : placettes sous pluies naturelles (2005), simulation de pluie (2006) dont les modalités sont données dans le tableau 7.

Les mesures ont été effectuées sur deux sites (Neewiller-près-Lauterbourg et Landser) qui correspondent tous deux à des sols limoneux avec moins de 15% d'argile. Les pentes sont comprises entre 5 et 7% dans un contexte de monoculture de maïs grain soumis à un climat semi-continentale marqué par les orages de printemps.

Suivis sur l'année 2005

⁸ Les données ultérieures sont en cours de traitement et seront intégrées ultérieurement.

Les suivis ont été effectués sur des parcelles expérimentales d'une surface de 22 m² (2,25 m large x 10 m long). Pour chaque itinéraire technique, deux parcelles étaient équipées. Les résultats fournis plus bas représentent les valeurs moyennes de chaque couple de parcelles.

Les résultats montrent une lame d'eau ruisselée et une charge en sédiments plus élevées sur maïs implanté après un labour (figures 5 et 6). On notera que l'usage du déchaumeur, dans ce cas précis, conduit aux valeurs de ruissellement-érosion les plus élevées 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, cf. tableau 8). 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.

Suivis sur l'année 2006

Des simulations de pluies (sur des placettes de 0,5 m², 1 m de long sur 0,5 m de large) ont été réalisées sur le site de Landser dans le Haut-Rhin, géré par la Chambre d'agriculture départementale (CA68). L'objectif était de caractériser la production de ruissellement de différents états de surface, présentant deux faciès structuraux différents :

Faciès F0 : état structural fragmentaire et motteux, correspondant à l'état après le semis.

Faciès F1 : développement complet des croûtes structurales.

Différents itinéraires étaient testés sur le site (tableau 9) variant entre semis après labour (témoin) et non-labour (essentiellement du travail sans retournement du sol). L'épisode pluvieux simulé correspond à un événement ayant une période de retour de 5 ans.

Tableau 7 : Protocole de mesure sur le site de Landser, simulation de pluie (2006)

Echelle de mesure	1m long x 0.5m large
Caractéristiques pluie	35 mm/h durant 30 minutes soit une lame d'eau d'environ 18 mm
Faciès testés	F0 : état initial → 0 mm de pluies cumulées (p. cum.) depuis le semis) F1 : extension complète des croûtes structurales → p. cum : 109 mm

Figure 5 : Lames d'eau ruisselées en mm en 2005 pour les 3 principaux évènements pluvieux (pluies naturelles sur 22 m²)

NB : "Labour", "Déchaumeur" et "Décompacteur" correspondent aux modalités de travail du sol avant le semis du maïs

Figure 6 : Matières en suspension en g/l en 2005 pour les 3 principaux évènements pluvieux (pluies naturelles sur 22 m²)

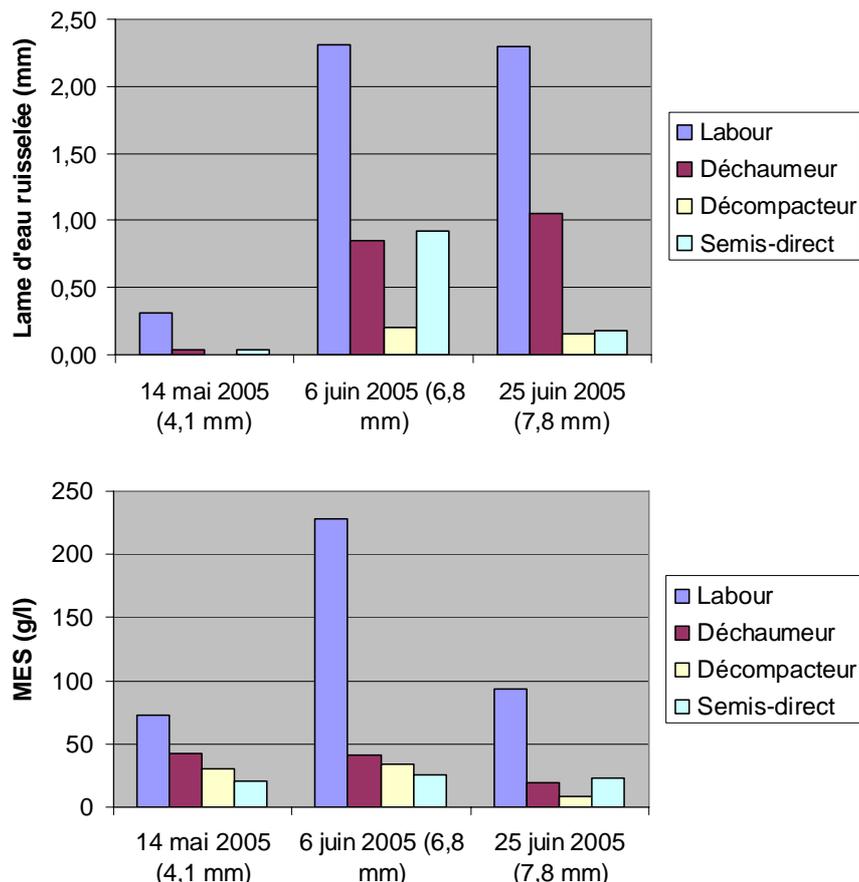


Tableau 8 : Evolution des états de surface pour les différentes techniques culturales de 2005

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

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 < 1cm ; R1 = 1 à 2 cm

Tableau 9: Les itinéraires techniques testés en 2006 (travail du sol avant semis)

Modalités	Date travail du sol	Prof. travail (cm)	Mulch (%) ⁹
Labour de printemps	Avril	30	0
Labour d'hiver	Décembre	30	0
Charrue express Perrein (TSL)	Décembre	25	45
Sous-soleuse Lely (TSL)	Décembre	35	30
Cover crop + décompacteur (TSL)	Nov. + Décembre	10 + 35	15

Les mesures effectuées après le semis montrent des différences importantes des coefficients de ruissellement entre labour et non-labour (figure 7). Une grande variabilité des résultats est observée en labour. Certaines de ces placettes présentent des valeurs importantes alors que la surface ne présente pas d'encroûtement initial. Les différences au sein des différentes pratiques en non labour restent limitées et ne permettent pas de dégager un classement. Les mesures faites sur les surfaces plus dégradées par les pluies (pluie cumulée après le semis = 109mm) présentent des coefficients proches de ceux observés précédemment, conformes à ce qui peut être attendu sur des surfaces encroûtées, notamment en labour (figure 8). Les mesures d'érosion ne sont pas présentées ici. En effet, la faible surface des placettes ne permet pas d'intégrer l'ensemble des processus érosifs, ce qui limite l'interprétation des résultats. Cependant, on observe une diminution marquée de l'érosion en TSL à p. cum. = 0 mm, et plus limitée à p. cum. = 109mm, sans doute explicable par le développement des croûtes structurales.

Figure 7: Coefficients de ruissellement mesurés pour les simulations effectuées juste après semis (placettes de 0,5 m²).

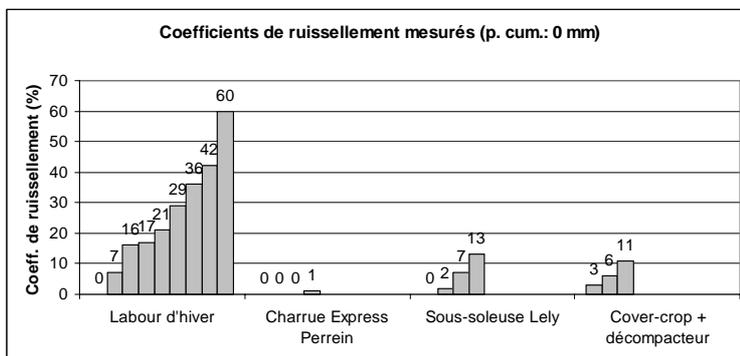
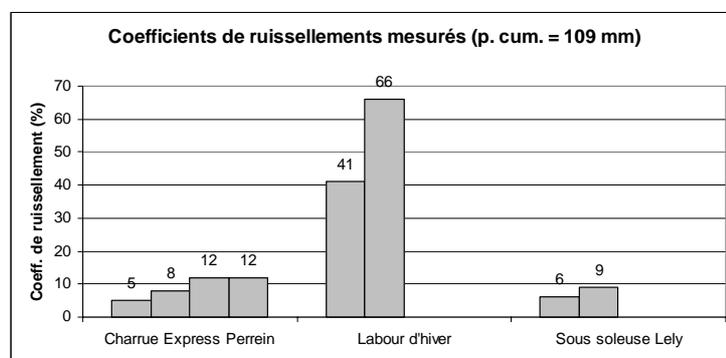


Figure 8: Coefficients de ruissellement mesurés pour les simulations effectuées après 109 mm de pluie après semis (placettes de 0,5 m²).



⁹ Représente la couverture de la surface par le mulch (estimation visuelle).

Conclusion sur les techniques sans labour en Alsace et quid du transfert au Pays de Caux

Il existe une diminution nette de la production de ruissellement en non-labour, aussi bien sous pluies naturelles que sous pluies simulées. Le rôle des EDS et notamment de la couverture en résidus sur les volumes ruisselés reste un élément déterminant, le développement des croûtes étant généralement plus restreint en non-labour. La diminution de l'érosion est également importante en non-labour, essentiellement avant le développement des croûtes de battance qui limite l'érosion de type « interrill ».

Ces résultats confirment que la réduction du ruissellement peut être expliquée non seulement par une meilleure infiltrabilité du profil de sol (activité biologique) mais également par l'état de surface du sol. Ceci plaide en faveur de la création « d'états de surfaces références » à atteindre pour que la réduction du ruissellement en non-labour soit optimale.

Notons qu'en Haute-Normandie, le maïs grain est quasi inexistant, en revanche il existe d'autres cultures de printemps qui tendent à générer des surfaces très exposées aux pluies juste après semis. Le maïs ensilage ou bien encore la betterave sucrière en constituent les principaux représentants. Pour la betterave sucrière, le non labour reste une solution délicate du fait des fréquents accidents structuraux générant des betteraves fourchues et donc des pertes de rendement. Face à ce constat, l'Institut Technique de la Betterave (ITB), membre du réseau de mesure du ruissellement de Haute-Normandie, a mis au point des solutions consistant à faire un labour d'automne dont on préserve la structure via l'implantation d'une culture intermédiaire qui se développe en automne et est détruite en sortie d'hiver. Un semis direct dans les résidus de cette culture permet d'avoir une surface protégée des pluies par les résidus, tout en assurant un développement correct de la betterave. Cette solution reste toutefois plus coûteuse que l'implantation classique de la betterave sans que cela génère d'intérêt agronomique très marqué (contrairement à ce qu'on constate pour le semis direct du maïs en Alsace). Le développement de cette technique n'est donc envisageable dans un premier temps que via un système d'aide aux agriculteurs.

Cas de la pomme de terre en Haute-Normandie : Depuis la réforme de la PAC (1992), la culture de la pomme de terre s'est fortement développée. Cette culture pose problème car elle conduit en début de culture à une surface fortement affinée et de surcroît fortement billonnée (voir figure 16 et figure 9), ce qui entraîne une fermeture rapide de la surface et l'apparition précoce de ruissellement entre les buttes. Ces entre-buttes peuvent ensuite être érodées et entraîner de fortes exportations de terre à l'aval des parcelles de pomme de terre.

Objectifs et méthode

Face à cette situation, l'objectif a été de mettre au point un matériel agricole permettant de réaliser des micro-barrages entre les buttes de pomme de terre (voir figure 9). Le rôle de ces micro-barrages est (1) d'aider à l'infiltration des eaux de pluie sur place, (2) de retenir un éventuel ruissellement issu de l'amont de la parcelle. Il est à noter qu'il existe différents matériels d'implantation de pomme de terre générant une grande diversité de formes et de caractéristiques de buttes liée à la diversité actuelle du matériel agricole. Notre souci a été dès le départ de savoir quelle était la conséquence de cette variabilité sur la variabilité des quantités d'eau pouvant être stockées entre deux micro-barrages dont la hauteur et l'espacement pouvaient aussi varier. Le repérage de l'existant en termes de formes de butte a été conduit par enquêtes sur parcelles agricoles. Ces caractéristiques ont ensuite été intégrées pour faire des simulations de stockage intégrant aussi la pente des parcelles. Parallèlement à cela, des essais sous pluie artificielle ont été conduits pour appréhender le fonctionnement dynamique du ruissellement dans des conditions de pluies extrêmes.

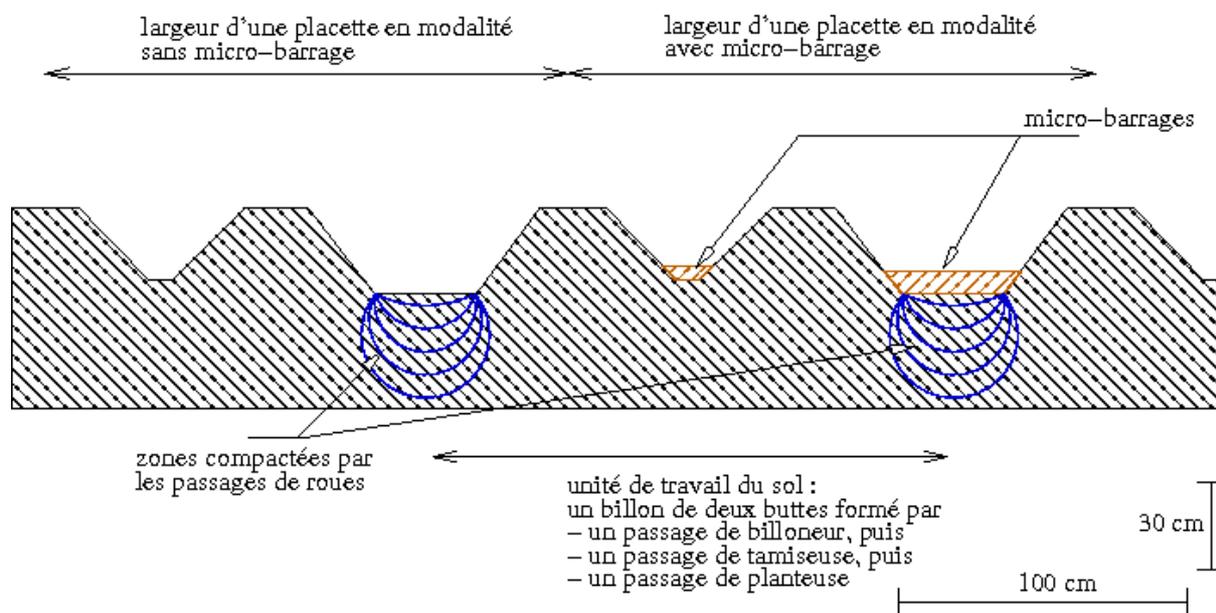


Figure 9 : Schéma des buttes (coupe verticale perpendiculaire au travail du sol) avec ou sans micro-barrages.

Résultats

Simulation de rétention superficielle : Il est apparu que les buttes de pomme de terre étaient assimilables à des formes trapézoïdales modélisables à partir de 5 paramètres : écartement entre buttes (E), hauteur de buttes (H), largeur du plateau de la butte (L), largeur du fond de l'entre-butte (I). Dans une approche simplifiée, les micro-barrages ont été considérés comme d'épaisseur nulle et de hauteur (h). Le cumul de pluie sur 6 h d'un orage printanier de fréquence de retour égale à 20 ans est voisin de 40 mm. En supposant la parcelle de pomme de terre totalement imperméable (ce qui n'est heureusement jamais le cas), on obtient un stockage de 40 mm avec des barrages de 20 cm de haut (c'est-à-dire avec des barrages aussi haut que les buttes : $h = H$) dès que la pente de la parcelle est inférieure à 4 % pour un écartement entre barrages inférieur à 5 m (figure 10). Le même résultat est obtenu dès que la pente est inférieure à 10 % pour un écartement de 1,5 m entre micro-barrages. En revanche pour des micro-barrages de 10 cm ($h = H/2$) on n'arrive jamais à ce niveau de stockage même à pente nulle. Cette simulation a donc permis de mettre en évidence le rôle important de la hauteur des micro-barrages.

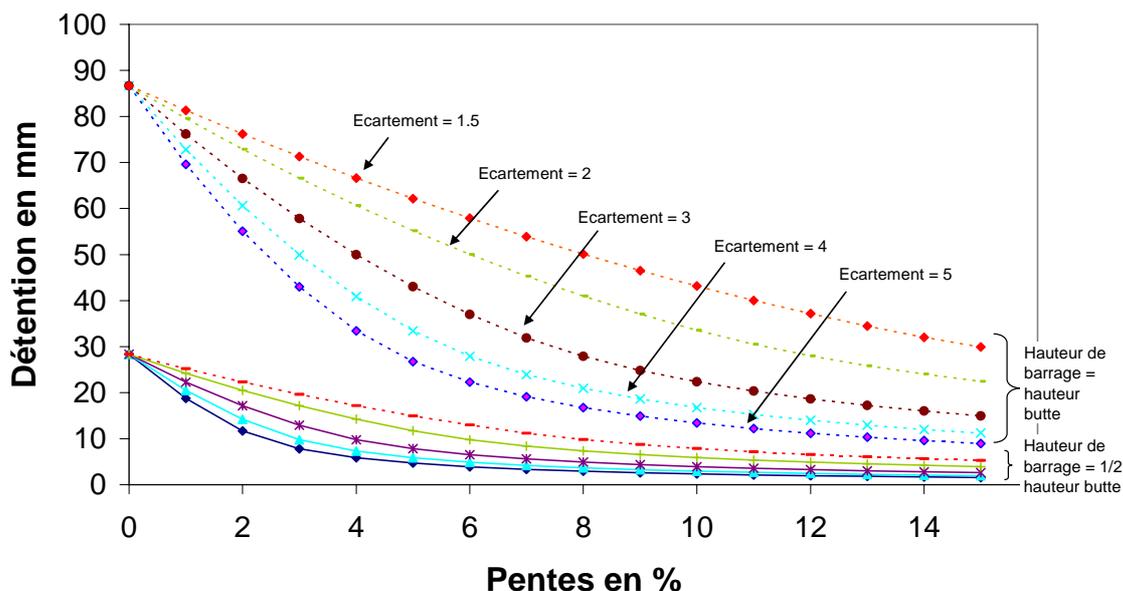


Figure 10 : Valeur de rétention (stockage d'eau en surface) en fonction de la hauteur des micro-barrages (égale à la hauteur ou à la moitié de la hauteur de la butte) et de leur écartement (en m) sur un rang de pomme de terre.

Mesures de ruissellement sous pluie artificielle : Pour compléter les évaluations géométriques précédentes, en juin 2005 et juin 2006, des mesures de ruissellement sous pluie artificielle ont été menées sur des parcelles de pomme de terre implantées en utilisant la technique du tamisage, avec ou sans micro-barrages dans les entre-buttes. Les essais ont été menés sur des limons sableux de la *pointe de Caux*. Les pentes étaient comprises entre 2 % et 3 % en 2005, et entre 3 % et 4 % en 2006. La machine réalisant les micro-barrages était différente pour les deux années. Les conditions expérimentales ne nous permettent que de présenter les mesures obtenues dans les entre-buttes compactées par les passages de roues (voir figure 9).

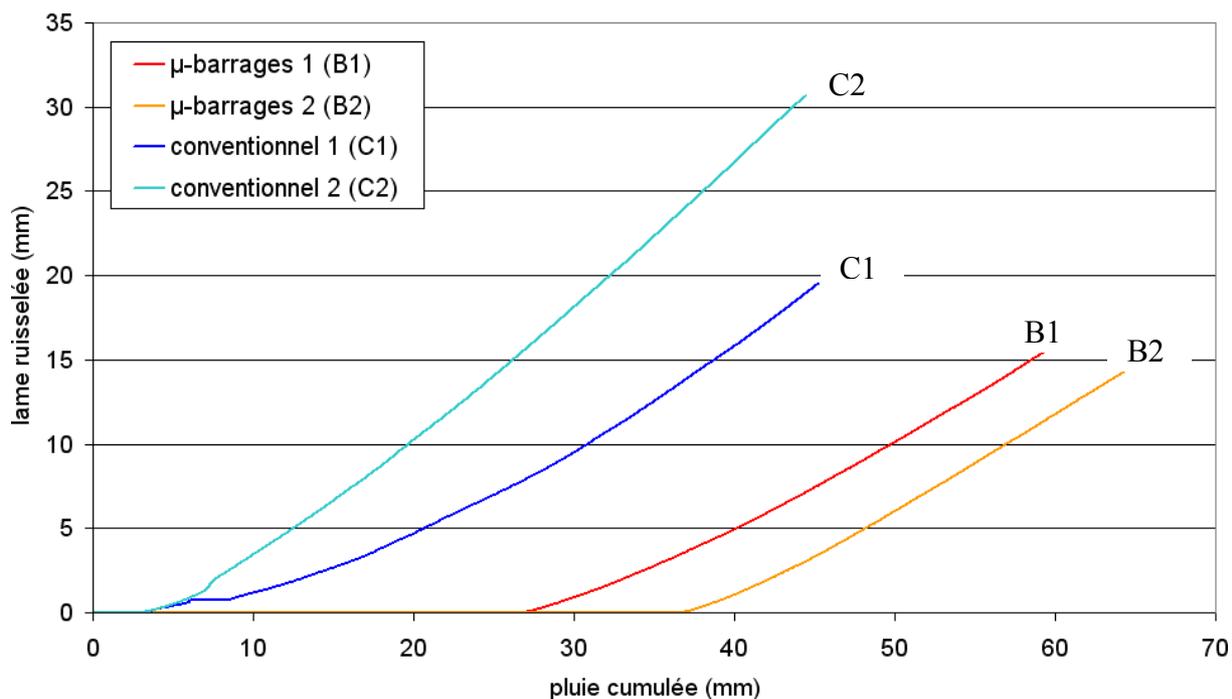


Figure 11 : Essai de 2005, lame ruisselée des entre-buttés compactés en fonction du cumul de pluie.

Tableau 10 : Synthèse des résultats de 2005 sur entre-butte compactée (C1 et C2 = conventionnel ; B1 et B2= micro-barrages)

	C1	C2	B1	B2
intensité de la pluie (mm/h)	22,0	24,0	28,7	23,8
durée de la pluie (minutes)	123	111	125	162
pluie des dernières 48 heures (mm)	0	49	0	18
hauteur du barrage aval (cm)			4,5	7,0
hauteur moyenne des barrages (cm)			4,5	5,7
pertes initiales (mm)	3	< 3	27	36
pluie nécessaire pour que tous les barrages débordent (mm)			33	46
Détention calculée (mm) (cf. figure 10)	-	-	8,2	12,4
lame ruisselée après 25 mm de pluie (mm)	7,0	14,1	0,0	0,0
lame ruisselée après 40 mm de pluie (mm)	15,8	26,7	5,0	1,1

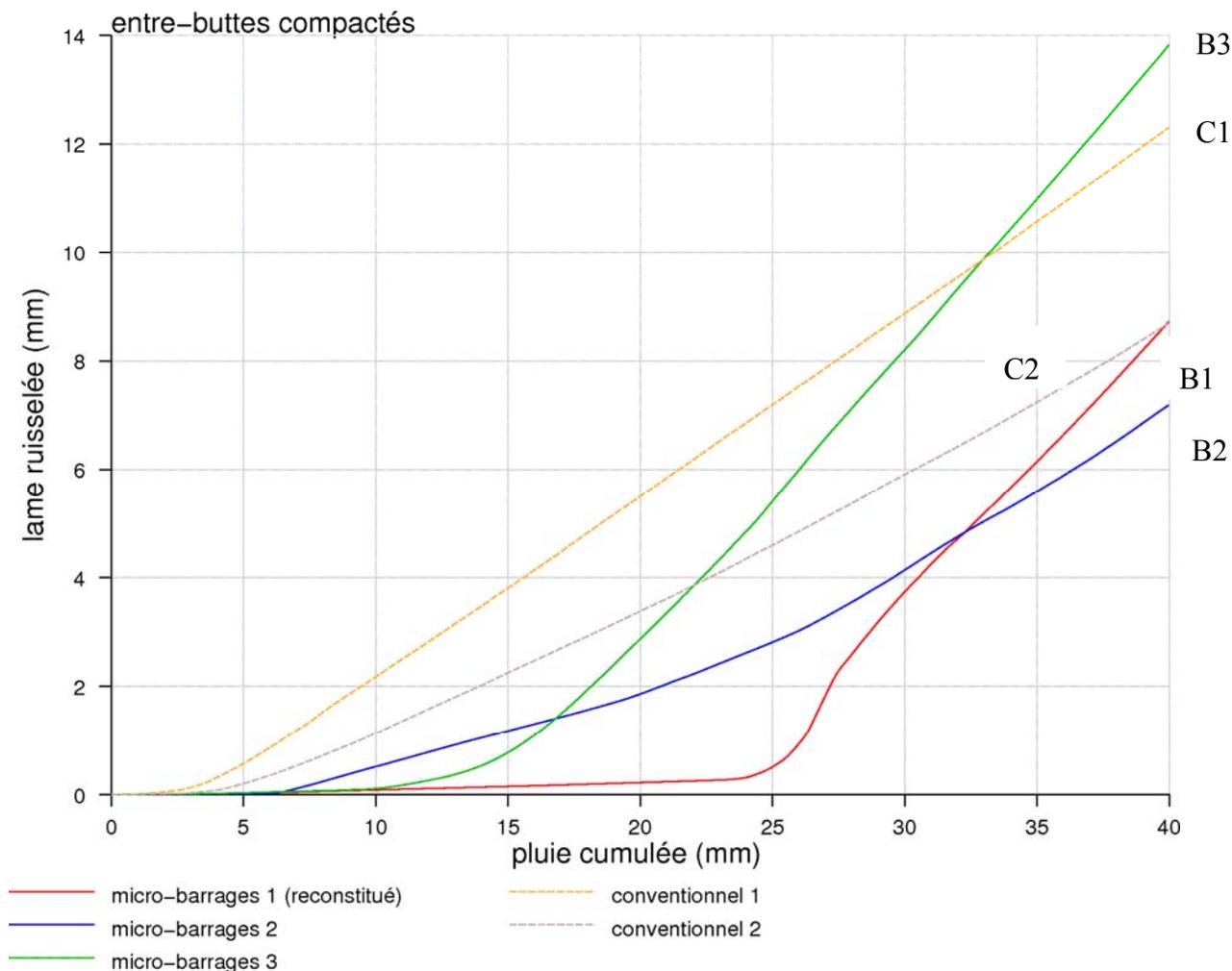


Figure 12 : Essai de 2006, lame ruisselée des entre-buttes compactées en fonction du cumul de pluie.

Tableau 11 : Synthèse des résultats de 2006 sur entre-butte compactée

	C1	C2	B1	B2	B3
intensité de la pluie (mm/h)	56,4	67,9	55,0	51,1	51,8
durée de la pluie (minutes)	108	116	121	116	116
pluie des dernières 48 heures (mm)	0,0	0,0	0,0	0,2	37,0
hauteur du barrage aval (cm)			9,5	4,5	4,5
hauteur moyenne des barrages (cm)			8,5	5,8	4,5
pertes initiales (mm)	1,8	3,2	23,1	6,8	10,2
pluie nécessaire pour que tous les barrages débordent (mm)			23,1	23,8	11,9
Détention calculée (mm) (cf. figure 10)	-	-	20,2	10,0	5,9
lame ruisselée après 25 mm de pluie (mm)	7,2	4,6	0,5	2,8	5,4
lame ruisselée après 40 mm de pluie (mm)	12,3	8,7	8,7	7,2	13,8

Ces deux simulations de pluies montrent l'intérêt des micro-barrages entre les buttes de pomme de terre pour réduire le ruissellement. On note l'importance de la hauteur des micro-barrages (B2/B1 en 2005 ; B3/B1 en 2006), et l'influence de l'humidité initiale (C2/C1 en 2005 ; B3/B2 en 2006). À l'issue de ces deux campagnes, il n'y avait pas de différence significative sur les rendements en pomme de terre entre les deux modalités. Le gain de cette technique sur le ruissellement reste vrai même dans les conditions très agressives de la pluie artificielle de 2006 (intensités supérieures à 50 mm/h). Si l'on compare les lames ruisselées après 40 mm de pluie en conditions initiales sèches (C1, C2, B1 et B2), la modalité avec micro-barrage ruisselle moins que la modalité conventionnelle. Pourtant, une pluie de 40 mm en moins d'une heure, c'est plus d'eau que la pluie centennale de 60 min à Rouen. Le gain sur l'érosion a été observé visuellement, il sera quantifié lors des essais de 2007. En 2006, la quantité de sédiment retenue à l'amont des micro-barrages a été estimée à environ 40 t/ha après environ 100 mm de pluie artificielle à environ 55 mm/h. La comparaison entre les pluies nécessaires pour que tous les barrages débordent et la rétention calculée selon la méthode présentée plus haut (figure 10) indique que (1) les classements obtenus via les rétentions calculées sont cohérents avec ceux obtenus sur la base des pluies de débordement, la géométrie des buttes semble donc être à la base du problème de ruissellement, (2) les rétentions calculées sont toujours plus faibles que les pluies générant le débordement, ce qui est cohérent avec le fait que l'infiltration est non nulle dans les inter-buttes en présence de micro-barrages, (3) le rapport entre les pluies de débordement mesurées et les valeurs de rétention calculées tend à se réduire entre 2005 (rapport voisin de 4) et 2006 (rapport entre 1 et 2), ceci en lien avec un doublement des intensités de pluie artificielle (25mm/h en 2005 contre 50 mm/h en 2006). Il résulte de ces 3 points que les simulations de rétention constituent un bon indicateur des risques de ruissellement associés à la géométrie de l'ensemble butte+micro-barrages, mais que cet indicateur demanderait à être modulé en fonction des intensités de pluie pour lesquelles on souhaite travailler, les valeurs de rétention calculées étant les valeurs minimales (correspondant à une pluie d'intensité infinie).

2. Principaux enseignements issus de la synthèse des essais par culture

Nous présentons ici une partie des résultats contenus dans la synthèse des essais de ruissellement publiée en 2006. Nous distinguerons les essais portant sur les périodes d'interculture de ceux portant sur les périodes de culture avec, pour illustration, l'exemple du blé.

Période d'interculture

Globalement, tout travail du sol tend à réduire le ruissellement et à accroître les départs de terre diffus par rapport au non travail du sol. Cependant, un travail du sol assez grossier réalisé en conditions sèches et associé à l'implantation d'un couvert végétal peut aussi conduire à une érosion diffuse plus faible que sur une parcelle non déchaumée (figure 13).

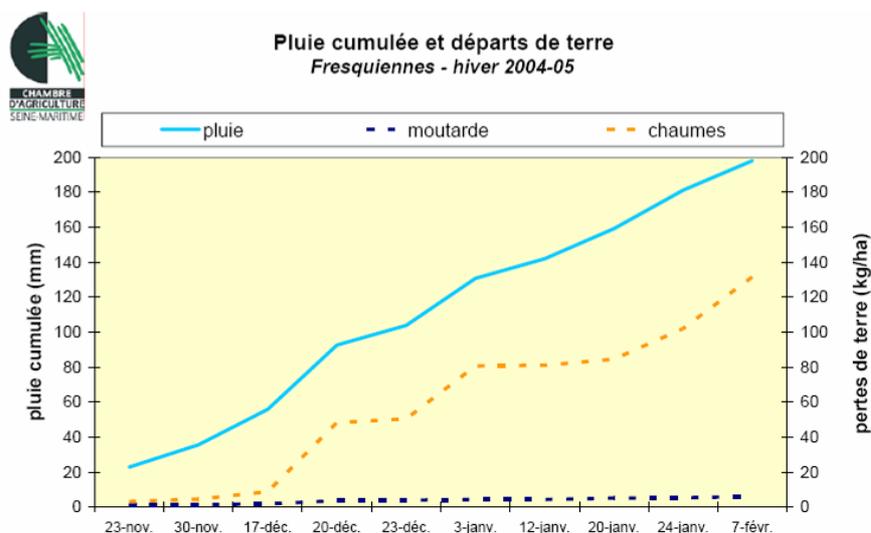
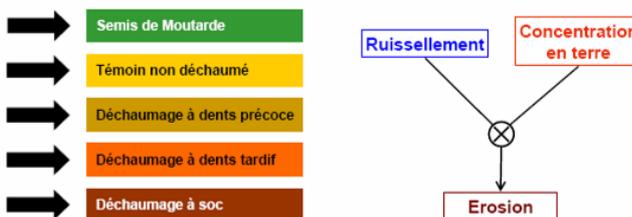


Figure 13 : Dynamique de perte de terre en interculture. Cas de l'essai de Fresquiennes de 2004-2005 (CA 76).

Inversement, la réduction du ruissellement peut être très limitée en cas de passages répétés ou d'interventions en conditions humides, conduisant simultanément à une très forte érosion diffuse (déchaumage à dents « tardif » = conditions humides, figure 14).

Conduites comparées :



Classement des conduites :

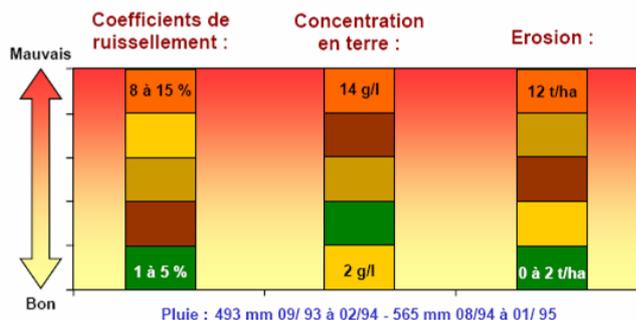


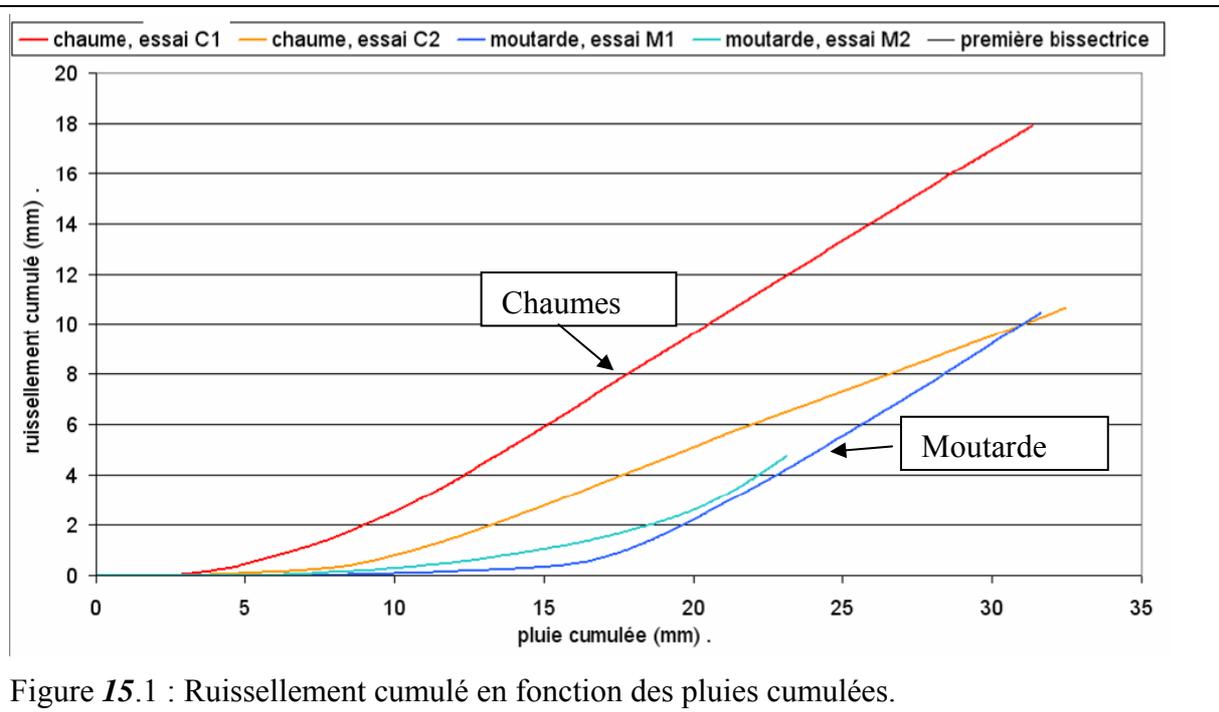
Figure 14 : Classement des techniques culturales vis-à-vis du ruissellement et de l'érosion diffuse.

Source : P. Martin, INRA (hiver 1993-94 et 1994-95 ; Manneville-ès-Plains)

La mise en place de couverts végétaux doit être favorisée dans tous les cas où cela est possible, tant du point de vue du ruissellement que de celui de la pollution diffuse par les nitrates. Le travail du sol ne doit pas pour autant être abandonné, surtout dans les situations d'intercultures courtes après une récolte tardive. Pour les intercultures courtes, le type d'outils (dents, socs, disques...) importe peu car le cumul de pluie avant le semis de la culture

suivante est généralement insuffisante pour dégrader notablement la surface. Le classement opéré entre les différentes techniques est à moduler en fonction des états réels des parcelles. Une parcelle de chaumes avec de très nombreux passages de roues ou une culture intermédiaire de moutarde semée dans de trop mauvaises conditions peuvent conduire à des ruissellements plus importants que prévus. Ces conclusions sont issues de travaux sur des systèmes avec labour ou non labour occasionnel, les situations de non labour total sur système de culture associant des cultures industrielles telles que la pomme de terre et la betterave étant très rares sur limon battant. Enfin, notons que les pratiques culturales offrent une protection réelle mais cependant limitée pour des événements très importants. Les résultats de la simulation de pluie sur moutarde (figure 15) montrent ainsi qu'au-delà d'un certain niveau de pluie (de l'ordre de 20 mm) l'intensité instantanée de ruissellement sur moutarde (M1) peut être la même que sur chaumes (C1). Ceci confirme l'intérêt des aménagements en aval pour lutter contre ces événements. Notons par ailleurs qu'un bassin de stockage qui ne se remplit pas n'est pas forcément le signe d'une erreur d'aménagement de l'espace... cela peut aussi être le signe d'une bonne gestion du territoire agricole sur des événements chroniques qui permettra à l'aménagement de pleinement jouer son rôle lors d'événements de fréquence rare.

Figure 15 : Comparaison entre chaumes de blé non travaillés et culture intermédiaire de moutarde en période d'interculture. Simulation de pluie avec intensité de pluie constante =33 mm/h (essai conduit par l'AREAS en février 2005).



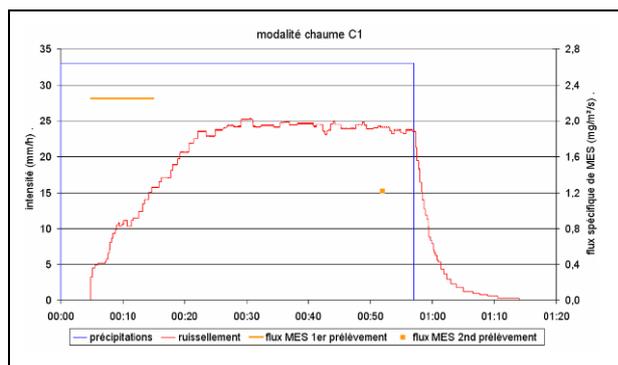


Figure 15.2 : Ruissellement instantané (chaumes de blé non travaillés).

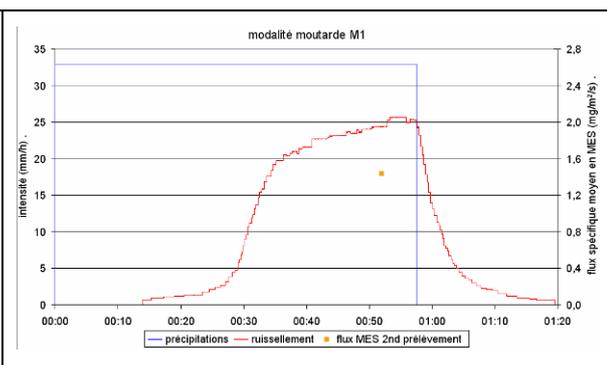


Figure 15.3 : Ruissellement instantané (culture intermédiaire de moutarde).

Période de culture (exemple du blé)

Le blé occupe près de 40 % de la SAU de Haute-Normandie. C'est donc une culture dont il est important de maîtriser le ruissellement. La maîtrise du ruissellement peut se faire lors de l'implantation par voie physique (travail du sol) ou biologique (semis sous couvert) mais aussi en « rattrapage » au printemps via le binage mécanique qui fragmente la croûte de battance. Notons au passage que nous nous sommes aussi interrogés sur le rôle plus ou moins favorable de certains précédents culturaux du blé. C'est ainsi que la conduite de la pomme de terre qui précède le blé a fait l'objet de plusieurs années d'essai afin de savoir si le tamisage des terres à pomme de terre conduisait à plus ou moins de ruissellement sur le blé suivant qu'une conduite classique d'implantation de pomme de terre.

Effet précédent : Depuis quelques années, afin d'augmenter la qualité des pommes de terre produites, les agriculteurs Hauts-Normands tendent à développer le recours au tamisage lors de l'implantation de la pomme de terre. Cette technique consiste à « tamiser » la terre après labour afin d'en extraire les pierres et les grosses mottes (figure 16). La plantation qui sera effectuée par la suite se fera donc dans de la terre très affinée. Des suivis ont été effectués sur des parcelles de blé implantées après pommes de terre tamisées et non tamisées (ARPTHN ; automnes 2001, 2002, 2003, 2004).

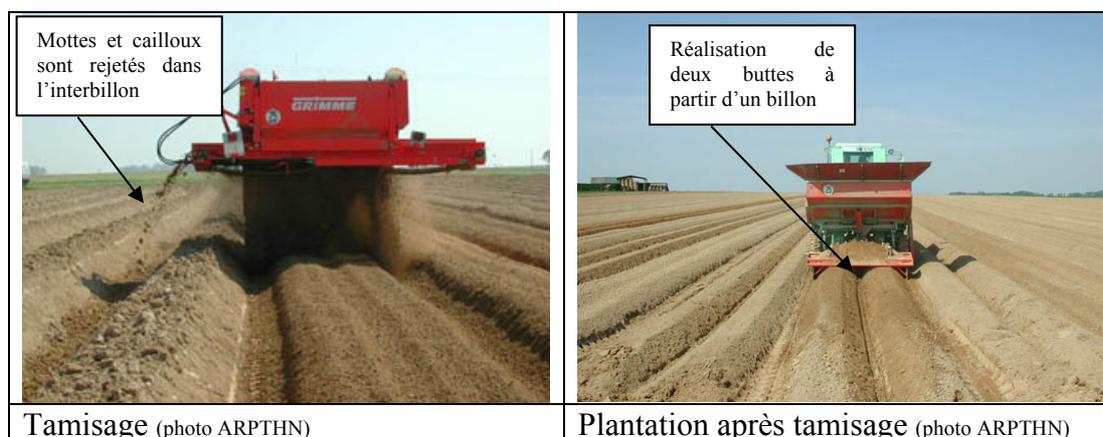


Figure 16 : Principe du tamisage pour l'implantation de la pomme de terre.

Les mesures effectuées sur les parcelles de blé implantées après la pomme de terre n'ont pas mis en évidence de différences de ruissellement selon que le précédent avait ou pas fait l'objet

d'un tamisage (figure 17). Ceci semble être lié au fait que quelle que soit la conduite de la pomme de terre précédente, la rugosité de surface semble être très faible dès l'implantation du blé (la détention superficielle est inférieure à 1mm dès 60 mm de pluie cumulée).

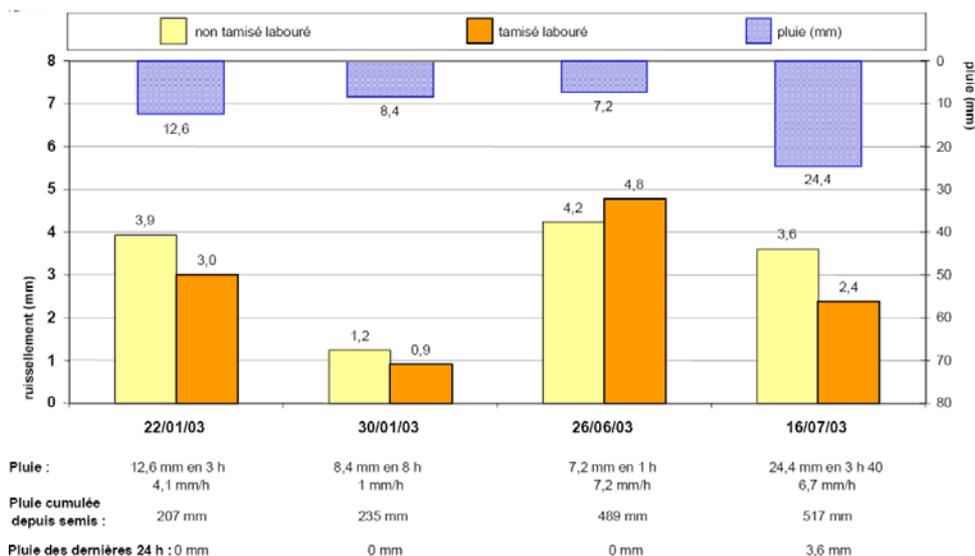


Figure 17 : Impact du tamisage de la pomme de terre précédente sur le ruissellement du blé suivant (source ARPTHN).

Mode d'implantation : Concernant l'implantation, on peut jouer sur le labour ou le non labour, mais aussi le degré d'affinement du lit de semence via le choix des outils de préparation du lit de semence (5 cm). Les quelques résultats dont nous disposons ne semblent pas montrer de différence nette entre labour et non labour pour l'implantation du blé, mais il s'agit là de résultats sur blé après pomme de terre, culture après laquelle il n'y a que très peu de résidus. Par ailleurs le non labour était accompagné d'un travail du sol profond sans retournement qui faisait que les états du sol étaient très peu différents entre labour et non labour. Concernant l'affinement du lit de semence, un essai a cherché à comparer la production de ruissellement obtenue avec une herse rotative par rapport à celle obtenue avec un outil non animé de type Marksem. La figure 18 donne les résultats d'évolution de la détention superficielle¹⁰. La figure 19 donne les principaux résultats de la simulation de pluie.

¹⁰ Mesurée avec un rugosimètre à aiguille couvrant 3.6 m² avec un pas de mesure de 2.5 cm en x et y et précision millimétrique en z.

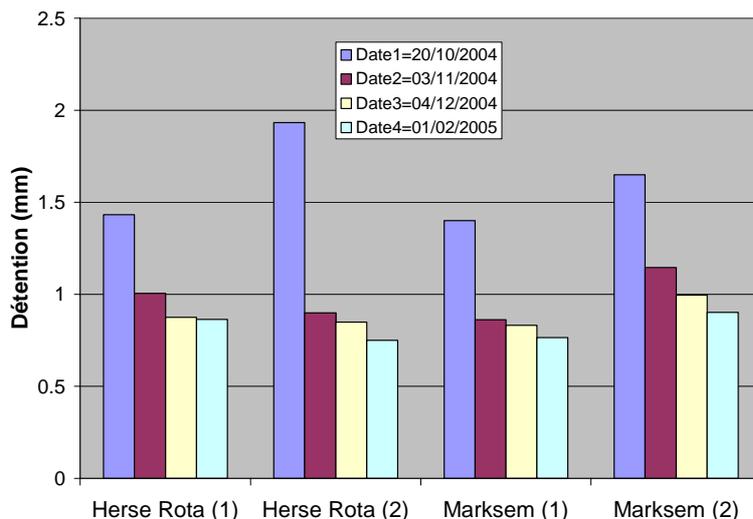


Figure 18 : Evolution de la détention de surface sur les deux traitements comparés (outil animé=herse rotative/outil tracté=Marksem) (source INRA SAD/CA27).

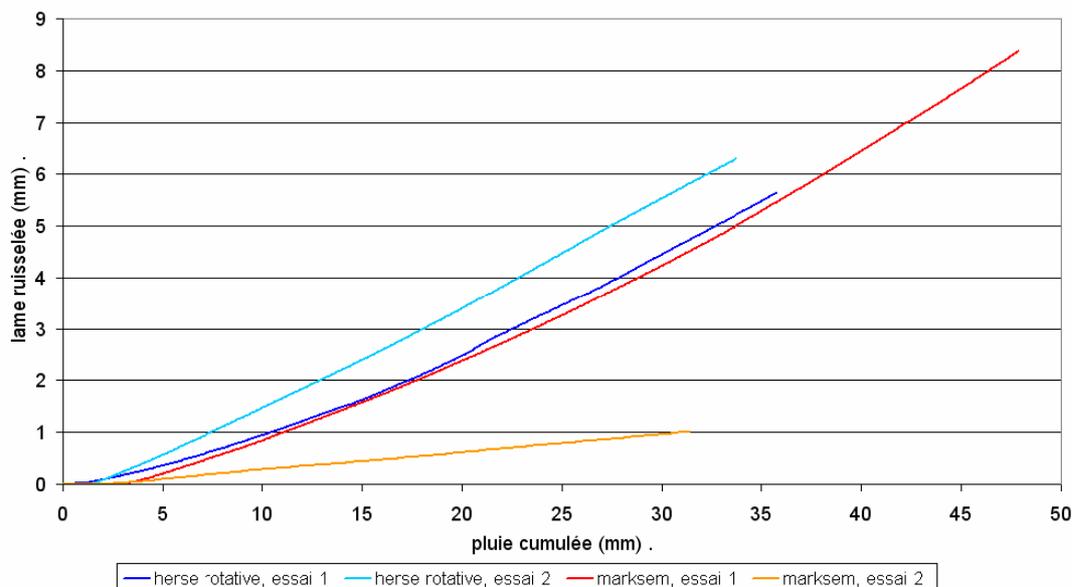


Figure 19 : Ruissellement cumulé pour la simulation de pluie conduite début janvier 2005 entre les dates 3 et 4 (source AREAS/CA27).

Il ressort de ces deux figures que la rugosité de surface obtenue avec les deux modalités de herse rotative est plus homogène sur la période de mesure que celle obtenue avec le Marksem (figure 18) et que le ruissellement obtenu semble être en lien avec le niveau de rugosité de surface. Le Marksem 1 ruisselle de la même manière que les traitements avec herse rotative dont il est très proche du point de vue de la rugosité, contrairement au Marksem 2 qui ruisselle moins avec une plus forte rugosité. Le différentiel ne porte toutefois que sur quelques dixièmes de mm de détention. L'effet de la nature des outils semble donc limité.

Intervention post semis, cas du désherbage mécanique au printemps : Dans un contexte de réglementation accrue de l'usage des produits phytosanitaires, nous avons testé en sortie d'hiver une solution issue des techniques de l'agriculture biologique : le désherbage

mécanique. Après un essai comparatif portant sur différents outils, c'est finalement la houe rotative (figure 20) qui a été retenue comme outil possible.

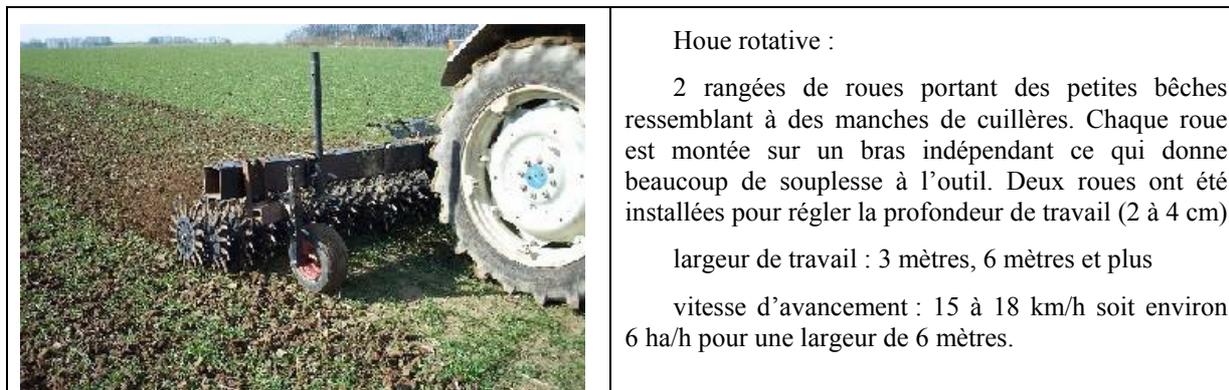


Figure 20 : Présentation de la houe rotative utilisée sur blé.

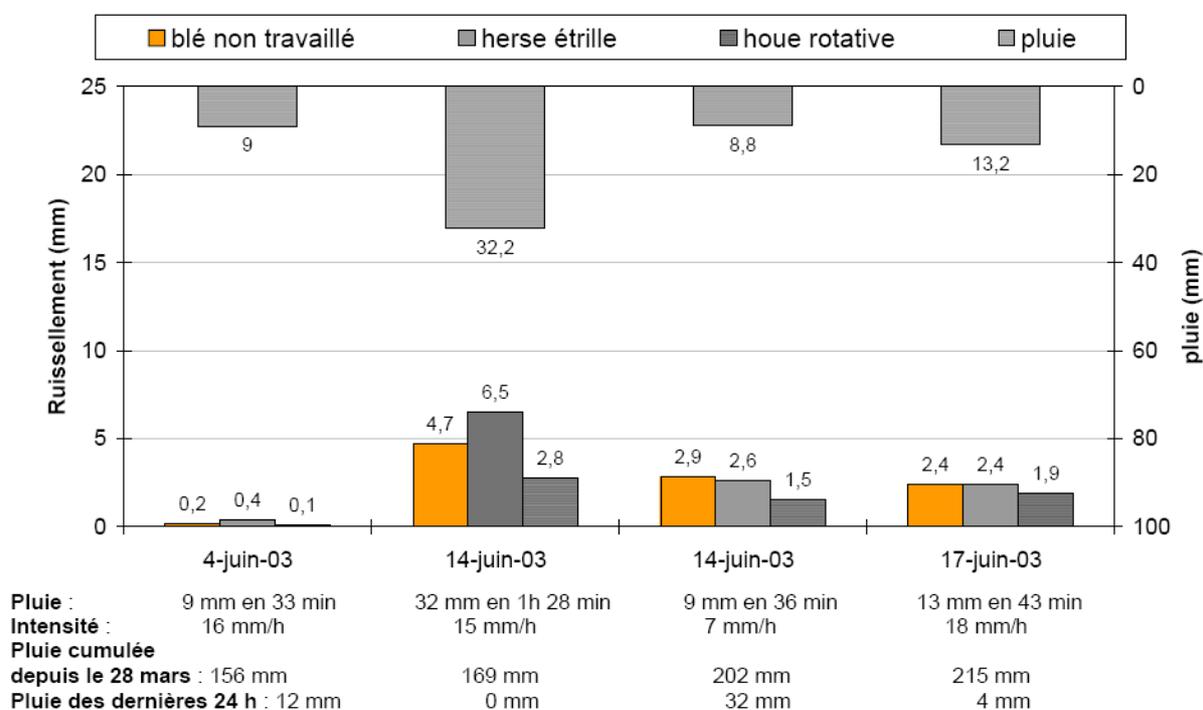


Figure 21 : Comparaison des ruissellements sur blé au printemps 2003 (source CA76).

Les interventions sur blé au printemps (figure 21) présentent un intérêt (réduction de ruissellement de 20 à 50 %) mais restent délicates à mettre en œuvre. Quand elles sont réalisées en conditions humides peu de temps avant de fortes pluies, elles peuvent conduire à un ruissellement et surtout une érosion diffuse supérieurs à ce qu'on obtient sur les surfaces n'ayant pas été fragmentées.

Intervention post semis, cas du semis de blé sous couvert : Partant du constat que le blé ne couvrait la surface que très tardivement, en mars soit 5 mois après le semis, nous avons testé l'implantation de couverts sur parcelle de blé afin d'assurer une protection de la surface du sol sans générer de concurrence excessive pour le blé. Les essais menés par la Chambre

d'agriculture ont permis de montrer l'intérêt des couverts hivernaux dans la réduction du ruissellement hivernal, toutefois l'impact de ces couverts sur le rendement dans le contexte très « poussant » de la Haute-Normandie est apparu trop important (perte de 10 à 20 % de rendement) pour continuer à explorer cette piste pourtant prometteuse à terme.

Essais synchroniques sur différentes cultures (premiers résultats)

De 2001 à 2006 la logique des mesures réalisées au sein du réseau « ruissellement » était de raisonner à occupation du sol constante la manière dont on pouvait réduire le ruissellement sur chacune des cultures. Entre-temps la réforme de la PAC a conduit à des modifications sensibles des assolements, qui font que des cultures peu étudiées jusqu'alors car n'occupant pas des surfaces importantes tendent à se développer (cas du colza énergétique). Il est donc important de caractériser l'impact de ces cultures sur le ruissellement du territoire agricole. Dans l'optique d'intégrer ces résultats dans l'outil DIAR, nous avons mis en place en 2006-2007 un premier essai comparant des situations déjà connues (blé déchaumé) à une parcelle de colza.

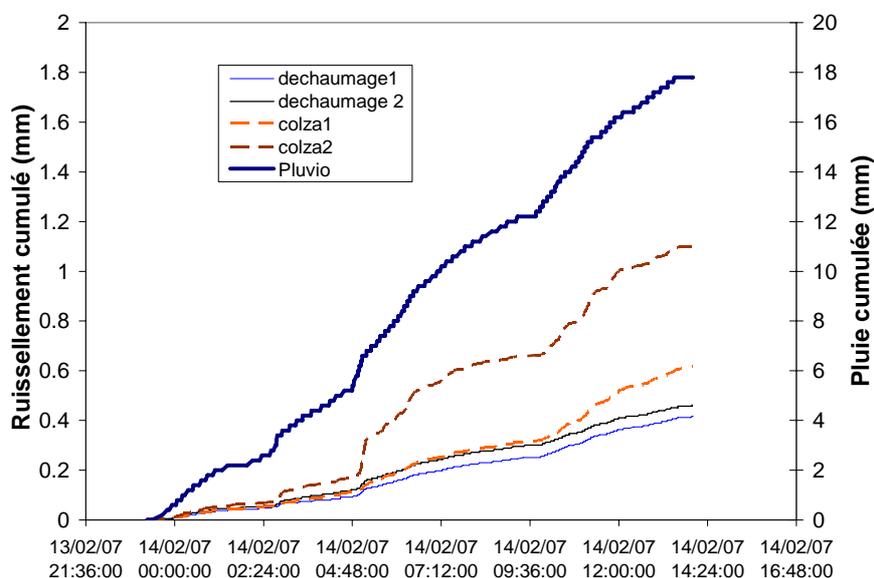


Figure 22 : Etude comparée du ruissellement émis par un colza et un déchaumage après récolte de blé (2006-2007, source SAD APT).

Sur la période considérée, une seule séquence pluvieuse a donné lieu à un ruissellement supérieur à 1mm. Cette séquence (figure 22) se caractérise par une longue durée (15h) ainsi que par une très faible intensité de pluie très régulière (1.2 mm/h). On note que le fonctionnement des deux déchaumages est très comparable alors que celui des deux répétitions du colza est différent. Cette différence tient avant tout au couvert végétal qui était de 50 % sur le colza 1 contre seulement 25 % sur le colza 2. Ce résultat confirme le rôle de la rugosité (déchaumage) dans la maîtrise du ruissellement, tout en donnant des pistes sur les capacités d'interception de la pluie par le couvert végétal avant la généralisation du ruissellement (de l'ordre de 5 mm pour 25 % de couvert et 10 mm pour 50 % de couvert). Ces informations pourraient être, à terme, intégrées dans DIAR.

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

Les problèmes érosifs en grande culture touchent toute la ceinture loessique du Nord-Ouest de l'Europe. La recherche de solutions techniques pour la Haute-Normandie passait donc naturellement par un inventaire des solutions développées et mises en œuvre dans ces différents pays. Ce travail a été conduit par l'AREAS. Il a démarré en avril 2005 par un stage d'ingénieur qui s'est prolongé par un CDD jusqu'à la fin de l'année 2006.

Méthodologie :

Nous avons interrogé par Internet 513 chercheurs identifiés (via la bibliographie) de 23 pays de l'Europe du Nord qui travaillent sur l'érosion des terres. Nous avons également enquêté les services du MEDD et du MAPAR 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, WARELA 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 ont été 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 des techniques préconisées.

Lorsque nous recevions des réponses positives sur des techniques non connues ou correspondant à des variantes intéressantes de solutions connues, nous nous sommes déplacés afin d'examiner sur le terrain les états de surface et les conditions de réussite de ces techniques tant du point de vue technique, économique qu'environnemental. Ainsi, 13 visites sur sites avec rencontres des interlocuteurs ont été réalisées dans 8 régions agricoles différentes.

Avec les partenaires européens contactés (cf. tableau 12) nous avons cherché à récolter deux types d'informations :

- Les expérimentations en cours, ou celles déjà réalisées, sur le thème de la lutte contre le ruissellement et l'érosion à l'échelle de la parcelle agricole, par adoption de pratiques culturales particulières.
- Les pratiques inventées puis adoptées par des agriculteurs, mais n'ayant pas fait l'objet de validation scientifique.

Tableau 12 : Types d'acteurs contactés au cours de l'enquête

Réseaux de chercheurs européens sur le thème de la conservation des sols	ex-Réseau Erosion
	réseau COST
	réseau ESSC
	projets <i>Interreg III</i> européens
	<ul style="list-style-type: none"> - AMEWAM, associant Allemagne, Hollande et Angleterre. - SOWAP (SOil and WATER Protection), associant Angleterre, Belgique, Hongrie, République Tchèque. - MESAM (Mesures contre l'Erosion et Sensibilisation des Agriculteurs au Milieu), associant pour le moment la Belgique et le Nord de la France. - WARELA, associant Allemagne, France, Luxembourg et Suisse.
Instituts techniques	Arvalis
	CETIOM
	Institut Technique du Lin
	Institut Technique de la Betterave
	Association Régionale pour la Pomme de Terre de Haute-Normandie
	IRBAB (Institut Royal Belge pour l'Amélioration de la Betterave)
	BBA (Institut allemand de protection des cultures)
Organismes de développement agricole	35 Chambres départementales d'agriculture françaises
	Service Romand de vulgarisation agricole (Suisse)
	Greenotec (Belgique)
	ADAS (UK)

Notons dès à présent que notre travail révèle des approches assez 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.

Bilan des recherches :

1^{er} RESULTAT : Nous avons recensé 48 références portant précisément sur 20 techniques « anti-ruissellement » utilisées en Europe du Nord et dont 18 présentent d'une part un intérêt certain ou potentiel et d'autre part suffisamment de résultats pour être crédibles. Chacune de ces 18 pratiques fait l'objet d'une description détaillée dans une fiche spécifique.

Dans ces fiches les thèmes suivants sont renseignés le plus précisément possible :

1. Présentation de la pratique : cultures concernées et modalités d'usage ;
2. Efficacité contre le ruissellement et l'érosion : références bibliographiques, résultats de mesures et note de fiabilité par référence, conclusions ;
3. Intérêts et limites agronomiques ;
4. Impacts économiques : rendements, coûts ;
5. Autres impacts environnementaux.

En synthèse, trois tableaux permettent de comparer les techniques en reprenant les différents critères :

1. Synthèse des techniques en fonction de leur mode d'action sur le ruissellement et l'érosion.
2. Synthèse des conditions d'efficacité des pratiques contre le ruissellement et l'érosion.
3. Synthèse des paramètres déterminant l'adoption des pratiques par les agriculteurs.

Les tableaux 13, 14, 15, 16, 17 donnent la liste des expérimentations recensées en Europe en fonction de chaque pratique (selon 4 catégories) et détaillent leur localisation et la période de réalisation des tests. Notons que par les recoupements que nous avons effectués via la bibliographie, les contacts épistolaires et les visites *in situ*, nous pensons avoir obtenu une liste quasi exhaustive des techniques actuellement développées ou testées sur les grandes cultures.

Tableau 13 : Catégorie A : Adaptation de matériel conventionnel

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

Tableau 14 : Catégorie B : Pratiques demandant l'insertion d'une opération culturelle dans l'itinéraire classique

Pratique culturelle 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 micro-barrages dans les inter-buttes	Pomme de terre	Allemagne, Schwaigern	Depuis 1998
	Pomme de terre	Belgique, Flandres orientales	Essai en 2004
	Pomme de terre	France, Pays de Caux	Essai en 2004
Rouleau Aqueel	Pomme de terre	UK	?
	Pomme de terre	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
	Maïs	France, Bretagne	1996-1997
	Maïs	France, Pays de Caux	2001-2002
Semis d'un couvert en interculture	Intercultures	France, Pays de Caux	Gallien??
	Intercultures	France, Pays de Caux	1990
	Intercultures	France, Pays de Caux	1994-1996
	Intercultures	France, Pays de Caux	2001-2002
	Intercultures	Belgique, Wallonie	2004

Tableau 15 : 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
<i>Formation des buttes à l'automne</i>	Pomme de terre	Allemagne, Schwaigern	1996-1999
<i>Semis du maïs en bandes fraisées</i>	Maïs	Suisse, Canton de Zürich	1989-1992
	Maïs	France, Seine-Maritime	2000-2002
<i>Semis du maïs en réparti</i>	Maïs	France, Pays de Caux	2003
<i>Strip-till</i>	Maïs	Hollande, Sud Limbourg	1985-1993
<i>Déchaumage avec une déchaumeuse à socs</i>	Interculture	France, Pays de Caux	1994-1996

Tableau 16 : 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	
?	Allemagne, Giessen	Depuis 1980	
Semis direct	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

Tableau 17 : Synthèse des 18 pratiques en fonction de leur période d'efficacité maximale

	PRATIQUES CULTURALES	Cultures concernées	Abandon du labour	Période d'efficacité maximale de la pratique	
				Printemps été	Hiver
Inter-culture	Semis d'un couvert végétal en interculture	TTC			
Avant semis	Réalisation d'un décompactage sur un système en non labour	TTC	X	Selon le moment où est réalisé le décompactage	
	Mise en place des cultures en travers de pente	TTC		(X)	(X)
	Mow Plow (labour recouvert d'un mulch)	TTC		X	X
	Réduction du nombre de passages d'outils lors de la préparation du lit de semence	Blé, Maïs TTC		X	X
	Diminution de la vitesse de rotation de la herse rotative lors de la préparation du lit de semence	Blé			X
	Travail superficiel du sol généralisé à toute la surface	TTC	X	X	X
	Préparation du lit de semence limitée aux bandes de semis	Maïs et autres cultures en rang	X	X	(X)
Semis	Semis direct (et plantation directe pour la pomme de terre)	TTC	X	X	X
	Semis du maïs en réparti	Maïs		X	
	Adaptation d'effaceurs de traces de roues sur le semoir à maïs	Maïs		X	
Après semis	Paillage naturel après semis ou « mulching »	Maïs Pomme de terre		X	(X)
	Création de micro ou macro-relief dans les sillons de pomme de terre	Pomme de terre		X	
	Usage de molécules de stabilisation de structure	Cultures sur billons irrigués		X	
	Binage	Maïs Betterave Tournesol		X	
	Sous semis d'un couvert végétal dans les interrangs du maïs	Maïs			X
	Ecrouâge du blé	Blé		X	
	Technique de culture sur billons permanents ou « Ridge Tillage »	Maïs / Soja	X	X	(X)

TTC= Tout Type de Culture

2^{ème} RESULTAT : Possibilité de transfert ou d'adaptation de certaines pratiques à la région Haute-Normandie.

Pour la période hivernale, où les phénomènes de ruissellement intense et d'érosion sont prépondérants sur sols battants, les techniques qui étaient mises en avant et testées sur le réseau de mesure du ruissellement jusque-là étaient :

- ♦ La réduction de l’affinement du lit de semence (réduction du nombre de passages et réglage des outils) ;
- ♦ L’utilisation d’effaceurs de traces de roues au semis ;
- ♦ L’implantation systématique de cultures intermédiaires après récolte précoce ;
- ♦ Le travail du sol généralisé sur tout chantier de récolte tardif.

L’apport de cette enquête aura été de mettre en évidence les 2 possibilités suivantes avec les conditions nécessaires pour atteindre l’efficacité maximale :

- ♦ Les techniques de semis direct pour les céréales et colza (voir cultures intermédiaires) après toute culture laissant un minimum de 30 % de mulch en surface du sol, soit après céréales. Mais ces techniques pourraient aussi s’envisager après un semis de cultures intermédiaires sur un chantier de récolte précoce d’une culture de printemps (lin et pois). Compte tenu des conditions pédologiques régionales, elles devront être associées aux décompactages.
- ♦ La technique américaine du Mow-Plow est une alternative (labour avec recouvrement par les résidus de la récolte précédente) et elle est associée avec une technique de semis sous mulch. Cette solution concerne aussi les semis après toute culture laissant un mulch minimal : céréales ou intercultures.

Pour la situation de chantier de récolte tardif de culture de printemps (betteraves, maïs ensilage) suivi d’une culture de printemps, l’enquête n’aura pas apporté de solutions nouvelles par rapport à celle qui consiste en la réalisation d’un travail du sol très motteux généralisé à l’ensemble des champs. A noter que cette situation de succession de cultures n’est pas fréquente dans les autres régions d’Europe où les céréales reviennent tous les 2 ans. Pour la période du printemps, l’enquête aura mis en évidence l’intérêt des techniques sans labour avec présence de mulch en surface, notamment des résidus d’interculture.

C’est donc une matière à réflexion importante pour la région qui a été dégagée, avec des orientations qui vont en découler en termes de recherche appliquée, de tests qui vont être conduits dès à présent par l’ensemble des partenaires du groupe « Réduction des ruissellements et pratiques culturales ».

3^{ème} RESULTAT : Prépondérance des techniques culturales sans labour en Europe.

En dehors de la France, la plupart des solutions suivies par les scientifiques s’appuient sur le concept du non labour (tableau 18). Ce n’est que pour le cas particulier de la pomme de terre que quelques techniciens agricoles et/ou quelques agriculteurs examinent des pistes en condition de labour.

Tableau 18 : La France face aux autres pays européens concernant les expérimentations en non labour

	Nombre d’expérimentations en labour	Nombre d’expérimentations en non labour
France	21	8
Autres pays européens	10	9

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, de 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.

L'enquête révèle aussi qu'à travers l'Europe, s'est développé un réseau très actif autour du non labour, favorisant les échanges de résultats expérimentaux, à l'image des projets *Interreg III* cités précédemment.

4^{ème} RESULTAT : 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. Lorsqu'il existe des résultats chiffrés, le matériel agricole utilisé est généralement bien connu mais pas toujours les conditions dans lesquelles les ruissellements se sont produits : état de surface, couverture des sols, humidité initiale, dynamique du ruissellement au cours de l'essai. A contrario, la qualité des données/mesures obtenues en Normandie depuis quelques années est à souligner. La vision que l'on retire de cette enquête peut toutefois être trompeuse car 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).

5^{ème} RESULTAT : Plus faible mobilisation des chercheurs que des techniciens sur cette thématique.

Nous avons constaté que dans l'objectif de créer des « innovations » agricoles pour lutter contre le ruissellement et l'érosion, le monde de la Recherche Scientifique s'est avéré ne pas être l'interlocuteur le plus pertinent. 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. Il semblerait en fait que ces innovations soient plus portées par des techniciens au sein d'Instituts, de structures de Recherche - Développement, des agriculteurs et des constructeurs. Aussi, il pourrait être utile de compléter ce travail d'enquête vers les entreprises de machinisme agricole ou même vers les initiatives individuelles d'agriculteurs citées dans les magazines spécialisés. Ce travail a été un peu initié lors de cette enquête, mais il demande à être poursuivi. Nous avons remarqué que, hors réseaux Interreg III, les acteurs ne se connaissent pas ou peu entre pays européens, échangent peu et testent souvent les mêmes techniques dans l'objectif de les adapter à leurs contraintes locales.

Conclusion sur l'enquête

L'enquête menée a permis d'identifier quelques techniques culturales méritant d'être testées dans les conditions particulières de la Haute-Normandie. Par ailleurs, elle a aussi permis de

mettre en évidence les spécificités du contexte lié au climat et aux systèmes de culture de cette région, qui font que les solutions jugées comme bien établies dans d'autres régions européennes (non labour) peuvent être de transposition délicate. On ne peut que suggérer la création d'un plus vaste réseau européen d'échange d'informations et de savoir-faire entre les personnes que nous avons rencontrées, pour accélérer le transfert des connaissances et des expériences. La mise en ligne des résultats des projets Interreg III comme celle des résultats du groupe Ruissellement – érosion de Haute-Normandie ne peut que favoriser ces échanges (voir la partie correspondante dans ce projet RDT).

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

Introduction

Les volets 1.a à 1.c ont montré qu'on pouvait identifier des itinéraires techniques cultureux permettant de réduire significativement le ruissellement tout en caractérisant le gain possible par rapport à la situation actuelle. Mais la modification des techniques culturales n'est pas la seule voie de réduction du ruissellement directement accessible aux agriculteurs. Ils peuvent aussi jouer sur la localisation des cultures sur leurs parcelles (Joannon et al, 2006). Ces deux voies d'amélioration (techniques culturales + localisation des cultures) ne sont pas accessibles aussi facilement par tous les agriculteurs qui de fait ont des marges de manœuvre variables pour orienter favorablement leurs systèmes de culture. En effet, étant donné les caractéristiques propres à chaque exploitation, choix des productions, moyens productifs disponibles (terres, main-d'œuvre, matériel) et choix de gestion technique des cultures, les possibilités de mettre en œuvre des changements sont plus ou moins importantes. Il apparaît donc utile de mettre au point des outils de diagnostic de ces marges de manœuvre techniques, dans la mesure où les ayant identifiées, il sera plus facile de proposer aux agriculteurs des changements en cohérence avec les contraintes techniques de gestion de leur exploitation. Nous avons donc exploré parallèlement le développement d'outils et de démarches d'aide à l'identification des marges de manœuvre, pour modifier l'organisation spatiale des cultures d'une part et pour mettre en œuvre des opérations culturales réduisant le ruissellement durant l'interculture d'autre part. Au-delà de la modification des systèmes de culture, nous avons aussi développé un outil facilitant le dimensionnement et la localisation de bandes enherbées en fond de talweg.

Diagnostic des marges de manœuvre pour modifier la localisation des cultures

Objectif

Modifier la localisation des cultures à l'échelle du bassin versant suppose qu'un certain nombre d'agriculteurs puissent le faire à l'échelle de leur territoire d'exploitation. Une coordination des changements possibles dans chaque exploitation permet de rechercher une configuration réduisant le ruissellement à l'échelle du bassin versant, en créant des zones d'infiltration dès l'amont du bassin versant. Le travail de diagnostic des marges de manœuvre exposé ici se réfère à la première partie et n'aborde donc pas la coordination entre agriculteurs.

La localisation des cultures au sein du territoire d'exploitation dépend des cultures concernées, des caractéristiques des parcelles et des règles agronomiques de succession culturale. Sur la base d'enquêtes il est possible d'établir un modèle décisionnel de localisation des cultures et alors de simuler les différents choix de cultures possibles dans chacune des parcelles de l'exploitation une année donnée. Les marges de manœuvre pour modifier la

localisation des cultures sont d'autant plus élevées qu'il y a un grand nombre de parcelles avec plusieurs choix de cultures envisageables. Cette méthode testée par Alexandre Joannon dans sa thèse (2004) dans le Pays de Caux a été généralisée dans le cadre d'un mémoire d'étudiant (Silvestre, 2004) dans la Somme. L'inconvénient majeur de cette démarche est le temps nécessaire pour sa mise en œuvre : environ quatre heures par agriculteur comprenant l'enquête et le traitement des données pour réaliser la simulation. Par ailleurs la mise en œuvre de cette méthode par des agents de développement n'avait pas été testée. C'est pour cela que dans une deuxième phase du projet DiGet-CoB nous avons entrepris :

- (1) de concevoir une méthode de diagnostic couplant un indicateur plus simple à calculer pour identifier le niveau de marge de manœuvre et des simulations (Joannon *et al*, 2007) ;
- (2) d'évaluer les contraintes liées à la mise en œuvre de cette méthode.

Construction d'un indicateur simple d'évaluation des marges de manœuvre pour modifier la localisation des cultures à l'échelle de l'exploitation

Pour cela nous avons retravaillé avec les données détaillées de 14 exploitations du bassin versant de Bourville dans le Pays de Caux, qu'Alexandre Joannon avait enquêtées durant sa thèse. Le principe de l'indicateur est d'analyser si les règles agronomiques de localisation et succession des cultures sont contraignantes au regard des caractéristiques parcellaires et de l'assolement de l'exploitation. Nous considérons comme contraignant le fait :

- que la surface d'une culture soit égale à la surface des cultures précédentes potentielles, car en ce cas la localisation de cette culture est directement déterminée par celle des cultures précédentes potentielles, il n'y a donc pas de marge de manœuvre,
- que la surface d'une culture soit égale à la surface des parcelles de l'exploitation où peut être placée cette culture, divisée par son délai de retour sur une même parcelle (n). En effet, dans ce cas, les parcelles sur lesquelles on trouvera la culture en question une année donnée dépendront directement de celles où elle a été cultivée les n-1 années précédentes, il n'y a donc pas de marge de manœuvre.

Cet indicateur se calcule donc simplement, en ayant connaissance de l'assolement de l'exploitation, des caractéristiques des parcelles et de la possibilité d'y implanter les cultures de l'assolement, et enfin des règles de succession culturale des cultures sur une même parcelle. Ainsi, cet indicateur permet de diviser par quatre le temps nécessaire pour évaluer les marges de manœuvre d'une exploitation.

Nous avons calculé cet indicateur pour les 14 exploitations du bassin versant de Bourville et nous avons comparé le classement obtenu avec celui, plus précis, résultant du processus de simulation du modèle décisionnel. Il est ressorti que l'indicateur permettait de bien identifier les exploitations n'ayant pas de marges de manœuvre. Il est ainsi envisageable d'imaginer une démarche d'identification des marges de manœuvre pour modifier la localisation des cultures combinant indicateur et simulations :

- un indicateur simple pour identifier rapidement les exploitations ayant potentiellement des marges de manœuvre ;
- des simulations réservées uniquement à ce groupe d'exploitations pour identifier plus finement (pour chaque parcelle de l'exploitation) les marges de manœuvre et pouvoir ainsi concevoir des changements avec les agriculteurs.

Mise en œuvre par des agents de développement

Afin d'évaluer les contraintes pour une mise en œuvre de cette méthodologie d'analyse des marges de manœuvre par des agents de développement, nous avons entrepris deux études. Tout d'abord, dans le cadre de son stage en 2004, Marie Silvestre a analysé la démarche d'assolement concerté mise en œuvre par l'association SOMEA (Somme Espace Agronomie) dans la Somme. Par ailleurs, nous avons également travaillé sur les possibilités d'assolement concerté, début 2006, avec 3 agriculteurs du bassin versant de Bourville en association avec Bénédicte Lapière, l'animatrice agricole du syndicat de bassin versant Dun-Veules.

Le premier résultat concerne l'implication des agriculteurs. Des résultats contradictoires ont été obtenus dans les deux études. Dans la Somme, les agriculteurs étaient ouverts à la démarche mais sceptiques quant aux possibilités d'aboutir étant donné la difficulté de constituer leur propre assolement. A l'inverse, les trois agriculteurs qui ont participé à l'étude en 2006 ont été plus positifs quant à l'intérêt de la démarche. La différence entre les deux études est qu'en 2006 la méthodologie a été testée jusqu'au bout, avec la proposition de scénarii aux agriculteurs. Ceux-ci ont donc pu se faire une idée plus précise de la démarche que lors de l'étude menée dans la Somme où l'idée restait théorique.

Le deuxième résultat concerne la prise en compte du temps dans les décisions d'assolement et de localisation des cultures. D'une part il est apparu que des décisions étaient prises jusqu'à 18 mois avant l'implantation de la culture. C'est le cas du stockage au champ du fumier, qui est stocké sur les parcelles où il sera épandu ; cela nécessite donc de savoir à l'avance où seront implantées les cultures recevant ce fumier (maïs et betteraves sucrières principalement). A l'inverse des décisions sont prises très peu de temps avant l'implantation des cultures. C'est le cas des cultures industrielles légumières de printemps dont les contrats avec les conserveries peuvent être signés jusqu'à deux mois avant la date d'implantation. Cela montre que la démarche de diagnostic des marges de manœuvre et de construction de scénarii doit être envisagée très tôt et actualisée au fur et à mesure des prises de décision.

Conclusion

Les travaux entrepris dans le cadre du projet DiGet-CoB ont permis de proposer une méthode d'analyse plus rapide des marges de manœuvre des agriculteurs pour modifier la localisation des cultures, et permettre ainsi une conception concertée d'assolement à l'échelle du bassin versant pour réduire le ruissellement. Pour autant, cette démarche n'est pas encore opérationnelle et nécessite d'être testée avec un plus grand nombre d'agriculteurs. C'est un travail qui doit être réalisé par Bénédicte Lapière et Véronique Souchère. Par ailleurs, Véronique Souchère aborde également cette thématique dans le cadre d'un projet de jeu de rôle (projet dans le cadre du programme ANR ADD (Agriculture et Développement Durable) : "La modélisation d'accompagnement : une pratique de recherche en appui au développement durable").

Diagnostic des marges de manœuvre pour modifier les itinéraires techniques durant l'interculture en vue de limiter le ruissellement

Objectif

Pour limiter le ruissellement hivernal il est également possible de modifier les itinéraires techniques d'interculture (cf. partie 1b de ce rapport), par exemple réaliser un semis de moutarde ou réaliser un déchaumage à soc au lieu de laisser le sol nu et non travaillé. Cela

suppose souvent que l'agriculteur réalise des opérations culturales supplémentaires dans ses parcelles, opérations culturales qui peuvent entrer en compétition avec son propre calendrier de travail, du fait des ressources limitées en main-d'œuvre et matériel dont il dispose (Joannon *et al*, 2005). C'est pour cela que, dans le cadre de ce projet, un modèle de simulation de l'organisation du travail a été développé (Lesuffleur 2005 & 2006) en se basant sur les principes du logiciel OTELO développé par l'INRA durant les années 80. L'objectif était de construire un modèle plus simple d'utilisation qu'OTELO, avec une interface de saisie plus conviviale, notamment en passant de l'environnement DOS à l'environnement Windows.

Principe de simulation et d'évaluation des marges de manœuvre à l'aide du modèle DAISI (DAILY farm fieldwork SIMulation)

Le principe est de simuler jour après jour la réalisation des différents chantiers que l'agriculteur doit effectuer en tenant compte de la disponibilité de la main-d'œuvre et du matériel, ainsi que des conditions climatiques, principalement les précipitations. Pour simuler le calendrier de travail il est nécessaire, à partir d'une enquête, de recueillir les informations suivantes :

- la main-d'œuvre de l'exploitation : identification des différentes personnes mobilisables et de leur disponibilité instantanée ;
- le matériel disponible sur l'exploitation ;
- l'assolement de l'exploitation c'est-à-dire la surface de chacune des cultures cultivées par l'agriculteur ;
- les lots de culture : un lot de culture est la surface d'une culture traitée de manière homogène. Ainsi, la sole de blé d'une exploitation peut être conduite de manière différente en fonction de la culture qui va suivre le blé (par ramassage des pailles si un lin suit le blé ou enfouissement des pailles si c'est un pois) ;
- les opérations culturales et les chantiers : il s'agit de lister ici les différentes tâches que l'agriculteur a à réaliser en précisant pour chaque chantier la main-d'œuvre et le matériel nécessaire, sa vitesse de réalisation et la période optimale de sa réalisation ;
- l'enchaînement entre chantiers d'une même culture ;
- les priorités entre chantiers devant être réalisés au même moment sur différentes cultures.

Par ailleurs, il est nécessaire de disposer des règles définissant la possibilité de réaliser les différents types de chantiers en fonction du climat, au pas de temps journalier.

Partant de là, il est possible de simuler le calendrier de travail quotidien d'une exploitation et d'évaluer alors les marges de manœuvre pour réaliser des chantiers supplémentaires, en estimant le nombre de jours disponibles après la réalisation des chantiers prioritaires. Un exemple simplifié est donné sur la figure 23. On peut voir ainsi qu'entre le 28 septembre et le 29 octobre, l'agriculteur doit réaliser des semis de blé dur (BD) et blé tendre (BT) ainsi qu'un traitement herbicide après les semis de blé tendre. Cela lui laisse 4 jours disponibles pour réaliser un chantier supplémentaire, ici appelé « test » du 24 au 27 octobre.

Conclusion

Le modèle DAISI est aujourd'hui quasi opérationnel pour des exploitations du Pays de Caux. En effet nous disposons pour cette région de règles de calcul pour déterminer la possibilité de réaliser les différents chantiers en fonction du climat, et le module de calcul du modèle a été testé pour en corriger les erreurs de programmation. En revanche, DAISI n'a pas été testé par des agents de développement. Un travail est prévu dans ce sens, à la fois pour améliorer

l'interface de saisie des données et pour envisager des sorties de synthèse qui faciliteraient l'analyse des calendriers de travail simulés.

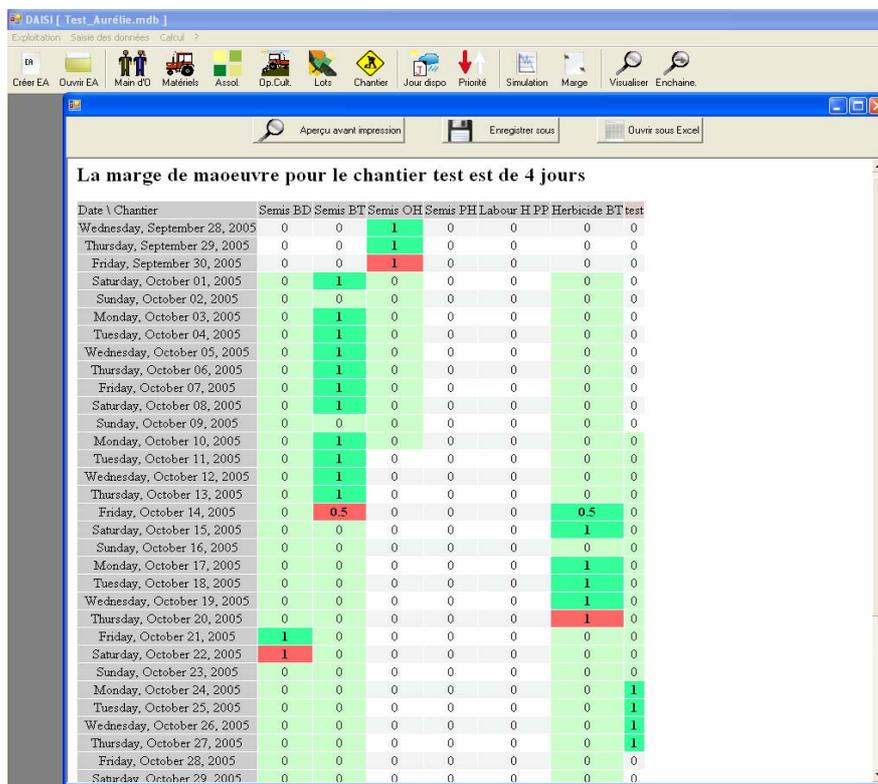


Figure 23 : Exemple d'évaluation des marges de manœuvre pour modifier les itinéraires techniques à l'aide du logiciel DAISI.

Aide à la localisation des zones en herbe : intérêt du modèle STREAM

En complément d'une modification des pratiques culturales, les gestionnaires de terrain peuvent s'appuyer sur les dispositifs de maintien et de création d'herbages permanents dans des zones stratégiques pour protéger les ouvrages hydrauliques de l'envasement. Ils sont alors confrontés aux questions suivantes :

- Quelles zones faut-il convertir en herbage ?
- Pour quel taux de maîtrise du ruissellement et de l'érosion ?

Dans le cadre d'un programme d'action, conduit par le Contrat Rural du Dun et de la Veules, visant à développer et pérenniser des surfaces en herbe sur le bassin versant de Veules Ouest, nous avons proposé de tester la mise en œuvre du modèle STREAM pour :

- **Faire un état des lieux** de la sensibilité du bassin versant au ruissellement et à l'érosion ;
- **Rechercher un schéma optimisé** de création d'herbages permettant de protéger les ouvrages que le syndicat de bassin versant projette de créer.

A travers cet exemple, nous souhaitons formaliser une méthode de raisonnement des conversions en herbage et tester le modèle STREAM comme outil d'évaluation de l'impact de la mise en œuvre d'une telle politique.

Le modèle STREAM

STREAM (Sealing and Transfer by Runoff and Erosion in relation with Agricultural Management) est un modèle de ruissellement, spatialisé, fonctionnant à l'échelle du bassin versant et de l'événement pluvieux. C'est un modèle basé sur une approche de type système expert dont les règles de décision sont issues de résultats expérimentaux (terrain et laboratoire) obtenus sur les sols limoneux de Haute-Normandie. Ses principales caractéristiques sont la prise en compte des états de surface de chaque parcelle et notamment des croûtes de battance dans les processus d'infiltration / ruissellement et la prise en compte des motifs agraires dans les processus de circulation de l'eau de ruissellement. Ainsi, en ne considérant que les facteurs et les processus dominants, STREAM est un modèle simple ne nécessitant que peu de paramètres d'entrée. Initialement, il utilisait le Système d'Information Géographique Arc/Info. Au démarrage du programme Diget-Cob, il venait d'être implémenté dans le SIG ArcGis¹¹, plus facilement accessible pour des structures de développement. Ce modèle a été développé à partir de 10 années de travail de recherche conduit dans le Pays de Caux par l'INRA (SÉSCPF d'Orléans et UMR SAD APT).

Les différentes fonctions du modèle sont divisées en quatre modules interdépendants décrivant respectivement le réseau d'écoulement (Souchère et al., 1998), le ruissellement (Cerdan et al., 2002c), l'érosion diffuse (Cerdan et al., 2002a) et l'érosion linéaire (Souchère et al., 2003). La démarche suivie pour l'élaboration de ces modules est identique : l'identification et la paramétrisation des facteurs dominants à l'échelle locale sur la base de résultats expérimentaux, puis à l'échelle du bassin versant en prenant en compte les paramètres propres à ce niveau d'investigation. Une telle démarche a été possible grâce à l'existence d'une importante base de données de référence regroupant des expérimentations au laboratoire et au champ depuis l'échelle du mètre carré jusqu'à l'échelle du bassin versant (Cerdan et al., 2002b).

Ce modèle permet de quantifier le ruissellement et les pertes en terre, tout en localisant les zones où ces phénomènes se produisent. Il peut également être utilisé pour simuler les effets liés à la modification de la localisation des cultures, des façons culturales, de la disposition des parcelles, du sens de travail du sol ou pour tester l'impact d'aménagements destinés à lutter contre l'érosion (bandes enherbées, mares tampons...).

Evaluation du module ruissellement

L'évaluation d'un modèle de ruissellement doit au moins considérer deux aspects : la comparaison des réseaux de circulation observés sur le terrain avec ceux calculés par le modèle, et la comparaison des volumes ruisselés mesurés et simulés. En effet, la mesure du volume ruisselé à l'exutoire d'un bassin versant ne doit pas être l'unique validation d'un modèle de ruissellement. Cette valeur finale résulte de l'accumulation de l'eau par les connexions des surfaces ruisselantes sur le bassin. Il existe un danger potentiel de « trouver la bonne réponse pour les mauvaises raisons ». Les erreurs peuvent se compenser, et la précision de prédiction sur le volume final ne garantit en aucun cas qu'il n'y ait pas d'éventuelles erreurs d'appréciation plus en amont. Cette remarque porte d'autant plus à conséquence quand il s'agit d'étudier, à terme, le positionnement de dispositifs enherbés au sein d'un bassin versant. STREAM a fait l'objet de validation qualitative et quantitative (Cerdan et al., 2002).

¹¹ Dans le cadre d'un projet financé par le programme Gessol du MEDD.

Evaluation du module érosion diffuse

L'évaluation du module érosion diffuse a montré que le modèle a tendance à légèrement surestimer les quantités de sédiments obtenues par simulation lorsqu'on les compare avec les valeurs mesurées sur le terrain. En fait, le modèle est relativement sensible au seuil de concentration des règles de dépôt qui sont utilisées dans le processus de modélisation. Ces seuils ont été introduits pour moduler la capacité de transport de l'écoulement en fonction des facteurs topographiques et pour prendre en compte les possibilités de ralentissement du flux sous l'effet de la végétation quand des valeurs instantanées du taux de ruissellement et de sédiments ne sont pas disponibles. En l'absence de références expérimentales avec des mesures directes des propriétés hydrauliques de l'écoulement, les seuils ont été déterminés sur la base des valeurs au-dessus desquelles des dépôts ont toujours été observés. Ceci explique la tendance générale de surestimation du modèle.

Evaluation du module érosion concentrée

Dans le cas du module érosion concentrée, nous avons là aussi constaté que le modèle a tendance à surestimer les pertes par érosion, car dans la version actuelle aucune règle de dépôt n'a encore été implémentée. Par ailleurs, les données utilisées pour développer ce module ont été obtenues sur des bassins versants où cette forme d'érosion générerait, en condition climatique adéquate, la présence de ravine relativement importante. Lorsque ce module est utilisé avec des données issues de bassins versants où les pentes sont plus modérées et les ravines moins prononcées, nous avons constaté que le modèle avait des difficultés pour prédire correctement l'absence d'érosion ou la présence de faible incision. Une des pistes d'amélioration en cours d'étude consiste à réviser le facteur « cohésion du sol » pour toutes les occupations du sol. En effet, ce facteur n'est pas complètement satisfaisant pour les parcelles fortement compactées par les opérations de récolte.

Description du bassin versant test

Le bassin versant de Veules Ouest s'étend sur 1300 ha et se répartit sur 4 communes (Veules-lès-Roses, Blosserville-sur-Mer, Angiens, Gueutteville-les-Grès). Ses pentes sont faibles (1,35 % sur le talweg principal). Sa surface se répartit en 940 ha de terres labourées (72 %), 266,6 ha d'herbe (20 %), 77 ha de zones bâties (6 %) et 21 ha de voirie (1.6 %). Ce bassin est principalement exploité par une quinzaine d'agriculteurs. L'élevage bovin est résiduel (figure 24).

Pour le Syndicat Mixte des Bassins Versants du Dun et de la Veules, les principaux enjeux sur le bassin versant sont : la turbidité et la sédimentation dans le lit de la Veules et sur la plage, la turbidité au captage d'eau et les inondations de voirie et de maisons à Veules-lès-Roses. L'érosion est si importante que les aménagements hydrauliques de laminage de crue ne peuvent pas être envisagés de façon durable avec des frais d'entretien et de curage raisonnables.

L'étude a porté sur les 980 ha situés à l'amont du dernier ouvrage projeté par le syndicat de bassin versant avant Veules-lès-Roses, au carrefour entre la D 925 et la D 69.

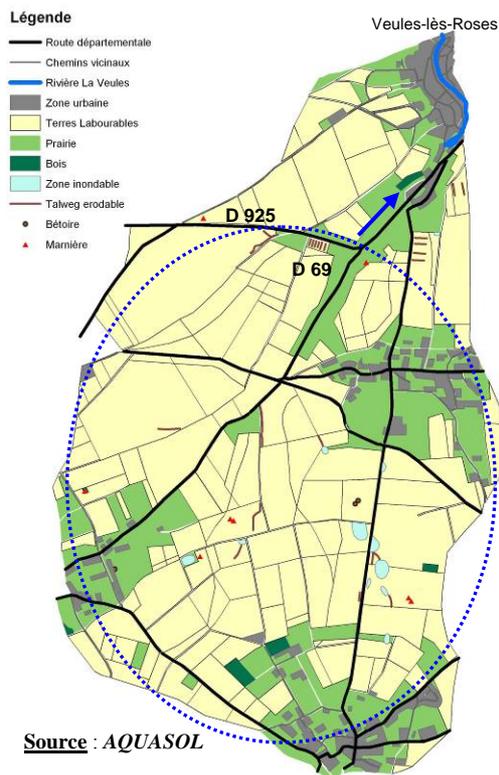


Figure 24 : Bassin versant de Veules Ouest, le bassin versant étudié est encerclé en pointillés bleus (980 ha).

Acquisition et description des données alimentant le modèle

Le Modèle Numérique d'Altitude (MNA) a été obtenu par digitalisation des courbes de niveau et des points cotés des cartes IGN au 1/25 000 et prise en compte d'un relevé au théodolite laser sur une zone de topographie peu marquée sur laquelle le modèle d'écoulement n'était pas correct sans cela (Fond des Pendus). De nombreux tests ont dû être réalisés pour obtenir un MNA qui reproduise bien les axes de circulation de l'eau.

Les occupations du sol (cultures en place ou type de travail du sol) et motifs agraires (fourrière, dérayures et sens de travail du sol) ont été relevés par inventaire de terrain.

Dérayure concentrant et guidant les écoulements entre la Cavée Verte et la D4 sur le bassin versant de Veules Ouest.



Normalement, STREAM est conçu pour fonctionner à partir d'observations de terrain qui permettent d'obtenir des informations qualitatives sur l'état de surface des sols. Cet état de surface des sols, qui conditionne l'apparition du ruissellement, est caractérisé à travers des notations de faciès (état structural de surface par l'intermédiaire du degré de développement des croûtes de battance), rugosité (parallèle et perpendiculaire au sens de travail du sol) et taux de couvert végétal, au sein de chaque zone de la parcelle homogène du point de vue du

type de sol. Dans le cadre de cette étude, les états de surface ont été extrapolés à partir des occupations du sol identifiées à trois dates (juin 2004, décembre 2004 et juin 2005). Cependant, lorsque des états de surface étaient atypiques mais liés à une pratique d'agriculteur du bassin (déchaumage très grossier avec semis de moutarde très peu couvrant par exemple), ils ont été directement notés sur le terrain en même temps que l'occupation du sol. Les tableaux 19 et 20 résument les capacités d'infiltration affectées aux principales occupations du sol en fonction des états de surface pour chaque période d'étude (juin ou décembre).

Tableau 19 : Etats de surface pour les principales occupations du sol en décembre

Occupation du sol	Description de l'état de surface	Capacité d'infiltration (mm/h)
Prairie, bois	Couverture du sol permanente	50
Blé, orge	Couvert végétal inférieur à 30%, croûte sédimentaire développée, rugosité inférieure à 2 cm dans le sens de travail du sol et perpendiculairement au travail du sol	2
Colza	Couvert végétal entre 30 et 50 %, croûte sédimentaire, rugosité inférieure à 2 cm dans le sens de travail du sol et perpendiculairement au travail du sol	5
Chantier de récolte non travaillé	Couvert végétal quasiment nul, croûte sédimentaire développée, rugosité inférieure à 1 cm dans le sens de travail du sol et perpendiculairement au travail du sol	2
Chaumes de céréales non travaillés avec repousses	Couvert végétal entre 30 et 50 %, croûte sédimentaire développée, rugosité inférieure à 1 cm dans le sens de travail du sol et perpendiculairement au travail du sol	5
Déchaumage à dents ou à disques	Couvert végétal nul, croûte sédimentaire naissante, rugosité comprise entre 2 et 5 cm dans le sens de travail du sol et perpendiculairement au travail du sol	5
Déchaumage à socs	Couvert végétal nul, croûte structurale, rugosité comprise entre 2 et 5 cm dans le sens de travail du sol et 5 à 10 cm perpendiculairement au travail du sol	20
Moutarde	Couvert végétal supérieur à 60 %, croûte structurale naissante, rugosité inférieure à 2 cm dans le sens de travail du sol et perpendiculairement au travail du sol	20

Tableau 20 : Etats de surface pour les principales occupations du sol en juin

Occupation du sol	Description de l'état de surface	Capacité d'infiltration (mm/h)
Prairie, bois	Couverture du sol permanente	50
Blé, orge	Couvert végétal de 100 %, croûte fissurée, rugosité inférieure à 1 cm dans le sens de travail du sol et perpendiculairement au travail du sol	10
Colza	Couvert végétal de 100 %, croûte fissurée, rugosité inférieure à 2 cm dans le sens de travail du sol et perpendiculairement au travail du sol	20
Maïs	Couvert végétal inférieur à 30%, croûte structurale développée, rugosité inférieure à 2 cm dans le sens de travail du sol et perpendiculairement au travail du sol	5
Lin, betterave	Couvert végétal entre 30 et 60 %, croûte sédimentaire développée, rugosité inférieure à 2 cm dans le sens de travail du sol et perpendiculairement au travail du sol	5
Pois	Couvert végétal entre 30 et 60 %, croûte sédimentaire développée, rugosité inférieure à 1 cm dans le sens de travail du sol et perpendiculairement au travail du sol	2
Pomme de terre	Couvert végétal entre 30 et 60 %, croûte sédimentaire développée, rugosité inférieure à 1 cm dans le sens de travail du sol et supérieure à 10 cm perpendiculairement au travail du sol	2
Carotte	Couvert végétal entre 30 et 60 %, croûte sédimentaire développée, rugosité inférieure à 1 cm dans le sens de travail du sol et perpendiculairement au travail du sol	2

Cette démarche a été adoptée car l'objectif n'était pas de reproduire fidèlement le comportement du bassin versant à ces trois dates mais de comparer les niveaux de

ruissellement et d'érosion au cours de la saison et entre années successives, en fonction de l'assolement et des pratiques habituelles des agriculteurs du bassin versant.

Pour alimenter le modèle STREAM, nous avons choisi des événements pluvieux représentatifs des conditions climatiques de la zone d'étude. Le tableau 21 présente les caractéristiques des cinq pluies utilisées au cours des différentes simulations dans les configurations avec ou sans aménagements pour les trois dates d'état de surface. Ces pluies correspondent à des événements qui ont eu lieu sur le bassin versant ou à proximité et qui sont parlants pour les acteurs de terrain.

Tableau 21 : Caractéristiques des événements pluvieux simulés

N° événement pluvieux	Date de référence (Blosseville et Bourville en italique)	Hauteur (mm)	Durée (heure)	Indice des pluies antécédentes (mm)	Intensité maximale sur 6 min (mm/h)	Intensité moyenne (mm/h)
1	13/10/1993	37.6	7.03	40.9	19.2	5.3
2	30/12/1993	29.6	4.97	9.2	17.9	6
3	31/12/1993	22	2.32	37.2	28.4	9.5
4	16/02/1995	12.2	3	2.9	20	4.1
5	11/10/2006	36	5	42	30	7.2

Les trois premières pluies ont eu lieu sur le bassin versant étudié, durant l'automne-hiver 1993. Avec un cumul de près de 90 mm en seulement trois événements, elles donnent une indication des niveaux d'érosion qui peuvent se produire lors de saisons catastrophiques. La pluie de 12.2 mm de février 1995 est représentative de pluies courantes sur le bassin versant, mais assez intenses. La pluie de 36 mm d'octobre 2006, mesurée à quelques kilomètres du site (ses caractéristiques devaient être très proches à Blosseville), était encore fraîche dans la mémoire des agriculteurs car elle était récente et avait provoqué de l'érosion dans les parcelles et des dépôts de terre sur les routes.

Deux scénarii de modification de l'état initial ont été testés. L'un correspond à l'implantation de bandes enherbées et l'autre à la réalisation d'ouvrages de stockage (4 prairies inondables) avec une remise en herbe des abords. La figure 25 et le tableau 22 précisent la localisation et décrivent les caractéristiques de ces deux scénarii d'aménagement.

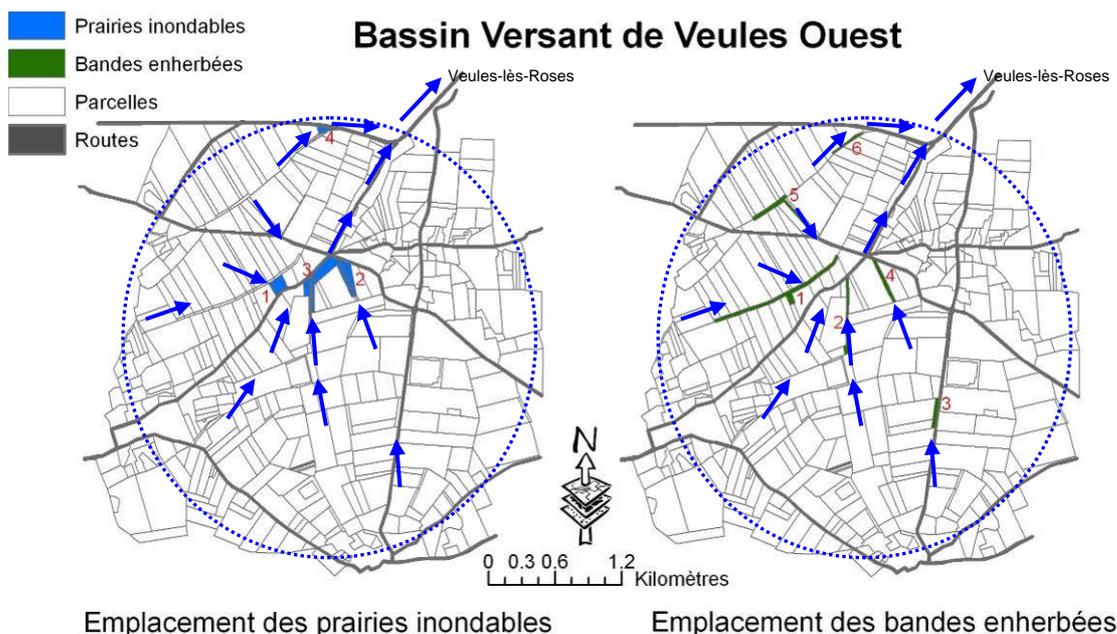


Figure 25 : Localisation des aménagements, à gauche pour le scénario d'implantation de prairies inondables, à droite pour le scénario de mise en place de bandes enherbées, les flèches bleues indiquent le sens des écoulements.

Tableau 22 : Caractéristiques des aménagements simulés

Numéro	Prairies inondables		Bandes enherbées	
	Surface (ha)	Volume de stockage (m ³)	Surface bassin versant amont (ha)	Taux de conversion en herbe (%)
1	1.79	5 500	4.44	4.2
2 et 3	7.84	13 000 et 12 500	1.88	1.3
4	0.8	5 000	1.00	1.0
Total	10.43	36 000	4 et 3	1.31 +1
			5	2.20
			6	0.70
			Captage (1, 2, 3, 4 et 5)	10.83
			Exutoire final	11.53
				795
				980
				1.2

Les dimensions retenues pour les bandes enherbées sont assez importantes (20 à 50 mètres de large). Ceci résulte de nombreux essais avec des bandes plus étroites, pour lesquelles le ruissellement pouvait ne pas être intercepté si l'axe de circulation était légèrement modifié suite à des changements de rugosité des motifs agraires en amont au cours de la saison ou entre deux années successives.

Chacune des trois dates d'occupation du sol a été combinée avec les deux scénarii d'aménagements et le modèle a été appliqué pour les cinq pluies soit 45 simulations avec celles concernant l'état initial.

Résultats

Les différents types de sorties du modèle

Ainsi qu'indiqué dans les tableaux 19 et 20, sur la base des états de surface et des occupations du sol, chaque parcelle est caractérisée par une capacité d'infiltration à une date donnée. Deux exemples sont donnés figure 26.

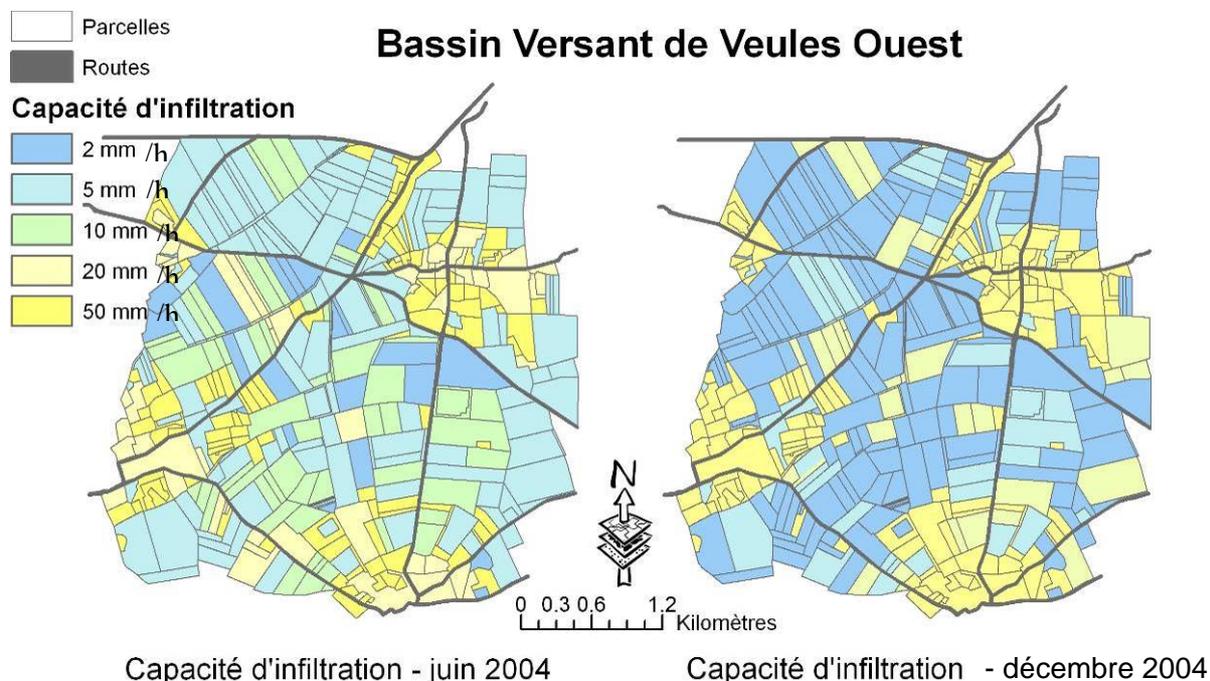


Figure 26 : Estimation des capacités d'infiltration en juin et décembre 2004 sur le bassin versant de Veules Ouest.

Ensuite, en fonction des caractéristiques de chaque pluie, **le volume ruisselé cumulé et les érosions diffuse et linéaire** sont calculés en tout point du bassin versant. Un exemple de carte est donné figure 27 pour le ruissellement.

Si l'analyse de ces cartes est précieuse pour définir la localisation des bandes enherbées à créer, la présentation des résultats finaux est simplifiée par un tableau des valeurs de volumes ruisselés et de tonnes de terre érodée en quelques points clés du bassin versant. Quatorze points localisés sur les axes majeurs de concentration du ruissellement ont été sélectionnés (figure 28). Ces points ont été choisis pour permettre d'estimer l'efficacité des différents scénarii proposés et dans ce cas, ils sont localisés à l'exutoire des aménagements envisagés. Ils ont été aussi positionnés à proximité de points particulièrement intéressants comme l'exutoire de la zone d'étude (point 12), le captage de Blosseville (point 9) ou le carrefour des 5 routes où les dégâts sont particulièrement fréquents (point 6).

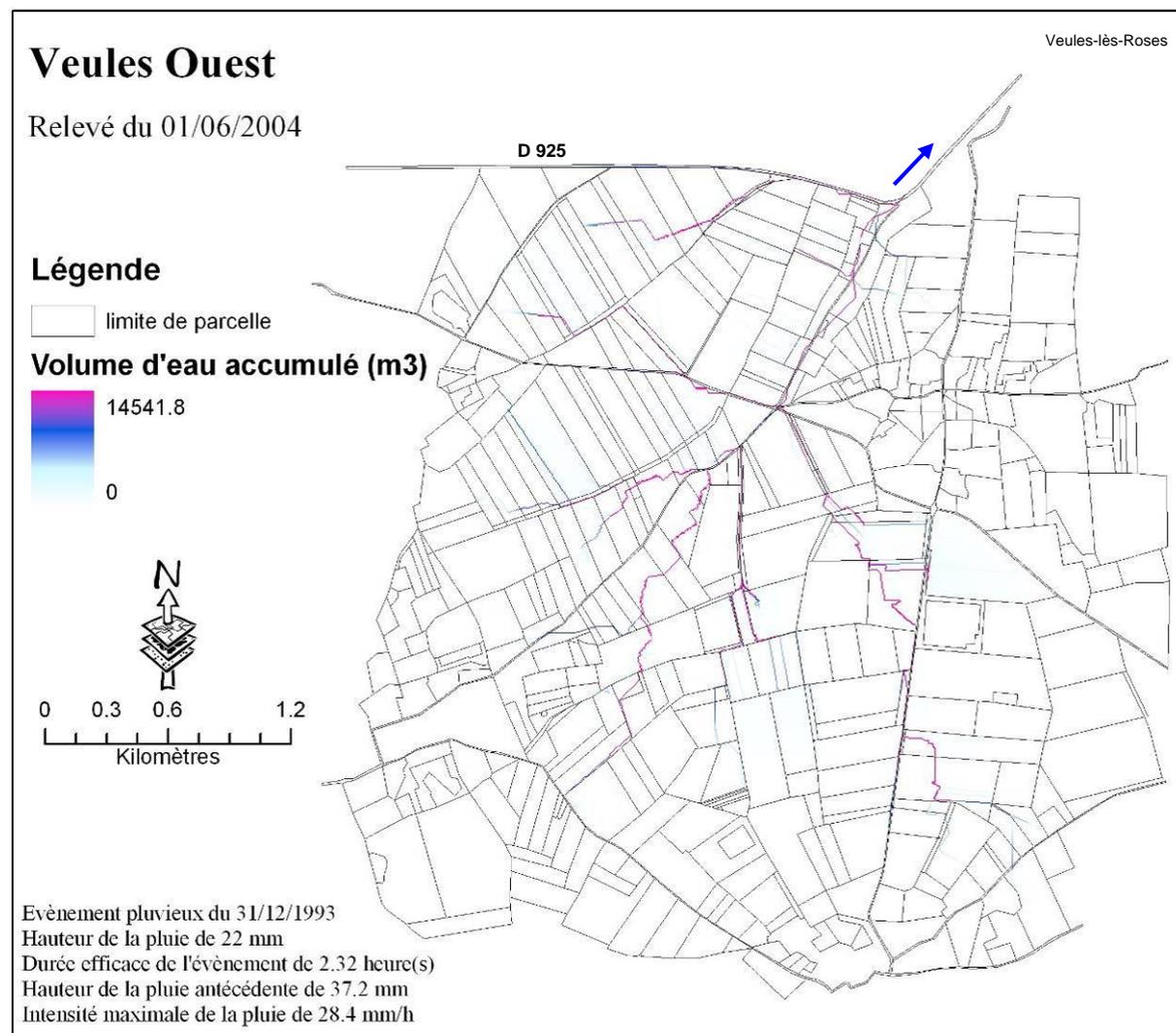


Figure 27 : Estimation des volumes ruisselés cumulés (m³) sur le bassin versant de Veules Ouest pour l'occupation du sol de juin 2004 et une pluie de 22 mm en 2h et 19 min sur sol humide. La prise en compte des motifs agraires permet de bien localiser les axes de concentration des écoulements – Des cartes comparables peuvent être obtenues pour l'érosion diffuse et l'érosion linéaire.

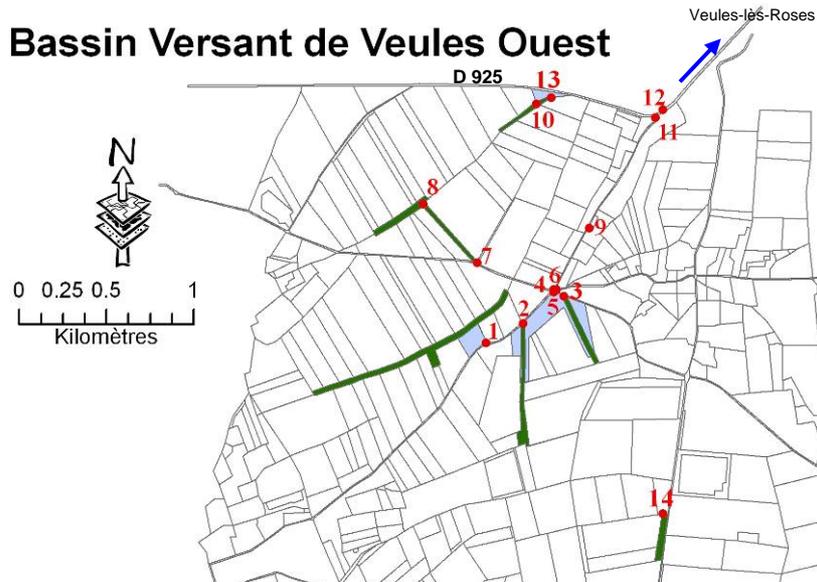


Figure 28 : Localisation des points d'estimation du ruissellement et de l'érosion.

ld	Événement pluvieux 1				Événement pluvieux 2				Événement pluvieux 3				Événement pluvieux 4				Événement pluvieux 5				
	Ruis m3	Gain	ED ton	Gain	Ruis m3	Gain	ED ton	Gain	Ruis m3	Gain	ED ton	Gain	Ruis m3	Gain	ED ton	Gain	Ruis m3	Gain	ED ton	Gain	
Sans Aménagement	4	16 432		99	7 185		54		10 496		76		823		7		21 357		133		
	9	34 918		174	13 538		68		20 566		103		2 037		10		45 071		225		
	11	39 575		183	12 807		64		19 645		97		1 517		8		49 873		233		
	1	4 193		36	3 088		27		4 232		36		343		3		6 065		52		
	2	5 796		37	2 146		21		3 354		72		308		3		7 511		51		
	3	11 237		54	5 745		26		8 193		38		1 182		6		15 009		71		
	7	2 796		6	18		0		537		1		0		0		3 346		7		
	5	5 572		22	620		6		1 721		12		120		1		6 873		28		
	6	33 577		176	13 596		86		20 503		126		2 128		14		43 621		234		
	10	2 505		6	0		0		297		1		0		0		2 925		7		
	13	2 538		6	0		0		272		1		0		0		2 955		7		
	14	4 319		17	33		0		418		2		0		0		4 769		19		
	12	39 589		183	12 818		64		19 661		97		1 518		8		49 894		233		
	8	2 749		5	18		0		528		1		0		0		3 290		6		
Avec Prairies Inondables	4	219	99%	1	99%	15	100%	0	100%	28	100%	0	100%	2	100%	0	100%	751	96%	4	97%
	9	7 307	79%	29	84%	622	95%	3	95%	1 877	91%	9	91%	33	98%	100%	100%	11 323	75%	48	78%
	11	9 545	76%	32	82%	164	99%	0	100%	1 093	94%	4	96%	0	100%	100%	100%	13 486	73%	51	78%
	1	0	100%	36	0%	0	100%	27	0%	0	100%	36	0%	0	100%	3	0%	671	89%	52	0%
	2	0	100%	30	20%	0	100%	12	42%	0	100%	18	74%	0	100%	0	100%	542	93%	39	23%
	3	0	100%	52	3%	0	100%	25	5%	0	100%	35	6%	0	100%	100%	100%	2 055	86%	69	4%
	7	2 796	0%	6	0%	18	0%	0		537	0%	1	0%	0		0		3 346	0%	7	0%
	5	5 572	0%	22	0%	620	0%	6	0%	1 721	0%	12	0%	120	0%	100%	100%	6 873	0%	28	0%
	6	5 965	82%	23	87%	680	95%	6	93%	1 814	91%	12	90%	125	94%	100%	100%	9 874	77%	43	82%
	10	2 505	0%	6	0%	0		0		297	0%	1	0%	0		0		2 925	0%	7	0%
	13	0	100%	0	100%	0	100%	0	100%	0	100%	0	100%	0	100%	0	100%	0	100%	0	100%
	14	4 319	0%	17	0%	33	0%	0		418	0%	2	0%	0		0		4 769	0%	19	0%
	12	9 558	76%	32	82%	176	99%	0	100%	1 109	94%	4	96%	4	100%	100%	100%	13 506	73%	51	78%
	8	2 749	0%	5	0%	18	0%	0		528	0%	1	0%	0		0		3 290	0%	6	0%
Avec Bandes enherbées	4	13 754	16%	62	37%	3 516	51%	15	73%	5 116	51%	22	72%	67	92%	1	93%	16 320	24%	73	45%
	9	30 376	13%	138	21%	9 395	31%	44	35%	13 597	34%	65	37%	1 006	51%	5	51%	36 663	19%	169	25%
	11	34 694	12%	146	20%	8 664	32%	40	37%	12 676	35%	60	39%	487	68%	2	68%	40 898	18%	176	25%
	1	3 270	22%	15	59%	1 468	52%	6	77%	2 021	52%	8	77%	0	100%	0	100%	4 247	30%	19	64%
	2	4 698	19%	23	39%	863	60%	4	79%	1 223	64%	6	80%	0	100%	0	100%	5 473	27%	26	49%
	3	10 636	5%	51	6%	5 307	8%	24	8%	7 191	12%	33	13%	911	23%	4	23%	13 907	7%	66	8%
	7	1 701	39%	3	45%	0	100%	0		0	100%	0	100%	0		0		1 297	61%	3	57%
	5	4 321	22%	19	14%	590	5%	6	5%	1 143	34%	11	11%	120	0%	1	0%	4 628	33%	23	18%
	6	29 034	14%	133	24%	9 454	30%	45	48%	13 534	34%	65	48%	1 097	48%	6	57%	35 213	19%	163	30%
	10	2 257	10%	5	10%	0		0		0	100%	0	100%	0		0		2 493	15%	6	14%
	13	2 223	12%	5	15%	0		0		0	100%	0	100%	0		0		2 421	18%	6	21%
	14	4 018	7%	16	6%	0	100%	0		46	89%	0	89%	0		0		4 211	12%	17	11%
	12	34 708	12%	146	20%	8 676	32%	40	37%	12 692	35%	60	39%	487	68%	2	68%	40 918	18%	176	25%
	8	1 876	32%	4	32%	0	100%	0		0	100%	0	100%	0		0		1 664	49%	3	50%

Tableau 23 : Résultats des estimations de ruissellement et d'érosion diffuse pour les états de surface de juin 2004 en quelques points clés

Pour chacun de ces points, nous avons noté les volumes d'eau ruisselés ainsi que les quantités de sédiments arrachés par érosion diffuse et linéaire pour les 45 simulations réalisées. Le tableau 23 présente les résultats des simulations réalisées pour les états de surface de juin 2004. Des tableaux comparables ont été obtenus avec les deux autres dates d'occupation du sol.

Etat initial du bassin versant

Pour une pluie donnée, les volumes ruisselés sont plus importants en hiver qu'en fin de printemps. La figure 29 montre de plus que les volumes peuvent varier du simple au double au cours de l'année, en fonction des états de surface des cultures. Pour une même saison, les différences entre les années sont faibles car la taille du bassin tamponne les choix d'assolement des agriculteurs. Entre juin 2004 et juin 2005, les volumes ruisselés atteignant le captage ou l'exutoire du bassin versant sont équivalents. En ce qui concerne les sous bassins versants, les différences relatives sont plus importantes (l'effet tampon est réduit).

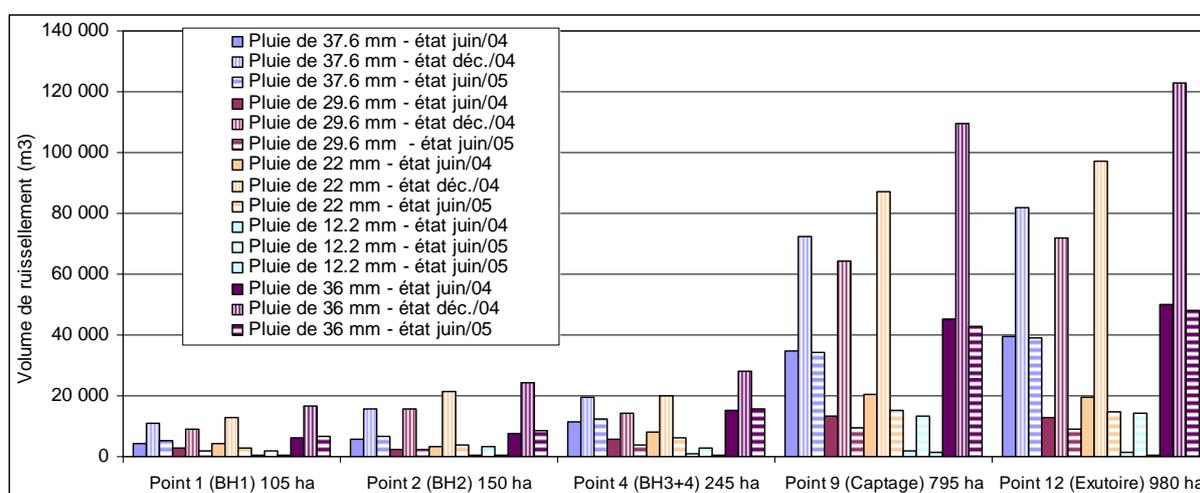


Figure 29 : Volumes de ruissellement en 5 points clés du bassin versant pour les 3 états de surface (juin 2004 et 2005 et décembre 2004) et les cinq pluies simulées.

Les contributions des différents sous bassins versants sont bien sûr directement liées à leurs surfaces et aux caractéristiques de la pluie. Cependant, nous pouvons noter que les sous bassins versants en amont des points 1 et 4 présentent des coefficients de ruissellement plus élevés que le sous bassin versant en amont du point 2 pour les deux configurations de juin alors que celui-ci est plus ruisselant en décembre (cf. figure 30).

Par ailleurs, les coefficients de ruissellement sont moindres à l'exutoire final qu'en amont du captage du fait de l'enherbement actuel du talweg entre le captage et l'exutoire (cf. figure 30). Pour les configurations d'état de surface de juin et pour les trois pluies de moins de 30 mm, le volume ruisselé à l'exutoire est même diminué par une ré-infiltration le long du talweg plus importante que la contribution des bassins versants latéraux. Cependant les volumes ruisselés à l'exutoire sont plus importants qu'au niveau du captage en amont, pour la configuration de décembre. Les pluies les plus pénalisantes pour les coefficients de ruissellement sont généralement les pluies les plus intenses (N°2 à 9,5 mm/h le 31/12/93 et N°5 à 7,2 mm/h le 11/10/06). Cependant les tendances évoluent en fonction des configurations d'état de surface et des sous bassins versants. Plus les états de surface sont dégradés et moins la hauteur de la pluie a de l'importance par rapport à son intensité.

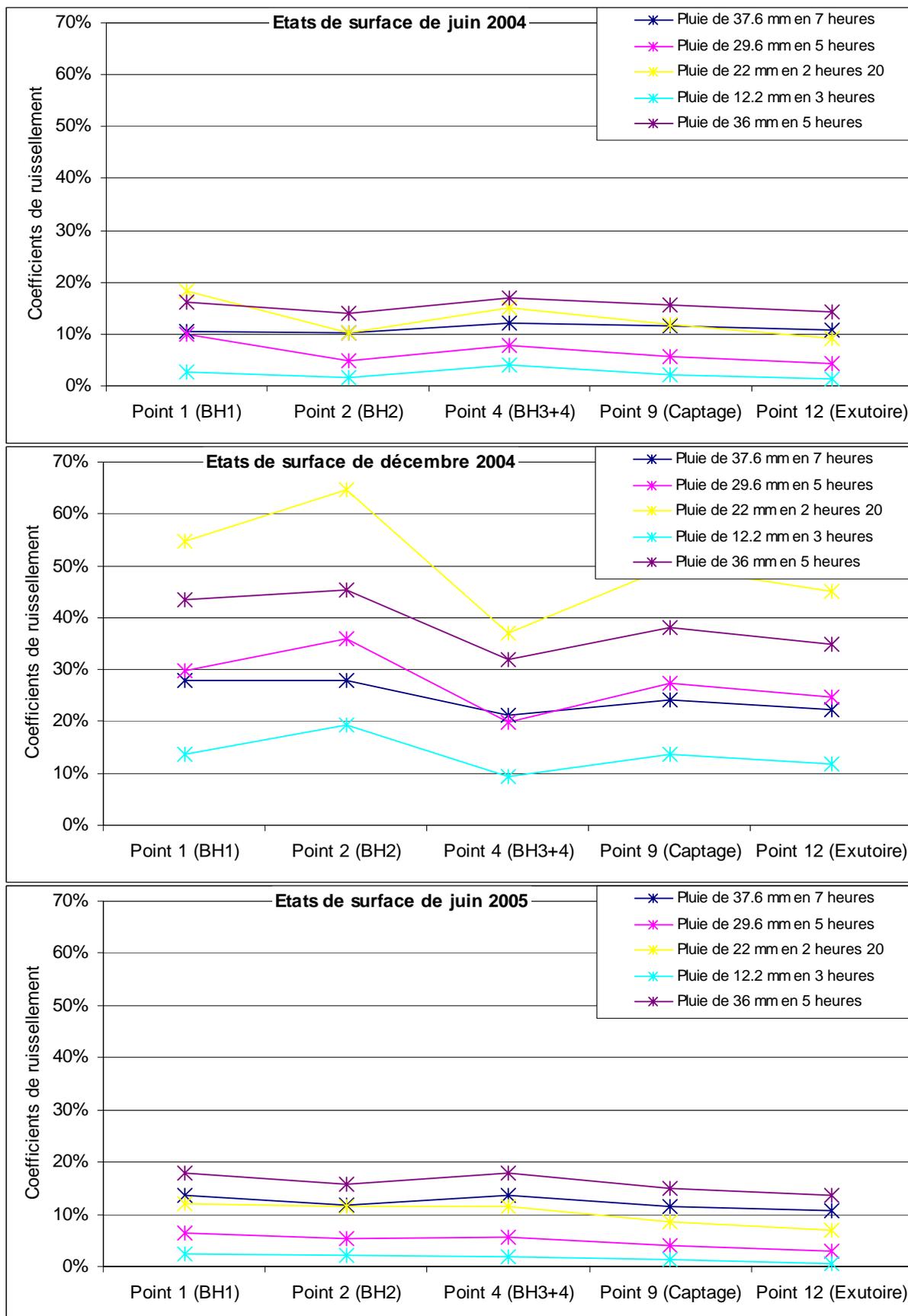


Figure 30 : Coefficients de ruissellement en 5 points clés du bassin versant pour les 3 états de surface (juin 2004 et 2005 et décembre 2004) et les cinq pluies simulées.

Efficacité des bandes enherbées

L'efficacité des bandes enherbées est variable selon leur taille et leur localisation, la configuration du bassin versant amont et les caractéristiques des événements pluvieux.

Les bandes enherbées 1, 2, 3, 5 et 6 ont une efficacité de 100 % sur la pluie de 12.2 mm (ré-infiltration de tout le ruissellement amont) alors que la bande 4, qui, associée à la bande enherbée 3, représente moins de 1 % de la surface du bassin amont, présente une efficacité de seulement 23 % pour cet événement (cf. figure 31). La bande enherbée 4 est sous-dimensionnée par rapport aux écoulements qu'elle reçoit après la bande enherbée 3 (1,32 ha de conversion en herbe pour 140 ha de bassin versant supplémentaires). Cependant nous n'avons pas trouvé de localisation pertinente de l'herbe entre les bandes 3 et 4 sans recouper le parcellaire existant.

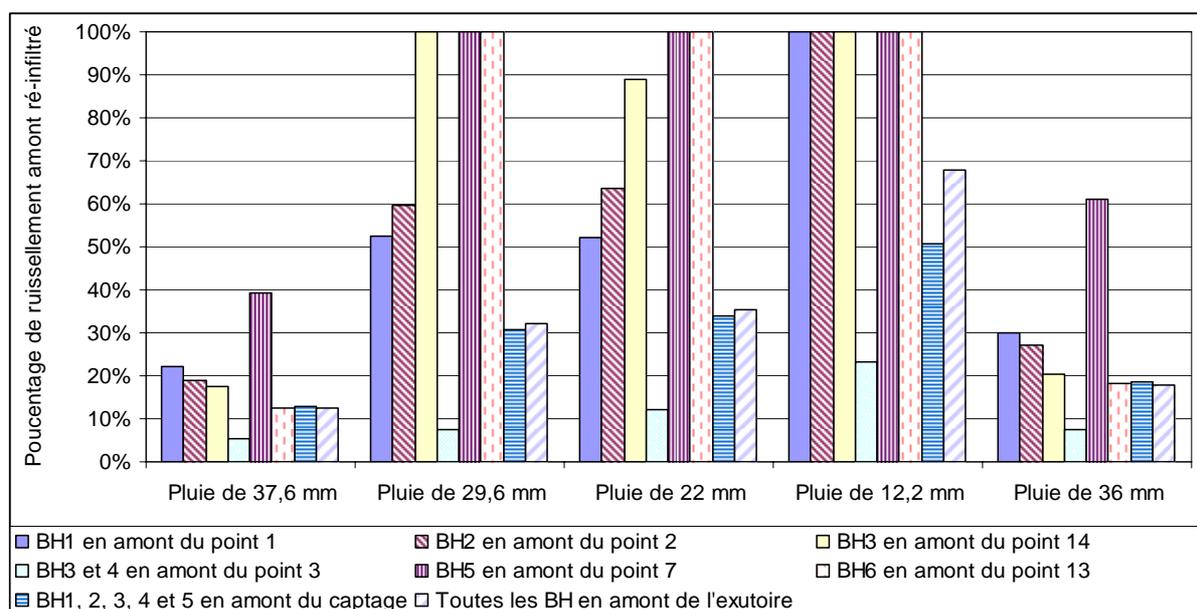


Figure 31 : Efficacité de chacune des 6 bandes à ré-infiltrer le ruissellement amont pour la configuration de juin 2004 et les cinq pluies simulées.

Les bandes enherbées sont moins efficaces dans la configuration de décembre 2004, qui présente les états de surface les plus défavorables, car leurs capacités d'infiltration sont dépassées par les importants ruissellements amont (cf. figure 32).

Les bandes enherbées sont moins efficaces quand les pluies sont longues et intenses. Ainsi, la situation la moins efficace est, pour la pluie de plus de 37 mm en 7 heures, la bande 4 qui présente une efficacité de 5 % seulement pour la configuration la plus défavorable (décembre 2004). L'efficacité de l'ensemble des bandes enherbées reste de 10 % en amont du captage et de l'exutoire dans les mêmes conditions.

Au final, la conversion en herbage de 1.2 % du bassin versant situé sur les passages d'eau, soit 11,5 ha, permettrait de ré-infiltrer 5 000 à 15 000 m³ de ruissellement pour les événements simulés. La surface des bandes enherbées 1, 3, 5 et 6 pourrait être légèrement réduite mais la maille du MNA et surtout sa précision ne nous permettent pas de l'estimer précisément par modélisation. La bande enherbée 4 pourrait être poursuivie en amont mais

ceci nécessiterait une réorganisation parcellaire. La bande enherbée 2 représente un bon compromis entre l'emprise et l'efficacité.

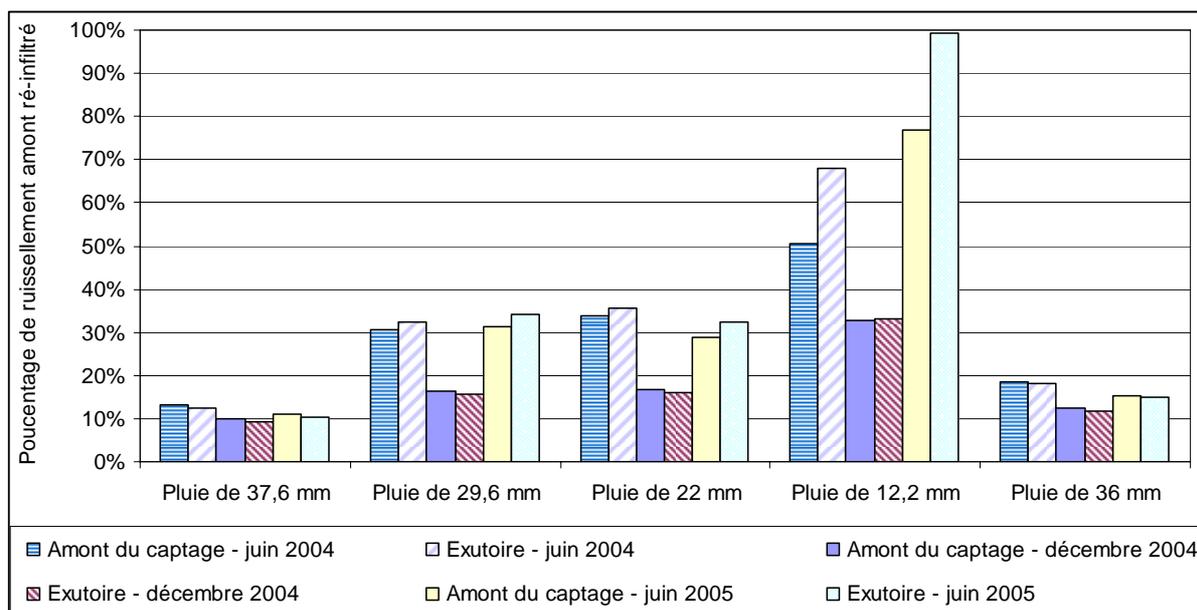


Figure 32 : Efficacité de l'ensemble des bandes enherbées à ré-infiltrer le ruissellement amont pour les trois configurations (juin 2004 et 2005 et décembre 2004) et les cinq pluies simulées.

Efficacité des prairies inondables

Les prairies inondables permettraient d'intercepter l'intégralité du ruissellement amont pour l'ensemble des pluies simulées à l'exception de l'évènement pluvieux N°5 de 36 mm en 5 heures. Mais même dans ce dernier cas, le ruissellement à l'exutoire est ramené de près de 50 000 m³ à 13 000 m³. Dans les autres cas, seuls les ruissellements des sous bassins versants latéraux, entre le carrefour des 5 routes et l'exutoire, sortent du bassin versant. Cependant, l'érosion en amont des prairies inondables est très importante (cf. figure 33).

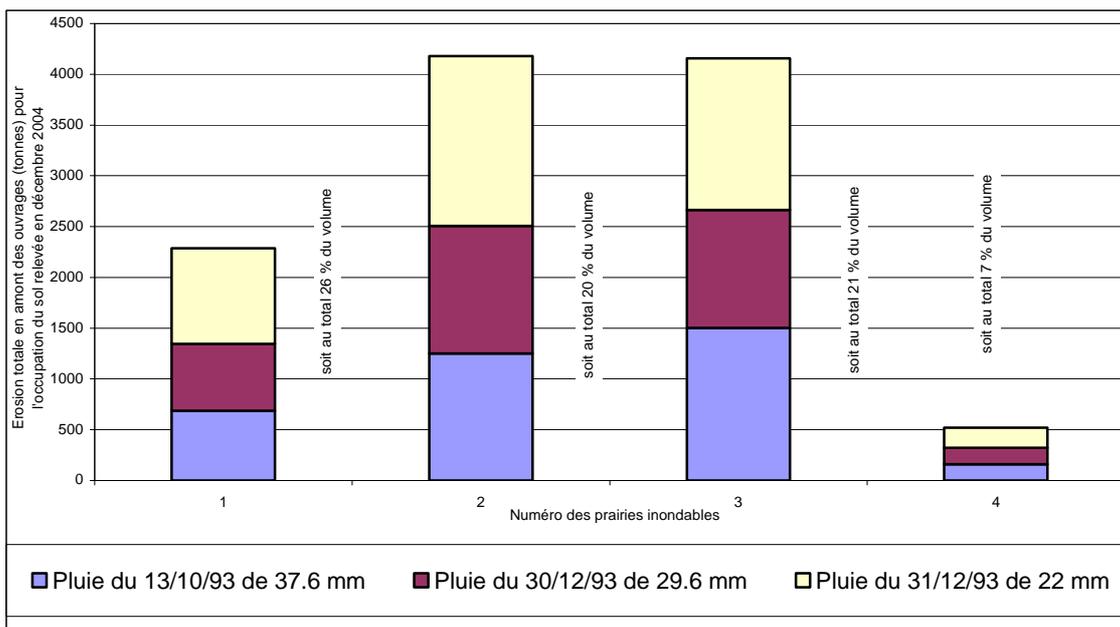


Figure 33 : Erosion totale en amont des 4 prairies inondables calculée avec la configuration de décembre 2004 et la chronique de 3 pluies survenues à l’automne 1993 (N° 1, 2 et 3).

L’érosion, très forte dans la configuration de décembre 2004, peut être réduite de 25 à 65 % par l’implantation des bandes enherbées en amont direct des ouvrages.

Conclusion et perspectives d’utilisations

L’étude réalisée sur le bassin versant de Veules Ouest a montré que l’utilisation de STREAM présente de nombreux avantages pour anticiper sur des problèmes et tester certaines solutions. L’utilisation de ce modèle permet tout d’abord de définir avec précision le réseau de ruissellement concentré d’un territoire ainsi que les zones de ruissellement et d’érosion diffuse. En permettant une définition relativement précise des surfaces contributives amont et donc des volumes transitant en différents lieux, le modèle STREAM rend possible la localisation précise d’aménagements anti-érosifs ou de laminage des crues tels que des bandes enherbées ou des prairies inondables. La définition des scénarii reste du domaine de l’expertise, le modèle ne permet que d’évaluer l’impact des scénarii envisagés.

Il peut principalement être utilisé comme outil de sensibilisation des acteurs en leur permettant de visualiser les éventuels impacts des aménagements envisagés à partir de la comparaison des cartes de ruissellement érosif avant et après implantation fictive de l’aménagement. Il est ainsi possible de tester les différentes solutions envisagées, puis de valider des choix définitifs.

Les principales limites nous semblent être la manipulation des couvertures « aménagement » qui ne sont pas très adaptées aux ouvrages de laminage de crue et qui ne sont pas très pratiques pour tester plusieurs scénarii ainsi que la mauvaise prise en compte des dépôts pour les prédictions d’érosion diffuse et surtout linéaire.

Par ailleurs, STREAM est également un outil qui peut fournir des indications sur l’impact en matière de ruissellement érosif des opérations d’aménagement foncier telles que les

remembrements (Lheriteau et al., soumis). Pour tester plus complètement un scénario visant notamment les pratiques culturales, il faudrait faire des tests sur une rotation complète et non seulement deux années successives (Joannon, 2004).

Références

- Cerdan O., Le Bissonnais Y., Couturier A., Saby N., 2002a. Modelling interrill erosion in small cultivated catchments. *Hydrological processes*, 16 (16): 3215-3226.
- Cerdan O., Le Bissonnais Y., Souchère V., Martin P., Lecomte V., 2002b. Concentration of suspended particles in interrill flow. *Earth Surface Processes and Landforms* 27(2): 193-205.
- Cerdan O., Souchère V., Lecomte V., Couturier A., Le Bissonnais Y., 2002c. Incorporating soil surface crusting processes in an expert-based runoff model : STREAM (Sealing and Transfer by Runoff and Erosion related to Agricultural Management). *Catena*, 46, 189-205.
- 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 de doctorat de l'INA P-G, Paris, 230 pp.
- Lheriteau M., Ouvry J.-F., Souchère V., Lechène S., Soumis. Utilisation du modèle STREAM pour raisonner les aménagements fonciers. *Etude et Gestion des Sols*.
- Souchère V., Cerdan O., Ludwig B., Le Bissonnais Y., Couturier A., Papy F., 2003. Modelling ephemeral gully erosion in small cultivated catchments. *Catena*, 50 (2-4): 489-505.
- Souchère V., King D., Daroussin J., Papy F., Capillon A., 1998. Effect of tillage on runoff directions : consequences on runoff contributing area within agricultural catchments. *Journal of Hydrology*, 206, 256-267.

Aide au dimensionnement des bandes enherbées proches des exutoires

Concernant l'aménagement des bassins versants, les bandes enherbées peuvent permettre l'infiltration du ruissellement et/ou protéger une parcelle de l'érosion concentrée. Les situations testées ci-dessus concernaient essentiellement la fonction d'infiltration. Nous nous placerons ici dans l'optique de bandes enherbées protégeant le fond de talweg à l'aval des bassins versants agricoles. Cette mise en place des bandes enherbées présente un coût non négligeable auquel s'ajoutent de nécessaires négociations avec d'autant plus d'exploitants que la bande sera longue. Il est donc important de pouvoir calibrer la bande enherbée au plus juste afin d'assurer une protection efficace sans surcoût économique ou social. C'est dans cette logique que nous avons développé une aide méthodologique à la mise en place des bandes enherbées en nous appuyant sur l'exemple du bassin versant de Veules Ouest présenté figure 24 dans le point précédent.

Contexte de l'étude

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). Une étude hydraulique réalisée en 2002 a préconisé la mise en place de 8 aménagements hydrauliques structurants pour éviter des problèmes récurrents. Cependant, avant de commencer à les mettre en place progressivement, le Syndicat souhaite régler les problèmes d'érosion. Une des solutions envisagées consiste à implanter 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 réponse.

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 3).

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.

Encadré 3 : 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 possible 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.

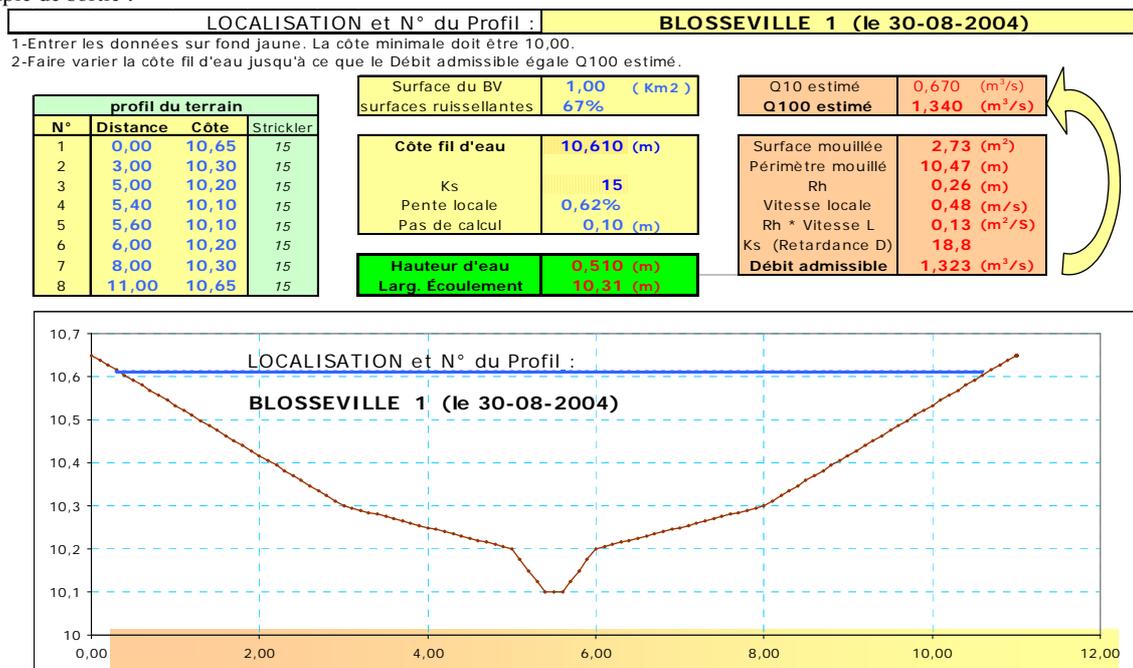
Ces choix impliquent que les chenaux enherbés atteignent des largeurs de 15 à 50 m, ce qui favorise leur entretien par les animaux (parcelles pas trop petites) ou un autre mode d'entretien au travers des jachères PAC.

Quant à l'estimation du débit centennal, elle est effectuée par une méthode basée sur les références acquises depuis 1985 dans la région (Qp fl0 # 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 coefficients de retardance des écoulements sur les chenaux enherbés (Méthode mise au point par l'USDA in CEMAGREF 1991).

Exemple de sortie :



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

Le volet 1 de notre programme s'est focalisé sur les solutions techniques à mettre en œuvre pour réduire l'aléa ruissellement érosif. Dans cette partie nous allons analyser le coût de cette réduction via une modification des pratiques culturales (Volet 2.a). Par la suite (Volet 2.b) nous ferons des propositions pour une organisation économique de la lutte contre les coulées boueuses qui soit plus efficace que l'actuel système s'appuyant sur la loi sur les catastrophes naturelles de 1982.

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. Dans le cadre de ce projet, les travaux du Laboratoire d'Economie Rurale (Lecor) de l'ESITPA visaient 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'agissait de proposer un outil d'évaluation du coût de pratiques agricoles favorables à la limitation du ruissellement érosif, afin de fournir les éléments de décision nécessaires à la collectivité, aux agriculteurs, aux conseillers ou autres décideurs et financeurs. L'évaluation du coût des 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. La première phase a été une étude de terrain permettant d'acquérir des références, et de mettre au point une méthodologie d'évaluation des coûts. Dans une seconde phase il s'agissait 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 constituait la dernière phase de travail pour le Lecor.

Première phase de terrain et élaboration d'un mode de calcul des coûts

Méthodologie

La première phase de terrain s'appuyait sur 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 cherchait à apprécier le coût des pratiques à plusieurs échelles (par hectare, par exploitation et à l'échelle du bassin versant) et à discuter de ses variations en comparaison aux montants d'aides existantes.

Le territoire d'expérimentation était constitué par un bassin versant défini avec la CASE, notre choix étant de travailler sur une zone géographique réelle afin d'en appréhender la variabilité interne et d'intégrer les expériences des acteurs locaux. Il s'agissait d'identifier et de définir des paramètres générant des variations de coût à partir d'enquêtes dans les exploitations, d'avis d'experts, etc. L'évaluation des coûts s'est appuyée, d'une part, sur des données

d'exploitations réelles et, d'autre part, sur l'utilisation de données standard issues du réseau ROSACE¹². L'objectif était de vérifier si des données standard plus faciles à obtenir et à traiter pouvaient se substituer aux données réelles.

L'étude a donc été menée en six étapes :

1. L'identification de sous bassins versants vulnérables¹³.
2. Le recensement de pratiques agronomiques favorables à la limitation du ruissellement érosif (bibliographie, rencontre avec des experts).
3. La réalisation d'enquêtes en exploitations, en vue d'évaluer des coûts et considérer les contraintes propres aux agriculteurs pour la mise en œuvre des pratiques recensées.
4. L'élaboration d'un éventail de propositions techniques en vue de construire des scénarii (cf. tableau 24). 55 scénarii sont constitués sur la base de trois pratiques favorables : les cultures intermédiaires (27), l'enherbement (24) et le désherbage mécanique (4).
5. La réalisation des simulations économiques pour évaluer le coût des pratiques à partir des variations de l'Excédent Brut d'Exploitation selon une approche globale¹⁴ de l'exploitation agricole. Elles ont été réalisées avec le logiciel Olympe¹⁵, sur les données réelles et standard.
6. La comparaison des données technico-économiques (réelles/standard) ainsi que l'analyse des résultats des simulations.

Résultats

Des propositions techniques plus ou moins bien acceptées

Les agriculteurs enquêtés ont accepté différemment les trois types de pratiques ayant fait l'objet de simulations. L'implantation de cultures intermédiaires est apparue comme 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 était facilement accepté par les agriculteurs, l'abandon de la herse rotative étant considéré comme une régression technique et sociale d'après les enquêtes.

¹² 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.

¹³ 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. Laboratoire d'Economie Rurale (Lecor) - ESITPA.

¹⁴ L'ensemble de l'exploitation est considéré pour les simulations. Un assolement moyen est retenu.

¹⁵ 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.

Tableau 24 : 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 (la plus coûteuse) : semis à la herse rotative, destruction chimique, enfouissement, anti-limaces.

Hypothèse moyenne (coût intermédiaire) : semis à la volée sur déchaumeur, destruction chimique et enfouissement.

Hypothèse basse (la moins coûteuse) : 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.

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. tableau 24), 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 travail¹⁶.

Le choix des hypothèses retenues engendre une forte variabilité des coûts. Les aides existantes ne peuvent pas toujours couvrir la totalité des possibilités techniques décrites (cf. figure 34). Les hypothèses proposées offrent une grande flexibilité technique aux agriculteurs dans l'optique d'un maintien du revenu.

Au niveau d'une exploitation agricole, le coût total d'implantation des cultures intermédiaires croît en fonction du taux de recouvrement¹⁷, mais une augmentation du taux de recouvrement a aussi des conséquences sur l'organisation du travail. Pour recouvrir 50 % de la surface nue en hiver selon une hypothèse technique moyenne, un agriculteur moyen (d'après nos enquêtes,

¹⁶ Le travail est estimé à raison de 11,78 €/heure pour un ouvrier agricole qualifié.

¹⁷ 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).

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 et de semis vitaux pour le résultat économique de l'agriculteur.

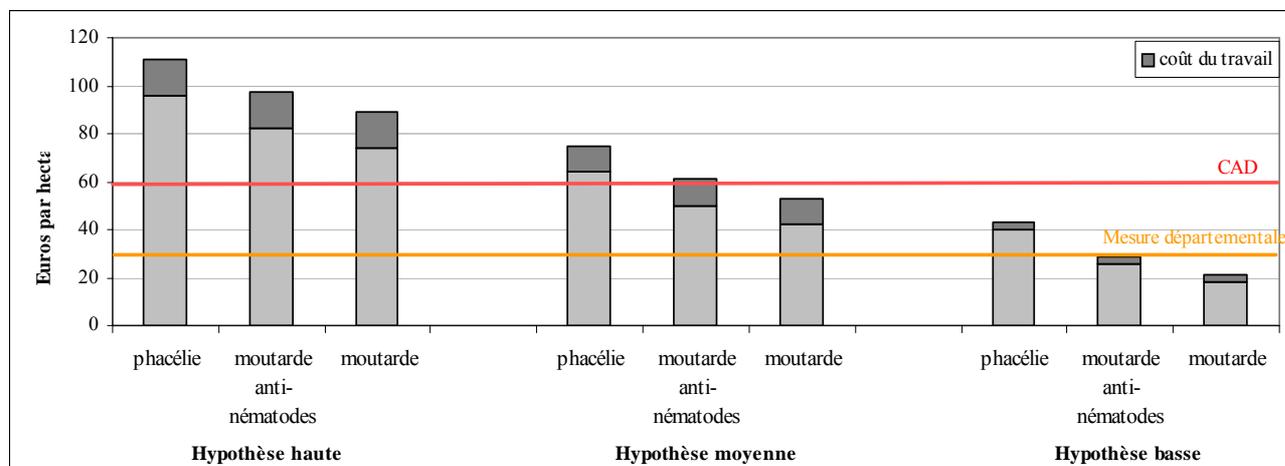


Figure 34 : Variabilité des coûts de mise en place de cultures intermédiaires : les aides existantes couvrent des itinéraires techniques dits « extensifs » (avec peu de passages).

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.

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 œuvre. Les coûts obtenus pourraient être relativisés en intégrant les effets induits pour l'exploitation et externalités positives pour la collectivité engendrés par la mise en place de ces pratiques.

Seconde phase : test de la méthode d'évaluation des coûts sur un autre site

Méthodologie

La seconde phase de l'étude visait à développer 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 par une approche par bloc. Il s'agissait d'identifier, au sein des exploitations, des groupes de parcelles (blocs) recevant la même rotation et appartenant à un même bassin versant jugé à risque, pour lesquels on chiffre le coût d'une couverture en culture intermédiaire sur toutes les surfaces couvrables ; les résultats de cette première approche sont confrontés à ceux obtenus par l'approche dite globale où on fixe un taux de couverture en culture intermédiaire égal à 50 % pour toutes les exploitations sans distinguer les surfaces dans et hors du bassin versant. On ne retient toutefois que les exploitations ayant une surface significative dans le bassin versant. Le but est alors de

regarder ce que donne la deuxième méthode plus grossière mais plus rapide face à la première plus précise mais aussi plus coûteuse en temps d'enquête.

Les évaluations ont été réalisées à partir de données recueillies par A. Joannon au cours de sa thèse (A. Joannon, 2004), au sein du bassin de Bourville (Seine-Maritime). Ces simulations ont été réalisées, également, avec le logiciel Olympe. Les données économiques utilisées sont issues de données standard. L'indicateur économique reste identique soit la variation d'EBE.

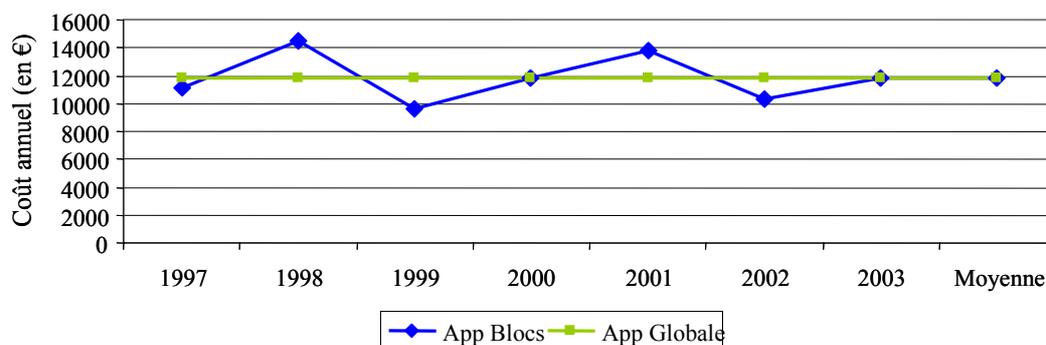


Figure 35 : Comparaison entre les deux méthodes de calcul du coût annuel d'implantation des cultures intermédiaires au fil d'une rotation et à l'échelle du territoire.

Avec un taux de recouvrement de 50 % pour l'approche globale et un ciblage de l'implantation des cultures intermédiaires sur les parcelles situées sur le bassin versant pour la méthode de référence, les résultats sont identiques à l'échelle de la rotation sur le bassin versant considéré. Mais nous avons dégagé des variations de coût en fonction des cultures mises en place selon les années et les types de rotations pratiquées (de 42€/ha emblavés pour une succession sur 7 ans de 6 cultures d'hiver et 1 culture de printemps à 215€/ha emblavés pour 1 culture d'hiver et 6 de printemps).

L'utilisation de l'une ou l'autre méthode (approche globale ou par blocs) dépendra du degré de précision recherché et de la prise en compte partielle ou totale de la réalité du terrain. Ainsi l'approche globale est adaptée dans les cas de grandes surfaces de territoire à caractériser ou d'étude préliminaires. L'approche par blocs est opérationnelle pour des chiffres précis et ciblés (stade de négociation avec les agriculteurs).

La troisième phase de travail visait 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. Les exemples traités montrent que le logiciel Olympe constitue un outil pertinent pour l'évaluation des coûts de lutte contre le ruissellement via les pratiques culturales sur des espaces de surface variable. Olympe n'a toutefois pas été conçu pour cette seule utilisation et la nécessité de saisir les données sur les systèmes de culture des exploitations peut apparaître trop complexe. Le logiciel nécessite de fait une phase d'adaptation/simplification pour être utilisable par le plus grand nombre et permettre d'évaluer facilement le coût de pratiques agricoles aux différentes échelles abordées lors de l'étude ainsi que le temps de travail exigé. L'objectif à terme serait notamment d'arriver à ce que l'utilisateur puisse construire aisément un itinéraire technique, et sélectionner différents paramètres à intégrer dans le coût de la pratique, parmi une liste de possibilités. Il devrait aussi pouvoir réaliser des comparaisons entre différents itinéraires techniques et définir

aisément son échelle de travail, à savoir la surface sur laquelle le coût est évalué (approche globale ou par bloc).

Conclusion

Le soutien des pratiques permettant de lutter contre le ruissellement a un coût relativement conséquent à l'échelle du bassin versant. Il laisse apparaître une nécessité de concertation entre les agriculteurs et la collectivité pour une localisation pertinente des pratiques en fonction du niveau de risque en aval des parcelles.

La méthode suivie repose sur deux approches complémentaires de l'exploitation agricole (globale et par blocs) qui permettent ainsi de mieux appréhender cette répartition des pratiques et des cultures dans l'espace et dans le temps, et de simuler des critères de décisions technico-socio-économiques grâce à un outil de modélisation (Olympe).

b. Evaluation des dispositifs économiques actuels et potentiels

Contexte et objectifs

Le dispositif actuel de lutte contre les coulées boueuses consiste à financer la mise en place de cultures intermédiaires en amont sur le territoire agricole, à mettre en place des aménagements hydrauliques de protection des populations et, le cas échéant, à indemniser les populations via le dispositif catastrophes naturelles. Face à cela, la contribution du Bureau d'Economie Théorique et Appliquée (BETA, UMR 7522 CNRS/ULP, Strasbourg 1) s'est inscrite dans le domaine de l'économie expérimentale, qui sert à tester l'efficacité et l'acceptabilité sociale d'instruments économiques (telles que la taxe ambiante) visant à améliorer les politiques environnementales dans le contexte spécifique des risques de coulées boueuses.

Les recherches bibliographiques et la réflexion théorique ont concerné la première année de travail. La seconde année a été consacrée aux expériences ainsi qu'à une réflexion propre à l'échelle à laquelle les politiques doivent être mises en place. Les expériences servent à analyser les comportements de choix effectués par des individus par ordinateur, selon un protocole bien établi et en rapport avec l'objet testé (l'instrument de régulation des coulées de boue ici). Des expériences menées avec des agriculteurs (Nord de l'Alsace, secteur de Morschwiller) ont ainsi permis 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.

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. La réflexion théorique menée sur la question des types de contrats efficaces/équitables menée au cours de la première année a été suivie de l'élaboration d'un dispositif qui allie incitation à la prévention et amélioration du système d'indemnisation.

Les résultats

1) 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 efficient car trop coûteux pour la société au regard des bénéfices obtenus.

L'instrument économique proposé

Le premier objectif de notre travail a été de mener une réflexion théorique concernant les outils économiques les plus appropriés à la gestion des risques de coulées boueuses. Nous avons ainsi 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.

Du point de vue de la théorie économique toujours, 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 omniprésents 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).

La régulation des phénomènes de coulées de boue pose également des problèmes informationnels analogues à la régulation de la pollution diffuse. En effet, les dommages dus aux coulées de boue proviennent des pratiques de chacun des agriculteurs¹⁸ du bassin versant considéré (type de culture, techniques employées, intrants utilisés, etc.) mais comme dans le cas de la pollution diffuse, il est plus facile pour le régulateur d'évaluer le coût total des dégâts occasionnés par la coulée que les efforts individuels de chacun des agents. Le coût total des dommages peut alors servir de base au calcul d'une taxe. Les phénomènes de coulées de boue présentent cependant une différence importante avec la pollution diffuse dans la mesure où ils sont ponctuels et non pas continus comme les processus de pollution. Les épisodes de coulée de boue surviennent aléatoirement et ponctuellement en fonction des précipitations. Par exemple, en Alsace, les phénomènes de coulées de boue se produisent au printemps, avant que le maïs n'ait poussé, s'il y a des orages. De ce fait, l'application de la taxe ambiante devient elle aussi ponctuelle, dépendant de l'occurrence aléatoire d'un épisode de coulée.

Méthodologie et expérience

A notre connaissance, les taxes ambiantes n'ont encore jamais été appliquées sur le terrain. Cependant, différentes catégories de taxes ambiantes ont déjà été testées en laboratoire, de manière décontextualisée ou dans un contexte de pollution, avec des résultats assez prometteurs (Vossler, Poe, Schulze, Segerson, 2006, Cochard, Willinger, Xepapapeas, 2005, Cochard Ziegelmeier, Bounmy, 2005, Spraggon, 2004, 2002). Le second objectif de notre étude était donc de tester l'efficacité et l'acceptabilité d'un instrument de type « taxe ambiante » adapté aux coulées de boue. Pour cela nous avons fait appel à un groupe d'exploitants agricoles sensibilisés aux problèmes des coulées de boue, et nous les avons fait

¹⁸ D'autres facteurs sont évidemment également responsables des coulées boueuses. Mais dans ce travail, nous rappelons que nous nous intéressons spécifiquement à l'impact des activités agricoles.

participer à une expérience en laboratoire les plaçant en situation. Notre étude appartient donc à la catégorie des expériences de terrain (« field experiments ») comme les désignent Harrison et List (2004). Plus particulièrement, si on se réfère à leur typologie, notre expérience peut être classée dans la catégorie « framed field experiment » (p.1014), c'est-à-dire une expérience menée certes dans un laboratoire expérimental, mais avec un groupe de sujets non standard (pas des étudiants) et avec une information contextualisée (ici le contexte agricole et les problèmes de coulées de boue). L'intérêt de recourir à la véritable population d'agents ciblés et de les placer dans leur contexte naturel par rapport à des sujets standard dans un environnement neutre est que l'affect peut être pris en compte. Il est en effet possible que les véritables agents utilisent dans leur quotidien des heuristiques spécifiques qui diffèrent de ce que feraient d'autres agents et de ce qu'ils feraient dans un environnement décontextualisé. (Nous avons initialement envisagé de réaliser aussi une expérience plus traditionnelle, c'est-à-dire non contextualisée et avec des sujets standard. Cependant nous avons pour le moment abandonné cette piste qui, pour les raisons évoquées juste précédemment, semble clairement moins pertinente.)

Un autre objectif de l'expérience était d'étudier l'acceptabilité de l'instrument. En effet, si un tel dispositif présente des avantages pour le régulateur (qui économise l'observation des efforts individuels), il peut revêtir un caractère injuste aux yeux des agriculteurs dans la mesure où il s'apparente à une punition collective. Un manque d'acceptabilité trop prononcé pourrait alors être un réel frein à sa mise en œuvre. Pour tester l'acceptabilité de l'instrument, nous avons procédé à l'issue de l'expérience à un débriefing minutieux. Il a été mené avec l'aide d'un sociologue (R. Barbier, laboratoire GSP de l'ENGEES, Strasbourg).

Il est important de noter que nous nous intéressons dans ce travail à une version particulière de la taxe ambiante, appelée plutôt taxe/subvention ambiante, dans la mesure où les agents subissent une taxe si les dommages observés suite à une coulée s'avèrent supérieurs à ce qu'ils devraient être à l'optimum social, mais perçoivent une subvention dans le cas contraire. Cet instrument présente donc un aspect sanction mais aussi un aspect récompense, ce qui constitue évidemment un élément important en raison des problèmes d'acceptabilité qu'il peut engendrer. L'inconvénient, en revanche, de cet instrument, est qu'il n'est pas robuste à la collusion (c'est-à-dire à l'entente). En effet, les agents peuvent augmenter la somme de leurs bénéfices s'ils parviennent à se coordonner pour fournir des efforts supérieurs à ceux qui sont requis à l'optimum social¹⁹. Contrairement à l'intuition, des efforts excessifs ne sont pas nécessairement bénéfiques pour la société : ils permettent certes de réduire les dommages dus aux coulées de boue, mais n'en restent pas moins coûteux pour les exploitants et pour la société dans son ensemble. Le concept d'« optimum social » exprime précisément le juste équilibre entre les gains environnementaux et les coûts générés par les efforts des exploitants.

L'expérience

Les agriculteurs se sont déplacés à l'Université Louis Pasteur le 1^{er} décembre 2006. Ils avaient été contactés au préalable par nos collègues géographes qui travaillent sur le terrain. Toutefois, afin de minimiser les biais, aucune information ne leur a été donnée ni sur le pourquoi de l'expérience ni sur son contenu. Leur démarche était basée sur le volontariat. Dans notre expérience, six exploitants agricoles interagissent au sein du même groupe pendant 30 périodes représentant chacune une année. Ils ont la possibilité de fournir un certain niveau d'effort coûteux pour réduire l'importance de la coulée de boue quand elle

¹⁹ L'optimum social correspond à la solution la meilleure pour l'ensemble de la société, non pas seulement pour un groupe d'individus. Ici, la société est constituée du régulateur, des agriculteurs qui maximisent leurs profits et des citoyens qui souhaitent minimiser les risques qu'ils supportent.

survient et donc les dommages résultant de cette coulée de boue. En cas de coulée, le régulateur évalue les dommages en fonction des efforts des agriculteurs, et exige de chaque agent le paiement de ces dommages diminué d'un certain montant forfaitaire. L'instrument est calibré de telle sorte que l'équilibre de Nash²⁰ du jeu constitutif corresponde à l'optimum social (et donc à l'objectif du régulateur). Deux traitements sont réalisés. Lors des dix premières périodes, les agriculteurs sujets de l'expérience observent uniquement la contribution, en termes d'effort, de l'ensemble du groupe s'il y a une coulée de boue. Au cours des vingt périodes suivantes, les efforts individuels de chacun sont observables à la fin de chaque période, qu'il y ait ou non coulée de boue. Ce second traitement se justifie par le fait que, sur un bassin versant, il est possible que les agriculteurs s'observent et sachent ce que chacun entreprend, même si cette information reste difficile à obtenir pour le régulateur.

Résultats de l'expérience

En moyenne, nous observons que l'instrument est relativement efficace pendant les quinze premières périodes (sur trente), dans le sens où l'optimum social y est approximativement atteint. L'efficacité de l'instrument se dégrade en revanche légèrement par la suite, dans la mesure où les agents tendent à fournir des niveaux d'efforts « excessifs » par rapport à l'optimum social. Ce point est à rapprocher de la remarque faite plus haut concernant le caractère non souhaitable de la collusion.

Résultats du débriefing

- Sur l'expérience elle-même, les participants expriment un sentiment plutôt mitigé. D'une part, la contextualisation semble pour certains insuffisante et artificielle. Il leur manque des repères à travers lesquels ils appréhendent habituellement leur univers de travail (taille de l'exploitation, position dans le bassin versant). D'autre part, l'expérimentation ne donne pas la possibilité aux exploitants de se concerter pour prendre leurs décisions, ce qui n'est pas conforme à la réalité.
- Sur le dispositif économique proposé, la perspective de la mise en place d'un tel instrument est vivement critiquée : c'est une fois de plus aux agriculteurs de fournir des efforts ; cette taxe est injuste car elle constitue une punition collective.

Recommandations

Nos résultats mitigés nous conduisent à des recommandations prudentes :

- D'une part, l'instrument s'avère relativement efficace, conformément aux études passées sur la taxe ambiante. Toutefois le nombre d'observations dont nous disposons nous incite à considérer ce résultat avec prudence, d'autant plus que l'efficacité se dégrade au cours du temps. Ce résultat suggère que l'instrument ne doit peut-être pas être appliqué pendant une durée trop prolongée puisque les agents pourraient finir par l'exploiter stratégiquement.
- D'autre part, les participants nous ont clairement indiqué leur réprobation sur l'introduction d'un tel instrument. Ils préfèrent deux alternatives : une solution centralisée et uniforme (l'Etat impose des mesures) ; une solution collective sous contrainte (c'est aux agriculteurs, forts de leur savoir pratique, de s'organiser collectivement, l'engagement de tous pouvant le cas échéant être obtenu en brandissant la menace d'une action autoritaire du préfet).

²⁰ Un équilibre de Nash est une situation d'équilibre de laquelle aucun sujet n'a intérêt à dévier quelle que soit la stratégie des autres. Précisément, John Nash (prix Nobel d'économie en 1994) a défini une situation d'interaction comme stable si aucun agent n'a intérêt à changer sa stratégie. La formalisation de ce constat simple a été essentielle pour la théorie des jeux.

Ceci nous amène également à conclure qu'un instrument qui laisserait plus de place à l'interaction entre les agents sur le terrain (ici, les agriculteurs) pourrait être une meilleure solution. Ce point est le second travail investi par l'équipe des économistes sur les questions liées à l'outil économique. Par ailleurs, la question de l'échelle, également évoquée lors du débriefing de l'expérience, est encore considérée.

2) Une analyse des systèmes de compensation des victimes d'une catastrophe naturelle en Allemagne, aux Etats-Unis et en France a permis de montrer que la pratique est en réel décalage avec la théorie économique. En effet, les modèles de comportement développés en économie de l'assurance mettent en évidence l'efficacité des contrats d'assurance établis sur la base du risque individuel. Autrement dit, les agents économiques sont plus incités à investir dans des mesures de prévention lorsque la prime d'assurance qui leur est demandée dépend du risque qu'ils supportent effectivement, et n'est pas lissée entre les personnes pour des raisons d'équité (comme c'est le cas en France). Pourtant, 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 un. Ils ont tendance à sous-estimer les risques qui les concernent et à estimer que le prix de l'assurance est trop élevé. Ce point ne concerne pas le cas de la France car l'assurance catastrophe naturelle est obligatoire. 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 (via la nature du logement). 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 que les agriculteurs sont peu enclins à changer leurs pratiques dans un milieu assuré sachant que ce changement est coûteux pour eux.

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

Allemagne/EU/France : de l'assurance privée à la couverture solidaire

Le travail envisagé consistait à construire, à partir des éléments théoriques et des informations plus empiriques obtenus, un contrat d'assurance qui allierait efficacité économique (avec une prime dépendant du risque) et équité. Toutefois, nos recherches nous ont mené à faire le constat suivant : Plutôt que de construire un contrat d'assurance hybride qui présenterait des paramètres relatifs à l'efficacité économique et à l'équité sur lesquels les décideurs publics pourraient jouer (comme on l'avait suggéré dans le projet initial), il est plus pertinent de repenser la question de la compensation dans un contexte plus intégré. Il nous est ainsi apparu plus judicieux et plus complet de traiter simultanément la question de la prévention du risque de coulée boueuse (action ex ante) et celle de sa compensation en cas de réalisation d'un événement de coulée (action ex post).

Ce travail a fait l'objet d'un article de recherche dont nous présentons ici les principaux éléments (Spaeter S., Cochard F., Rozan A., 2006).

Plus précisément, nous proposons de construire une politique de régulation du risque de coulée boueuse basée sur l'utilisation de la taxe ambiante et sur l'alimentation, par cette taxe, d'un fonds d'indemnisation. Cet instrument combiné a les caractéristiques suivantes :

Dans un premier temps, les autorités environnementales définissent la taxe ambiante qui sera payée par les agriculteurs à des dates fixes et quel que soit l'état de la nature réalisé (cette taxe peut être "subventionnée" forfaitairement afin de ne pas augmenter la probabilité de faillite des exploitations, sans que cela ne porte préjudice aux incitations induites par la politique). Le montant monétaire de la taxe est basé sur le niveau des dommages enregistrés lors de coulées précédentes dans une zone géographique donnée (et à définir) et elle est identique d'un agriculteur à l'autre (de cette zone). Cette taxe est ainsi basée sur le risque de telle manière que si le risque de coulée diminue dans la zone considérée, la taxe diminuera également. Cet instrument est ensuite amendé en autorisant les agriculteurs à révéler leurs

pratiques individuelles au régulateur afin de bénéficier d'une réduction, voire d'une exemption, de la taxe dont ils devraient s'acquitter. Cette possibilité permet ainsi à l'agriculteur d'atténuer les effets potentiellement négatifs des pratiques de ses voisins sur la taxe ambiante qu'il paie. Cet élément permet alors d'augmenter l'acceptabilité sociale de l'outil.

Dans un second temps, le montant total des taxes récoltées alimente un fonds d'indemnisation qui servira à la compensation des victimes en cas de sinistre. Ce fonds est également alimenté par les primes d'assurance payées par les habitants.

Les intérêts d'une telle politique sont multiples :

Premièrement, les agriculteurs ne sont plus des acteurs passifs du système de régulation des coulées de boue. Ils influencent la taxe par leurs comportements et peuvent se différencier en annonçant leur stratégie individuelle. De plus, un tel système peut également faire apparaître des effets de réputation si la zone concernée n'est pas trop grande (la question de l'échelle est considérée plus loin). Ces effets peuvent induire des incitations supplémentaires à adopter des pratiques plus conformes aux attentes environnementales. Enfin, en laissant l'initiative de la diffusion de l'information à l'agriculteur, les coûts de recherche de l'information sont diminués.

Cette politique tient compte, par ailleurs, des développements autour du double dividende. Il consiste en effet à redistribuer la taxe collectée dans un secteur économique donné à l'intérieur de ce même secteur ; ici, la taxe va servir à indemniser les victimes des coulées dont les activités des payeurs sont, en partie, à l'origine.

Finalement, la politique que nous proposons doit permettre d'augmenter les incitations à investir dans des mesures de prévention (ex ante) et d'augmenter les fonds disponibles pour l'indemnisation (ex post). Nous proposons encore de faire dépendre les indemnités versées aux victimes de leurs propres activités de protection. Cela crée alors un deuxième effet réputationnel qui concerne, cette fois, les habitants d'une zone donnée.

Du point de vue de l'analyse économique, cet instrument est efficace car il crée les incitations à la prévention et il présente des éléments qui facilitent son acceptabilité sociale. Du point de vue de la pratique, il reste à discuter le problème de l'échelle. A quelle échelle (du bassin versant, du village, de la communauté de communes ? ...) peut-on mettre en place un tel système s'il devait être adopté ? Cette question fait l'objet d'un travail en cours (Auzet et Spaeter, 2007), non annoncé dans le projet, mais dont nous proposons les éléments principaux ici.

Dans ce travail effectué avec Anne-Véronique Auzet, géo-morphologue et responsable de la partie ruissellement des travaux de recherche menés en Alsace, nous nous intéressons à l'échelle à laquelle une politique adaptée à la gestion des risques de coulées boueuses devrait être mise en place. En particulier, nous considérons simultanément les contraintes économiques et les contraintes bio-physiques qui influencent le niveau d'efficacité d'une politique donnée. Pour mener à bien ce travail, nous nous attardons sur le système développé par Spaeter, Cochard et Rozan (2006) (présenté plus haut), qui combine un fonds d'indemnisation alimenté à la fois par une taxe ambiante payée par les agriculteurs et par des primes d'assurance versées par les habitants de la zone géographique concernée par ce fonds. Un gouvernement peut également abonder le fonds. Dans cet environnement, le mécanisme de la mutualisation des risques, les effets réputationnels, le risque moral²¹ ainsi que les

²¹ Le risque moral est une forme d'asymétries d'information qui prévaut entre différents agents économiques et qui concerne leurs actions. Dans notre domaine d'étude, le régulateur n'a pas toute l'information sur les pratiques des agriculteurs. Leur acquisition a un coût non négligeable et l'information obtenue après audit n'est pas forcément complète ou parfaite.

spécificités techniques de la problématique des coulées boueuses sont discutés en fonction de l'échelle (village, communauté de communes, réseau social, bassin versant, ...). Plusieurs conclusions sont proposées. Un des points principaux concerne la nécessité d'intégrer les contraintes sociales afin d'appréhender également les aspects d'acceptabilité sociale, en même temps que les considérations liées à l'efficacité économique du dispositif analysé. Nous arrivons également à la conclusion selon laquelle l'échelle optimale pour la mise en place d'une politique de régulation des coulées boueuses (ex ante et ex post) peut difficilement être plus grande que celle d'un bassin versant. Nous en détaillons les raisons dans l'article. Par ailleurs, les aspects économiques et techniques doivent être discutés avant que l'on cherche à connaître le niveau administratif auquel la politique va être gérée. Ce sont les contraintes technico-physiques et économiques qui doivent expliquer l'échelle administrative.

Références citées

- Cochard, F. (2003), « Régulation de la Pollution Diffuse : Etudes Expérimentales de l'Efficacité des Instruments Fiscaux », thèse, 10 décembre 2003, Université Louis Pasteur, Strasbourg 1.
- Cochard, F., M. Willinger, and A. Xepapadeas (2005), "Efficiency of Nonpoint Source Pollution Instruments : An Experimental Study," *Environmental and Resource Economics*, 30, 393–422.
- Cochard, F., A. Ziegelmeyer, and K. BounMy (2005), "The regulation of Nonpoint Pollution under Limited Information," Working paper, Max Planckx Institute.
- Harrison, J. G. and J. A. List (2004), "Field Experiments", *Journal of Economic Literature*, XLII, 1009-55.
- Segerson, K. (1988): "Uncertainty and Incentives for Non-Point Source Pollution," *Journal of Environmental Economics and Management*, 15, 87–98.
- Spaeter, S., F. Cochard, and A. Rozan (2007), « Prevention and Compensation of Muddy Flows : Some Economic Insights », document de travail n°2006-29 du BETA, Université Louis Pasteur et Nancy-Université.
- Spaeter, S. and A. Verchère (2004), « Politiques d'audit optimales dans le cadre de la pollution agricole de l'eau », *Cahiers d'Economie et Sociologie Rurales* 71, 5-35.
- Spraggon, J. (2002), "Exogenous Targeting Instruments as a Solution to Group Moral Hazards," *Journal of Public Economics*, 84, 427–56.
- Spraggon, J. (2004), "Testing Ambient Pollution Instruments with Heterogeneous Agents," *Journal of Environmental Economics and Management*, 48, 837–56.
- Vossler, C. A., G. L. Poe, W. D. Schulze, and K. Segerson (2006), "Communication and Incentive Mechanisms Based on Group Performance : An Experimental Study of Nonpoint Pollution Control," *Economic Inquiry*, Forthcoming.

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

Introduction

Après avoir traité des solutions techniques qui pouvaient être mises en œuvre pour réduire les émissions d'eau boueuse en provenance du territoire agricole (volet 1), nous avons cherché à concevoir un dispositif économique incitatif quant aux changements de pratiques des agriculteurs ainsi que des populations exposées (volet 2). Dans ce troisième volet de nos recherches c'est l'approche sociologique que nous mettons en avant pour discuter des modifications possibles au niveau des agriculteurs, compte tenu de leurs conceptions des phénomènes érosifs et des réseaux de relations techniques qui préexistent entre eux. Nous aborderons aussi la question de la nécessaire expertise locale à développer au niveau des animateurs de bassin versant pour faciliter les changements présentés dans le volet 1.

1. La problématique du risque d'inondation en Seine-Maritime

Le ruissellement érosif en Pays de Caux se caractérise par une multiplicité de causes naturelles, agricoles et humaines qui rendent l'évaluation du risque délicate. Le problème n'est pas seulement technique, avec la nécessité de faire évoluer les pratiques agricoles et les plans d'urbanisation ; il est aussi social de par les interactions étroites entre exploitants et habitants du territoire ; il est encore politique car l'appréhension du risque renvoie à la possibilité de le gérer et à la capacité de s'organiser en conséquence. La question du risque appelle donc celle de sa gestion collective et concertée, sous la forme d'une répartition des pouvoirs et d'une distribution des compétences. La gestion collective du risque renvoie cependant à la question de l'expertise nécessaire à son évaluation, à la clarification des responsabilités de chacun, ainsi qu'à la définition et à la coordination des actions sur le terrain.

De fait, une expertise collective s'est progressivement constituée, en associant étroitement scientifiques et experts de terrain. Ces derniers servent de relais sur le terrain aux premiers et participent à la fois à la redéfinition des problèmes à résoudre et des solutions à apporter. La consolidation de cette expertise interroge cependant celle des référents de connaissance sur lesquels construire une certaine convergence des points de vue de l'ensemble des acteurs concernés par les ruissellements érosifs (agriculteurs, élus, habitants du territoire, prescripteurs publics (DDA, DIREN) ou parapublics (Agence de l'eau), experts locaux et scientifiques). Il s'agit de se donner les moyens d'identifier collectivement les zones à risques, d'en déceler les causes, pour en corriger les effets par des directives appropriées.

Or, la consolidation des indicateurs du risque de ruissellement, et des règles d'action à adopter pour le prévenir, est lente à se construire, du fait des enjeux scientifiques, politiques et économiques qu'elle sous-tend.

2. L'enjeu d'apprentissages croisés sur les ruissellements érosifs

La légitimité des mesures et des expérimentations de nouvelles pratiques, par les chercheurs en collaboration avec les acteurs de terrain, reste dépendante d'une double contrainte de particularisme et de généralité : d'un côté, les agriculteurs ne semblent réellement attentifs qu'à des références construites localement, c'est-à-dire dans des conditions pédoclimatiques similaires à celles de leur exploitation ; de l'autre, les décideurs ou experts régionaux sont en quête d'une objectivation des phénomènes et de leurs causes, de façon à pouvoir statuer sur les mesures à prendre. Cette tension entre construction, pertinence et légitimation des indicateurs du risque et les résolutions à prendre renvoie, d'une certaine façon, aux conditions d'une mobilisation des acteurs locaux face au problème de ruissellement. La situation de recherche-action qui caractérise la diffusion des connaissances scientifiques en Seine-

Maritime est alors constitutive de l'action collective, avec comme objet non seulement de créer des savoirs mais aussi de favoriser l'implication de nouveaux acteurs.

Les agriculteurs sont concernés, au premier chef, puisque ce sont vers eux que les travaux des chercheurs agronomes se tournent pour les inciter à prendre conscience de la réalité des risques sur leurs parcelles et celles de leurs voisins (cf. volet 1.a) et à adopter des bonnes pratiques pour circonvenir ces risques (cf. volets 1.b et 1.c). Un second type d'acteurs paraît central dans la diffusion et la valorisation des connaissances produites sur les ruissellements, à savoir les animateurs de bassin versant. Décideurs et experts s'accordent à définir le bassin versant comme l'unité géophysique et sociopolitique pertinente pour gérer les ruissellements sur le territoire. C'est en effet au niveau du bassin versant que se situe l'enjeu de collecter des données agrégées sur les risques de ruissellement (volet 1.a) et celui de coordonner les actions préventives. Les animateurs agricoles²² de bassin versant, en charge de la gestion préventive des risques sur les terres agricoles, se trouvent donc directement concernés par l'usage d'outils comme STREAM (volet 1.d).

Pour mieux comprendre les dynamiques d'apprentissage en jeu, entre la conception et l'usage des outils, une étude sociologique a été proposée dans le cadre du programme RDT, en associant deux chercheurs de l'UMR SAD APT (INRA). Elle s'est scindée en deux sous volets :

- d'une part une analyse des conditions de mobilisation des agriculteurs, face à un problème collectif de ruissellement et d'érosion ;
- d'autre part les conditions d'un *devenir expert*²³ des animateurs agricoles pour assurer le rôle de médiateur indispensable à l'appropriation locale des connaissances et des outils du programme RDT, et pour organiser l'action sur le terrain.

A. Analyse des réseaux sociaux d'agriculteurs au niveau d'un petit bassin versant (Anne Mathieu)

Les connaissances que nous apportons ici visent à améliorer les prescriptions liées à la lutte contre le ruissellement et l'érosion. Nous avons pris en compte deux approches :

- celle des conceptions des choses. Elles renvoient à la façon dont les agriculteurs conçoivent l'érosion et le ruissellement, leurs causes et leurs solutions, et aux ressemblances et aux différences avec les conceptions des chercheurs. 12 entretiens ont été conduits pour les appréhender, à savoir auprès de 8 agriculteurs d'un bassin versant et de 4 chercheurs de l'INRA qui travaillent sur ces questions, en ayant comme terrain d'étude ce même bassin versant.
- celle des réseaux sociaux. La connaissance des réseaux de relations techniques entre les agriculteurs du bassin versant est une base pour réfléchir à la mise en place des coordinations.

A.1. Ressemblances et différences entre les conceptions des agriculteurs et celles des agronomes de l'INRA sur les mécanismes des ruissellements érosifs

²² Nous nous focalisons ici sur les animateurs en charge du volet agricole, sachant qu'il existe d'autres volets comme le volet hydraulique (protection des biens et des personnes), volet rivière (prévention des pollutions agricoles et des débordements), volet urbain (gestion des eaux de pluies dans les lotissements).

²³ On ne peut pas parler d'experts institués, à leur égard, puisqu'il s'agit pour la plupart de personnes dont c'est le premier emploi (sans grande expérience donc) et ne disposant pas d'une formation totalement adéquate (puisque la plupart doivent se former "sur le tas" à la gestion des dossiers qu'ils prennent en charge). Ils sont cependant souvent sollicités par les élus ou agriculteurs, au titre d'un savoir spécialisé permettant d'analyser et de traiter une situation problématique et complexe (ce qui renvoie implicitement à un statut d'expert même s'il est fragile).

Les recherches menées par l'INRA sur la lutte contre le ruissellement et l'érosion se font à deux échelles : celle de la station d'expérimentation agronomique de quelques m² et celle du bassin versant.

- A l'échelle des parcelles, l'objectif est d'établir des références sur la capacité d'infiltration du sol, en fonction des conditions de surface définies par les cultures et la rugosité du sol. Ces capacités d'infiltration sont ensuite reliées aux pratiques des agriculteurs.
- A l'échelle du bassin versant, l'objectif consiste à trouver des répartitions spatiales des différents états de sol qui minimisent les quantités d'eau qui ruissellent : on s'est intéressé aux relations entre une parcelle et les parcelles voisines (Pierre, chercheur). Le ruissellement étant modélisé au niveau du bassin versant, les propositions concernent des modifications de la place des cultures ou des techniques de travail du sol pour profiter des compensations entre états de surface des parcelles.

Les agriculteurs du bassin versant étudié ont les mêmes façons de concevoir les relations entre l'état de surface, les pratiques et la capacité d'infiltration, que les agronomes. Pour ces deux groupes d'acteurs, ce sont les mêmes cultures et les mêmes pratiques qui sont rendues responsables des dégâts. Des interrogations apparaissent cependant chez les agriculteurs, lorsqu'une technique a des effets contraires sur le ruissellement et l'érosion. C'est le cas, par exemple, du déchaumage juste après la récolte. Les agriculteurs décrivent bien que cette technique augmente la capacité d'infiltration de l'eau. Mais elle favorise aussi les départs de terre sur un sol non touché et tassé après la récolte, du moins à partir d'une certaine quantité de pluie. Certains agriculteurs restent donc hésitants sur la conduite à tenir. Cela renvoie à des précisions de conditions d'application pour les agronomes (parcelles en amont ou en aval, période de l'année).

Des différences entre les agronomes et les agriculteurs apparaissent également au niveau de leur conception du positionnement de ces phénomènes dans l'espace. Les agriculteurs parlent en vitesse d'eau : s'il y a des dégâts, c'est parce que l'eau coule trop vite, les solutions consistent alors à freiner l'eau. Quant aux agronomes, ils parlent plutôt en termes de quantité d'eau à l'exutoire du bassin versant, et ils cherchent à la minimiser. Des malentendus peuvent survenir à propos de ces différentes façons de concevoir le problème.

Ensuite, les agriculteurs décrivent très précisément les passages d'eau dans leurs parcelles, mais de façon assez vague ce qui se passe chez leurs voisins. A la question : *où va l'eau de votre fossé ?*, un agriculteur répond : *l'eau va chez le propriétaire à côté, et puis elle s'en va dans la mer (Thierry)*. S'ils décrivent bien en théorie l'avantage des alternances de cultures, ils ne l'envisagent pas dans la pratique sur leurs propres parcelles en lien avec les cultures environnantes. Les agronomes sont plus attentifs à l'idée d'assolement concerté, qui permettrait aux cultures d'un même territoire de se compenser mutuellement.

Les agriculteurs ne parlent en fait pas des parcelles voisines ni de leurs états. Dès qu'il s'agit de celles-ci, ils les dénomment par *mon voisin* ou *le propriétaire d'à côté* ou le nom du voisin. Nous en tirons les conséquences suivantes : il n'existe pas d'objet intermédiaire²⁴, comme par exemple un état du sol, autour duquel les agriculteurs pourraient négocier une coordination pour diminuer le ruissellement ou l'érosion. La parcelle voisine est identifiée à travers son exploitant, ce qui conduit à des blocages qui peuvent s'exprimer comme suit : *si je dis à mon*

²⁴ Vinck D., 1999. Les objets intermédiaires dans les réseaux de coopération scientifique. Contribution à la prise en compte des objets dans la dynamique sociale. Revue Française de sociologie, XI : 385-414.

voisin, « dis donc, toi, tu vas faire une retenue d'eau là, moi, je vais pas en faire. C'est à toi qui es en amont de le faire. » Il va dire : « pourquoi moi, pourquoi pas toi ? » (Camille).

En conclusion, si les mécanismes élémentaires des phénomènes de ruissellement et d'érosion sont bien connus par les agriculteurs, leur agrégation au niveau du bassin versant reste mal perçue. Nous pouvons faire deux propositions :

- montrer aux agriculteurs, au moyen de simulations par un modèle, les effets de différentes positions dans l'espace de surfaces ayant des potentiels d'infiltration différents, selon la quantité d'eau ruisselée dans le bassin versant. Cela leur permettra de visualiser l'effet des localisations des pratiques sur le phénomène.
- créer un "objet intermédiaire" qui puisse être un support de négociation pour une discussion entre agriculteurs en vue de coordonner l'emplacement de cultures ou de techniques. Ce support de discussion doit à la fois être un bon indicateur du potentiel d'infiltration et être facilement utilisable par les agriculteurs.

A.2 Les conceptions des causes et des solutions du ruissellement et de l'érosion par les agriculteurs de bassins versants

A.2.1 Les différentes façons de produire et les responsabilités sur le ruissellement et l'érosion

Nous avons étudié les conceptions des agriculteurs sur ces sujets dans deux bassins versants. Le premier, BV1, est très rural, le second, BV2, est en amont d'une grande ville et soumis à des phénomènes de rurbanisation.

Dans les deux bassins versants, les agriculteurs (que l'on peut appeler les classiques dans la région) qui font de la polyculture et de l'élevage avec des surfaces de 80 à 150 ha, nient fortement toute implication dans les phénomènes de ruissellement et d'érosion. Ils en reportent la faute sur d'autres, que ce soit (BV1) sur ceux qui cultivent la pomme de terre (notamment deux très gros agriculteurs arrivés récemment de l'extérieur après avoir acheté des fermes), ou (BV2) des urbains qui d'après eux ont eu la négligence de construire leur maison en aval d'une zone à risque d'érosion et de départ de terre.

L'étude sur le BV2 est en cours, et nous présenterons essentiellement les résultats du BV1.

Dans ce bassin versant 1, l'analyse des entretiens fait ressortir que les agriculteurs distinguent trois façons de produire. Il s'agit d'abord des exploitations dont nous venons de parler, de polyculture-élevage. Elles servent dans les discours de point de comparaison aux autres. Les autres exploitations sont (i) « de grosses exploitations qui font des pommes de terre » et (ii) « des petites exploitations d'élevage qui n'ont pas évolué ».

Les grosses exploitations sont sans cesse citées en exemple dans les entretiens, avec cependant une ambiguïté. Ces exploitants sont reconnus comme étant de bons agriculteurs, et admirés pour cela. Mais, considérés comme les principaux responsables du ruissellement et de l'érosion, ils sont aussi vivement critiqués. Cette ambiguïté se reflète par exemple dans la phrase suivante d'un polyculteur-éleveur : *C'était dur, ses prairies, je ne critique pas, non, c'est un bon agriculteur, mais les prairies, vous auriez vu, il a tout cassé!* (Léon) Leurs pratiques sont vivement critiquées, en particulier :

- ces exploitants sont les seuls à cultiver des pommes de terre dans le bassin versant, et cette culture est fortement mise en cause par les autres agriculteurs.
- avant la mise en place de la PAC, ils ont retourné toutes leurs prairies pour accéder aux primes SCOP sur ces parcelles. Puis, lors de la mise en place des mesures agri-environnementales, ils ont remis en prairie les parties trop soumises à l'érosion, en touchant pour ce faire à nouveau des subventions. Or, la disparition des prairies est une autre cause importante de l'érosion pour les agriculteurs. L'abandon de l'élevage comme le retournement des prairies sont considérés comme contraires à la nature du pays lui-même : *« on a voulu un peu forcer les choses, euh, on a été obligés de se rendre compte que finalement il y a des limites, qu'on avait peut-être un peu franchi les limites, et que maintenant, il fallait revenir à des choses plus raisonnables »* (un polyculteur-éleveur).
- même s'ils ont des pratiques et des cultures semblables (sauf les pommes de terre), les agriculteurs polyculteurs-éleveurs considèrent qu'ils ont moins d'effet sur le ruissellement et l'érosion que les gros agriculteurs, parce que ces pratiques érosives sont moins intenses chez eux : *« C'est le matériel lourd qui abîme le sol. Moi, je ne suis pas trop concerné par l'érosion. Une personne comme (un gros agriculteur), il est plus concerné, d'après moi, il travaille sur une surface plus grande. Et il a des plus gros tracteurs. »* (un polyculteur-éleveur).

- il est dit que ces « gros » exploitants recherchent avant tout un profit, calculé par hectare, ce qui est souligné essentiellement par les petits éleveurs, car eux-mêmes raisonnent en revenu de l'exploitation. Les « gros exploitants » sont très liés aux organismes de développement agricole. S'ils ne sont pas les seuls à toucher des subventions, ils en touchent beaucoup.

Toutes ces critiques sont connues par ces agriculteurs eux-mêmes.

L'ambiguïté attachée aux petites exploitations d'élevage est à l'inverse. Ces exploitations sont considérées comme en voie de disparition par les agriculteurs du bassin versant, y compris par eux-mêmes. Le discrédit porté sur leur exploitation rejait sur eux. On les dit à la traîne, n'ayant pas évolué, eux-mêmes ne se disent *pas très intelligents*. A l'écart des circuits du Développement agricole, ils considèrent qu'ils ne sont pas bien informés et ne touchent aucune subvention ni d'aide pour la mise aux normes de leurs exploitations. Les contraintes liées à l'élevage sont évoquées pour expliquer cette disparition programmée, bien que les pères que nous avons rencontrés disent aimer leur métier. L'image attachée à ces exploitations leur fait dire que *ce n'est pas pour les jeunes*²⁵.

Cependant, le rôle que jouent leurs prairies dans les phénomènes de ruissellement et d'érosion conduit de leur part (mais pas de celle des autres catégories d'exploitations) à une légère revalorisation personnelle. Une simulation réalisée avec le logiciel STREAM montre que la disparition des 30 ha de prairie d'une de ces exploitations de 50 ha conduirait, pour certains événements climatiques, à une augmentation de 30 % du ruissellement à l'exutoire du bassin versant.

A.2.2 Les solutions envisagées pour la lutte contre le ruissellement et l'érosion

Les agriculteurs sont pris au dépourvu face à un problème qui apparaît comme récent. Ils renvoient au syndicat de bassin versant pour mettre en place des solutions : *des gens plus intelligents que nous*. Progressivement, et en liaison avec les différentes actions menées par les syndicats de bassins versants, tous les agriculteurs adoptent les intercultures. Les positions sont plus mitigées sur les aménagements : ils trouvent que les études n'en finissent pas. Les agriculteurs sont interrogateurs pour des effets d'aménagements qu'ils ne peuvent voir.

Les solutions individuelles consistent essentiellement à reboucher les ravines sur les parcelles, voire, quand elles se renouvellent, à remettre la parcelle ou une partie en herbe. Seuls les « gros agriculteurs » envisagent des actions individuelles préventives, par l'intermédiaire de CTE : il s'agit d'installations légères comme des fascines. Ces actions leur permettent de se disculper auprès des autres : *je suis volontaire pour lutter contre l'érosion. Je pourrais dire, je suis en amont, je ne suis pas concerné. Mais cette année, je vais planter mes pommes de terre le long de la pente. Je ne veux pas que les autres disent que je reste sans rien faire. (un gros agriculteur avec des pommes de terre)*. Cependant, ils n'envisagent ces actions qu'assorties d'aides ou de subventions pour leur mise en place et leur entretien.

²⁵ Même si nous avons rencontré dans ce bassin versant le fils d'un de ces exploitants qui cherchait des solutions pour garder son troupeau de vaches laitières de haute valeur génétique...

A.3 Vers une description du fonctionnement sociologique d'un bassin versant : les réseaux techniques d'agriculteurs identifiés par leur façon de produire

A.3.1 Fonctionnement sociologique d'un sous bassin versant

Afin de caractériser une notion de fonctionnement sociologique d'un bassin versant, nous avons couplé deux méthodes : la définition des façons de produire dans le bassin versant, telles que les agriculteurs en parlent, et les relations entre ces agriculteurs, définies à partir de l'analyse des réseaux sociaux.

Nous avons donc réalisé une enquête auprès de chaque agriculteur des quatre communes qui se trouvent dans le bassin versant BV1 pour déterminer 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 GERDAL²⁶, le traitement des données a été fait avec le logiciel Ucinet²⁷.

Les résultats sont représentés de deux façons : sous la forme d'un graphe des relations plus ou moins denses entre les agriculteurs (figure 36) et par une spatialisation sur le territoire du sous bassin versant des liens entre les exploitations (figure 37).

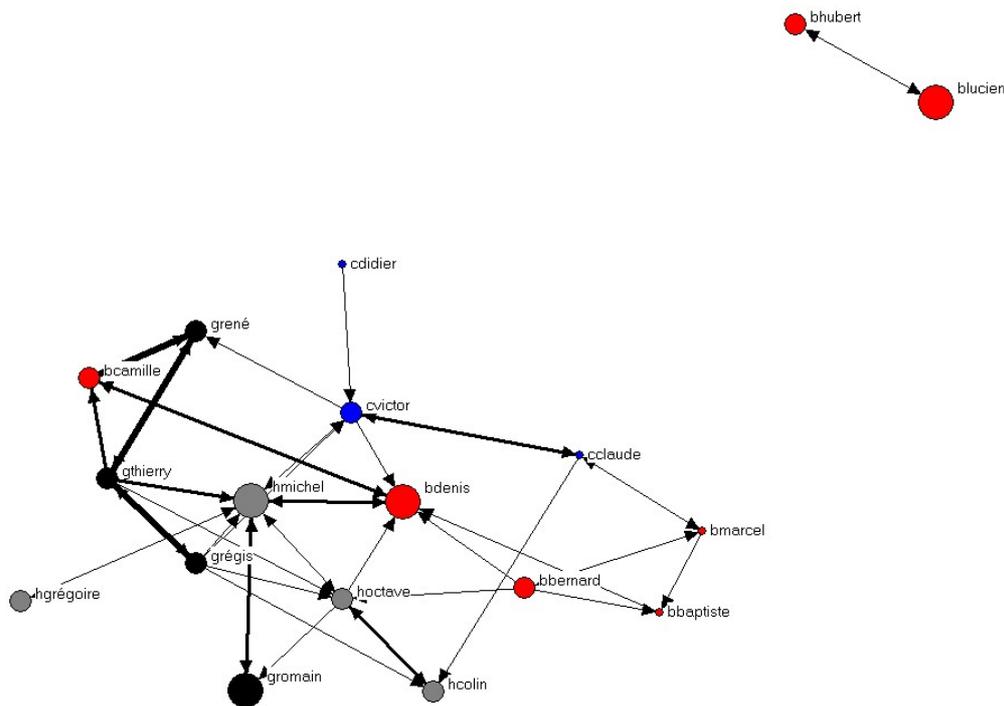


Figure 36 : Les relations sociales dans le bassin versant BV1.

²⁶ Darré J.-P. (dir.), 1994, Pairs et Experts dans l'agriculture, Paris, Eres.

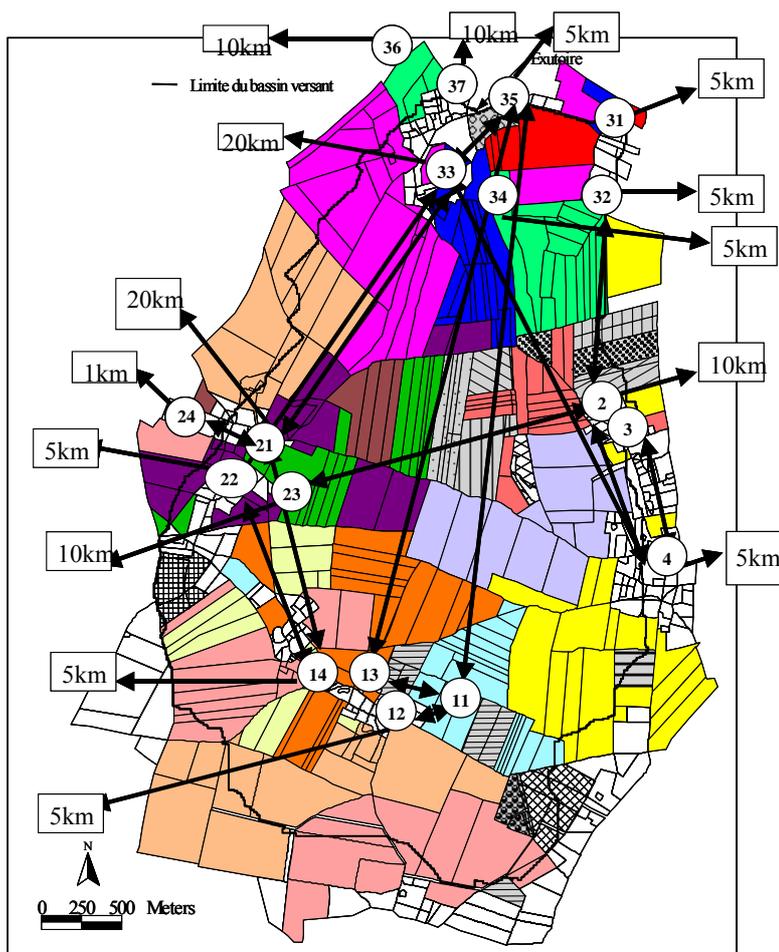
²⁷ Borgatti S. P. et Everett M.G. et Frieman L. C., 2002, Ucinet for Windows : Software for Social Network Analysis, Harvard, MA:Analytic Technologies.

La figure 36 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.

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 très souvent cités dans les entretiens, on l'a vu, comme à la fois de bons agriculteurs, mais aussi très responsables du ruissellement et de l'érosion. Ils sont arrivés récemment dans le bassin versant en rachetant des fermes.

Figure 37 :
Spatialisation des relations sociales entre les agriculteurs du BV1.



Leurs réseaux techniques principaux se trouvent à l'endroit dont ils sont originaires. Bien qu'étant au centre du réseau, car chacun s'honore d'une relation avec eux, ils ne peuvent être

considérés comme des diffuseurs d'informations techniques. Ils sont d'un autre monde que les autres agriculteurs.

Les petits éleveurs ont des liens qui s'apparentent plus à des liens de voisinage.

Chaque agriculteur a au moins un lien de dialogue technique fréquent avec un autre, mais ce lien peut être hors du bassin versant.

La figure 37 montre qu'il existe des liens de voisinage au sein d'une même commune, mais il y a aussi des liens entre agriculteurs de communes différentes. Sauf pour les deux exploitants venus de l'extérieur dont nous avons déjà parlé, ces relations existent dans un périmètre relativement restreint des communes voisines, puisque les distances sont inférieures à 10 km.

En conclusion, il est possible de souligner la particularité de ce que l'on peut appeler le fonctionnement sociologique d'un bassin versant. Dans ce qui a été décrit, une quantité d'évènements conjoncturels prennent une grande importance. Dans le bassin versant BV2, les agriculteurs définissent des façons de produire différentes. Ils ne distinguent pas d'exploitations grandes et qui seraient responsables du ruissellement et de l'érosion. Les petites exploitations, reconverties dans des circuits courts en utilisant la proximité de la ville, ont une longévité plus affirmée que dans le bassin versant BV1.

Reste à voir comment ces connaissances peuvent être utilisées.

A.3.2 Utilisations possibles de ces résultats

A.3.2.1 Impulser une coordination des assolements entre agriculteurs

Alterner dans l'espace des cultures pour réduire le ruissellement nécessite une coordination entre les agriculteurs : la figure 37, où le parcellaire de chaque exploitation est représenté d'une couleur différente, montre que ces parcellaires sont assez imbriqués.

On propose une démarche pour mettre en place des groupes de réflexion entre agriculteurs. Il s'agit de construire des groupes d'agriculteurs qui à la fois ont de fortes relations entre eux et des parcellaires voisins, avec des marges de manœuvre pour changer les localisations des cultures dans le bassin versant. Un exemple est donné dans le BV1. On voit sur la figure 38 une représentation du réseau des agriculteurs qui fait apparaître des formes de nœuds différentes pour distinguer des groupes de cohésion, c'est-à-dire des groupes dans lesquels il y a une forte densité de liens entre les membres. On peut identifier sur la carte l'emplacement de leur parcellaire (figure 39), par exemple ici pour le groupe encerclé. Certains des agriculteurs disposent d'une marge de manœuvre pour changer la localisation des cultures, d'autres n'en possèdent pas.

Le raisonnement pour proposer un groupe peut avoir lieu dans les deux sens, soit on part de parcelles à risque puis on regarde les liens entre leurs exploitants, soit on part de groupes de cohésion constitués et on voit l'intérêt d'une réflexion en fonction de l'emplacement de leurs parcelles.

Cette démarche n'est évidemment qu'indicative : ce n'est pas parce que des agriculteurs ont des liens entre eux qu'il leur sera automatiquement facile de coordonner leur assolement. L'inverse est peut-être aussi vrai. Bien d'autres conditions interviennent. Première proposition pour une organisation, elle doit être testée dans les différentes situations.

agricoles de bassins versants distincts. L'analyse met en évidence quatre thèmes principaux dans le discours qu'ils produisent sur leur activité :

- la référence au cadre institutionnel de l'activité des animateurs : on parle ici des *élus*, de *l'Agence de l'eau*, des *associations* ou des *communautés de communes*, des *syndicats d'eau* qui constituent une sorte de cadre institutionnel et, par voie de conséquence, des *contrats* passés avec différents commanditaires (Agence de l'eau, Conseil général,..). Sont énoncés également les types d'actions engagées (dans le cadre de ces contrats) : lancer des études, construire des *ouvrages structurants* (bassins d'orages) (en utilisant le cas échéant des remembrements en cours), veiller à l'état de la *rivière*, gérer les eaux pluviales dans les zones habitées (*volet urbain*).
- la référence à l'expertise agricole nécessaire pour conseiller les agriculteurs : elle renvoie à l'un des volets de l'activité des animateurs. Il s'agit pour eux de proposer une *couverture des sols* en hiver, une gestion appropriée des *assolements* et des *rotations de cultures*, la transformation des pratiques agricoles avec l'adoption d'outils nouveaux (favorisant le maintien de la cohésion du sol). Outre la question du choix des *espèces*, que ce soit de la *moutarde* ou de la *phacelie*, pour l'implantation des *intercultures*, l'action des animateurs nécessite de connaître les *pratiques agricoles*. Cela explique leur souci d'établir un *diagnostic* des pratiques de chaque exploitant, de conduire les *observations* nécessaires, d'évaluer *l'efficacité* des solutions proposées, et de développer *l'argumentaire ad hoc*.
- l'accent sur la négociation locale des aménagements d'hydraulique douce : ce thème concerne l'implantation d'aménagements d'hydraulique douce, visant à limiter les ruissellements de surface (*eau, boues*) ou les départs de *terre*. Il s'agit d'obstacles naturels (*fossé, haie, mare, talus, fascine, bandes enherbées, boisement*), implantés dans les *parcelles agricoles*, dans les corps de *fermes* ou les *bâtiments d'élevage*, dans les *zones de captage* ou en *amont* de *bétoires* ou de *routes*. La concrétisation de ces *projets* implique que les ruissellements érosifs créent aussi des *problèmes* chez les agriculteurs, sous la forme par exemple de *ravines* dans les cultures.
- la valorisation du réseau de relations et de conseils mobilisé : ce réseau mobilise la *Chambre d'agriculture*, les autres *animateurs agricoles*(97), les ingénieurs de *l'AREAS*(28). Il permet d'acquérir des *connaissances*(14) et des *techniques*(59), ainsi que plus largement des *informations*(68) sur la gestion préventive des ruissellements. En retour, il faut pouvoir diffuser les messages appropriés sur la prévention du risque aux agriculteurs, que ce soit dans le cadre de *réunions collectives* ou de *groupes d'agriculteurs*, ou encore sous la forme d'un démarchage plus individuel auprès de chaque agriculteur pour les *rencontrer*(18), leur *parler*(66), les *entendre*(20) et tenter de les *convaincre*(15).

²⁹ Celle-ci est présentée dans sa méthode (A.3.4) et dans ses résultats (B.1.1) dans le rapport complet (Annexe).

³⁰ Si la presque totalité des 22 syndicats de bassins versants emploient un animateur sur le volet "protection des biens et des personnes", l'existence d'un animateur agricole dépend de la sensibilité des élus au risque généré par les pratiques agricoles. Les 11 animateurs rencontrés (sur les 14 recensés) représentent la diversité des situations potentiellement présentes en Seine-Maritime.

B.1.2 La mise en évidence de priorités distinctes chez les animateurs

Tous, dans leurs discours, s'expriment sur l'enjeu de construire une relation privilégiée avec les agriculteurs, en les accompagnant dans l'évolution de leurs pratiques culturelles et dans la mise en place de petits aménagements d'hydraulique douce. De la même façon, le contexte institutionnel et relationnel est très prégnant pour expliquer les contraintes et les ressources de leur action au quotidien. Cependant, l'accent que chacun donne à tel ou tel enjeu diffère, selon qu'il privilégie l'acquisition d'une légitimité technique pour influencer sur les pratiques culturelles, la construction d'une proximité avec les agriculteurs pour négocier des aménagements d'hydraulique douce, la clarification de son rôle et de ses moyens d'action dans les contrats établis avec les commanditaires ou encore l'élargissement de leur réseau d'information et de conseil, afin d'appuyer plus fortement leur capacité à mobiliser et inciter les agriculteurs à mieux prendre en compte les risques de ruissellement érosif. La représentation graphique³¹ pointe notamment le contraste entre ceux qui privilégient des relations de proximité et de confiance avec les agriculteurs et ceux qui insistent plutôt sur l'enjeu de construire le cadre relationnel pertinent de leur action, en mobilisant les différents conseillers ou experts influant sur l'évolution des pratiques agricoles.

B.1.3 L'identification des ressorts de l'expertise des animateurs

Nous avons fait l'hypothèse que le dispositif de recherche action mis en œuvre en Seine-Maritime, pour construire collectivement les conditions cognitives et pratiques d'une gestion préventive des ruissellements sur les territoires agricoles, s'inscrivait dans un processus d'apprentissage collectif impliquant les acteurs locaux. Les animateurs agricoles de bassin versant, en charge de la diffusion des connaissances sur le terrain et de l'application des mesures à prendre, nous semblent devoir jouer un rôle clé en tant qu'expertises intermédiaires. Il ne s'agit pas cependant de professionnels repérés, commissionnés localement pour expliquer des situations problématiques complexes, qu'ils sont supposés seuls à pouvoir résoudre. En l'occurrence, l'expertise n'est pas chez eux un label, c'est un horizon d'action.

Nous nous intéressons ainsi au "devenir-expert" de ces animateurs. L'hypothèse complémentaire que nous faisons est que la construction de cette expertise est liée à la capacité de construire des "prises" que n'ont pas les autres, sur l'évaluation du risque et les conditions de gestion préventive au niveau local. L'idée de "prise" véhicule celle d'une relation entre une personne et un réseau d'éléments fournissant des "saillances" sur le phénomène considéré (effets des ruissellements sur les parcelles (ravines) ou les habitations (coulées boueuses), mesures, avis d'experts,...).

Nous avons donc cherché à expliciter les relations que chaque animateur construit avec des réseaux d'objets (mesures agri-environnementales, intercultures, aménagements d'hydraulique douce, données agricoles,...) et le réseau de personnes (scientifiques ou experts (AREAS, Chambre d'agriculture), ingénieurs DDA ou Agence de l'eau, autres syndicats de bassin versant), pour agir et construire l'efficacité et la légitimité de ses interventions, en matière de gestion préventive des risques.

Nous avons utilisé un outil de visualisation graphique (Logiciel RéseauLu) de ces relations dans le souci de mieux formaliser notre analyse.³² Nous avons distingué ce qui relevait des actions concrètes des animateurs au sein de leur bassin versant, des contraintes rencontrées et des ressources disponibles. Nous avons ensuite cherché à appréhender les premières réactions

³¹ Il s'agit de la figure 1 dans le rapport complet (B.1.2) (Annexe).

³² La présentation de la méthode (A.3.4) et des résultats (B.1.1) est détaillée dans le rapport complet (Annexe).

face au déploiement d'outils issus du programme RDT,³³ et les connexions possibles avec les enjeux de la fonction d'animation agricole sur le terrain.

B.1.3.1. Les actions sur le volet agricole

On distingue sur le graphique³⁴ quatre grandes modalités d'action vers les agriculteurs, visant à les inciter à faire évoluer leurs conduites de culture en faveur de pratiques moins ruisselantes :

- la constitution d'un groupe d'agriculteurs pilote pour expérimenter de nouvelles pratiques et opérer comme un effet d'entraînement auprès des autres agriculteurs ;
- la dynamique de co-construction avec les agriculteurs afin de pouvoir articuler plus étroitement la diffusion de nouvelles connaissances et les attentes des agriculteurs en matière d'aménagement des cultures ;
- l'accompagnement d'initiatives locales, s'appuyant sur la diffusion de connaissances, au travers de vitrines d'expérimentation, et surtout par l'attribution de subventions pour inciter les agriculteurs à faire évoluer leurs pratiques³⁵ ;
- l'intéressement d'agriculteurs parfois réticents au changement par le développement d'un argumentaire économique et technique, visant à démontrer les avantages (ou du moins l'absence d'inconvénients) à modifier les pratiques dans le sens d'une gestion préventive des ruissellements érosifs.

Ces différentes modalités d'action bien que distinctes n'en sont pas pour autant exclusives, car elles s'imbriquent mutuellement.

Le premier obstacle que rencontrent les animateurs réside cependant dans les difficultés d'accès aux données agricoles.³⁶ Celles-ci possèdent un caractère confidentiel, mais celui-ci va à l'encontre de la construction par les animateurs d'une connaissance intime de la réalité agricole qu'ils sont pourtant supposés faire évoluer. Une autre difficulté réside dans le manque d'expertise agricole qu'ils ressentent lors de leurs négociations avec les agriculteurs, problème d'autant plus prégnant qu'ils doivent de plus en plus appréhender des aspects différenciés du travail agricole (conseils sur les intercultures, les techniques et le matériel, mais surtout évaluation des pratiques phytosanitaires). Un autre obstacle à la mobilisation collective autour d'une gestion concertée du risque de ruissellement provient de l'individualisme latent des agriculteurs, et de la conciliation de leurs intérêts spécifiques avec ceux de la collectivité.

La ressource³⁷ importante dont peuvent bénéficier les animateurs réside en premier lieu dans l'existence d'un cadre institué de coordination, impliquant l'ensemble des protagonistes d'un territoire, sur la gestion globale du risque (en y intégrant volet agricole, hydraulique, rivière, urbain,..). C'est le cas plus particulièrement des contrats ruraux. Dans les autres bassins versants, où la coordination n'est pas instituée par contrat, c'est la capacité à mobiliser les acteurs au sein d'un réseau d'échange plus ou moins large qui apporte aux animateurs des moyens d'action accrus. On distingue ainsi des stratégies différenciées selon l'implication des syndicats de bassins versants dans des appels d'offres nationaux, ou le souci de certains

³³ Il s'agissait d'évaluer en quoi ces outils sont susceptibles de constituer des "prises", c'est-à-dire des ressorts de l'expertise des animateurs.

³⁴ Il s'agit de la figure 2 dans le rapport complet (B.2.1.1) (Annexe).

³⁵ A ce titre, les opérations d'implantation d'intercultures ont connu un fort développement en Seine-Maritime, grâce aux subventions de l'Agence de l'eau.

³⁶ Problème exprimé par 6 animateurs sur 11 dans la figure 3, recensant les contraintes du volet agricole (cf. rapport complet (B.2.1.2) en annexe).

³⁷ On pourra se reporter à la figure 4 du rapport complet (B.2.1.3) (Annexe).

animateurs de s'associer avec des acteurs qu'ils considèrent clés (filiales agricoles, agrofournisseurs, chasseurs,...), sachant que la Chambre d'agriculture reste pour eux une expertise incontournable s'il veulent appréhender l'effet des cultures sur les ruissellements.

B.1.3.2 Les actions sur le volet hydraulique douce

Dans le cas des aménagements d'hydraulique douce, on distingue moins bien les modalités d'action des animateurs que les finalités qu'ils poursuivent (protection de zones à risques comme les périmètres de captage, rédaction de dossiers PRDR, implantation de fascines, aménagements en amont des ouvrages structurants). Trois types d'interventions auprès des agriculteurs se détachent cependant, même si elles sont parfois très liées entre elles³⁸ :

- une logique d'accompagnement des agriculteurs, sur la base d'un volontariat initial des agriculteurs, pour les aider à implanter un aménagement sur leur parcelle. Celle-ci consiste à écarter les obstacles qui freinent la gestion préventive des ruissellements érosifs par les agriculteurs, qu'ils soient financiers (obtention de subvention), techniques (évaluation des solutions envisagées) ou matériels (mise en place d'aménagements (fascines) clés en main).
- la négociation des aménagements reste cependant délicate et constitue une seconde priorité pour les animateurs qui doivent en fait concilier les intérêts de l'agriculteur avec ceux de la collectivité, pour arriver à leurs fins. Plus que d'un intérêt, c'est d'une conjonction d'intérêts dont il faut parler. La démarche des animateurs consiste donc à trouver les intérêts pratiques (réduire les dégâts des ruissellements), relationnels (démontrer un souci de l'environnement), d'agrément (favoriser l'accueil du gibier pour la chasse) et bien sûr financier.
- l'appui sur des agriculteurs pionniers (groupes pilotes), déjà acquis à la cause de la gestion des ruissellements. Cela conduit l'animateur à focaliser son action sur des périmètres plus limités, où la sensibilité face au risque est la plus forte du fait d'événements (coulées boueuses ou turbidité de l'eau) qui surviennent régulièrement sur les territoire concernés.

Deux contraintes majeures sont évoquées par les animateurs, à savoir l'absence de mobilisation collective face au risque et de façon corrélée l'individualisme des acteurs locaux (agriculteurs comme élus). Ce dilemme de l'action collective est notamment lié à l'asymétrie des coûts et bénéfices d'une action commune, sachant que personne ne souhaite payer pour traiter des problèmes qu'il ne subit pas individuellement. Or, au niveau des bassins versants, ce sont souvent les personnes situées en amont qui doivent réaliser les aménagements d'hydraulique douce nécessaires, pour éviter les risques d'inondation en aval. Si la résolution de cette impasse collective réside généralement dans la mise en œuvre d'actions contraignantes ou coercitives pour imposer aux acteurs des actions solidaires des autres, les animateurs expriment justement le manque de moyen de pression à ce niveau.

Un tel dilemme interpelle le cadre institutionnel de la coordination des activités sur le terrain. De fait, un grand nombre d'animateurs regrettent ainsi le manque d'articulation des politiques adoptées au niveau départemental avec la réalité qu'ils vivent au quotidien. L'attitude de la Chambre d'agriculture apparaît ainsi ambiguë, entre une implication forte dans la gestion préventive des ruissellements et le souci de minimiser les contraintes qu'elle induit sur les exploitations, de façon à préserver le revenu des agriculteurs.

³⁸ On pourra se reporter à la figure 5 du rapport complet (B.2.2.1) (Annexe) dans laquelle, pour plus de lisibilité, nous avons effacé les liens entre les acteurs et les types d'action pour ne conserver que leur proximité mutuelle.

C'est sans doute dans les relations avec la SAFER que l'articulation entre niveau local et départemental est la plus problématique. Soucieuse d'améliorer l'outil de production agricole, elle se montre réticente à vendre des terrains aux collectivités locales et, encore plus si cela concerne des superficies limitées, susceptibles de morceler le parcellaire agricole. Excepté les quelques situations où des conventions ont pu être négociées, dans le cadre de remboursements qui rendaient disponibles un grand nombre de terrains, tous les animateurs déplorent des relations difficiles avec la SAFER.

Face au problème de mobilisation collective que rencontrent les animateurs sur le terrain, la solution peut venir d'une capacité à imposer des contraintes. Cela explique que la réglementation ou le contrat apparaissent, chez certains d'entre eux, comme des ressources clés. Le maintien d'une confiance mutuelle avec les agriculteurs reste néanmoins un enjeu important pour les animateurs, car elle permet de renégocier le cadre pertinent de la gestion du risque qui ne peut jamais être totalement anticipé par la réglementation. Tout cadre de coordination prescrit ou négocié présente cependant l'avantage d'inciter ou de contraindre les agriculteurs à collaborer. L'articulation étroite du volet hydraulique et du volet agricole, par l'implantation d'aménagements d'hydraulique douce en amont des bassins d'orage, apporte des moyens d'action supplémentaires en inscrivant les négociations de gré à gré avec les agriculteurs dans des programmes d'action d'intérêt public. Cette coordination étroite entre les acteurs de bassin reste cependant tributaire d'une délégation claire des pouvoirs et des compétences par les élus locaux, car elle conditionne la légitimité d'action des animateurs. Le maintien de leur implication sur la durée constitue de fait une ressource appréciable pour les animateurs. L'implantation des aménagements d'hydraulique douce reste cependant tributaire d'une demande des agriculteurs et de la capacité des animateurs à apporter l'expertise technique, ainsi que les financements nécessaires à la bonne réalisation des projets. L'implantation de fascines clés en main concrétise la conjonction de ces trois exigences : d'abord, leur expérimentation sur certaines zones à risques démontre aux agriculteurs la pertinence de ces ouvrages à répondre à leurs besoins ; leur localisation et leur implantation supposent une certaine compétence technique ; enfin, la prise en charge des coûts d'installation et d'entretien constitue un levier d'incitation important. Pour évaluer les problèmes et élaborer les solutions appropriées, les animateurs font souvent appel aux ingénieurs, dont la double expertise (agricole et hydraulique) leur est particulièrement utile.³⁹

B.2 Enjeux et difficultés de l'articulation des expertises sur le terrain

Après avoir rappelé succinctement les résultats de l'enquête, recensés dans la partie précédente, il s'agit dans cette partie de donner des éléments d'interprétation des données recueillies, afin de fournir des éléments de discussion aux protagonistes du programme RDT.

B.2.1 Les aléas de la reconnaissance de l'expertise des animateurs

L'explicitation des priorités d'actions, mises en avant par les animateurs (B.1), permet de recenser la mobilisation de quatre types de connaissances :

- connaissance technique pour conseiller les agriculteurs ;
- connaissance du contexte local du bassin versant, pour négocier l'implantation d'aménagements d'hydraulique douce dans les exploitations ;
- connaissance du réseau des différents prescripteurs des pratiques agricoles ;

³⁹ Il faut cependant signaler que cet accompagnement du terrain par l'AREAS est aujourd'hui plus limité, du fait du départ d'un de ses deux ingénieurs à double compétence.

- connaissance du cadre réglementaire ou contractuel influant sur l'activité agricole.

La seconde analyse (B.2) montre des ressorts d'expertise différents entre les animateurs agricoles, selon qu'ils privilégient une logique d'accompagnement, une démarche d'intéressement ou encore une dynamique de co-conception et de réflexivité commune (au travers de l'animation de groupes d'agriculteurs pilotes). Il faut cependant distinguer dans l'expertise les connaissances mobilisées dans l'action, des compétences reconnues comme telles par le jugement d'autrui. La compétence d'un expert ne se résume pas aux connaissances nécessaires à la réalisation d'une action donnée, le succès de celle-ci exige en effet un rapport interpersonnel avec autrui qui évalue et accrédite l'effectivité de la compétence. Nous avons ainsi pointé l'avantage déterminant que constituait l'inscription de leur action dans un cadre de coordination institué (contrat rural, SAGE,..). Les animateurs reçoivent aujourd'hui des injonctions toujours plus fortes pour appréhender les différents volets (protection des biens et des personnes, gestion de la ressource en eau,..) relatifs à la gestion des risques de ruissellement érosif. Mais celles-ci ont pour effet de déstabiliser l'exercice des fonctions d'animation sur le terrain, car elles se traduisent d'abord par des exigences accrues en terme de compétences, sans qu'il soit donné les moyens de le faire ni d'en asseoir la légitimité.

La reconnaissance de la fonction d'animation agricole semble ainsi dépendre de la constitution de "scènes locales du risque", où puissent être mis en relation les différents risques et les modes de gestion, de prévention et d'action proposés par les différents acteurs des bassins versants, et dans lesquelles la fonction d'animation agricole prenne toute sa place.

B.2.2 L'apport ambigu des outils issus du programme RDT

Cette *scénarisation du risque* suppose cependant d'avoir des référents de connaissances partagés sur le risque et son traitement potentiel. Si l'occurrence répétée d'inondations a fourni des repères concrets sur la réalité du risque, celui-ci est aujourd'hui redevenu plus impalpable. Les choses se compliquent donc, puisqu'il s'agit moins pour les acteurs de regarder ce qu'ils ne savent pas traiter (le risque est identifié mais sa gestion concertée est délicate), que ce qu'ils ne peuvent pas savoir (le risque n'est plus vraiment perçu). Il ne s'agit plus seulement de confronter des savoirs experts et locaux, mais d'en élaborer de nouveaux dans le cadre d'un processus d'apprentissage collectif. C'est tout l'enjeu de la conception et de l'usage des outils, issus du programme RDT, que de favoriser la construction d'accords entre les acteurs sur l'identification des risques de ruissellement et leur gestion préventive.

Si les deux premiers outils issus des travaux de l'INRA n'étaient pas encore opérationnels,⁴⁰ au moment de notre enquête en 2006, les réflexions sur la conception d'un guide de bonnes pratiques, entreprises de longue date par l'AREAS puis la Chambre d'agriculture, se sont traduites par un outil intermédiaire : le diagnostic d'exploitation qui commençait à être diffusé sur le terrain. Celui-ci repose sur des enquêtes individuelles auprès de chaque agriculteur, pour recueillir toutes les données utiles sur les caractéristiques de son système de cultures, des matériels et des itinéraires techniques employés et sur la gestion des eaux de pluie. Son objectif vise à agréger ces données pour permettre l'établissement d'un diagnostic sur les risques de ruissellement par exploitation. En listant tous les points sensibles, le diagnostic attire ainsi l'attention sur des aspects qui n'auraient pas émergé dans la discussion sans sa présence. Il agit donc comme un révélateur d'informations, mais aussi comme un médiateur

⁴⁰ Après avoir été porté sur des supports informatiques (logiciels et matériels) mieux adaptés à un usage par des non spécialistes, l'outil STREAM est en grande partie opérationnel. Toutefois, son appropriation potentielle par les animateurs reste assez opaque pour ses promoteurs (INRA et Chambre d'agriculture) dans la mesure où elle exige un important travail de saisie des données, des compétences locales sur les Systèmes d'Information Géographiques et tout simplement la possession des logiciels appropriés. Nous reviendrons sur ces différents points un peu plus loin.

technique de l'échange entre agriculteurs et animateurs, en leur demandant de répondre *ensemble* aux questions qu'il leur adresse sur la gestion des risques de ruissellement dans les exploitations.

Une première difficulté de l'usage du diagnostic d'exploitation réside dans l'inachèvement de l'outil qui peine à proposer une hiérarchisation claire des risques et surtout l'explicitation des liens entre pratiques agricoles et risques de ruissellement,⁴¹ ce qui conduit l'animateur à se sentir démuni quant à l'interprétation des données recueillies dans le diagnostic.

Un autre problème réside dans l'adoption de cet outil comme dispositif d'évaluation des pratiques de gestion préventive des risques sur le territoire. De fait, le diagnostic d'exploitation dont nous venons de parler, sert d'un côté de support d'investigation des risques de ruissellement et d'outil d'aide à la décision, au niveau des exploitations, et d'un autre côté de dispositif d'évaluation mobilisé par l'Agence de l'eau, dans le cadre de sa politique d'aide à l'implantation d'aménagements d'hydraulique. Or, la formalisation inachevée d'un tel outil ne permet pas l'explicitation de règles d'action claires, en matière de gestion préventive des risques. Le risque que fait peser un usage réglementaire du diagnostic réside en outre dans l'altération de la relation des animateurs avec leurs agriculteurs. En véhiculant des attentes aussi contradictoires que d'être à la fois un support de contrôle et un dispositif de surveillance, l'usage du diagnostic s'apparente plus à la mise en œuvre d'un dispositif de défiance qu'à la construction d'une confiance mutuelle entre animateurs et agriculteurs, indispensable à la gestion concertée des risques de ruissellement.

Conclusions

S'il veut pouvoir mobiliser les acteurs du territoire autour des connaissances et outils qu'il élabore, le dispositif "agri-environnemental" de gestion des ruissellements érosifs doit s'inscrire dans un processus d'apprentissage collectif impliquant l'ensemble des parties prenantes. Agriculteurs et animateurs agricoles de bassin versant semblent devoir jouer un rôle clé. Etudier les conditions de la mobilisation des agriculteurs et du *devenir expert* des animateurs revient alors à envisager le passage d'une position de récepteurs passifs des connaissances et des outils issus du programme RDT, à celle d'usagers actifs susceptibles de se les approprier, en les alimentant de leur connaissance de la réalité du terrain.

Les agriculteurs sont actuellement dans leur majorité en fort déni de leur responsabilité dans les phénomènes de ruissellement et d'érosion. Il est probable que les projets actuels de réglementation renforcent cette position de retrait. D'autres obstacles à la coordination d'action sont constitués, d'abord, par leur difficulté à percevoir les effets de leurs actions, sur une échelle plus large que le périmètre de leur exploitation, ensuite, par leur réticence à discuter d'assolement concerté avec leurs voisins, en l'absence d'un support de médiation et d'échange permettant de décrire les pratiques ou les états de parcelle de chacun. Il existe cependant de nombreuses relations techniques entre les agriculteurs d'un même bassin versant. Elles pourraient être utiles pour impulser une mobilisation collective face aux risques. Il est également nécessaire de trouver une cohérence dans l'attribution des aides aux agriculteurs, de façon à mieux les responsabiliser quant aux effets de leurs pratiques sur le ruissellement et l'érosion.

⁴¹ Ceux-ci sont en fait particulièrement difficiles à établir et surtout à formaliser, toutes conditions étant égales par ailleurs. L'occurrence du risque tient à une multiplicité de facteurs (climat, sol, pratiques agricoles, géographie, présence de captage ou de zone urbaine,...), de sorte que le risque est toujours relatif à un contexte spatial et temporel particulier.

En ce qui concerne les animateurs agricoles, l'analyse a permis d'identifier des enjeux d'expertise à la fois différents et semblables. D'une part, la nature des connaissances privilégiées diffère selon les fins (conduite de cultures ou hydraulique douce) ou les moyens (négociation individuelle ou recherche de moyens de pression sur le bassin versant) que les animateurs se donnent. D'autre part, les quatre registres d'expertise identifiés (technique agricole, contextes locaux, réseau d'alliés, cadre réglementaire) sont des enjeux pour tous, car ils conditionnent l'exercice de leur fonction d'animation agricole. Leur légitimité sur le terrain semble ainsi dépendre de la possession des quatre types d'expertise identifiés, pour conseiller et convaincre les agriculteurs ou pour appuyer leur démarche auprès d'eux par des leviers d'action réglementaires ou relationnels. Or, ils ne paraissent pas tous bien armés pour cela, d'autant que leur réseau professionnel est apparu peu actif, du fait de la grande disparité des contextes d'exercice de leur fonction et de leurs profils d'expérience.

Nous avons cependant souligné la faible mobilisation des agriculteurs et le manque de reconnaissance des animateurs agricoles. Ces deux difficultés pourraient être surmontées par la constitution de "scènes locales des risques" qui soient des instances où l'ensemble des acteurs concernés (décideurs et experts régionaux, élus, syndicats de bassin versant et agriculteurs) se coordonnent autour de l'évaluation et de la prévention des risques de ruissellement. La mobilisation ne nous semble pouvoir être effective que si les uns et les autres se sentent pris dans un même dispositif qui les contraint à se mobiliser face à une urgence. L'absence d'inondation catastrophique depuis quelques années a fait perdre beaucoup de vigueur à la dynamique d'action collective, initiée à la fin des années 90. Il faut retrouver les moyens de sensibiliser les uns et les autres à la permanence de cette urgence. Des initiatives vont aujourd'hui dans ce sens, comme celle du Conseil général qui cherche à initier une meilleure articulation entre le volet protection des biens et des personnes et le volet gestion de la ressource en eau, celle de l'Agence de l'eau et celle de l'AREAS qui soutiennent une expérimentation d'envergure menée dans le bassin versant de l'Yères, sur les différentes thématiques du risque de ruissellement.

Se pose également la question d'un pilotage de cette coordination à différents niveaux, qui transcende les intérêts individuels de chacun au bénéfice du collectif. Un tel pilotage était assuré en 2000 par un préfet autoritaire et charismatique qui avait su impliquer tout le monde. Aujourd'hui, chaque acteur se recentre sur ses priorités : l'Agence de l'eau s'est ainsi vue rappelée à l'ordre par sa tutelle, car elle finançait un volet "protection des biens et des personnes" qui n'intégrait que fort peu les missions de gestion de la ressource en eau, qui sont constitutives de son existence. Elle cherche ainsi à reprendre la main sur les missions des syndicats de bassin versant qui se sentent comme pris dans des injonctions contradictoires entre la mission de protéger les biens et les personnes, d'un côté, et celle de gérer la ressource en eau, de l'autre, car ces derniers ne se sentent ni la compétence ni la légitimité de le faire (la gestion de la ressource relevant plutôt des syndicats d'eau potable).

Même si la bonne volonté des uns et des autres apparaît indéniable, ils semblent cependant marcher en ordre dispersé. La scène du risque reste donc ouverte, non pas dans le sens d'un partage social du risque, mais comme coincée entre l'attente de la catastrophe et celle de la bonne procédure combinant avis, incitations et pouvoir de coercition pour une gestion concertée des risques.

En ce qui concerne les outils issus du programme RDT, leur apport peut justement aider à la construction de repères cognitifs partagés sur les risques de ruissellement, comme :

- Révélateur de la réalité du risque, en permettant aux agriculteurs de visualiser concrètement, par différentes simulations, les effets de leurs cultures et de leurs

itinéraires techniques sur le risque de ruissellement, en tenant compte de leur localisation dans le bassin versant.

- Support de dialogue et de négociation entre les parties prenantes de la gestion locale du risque dans les bassins versants, pour partager une même représentation du risque et des moyens à mettre en œuvre pour le prévenir.

Nous avons souligné le risque d'un usage ambivalent de ces outils, sous la forme d'une aide à la concertation et d'une aide au contrôle des actions menées. Cette ambiguïté est liée à l'existence d'attentes différentes face à un même dispositif de connaissance, mais aussi à un certain cloisonnement entre expertise et décision. Cela en appelle là encore à une réflexion collective sur les connaissances et les grilles d'évaluation, apportées par les outils RDT, sous la forme d'une articulation plus forte des niveaux locaux et régionaux.⁴²

Point sur la coordination du programme

La question de la coordination était centrale dans notre projet dans la mesure où on combinait 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 géographiques a été assurée au travers d'une responsabilité assumée en binôme par des chercheurs de chacune des deux zones. Chaque année, 2 à 4 réunions (tant à Paris qu'à Strasbourg) ont ainsi été organisées afin d'assurer cette coordination. Le volet 3 n'impliquait 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) à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg (laboratoires co-encadrants : BETA et IMFS). Les travaux de ce groupe financés par le programme RDT correspondaient au volet 2.b et à la thèse de Romain Armand dans le volet 1.a. Mais GERIHCO intégrait 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 3 réunions du groupe GERIHCO. Cette coordination s'est traduite par des présentations coordonnées à l'occasion de deux colloques de l'action COST 634, celui de Bratislava en octobre 2004 et celui organisé à Rouen en juin 2005.

⁴² A ce titre, l'usage de l'outil STREAM pose explicitement la question d'une capitalisation des compétences au niveau régional. L'investissement cognitif à réaliser apparaît important mais, plus encore, l'effort de saisie des données dans le système d'information géographique semble fastidieux, et apparemment hors de portée des structures d'animation des bassins versants. Une cellule d'animation et d'expertise pourrait être constituée à la Chambre d'agriculture, à charge pour elle de rétribuer ses services aux syndicats de bassins versants.

Coordination interdisciplinaire

Cette coordination a été assurée pour partie lors des réunions GERIHCO évoquées ci-dessus qui, de fait, étaient pluridisciplinaires. Elle a aussi été assurée par les contacts que le coordinateur du projet (P. Martin), lui-même co-responsable du volet 1, entretenait 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 a été assurée 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 étaient 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 était facilitée du fait que les principaux acteurs locaux étaient eux-mêmes partenaires financiers du programme (Chambre d'agriculture de Seine-Maritime, SOMEA, AREAS, ARAA).

Les collaborations avec les institutionnels ont aussi été 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 la première année (avril 2004 et mars 2005). Une dernière réunion en novembre 2005 a permis de valider l'essentiel des résultats, d'orienter les compléments de recherche à mener et de jeter les bases d'un colloque de restitution des résultats qui s'est tenu les 1^{er} et 2 février 2007 à Rouen. Rappelons aussi que l'Agence de l'eau Seine-Normandie a co-financé le programme RDT de la même manière que l'Agence de l'eau Rhin-Meuse co-finançait le programme GERIHCO.

Rappel des principaux résultats et conclusion générale sur le programme Diget-Cob

Le programme Diget-Cob ambitionnait d'apporter des connaissances, outils et méthodes utiles à la lutte contre le ruissellement érosif en s'appuyant sur 3 approches complémentaires : technique (essentiellement agronomique), économique et sociologique. Au-delà des communautés scientifiques auxquelles se rattachaient les différentes équipes de recherche, le public cible du travail mené était constitué des animateurs agricoles travaillant notamment dans des structures intercommunales (animateurs agricoles de syndicats de bassin versant).

A l'issue du programme voici les principaux résultats qui ressortent de chacun des volets :

- volet technique : les résultats des expérimentations menées dans les 3 régions d'étude, complétés par les résultats de l'enquête menée au niveau européen, ont permis de définir pour les systèmes de cultures locaux les principales voies d'amélioration des pratiques culturales. Ces résultats ont fait l'objet d'une diffusion auprès des structures de conseil locales ainsi que d'une mise en ligne sur Internet ; ils ont aussi été valorisés via la mise au point d'un outil d'évaluation des pratiques culturales (DIAR pour Diagnostic Agronomique de Ruissellement) porté par l'UMR SAD APT en lien avec l'ARAA et l'AREAS. Parallèlement les structures de développement (Chambre d'agriculture 76 et AREAS) ont développé un outil de collecte d'information (« diagnostic d'exploitation ») sur des sujets plus larges que les seules pratiques culturales (ex. : intégration des éléments paysagers de l'exploitation). La richesse

des informations collectées dans le cadre de ce diagnostic en rend l'interprétation parfois difficile pour des non experts. L'outil DIAR offre un traitement possible de l'ensemble des données relatives aux pratiques culturales. Le travail mené sur les marges de manœuvre dont disposent les agriculteurs pour modifier leurs pratiques a conduit à une maquette d'outil de diagnostic des jours disponibles (DAISI). Cet outil informatique permet de discuter de l'introduction de pratiques culturales supplémentaires assurant une réduction du ruissellement mais pouvant entrer en compétition avec les pratiques nécessaires à la création du revenu agricole. Le travail sur les marges de manœuvre a aussi abouti à la formulation d'un indicateur permettant de distinguer rapidement les agriculteurs qui peuvent modifier l'organisation spatiale de leurs cultures de ceux pour lesquels l'opération sera beaucoup plus difficile. Enfin, le travail mené de concert entre l'UMR SAD APT et la Chambre d'agriculture de Seine-Maritime a montré que le modèle STREAM pouvait sortir du cadre de la recherche pour aider au raisonnement de l'optimisation de la localisation de zones en herbe. Ce résultat est à associer à l'outil proposé par l'AREAS pour calibrer la largeur des bandes enherbées en fonction de paramètres hydrologiques propres au bassin versant.

- volet économique : le travail mené au niveau local par l'ESITPA a permis de caler un mode d'évaluation des coûts d'indemnisation de changements techniques effectués par les agriculteurs. Il a notamment permis de montrer la grande variabilité de ces coûts en fonction des modalités pratiques de mise en œuvre des techniques préconisées. L'outil Olympe qui a été utilisé semble répondre au cahier des charges établi pour ce type d'évaluation économique. Il demanderait toutefois à être reformaté dans le sens d'une simplification pour un usage dédié à ce type d'opération. La réflexion *ex ante* lancée par les chercheurs du BETA de Strasbourg a abouti à un dispositif original couplant une taxe ambiante et des dispositifs d'assurance privée. Des expérimentations menées sur ordinateurs (économie expérimentale) avec des agriculteurs ont montré que la taxe ambiante avait une réelle efficacité mais que sa mise en place pouvait poser de sérieux problèmes d'acceptation pour les populations concernées.

- volet sociologique : l'approche au niveau des agriculteurs a mis en évidence l'existence de réseaux de discussion technique et l'existence d'agriculteurs jouant un rôle important dans la diffusion de l'information du fait de la reconnaissance dont ils jouissent auprès de leurs collègues. L'appropriation des techniques d'identification de tels réseaux pourrait aider les animateurs agricoles dans la diffusion de leur message technique. Cette approche a aussi permis de montrer que, si les mécanismes élémentaires des phénomènes de ruissellement et d'érosion sont bien connus par les agriculteurs, leur agrégation au niveau du bassin versant reste mal perçue. Par ailleurs, les agriculteurs ont parfois du mal à dissocier l'état des parcelles voisines de l'identité de leur exploitant. Il en résulte un besoin de création d'objets intermédiaires qui puissent être un support de négociation lors d'une discussion entre agriculteurs pour coordonner l'emplacement de cultures ou de techniques. Ce support de discussion doit à la fois être un bon indicateur du potentiel d'infiltration et être facilement utilisable par les agriculteurs. Ceci valide l'intérêt de modèles comme STREAM et DIAR rendant compte des effets spatiaux et temporels des pratiques agricoles. L'approche au niveau des animateurs agricoles a permis de mettre en évidence que la légitimité des animateurs, sur le terrain, semble dépendre de la possession de quatre registres d'expertise identifiés (technique agricole, contextes locaux, réseau d'alliés, cadre réglementaire). L'étude a montré que les animateurs ne paraissent pas tous bien armés pour cela, d'autant que leur réseau professionnel est apparu peu actif. Actuellement il manque de "scènes locales des risques" qui soient des instances où l'ensemble des acteurs concernés (décideurs et experts régionaux, élus, syndicats de bassin versant et agriculteurs) se coordonnent autour de l'évaluation et de la prévention des risques de ruissellement, et ce d'autant plus que l'absence d'inondation

catastrophique depuis quelques années a fait perdre beaucoup de vigueur à la dynamique d'action collective, initiée à la fin des années 90. Des initiatives vont aujourd'hui dans ce sens, comme celle du Conseil général de Seine-Maritime qui cherche à initier une meilleure articulation entre le volet protection des biens et des personnes et le volet gestion de la ressource en eau. La coordination d'une démarche d'ensemble reste toutefois posée.

Au-delà des résultats obtenus sur chacun des volets, une question reste posée, c'est celle de l'intégration effective des différents 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 expliqueraient majoritairement qu'un agriculteur soit plus réticent à changer de pratique qu'un autre. Cette nécessaire hiérarchisation des facteurs nous semble être un point important à creuser à l'avenir.

Un point encore plus problématique est que tous les raisonnements conduits sur le territoire agricole dans le programme Diget-Cob l'ont été indépendamment des puissants moteurs d'évolution de l'occupation des sols agricoles qui conditionne fortement le niveau global de ruissellement. Parmi ces facteurs il y a notamment l'évolution des filières agricoles locales⁴³, celle de la réglementation environnementale⁴⁴ ainsi que celle de la politique agricole commune et du développement souhaité des cultures énergétiques⁴⁵. C'est à ce titre qu'un nouveau projet de recherche a été soumis au programme RDT afin d'explicitement prendre en compte ces déterminants et construire des stratégies d'adaptation à des évolutions jugées par trop négatives pour la maîtrise des ruissellements érosifs. Ce projet intitulé AcTerre (Anticiper et accompagner des évolutions de TERRitoires agricoles sensibles aux coulées boueuses) s'appuie sur la méthode prospective développée par Sebillotte et Sebillotte (2002) qui mobilisera les experts et décideurs locaux pour définir des futurs possibles pour l'évolution des assolements du Pays de Caux. Ce programme remobilisera par ailleurs les outils déjà mobilisés pour Diget-Cob (modèle STREAM) ou initiés par Diget-Cob (DIAR, DAISY), le tout en lien avec les conseillers de terrain qui restent une cible privilégiée de nos travaux.

Sebillotte M., Sebillotte C. «Recherche finalisée, organisations et prospective : la méthode prospective SYSPAHHM (SYStème, Processus, Agrégats d'Hypothèses, Micro- et Macros scénarios)». [OCL](#), vol.9, n°5, 2002, pp.329-345

⁴³ Les surfaces en lin se sont notamment fortement accrues sur la durée du projet du fait de la forte demande de l'industrie textile Chinoise. Le développement de ces surfaces n'est pas sans conséquences sur l'évolution des risques de ruissellement. Parallèlement l'avenir de la filière sucre française n'est pas du tout assuré. Sachant qu'il ne reste plus qu'une sucrerie en Seine-Maritime, la culture de la betterave à sucre pourrait très bien disparaître du Pays de Caux d'ici quelques années.

⁴⁴ Lors de son passage en Seine-Maritime en 2005, la ministre de l'environnement et du développement durable a accepté le principe de mise en place de contraintes pour les pratiques agricoles dans le cadre des PPRI (Plans de Prévention des Risques Inondation). Ces contraintes pourraient notamment s'appuyer sur l'article 21 de la loi sur l'eau de décembre 2006. Dans le même temps la révision du SDAGE par rapport à la directive cadre eau va vraisemblablement conduire à l'obligation d'implantation de cultures intermédiaires sur l'ensemble des zones vulnérables aux nitrates (= ensemble de la Seine-Maritime) rendant inéligible les subventions pour cette pratique par l'Agence de l'eau.

⁴⁵ Pour ne citer que deux exemples, la France a affiché un objectif de 10% d'incorporation d'agrocarburants en 2015, ce qui risque de se traduire par une augmentation des surfaces en colza ; parallèlement l'avenir de la filière laitière avec la suppression programmée des quotas laitiers laisse planer des inquiétudes sur l'évolution des surfaces en herbe.

Valorisation, participations à des colloques, enseignement et formation, communication, expertises...

PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES

Publications scientifiques parues

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, n°43, p. 33-42.

Publications scientifiques prévues

Auzet A.-V., Spaeter S., 2007. Muddy flow risk management : the technical and economic scale constraints .

Barbier R., Cochard F., Rozan. A., 2007. Taxe ambiante : un outil adapté à la lutte contre les coulées de boue ? Une étude expérimentale. En préparation pour les *Cahiers d'Economie et de Sociologie Rurale*.

Martin P., Ouvry J.-F., Bockstaller C. Assessing runoff in arable fields by means of an indicator : development and evaluation of the calculation method. Devrait être soumis à Land Degradation and Development Journal en juillet 2007.

Spaeter S., Cochard F., Rozan A., 2007. "Some economic insights about (ex ante) prevention and (ex post) compensation related to muddy flood risks", soumis à Environmental, Science & Policy.

COLLOQUES

Participations passées à des colloques

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)

Organisation d'un colloque de restitution des travaux aux acteurs de terrain les 1 et 2 février 2007 à Rouen

(Actes disponible en ligne à l'adresse :)

http://www.rdtrisques.org/projets/digetcob/bib/colloque_rouen_2007/

Barbier R., Cochard F., Rozan. A., 2007. Taxe ambiante : un outil adapté à la lutte contre les coulées de boue ? Une étude expérimentale. Association Française de Sciences Economiques : Lyon, France (Mai 2007). 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.

Cochard F., Rozan A., Spaeter S., 2005. Some Economic Insights in the Muddy Flood Risk Management. COST 634 Scientific meeting "'Soil conservation management, perception, and

policy": Rouen, France (June 2005) 4-7 juin 2005. Présentation orale.

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 and 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.

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., 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.

Martin P., Ouvry J.-F., 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.

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.

Bourgain O., Michaud M., Merle F., 2007. Analyse des coûts de mise en œuvre de techniques limitant le ruissellement. Colloque RDT Diget-Cob Réduire le ruissellement sur le territoire agricole : quels outils pour quelles perspectives ? Bois-Guillaume, France, 1^{er} et 2 février 2007. Présentation orale et atelier thématique (Olympe : un outil d'analyse économique au service de l'environnement).

Bourgain O., Michaud M., 2006. Assessment of the economic impact on farms of the agricultural practices allowing the limitation of erosive run-off on the Neubourg Plateau (France). Strasbourg, France, 7 et 8 avril 2006. Présentation orale et communication écrite.

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.

Spaeter S., Cochard F., Rozan A., 2005. "Some economic insights about (ex ante) prevention and (ex post) compensation related to muddy flood risks". Workshop on "The socio-economic aspects of soil erosion", Strasbourg, 6-7 avril 2005.

Spaeter S., 2007. Gérer l'avant et l'après coulée de boue : *Quels outils pour quelles incitations ?*, Colloque Réduire le ruissellement sur le territoire agricole : quels outils pour quelles perspectives ? Cité de l'agriculture, Bois-Guillaume (76), 1^{er} et 2 février 2007.

Spaeter S., Auzet A.-V., 2007. Muddy flow risk management : the technical and economic scale constraints. Workshop "The role of socio-economics in soil erosion", Muenchebeg, 29-30 mars 2007.

S. Spaeter, 2005. Organisation du workshop « The Socio-economic Aspects of Soil Erosion », Strasbourg, 7-8 avril 2006, avec J. Schuler (ZALF, Muencheberg).

S. Spaeter, 2007. Co-organisatrice (avec J. Schuler, ZALF Muencheberg) du workshop "The role of socio-economics in soil erosion", Muenchebeg, 29-30 Mars 2007.

Thèses en cours

Romain Armand (démarrage en 2005 ?)

Céline Ronfort « Nouvelle organisation des systèmes de culture et risques en matière d'érosion suite aux recompositions des marchés de la betterave à sucre et du colza diester » (démarrage en novembre 2006)

ARTICLES DE VALORISATION-VULGARISATION

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 orale 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 realisE (Réseau des laboratoires alsaciens en ingénierie et sciences pour l'environnement), Strasbourg, 17 juin 2005.

AUTRES

Rapports d'étudiants

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

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 les 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. 60 pp + annexes (encadré par C. Bockstaller).

ANNEXES

Rapport Scientifique Complet (volet 3 partie b.)

Programme RISQUE – DECISION – TERRITOIRE

Ministère de L'Ecologie et du Développement Durable

(Appel d'offres septembre 2003)

**Confrontation entre savoirs experts et savoir-faire locaux,
à l'échelle d'un petit bassin versant**

François Hochereau,
Chargé de Recherches, INRA SADAPT

TABLE DES MATIERES

A. PROBLEMATIQUE – HYPOTHESES – METHODES	3
1. La problématique du risque d'inondation en Seine Maritime	3
1.1 <i>Le caractère systémique et complexe des ruissellements boueux</i>	3
1.2 <i>La construction d'une expertise collective sur le risque de ruissellement</i>	4
1.3 <i>L'élaboration délicate d'un dispositif de mesure approprié</i>	6
1.4 <i>Explicitation de la Problématique</i>	9
2. L'enjeu d'apprentissages croisés sur les ruissellements érosifs	10
2.1 <i>Le risque : un problème de connaissance, d'évaluation et de décision collective</i>	10
2.2 <i>La constitution d'un dispositif fédérateur d'expertises à différents niveaux</i>	12
2.3 <i>Une médiation de la gestion du risque par des animateurs professionnels</i>	14
2.4 <i>Explicitation des hypothèses</i>	15
3. L'analyse de la fonction d'animateur agricole de bassin versant	16
3.1 <i>Une fonction charnière de l'application concrète des savoirs scientifiques</i>	16
3.2 <i>Un contexte d'exercice extrêmement diversifié avec des enjeux spécifiques</i>	18
3.3 <i>La construction locale des ressources de l'expertise des animateurs agricoles</i>	20
3.4 <i>Explicitation de la méthode d'enquête</i>	22
B. RESULTATS – CONCLUSIONS	25
1. L'explicitation de l'action des animateurs agricoles sur le territoire	25
1.1 <i>L'analyse des registres lexicaux de la gestion préventive des ruissellements</i>	25
1.1.1. <i>Classe 1 : la référence au cadre institutionnel de l'activité des animateurs</i>	26
1.1.2. <i>Classe 2 : la référence à l'expertise agricole nécessaire pour conseiller les agriculteurs</i>	27
1.1.3. <i>Classe 3 : l'accent sur la négociation locale des aménagements d'hydraulique douce</i>	28
1.1.4. <i>Classe 4 : la valorisation du réseau de relations et de conseils mobilisé</i>	30
1.2 <i>L'identification de différences dans les priorités exprimées par les animateurs</i>	32
2. L'explicitation des ressorts de l'expertise des animateurs	34
2.1 <i>La recension des "prises" liées à la gestion préventive des ruissellements</i>	34
2.1 <i>Le volet Evolution des Conduites de Culture</i>	37
2.1.1. <i>Les différentes modalités d'action recensées sur le territoire</i>	37
2.1.2. <i>Les contraintes rencontrées par les animateurs</i>	41
2.1.3. <i>Les ressources rencontrées par les animateurs</i>	44
2.2. <i>Le volet Implantation des Aménagements d'Hydraulique Douce</i>	47
2.2.1. <i>Les différentes modalités d'action recensées sur le territoire</i>	47
2.2.2. <i>Les contraintes rencontrées par les animateurs</i>	51
2.2.3. <i>Les ressources rencontrées par les animateurs</i>	59
3. Enjeux et difficultés de l'articulation des expertises sur le terrain	59
3.1. <i>Les aléas de la reconnaissance de l'expertise des animateurs</i>	59
3.2. <i>L'apport ambiguë des outils issus du programme RDT</i>	61
3.2.1. <i>L'enjeu d'être des médiateurs de la concertation sur les risques</i>	61
3.2.2. <i>Le rôle à la fois médiateur et inachevé du diagnostic d'exploitation</i>	62
3.2.3. <i>Une dialectique entre cadrage et support des échanges</i>	64
4. Conclusions	66
BIBLIOGRAPHIE	68

A. Problématique – Hypothèses – Méthodes

1. La problématique du risque d'inondation en Seine Maritime

1.1 Le caractère systémique et complexe des ruissellements boueux

Le ruissellement érosif en pays de Caux se caractérise par une multiplicité de causes :

- La modification de l'occupation agricole des sols avec le déclin d'un système de polyculture-élevage au profit d'une concentration de l'élevage et d'une valorisation de la grande culture, impulsée en cela par les réformes de la PAC¹. En 30 ans, 1/3 des prairies à bon coefficient d'infiltration de l'eau de pluie ont été remplacées par des labours s'accompagnant d'une relative imperméabilisation des sols (Merle et al, 2001).
- L'urbanisation des campagnes provoque un accroissement de la densité de population et du réseau routier. Les lotissements plus nombreux et les routes plus larges sont de fait des accélérateurs du ruissellement, d'autant que leurs abords ne sont pas conçus pour absorber les flux d'eau occasionnés.
- La conjonction entre des conditions climatiques évolutives, d'un sol limoneux soumis à la battance (c'est-à-dire à une imperméabilisation rapide), et de marnières induisant des effondrements du sous-sol) qui suscite une fragilité du territoire face aux risques de ruissellement érosif.

La conjonction entre conditions naturelles (elles aussi évolutives), intensification agricole et densification urbaine provoque ainsi une grande vulnérabilité collective face aux risques de ruissellements (la Seine-maritime est le département le plus sinistré en la matière) (Cartier, 2002). Le ruissellement érosif est un problème collectif qui provoque des ravines dans la plupart des champs (impact sur les agriculteurs), des inondations boueuses catastrophiques voire mortelles (impact direct sur les habitants des communes situées en aval des bassins versants), des pollutions par infiltration des ruissellements boueux dans la nappe phréatique qui privent d'eau des dizaines de milliers d'habitants (impact sur l'ensemble de la population). Le problème n'est pas seulement technique avec la nécessité de faire évoluer les pratiques agricoles et les plans d'urbanisation ; il est aussi social de par les interactions étroites entre exploitants et habitants du territoire (Mathieu et Jolivet, 1989) ; il est encore politique car l'appréhension du risque renvoie à la possibilité de le gérer et à la capacité de s'organiser en conséquence (Duclos, 1991).

¹ L'imposition de quotas laitiers et le maintien de primes céréalières avantageuses favorisent de fait les grandes cultures au détriment de l'élevage, la PAC introduit les règles de jachère que les agriculteurs contournent en cherchant à agrandir leur exploitation

De fait, la question du risque appelle celle de sa gestion collective et concertée, sous la forme d'une répartition des pouvoirs et d'une distribution des compétences, à même de fournir les bases d'une action collective appropriée. Toutefois, chacun des acteurs impliqués est porteur d'une vision sur la façon de résoudre le problème. L'évaluation de la capacité du collectif concerné à construire un système de gestion socialement cohérent face aux risques naturels passe par l'analyse des différents pouvoirs en jeu parmi les acteurs appelés à intervenir : pouvoir d'action et compétence, pouvoir de décision et responsabilité, pouvoir normatif et légitimité (Thoenig et Setbon, 1995).

Au travers la question de la gestion collective du risque émerge ainsi celle de l'expertise appropriée pour l'évaluer, de la responsabilisation des parties prenantes et de la légitimité des mesures à adopter. Or, ce que le risque naturel fait apparaître, c'est l'anomie potentielle, c'est-à-dire l'absence de référence potentielle face au risque (Lagadec, 1981). L'expertise et les connaissances nécessaires pour l'identifier et l'évaluer sont donc à construire. De même, la difficulté de responsabiliser les acteurs réside dans le fait qu'aucun d'entre eux n'a intérêt à prendre en charge le risque à sa charge (De Vanssay, 1991), surtout que la preuve de sa responsabilité est difficile à démontrer². Pour être légitimes, les principes qui président à l'établissement d'une gestion concertée du ruissellement doivent faire apparaître une réciprocité dans la solidarité, en justifiant la répartition des charges. L'analyse effectuée par Stéphane Cartier (2002) a montré combien les acteurs locaux en reportent la responsabilité sur les autres, considérant que la gestion du risque en revient aux institutions publiques pourvoyeuses de connaissances et détentrices d'une autorité politique. On voit ici comment la question de l'expertise, de la responsabilité et de la légitimité sont liées les unes aux autres autour de la gestion concertée du risque de ruissellement érosif en Seine Maritime.

1.2 La construction d'une expertise collective sur le risque de ruissellement

L'histoire de l'investissement scientifique des chercheurs sur le ruissellement érosif est fortement liée à la construction d'expertises locales qui, d'une part, leur servent de relais sur le terrain et, d'autre part, participent à la redéfinition de la nature des problèmes et des solutions à y apporter.

Sollicitée au début des années 80, suite à des inondations catastrophiques en Pays de Caux, la recherche agronomique s'est d'abord orientée sur la compréhension scientifique du phénomène de ruissellement érosif. De la fin des années 70 au début des années 2000, des

² Le ruissellement boueux est en l'occurrence un risque diffus dont les conséquences néfastes résultent d'une combinaison d'activités qui, en elles-mêmes, ne représentent qu'un danger limité. Les producteurs de pomme de terre ne sont pas plus responsables que les éleveurs qui labourent intensivement leurs prairies pour faire du maïs. L'agriculture n'est pas plus responsable que la construction de route ou de lotissements qui accélère le ruissellement.

collaborations se sont tissées entre agronomes ((Boiffin et al., 1988) ; (Martin et al., 1998)), géographes (Auzet et al., 1995) et pédologues (Le Bissonnais et al., 2005), pour tenter de mieux caractériser, à l'échelle des bassins versants, les mécanismes biophysiques qui conditionnent les ruissellements, ainsi que les déterminants agronomiques de ces mécanismes. Les connaissances produites démontrent que des modifications de position des cultures (assolement) et/ou d'état de surface des parcelles (lié aux techniques culturales) se traduisent par des variations de propriétés d'infiltration et de résistance des sols aux ruissellements (Souchère et al., 2001). La prise de conscience du caractère systémique et complexe du ruissellement induit l'idée que la production scientifique se positionne en lien avec les acteurs du territoire, avec une organisation des relations entre producteurs et consommateurs de ces connaissances scientifiques. Les chercheurs impliqués vont ainsi s'associer très tôt avec ces derniers, en témoignant de la vocation appliquée de leur intervention.

Un agronome de l'INRA nous explique : *"On a démarré sur des sollicitations et des subventions au niveau des ministères et on avait sur place une bonne écoute : dans les années 83/85, il y a eu des années très humides et assez catastrophiques et la région s'est mobilisée et a créé l'AREAS. On a commencé par faire des observations pour analyser comment se faisaient les phénomènes et lui, il a fait des expérimentations. C'est bien qu'il l'ait fait. L'INRA ne peut pas toujours prendre en charge les dispositifs d'expérimentation permanents qui demandent à être fait sur place. C'est donc l'AREAS qui a commencé à faire des expérimentations et des mesures en grandes parcelles."*

L'AREAS, (Association Régionale pour l'Etude et l'amélioration des Sols) basée en Seine-Maritime est certainement la structure d'expertise régionale la plus ancienne et la plus reconnue. Experts locaux et chercheurs conçoivent leurs rôles en complémentarité, chacun apportant à l'autre une légitimité institutionnelle (Cartier, 2002) : les premiers sont ainsi les garants de l'appréciation de la pertinence des avancées scientifiques pour répondre aux besoins concrets exprimés par les acteurs locaux ; mais, réciproquement, leur légitimité est liée à la reconnaissance par les seconds des savoirs pratiques acquis par l'expérience du terrain. Si la présence des chercheurs en Pays de Caux a favorisé l'émergence de différents niveaux d'expertises départementales (Chambre d'agriculture) et locales (bassins versants) pour articuler les avancées scientifiques avec les attentes du terrain, cette construction de l'expertise (et des connaissances qui vont avec) reste subordonnée à l'irruption de catastrophes climatiques provoquant une mobilisation collective face au risque d'inondation.

Un autre agronome de l'INRA nous raconte : *"A la suite des thèses réalisées, on s'est posé la question de la poursuite des travaux de recherche, car il n'y avait pas de demandes. Et puis,*

suite aux inondations de 94-95, un pôle de compétences³ s'est mis en place avec pour objectif de rassembler toutes les personnes, tous les organismes qui ont des choses à faire ou à dire sur les questions d'érosion, depuis la recherche, depuis le développement, les politiques locales, territoriales, les services de l'état et tout et tout. Voilà on rassemble un peu tout ce monde là ; il y a des choses qui se font et surtout des contacts qui se nouent. Sachant que derrière ça, les services de l'Etat avaient un peu l'idée d'impulser un renforcement des coordinations sur le terrain, cela a débouché sur la création des syndicats de bassins versants."

Il s'en suit un renforcement des expertises locales avec le recrutement, au sein des chambres d'agriculture, d'ingénieurs chargés de la question des ruissellements sur les parcelles agricoles, puis (à la suite d'un nouvel épisode de catastrophes naturelles) des postes d'animateurs sont créés au sein des syndicats de bassins versants nouvellement constitués. Tous s'entendent pour considérer le ruissellement comme un problème, mais les relations de cause à effet restent mal connues, comme le remarque un chercheur INRA : *"Moi ce que je mesurais, c'était le ruissellement globalisé, mais je ne pouvais pas mettre en relation une production de pluie avec une production de ruissellement, qui est pourtant une information vitale pour comprendre comment ça fonctionne réellement."*

1.3 L'élaboration délicate d'un dispositif de mesure approprié

L'évaluation de l'impact des pratiques agricoles sur la production des ruissellements questionne en fait l'existence de références de mesure fiables en amont et en aval des parcelles. Une collaboration entre l'INRA, l'AREAS et les Chambres d'agriculture de l'Eure et de Seine Maritime se noue donc pour construire le réseau d'expérimentation et de mesure approprié. Les enjeux sociopolitiques de la mesure vont cependant peser sur la production de ce groupe de travail qui peine à consolider les données collectées dans les essais. Un participant "INRA" remarque : *"Il y avait des enjeux non négligeables à produire des références environnementales sur le sujet, d'autant que certaines filières agricoles s'étaient associées au projet. Au niveau des résultats, c'était très très soft, on évitait toute conclusion malsaine ou autre..."*

Il faut attendre une plus grande fixation du dispositif expérimental, tant dans ces conditions de déroulement (recours à un simulateur de pluie) que dans la collecte de données suffisamment précises et redondantes (par une répartition appropriée d'instruments de mesure calibrés sur

³ Il s'agit du pôle de compétence "Sol et eau", dont la constitution de 1996 à 2001 fait suite aux fortes pluies de l'hiver 1994-1995, ayant entraîné de graves inondations et privé d'eau potable plus de 100 000 habitants pendant plus d'un mois. (Actes du 1^{er} forum du Pôle de compétence « Sol et eau » de Haute-Normandie (1998)).

les parcelles)⁴ pour qu'une première validation des résultats s'opère. Un participant "AREAS" explique : *"Il y a eu presque trois ans (2001-2003), de tâtonnements, qui étaient en fait, le temps nécessaire pour chacune des parties (INRA, AREAS, Chambres d'agriculture) pour maîtriser le matériel, maîtriser le protocole expérimental, et puis avoir l'expérience pour éviter tous les petits pépins expérimentaux, comme par exemple le mulot qui va boucher la sortie de l'Auget ou grignoter ses fils électriques. La façon la plus simple de vérifier que l'enregistrement fonctionne bien, c'est de basculer artificiellement l'Auget, à la main, en vérifiant la mesure obtenue. Après, il peut y avoir un tuyau qui se bouche quelque part, mais tu sais pas quand est-ce qu'il a commencé à se boucher, si cela s'est fait d'un coup ou progressivement. Il faut donc regarder de plus près, constater l'absence de données, où elle commence et où elle finit, et puis se dire que de telle date à telle date, je veux pas supprimer l'information même si elle paraît un peu louche, mais qu'en revanche elle sûrement erronée à partir de là et que je n'ai donc plus rien jusqu'à ce que je répare le problème. "*

Comme le suggère François Dagognet (1973), l'enjeu de la mesure consiste à élaborer un stratagème, un détour, pour trouver le moyen de réaliser "cette sortie de la chose hors d'elle-même, afin de l'appliquer sur un registre semblable ou comparable à elle". Dans cette entreprise, c'est l'objet à mesurer qui impose le renouvellement de l'approche numérique, en appelant d'autres manières de l'évaluer et le découvrir. Un participant "Chambre d'agriculture" le décrit ainsi : *"A la suite des premières expérimentations, on s'est dit qu'il fallait améliorer la notation des états de surface. On a donc conçu une fiche de notation, qui a été validée par tout le monde en 2004-2005. On a fait une première sortie ensemble à l'automne, au moment où on peut trouver la plus grande diversité d'état de surfaces, pour faire un petit tour de plaine, et puis vérifier qu'on voyait bien tous la même chose."*

La mesure est ainsi anthropomorphique (Kula, 1984) ; elle s'appuie sur « l'oeil » humain, et non sur une physique du sol. Elle est en outre liée à un contexte d'usage⁵ : Le chercheur INRA cherche à valider son modèle de diagnostic des ruissellements, en fonction des types de cultures répertoriées sur l'exploitation ; l'ingénieur de Chambre d'agriculture cherche à expérimenter des systèmes de culture moins ruisselants ; l'ingénieur AREAS cherche à agréger des données de références, permettant de statuer sur la réalité du risque de

⁴ Il s'agit des *Augets* : petits instruments de mesure des ruissellements sur les parcelles agricoles. Ceux-ci ont été mis au point, au cours des années 2000-2001, conjointement par un ingénieur de Chambre d'agriculture et un chercheur de l'INRA, et permettre ainsi la constitution d'un réseau d'expérimentation par le déploiement de ces petits dispositifs en différents points de la région.

⁵ Dans son histoire européenne de la mesure (du Haut Moyen Age au XIXème siècle), Witold Kula explique la diversité des mesures dans un même lieu par le fait que chacune d'elle mesure quelque chose de différent : les pas pour une distance à parcourir, la coudée pour un même tissu, le pied pour les écarts entre les rangs de pommes de terre... Ainsi l'unité de mesure est différente pour le plancher et pour le tapis qui le recouvre.

ruissellement sur le territoire. L'espace de définition de la mesure n'est enfin pas restreint aux activités des seuls expérimentateurs (qui en sont à la fois les concepteurs et les premiers utilisateurs), il inclut aussi les financeurs politiques du réseau d'expérimentation, soucieux d'en recueillir des éléments objectifs pour armer leurs décisions, en matière de gestion préventive des ruissellements. Il inclut enfin les acteurs économiques des filières agricoles qui cherchent de leur côté à prévenir toute mise en cause⁶. L'enjeu politique et économique de mesures, par ailleurs fragiles, pèse logiquement sur la diffusion des résultats, comme l'explique un chercheur INRA : *"La sortie des références, c'était un petit peu chaud (...) Donc nous, on essayait d'être un minimum rigoureux. La pomme de terre, c'est une culture hyper ruisselante, mais c'est aussi très lié au type de matériel agricole que les agriculteurs utilisent. Il faut pouvoir replacer les mesures dans le contexte de chaque exploitation."* Quant aux politiques, leur préoccupation est de cartographier de manière homogène les zones sujettes aux ruissellements érosifs, d'en définir l'intensité et l'occurrence et d'identifier quels en sont les facteurs déclenchant (Merle et al, 2001). Ils sont donc à l'affût de toute information (même incomplète) susceptible de les aider à définir les mesures à prendre.

Si la mesure doit se faire toujours plus précise pour rapprocher le dispositif de mesure de l'objet à mesurer, au delà des différentes manières de l'appréhender, elle vise aussi l'universel de par l'obtention d'un résultat objectif, sur lequel chacun s'accorde. C'est ce qui la distingue d'un simple langage numérique (Dagognet, 1973). Comme l'explique notre ingénieur de Chambre d'agriculture, cité plus haut, il s'agit de *"vérifier qu'on voit tous la même chose"*.

La mesure d'un objet a des conséquences non négligeables sur son statut d'intelligibilité : *"mesurer une chose, c'est aussi en éprouver la consistance, en la dotant d'une extériorité, d'une indépendance par rapport à son inventeur ou son observateur. Ainsi rendue consistante (objective par une mesure, une chose peut être incluse dans une machine, système de choses qui se tiennent entre elles, indépendamment de son constructeur."* (Desrozières, 1993, p. 41). De fait, au delà de la prise en compte de la spécificité de ses multiples contextes de production et d'usage (Kula, 1984), il existe une tendance à l'uniformisation de la mesure, sa standardisation et l'accroissement de la précision (Porter, 1995, Wise 1995).

Cette consolidation de la Mesure s'opère ici par l'acquisition d'un simulateur de pluie, permettant de s'abstraire de conditions climatiques trop aléatoires, susceptible d'invalider les mesures réalisées en différents points du territoire. Par ailleurs, l'automatisation d'une partie

⁶ La filière Pommes de Terre régulièrement au banc des accusés, du fait de l'impact de ses conduites de cultures sur la dégradation de la qualité des sols (provoquant de fait une augmentation des risques de ruissellements), va ainsi fortement s'impliquer dans le dispositif d'expérimentation associant l'INRA, l'AREAS et les Chambres d'agriculture.

du traitement des données collectées vient prolonger ce formatage de la Mesure. Un ingénieur AREAS détaille ainsi : *"l'enjeu consistait à valider les données collectées sur une base plus objective, en comparant les réponses des différences placettes (Auge), sous l'effet de pluies identiques et en tenant des différents types de culture prises en compte. Pour agréger tous ces résultats, deux outils ont été réalisés."* Parallèlement, et pour ne pas continuer à purement juxtaposer les essais les uns à côté des autres, les promoteurs du dispositif d'expérimentation rédigent, à partir de 2005, des synthèses culture par culture, qu'ils communiquent aux animateurs agricoles de bassins versants (en charge de la gestion préventive des ruissellements sur les territoires agricoles).

1.4 Explicitation de la Problématique

Face à un problème complexe faisant intervenir des facteurs multiples dont l'enchevêtrement est difficile à démêler, l'enjeu réside, semble-t-il, dans la construction d'une expertise collective sur le risque qui s'opère en bonne intelligence avec la répartition des pouvoirs en place. Cependant, au-delà de la question d'une gestion collective du risque, se pose celle des référents de connaissance sur lesquels construire une certaine convergence des points de vue des acteurs en présence (agriculteurs, élus, habitants du territoire, prescripteurs publics (DDA, DIREN) ou parapublics (Agence de l'eau), experts locaux et scientifiques), face aux risques de ruissellements érosifs. La construction de mesures et d'indicateurs pour connaître, évaluer les risques, voire prendre les *mesures* appropriées, interpelle donc, de façon plus ou moins directe, la construction d'expertises pertinentes au carrefour de la Science et de l'Action.

Ceci explique la lente co-construction d'expertises à différents niveaux, essentiellement entre les chercheurs de l'INRA et du CNRS, d'un côté, et les ingénieurs de l'AREAS et des chambres d'agriculture, d'un autre côté, mais aussi avec les acteurs locaux, que ce soit avec des élus ou les animateurs de bassins versants. Cette construction sociale de l'expertise est en fait concomitante à celle de référents collectifs pour l'action, et notamment celle d'un dispositif de mesure approprié, tant pour identifier les zones à risques, que de déceler les causes de ces risques, ce qui permet d'en corriger les effets par des directives appropriées. Toutefois, la consolidation d'un tel dispositif de mesure est lente à s'opérer du fait des enjeux qu'elle sous-tend. La diffusion des mesures, tant pour évaluer que pour agir, reste ainsi dépendante d'un important travail d'objectivation des protocoles d'expérimentation par les scientifiques, les experts régionaux, et même les acteurs locaux.

2. L'enjeu d'apprentissages croisés sur les ruissellements érosifs

2.1 Le risque : un problème de connaissance, d'évaluation et de décision collective

Ce que questionne ce travail des chercheurs et des experts locaux autour de l'acquisition et de la consolidation de références locales sur les ruissellements, c'est d'abord son incomplétude tant dans sa matérialisation, sa pertinence à proposer des solutions concrètes que de sa légitimation auprès des acteurs. De fait, l'instrumentation reste fragile et surtout parcellaire du fait des coûts de sa mise en œuvre : il faut sans cesse vérifier que toute la chaîne de mesure fonctionne et on ne multiplie pas aisément les sites de mesure. La pertinence des mesures reste en outre dépendante de leur traduction en règle de décision et/ou référentiel de connaissance pour l'agriculteur, or l'adoption d'une nouvelle pratique est rarement univoque, comme l'explique un ingénieur de Chambre d'Agriculture : *"On était parti sur deux années d'expérimentation d'intercultures avec la mise en place des sites de mesure de ruissellement, mais on n'a pas mesuré de différence entre le semis de blé avec ou sans couvert. Le semis avec couvert était beaucoup plus contraignant, du fait des adaptations qu'il imposait sur les semoirs d'intercultures et de céréales, et du renchérissement du coût de la semence (parce que la moutarde, on avait quand même semé avec une densité plus importante pour essayer de maximiser le taux de couverture de sol), Parallèlement à cela, s'est posé le problème de la concurrence entre le couvert de moutarde et la culture de blé et donc le souci de destruction des intercultures. Au final, on a mesuré des pertes de rendement sur le blé. Cela voulait dire plus de contraintes sans gains véritables sur le ruissellement hivernal."*

Enfin, la légitimité des mesures reste dépendante d'une double contrainte de particularisme et de généralité : d'un côté, les agriculteurs (comme l'ont déclaré différents animateurs agricoles de bassin versant) ne sont réellement attentifs qu'aux références construites localement, c'est à dire des conditions pédoclimatiques similaires à celles de leur exploitation ; de l'autre, les décideurs régionaux sont en quête d'une objectivation des phénomènes et de leurs causes, de façon à pouvoir statuer sur les mesures à prendre.

Cette tension entre construction, pertinence et légitimation de la mesure renvoie d'une certaine façon aux conditions d'une mobilisation collective des acteurs du territoire face aux ruissellements. Elle questionne en effet la nature des expertises ad hoc pour appréhender un phénomène complexe et systémique, celle d'une imputation objective des causes du phénomène à des pratiques individuelles et collectives sur le territoire, celle enfin de la traduction des mesures physiques ou pratiques en *mesures politiques*. De fait, les éventuelles

modifications de pratiques par la reconnaissance sociale des mesures sous-tendent un impératif organisationnel qui passe autant par des échanges d'information et de savoirs (pour alerter du risque potentiel des pratiques de chacun), que par des expérimentations de solutions individuelles et collectives, associant scientifiques, expertises de terrain et acteurs locaux.

Alors que pendant longtemps, la dynamique de construction et de circulation des connaissances reposait sur une délimitation stricte entre intérieur et extérieur de la Science, avec une généralisation du *doute* à l'intérieur et une utilisation *autoritaire* des résultats à l'extérieur, on assiste donc à une *disparition du monopole scientifique sur la connaissance* (Beck, 2001). Du fait de l'enchevêtrement complexe d'une multiplicité de relations causales possibles, l'existence et la répartition du risque ne peuvent plus être appréhendées selon les seuls critères scientifiques ou techniques, mais doivent prendre en compte la diversité des arguments émis à leur rencontre.

Plus prosaïquement, la Science est de plus en plus nécessaire mais aussi de moins en moins suffisante à l'élaboration de solutions face au risque. C'est le constat que dresse un rapport que dresse l'inspection générale de l'environnement (Merle et al, 2001), à propos des ruissellements érosifs, en pointant d'une côté les avancées indiscutables et nécessaires de la Science pour expliciter les facteurs clés du risque mais, en même temps, la vacuité des solutions mises en œuvre pour gérer ce risque de façon pratique. Ce constat se répète avec la mise en œuvre du dispositif de mesure et d'expérimentation, dont l'enjeu, au delà de la validation scientifique et technique des mesures réalisées repose sur l'implication des acteurs de terrain, comme le remarque un chercheur INRA : *"Il fallait que je m'appuie sur les forces ou les intérêts des experts locaux pour arriver à former un réseau d'expérimentation."*

Un ingénieur de Chambre d'agriculture explique de son côté : *"l'information, elle ne circule pas que dans un sens, ce qu'on cherche, c'est instaurer un échange pour que les gens expriment ce qu'ils souhaiteraient en termes d'expérimentations."* Alors que pendant longtemps, la recherche, le développement et le conseil agricole anticipait les questions des agriculteurs pour leur proposer des solutions techniques à même d'y répondre (Cranney, 1996), elle se trouve aujourd'hui partiellement démunie face un domaine de connaissances sur les ruissellements érosifs qui reste en construction et pour lequel, ni les solutions, ni même les questions à se poser ne sont très explicites.

2.2 La constitution d'un dispositif fédérateur d'expertises à différents niveaux

Dans une telle situation d'incertitude, aucun expert n'est en mesure de définir la marche à suivre, la formalisation des connaissances et des outils repose sur alors des "apprentissages croisés" (Hatchuel, 1996) entre les différents acteurs (chercheurs, experts de terrain et acteurs locaux (agriculteurs, animateurs de bassin versant,..). Ces apprentissages sont d'une part liés à la façon dont chacun opère un retour réflexif sur son activité (Schön, 1983) et, d'autre part, à un dialogue mutuel où le travail des chercheurs comme des acteurs de terrain est repensé à la lumière des apprentissages des autres acteurs du processus. De fait, comme l'observe Stéphane Cartier (2002), l'histoire de l'approche systémique du ruissellement érosif par la recherche scientifique est fortement lié au rôle d'expert qui est attendu localement des chercheurs et qui contribue à redéfinir la nature du problème et les solutions à y apporter. Les équipes scientifiques impliquées sollicitent ainsi fortement la collaboration des acteurs non-chercheurs pour mener à bien le protocole de recherches, mais aussi pour obtenir les financements nécessaires de la part des institutions impliquées dans la gestion préventive des ruissellements sur le territoire. Aujourd'hui, le programme RDT (dans lequel s'effectue l'étude dont ce rapport est l'objet) révèle tout autant d'une recherche appliquée qui prolonge et valide des travaux scientifiques antérieurs, que le moyen de renforcer les partenariats qui conditionnent la poursuite de ces mêmes travaux. Cela suppose que cependant que les connaissances scientifiques produites rencontrent effectivement les préoccupations concrètes des acteurs de terrain. Comme le suggère Armand Hatchuel (2000), dans la recherche-action, il n'y a pas d'un côté des connaissances à produire et de l'autre des actions à conduire, ce type de recherche est constitutive de l'action et son objet est autant de créer des savoirs que de favoriser la naissance de nouveaux acteurs.

De fait, les travaux des scientifiques ont d'abord favorisé la création⁷ d'une structure d'expertise locale (AREAS) pour leur servir de relais sur le terrain, tant pour diffuser que pour expérimenter des solutions nouvelles. Un chercheur explique : "*L'INRA ne peut pas toujours prendre en charge les dispositifs d'expérimentation permanents qui demandent à être fait sur place. C'est donc l'AREAS qui a commencé à faire des expérimentations et des mesures en grandes parcelles. Quand nos travaux ont montré qu'il était nécessaire d'affiner encore plus,*

⁷ Cette création comme nous l'a rapporté un des acteurs fait suite à des années très pluvieuses et catastrophiques dans les années 83/85, ce qui a conduit la région à se mobiliser en créant une structure d'expertise ad hoc pour prendre en charge le problème.

les chambres d'agriculture ont été impliquées." Un pôle de compétences régional est ainsi créé pour fédérer à la fois les expertises scientifiques et locales.⁸

Parallèlement, les résultats scientifiques obtenus (Ludwig et al., 1996) contribuent à définir le bassin versant comme unité géophysique pertinente de gestion des ruissellements sur le territoire. Cela conduit les décideurs régionaux à réifier le bassin versant comme périmètre pertinent de gestion des risques de ruissellements érosifs. Ainsi, suite à de nouvelles inondations graves (en 1998 et 1999), la nécessité d'une coordination plus étroite entre l'amont et l'aval des bassins versants s'impose, en donnant lieu à la création d'animateurs de bassins versants, en charge d'accompagner les actions en matière de gestion préventive du risque d'inondations.

S'interrogeant sur les "canaux de communication" par lesquels les agriculteurs pouvaient être informés en matière d'environnement, Marc Mormont (1996) a ainsi suggéré d'étudier cette combinaison de savoirs, de pratiques et de stratégies sous l'angle d'un "dispositif agri-environnemental" qui a pour vocation de répondre à une urgence⁹.

Dans le cas qui nous préoccupe, ce dispositif englobe :

- les différents protagonistes de la gestion des ruissellements boueux (exploitants, animateurs agricoles de bassin versant, conseillers de chambre d'agriculture ou de coopératives, experts régionaux, élus, associations, institutions) ;
- les outils et méthodes d'évaluation et de gestion des ruissellements, produites par la recherche agronomique (STREAM, DIAR) et les acteurs locaux (Diagnostic d'exploitation et règles de bonnes pratiques) ;
- les réseaux de relation coopératifs ou conflictuels entre les acteurs, les modalités d'agrégation des outils entre eux (notamment entre ceux issus d'un savoir scientifique et ceux émanant d'expertises locales), les rapports entre conception et usage des différents outils, méthodes ou autres formalismes génériques ;
- l'urgence concerne la gestion des risques d'inondations boueuses.

Tous les acteurs d'un tel dispositif se tournent cependant vers les expertises spécialisées pour obtenir une mesure juste et équitable de l'impact des conduites humaines sur le ruissellement, en termes d'aménagement routier ou hydraulique et de pratiques agricoles. Mesure qui rendrait possible l'établissement de principes intangibles permettant d'établir les droits et les

⁸ Cette mise en place faisait suite aux fortes pluies de l'hiver 1994-1995 qui avaient entraîné de graves inondations et privé d'eau potable plus de 100 000 habitants pendant plus d'un mois. (Actes du 1^{er} forum du Pôle de compétence « Sol et eau » de Haute-Normandie (1998))

⁹ Il s'inspire en cela d'une conceptualisation des phénomènes de gouvernance introduite par Michel Foucault (1994, p. 299)

devoirs de chacun et, en l'occurrence, quelle doivent être les contributions individuelles et collectives dans la gestion préventive des ruissellements. Mais nous avons vu, qu'en ce qui concerne l'impact des pratiques agricoles, les mesures étaient difficiles à consolider, ce qui supposait pour les acteurs concernés (chercheurs, experts de terrain et acteurs locaux) d'accepter de faire un pari collectif pour construire ensemble les repères mutuels de la connaissance et de l'action sur les ruissellement érosifs. L'exercice de la recherche-action s'inscrit donc dans un processus d'apprentissage collectif qui cherche à élaborer ses propres principes de connaissance, d'évaluation et d'action, sur le problème considéré. Il s'agit de co-construire avec les acteurs locaux des périmètres d'action pertinents, où les connaissances (et les outils associées) produites par les experts soient reconnues exactes (toutes choses étant égales par ailleurs), pertinentes (en référence à leur contexte d'usage) et légitimes (reconnues par des acteurs extérieurs aux contextes d'usage).

2.3 Une médiation de la gestion du risque par des animateurs professionnels

Au delà de la construction et de la reconnaissance de l'expertise collective des promoteurs de la gestion préventive des ruissellements, la question se pose de la médiation que peuvent opérer les acteurs locaux situés à la charnière du déploiement du dispositif d'expertise et des systèmes d'action locaux. Les animateurs de bassin versant sont ainsi susceptibles de jouer un rôle actif dans la diffusion des connaissances produites sur leur territoire respectif, et dans la remontée des problèmes que leur application pose. Comme le note Stéphane Cartier (2002), si les agriculteurs sont sensibilisés à l'érosion (dégâts causés, consommateurs d'eau), ils ont tendance à en rejeter la responsabilité sur la collectivité. L'autorité d'un expert et une gamme de mesures combinant avis, incitations et coercition sont alors souhaitées pour débloquer la situation. C'est tout l'enjeu de la réussite de l'action de ces animateurs que de parvenir à incarner cette expertise médiatrice d'une gestion concertée des ruissellements érosifs.

Ils semblent donc devoir être des destinataires privilégiés des outils produits par le travail conjoint des chercheurs et des experts régionaux. Mais l'appropriation de ces savoirs suppose des destinataires préparés à recevoir l'expertise et, en l'occurrence, à devenir des expertises intermédiaires susceptibles de faire le lien entre experts institués et les acteurs locaux (agriculteurs et élus) des bassins versants.

Ces médiateurs¹⁰ d'expertise sont cependant bien éloignés du modèle de l'expert (savant), commissionné pour expliquer des situations problématiques complexes, qu'il est supposé seul à pouvoir résoudre (Trépos, 1996). En effet, pour remplir une telle fonction "d'expertise", on

¹⁰ Dont nous faisons l'hypothèse qu'il en sont les intermédiaires tout autant qu'ils la créent au niveau local, cf. notre référence à Antoine Hennion (1993).

trouve majoritairement des personnes, dont c'est le premier emploi (sans grande expérience donc) et ne disposant pas d'une formation totalement adéquate (puisque la plupart doivent se former "sur le tas" à la gestion des dossiers qu'ils prennent en charge). S'il s'agit donc plutôt d'assistants techniques, ceux-ci doivent néanmoins savoir monter des dossiers d'aménagements hydrauliques, initier des changements de pratiques chez les agriculteurs ou les élus locaux, mais plus encore savoir écouter, comprendre, adhérer tout en conservant un sens critique, donner l'initiative ou la prendre, diriger ou se laisser conduire.

Maurice Allefresde (1983) parle, à propos d'une fonction territoriale comparable (l'agent de développement), "d'un jeu complexe de nécessités simultanées et parfois contradictoires qui (prend) le caractère d'une demande, s'accommodant plus de l'empirisme que du dogmatisme, et faisant appel autant au comportement qu'à la connaissance".

Si l'on ne peut parler d'experts institués à leur intention, ceux-ci sont pourtant bien sollicités par les élus ou agriculteurs, au titre d'un savoir spécialisé permettant d'analyser et de traiter une situation problématique et complexe (ce qui qualifie le rôle d'un expert (Fritsch, 1985)). De fait, certains d'entre eux parviennent à construire et à légitimer petit à petit une position d'expert sur leur territoire respectif. Nous nous intéressons ainsi au *devenir expert* de ces animateurs. Une telle translation de l'animateur territorial vers l'expert a déjà été observée et interprétée comme permettant aux élus locaux d'intercaler un pôle technique entre le niveau local et central, en se dotant ainsi d'une structure d'expertise susceptible de rendre crédible leurs projets, mais aussi de gérer les contradictions et les rivalités internes entre eux par la mise en place d'un échelon technique considéré comme neutre (Valarié, 1985).

2.4 Explicitation des hypothèses

De par notre entrée dans une "société du risque" (Beck, 1992), la science n'est plus sûre d'elle-même. La dynamique de construction et de consolidation des connaissances sur les risques repose sur une implication forte des acteurs directement concernés. En effet, la pertinence des connaissances scientifiques reste dépendante des solutions que celles-ci permettent de construire concrètement sur le terrain. L'instrumentation de telles solutions est alors fragile, tiraillée entre l'impératif de généralité, afin de pouvoir servir de support à l'évaluation collective et à la définition de normes environnementales (c'est explicitement l'attente de la DIREN), et une exigence plus prégnante encore : celle de s'adapter aux particularismes locaux par la fourniture de références *ad hoc*, sous peine de perdre toute légitimité auprès d'agriculteurs (voire d'élus) qui ne prêtent attention qu'à des mesures effectuées dans des contextes pédoclimatiques et géographiques proche du leur.

En dépit de toutes ses difficultés, la construction de la mesure des ruissellements débouche aujourd'hui sur la production d'outils plus ou moins finalisés, pour lesquels se pose la question de leur appropriation future. Celle-ci a déjà commencé au niveau des expertises régionales en place (AREAS, Chambre d'agriculture), mais l'inscription locale de ces outils comme support d'aide à la décision pour prévenir les ruissellements suppose une implication active des animateurs professionnels, en charge de cette gestion sur le terrain. Tout comme l'émergence d'expertises régionales (AREAS puis Chambre d'agriculture) avait favorisé la construction de connaissances scientifiques sur les ruissellements, celle d'expertises plus locale au niveau des bassins versants nous semble être la condition d'une diffusion réelle de ces outils sur le terrain. La réalité des fonctions d'animation sur lesquelles repose l'appropriation effective sur le terrain nous montre des personnes aux qualifications inégales, mais qui se caractérisent toutes par un faible niveau d'expérience donc d'expertise¹¹. La diffusion d'indicateurs et d'outils d'aide à la gestion préventive des ruissellements sur le territoire nous semble donc concomitante à la capacité de ces animateurs agricoles de se constituer en experts locaux et agir comme médiateurs de savoirs entre les scientifiques et experts régionaux et les agriculteurs ou élus sur le terrain.

3. L'analyse de la fonction d'animateur agricole de bassin versant

3.1 Une fonction charnière de l'application concrète des savoirs scientifiques

A la création de chaque syndicat de bassin versant, des études globales et intégrées ont été effectuées pour évaluer les risques de ruissellements érosifs et établir une cartographie des aménagements à réaliser, afin de gérer préventivement ces risques sur les territoires concernés. Le volet "protection des biens et des personnes" qui constitue la mission première des syndicats comprend ainsi la réalisation d'un certain nombre d'ouvrages de rétention d'eau pour retenir l'eau de pluie en amont de chaque bassin versant. Les animateurs recrutés en leur sein ont alors pour tâche d'assurer le suivi, et même la maîtrise d'œuvre de la réalisation des travaux, selon le niveau de délégation de pouvoir et de compétences dont ils bénéficient de la part des communes adhérentes au syndicat. A cette mission originelle vient parfois s'ajouter la gestion de la rivière (sachant que de nombreux bassins versants en ont une). Ne s'inscrivant pas systématiquement dans un cadre de gestion global (seuls deux bassins versants à problèmes font en effet l'objet d'un SAGE (*Commerce et Cailly*)), les actions sur la rivière

¹¹ L'origine latine de ce mot renvoie à l'expérience, c'est-à-dire à l'épreuve : celui qui a éprouvé (*expertis*), qui a affronté les dangers (*experiti*).

sont généralement rattachées à un syndicat de rivière ou à une association de riverains. Les syndicats de bassins versants commencent aujourd'hui à récupérer cette compétence "rivière", sous l'impulsion des financeurs soucieux d'une plus grande cohérence dans la conduite des actions. Un troisième volet complète les deux autres sur la gestion préventive des aménagements réalisés, il s'agit ici d'anticiper les risques de ruissellement érosifs, au niveau des parcelles agricoles situées en amont des ouvrages. Ce volet "agricole" comprend ainsi deux axes : la construction de petits aménagements d'hydraulique douce, à savoir des talus, des bandes enherbées, des fascines, des mares-tampons, conçus pour retenir l'eau aux endroits sensibles ; l'adoption de conduites de culture susceptibles de diminuer les risques, que ce soit à court ou moyen terme, par la mise en place d'intercultures durant l'hiver ou par l'adoption de techniques de culture permettant de rendre le sol perméable.

Chaque volet étant généralement placé sous la responsabilité d'animateurs spécialisés, les animateurs agricoles sont de fait des acteurs privilégiés de la diffusion des connaissances, construite par le dispositif de recherche-action sur la mesure des ruissellements boueux et de l'impact de conduites de culture alternatives ou d'aménagements d'hydraulique douce, mais aussi d'une remontée d'information du niveau local vers ce même dispositif. Un chercheur de l'INRA remarque à ce propos : *"Les savoirs sur les ruissellements, c'est pas uniquement les nôtres, c'est aussi un autre type de savoir, c'est le savoir issu directement des agriculteurs avec lesquels les animateurs travaillent."* En mobilisant, dans le cadre de leur action, les instruments d'incitation que sont les financements européens ou régionaux, les supports d'information constitués par les synthèses des expérimentations, les bilans de mesures de ruissellement effectuées en différents points du territoire, et plus largement les outils ou éléments de diagnostic d'exploitation susceptibles de leur être fournis par les chercheurs et les expertises locales, ces animateurs agissent pour une mise à l'agenda des acteurs locaux de la prise en charge du problème du risque érosif.

Plus que de simples intermédiaires, les animateurs sont susceptibles d'être les médiateurs d'une réalité qu'ils contribuent à "faire exister" localement sur le territoire.¹² Leur statut est cependant plus fragile que celui des autres animateurs, dans la mesure où leur action peut difficilement être évaluée sur la base de résultats tangibles, comme c'est le cas de la

¹² Nous reprenons ici le concept de médiation proposé par Antoine Hennion (1993) et qu'il applique à la Musique, art qui ne constitue pas un objet défini en soi mais qui n'existe que par la mobilisation d'une foule de participants de toutes nature (l'enseignant, le mécène, le producteur de France-Musique, le vendeur de la FNAC, mais aussi l'instrument de musique, la partition ou encore le disque, l'auditorium,...). Tous ces intermédiaires opèrent comme un "effet d'agrandissement" de la Musique. La médiation renvoie chez lui à une "série d'opérations, de substitutions effectuées par les acteurs sociaux qui vont permettre de créer un monde rempli de mixtes constitués de personnes et/ou d'objets".

construction d'ouvrages de rétention d'eau. Leur qualification est en outre moindre (généralement Bac+2) que celle des animateurs "hydrauliques" (Bac+5) qui en ont la responsabilité. C'est pourtant sur eux que repose la charge d'impulser une réflexion critique sur les pratiques individuelles et collectives, difficulté d'autant plus grande que la mesure de l'impact des conduites de cultures sur les ruissellements érosifs est délicate à établir.¹³

La diffusion des outils issus de la recherche et du travail des experts régionaux importe alors d'autant plus qu'elle vise à consolider les "savoirs ordinaires" des personnes pour en faire des usagers sérieux d'une compétence experte sur les ruissellements. Etudier les conditions du *devenir expert* des animateurs revient alors à observer chez eux le passage d'une position de récepteur passif des connaissances, qu'ils récupèrent via leur réseau de relations, à celle d'usagers actifs qui s'approprient ces mêmes connaissances en les alimentant de leur expérience personnelle. S'il est nécessaire d'envisager un destinataire préparé à recevoir l'expertise, il faut alors prêter attention à la diversité des profils professionnels des animateurs.

3.2 Un contexte d'exercice extrêmement diversifié avec des enjeux spécifiques

Ces fonctions d'animation prennent des formes très diverses selon la répartition des pouvoirs et des compétences qui prévaut sur chaque bassin versant. Ainsi, certains syndicats de bassin versant ont la maîtrise d'œuvre complète de la gestion préventive des inondations, alors que d'autres n'assurent qu'une mission d'étude et de conseil auprès de communes, n'ayant pas souhaité déléguer la gestion des travaux. Dans certains bassins versants, la solidarité entre les communes, et de fait l'action des animateurs, est soutenue par un contrat rural qui lie les parties entre elles autour d'objectifs communs, en échange d'un financement de l'Agence de l'eau. Dans d'autres lieux, c'est la virulence d'un problème de pollution d'eau qui a amené les communes à se regrouper dans le cadre d'un SAGE, avec à la clé un financement important des industriels installés sur le périmètre. Parfois les inondations ne sont guère problématiques, le territoire étant essentiellement rural, mais la situation est tout autre lorsque l'enchevêtrement des territoires agricoles et urbains accroît la dangerosité des ruissellements érosifs, tout en complexifiant les processus décisionnels du fait de l'éparpillement des pouvoirs locaux. Enfin, l'action de ces syndicats de bassins versants est tributaire de la configuration géophysique du territoire ainsi que du type d'agriculture qu'il abrite. La présence d'élevages ou d'une poly-agriculture, vecteurs du maintien de prairies susceptibles de retenir l'eau dans le sol, ne pose bien évidemment pas les mêmes problèmes que des grandes cultures amenant des problèmes de battance (imperméabilisation du sol).

¹³ Cf. les difficultés de la construction de la mesure par les scientifiques et experts

Un expert régional nous résume ainsi la situation : *"Il y a des syndicats qui n'ont que la compétence études parce que les communautés de communes n'ont pas voulu céder la compétence travaux. Ça c'est une différence claire et nette entre les syndicats de bassins versant, ce qui pose un certain nombre de problèmes. Il faut ajouter à cela le cas particulier des grosses agglomérations, où on se retrouve dans du péri-urbain et donc avec des compétences plus délicates à répartir. Après il faut tenir compte des différences géographiques: je mets toujours un peu entre parenthèse la Bethune parce que franchement c'est vrai qu'il y a pas de problèmes d'inondation. Alors que l'Eaule et la Varenne sont mitigés, ils ont tous les deux une partie dans le pays de Braie et une partie qui est plus de plateaux, qui ressemble au Pays de Caux. Donc ils ont dans certains secteurs des problèmes de berges uniquement, et pas de problème de ruissellement, et puis ils ont des grands problèmes de coulées de boue sur toutes les vallées sèches qui prolongent les plateaux. Enfin, il faut tenir compte de la grosse évolution de l'urbanisation et un peu à l'évolution de l'agriculture (extension des grandes cultures), qui varie selon les bassins versants."*

Afin d'illustrer cette diversité de logiques d'action sur le terrain, nous avons opéré une analyse lexicale sur les entretiens réalisés auprès de 11 animateurs agricoles travaillant respectivement dans des bassins versants distincts. Si la presque totalité des 22 syndicats de bassins versants emploient un animateur sur le volet "protection des biens et des personnes", l'existence d'un animateur agricole dépend de la sensibilité des élus au risque généré par les pratiques agricoles. Les 11¹⁴ animateurs rencontrés représentent cependant la diversité des situations potentiellement présentes en Seine Maritime. A ce titre, nous avons souhaité rajouter le cas de deux contrats ruraux du département de l'Eure susceptibles d'être riche d'enseignements, à savoir le bassin versant du Roumois et la Parc Naturel Régional des Boucles de Seine.

L'étude lexicale, présentée plus loin dans la partie résultat, nous montre une diversité de positionnements des animateurs dans les priorités qu'ils se donnent. Tous, dans leurs discours, s'expriment sur l'enjeu de construire une relation privilégiée avec les agriculteurs, en les accompagnant dans l'évolution de leurs pratiques culturelles et dans la mise en place de petits aménagements d'hydraulique douce. De la même façon, le contexte institutionnel et relationnel est très prégnant pour expliquer les contraintes et les ressources de leur action au quotidien. Cependant, l'accent que chacun donne à tel ou tel enjeu diffère, selon qu'il privilégie l'acquisition d'une légitimité technique pour influencer sur leurs pratiques culturelles, la construction d'une proximité avec les agriculteurs pour négocier des aménagements

¹⁴ Deux animateurs agricoles n'ont pas été rencontrés car leur expérience était trop récente pour apporter un éclairage suffisant sur les ressources relationnelles et cognitives qu'ils mobilisaient dans leur action.

d'hydraulique douce, la clarification de son rôle et de ses moyens d'action dans les contrats établis avec les commanditaires ou encore l'élargissement de leur réseau d'information et de conseil, afin d'appuyer plus fortement leur capacité à mobiliser et inciter les agriculteurs à mieux prendre en compte les risques de ruissellements érosifs. Une représentation graphique, obtenue à partir de l'analyse lexicale, permet d'illustrer les orientations d'action plutôt privilégiées par les différents animateurs, sachant que l'analyse pointe notamment le contraste en ceux qui privilégient des relations de proximité et de confiance avec les agriculteurs et ceux qui insistent plutôt sur l'enjeu de construire le cadre relationnel pertinent de leur action, en mobilisant les différents conseillers ou experts influant sur l'évolution des pratiques agricoles.

3.3 La construction locale des ressources de l'expertise des animateurs agricoles

Si l'on revient plus concrètement sur l'activité des animateurs agricoles, celle-ci vise à sensibiliser les agriculteurs aux risques de ruissellements, en les incitant à entreprendre des actions préventives sur leurs parcelles de culture. Celles-ci se déclinent en deux volets :

- **volet agricole**, avec pour enjeu de faire évoluer les techniques de culture, afin de diminuer le risque érosif, et d'implanter des intercultures durant l'hiver ;
- **volet hydraulique douce**, qui consiste à implanter des petits aménagements (talus, bandes en herbe, fascines, mares-tampons) pour retenir l'eau et les coulées boueuses en amont des zones sensibles.

Ces deux types d'actions nécessitent de bonnes connaissances agricoles et hydrauliques (pour dimensionner les ouvrages), une très bonne connaissance du terrain pour repérer les zones à risques, mais surtout une forte capacité de négociation auprès d'acteurs souvent très réticents à prendre le risque à leur charge alors qu'il n'y sont que faiblement soumis (étant situés à l'amont des bassins versants). La fonction de ces animateurs a de plus tendance à s'élargir pour appréhender la gestion des risques érosifs à différents niveaux : volet phytosanitaire (gestion des risques de pollutions agricoles) ; volet eau potable (action sur les périmètres de captage des bassins d'alimentation) ; volet urbain (gestion des eaux pluviales). Ils sont ainsi amenés à intervenir sur différentes thématiques sur lesquelles ils doivent faire montre d'une certaine autorité d'expertise s'ils veulent pouvoir mobiliser les agriculteurs ou les élus (volet urbain) sur la gestion du risque.

Bien sûr, la légitimité de ces animateurs est très liée à celle du syndicat de bassin versant auquel il appartient. Selon que celui-ci bénéficie d'une délégation de pouvoir et de compétence, leur leviers d'action ne seront pas les mêmes. Ainsi, les animateurs, travaillant dans des syndicats qui ne disposent pas de la compétence *Travaux* ou *Maîtrise d'œuvre*, se

plaignent généralement de l'étroitesse de leur marge de manœuvre. Alors qu'au contraire, d'autres insistent sur l'atout que représente pour eux la possibilité d'intervenir en amont des ouvrages. Plus globalement, l'action de ces animateurs semble facilitée lorsqu'ils peuvent bénéficier des compétences existantes au sein du syndicat de bassin versant (lorsque son président ou un membre du conseil d'administration est agriculteur, par exemple).

En même temps, les ressources dont ils disposent au départ restent limitées, ce qui n'empêche pas certains d'entre eux de parvenir à construire progressivement une position d'expert sur leur territoire respectif. Même si leur statut reste fragile, ils n'en sont pas moins sollicités par les élus ou les agriculteurs pour leur compétence reconnue sur l'identification et la gestion préventive des risques. Selon nous cette expertise est liée à leur capacité de construire des *prises* que n'ont pas les autres et qui fournit des repères pour l'action et l'interprétation (Bessy et Chateauraynaud, 1993). Le concept de *prise* met conjointement l'accent la représentation a priori du phénomène, qui "oriente la lecture du monde", et sur la perception a posteriori, avec l'idée "d'un mode de connexion entre les corps" (comme dans le cas du commissaire-priseur qui a parfois besoin de toucher et de manipuler pour mieux comprendre un objet) (Bessy et Chateauraynaud, 1995, p. 237). L'idée de *prise* véhicule celle d'une relation entre une ou plusieurs personnes et un réseau d'objets fournissant des saillances (effets des ruissellements sur les parcelles (ravines) ou les habitations (coulées boueuses), mesures, avis d'experts,...). L'analyse de Dany Trom (2001) est à ce titre éclairante sur la multiplicité des *prises* qu'offre le paysage pour des acteurs d'un même territoire. La consistance du paysage dépend ainsi "conjointement des compétences des personnes à se rapporter de manière adéquate au monde environnant, et de l'environnement en tant qu'il donne prise à cette composition visuelle de l'espace".

La notion de prise ne se résume donc pas à un rapport individuel aux choses, car il peut s'agir de repères cognitifs partagés entre plusieurs personnes. De fait, les prises peuvent se mutualiser et faire circuler avec elles l'expertise qu'elles induisent. Autrement dit, les *ressorts de l'expertise* des animateurs ne s'appuient seulement sur les *prises* qu'ils construisent dans leur "*corps à corps*" avec le risque de ruissellement, mais aussi sur celles qu'ils récupèrent auprès d'autres experts (ingénieurs AREAS ou de Chambre d'agriculture, techniciens de filière ou de coopérative,...) sur des aspects connexes (mesures et cartographie du risque, évaluation de conduites de cultures ou d'aménagements d'hydraulique douce,...).

Pour faire exister le risque de ruissellement, l'objectiver et le légitimer aux yeux des agriculteurs ou élus, les animateurs agricoles sont ainsi engagés dans des "épreuves d'expertise" qui les conduit à combiner les repères qui oriente leur démarche auprès des agriculteurs (qu'il tire notamment des liens avec les différents acteurs ou experts de la gestion

préventive des ruissellements sur le territoire) et les saillances de ce risque (telles qu'elles se présentent à lui au travers de ses déplacements quotidiens sur le terrain). La reconnaissance de l'expertise de l'animateur dépend alors de sa capacité à construire des liens entre les situations problématiques sur lesquelles il intervient et les ressources cognitives (connaissances) ou appuis conventionnels (réglementation) qu'il est susceptible de pouvoir mobiliser.

Nous avons donc cherché à expliciter les relations que chaque animateur construit avec des réseaux d'objets (mesures agri-environnementales, intercultures, aménagements d'hydraulique douce, données agricoles,..) et le réseau de personnes (scientifiques ou experts (AREAS, Chambre d'agriculture), ingénieurs DDA ou Agence de l'eau, autres syndicats de bassin versant), pour agir et construire l'efficacité et la légitimité de ses interventions, en matière de gestion préventive des risques.

3.4 Explication de la méthode d'enquête

Nous avons donc enquêté auprès de 11 animateurs agricoles de bassin versant en cherchant à identifier les enjeux, les contraintes et les ressources de leur action sur le territoire. La mise en évidence du réseau relationnel de ces animateurs nous a conduit à rencontrer également un certain nombre d'acteurs clé (ingénieurs de l'AREAS, de l'agence de l'eau et de la chambre d'agriculture ; techniciens de la DDA et du conseil général) avec lesquels ces animateurs étaient en contact. Nous nous sommes par ailleurs intéressés à la dynamique de co-construction d'outils d'évaluation des risques par les scientifiques de l'INRA, en collaboration étroite avec les experts locaux, afin d'identifier à la fois les difficultés et les enjeux à venir de la diffusion de ces outils et des connaissances associées.

L'explicitation des enjeux exprimés par les animateurs s'est appuyée sur une analyse lexicale de leurs discours. Le logiciel utilisé (Alceste)¹⁵ a procédé à un découpage du corpus en unités de contexte élémentaires (UCE), qui sont des phrases ou des blocs de texte de longueur standard. La première opération est une classification hiérarchique ascendante de l'ensemble des UCE propre à dégager des classes lexicales. Il ne s'agit pas cependant d'une classification a priori des interviews, mais de la mise en évidence de la répétition des mots dans les discours, en relation les uns avec les autres, de façon à identifier les différents registres de discours que mobilisent les animateurs agricoles de bassin versant, quand ils parlent de leurs activités sur le terrain. Appliquée à notre corpus, la classification a dégagé quatre classes stables : accent sur le contexte institutionnel (Cl. 1) ; accent sur les opérations d'aménagement des conduites de cultures (Cl. 2) ; accent sur l'implantation de petits ouvrages d'hydraulique douce (Cl. 3) ; accent sur le développement d'un réseau relationnel élargi (Cl. 4).

¹⁵ Pour un exemple d'usage sociologique d'Alceste, voir (Didry D., 1998)

La seconde opération est une analyse factorielle de correspondances qui permet de visualiser, dans un espace à deux dimensions, une représentation de cet espace rhétorique. Elle fait ressortir les différentes approches qu'ont les enquêtés d'une même question. Cela permet de les positionner selon l'importance qu'ils donnent à tel ou tel registre lexical : certains se concentrent sur la construction d'une relation étroite avec les agriculteurs, alors que d'autres cherchent à élargir leur réseau d'informations et de conseils. Certains sont plus centrés sur l'enjeu de construire une expertise agricole, alors que d'autres se focalisent sur les conditions de négociation favorables à l'implantation d'aménagements d'hydraulique douce.

Un autre traitement semi-automatique de données qualitatives recueillies dans les entretiens s'est basé sur l'utilisation d'un logiciel de création de graphes relationnels. Recourir à des graphes pour représenter des liens entre acteurs est une méthode classiquement utilisée par les analyses de réseaux sociaux.¹⁶ La démarche adoptée ici se distingue cependant par le fait que les graphes utilisés ne représentent pas seulement les individus, sous la forme de réseaux de relation des animateurs agricoles, mais aussi toutes sortes d'entités qui interviennent comme référents cognitifs ou matériels dans le cadre de leur intervention sur le territoire (données agriculteurs, dossiers de subvention, contrat rural, vitrines d'intercultures,..). Pour ce faire, nous avons utilisé le logiciel *Réseau-Lu*, conçu par Andrei Mogoutov, qui offre la possibilité de traiter des réseaux sociaux et socio-techniques.¹⁷ L'analyse s'organise en trois étapes. D'abord, la collecte des données est issue de l'enquête menée auprès des animateurs avec, comme contenu thématique de la grille d'entretien, les catégories générales suivantes :

1. Questions introductives et générales sur le parcours de la personne (formation, expérience, entrée en fonction) ;
2. Questions concernant les actions concrètes développées sur le terrain (intercultures, aménagement d'hydraulique douce) ;
3. Questions concernant les difficultés rencontrées (contraintes de l'action) ;
4. Questions sur les stratégies de contournement de ces obstacles (ressources de l'action) ;
5. Questions concernant l'usage d'outils issus du programme RDT ;
6. Conclusion sur les enjeux à court terme.

Une deuxième étape a conduit à préciser la signification de ces catégories générales, en recensant les termes récurrents dans le discours de chaque enquêté. Ces termes peuvent renvoyer à des personnes ressources (Chambre d'agriculture, AREAS, élus, animateurs de

¹⁶ Pour une présentation de ces démarches d'analyse, on pourra se reporter à la lecture du manuel de Alain Degenne et Michel Forsé (1994)

¹⁷ Pour un exemple d'usage sociologique de Réseau Lu, voir (Dodier N. et Barbot J., 2000).

bassins versants), à des actions concrètes (informer, intéresser, négocier,..), aux finalités poursuivies (vitrines d'interculture, implantation de linéaires (haies, fascines,..), aux moyens de ces actions (financement, dossiers de subvention, déclaration d'utilité publique,..), aux obstacles rencontrés (individualisme des agriculteurs, manque d'expertise agricole,..) ou aux enjeux à venir (changement de mission, protection des captages, volet urbain,..).

Une troisième étape enfin traite, de manière automatique et pour chaque catégorie générale, le lexique de l'ensemble des entretiens, de façon à lier dans un même graphe les individus et les mots clés (référents cognitifs, matériels, pratiques ou humains sur lesquels ils appuient leur action)..

B. Résultats – Conclusions

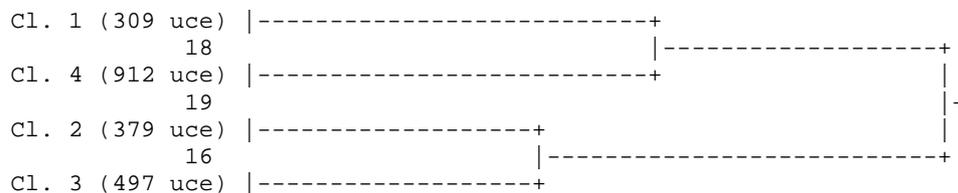
1. L'explicitation de l'action des animateurs agricoles sur le territoire

1.1 L'analyse des registres lexicaux de la gestion préventive des ruissellements

L'analyse lexicale, réalisée par le logiciel Alceste, ne consiste pas seulement à faire ressortir les mots utilisés mais de les mettre en relation et à partir de là de faire apparaître des classes de mots qui sont autant de registres lexicaux adoptés par tel ou tel animateur. L'idée est donc qu'il n'y a pas seulement des contenus manifestes, mais aussi un discours sous-jacent qui n'est pas toujours perceptible a priori. La mise en évidence des différentes classes lexicales contribue à donner un éclairage sur les principales rhétoriques de la gestion préventive des ruissellements érosifs sur les territoires agricoles. Au fond, quel contenu donnent-ils à leur action, dans quel contexte placent ils leur intervention, quels acteurs privilégient-ils ?

L'analyse a dans un premier temps permis de faire apparaître quatre classes ou registres lexicaux. Le dendrogramme de la classification permet de voir les oppositions, ou contrastes successifs, autour desquels se sont constituées les classes, les classes 2 et 3 (actions d'incitation directe auprès des agriculteurs) se distinguant des classes 1 et 4 (recherche de leviers d'action indirects sur les agriculteurs par sollicitation ou enrôlement d'experts ou de prescripteurs régionaux). On s'aperçoit ensuite que la distinction entre les stratégies mobilisées par les animateurs, qu'elles soient d'ordre institutionnel (Cl. 1) ou relationnel (Cl. 4), apparaît plus franche que celles prévalant entre leurs actions concrètes auprès des agriculteurs, que celles-ci concernent les conduites de culture (CL. 2) ou les aménagements d'hydraulique douce (Cl. 3).

*Classification descendante hiérarchique des unités de contexte élémentaires
dendrogramme des classes stables.*



1.1.1. Classe 1 : la référence au cadre institutionnel de l'activité des animateurs

Le vocabulaire spécifique de cette classe (14.74 % des UCE retenues) se décline comme suit :

collectif(33)¹⁸, commune(30), élus(15), asso_agri(12), communauté_communes(21), canton(5), préfet(4), agence_eau(25), syndic_eau(9), contrats(30), contrat_rural(18), remembrement(9), rivière(14), volet_urbain(8), ouvrage_structurant(37), protection_personnes(10), études(42), ressource_eau(35), inondation(24), travail(60), maîtrise_ouvrage(9), maîtrise_œuvre(17), bassin_versant(43), territoire(15), local(13), formation(28), bac(6), parcours(5), poste(17), compétent(16), animation(19), maîtriser(16), gérer(20), diriger(4),

Il renvoie, de façon plus au moins explicite, au cadre de coordination institué dans lequel s'inscrit l'action des animateurs agricoles. On parle ainsi des *élus(15)*, de *l'Agence de l'eau(25)*, des *associations(12)* ou des *communautés de communes(21)*, des *syndicats d'eau(9)* qui constituent une sorte de cadre institutionnel et, par voie de conséquence, des *contrats(30)* passés avec différents commanditaires (Agence de l'eau, Conseil général,..). Sont énoncées également les types d'actions engagées (dans le cadre de ces contrats) : lancer des études, construire des *ouvrages_structurants(37)* (bassins d'orages) (en utilisant le cas échéant des remembrements en cours), veiller à l'état de la *rivière(14)*, gérer les eaux pluviales dans les zones habitées (*volet urbain(8)*). On parle également du périmètre des actions engagées (*bassin_versant(43)*, *territoire(15)*, *local(13)*), ainsi que de la question de la qualification de la fonction d'animateur (en charge de la réalisation des objectifs contractuels) (*formation(28)*, *bac(6)*, *parcours(5)*, *poste(17)*, *compétent(16)*,..).

L'inscription dans un cadre de coordination institué suggère en outre l'idée d'un pilotage des actions, comme le montre l'usage d'un vocabulaire de gestion (*maîtriser(16)*, *gérer(20)*, *maîtrise_ouvrage(9)*, *maîtrise_œuvre(17)*, *diriger(4)*) et parallèlement celle d'une contrainte vécue par les animateurs (*travailler(60)*, *obligation(7)*). On peut noter que parallèlement à la protection des inondations, émerge un autre enjeu fort, à savoir la préservation de la ressource en eau (en terme de qualité d'eau potable).

UCE caractéristiques de la classe 1 :

"On a signé un contrat avec l'Agence de l'Eau, c'est elle qui finance le poste d'animateur."

"Le périmètre d'intervention a été approuvé par le préfet, donc, le périmètre ici c'est le bassin versant géographique, c'est un secteur qui est délimité par arrêté préfectoral."

"Je travaille sur le territoire de la communauté de communes de Quillebœuf. Le poste d'animateur de bassin versant a été créé sur ces zones bien précises. Donc, l'enjeu, c'est de lancer la construction d'ouvrages structurants."

"Comment se fait il qu'on ait la compétence rivière ? Et bien parce que, à la construction du

¹⁸ Les parenthèses signalent le nombre d'occurrences dans le discours des animateurs rencontrés

syndicat, les élus ont été assez engagés là-dedans en disant, il faut qu'on travaille sur la rivière en même temps que sur les ruissellements."

"Ma collègue, elle s'occupe de tout ce qui touche au volet collectivités, en lien avec les communautés de communes. Moi, j'interviens plus en accompagnement sur les discussions sur certains secteurs avec les agriculteurs autour de leurs pratiques culturelles.

"Le volet urbain, c'est s'occuper de l'urbanisation en essayant de la repenser autour de la maîtrise des eaux pluviales."

1.1.2. Classe 2 : la référence à l'expertise agricole nécessaire pour conseiller les agriculteurs

Le vocabulaire spécifique de cette classe (18.07 % des UCE retenues) se décline comme suit :

couverts(35), couverture_sol(13), rotation_cultures(20), assolement(9), cultures(72), espèces(18), ruissellements(45), intercultures(77), moutarde(33), phacelie(8), lin(12), azote(12), nitrate(12), pratiques_agricoles(34), outil(16), modèle(11), diagnostic(32), argumentaire(15), observation(8), efficacité(9), implanter(18), permettre(38), détruire(16), utiliser(25), semer(7), intégrer(11), positionner_risque(20),

Nous sommes ici transportés dans le monde lexical d'une des deux principales activités concrètes des animateurs agricoles sur le terrain. Il s'agit de la gestion préventive des risques de ruissellements, au niveau des parcelles cultivées. Leur tâche consiste alors à proposer une *couverture des sols(35+13)* en hiver, une gestion appropriée des *assolements(9)* et des *rotations de cultures(20)*, la transformation des pratiques agricoles avec l'adoption d'outils nouveaux (favorisant le maintien de la cohésion du sol). Outre la question du choix des *espèces (18)*, que ce soit de la *moutarde(33)* ou de la *phacelie(8)*, pour l'implantation des *intercultures(77)*, l'action des animateurs nécessite de connaître les *pratiques_agricoles(34)*, d'autant qu'ils reçoivent l'injonction, de la part de l'Agence de l'eau qui est un de leur principal commanditaire,¹⁹ de mieux suivre l'effet de ces pratiques sur la gestion de l'eau, en termes *d'azote(12)* et de *nitrate(12)*). Cela explique leur souci d'établir un *diagnostic(32)* des pratiques de chaque exploitant, de conduire les *observations(8)* nécessaires, d'évaluer *l'efficacité(9)* des solutions proposées, et de développer *l'argumentaire(15)* ad hoc.

Le recours à un tel vocabulaire technique renvoie à l'enjeu exprimé par les animateurs d'acquérir les connaissances et les savoir-faire susceptibles de leur permettre de légitimer auprès des agriculteurs leurs actions sur le terrain, que ce soit pour positionner les risques de ruissellements sur les parcelles, pour *permettre(38)*, *implanter(18)* et *détruire(16)* les intercultures, pour *intégrer(11)* de nouvelles solutions techniques.

¹⁹ L'Agence de l'eau est un partenaire historique de la création des syndicats des bassins versants, axé sur la protection des biens et des personnes. Soucieuse de voir mieux prise en compte ses préoccupations, en matière de gestion de la ressource en eau, elle a récemment cherché à redéfinir, dans le cadre de la rédaction de contrats territoriaux, les missions de ces syndicats. L'intégration d'objectifs sur la gestion de la qualité de l'eau se traduit ainsi par une demande de suivi de certaines pratiques agricoles (contrôle des pulvérisateurs notamment).

UCE caractéristiques de la classe 2 :

"L'implantation des intercultures a pour but de favoriser les infiltrations dans le sol, cela piège également les nitrates. Il a donc un intérêt de couvrir les parcelles nues en période hivernale."

"En fonction des espèces, il y a peut-être plusieurs paramètres d'implantation, il faut aussi tenir compte de la culture suivante qui ne doit pas être pénalisée par la culture intermédiaire."

"On va peut-être avoir un petit peu plus de demandes sur la phacélie que sur la moutarde, parce que la moutarde peut poser des problèmes agronomiques, si elle est trop développée et détruite trop tard, et donc ça peut poser des problèmes à la culture suivante, tandis que la phacélie, elle se décompose un petit peu plus rapidement."

"Sur certains secteurs le mode de destruction principal, c'est le glyphosate, et donc ils voulaient voir si le fait de mettre des intercultures un peu partout, on n'augmentait pas les surfaces à traiter au glyphosate, s'il y avait une incidence et en fait la conclusion c'était qu'il valait mieux appliquer du glyphosate sur des intercultures que sur des chaumes."

"Le diagnostic d'exploitation, quels sont ses avantages ? Déjà ça permet de connaître un peu plus l'agriculteur et son exploitation et aussi comment il la gère son exploitation. Les premières informations que moi j'en tire, c'est sur la rotation des cultures, c'est-à-dire savoir sur telle parcelle, quelle culture va revenir, blé, colza, lin, s'il fait des pommes de terre ? Et en fonction de ça, ça permet aussi déjà de voir ses pratiques culturales, le matériel qu'il utilise, le temps qu'il passe sur ses parcelles, et comment il gère ses intercultures."

1.1.3. Classe 3 : l'accent sur la négociation locale des aménagements d'hydraulique douce

Le vocabulaire spécifique de cette classe (23.70 % des UCE retenues) se décline comme suit :

eau(54), coulées_boueuses(9), terre(25), parcelles(83), ferme(21), bâtiment(14), bétaires(13), zones_captage(18), route(14), intérêts(19), amont(26), aval(12), problèmes(71), ravine(18), solutions(20), projets(37), dossier_PRDR(24), forfait(6), fossé(20), haie(35), mare(57), talus(33), fascine(31), bandes_enherbées(50), boisement(15), foncier(14), entretien(12), norme(7), aménager(39), négocier(39), payer(14), aller(144), embêter(9), aboutir(7), accepter(8), curer(4), entretenir(4),

Alors que la classe 2 se référait à l'exercice d'une expertise sur la gestion du parcellaire agricole, afin qu'il soit moins ruisselant ou érosif, la classe 3 renvoie à la seconde activité majeure des animateurs agricoles sur le terrain, à savoir l'implantation d'aménagements d'hydraulique douce visant à limiter les ruissellements de surface (*eau(54), boues(9)*) ou les départs de *terre(25)*. Ces aménagements sont constituées d'obstacles naturels (*fossé(20), haie(35), mare(57), talus(33), fascine(31), bandes_enherbées(50), boisement(15)*). Ils sont implantés autour des parcelles agricoles(83), dans les corps de *fermes(21)* ou les *bâtiments d'élevage(14)*, dans les *zones de captage(18)* ou en *amont(26)* de *bétaires(13)* ou de

routes(14), c'est-à-dire dans des endroits sensibles où il importe de retenir l'eau afin de prévenir des risques de *coulées boueuses(9)* ou de pollution des eaux. La concrétisation de ces *projets(37)* d'aménagement implique que les agriculteurs concernés soient directement intéressés (*intérêt(19)*) par leur réalisation, parce que les ruissellements créent des *problèmes(71)* chez eux (sous la forme par exemple de *ravines(18)* dans les cultures). C'est donc la recherche de *solutions(20)* autour d'un problème commun qui suscite le dépôt d'un *dossier_PRDR²⁰(24)*.

Lorsqu'ils inscrivent leur discours dans ce registre lexical, les animateurs agricoles insistent sur l'enjeu *d'aller(144)*, sur le terrain, *négociier(39)* avec les agriculteurs. Ils soulignent la nécessité de se faire *accepter(8)* par eux, de ne pas les *embêter(9)* avec des projets dont ils ne voudraient pas. La réalisation des projets passent alors par l'obtention de subventions (*argent(10)*, *payer(14)*) et parfois par la prise en charge de *l'entretien(4)* des aménagements (taillage des haies,..) par le syndicat de bassin versant. L'implantation de l'hydraulique douce constitue ainsi une tâche délicate caractérisées par des négociations *foncières(14)* difficiles avec les agriculteurs et dont l'aboutissement peut être long.

UCE caractéristiques de la classe 3 :

"Il faut pas partir en disant on va faire ci, on va faire ça, peut-être commencer sur un petit projet, dire OK, vous voulez faire un bout de fossé pour canaliser les eaux qui coulent de la ferme pour les envoyer dans la vieille mare là, dans le fond. Et puis, au fur et à mesure, le gars tu discute et il va te faire ouais, c'est vrai qu'au final là haut j'ai un petit truc aussi machin... bon... là où j'étais le plus content on était partie pour faire un mare et au final ça s'est transformé en un projet global d'aménagement d'hydraulique douce."

"J'ai un exploitant qui exploite une parcelle en amont et qui souhaitait faire un aménagement. Il faut dire qu'il y a eu de longues discussions, mais comme il est en aval sur un autre bassin versant, il comprend le problème. Donc, on va mettre des fascines en amont, et puis en aval il y aura les talus busés qui vont être réalisés chez l'exploitant."

"Il avait des financements PRDR, des fonds européen, pour réaliser des petits ouvrages d'hydrauliques douce, sous forme de talus busés, de mares tampons, mais aussi pas mal de linéaires, de fossés talus, notamment pour prolonger le cheminement de l'eau ..."

"A certains moments, il faut signer une convention avec la SAFER, un accord de gré à gré, pour dire, voila, on va essayer de réserver des parcelles."

²⁰ Les Programmes Régionaux de Développement Rural (PRDR) sont des dispositifs d'aides publiques aux agriculteurs pour subventionner la construction de mares tampon, de talus ou fossés enherbés, de diguettes ou tout autre petit ouvrage de retenue pour lutter contre le ruissellement.

"On essayait d'avoir une réflexion sur la pérennité des ouvrages structurants et de limiter les coûts d'entretien, la sédimentation, essayer de retenir le ruissellement avec des haies, des fossés, des talus. Il faut alors trouver les arguments pour que l'entretien puisse se faire à moindre coût, pour l'agriculteur, qu'il y trouve lui-même un intérêt."

1.1.4. Classe 4 : la valorisation du réseau de relations et de conseils mobilisé

C'est de loin le registre lexical le plus souvent utilisé par les animateurs, puisque le vocabulaire spécifique de cette classe représente (43,49 % des UCE retenues).

chambre_agriculture(130), animateurs_agricoles(97), syndicat_BV(105), techniciens_rivière(14), experts_areas(28), conseil_general(20), services_Etat(18), conseillers_agri(21), technicien_filière(25), coopératives(13), comité_pilotage(10), groupe_agri(26), operations(32), démarches_administratives(21), relations(23), réseau(17), réunions(85), temps(79), informations(68), communication(27), messages(25), techniques(59), connaissance(14); parler(66), venir(66), être-au-courant(16), entretenir_des_contacts(57), participer(16), rencontrer(18), donner_des_conseils(19), arriver(74), assister(9), communiquer(12), contrôler(12), convaincre(15), entendre(20), inviter(11), organiser(19), réunir(13), emettre_des_avis(15),

Alors que la classe 1 renvoyait au cadre institué dans lequel gravite l'action des animateurs agricoles (communautés de communes, Agence de l'eau, bassin_versant, contrat..), le monde lexical de la classe 4 explicite les réseaux relationnels mobilisés par les animateurs pour conduire leur action. Pour ce faire, ils ont besoin d'acquérir des *connaissances(14)* et des *techniques(59)*, ainsi que plus largement des *informations(68)* sur la gestion préventive des ruissellements sur les petits bassins versants agricoles. Il leur faut *être-au-courant(16)*, afin de pouvoir *communiquer(12)* et *conseiller(19)* les agriculteurs. Il s'agit donc pour eux *d'entretenir_des_contacts(57)*, à tous les niveaux, avec différentes sources d'information. En premier lieu, la *chambre d'agriculture(130)*, mais aussi les autres *animateurs agricoles(97)*, les *experts de l'AREAS(28)*. En retour, il peuvent diffuser les messages appropriés sur la prévention du risque aux agriculteurs, que ce soit dans le cadre de *réunions collectives(25)* ou de *groupes d'agriculteurs(26)*, ou encore sous la forme d'un démarchage plus individuel (très coûteux en *temps(79)*) auprès de chaque agriculteur pour les *rencontrer(18)*, leur *parler(66)*, les *entendre(20)* et tenter de les *convaincre(15)*. Les animateurs agricoles insistent tous sur l'importance du *réseau(17)* de *relations(23)* qu'ils entretiennent pour *arriver(74)* à leurs fins. L'action des agriculteurs ne consiste en effet pas seulement à constituer un carrefour d'information, elles prend aussi la forme *d'opérations(32)* concrètes (Fertimieux, intercultures, dossier PRDR ou PMPOA²¹) dans le cadre desquels ils interviennent comme intermédiaires

²¹ Programme de Maîtrise des Pollutions d'Origine Agricole

des *services de l'Etat*(18) pour *assister*(9) les agriculteurs dans le montage de dossiers²² (*démarches administratives*(21)), ou pour évaluer le respect de certaines mesures²³. Ces opérations nécessitent une mise en cohérence des prescriptions qui s'adressent localement aux agriculteurs. Cela conduit les animateurs agricoles à tisser des liens avec les *conseillers agricoles*(21) et les *techniciens de filière*(25) ou de *coopérative*(13), afin d'harmoniser leur point de vue sur les recommandations à faire sur les conduites de cultures.

UCE caractéristiques de la classe 4 :

"Il faut développer les démonstrations, les vitrines d'intercultures, parce que je pense que ça marche mieux que des messages techniques sur papier."

"Un agriculteur n'est pas vraiment influencé par les conseils du syndicat de bassin versant, c'est surtout son technicien habituel qui va le convaincre d'adopter une nouvelle pratique."

"Quand on organise des journées de communication, on prévient aussi les autres animateurs de syndicats de bassin versant pour qu'ils puissent y assister."

"Cette vitrine d'intercultures, on a invité les agriculteurs, mais aussi les techniciens de filière, donc les négoce et les coopératives. Et donc ils étaient intéressés, je pense qu'ils ont appris quelque chose aussi."

"La chambre d'agriculture, pour la plupart des syndicats de bassins versants, assiste en fait aux comités de pilotage des opérations d'aménagement."

"On apprend sur le tas, par le réseau en fait : l'AREAS, la Chambre d'agriculture, les autres animateurs agricoles. En fait, c'est quelques personnes dans le réseau des animateurs agricoles. On choisit les plus proches, mais cela peut être d'autres."

"On a fait un groupe avec des agriculteurs pionniers, qui connaissent bien le terrain, qui sont moteurs pour les actions, et puis après, c'est un effet d'entraînement autour d'eux."

²² Comme c'est le cas des demandes de subvention pour les aménagements d'hydraulique douce dans le cadre de la procédure PRDR.

²³ Certains animateurs sont ainsi appelés à donner leur avis sur les mesures PMPOA qui est une procédure d'aide à la mise aux normes environnementales des bâtiments d'élevage,

1.2 L'identification de différences dans les priorités exprimées par les animateurs

Si l'analyse des différentes classes lexicales contribue à expliciter les différentes thématiques liées à l'exercice de l'activité des animateurs agricoles, que ce soit le cadre institutionnel dans lequel elle s'inscrit, son contenu et les différents acteurs qu'elle implique, pour la rendre plus efficace et légitime, elle permet aussi de constater que, soumis à une même grille d'entretien et à un même moment, les acteurs n'ont pas les mêmes priorités, dans la mesure où les mondes lexicaux utilisés diffèrent. C'est ce que montre l'analyse factorielle de correspondances (cf. figure 1) qui permet de visualiser, dans un espace à deux dimensions, une représentation des différents positionnements des animateurs agricoles selon l'importance qu'ils donnent à tel ou tel registre rhétorique. En pointant les différentes approches qu'ont les enquêtés d'une même question, les analyses lexicales par Alceste associent souvent l'existence de "mondes sociaux" en relation profonde avec les "mondes lexicaux". En étudiant le discours de 24 dirigeants d'entreprise de la région marseillaise sur leur ancrage territorial, Pierre-Paul Zalio (2004) montre que les différentes classes lexicales recensées donnent à voir la grammaire de mondes sociaux relativement cloisonnés entre eux.²⁴

Dans le cas qui nous occupe, si le graphe visualise des positionnements distincts des animateurs agricoles, selon les mots qui reviennent dans leurs discours, les mondes rhétoriques n'incarnent pas pour autant des mondes sociaux distincts, puisque les animateurs partagent en fait les mêmes préoccupations et les mêmes pratiques. Leur différence paraît plus subtile et fonction des priorités que chacun donne à leur action, selon qu'ils la situent plutôt du côté des intercultures ou de celui des aménagements d'hydraulique douce, ou encore, en privilégiant la relation directe avec les agriculteurs ou l'élargissement de leur réseau relationnel pour avoir un impact plus global sur leurs pratiques. On s'aperçoit ainsi que certains d'entre eux (bassins versants H, F, G) sont centrés sur la relation de proximité avec les agriculteurs, alors que d'autres (bassins versants E, B, J) mettent l'accent sur la coordination avec les différents protagonistes du territoire pour influencer sur les pratiques agricoles.

- Dans le premier cas, on peut néanmoins distinguer le cas de l'animateur du bassin G surtout préoccupé par des négociations difficiles avec les agriculteurs et les élus pour implanter des aménagements d'hydraulique douce ou des bandes enherbées en amont de zone de captage ou de bétoures (failles karstiques dans le sol favorisant

²⁴ Son analyse met en évidence un monde de patrons centrés sur le port et la famille, un autre de chefs de très petites entreprises pour lequel le choix de localisation est lié à la présence d'entreprise clientes, une autre enfin dont l'activité économique est en tension entre le niveau local (Marseille) et le niveau national voire internationale.

l'écoulement des ruissellements de surface dans les nappes phréatiques), de celui du bassin H qui cherche à développer une expertise agronomique sur les intercultures en s'associant avec des acteurs disposant d'une expertise sur les pratiques agricoles (Chambre d'agriculture, Institut technique, Coopératives).

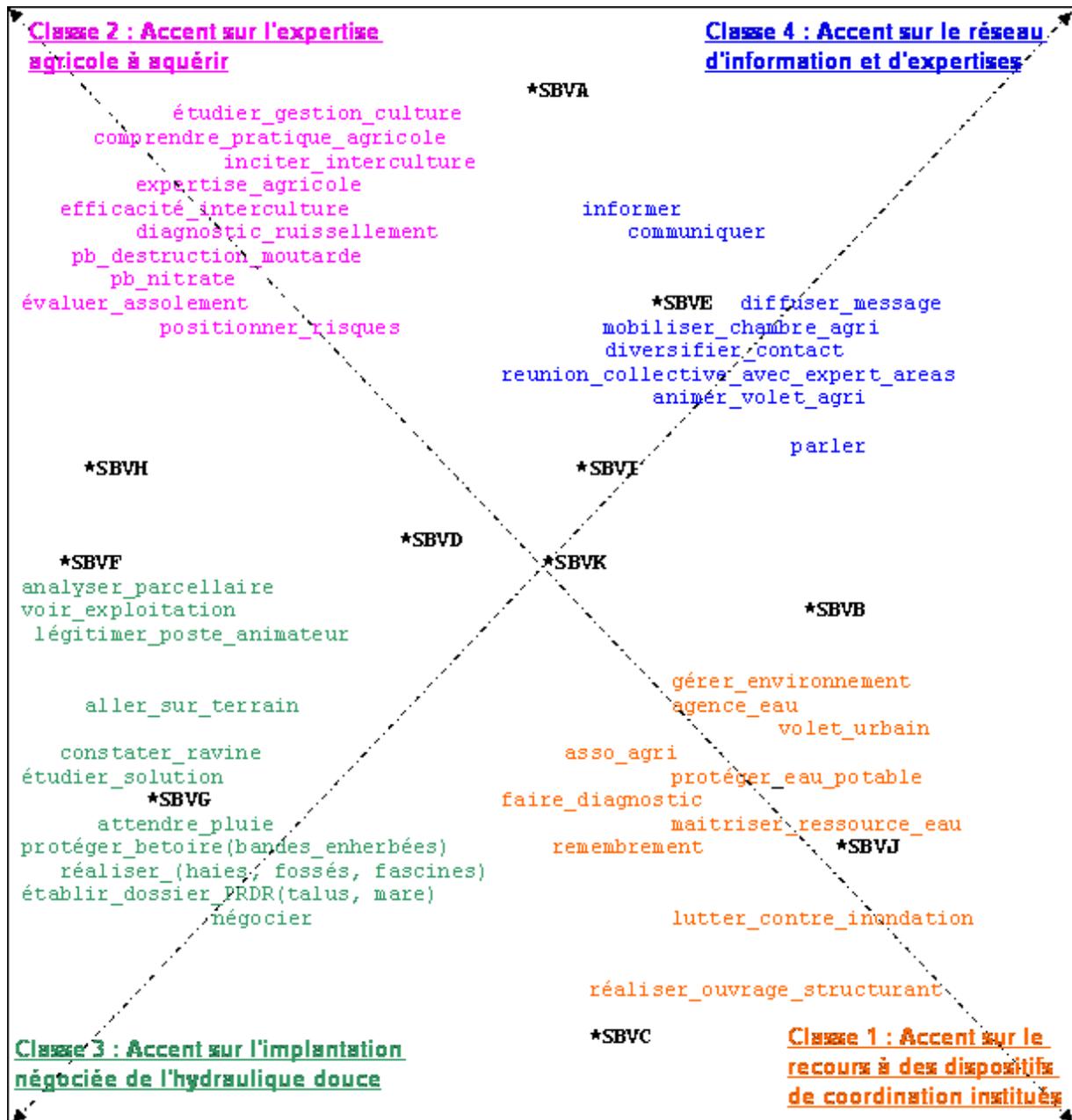
- Dans le second, il faut distinguer la logique relationnelle de l'animateur du bassin E qui élargit son réseau de relation sur tous les plans, en cherchant à développer une politique active de communication, des bassins B et J qui inscrivent tous deux leur action dans un contexte institutionnel bien établi (contrat rural du parc régional pour le premier et SAGE pour le second).

Les bassins versants situés au centre du graphe (bassins versants D, K et I) ont plutôt tendance à concilier les différentes approches, avec des nuances cependant. Alors que l'animateur du bassin K met, sur un même plan, son action auprès des agriculteurs et la mobilisation ou la coordination d'un vaste réseau d'acteurs, l'animateur du bassin D a plutôt tendance à insister sur le premier aspect alors que l'animateur du bassin I valorise aujourd'hui le second aspect. Tous bénéficient cependant d'un cadre institutionnel et relationnel bien assis : le bassin D fait l'objet d'un contrat rural avec un animateur agricole (ancien ingénieur de la chambre d'agriculture) très expérimenté ; le bassin K fait lui aussi l'objet d'un contrat rural avec là encore un animateur très expérimenté, s'appuyant en outre sur une association d'agriculteurs très active ; enfin, l'animateur du bassin I inscrit son action, en relation étroite avec l'Agence de l'eau, dans un programme d'action financé par le Ministère de l'Environnement, pour expérimenter des solutions concrètes auprès des agriculteurs, en termes de conduites de cultures moins ruisselantes et d'aménagement d'hydraulique douce dans les parcelles.

Les animateurs des bassins versants A et C ne peuvent pas vraiment être discriminés selon leur mode d'action plus local ou global. Ils se distinguent en revanche par leur positionnement au regard du cadre institutionnel prévalant sur le territoire (ainsi le syndicat A refuse la politique contractuelle de l'agence de l'eau), et des thématiques privilégiées (l'animateur rencontré, ingénieur agricole, a plus insisté sur les modifications de culture, d'autant plus qu'étant sur le départ, les négociations de long terme sur les aménagements d'hydraulique douce étaient moins dans ses préoccupations). A l'opposé, l'animateur du bassin versant C s'est focalisé sur les aménagements d'hydraulique douce, en s'appuyant sur des conventions négociées avec la SAFER (notamment dans le cadre de remembrements), sachant que parallèlement l'implantation des intercultures s'inscrivaient dans le cadre institutionnel d'une opération d'envergure régionale (Fertil et Caux).²⁵

²⁵ L'opération Fertil et Caux est née en 1993 avec pour objectif initial de mettre en place des mesures pour préserver les ressources de l'agglomération havraise sur les bassins d'Yport et de St Laurent. Elle s'est axée

Figure 1 : Positionnement des animateurs selon les registres lexicaux privilégiés dans leur discours



2. L'explicitation des ressorts de l'expertise des animateurs

2.1 La recension des "prises" liées à la gestion préventive des ruissellements

Comme nous l'avons introduit plus haut, nous avons utilisé un outil de visualisation graphique des liens qu'entretiennent les animateurs avec des repères matériels (intercultures, hydraulique

autour de 4 objectifs : mieux raisonner la fertilisation azotée, couvrir les sols en hiver, raisonner l'emploi des produits phytosanitaires, améliorer l'aménagement hydraulique. Le comité Fertil et Caux comprend la Chambre d'agriculture, l'Agence de l'Eau Seine Normandie, la ville du Havre, le Conseil Général et la Fédération des Collectivités de l'Eau.

douce...), cognitifs (dossiers_PRDR, notation_cultures,...), pratiques (expérimentations, négociations, coordinations) et humains (Chambre d'agriculture, AREAS, élus,...) pour conduire leur actions auprès des agriculteurs et la rendre la plus efficace possible. Il s'agit donc de répertorier tout un ensemble de référents matériels, cognitifs et relationnels, que nous nommons des "prises" sur la gestion du risque de ruissellement sur les territoires agricoles, qui participent directement de la construction d'une autorité d'expertise en la matière et qui leur permettent d'influer sur les décisions prises localement. L'enjeu de l'analyse ne consiste donc pas seulement de lister des objets et des personnes, mais bien de lire les rapports différenciés que les animateurs entretiennent avec eux. Avant d'exploiter les graphes, il a fallu préparer le codage, ce qui permet justement d'énumérer toutes les prises potentielles telles qu'elles reviennent dans le discours des enquêtés.

D'abord, une première lecture des données propose une catégorisation du corpus, par des catégories générales construites *a priori* sur la base des thèmes proposés dans les entretiens. Nous avons ainsi distingué ce qui relevait du volet agricole du volet hydraulique, en spécifiant les actions des animateurs en la matière, les contraintes qui les entravaient et les ressources dont ils disposaient. Nous avons ensuite cherché à appréhender les premières réactions face au déploiement d'outils issus du programme RDT,²⁶ et les connexions possibles avec les enjeux de la fonction d'animation agricole sur le terrain.

A ce titre, nous sommes limités à la problématique de la diffusion du guide des bonnes pratiques culturelles, dénommé *diagnostic d'exploitation*, conçu par l'AREAS, en collaboration avec les chambres d'agriculture de Seine Maritime et de l'Eure, car c'était alors le seul outil, issu du programme RDT, qu'ils avaient commencé à utiliser. La diffusion de l'outil STREAM était, au moment des entretiens (été 2006) encore très confidentielle, puisque seuls deux des animateurs rencontrés en avaient entendu parlé et se disait prêt à l'utiliser. Il faut préciser que, dans un cas, il s'agissait d'un animateur historiquement très impliqué dans des relations avec les ingénieurs des chambres d'agriculture et de l'AREAS et les scientifiques de l'INRA, et dans l'autre cas, d'un animateur impliqué dans un projet d'envergure visant à mettre en pratique tout un ensemble de techniques et d'outils issus de la recherche et du développement, autour de l'enjeu de diminuer les ruissellements érosifs. Les indicateurs et outils de diagnostic de ruissellement à la parcelle étaient alors en cours de validation.²⁷ De fait, la définition des catégories générales reste fluctuante, car elle est dépendante de la réalité des réponses des enquêtés aux thématiques qu'elles proposent.

²⁶ Il s'agissait d'évaluer en quoi ces outils sont susceptibles de constituer des "prises", c'est-à-dire des ressorts de l'expertise des animateurs.

²⁷ L'absence de référence explicite aux outils n'interdit pas cependant d'explorer en quoi ceux-ci seraient susceptibles de constituer dans un futur proche des référents cognitifs important pour les animateurs. En effet, la

Une deuxième étape de codage a conduit à introduire des mots-clés repérés *a posteriori* dans le discours de chaque enquêté, et qui précisent, cas par cas, la signification individuelle des catégories générales communes. Ainsi, par exemple, lorsque les animateurs détaillent les *actions sur les conduites de cultures* (catégorie générale), ils déclarent administrer les opérations d'intercultures (mot clé : *admin_ic*), participer à des expérimentations avec l'AREAS et la Chambre d'agriculture (*expérimentations_CA_AREAS*), monter des vitrines d'intercultures (*vitrine_expé*) ou des réunion d'information (*carrefour_info*). En revanche, lorsqu'ils s'expriment sur les aménagements d'hydraulique douce, ils appuient leur action sur des agriculteurs pionniers (*agri_pionniers*) ; entament des négociations de longue haleine avec la SAFER (*négo_lgterme_safer*), montent des dossiers de subvention (*dossiers_prdr*). Nous avons recensé dans le tableau suivant les catégories générales construites a priori en lien avec les mots clés identifiés a posteriori :

Catégories générales (définies a priori)	Mots-clés (construits a posteriori en fonction des réponses)
Actions Conduites de Culture	Suivi_pratiques ; notation_cultures ; admin_ic ; vitrine_expé ; carrefour_info ; expérimentations_CA_AREAS ; explorer_cc ; expertise_agro ; agri_pionniers ; tech_filiere ; repérage_pb
Contraintes Conduites de Culture	données_agri ; stratégie_CA ; articulation_pac ; financement_ext ; délais_DDA ; individualisme_agri ; expertise_phyto ; tech_filiere anim_coll_agri ; expertise_agro
Ressources Conduites de Culture	expertise_CA ; asbv_voisins ; agri_pionniers ; chasseurs ; réglementation ; élu_agri ; proximité_agri ; coord_int_sbv ; simplicité_ic ; contrat_rural
Actions Hydraulique Douce	agri_pionniers ; protection_captage ; périmètre_limité ; négo_lgterme_safer ; dossiers_prdr ; accompagnement ; liaison_hd_ouv ; entretien_hd ; financement_int ; hd_linéaire ; proximité_agri ; démarchage_ind ; intéressement
Contraintes Hydraulique Douce	individualisme_agri ; pas_moyen_pression ; oubli_inondations ; safer ; stock_foncier ; élu_agri ; stratégie_ca ; délais_dda ; critères_dda ; délais_dup ; agence_eau ; syndicat_eau ; financement_ext ; rsbv_passif ; entretien_hd
Ressources Hydraulique Douce	élus ; élu_agri ; convention_safer ; remembrement ; stock_foncier ; liaison_hd_ouv ; coord_int_sbv ; image_agri ; agri_pionniers ; pb_pour_agri ; proximité_agri ; asbv_voisins ; agence_eau ; chasseurs ; expertise_mixte_areas ; asso_agro ; réglementation ; dossier_prdr ; forfait_hd_dda ; financement_int ; financement_ext ; contrat_rural ; intéressement ; outil_carto ; expertise_ruis
Enjeux et Stratégies adoptées	Explorer_cc ; agda ; tech_filiere ; expertise_agro ; stock_foncier ; action_média ; expertise_ruis ; volet_urbain ; protection_captage ; périmètre_limité ; agence_eau ; chagt_mission_sbv ; expertise_phyto ; démarche_globale ; liaison_hd_ouv ; élus ; proximité_agri ;
Réactions usage diagnostic	Diag_chasse_simple ; chasseurs ; co_conception ; support_dialogue ; révélateur_info ; expertise_agro ; vision_globale_exp ; expertise_mixte_areas ; démarche_lourde ; pas_lien_pb_solutions ; pas_hiérarchie_pb ; articulation_pac ;

recension des "prises" constitutives de leur expertise permet justement d'évaluer la nature des connaissances nécessaires à leur action et qui peuvent être apportées par de tels outils. Nous reviendrons sur cette question un peu plus loin.

Une troisième étape enfin traitée, de manière automatique et pour chaque catégorie générale, le lexique de l'ensemble des entretiens, de façon à lier dans un même graphe les individus et les mots clés. C'est ce que nous allons détailler dans les paragraphes suivants.

2.1 Le volet Evolution des Conduites de Culture

2.1.1. Les différentes modalités d'action recensées sur le territoire

Nous avons explicité dans le chapitre précédent le contenu de l'action des animateurs, celle-ci prend néanmoins des formes différentes selon les bassins versants, comme nous allons le présenter. Cinq animateurs (K, H, I, D, A) se détachent globalement dans le graphique (cf. figure 2) du fait de la taille des ronds qui exprime l'importance du thème dans leur discours. Il s'agit en fait d'animateurs disposant d'une compétence agricole (K, D et A sont ingénieurs) ou s'impliquant fortement dans l'acquisition d'une expertise en la matière (H et I). En revanche, les animateurs B et C sont en retrait, ce qui est logique si l'on considère qu'il s'agit d'animateurs polyvalents qui ne sont pas responsables, comme les autres, du développement du volet agricole (l'animateur C est impliqué indirectement via le programme Fertile et Caux). On distingue sur le graphique quatre grandes modalités d'action vers les agriculteurs, visant à les inciter à faire évoluer leurs conduites de culture en faveur de pratiques moins ruisselantes.

1. la constitution d'un groupe d'agriculteurs pilote (rectangle orange) : celle-ci est adoptée de façon explicite par trois animateurs agricoles (A, E, C) à la fois pour expérimenter de nouvelles pratiques et opérer comme un effet d'entraînement auprès des autres agriculteurs du secteur. Un animateur explique : *"On a mis en place un groupe de 40 agriculteurs moteurs qu'on réunit environ deux fois par an, pour discuter des résultats du volet agricole et orienter les actions pour l'année suivante."* Un autre animateur confirme : *"On s'appuie toujours sur des gens qui connaissent bien le terrain et qui sont moteurs pour les actions."*
2. la dynamique de co-construction avec les agriculteurs (ellipse bleue) afin de pouvoir articuler plus étroitement la diffusion de nouvelles connaissances et les attentes des agriculteurs en matière d'aménagement des cultures. Celle-ci peut être corrélée à la mise en place d'un groupe d'agriculteurs, comme l'explique un animateur : *"J'ai un groupe d'agriculteurs qui me sert de relais. moi j'attends d'eux un échange pour connaître leur préoccupation et développer des choses qui correspondent à leurs attentes."* Cette démarche correspond au passage d'une logique de transfert vers une logique d'appropriation plus active des connaissances par les agriculteurs. Un autre animateur remarque, à ce titre : *"Au début je disais : vous devriez biner!! Maintenant,*

j'essaie de cerner ce qu'ils font sur leur parcelle pour voir si le binage serait envisageable ou pas. Avant, j'avais tendance à vouloir imposer. Aujourd'hui, je cherche plutôt à savoir ce qu'ils font comme technique et si dans leur façon de faire on pourrait introduire cette technique." Cette logique de co-construction nécessite cependant une forte implication de la part de l'animateur, car elle est concomitante à un suivi rapproché des pratiques, afin de pouvoir réfléchir avec les agriculteurs sur l'évolution de leurs pratiques sur la base d'une connaissance affinée de celles-ci.

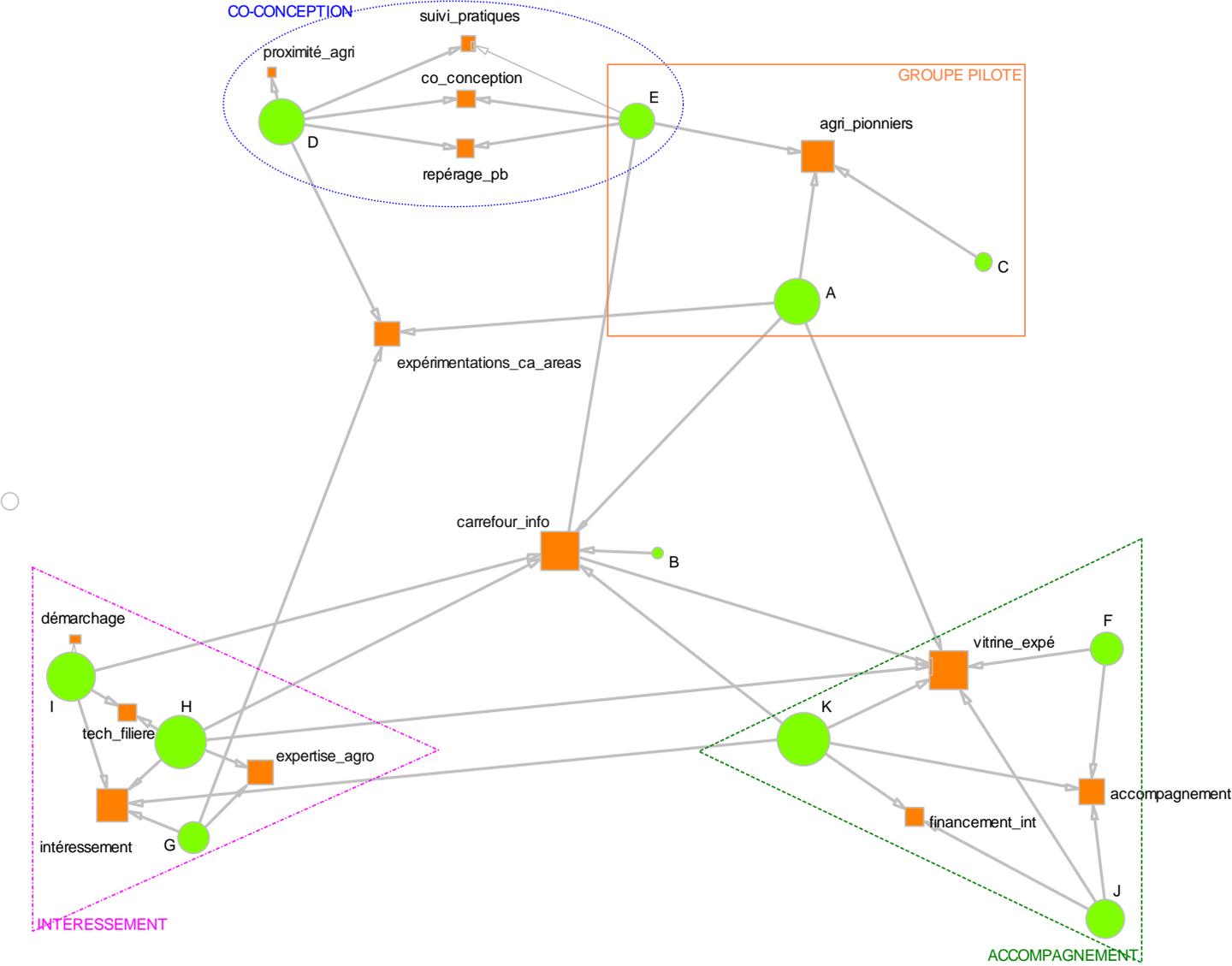
3. l'accompagnement d'initiatives locales (rectangle vert) est ainsi choisi par d'autres animateurs (K, F, J). De telles initiatives sont souvent précédés d'expérimentations pilotes, comme le remarque un animateur : *"On a une dizaine d'exploitants qui ont acheté une bineuse, à la suite d'essais qu'on faisait depuis quelques années et qui prouvaient que ça ruisselait moins sans qu'il y ait un manque à gagner sur la culture. Il a cependant fallu enlever toutes les contraintes, au niveau du matériel et du temps qu'on y passe. On a même réussi à avoir un financement sur l'achat d'une bineuse, financée à 50%."* De fait, les vitrines d'expérimentations servent souvent de support à de telles logiques d'accompagnement ; elle peuvent en outre déboucher sur la mise en place de groupes d'agriculteurs pilotes (A) pour élargir l'expérimentation, ou d'un dispositif de co-conception (E). L'élément d'incitation déterminant reste cependant l'attribution de subventions, pour inciter les agriculteurs au changement de leurs pratiques.²⁸ De nombreux animateurs insistent sur l'effet de levier important que constitue le financement des opérations ; l'un d'entre eux déclare même que lui, rien ne se ferait : *"Vous pouvez arrêter l'opération de financement de cultures intermédiaires aujourd'hui, il restera, on va dire, un dixième des surfaces, ça c'est certain!"*.
4. l'intéressement d'agriculteurs parfois réticents au changement (triangle fuchsia). par le développement d'un argumentaire économique et technique, visant à démontrer les avantages (ou du moins l'absence d'inconvénients) à modifier les pratiques agricoles. Un animateur explique ainsi : *"Les agriculteurs ont tendance à voir les intercultures comme une contrainte. Je leur explique que c'est aussi un bon piège à nitrate et donc ça fera ça en moins à apporter pour la culture suivante au niveau fertilisation azotée, il faut raisonner économiquement comme eux."* L'argumentation économique les conduit à s'allier avec les techniciens de filières ou de coopératives pour tenter de concilier les impératifs économiques que ceux-ci diffusent auprès des agriculteurs

²⁸ A ce titre, les opérations d'implantations d'intercultures ont connu un fort développement en Seine Maritime, grâce aux subventions de l'agence de l'eau.

avec la gestion préventive des ruissellements qu'ils cherchent à impulser. Un autre animateur remarque ainsi : *"Au début, Terre de lin, ils ramaient carrément à l'envers de nous, en disant, surtout il ne faut pas faire de moutarde avant un lin, et nous on essayait d'en faire faire. On s'est mis d'accord sur un protocole d'expérimentation des intercultures, ils ont mené des essais et on a eu des résultats cette année qui sont probants."* L'intéressement économique est de fait indissociable de la construction d'un argumentaire technique susceptible de convaincre les agriculteurs. Certains animateurs expriment ainsi leur souci de développer une expertise plus agronomique. Un troisième animateur poursuit : *"On a réalisé des profils culturaux pour montrer les différents types de systèmes racinaires en fonction de couverts d'intercultures. Cela permet de montrer que la couverture végétale a aussi un effet au niveau de sous-sol, parce que souvent on a des sols qui sont très compactés très durs, donc ça casse un petit peu cette compaction..."*.

Si ces différentes modalités d'action apparaissent assez clairement dans le discours des animateurs, elles n'en sont pas pour autant exclusives. La frontière entre la mise en place d'un groupe pilote et le processus de co-conception revendiqué par certains est relativement floue, puisque la première alimente souvent le second. Réciproquement, les échanges avec les agriculteurs pionniers de ces groupes sont généralement emprunts d'une réflexion commune, pour penser l'identification des problèmes et l'expérimentation des solutions. De même, la nuance entre un accompagnement du changement, via des financements complémentaires, et celle d'un intéressement économique à l'introduction de pratiques de culture moins ruisselantes, est elle aussi assez ténue. Dans les deux cas, l'argumentation est économique même si elle s'appuie sur des éléments différents. Enfin, il est bien sûr une modalité d'action que presque tous les animateurs partagent, à différents niveaux, qui est celle d'être un relais d'informations pour les agriculteurs (les vitrines d'intercultures en constituent d'ailleurs l'expression tangible). On peut noter une relation privilégiée de l'AREAS avec trois bassins versants (D, A, G) pour conduire ses expérimentations, mais celle-ci semble s'expliquer par leur proximité géographique avec le siège de cette association (St Valery en Caux), ce qui facilite les déplacements.

Figure 2 : Action Animateurs Agricoles sur le volet Evolution des Conduites de Cultures



2.1.2. Les contraintes rencontrées par les animateurs

Le premier obstacle que rencontrent les animateurs dans leurs rapports avec les agriculteurs réside dans la difficulté qu'ils ont à rentrer dans le détail de la connaissance de leur exploitation. L'accès aux données agricoles²⁹ collectées par les enquêtes administratives ne leur est en effet pas permis du fait de la confidentialité attachée à ce type d'informations. Un animateur nous explique ainsi : *"la difficulté, c'est que l'information sur les agriculteurs, on l'a pas. Les services de la DDA³⁰ ont de l'information, parce que c'est eux, qui ont les dossiers, la Chambre d'Agriculture aussi mais si l'agriculteur n'a pas signé un papier disant: j'autorise à diffuser les informations, nous on peut pas avoir l'information."* Le problème est réel comme le remarque un autre animateur, pourtant bien intégré dans de multiples réseaux d'échange : *"l'Agence de l'eau nous demande aujourd'hui de faire en fait un état des lieux, sur plusieurs volets (assainissement, agricole, etc..). Cela exige d'obtenir un certain nombre de données auprès de différents organismes. Mais, ils ont énormément de mal à nous donner des informations. Du coup, ça nous bloque!!"* L'acquisition des données agricoles est de fait un enjeu stratégique pour une fonction dont la légitimité repose justement sur sa capacité à diffuser et à valoriser localement les informations obtenues sur la prise en charge du risque de ruissellements érosifs. Les animateurs se sentent ainsi démunis vis-à-vis de statistiques régionales sur les intercultures³¹, qui contredisent parfois la vision qu'ils en ont sur le terrain. Mais, c'est surtout dans leur action au quotidien, que ce problème de diffusion des données se fait sentir. Ce n'est que par un travail de longue haleine, avec des visites régulières chez les agriculteurs, qu'ils compensent l'incomplétude des données accessibles. Cette opacité de l'information pénalise aussi fortement leur capacité de négociation, comme l'explique un animateur: *"L'agriculteur, s'il fait quelque chose avec la Chambre et que la Chambre nous le dit pas, on ne peut pas le savoir. Moi, il y a des choses sur le bassin versant qui sont faites comme ça, et je suis pas au courant, je l'apprends plus tard. Il y a plein d'informations qui nous viennent de la Chambre,³² mais il y a aussi des informations qui ne passent pas."*

²⁹ Problème exprimé par 6 animateurs sur 11.

³⁰ Direction Départementale de l'Agriculture

³¹ Celles-ci constituent la partie visible de leurs actions, ils sont donc particulièrement attentifs à la justesse des informations transmises. Or la connaissance incomplète des données utilisées dans l'établissement des bilans régionaux suscite, de leur part, des interrogations sur les aspects pris en compte dans l'évaluation.

³² La Chambre d'agriculture est en effet un partenaire privilégié des animateurs agricoles, vers lesquels celle-ci diffuse de nombreuses informations de toute nature. Nous verrons justement dans le paragraphe suivant que la Chambre d'agriculture constitue une ressource importante pour obtenir des informations sur les agriculteurs.

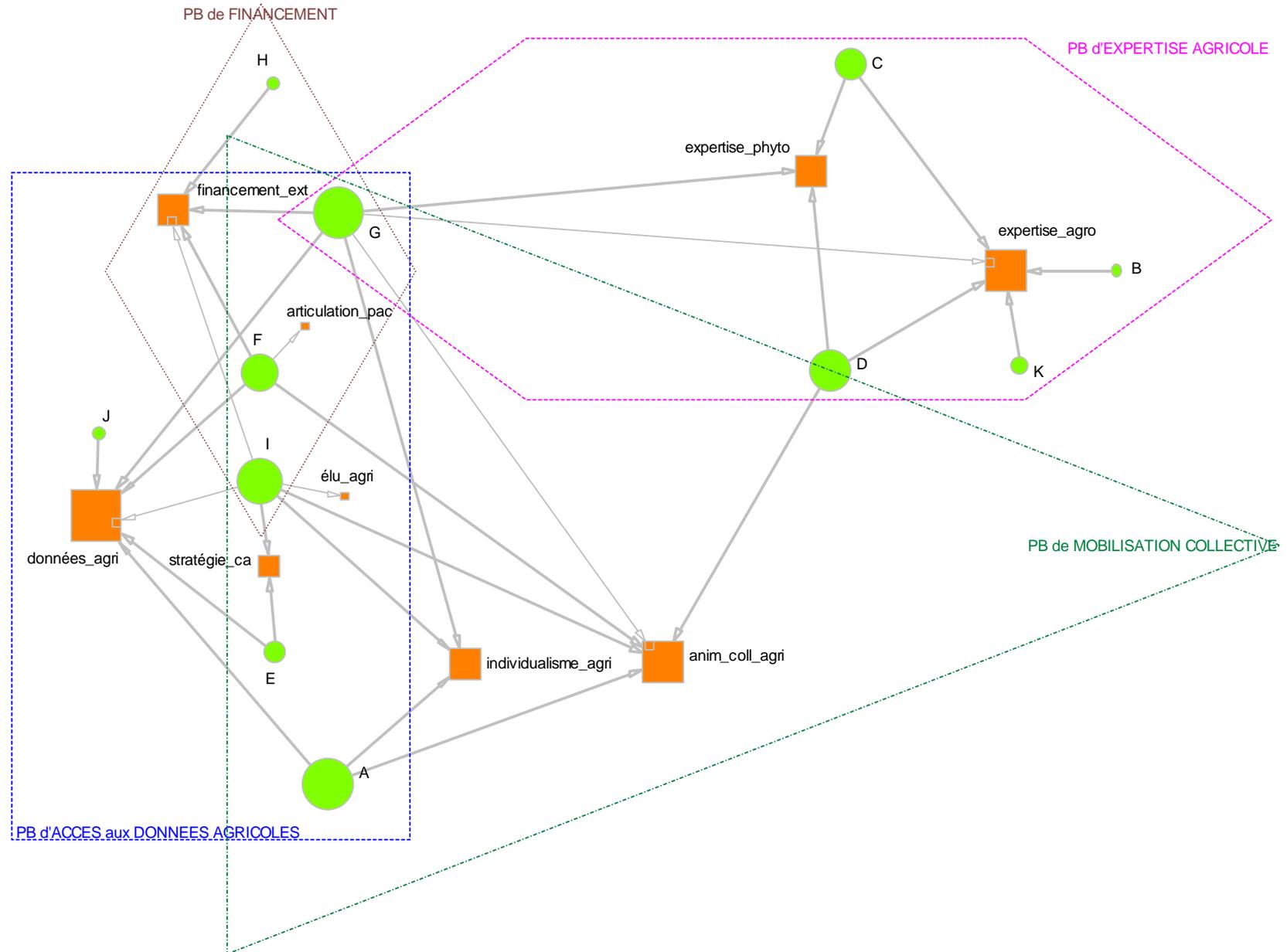
Un autre problème exprimé par de nombreux animateurs réside dans le manque d'expertise agricole qu'ils ressentent face aux agriculteurs. Si ce problème peut être compensé par un dialogue constant avec eux, il devient plus prégnant suite aux injonctions de l'agence de l'eau d'élargir le volet Conduites de Cultures aux contrôles des effluents chimiques. Un animateur (pourtant très expérimenté) remarque à ce propos : "*Faire de l'animation pour réduire tous les types pollution de l'eau sur le bassin versant, ça veut dire qu'on va toucher à la fertilisation, ça veut dire qu'on touche aussi aux pratiques phytosanitaires, et là, ça demande de compétences techniques hyper précises, qui ne sont pas de la capacité de l'animateur agricole.*" La question de l'expertise agricole des animateurs apparaît donc centrale, si l'on considère que leur capacité de négociation est liée à la possession d'arguments économiques³³ mais aussi techniques pour convaincre les agriculteurs.

Le troisième problème concerne le partage des responsabilités et la mobilisation collective pour améliorer la prévention des risques. En révélant l'impact négatif de certaines pratiques agricoles sur le ruissellement, celle-ci en appelle à une réorganisation des activités, sous la forme notamment d'une gestion concertée des assolements. Mais, comme le constate Stéphane Cartier (2002), la plupart des agriculteurs "dénient son efficacité technique compte tenu des exigences particulière de chaque exploitation et de l'individualisme supposé des agriculteurs cachois. Il est remarquable de constater combien les agriculteurs eux-mêmes intègrent l'individualisme de leurs collègues comme une limite infranchissable." (p. 119)

La situation ne semble avoir guère changée puisque l'individualisme des agriculteurs continue de s'ériger, encore aujourd'hui, en obstacle majeur de la mobilisation collective autour d'une gestion concertée du risque de ruissellements. Un animateur résume ainsi le problème : "L'assolement concerté oui, c'est clair que bon, ils aimeraient bien qu'on travaille là-dessus, mais maintenant il faut être franc, je ne suis pas sûr que dans la profession agricole, ils soient prêts à être solidaires entre eux. Il faut reconnaître que ce n'est pas facile de dire à quelqu'un : Eh bien! Cette année, tu ne cultives pas ça, parce que ton voisin il fait ça. Ils ont quand même leurs petites habitudes et puis, un gros changement comme ça, ils ne sont pas si prêts que ça."

³³ La contrainte de financement est d'ailleurs mise en avant par quatre animateurs.

Fig 3 : Contraintes rencontrées par les animateurs sur le volet Evolution des Conduites de Cultures



2.1.3. Les ressources rencontrées par les animateurs

Ce qui apparaît de prime abord, c'est la ressource importante que constitue l'inscription de l'activité de l'animateur agricole dans un contrat rural. Les deux animateurs concernés (D et K)³⁴ se distinguent par une densité de ressources qui ne se retrouve pas chez les autres. L'un d'eux nous explique : *"Le contrat rural signé avec l'agence de l'eau nous a permis d'avoir une vision globale sur tous les problèmes de l'eau, cela signifie que tous les dossiers devaient systématiquement passer par nous, afin que l'on puisse s'assurer de la cohérence de l'action par rapport à la politique globale de l'eau, compte tenu des objectifs qu'on s'était fixé sur le territoire."* En fait, ces deux contrats résultent d'une mobilisation précoce des élus sur le sentiment d'une urgence. Pour le premier, il s'agissait de réagir face à des inondations exceptionnelles, comme le raconte le président de bassin versant : *"Il y a eu deux inondations en décembre 99 puis en mai 2000, particulièrement graves, du jamais vu depuis 50 ans surtout à 6 mois d'intervalle. Il y a donc eu une volonté politique des élus, du département, des services d'Etat, pour s'organiser dans la lutte contre tous ces phénomènes là, le syndicat a été créé dès le mois de juin et en octobre un contrat rural a été signé pour 5 ans."*

Pour le second, il s'agit d'un problème de turbidité d'eau qui a conduit à couper, à plusieurs reprises, l'alimentation en eau potable d'importantes zones périurbaines. Là aussi, des élus se sont fortement mobilisés pour constituer une association d'agriculteurs, partie prenante du conseil d'administration du contrat rural. L'animateur remarque, à ce titre : *"le fait d'avoir une association reconnue de partout, cela a permis d'être beaucoup plus fort pour proposer des choses. Maintenant, elle est devenue complètement incontournable pour les élus et pour les agriculteurs. On est reconnu comme la structure qui bosse sur l'environnement et sur la protection de l'eau. De nombreuses actions ont pu être mises en place grâce à nous."*

Dans les deux cas, les éléments moteurs de l'implication des collectivités sont des élus agriculteurs, naturellement au fait des questions relatives aux aspects agricoles. Ces derniers sont conscients des problèmes posés par l'agriculture et soucieux de corriger son image auprès de la société. Ces contrats ne se distinguent pas seulement pas des mobilisations locales fortes; ils constituent aussi des lieux d'articulation de l'action des organismes institutionnels (Agence de l'eau, DDA, Chambre d'agriculteurs) ce qui améliore leur efficacité.

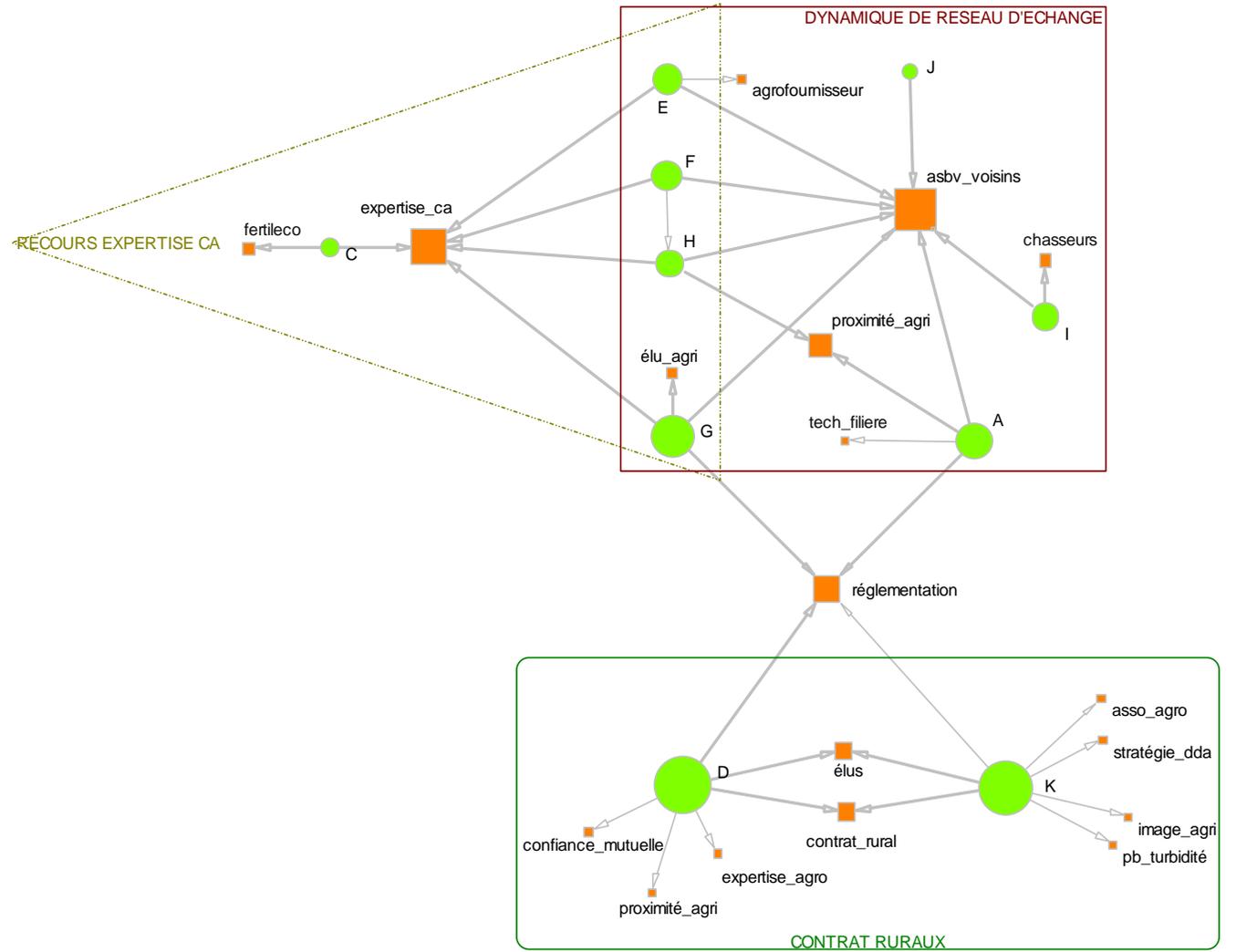
³⁴ En fait, trois animateurs rattachés à un contrat rural sont dans notre panel d'enquête, mais le troisième (B) se distingue des deux autres par le fait qu'il n'a pas la responsabilité du suivi du volet Evolution des Conduites de Cultures.

Dans les autres bassins versants, où la coordination n'est pas instituée par contrat, c'est la capacité à mobiliser différents acteurs qui apporte aux animateurs des moyens d'action accrus. De tels réseaux d'échange s'appuient d'abord sur des contacts rapprochés entre les animateurs (E, F, H, G, A, I), le plus souvent voisins comme l'explique l'un d'eux : "*Avec l'animateur voisin, on est toujours en relation, parce qu'on a des communes et des agriculteurs en commun.*" L'importance du voisinage s'explique aussi par la similitude des milieux pédoclimatiques et des types d'exploitations agricoles et des cultures, ce qui se traduit par des conseils agricoles de même nature. Mais les échanges impliquent parfois des bassins versants plus éloignés, lorsque l'animateur possède une expérience sur un thème précis qui intéresse les autres. Cette entraide qui a été importante au démarrage des syndicats de bassins versants (avec l'arrivée simultanée de nombreux animateurs agricoles), s'est un peu estompée au fil du temps, avec le départ de certains d'entre eux et une différenciation des attentes des animateurs et du contexte d'exercice de leur fonction. Ainsi, trois syndicats sont mobilisés sur des appels d'offres spécifiques du Ministère de l'environnement qui orientent, de façon nouvelle, leurs préoccupations : sur le périurbain, le volet urbain ou l'expérimentation exhaustive de nouvelles pratiques de gestion préventive des ruissellements sur le territoire. D'autres animateurs développent de leur côté des stratégies spécifiques, que ce soit auprès de filières agricoles, d'entreprises d'agrofourriture ou encore de la fédération des chasseurs.

Il faut bien sûr souligner le soutien important que constituent, pour les animateurs, leurs contacts réguliers avec la Chambre d'agriculture pour recueillir des connaissances sur les périodes de semis, la notation, les périodes de destruction des intercultures ou les différentes expérimentations conduites sur leur territoire. Celle-ci est ainsi sollicitée en qualité d'expert technique sur des questions précises : analyse agronomique des qualités d'enracinement des intercultures et, de plus en plus, sur des questions relatives au suivi des normes phytosanitaires (suite aux nouvelles injonctions de l'Agence de l'eau).

Une autre ressource plus technique est souvent citée par les animateurs comme un point d'appui important de leur action sur le terrain, à savoir les réglementations environnementales. Un animateur remarque : "*Les intercultures, c'est une vieille technique, ça fait 15 ans qu'on en parle.. Aujourd'hui, il y a plus grand nombre pour s'opposer à ça, parce que les techniques de mise en œuvre sont très simples, parce qu'il y a des obligations réglementaires qui font que, de toutes façon, ils sont obligés d'en mettre. Bon... Du coup, ils en mettent!*"

Fig 4 : Ressources Animateurs Agricoles sur le volet Evaluation des Conduites de Cultures



2.2. Le volet Implantation des Aménagements d'Hydraulique Douce

2.2.1. Les différentes modalités d'action recensées sur le territoire

Dans le cas des aménagements d'hydraulique douce, on distingue moins bien les modalités d'action des animateurs que les finalités qu'ils poursuivent (protection de zones à risques comme les périmètres de captage, rédaction de dossiers PRDR, implantation de fascines, aménagements en amont des ouvrages structurants). Trois types d'interventions auprès des agriculteurs se détachent cependant, même si elles sont parfois très liées entre elles.³⁵

Une tendance globale se dégage cependant autour d'une logique d'accompagnement des agriculteurs, suite à des demandes de leur part pour les aider à résoudre les problèmes de ruissellement qu'ils vivent sur leur exploitation. S'il apparaît illusoire à bon nombre d'animateurs d'imposer aux agriculteurs l'implantation d'aménagements d'hydraulique douce, il est efficace de les assister dans la résolution des problèmes concrets, vécus sur leur parcelle. Ceux-ci peuvent être liés à la présence de ravines ou à la proximité d'une bétairie (avec des risques de turbidité de l'eau). L'accompagnement se concrétise souvent par la constitution d'un dossier de subvention (dossiers PRDR), comme l'explique un animateur : *"Il y avait une petite mare jouxtant une bétairie avec des risques de déversement. On a donc augmenté la capacité de la mare et, au fur et à mesure de la discussion, j'ai pu voir que l'exploitant était prêt à faire des choses. Le projet est devenu beaucoup plus global, avec l'agrandissement de la mare, son curage aussi pour rajouter un volume tampon... Mais là, ça creusait quand même pas mal le sol, donc on a disposé des talus qui soient efficaces contre le ruissellement. Et donc ça, c'est un projet qui a été financé dans le cadre de la mesure 24 (PRDR)."*

L'action de l'animateur ne se résume donc pas seulement à obtenir des financements complémentaires, mais à apporter une véritable expertise technique et une connaissance du terrain. Un animateur remarque : *"Ce qui importe, c'est que quand l'agriculteur te dit qu'il a un problème sur telle parcelle, tu lui montre que tu l'a déjà remarqué. Cela veut dire que pour lui tu connais bien le terrain, quasiment aussi bien que lui."* La logique d'accompagnement consiste en fait à écarter tous les obstacles qui freinent la gestion préventive des ruissellements érosifs par les agriculteurs, d'abord financiers, ensuite techniques mais aussi matériels, comme le montre la mise en place d'aménagements clés en main par certains animateurs. Un animateur déclare : *"Avec nos opérations de fascines, on a été hyper réactif ! C'est-à-dire que c'est nous qui y allons, on fait venir une grue, on se débrouille pour trouver*

³⁵ Pour plus de lisibilité, nous avons effacé les liens entre les acteurs et les types d'action pour ne conserver leur proximité mutuelle.

des branches ou des pieux, on demande à l'agriculteur de venir avec sa remorque, c'est vraiment un chantier qu'on fait nous-mêmes avec lui." L'accompagnement est alors global avec une prise en charge des travaux, mais aussi de l'entretien sur la durée, qui est pris en charge par les communautés de communes. Un animateur explique, à ce propos : *"On essaie un peu de désamorcer tous les réticences qu'on pourrait avoir."*

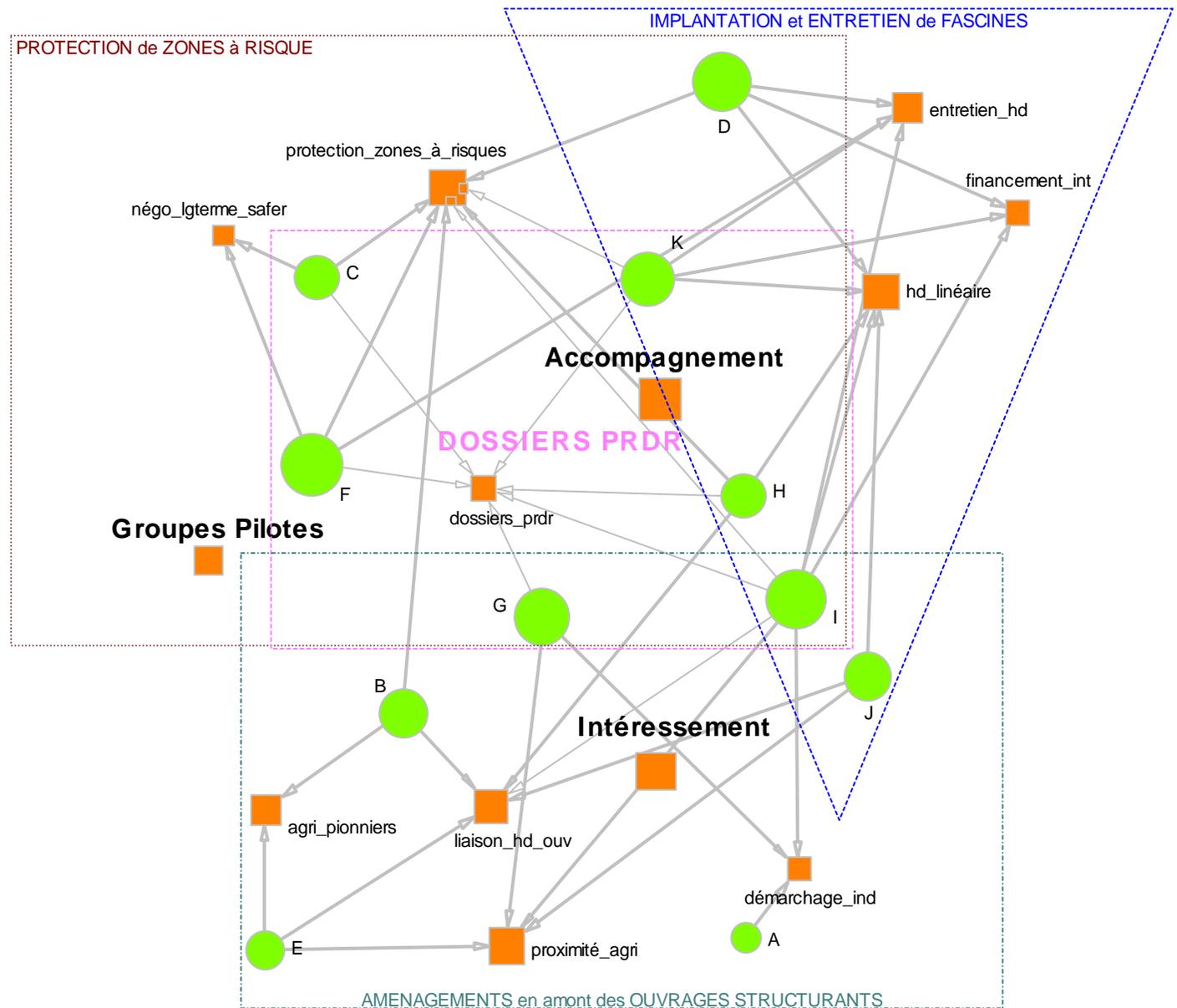
En fait, derrière cette logique d'accompagnement se décline tout un nombre d'activités : trouver des subventions, prendre en charge les travaux d'installation ou d'entretien des aménagements d'hydraulique douce, mais aussi trouver des compensations foncières afin de maintenir la superficie cultivée de l'agriculteur, en lui apportant des terres en échange de celles affectées aux aménagements. C'est tout le sens des négociations avec la SAFER qu'engagent un certain nombre de syndicats de bassins versants (qui concernent au départ plutôt les ouvrages structuraux (bassins d'orage)). Un animateur confirme : *"Si on veut faire un aménagement, on va chercher à négocier avec la SAFER pour acheter le terrain ou un autre qui puisse être échangé avec la parcelle de l'agriculteur."*

La négociation des aménagements reste cependant délicate et constitue une seconde priorité pour les animateurs qui doivent en fait concilier les intérêts de l'agriculteur avec ceux de la collectivité, pour arriver à leurs fins. Un animateur déclare à ce propos : *"C'est pas forcément les mêmes aménagements qui intéressent l'agriculteur. De plus, il faut les placer le plus intelligemment possible pour son travail, en tenant compte de l'ensemble de ses contraintes."* Plus que d'un intérêt, c'est d'une conjonction d'intérêts dont il faut parler. L'enjeu de la négociation consiste pour l'animateur agricole à sonder son interlocuteur, afin d'évaluer les éléments qui pourront faire pencher la balance en sa faveur. L'un d'eux explique : *"Tu y vas au pifomètre ; tu enquêtes pour connaître les propriétaires des parcelles concernées. Et puis t'essaies de discuter avec eux, leur dire t'as une ravine qui se forme là-bas, ça doit être chiant avec ton tracteur. Il faut surtout ne pas leur faire peur au départ, partir sur un petit projet, d'abord un bout de fossé pour canaliser les eux qui coulent de la ferme pour les envoyer dans la vieille mare là dans le fond, et puis au fur et à mesure le gars tu discute et il reconnaît qu'il a un problème en amont de son exploitation. Progressivement, tu vas pouvoir rajouter une haie, un talus, une bande enherbée..."* Les négociations restent toutefois longues, parcourues de hauts et de bas, d'accords provisoires aussitôt dénoncés pour être reconstruits sous une autre forme. Un animateur confirme : *"Si techniquement la solution était très simple, il a fallu un an et demi de pourparlers, car l'agriculteur demandait des contre parties trop importantes, on a laissé passer le temps, on est ensuite revenu le voir. Les*

négociations ont reprises, on a sympathisé, discuté pour parvenir à ce que le projet se réalise. C'est beaucoup de relationnel..." Cela explique l'importance que les animateurs accordent à la proximité qu'ils entretiennent avec les agriculteurs et à la relation de confiance qu'elle permet de construire.

La construction de la confiance et du respect mutuel passe ici encore, comme sur le volet Evaluation des Conduites de Cultures, par un appui sur des agriculteurs pionniers (groupes pilotes) qui sont déjà partiellement acquis à la cause de la gestion préventive des ruissellements. Ce type de mobilisation reste cependant tributaire d'une sensibilité particulière au risque, liée à l'existence de problèmes récurrents imputables aux ruissellements érosifs. L'animateur est alors amené à focaliser son action sur des périmètres plus limités, où la sensibilité face au risque est la plus forte du fait d'événements (coulées boueuses ou turbidité de l'eau) qui surviennent régulièrement sur les territoire concernés.

Fig 5 : Actions Animateurs Agricoles sur le volet Aménagement d'hydraulique douce



2.2.2. Les contraintes rencontrées par les animateurs

Ici encore resurgit, à l'instar du volet Evolution des Conduites de Cultures, le problème de l'action collective face au risque. Or, comme l'exprime certains animateurs, il est difficile, voire impossible de réunir l'ensemble des agriculteurs. Le sentiment d'appartenance à un collectif qui pourrait être moteur d'une action commune n'existe donc pas vraiment, ce qui conduit à trouver ailleurs les ferments d'une gestion collective du risque, en négociant individuellement auprès de chacun des acteurs concernés. Et, là, les animateurs se trouvent confrontés au dilemme de l'action collective, classiquement mis en évidence par Mancur Olson (1978), à savoir la tendance de chacun à vouloir profiter du bénéfice d'une action collective en cherchant à payer le coût minimum, voire à échapper au coût de cette action.

De fait, l'implantation d'un aménagement d'hydraulique douce a un coût direct pour l'agriculteur, en termes de travail engagé, de perte de temps; d'effet induit (mauvaises herbes sur les cultures avoisinantes). Un animateur explique : *"Ils ont des réticences, parce qu'ils vont devoir contourner un petit peu l'aménagement, et puis ça va amener des ronces, de la saleté."* Face à ces coûts visibles, les bénéfices apparaissent flous, sauf si l'agriculteur subit directement les conséquences des ruissellements, comme le raconte un autre animateur : *"J'ai un exploitant qui possède une parcelle en amont et qui a accepté de réaliser un aménagement. Mais, sur un autre sous bassin versant, il a des terres situées en aval, avec donc des problèmes de ruissellement."*

Dans la majorité des cas cependant, les agriculteurs situés en amont ne sont pas disposés à résoudre le problème des habitants ou agriculteurs situés en aval. Un animateur remarque : *"Il y a eu une grosse érosion, au dessus d'un bassin d'orage. On m'a demandé de voir si les agriculteurs étaient prêts à faire quelque chose. J'ai commencé à discuter, en allant voir les deux agriculteurs concernés, ils ont dit : oui, on va le faire, on va le faire... Ça a duré deux ans, j'ai monté tous les dossiers nécessaires, je leur ai expliqué comment ils pouvaient s'y retrouver. C'était vraiment un bon projet mais ça n'a pas abouti. C'est dommage..."*

Selon Olson (ibid.), la résolution du problème de l'action collective passe souvent par la mise en place d'actions contraignantes ou coercitives pour imposer aux acteurs des actions solidaires des autres. Or, les animateurs expriment justement le manque de moyen de pression à ce niveau. Cette difficulté est particulièrement explicite lorsque les syndicats de bassin versant ne sont pas les maîtres d'ouvrage de la gestion préventive des ruissellements sur le

territoire, c'est-à-dire qu'ils ne disposent d'une délégation de compétence (et de pouvoir) de la part des communautés de communes adhérentes.

De fait, le dilemme de l'action collective ne se situe pas seulement au niveau des agriculteurs, mais aussi des communes qui ne sont pas forcément solidaires face au risque.³⁶ Un animateur résume : *"Dans le bassin versant, les problèmes de ruissellement et d'inondation continuent d'être gérés par les communes. Mais elles se les traitent à leur niveau, en faisant passer l'eau le plus rapidement possible, sans se préoccuper des communes qui sont en dessous..."*

Plus globalement, un tel dilemme interpelle le cadre institutionnel de la coordination des activités sur le terrain. Un grand nombre d'animateurs regrettent ainsi le manque d'articulation des politiques adoptées au niveau départemental avec la réalité qu'ils vivent au quotidien. L'un d'eux explique ainsi : *"La DDA, ils avaient reçu beaucoup de demandes de subventions pour les boisements. A partir de là, ils ont décidé avec l'AREAS de critères de sélection plus ou moins judicieux. C'est à ce moment-là, que sur 6 dossiers de boisement, je n'en n'ai plus qu'un seul qui est passé."* Un autre poursuit : *"Il y avait un bon échange avec la DDA, sur la base d'une vision pragmatique des choses. Les agriculteurs étaient payés sur la base d'un forfait sur le travail qu'ils doivent fournir pour réaliser l'aménagement. Et puis pour des raisons qui m'échappent, ils sont revenus à une attitude beaucoup plus bureaucratique où il faut tout justifier. Mais, si on veut mobiliser les agriculteurs, il faut plus inciter que contrôler. Tout est basé sur la confiance. Si on la casse, on n'obtient plus rien."*

Il s'avère délicat de définir *a priori* les conditions de la mobilisation collective autour du risque de ruissellements. Il faut pouvoir négocier, au cas par cas, des compromis entre la règle et son application pour initier une responsabilisation progressive de la part d'acteurs, au départ réticents à des pratiques contraires à leurs intérêts immédiats.

L'attitude de la Chambre d'agriculture apparaît ainsi ambiguë, entre une implication forte dans la gestion préventive des ruissellements et le souci de préserver l'efficacité des systèmes de production agricole en veillant à leur éviter toute contrainte supplémentaire (ce qu'amène inévitablement l'adoption d'une politique agri-environnementale). Un animateur remarque à ce propos : *"On a moins de relations avec la Chambre qu'on en avait avant. C'est lié à notre volonté d'implanter des aménagements d'hydraulique douce chez un agriculteur. Celui-ci qui est aussi conseiller municipal, trouvait très bien tous les aménagements qu'on mettait chez les autres, mais chez lui, il n'en était pas question. On s'est retrouvé en conflit avec lui. Il est*

³⁶ En l'occurrence, ce devrait être les communes situées en amont des bassins versants qui devraient financer les aménagements alors que celles-ci ne subissent pas les conséquences des ruissellements (coulées boueuses).

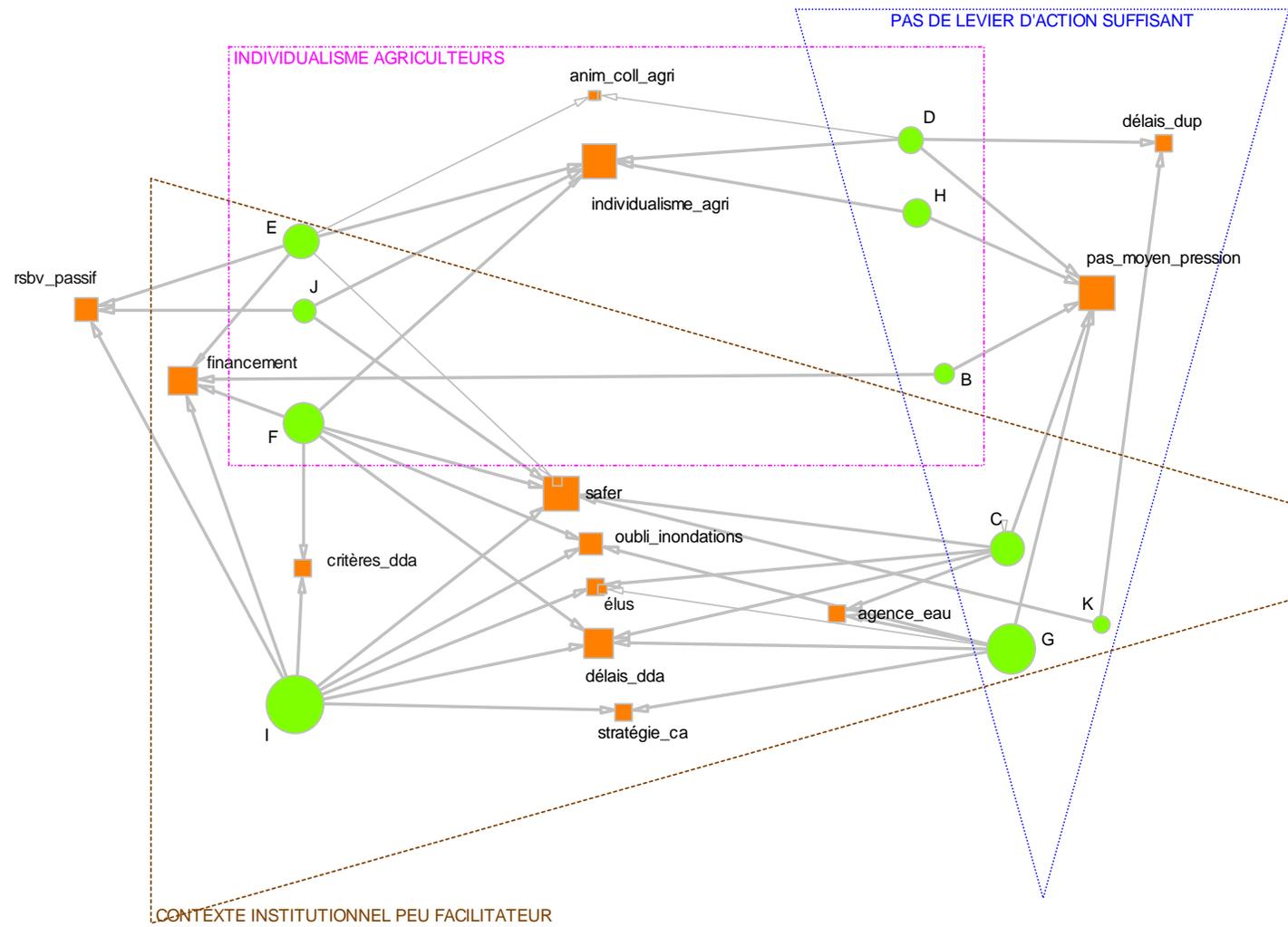
remonté sur toute la hiérarchie de la Chambre, jusqu'au Président. Et finalement, on a du faire machine arrière."

C'est sans aucun doute avec la SAFER que le problème de coordination avec les syndicats de bassin versant apparaît le plus vif. En effet, l'implantation d'aménagements d'hydraulique douce passe par l'acquisition de terrains concernés ou limitrophes (afin de servir de données d'échange avec les agriculteurs). Or, la politique de la SAFER est tournée vers l'amélioration de l'outil de production agricole. Elle est donc réticente à vendre des terrains aux collectivités locales et, encore plus, si cela concerne des superficies limitées, susceptibles de morceler le parcellaire agricole. Excepté les quelques situations où des conventions ont pu être négociées avec la SAFER, dans le cadre de remembrements qui rendaient disponibles un grand nombre de terrains, tous les animateurs déplorent des relations difficiles avec la SAFER.

Enfin, le problème de coordination collective ne concerne pas seulement les relations entre les animateurs et les habitants du territoire, ou celles avec les différents organismes prescripteurs au niveau départemental, mais aussi les contacts que les animateurs des différents bassins versant entretiennent entre eux. Si une dynamique de réseau s'est constituée au moment de la création des syndicats avec l'arrivée de nombreux animateurs, le *turn over* important de cette fonction (liée notamment à son statut précaire et à son caractère ingrat³⁷) a induit une grande disparité d'expériences et de stratégies parmi eux. Un animateur remarque : *"Beaucoup de personnes sont parties. Maintenant, il y a beaucoup d'animateurs qui arrivent qui restent peu de temps, c'est plus les mêmes relations."* De fait, les plus expérimentés ne trouvent plus leur compte dans les échanges institués au sein du réseau des animateurs ; ils s'en détachent progressivement, se tournant vers des enjeux qui leur sont personnels et spécifiques à leur territoire. Un animateur explique : *"Dans les réunions d'animateurs agricoles, on parle que d'un seul sujet : les cultures intermédiaires. Moi je trouve que notre boulot il est pas concentré que là-dessus. On a décidé de s'organiser en petit groupe (3 ou 4), pour se voir plus souvent et échanger des informations sur différents sujets (hydraulique douce, réglementation, techniques culturales) parce que, quand on est en groupe de 15, l'échange n'est pas forcément gérable."*

³⁷ Comme le résume un animateur : *"On n'apparaît aux yeux de certains agriculteurs avec l'étiquette écolo, comme des défenseurs de l'environnement alors qu'on est pas forcément là que pour ça. Personnellement, j'en ai pris plein la poire chez certains."*

Contraintes Animateurs Agricoles sur le volet Aménagements d'Hydraulique Douce



2.2.3. Les ressources rencontrées par les animateurs

Face au problème de mobilisation collective que rencontrent les animateurs sur le terrain, la solution peut venir d'une capacité à imposer des contraintes. Cela explique que la réglementation (D, K, I, G) ou le contrat (D, K) apparaissent, chez certains d'entre eux, comme des ressources pour inciter (voire imposer) aux acteurs des actions solidaires. Même si elle n'est pas utilisée, la menace du lancement d'une Déclaration d'Utilité Publique (DUP) est souvent brandie par les animateurs pour tenter de débloquer la situation. En même temps, l'imposition d'une contrainte non négociée peut altérer la confiance entre les personnes. Un animateur déclare ainsi : *"Les procédures d'utilité publique, c'est très long, et puis, cela crée une mauvaise ambiance sur le terrain. On bloque la négociation, il y a plus de dialogue... C'est imposé, et ça détruit tout le travail de confiance qui a pu être fait dans les années précédentes, sur tous les ouvrages où ça s'est globalement bien passé."*

Le maintien d'une confiance mutuelle avec les agriculteurs est un enjeu important pour les animateurs, car elle permet de renégocier le cadre pertinent de la gestion du risque qui ne peut jamais être totalement anticipé par la réglementation. Celle-ci est bien sûr utile, mais moins comme cadre de prescription que comme cadre de négociation imposé, comme l'explique un autre animateur : *"De toute façon, on va négocier, même en ayant déjà les DUP. Ce que l'on ne veut pas, c'est exproprier les gens. On veut que ça se passe dans la concertation."*

Ainsi, certains d'entre eux sont sollicités dans le cadre de la réglementation PMPOA sur la mise aux normes environnementales des bâtiments d'élevage. Cette réglementation constitue un point d'entrée pour négocier, avec les agriculteurs, l'implantation d'aménagements d'hydraulique douce qui leur permettent de gérer les eaux de pluies, tout en anticipant sur le risque d'inondation. Le contrat rural constitue lui aussi une ressource précieuse pour les animateurs concernés, car son élaboration renvoie justement à la définition d'un cadre négocié de gestion des risques. Enfin, la mise en œuvre d'un remembrement des parcelles agricoles peut favoriser un dialogue entre les parties prenantes d'un même territoire, et la mobilisation de ressources nouvelles (terres agricoles disponibles) dans la négociation.

De façon générale, tout ce qui participe d'une implication mutuelle des acteurs du bassin versant dans un projet collectif, apporte des moyens d'action supplémentaires aux animateurs. L'articulation étroite du volet hydraulique et du volet agricole, par l'implantation d'aménagements d'hydraulique douce en amont des bassins d'orage, permet ainsi d'inscrire les négociations de gré à gré avec les agriculteurs dans des programmes d'action d'intérêt public.

Un animateur explique : *"Comme il allait y avoir des DIG (Déclaration d'Intérêt Général) de prises dans le cadre des aménagements structurants, on y a intégré de l'hydraulique douce dans les deux sous bassins versants concernés. Une DIG, mais elle n'impose pas l'aménagement. Elle est là uniquement pour nous permettre de mettre de l'argent public sur du foncier privé, puisqu'on finançait à 100 % l'aménagement."* L'obtention de financements complémentaires constitue de fait une clé de négociation importante, voire indispensable pour mener à bien les projets. Un animateur remarque : *"On a décidé de financer sur fonds propres l'implantation de fascines expérimentales. Les financements prenaient jusqu'à présent en charge 80 % des coûts, mais les gens ne voulaient pas payer les 20 % restants. Avec un financement complet des fascines, ils se sont déclarés prêts à le faire."*

Cette coordination étroite entre les acteurs de bassin reste cependant tributaire d'une délégation claire des pouvoirs et des compétences au syndicat de bassin versant, dont la mission de départ consiste à dépasser les intérêts particuliers pour agir au nom de tous. Ce sont donc plutôt les bassins versants disposant de la maîtrise d'ouvrage des bassins d'orage, sur l'ensemble du bassin versant (J, K, D, I, A, E) ou sur des sous bassins versants (B et C), qui valorisent l'effet d'entraînement induit par la construction des ouvrages. Le rôle des élus est alors prégnant, car leur adhésion conditionne la légitimité dont bénéficient les programmes d'action envisagés sur le territoire. Mais soucieux de ne pas se mettre à dos certains de leurs électeurs mais aussi de pérenniser leurs programmes de développement urbain, ils hésitent à adopter des mesures environnementales trop restrictives. Le maintien de leur implication sur la durée constitue de fait une ressource appréciable pour les animateurs. L'un d'eux remarque ainsi : *"On a vécu de grosses inondations en 1992-93, et les maires qui ont vécu restent très mobilisés. Donc, même si on est sur une période sèche, les élus considèrent qu'il faut qu'on arrive au bout des travaux initialement programmés, et qu'on réalise tout ce qui a été prévu. Ça, c'est très confortable et ça nous pousse aussi."*

Si l'existence d'un cadre coercitif (règlement) ou incitatif (financement) constitue un élément moteur de l'action des animateurs, ces derniers doivent néanmoins se constituer en médiateurs, c'est-à-dire comme des personnes tierces neutres et objectives.

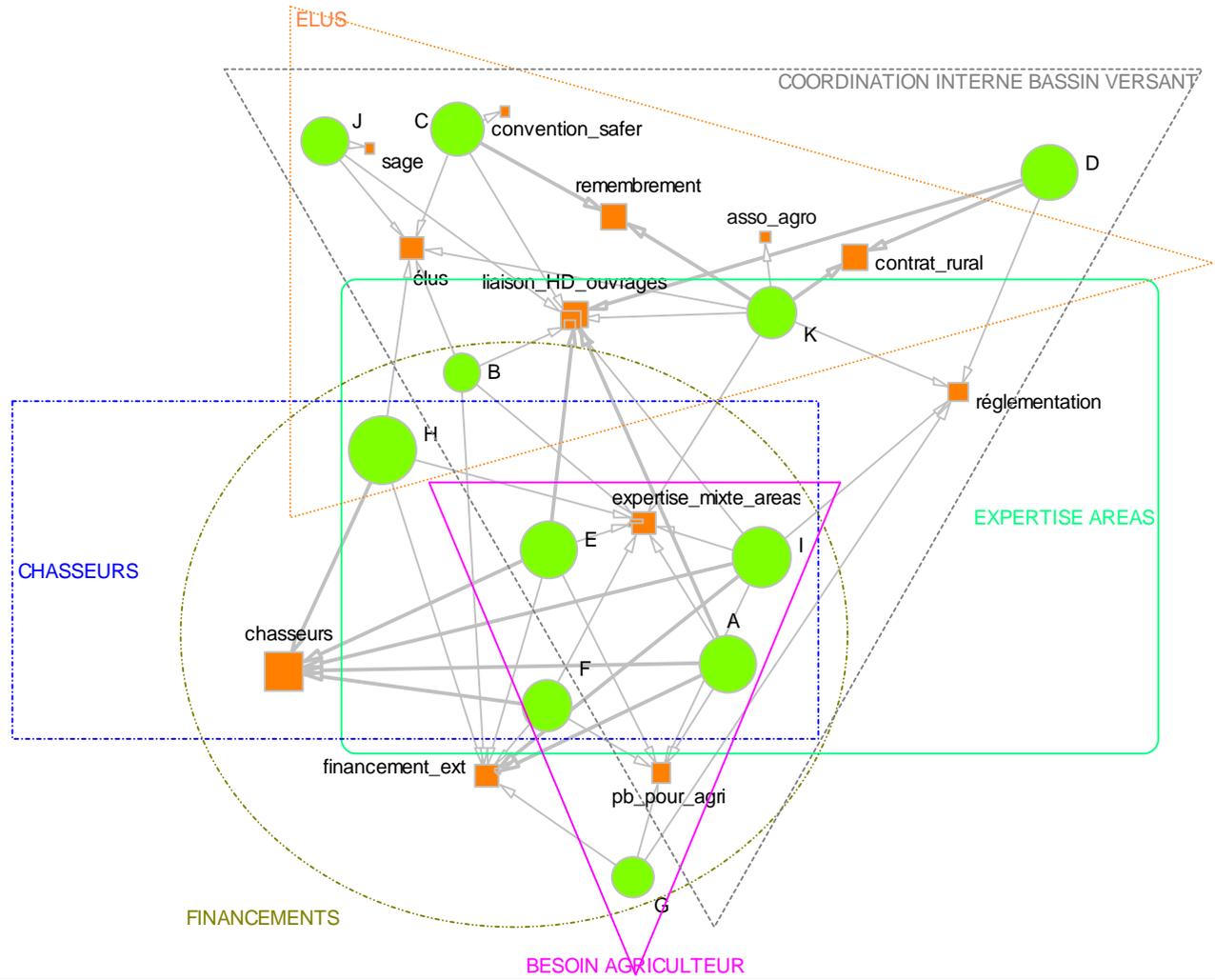
Un animateur remarque : *"il y a une relation qui s'établit. Je pense que les gens avec lesquels on a été amenés à travailler, ils se rendent compte qu'on n'agit pas contre eux. Donc, ça c'est hyper important parce qu'ils en parlent ensuite à leur voisin et on peut être sûr que l'information circule dans la commune."* Cette médiation est d'autant plus efficace, lorsqu'elle

peut s'appuyer sur un intérêt pratique de l'agriculteur. De fait, la majorité des ouvrages réalisés est issu de l'expression d'un problème concret rencontré par l'agriculteur sur son exploitation. Il sollicite alors l'animateur comme un expert sur la gestion des ruissellements.

Cette demande d'expertise suscite souvent par ricochet celle de l'AREAS, lorsque l'animateur débute ou se trouve face au problème du dimensionnement d'un ouvrage. L'expertise de l'AREAS³⁸ est alors particulièrement précieuse, car elle est la seule à articuler les dimensions hydraulique et agricole qui sont toutes deux complémentaires pour apprécier la pertinence d'un aménagement d'hydraulique douce. Un animateur explique : *"C'est vrai que sur la phase étude hydraulique, on voit vraiment l'importance de l'AREAS. Vu l'expérience qu'ils ont par rapport aux études, c'est assez enrichissant. Ils ont des compétences sur les ouvrages structurants et sur les aménagements d'hydraulique douce, ce qui est pas le cas de tout le monde."* Si l'expertise acquise ou transmise par l'animateur, lui permet d'agir sur le problème de ruissellement, il faut d'abord (nous l'avons dit) que celui-ci soit exprimé par l'agriculteur mais aussi qu'une conjonction d'intérêts l'amène à réaliser l'effort nécessaire pour le résoudre. Si l'implication des agriculteurs fut très forte au démarrage des syndicats de bassin versant, du fait du souvenir encore prégnant des grandes inondations de 1999 et 2000, la mobilisation s'est progressivement atténuée avec la diminution de ces catastrophes naturelles. Cela conduit certains animateurs à identifier une autre source d'intérêt dans la gestion raisonnée du paysage rural. L'un d'eux explique ainsi : *"l'intérêt de l'aménagement d'hydraulique douce, c'est de limiter l'érosion et donc de conserver les limons sur leur parcelle, parce que c'est toujours la meilleure terre qui part. Mais il y a aussi un intérêt pour le gibier qui va se plaire dans ce nouvel abri. C'est un argumentaire supplémentaire pour l'agriculteur qui est chasseur."*

³⁸ Outre le responsable de l'AREAS, celle-ci était apportée par un ingénieur, muni d'une double compétence agronomique et hydraulique, dont l'apport concret sur le terrain a été précieux pour bon nombre d'animateurs.

Ressources des animateurs sur le volet Aménagements d'Hydraulique Douce



3. Enjeux et difficultés de l'articulation des expertises sur le terrain

Après avoir rappelé succinctement les résultats de l'enquête, recensés dans la partie précédente, il s'agit dans cette partie de donner des éléments d'interprétation des données recueillies, afin de fournir des éléments de discussion aux protagonistes du programme RDT.

3.1. Les aléas de la reconnaissance de l'expertise des animateurs

S'il veut pouvoir mobiliser les acteurs du territoire autour des connaissances et outils qu'il élabore, le dispositif "agri-environnemental" de gestion des ruissellements érosifs doit s'inscrire dans un processus d'apprentissage collectif impliquant l'ensemble des parties prenantes. Les animateurs agricoles de bassin versant, en charge de la diffusion des connaissances sur le terrain et de l'application des mesures à prendre, nous semblent devoir jouer un rôle clé en tant qu'expertises intermédiaires.

L'analyse lexicale (B.1.) a distingué quatre registres d'expertise distincts : D'abord, l'aptitude à développer une expertise technique pour conseiller et accompagner les agriculteurs dans l'évolution de leurs pratiques culturales ; Puis, la connaissance approfondie du contexte spécifique à chaque exploitation afin de pouvoir négocier, dans un climat de compréhension mutuelle, l'implantation d'aménagement d'hydraulique douce avec chaque agriculteur ; Ensuite, la capacité à entretenir des contacts à tous les niveaux pour s'informer et communiquer sur les solutions à adopter pour gérer préventivement les ruissellements érosifs ; Enfin, la maîtrise des différents aspects spécifiés dans le cadre réglementaire ou contractuel dans lequel s'inscrivent les activités agricoles.

L'analyse réseau (B.2.) montre de son côté des ressorts d'expertise distincts entre les animateurs agricoles des différents bassins versants. Le simple exercice de leur fonction se place plutôt dans une logique d'accompagnement, visant à assister techniquement et financièrement les agriculteurs dans le cadre de demandes adressées par eux pour résoudre un problème de ruissellement sur leurs parcelles. La démarche d'intéressement adoptée par certains animateurs relève du registre d'une expertise plus élevée, puisque cela suppose d'établir des argumentaires précis sur les avantages techniques et économiques des solutions proposées aux agriculteurs pour diminuer les risques de ruissellements. Si l'on monte encore d'un cran le niveau d'expertise requis, on repère alors les logiques de co-conception (et plus largement d'animation de groupes d'agriculteurs pilotes) qui expriment l'aptitude des

animateurs à susciter, piloter et intégrer les réflexions des agriculteurs dans une démarche d'apprentissage collectif.

Il faut cependant distinguer dans l'expertise les connaissances mobilisées dans l'action, des compétences reconnues comme telles par le jugement d'autrui (Merchiers et Pharo, 1992). La compétence d'un expert ne se résume pas aux connaissances nécessaires à la réalisation d'une action donnée, le succès de celle-ci exige en effet un rapport interpersonnel avec autrui qui évalue et accrédite l'effectivité de la compétence. C'est tout l'enjeu de la légitimation de la fonction d'animation agricole, combinant avis, incitations et pouvoir de coercition sur son périmètre d'exercice. On dénote alors l'importance des groupes d'agriculteurs pilote mais aussi des réseaux de relation à différents niveaux (élus, filière, chasseurs), qui servent de relais aux animateurs pour établir les bases d'une gestion concertée des risques de ruissellement sur le territoire de leur bassin versant. Les animateurs insistent sur l'implication des techniciens de filière, des conseillers de la Chambre d'agriculteurs qui travaillent sur le terrain, des élus de certaines communes où les agriculteurs restent peu mobilisés. Les appuis d'une reconnaissance accrue de leur fonction ne sont pas seulement relationnels, ils sont aussi matériels sous la forme de la constitution de stocks fonciers, susceptibles de servir de monnaie d'échange dans les négociations des aménagements d'hydraulique douce, ou du renforcement d'une réglementation ad hoc pour obliger les agriculteurs à concilier leurs impératifs économiques avec ceux d'une gestion préventive des risques sur le territoire.

Nous avons cependant pointé le fait que, si l'acquisition par les animateurs d'une pluralité de ressources était importante pour asseoir leur légitimité sur le terrain, elle ne parvenait pas complètement à supplanter l'avantage déterminant que constituait l'inscription de leur action dans un cadre de coordination institué. Les contrats ruraux (Dun-Veules, Roumois, Parc Régional) ou le SAGE (Commerce), répertoriés dans notre étude, se distinguent ainsi par l'implication de tous les acteurs du territoire, en intégrant les différents aspects de la gestion des risques de ruissellement (hydraulique, urbain, agricole et la gestion de la rivière). Si les commanditaires régionaux (que sont l'Agence de l'eau et le Conseil Général) expriment le souci d'appréhender la question du risque de façon globale, les solutions envisagées ont plutôt pour effet de déstabiliser l'exercice des fonctions d'animation sur le terrain. En effet, elles se traduisent d'abord par des exigences accrues en terme de compétences, sans qu'il soit donné les moyens d'en asseoir la légitimité. Un animateur remarque à ce titre : *"L'Agence de l'eau nous demande de prendre en charge la qualité de l'eau, mais ce n'est pas notre mission, il faudrait savoir travailler sur les produits phyto ou des choses comme ça... le Conseil général nous demande de collecter les objectifs de chaque syndicat d'eau. Jusqu'alors chacun était à*

sa place. On voit bien que les syndicats d'eau il y en a certains qui pensent qu'on va prendre leur mission." La légitimation de la fonction d'animateur, et avec elle celle d'une gestion concertée des ruissellements, ne repose donc pas seulement sur l'extension de ses compétences, en termes de connaissances nouvelles, mais surtout sur la reconnaissance par les autres de leurs nouveaux domaines d'expertise. Si la réussite de la fonction d'animation suppose d'articuler tous les volets entrant en ligne de compte dans la prévention du risque, celle-ci ne nous semble effective que via la constitution de "scènes locales du risque" (Decrop et al, 1997), où puissent être mis en relation les différents risques et leurs modes de prévention, tant sur le volet de la protection des biens et des personnes que sur le volet gestion de la ressource en eau. Il faut recréer les conditions de réagir face à une urgence qui fut celle des grandes inondations de 1999 et 2000, pour remobiliser les acteurs du département autour d'un enjeu problématique clair pour tous. Cela en appelle à une coordination accrue de l'agence de l'eau, de la chambre d'agriculture et des services de l'Etat, qui s'articule étroitement avec les scènes locales des bassins versants.

3.2. L'apport ambiguë des outils issus du programme RDT

3.2.1. L'enjeu d'être des médiateurs de la concertation sur les risques

Si, face aux inondations, les collectivités ont réagi par la construction d'ouvrages de rétention d'eau, sur la base de diagnostics de bassins versants, établis par des experts attitrés, et l'injonction préfectorale de s'associer entre elles, le risque est aujourd'hui plus impalpable avec la diminution des niveaux de pluviométrie enregistrés ces dernières années. Les choses se compliquent donc, puisqu'il s'agit moins pour ces "scènes locales des risques" de regarder ce qu'elles ne savent pas traiter, mais ce qu'elles ne peuvent pas savoir.³⁹ Il ne s'agit plus seulement de confronter les savoirs experts et locaux entre eux, mais d'élaborer de nouveaux savoirs dans le cadre d'un processus d'apprentissage collectif de la mesure et de la résolution des risques. C'est tout l'enjeu de la conception et de l'usage des outils issus du programme RDT que de favoriser la construction de nouveaux accords entre les acteurs sur l'identification des risques de ruissellement et leur gestion préventive.

Ainsi, la mise au point d'indicateurs de risque de ruissellement, au niveau des exploitations agricoles, et l'amélioration de la précision du modèle STREAM, pour évaluer la direction et l'intensité des ruissellements à l'échelle des bassins versants, doivent permettre d'attirer

³⁹ Nous reprenons ici une remarque de Geneviève Decrop (2002) à propos de l'enjeu pour ces *scènes locales* de gérer aujourd'hui des risques émergents, difficilement perceptibles par les acteurs concernés, qui ne peuvent donc plus être scénarisés.

l'attention sur des situations potentiellement catastrophiques, avant quelles n'aient lieu. De même, l'établissement d'un guide des bonnes pratiques culturales peut favoriser des concertations avec et entre les agriculteurs sur les solutions à mettre en œuvre, à la fois individuellement et collectivement, pour diminuer les risques de ruissellements dans les cultures en amont des bassins versants.

Si les objets techniques sont naturellement constitutifs des rapports sociaux qui leur ont donné naissance (Roqueplo, 1983), ils agissent aussi comme des médiateurs techniques des relations entre les hommes et leur environnement. En effet, l'action avec les dispositifs techniques n'engage pas seulement de nouveaux modes de raisonnements intellectuels, elle mobilise aussi les schèmes de repérage des situations, incorporés dans ces objets, qui rendent possible l'action commune (Akrich, 1993).

Le rôle potentiel des outils ne se résume pas seulement à de la médiation technique entre les acteurs, car ils peuvent agir comme des instruments de l'action publique (Lascoumes et Le Galles, 2004). Les contrats ruraux et les SAGE constituent ainsi des dispositifs à la fois techniques et sociaux qui organisent des rapports sociaux spécifiques entre les acteurs locaux et l'agence de l'eau (et autres services de l'Etat), en fonction des représentations et des significations dont ils sont porteurs.

3.2.2. Le rôle à la fois médiateur et inachevé du diagnostic d'exploitation

Si les deux premiers outils issus des travaux de l'INRA n'étaient pas encore opérationnels,⁴⁰ au moment de notre enquête en 2006, les réflexions sur la conception d'un guide de bonnes pratiques, issu d'un travail d'expertise de l'AREAS et de la Chambre d'agriculture, se sont traduites par un outil intermédiaire : le diagnostic d'exploitation qui commençait à être diffusé sur le terrain. Celui-ci repose sur des enquêtes individuelles auprès de chaque agriculteur, pour recueillir toutes les données utiles sur les caractéristiques de leurs systèmes de cultures, des matériels et des itinéraires techniques employés et sur la gestion des eaux de pluies. Son objectif vise à agréger ces données pour permettre l'établissement d'un diagnostic sur les risques de ruissellement par exploitation. Si cet outil ne constitue pas une sortie opérationnelle du projet DIGET-COB (contrairement au *diagnostic de ruissellement* qui compile les

⁴⁰ Après avoir été porté sur des supports informatiques (logiciels et matériels) mieux adaptés à un usage par des non spécialistes, l'outil STREAM l'est en grande partie. Toutefois, son appropriation potentielle par les animateurs reste assez opaque pour ses promoteurs (INRA et Chambre d'agriculture) dans la mesure où elle exige un important travail de saisie des données, des compétences locales sur les Systèmes d'Information Géographiques et tout simplement la possession des logiciels appropriés. Nous reviendrons sur ces différents points un peu plus loin.

indicateurs de risque de ruissellement agrégés établis dans le volet 1.a.), il nous semble questionner de la même façon les potentialités d'usage des outils à venir.

De l'avis des animateurs rencontrés, ce diagnostic présente l'avantage de proposer une vision globale des pratiques et du parcellaire de chaque agriculteur (permettant ainsi de surmonter le handicap d'accès aux données agricoles que nous avons mentionné). Cependant, la lourdeur de sa réalisation en altère la faisabilité, comme l'explique un animateur : *"C'est quand même assez lourd, rien qu'au niveau de l'entretien, si on veut tout faire, ça prend une demi journée. Après, on fait le tour de l'ensemble des parcelles, c'est une bonne journée. Vous allez voir un agriculteur qui n'est pas convaincu au départ, pour l'inciter à faire des choses. Si on lui bouffe son temps de travail, c'est un peu délicat comme approche."* Tous s'accordent néanmoins sur l'intérêt d'un tel outil comme support de dialogue avec les agriculteurs, pour expliciter les problèmes avec lui et tenter d'évaluer les solutions à adopter. En listant tous les points sensibles, le diagnostic attire ainsi l'attention sur des aspects qui n'auraient pas émergé dans la discussion sans sa présence. En effet, conçu sur la base d'une connaissance experte censée objectiver les risques de ruissellement, il convoque au même titre agriculteurs et animateurs pour répondre aux questions qu'il leur adresse. Il agit donc comme un révélateur d'informations, mais aussi comme un médiateur technique de leur échange réciproque sur les risques de ruissellement et les actions à entreprendre. Si l'impersonnalité de ce diagnostic constitue un atout (ce n'est pas l'animateur qui interroge l'agriculteur mais le diagnostic), elle est aussi un handicap puisque aucun animateur ne se reconnaît vraiment dans son contenu. Sa conception reste en effet opaque à bon nombre d'entre eux, comme l'explique un des animateurs rencontrés : *"Il nous manque parfois, comment dire, un mode d'emploi pour chacune des questions. Montrer à l'exploitant qu'on sait où on va, parfois il nous dit, mais, pourquoi vous me posez cette question ? À quoi ça peut bien vous servir, si on dit qu'on ne sait pas, ça ne peut vraiment pas aller."*

Les concepteurs du diagnostic reconnaissent que son usage requiert des connaissances qui ne peuvent s'acquérir que par une expérience longue des situations à risques et des solutions qui peuvent être apportées. L'élaboration de la grille d'analyse s'appuie ainsi sur un savoir empirique difficilement formalisable, car chacune des questions posées dans le diagnostic véhicule des interrogations diverses selon le contexte des exploitations visitées. Seule une connaissance experte peut alors identifier des solutions appropriées en fonction des réponses de l'agriculteur. Selon eux, l'enjeu du diagnostic consiste à apporter à l'agriculteur une vision spatiale et temporelle de l'état des lieux des risques sur son exploitation, en suggérant des évolutions possibles sur la répartition spatiale de ses cultures et la localisation des

aménagements d'hydraulique douce, en lien avec une programmation annuelle de son travail, pour prévenir les risques de ruissellements. La réalité vécue par les animateurs s'apparente au passage d'un questionnaire assez long, dont ils ne saisissent pas vraiment les tenants et les aboutissements, ne disposant pas des compétences techniques et surtout de l'expérience longue pour évaluer les mesures à prendre. Ils attendent en fait un outil simple d'usage qui leur fournisse des règles d'action claires, comme le remarque l'un d'eux : *"Moi, j'aurais souhaité qu'à la fin du diagnostic, on puisse nous dire, voilà, il y a des parcelles qui sont hyper importantes à gérer, il y en a d'autres qui le sont moins, le travail, il est à faire là."*

3.2.3. Une dialectique entre cadrage et support des échanges

Nous avons souligné la dialectique à laquelle était soumise la construction des mesures et des indicateurs, qui semblaient pris sous une double contrainte de particularisme et de généricité, à savoir être pertinents dans chacun de leurs futurs contextes d'usage et rester cohérents d'un contexte à l'autre, afin de permettre une hiérarchisation des problèmes et une mise à l'agenda des mesures à prendre face aux risques de ruissellement. Les outils d'aide à la décision suivent le même chemin, de par le rôle prégnant qu'ils sont susceptibles de jouer dans le cadrage des actions qu'ils outillent. De fait, le diagnostic d'exploitation dont nous venons de parler, sert tour à tour de support d'investigation des risques et des solutions à apporter, par les agriculteurs et les animateurs, des risques de ruissellements et des solutions à y apporter au niveau des exploitations, que l'agence de l'eau envisage de mobiliser comme dispositif d'évaluation, dans le cadre de son programme d'incitation à l'implantation d'aménagements d'hydraulique douce dans les bassins versants. Mais, comme nous l'avons vu, la formalisation d'un tel outil reste inachevée, altérant du même coup l'explicitation de liens clairs et indiscutables entre les observations effectuées dans les exploitations et les règles d'action à adopter. Plus que d'un outil d'aide à la décision, il semble plus juste de parler d'un outil d'aide au dialogue, de par le rôle médiateur qu'il est susceptible de jouer dans les échanges entre les animateurs et leurs agriculteurs. Un animateur remarque ainsi : *"L'agence de l'eau voit ça comme quelque chose de concret à court terme. Moi je le perçois comme un bilan analytique d'une ferme, comme une liste de suggestions sans aucune contrainte d'aménagement, c'est plutôt de la réflexion à long terme."*

L'agence de l'eau est bien sûr consciente de cette difficulté, comme l'explique un ingénieur : *"Je suis conscient de la complexité du diagnostic, ça a été fait par des puristes. Le guide d'utilisation est encore en cours de rédaction et c'est un peu dommage. C'est vrai que c'est une nouvelle orientation, on s'y est peut-être mal pris, mais on a voulu justement, les recadrer*

sur une autre logique d'action, plus centrée sur l'hydraulique douce et moins sur les intercultures, sans vraiment trop l'afficher." Il ne s'agit pas d'une obligation de résultats mais de moyens, dans le sens où il s'agit d'inciter les acteurs à avoir une démarche d'analyse des risques qui soit formalisée. Mais, d'une part, cela crée des attentes de règles d'évaluation homogènes, ce que l'élaboration du diagnostic ne permet pas de faire, car trop dépendante du contexte spécifique à chaque exploitation. D'autre part, elle véhicule des exigences d'efficacité qui sont perçues par les agriculteurs comme une injonction à négocier des aménagements d'hydraulique douce. Or, selon les animateurs, de telles négociations nécessitent du temps et ne s'opèrent que par une mise en confiance progressive, comme l'explique un animateur : *"Il faut répondre à toutes ses questions, il faut faire ses preuves, c'est ça c'est qu'il y a un temps d'adaptation ils apprennent à me connaître, et après ils voient que finalement je suis pas forcément contre eux."* La négociation de l'implantation d'un aménagement d'hydraulique douce (comme de la modification des pratiques de culture) repose sur la reconnaissance par l'agriculteur de l'expertise de l'animateur, mais aussi de sa neutralité vis-à-vis d'eux sur la manière dont sont gérés les problèmes de ruissellement sur le territoire. Un animateur remarque : *"Je pense qu'il y a quand même une certaine confiance qui s'établit, et donc, même pour les ouvrages de lutte contre les inondations, les gens ne nous voient pas forcément arriver d'un mauvais œil, parce qu'on a une relation technique avec eux. Ils savent qu'on connaît bien le monde agricole..."*

Cette diversité d'attentes à l'égard du diagnostic d'exploitation illustre en fait une tension fréquemment constatée dans l'usage des outils d'aide à la décision, appelés tantôt à servir de support d'exploration des possibilités de gestion d'un problème, tantôt de levier d'accompagnement d'un changement prescrit par d'autres. De fait, une situation analogue s'est présentée dans le traitement des dossiers PRDR par la DDA avec la suppression du principe du travail au forfait. En effet, la négociation des aménagements d'hydraulique douce s'est longtemps appuyée sur le paiement au forfait, visant à rétribuer l'agriculteur sur l'effort consenti pour réaliser un ouvrage plus que sur la vérification détaillée des travaux effectués. Face au problème de mobilisation collective, que nous avons évoqué, ce mécanisme d'incitation était utile, car il créait les conditions de l'implication individuelle dans la gestion d'un problème collectif, en récompensant l'effort avant d'en évaluer le résultat. Il était de plus générateur de confiance puisqu'il s'accompagnait généralement d'un engagement mutuel des parties concernées sous réserve d'adaptation aux situations particulières rencontrées par chacun. L'adoption ultérieure d'une logique de contrôle, conditionnant le paiement aux travaux effectués, s'apparente au contraire à un dispositif de méfiance perturbant les

arrangements locaux entre animateurs et agriculteurs sur l'implantation d'aménagements sur leur parcelle. Il ne faudrait donc pas que, sous couvert d'impliquer plus fortement les acteurs dans la gestion préventive des risques, les dispositifs contractuels ou d'aide à la décision s'apparentent à des dispositifs de défiance entre animateurs et agriculteurs.

L'efficacité du diagnostic d'exploitation, comme des autres outils à venir, nous semble plutôt reposer sur son usage comme support de dialogue entre les personnes que comme dispositif d'évaluation des résultats obtenus par chacun. La gestion collective des risques soulève en fait le paradoxe de vouloir piloter ce qui échappe à la maîtrise collective. La négociation sociale de la gestion concertée du risque apparaît alors comme une voie privilégiée pour élaborer collectivement de nouveaux savoirs et des procédures de traitement, un tant soit tant peu adaptés, compte tenu de l'installation durable de l'incertitude dans le traitement des problèmes. Comme le souligne Geneviève Decrop (2002), partout où le zonage du risque a été mené à bien, les procédures réglementaires ont été utilisées comme des instances de négociation du risque. De telles négociations sont alors susceptibles à des collaborations inédites, comme dans le cas des bassins versants de l'Yères et de l'Eaulne, où la Fédération des Chasseurs s'est associée avec l'AREAS et les animateurs locaux pour élaborer un diagnostic simplifié permettant d'évaluer l'intérêt d'implanter des petits aménagements d'hydraulique douce. La démarche vise ainsi à concilier la gestion locale du risque avec celle du maintien du gibier sur les parcelles cultivées. L'intérêt collectif d'une gestion concertée rencontre alors l'intérêt individuel des agriculteurs "chasseurs", soucieux de maintenir les conditions d'exercice d'un loisir auquel ils sont très attachés.

4. Conclusions

Nous sommes partis du constat que la gestion collective et concertée du risque de ruissellement appelle à une consolidation des indicateurs du risque et des outils d'aide à la décision qui était concomitante à une distribution des compétences à différents niveaux (régional et local) du territoire. En effet, si l'objectivité doit demeurer l'horizon de l'expertise scientifique, c'est l'activité sociale de négociation et de confrontation des intérêts et des connaissances qui permet de construire des énoncés qui ne sont plus qualifiés d'objectifs, mais de robustes (Roqueplo, 1997). Si la prise en charge des ruissellements mobilise un vaste réseau d'acteurs (agriculteurs, élus, experts, agence et services publics) aux intérêts et aux positionnements variés, le rôle des animateurs agricoles de bassins versants nous a semblé clé

pour assumer un rôle de diffusion et de valorisation des connaissances et des outils issus du programme RDT. Plus que de simples intermédiaires, les animateurs sont susceptibles d'être les médiateurs de la réalité des risques de ruissellements qu'ils contribuent à "faire exister" localement auprès des agriculteurs de leur bassin versant respectif.

Etudier les conditions du *devenir expert* de ces animateurs revient alors à observer chez eux le passage d'une position de récepteur passif des connaissances et des outils issus du programme RDT, à celle d'usagers actifs susceptibles de s'approprient ces connaissances et outils, en les alimentant de leur expérience personnelle. L'analyse a permis d'identifier des enjeux d'expertise à la fois différents et semblables. D'une part, la nature des connaissances privilégiées diffèrent selon les fins (conduite de cultures ou hydraulique douce) ou les moyens (négociation individuelle ou recherche de leviers d'action sur le bassin versant) que les animateurs se donnent. D'autre part, les quatre registres d'expertises identifiés (technique agricole, contextes locaux, réseau d'alliés, cadre règlementaire) sont des enjeux pour tous car ils conditionnent les conditions d'exercice de leur fonction d'animation agricole.

Nous avons souligné la faible reconnaissance de ces animateurs, en appelant à leur légitimation au sein de la constitution de scènes locales des risques qui soit des instances où l'ensemble des acteurs concernés (décideurs et experts régionaux, élus, syndicats de bassin versant et agriculteurs) se coordonnent autour de l'évaluation et de la prévention des risques de ruissellement. La mobilisation ne nous semble pouvoir être effective que si les uns et les autres se sentent pris dans un même dispositif qui les contraint à se mobiliser face une urgence. L'absence d'inondation catastrophique depuis quelques années a fait perdre beaucoup de vigueur à la dynamique d'action collective, initiée à la fin des années 90. Il faut retrouver les moyens de sensibiliser les uns et les autres à la permanence de cette urgence. Des initiatives vont aujourd'hui dans ce sens, comme celle du conseil général qui cherche à initier une meilleure articulation entre le volet protection des biens et des personnes et le volet gestion de la ressource en eau, celle de l'agence de l'eau et celle de l'AREAS qui soutiennent une expérimentation d'envergure menée dans le bassin versant de l'Yères, sur les différentes thématiques du risque de ruissellement.

Se pose également la question d'un pilotage de cette coordination à différents niveaux, qui transcende les intérêts individuels de chacun au bénéfice du collectif. Un tel pilotage était assuré en 2000 par un préfet autoritaire et charismatique qui avait su impliquer tout le monde. Aujourd'hui, chaque acteur se recentre sur ces priorités : l'agence de l'eau s'est ainsi vue rappelée à l'ordre par sa tutelle, car elle finançait un volet "protection des biens et des personnes" qui n'intégrait que fort peu les missions de gestion de la ressource en eau, qui sont

constitutives de son existence. Elle cherche ainsi à reprendre la main sur les missions des syndicats de bassin versant qui se sentent comme pris dans des injonctions contradictoires entre la mission de protéger les biens et les personnes, d'un côté, et celle de gérer la ressource en eau, de l'autre, car ces derniers ne se sentent ni la compétence ni la légitimité de le faire (la gestion de la ressource relevant plutôt des syndicats d'eau potable).

Même si la bonne volonté des uns et des autres apparaît indéniable, ils semblent cependant marcher en ordre dispersé. La scène du risque reste donc ouverte, non pas dans le sens d'un partage social du risque, mais comme coincée entre l'attente de la catastrophe et celle de la bonne procédure combinant incitations et pouvoir de coercition pour une gestion concertée des risques.

Pour conclure sur l'usage des outils, nous avons souligné le risque d'un usage ambivalent qui combine une aide à la concertation et une aide au pilotage des actions. Cette ambiguïté est liée à l'existence d'attentes différentes face aux outils, mais aussi à un certain cloisonnement entre expertise et décision. Cela en appelle là encore à une réflexion collective sur les connaissances et les grilles d'évaluation, apportées par les outils RDT, sous la forme d'une articulation plus forte des niveaux locaux et départementaux de la gestion préventive des ruissellements.⁴¹

BIBLIOGRAPHIE

- Akrich M., 1993**, "Les formes de la médiation technique", *Réseaux*, n°60
- Allefred M., 1983**, "S'il vous plaît, Monsieur l'Agent", *Autrement*, n°47, p.197-203
- Auzet A.-V., Boiffin J., Ludwig B., 1995**, "Erosion hydrique dans les bassins versants agricoles des régions limoneuses de Nord-Ouest de la France", *Annales de Géographie* **581-582**: 179-183
- Beck U., 2001**, *La société du risque. Sur la voie d'une autre modernité*, Paris, Aubier
- Bessy C. et Chateauraynaud F., 1993**, "Les ressorts de l'expertise. Épreuves d'authenticité et engagement des corps ", in Bernard Conein, Nicolas Dodier et Laurent Thévenot (dir.), *Les objets dans l'action. De la maison au laboratoire*, coll. " Raisons pratiques. Épistémologie, sociologie, théorie sociale " n°4, 141-164.
- Bessy et Chateauraynaud, 1995**, *Experts et faussaires : Pour une sociologie de la perception*, Paris, Ed Metailié.
- Boiffin J., Papy F.; Eimberck M., 1988**, "Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentre. L'Analyse des conditions de déclenchement de l'érosion", *Agronomie*, 8 (8), 663-673.

⁴¹ A ce titre, l'usage de l'outil STREAM pose explicitement la question d'une capitalisation des compétences au niveau régional. L'investissement cognitif à réaliser apparaît important mais, plus encore, l'effort de saisie des données dans le système d'information géographique semble fastidieux, et apparemment hors de portée des structures d'animation des bassins versants. Une cellule d'animation et d'expertise pourrait être constituée à la Chambre d'agriculture, à charge pour elle de rétribuer ses services aux syndicats de bassins versants.

- Cartier S., 2002**, *Chronique d'un déluge annoncé. Crise de la solidarité face aux risques naturels*, Paris, Grasset
- Cranney, J., 1996**, *INRA, 50 ans d'un organisme de recherche*. Paris, INRA Éditions
- Dagognet F., 1973**, *Réflexions sur la mesure*, Paris, La Versanne
- Decrop G., Dourlens C. et Vidal-Naquet P.-A., 1997**, *Les scènes locales du risque*, Plan Urbain, Grenoble.
- Decrop G., 2002**, "Expertise et négociation des risques : les "scènes locales de risques" ont-elles une quelconque pertinence", in Claude Gilbert (dir.), *Risques collectifs et situation de crises*, L'Harmattan, Paris
- Desrosières A., 1993**, *La politique des grands nombres*, La Découverte, Paris
- De Vanssay, 1991**, "Les leçons tirées de l'expérience des PER pilotes" In C. Dourlens, J.-P. Galand, J. Theys, P.-A. Vidal-Nacquet (eds), *Conquête de la sécurité, gestion des risques*, Paris, L'Harmattan
- Degenne A. et Forsé M., 1994**, *Les réseaux sociaux*, Paris, Armand Colin
- Didry C., 1998**, "Les comités d'entreprise face aux licenciements collectifs, trois registres d'argumentation", *Revue Française de Sociologie*, 39-3, p. 495-534
- Dodier N. et Barbot J., 2000**, "Le temps des tensions épistémiques. Le développement des essais thérapeutiques dans le cadre du sida", *Revue Française de Sociologie*, 41-1, p. 79-118
- Duclos D., 1991**, "La société de raison et le retour du risque". In C. Dourlens, J.-P. Galand, J. Theys, P.-A. Vidal-Nacquet (eds), *Conquête de la sécurité, gestion des risques*, Paris, L'Harmattan
- Foucault M., 1994**, *Dits et Ecrits*, tome III, Gallimard
- Fritsch P., 1985**, "Situations d'expertise et expert-système", in CRESAL, *Situations d'expertise et socialisation des savoirs*, Actes de la table-ronde, Saint-Étienne, 14-15 mars.
- Hatchuel, A., 1996**, "Variété et crises des rapports de prescription" In G. de Tersac, E. Friedberg (Eds.). *Coopération et conception*. Toulouse: Octarès.
- Hatchue], A., 2000**. "Recherche, Intervention et production des connaissances". In : *Recherche pour et sur le développement territorial*, Inra Editions, Paris, pp. 27-40.
- Hennion Antoine, 1993**, *La passion musicale: une sociologie de la médiation*, Paris, Anne-Marie Métaillé.
- Kula W., 1984**, *Les mesures et les hommes*, Paris, MSH
- Lagadec P., 1981**, *La civilisation du risque. Catastrophes technologiques et responsabilité sociale*, Paris Le Seuil
- Lascoumes P. et P Le Gallès, 2004**, *Gouverner par les instruments*, Paris, FNSP
- Le Bissonnais Y, Cerdan O, Lecomte V, Benkhadra H, Souchère V, Martin P, 2005**, "Spatial and temporal variability of soil surface characteristics influencing infiltration, runoff and interrill erosion of cultivated fields". In Auzet A.-V., Kirkby M.J.M., van Dijk P. [Eds]. *Surface Characterisation for soil erosion forecasting*.
- Ludwig B., 1992**. *L'érosion par ruissellement concentré des terres cultivées du Nord du Bassin Parisien. Analyse de la variabilité des symptômes d'érosion à l'échelle du bassin versant élémentaire*. Thèse de doctorat de l'Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- Ludwig B., Auzet A.V., Boiffin J., Papy F., King D., Chadoeuf J., 1996**, "États de surface, structure hydrographique et érosion en rigole de bassins versants cultivés du nord de la France". In : De Noni Georges (ed.), Lamachère Jean-Marie (ed.), Roose Eric (ed.). *États*

- de surface du sol et risques de ruissellement et d'érosion*. Bulletin - Réseau Erosion, 1996, p. 152-168. Journées du Réseau Erosion, 12., Paris
- Martin P., Papy F., Souchère V., Capillon A., 1998.** "Maîtrise du ruissellement : intérêt d'une modélisation des pratiques de production". *Cahiers Agricultures*, 7 (2), 111-119.
- Martin P., 1997.** *Pratiques culturales, ruissellement et érosion diffuse sur les plateaux limoneux du Nord-Ouest de l'Europe*. Thèse de doctorat de l'INA-PG, Paris
- Mathieu N. et M. Jolivet, 1989,** *Du rural à l'environnement, la question de la nature aujourd'hui*, Paris, L'Harmattan
- Merchiers J. et P. Pharo, 1992,** "Eléments pour un modèle sociologique de la compétence d'expert", *sociologie du travail*, n°1
- Merle J-P., Huet P., Martin X., Verrel JL., Rat M., Boutin JN., Bourget B., Varret J., 2001,** "Inondations et coulées boueuses en Seine Maritime. Propositions pour un plan d'action". Rapport de l'inspection générale de l'environnement, Paris
- Mormont M., 1996,** "Agriculture et Environnement : pour une sociologie des dispositifs", *Economie Rurale*, n°236, p.28-36
- Olson M., 1978,** *Logique de l'action collective*, Paris, PUF
- Porter, 1995,** *Trust in numbers. The pursuit of objectivity in science and public life*. Princeton: Princeton University Press.
- Roqueplo P., 1983,** *Penser la technique - Pour une démocratie concrète*, Paris, Seuil
- Roqueplo P., 1997,** *Entre savoir et décision : l'expertise scientifique*, éditions de l'INRA.
- Schön, D.A., 1983,** *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*. New York:
- Souchère V., Cerdan O., Le Bissonnais Y., Couturier A., King D., Papy F., 2001.** Incorporating Surface Crusting and its Spatial Organization in Runoff and Erosion Modeling at the Watershed Scale. In : D.E. Stott, R.H. Mohtar and G.C. Steinhardt (eds). *Sustaining the Global Farm*. National Soil Erosion Research Laboratory. 888-895.
- Thoenig J.-C. et M. Setbon, 1995,** *Erreurs organisationnelles et risques systémiques. L'action collective organisée face au risque : d'un cadre conceptuel au cas du risque-sida*. CNRS Programmes Risques Collectifs et Situations de Crise. Paris
- Trépos J.-Y., 1996,** *Sociologie de l'expertise*, Paris, PUF (Coll. Que sais-je)
- Trom D., 2001,** "Constructivisme savant et sens commun constructiviste : à propos du caractère conventionnel du paysage", *Ecologie, naturalisme, artificialisme, constructivisme, Les Cahiers du MAUSS*, n°17
- Valarié P., 1985,** "L'expert au pays", in CRESAL, *Situations d'expertise et socialisation des savoirs*, Actes de la table ronde, Saint-Étienne, 14-15 mars.
- Wise M. (eds), 1995,** *The value of precision*, Princeton: Princeton University Press
- Zalio P.-P., 2004,** "Territoires et activités économiques, une approche par la sociologie des entrepreneurs", *Genèses*, 56, pp. 4-27



**Bureau
d'économie
théorique
et appliquée
(BETA)**
UMR 7522

Documents de travail

« Prevention and Compensation of Muddy Flows : Some Economic Insights »

Auteurs

Sandrine SPAETER, François COCHARD, Anne ROZAN

Document de travail n° 2006–29

Octobre 2006

Faculté des sciences
économiques et de gestion
Pôle européen de gestion et
d'économie (PEGE)
61 avenue de la Forêt Noire
F-67085 Strasbourg Cedex

Secrétariat du BETA

Christine Demange

Tél. : (33) 03 90 24 20 69

Fax : (33) 03 90 24 20 70

demange@cournot.u-strasbg.fr

<http://cournot.u-strasbg.fr/beta>



Prevention and Compensation of Muddy Flows: Some Economic Insights¹

Sandrine SPAETER², François COCHARD³ and Anne ROZAN⁴

October 25, 2006

¹This study is part of the work done by the group GERIHCO (GEstion des RIques et Histoire des COulées boueuses / Risk management and history of muddy flows) in Alsace (North-East of France) in collaboration with the Rhin-Meuse Water Agency. It is also integrated in a national project on erosion from the French ministry of ecology and sustainable development (MEDD - programme RDT). The Rhin-Meuse Water Agency, the Louis Pasteur University of Strasbourg and the French ministry provided the financial support. Our colleagues from this network, and especially Anne-Véronique Auzet and Philippe Martin, are acknowledged for many useful discussions and comments.

²Corresponding author. BETA, UMR 7522 CNRS/ULP/Nancy-Université. Mailing address: BETA, 61, Avenue de la Forêt-Noire. F-67085 Strasbourg. Phone: +33 (0) 390 242 076. Fax: +33 (0) 390 242 071. E-mail: spaeter@cournot.u-strasbg.fr

³LERNA, Université Toulouse 1. Manufacture des Tabacs - Bat. F, Allée de Brienne, F-31000 Toulouse. E-mail: francois.cochard@univ-tlse1.fr

⁴GSP, UMR Engees-Cemagref, 1 Quai Koch - BP 61039, F-67070 STRASBOURG. E-mail: anne.rozan@engees.u-strasbg.fr

Abstract

Recent surveys report the increasing number of muddy flows in many areas, and point out the fact that agricultural practices (among others) influence significantly the risk and severity of muddy flows. In this paper, we investigate the economic incentives that can be given to the farmer to adopt different practices. We propose an original economic instrument that entails an ‘ambient tax’, voluntary revelations and a compensation fund. Because of the authorities’ difficulties to be informed of each farmer’s individual efforts, the tax cannot depend on the individual but on the collective level of efforts. However, each agent may lower his tax payment by revealing his individual efforts to the regulator so that high efforts may be rewarded compared to low ones. The tax revenue is used to supply a fund that is dedicated to the compensation of victims if a muddy flow occurs. hence it is possible to simultaneously increase the incentives for farmers to adopt more environmentally friendly practices and to improve the compensation of victims without mitigating their incentives to protect themselves against the risk of muddy flow.

Key Words: muddy flow, natural disasters, economic incentives, ambient tax, insurance, compensation fund.

JEL: G22, H21, H23, H3, Q2, Q54

1 Introduction

This paper aims at considering the economic issue of muddy flow risks. We propose to explore the specificities of such risks and to present some "pistes" that could be followed in order to mitigate them. All stakeholders are involved at different steps in the decision process and our discussion is never deconnected from the physical aspects related to muddy flows. In particular, not only the farmers, but also the inhabitants, take part in a compensation fund, which characteristics and properties will be analyzed.

Muddy flows¹ have been the subject of many studies in different disciplines (agronomy, hydrology, morphology, physical, geography, ...). Concerning the physical processes and the climatic aspects, much is done to understand how and why they occur. In particular, one important aspect of muddy flows deals with the role played by the agricultural practices and with the efficiency of some practices in the mitigation of muddy flow risks. Recent surveys report the increasing number of muddy flows in many areas, and point out the fact that those problems are not only due to natural events, but also to land occupation and human activities (see for example the report by the French Ministry of Environment and Agriculture, 1996). Both agricultural and domestic activities play an important role in the occurrence of muddy flows by affecting topography and soil, and suppressing various types of 'buffer zones' such as hedges, ditches, water bodies, wetlands, forests, fields. Many studies have been carried out on the agricultural practices and their respective efficiency on soil hydrology and mechanics, and it seems that some of them are better than others (no tillage, double drilling of small grains, ...) to limit soil detachment. Even though all complex aspects of muddy flow are not yet well understood, implementing cropping systems that induce less risk of runoff and soil erosion becomes urgent. Because of a lack of information, of communication between the different groups interacting together (scientists with decisionmakers, farmers with de-

¹See Auzet, Boiffin, Papy, Maucorps, and Ouvry (1990), Helming, Auzet, and Favis-Morlock (2005) and Auzet, Heitz, Armand, Guyonnet, and Moquet (2005) for a detailed description of this phenomenon, Boardman and Poesen (2006) for erosion soil in Europe and Auzet, Bissonnais, and Souchère (2006) for specific insights about the french issue.

cisionmakers, farmers with farmers, ...), such implementations may fail to work. Then analyses of the sociologic relations between the individuals or the groups of individuals may help to emphasize and to understand the locking points².

Cost-benefit analyses are also carried out in order to evaluate the social cost of muddy flow, taking into account not only claims of the inhabitants of a damaged area, but also the loss of intrinsic value of ground when soils are detached and transported from the lands to the roads or dirt tracks (for recent works see for instance Kuhlman, 2006 and Happe, Damgaard, Osuch, Sattler, Zander, Uthes, Schuler, and Piorr, 2006). Knowing all this information about cost, benefit, networks, characteristics of farms, soils, and so on, the aim of the economic instrument is to “convince” farmers to change their practices. However, because any change in individual practices that improves the social welfare may create some distortions at the individual level, the agent may not be willing to change his practices or his technology without either being compelled or having sufficient incentives to do so. In the context of muddy flow and, more generally, when dealing with environmental risks, even a harch legislation does not permit a regulator to compel agents to opt for the “right” behavior especially because he cannot observe all the actions decided by the agents. The work of the economist is therefore to build some economic instruments that create such incentives without the need of full information about individual actions.

Efficient tools must be such that modifications in the practices be valuable for both the farmers and the citizens, in the short term but also and especially in the long term. About this point it is often believed that subsidies are the best way to deal with technology change. Moreover, it is often thought that subsidies should be put in place indefinitely, otherwise one might observe a surrender of the new practices because of a lack of financial support. Unfortunately, from a financial point of view it is too costly to sustain such a policy for a long time.

²In this spirit, sociology is becoming a significative cornerstone in the comprehension and the mitigation of muddy flow risks through the work done on the functioning of the involved networks. See for instance Fry (2005) and Mathieu and Joannon (2005).

One point we want show is that subsidies are not the sole instrument that may be implement in the agricultural sphere and, most importantly, that economic tools (including subsidies) should not be systematically seen as very long term, and then very costly, solutions. To do so, we choose to deal with the normative approach of economics: we are focusing on “what is the best” knowing the different constraints. In this approach we differ from the economic studies that consider the Coase (1960) conjecture related to property rights and the transaction costs related to the relations between the regulator and the farmer. We are focusing on the polluter-pay principle formally established at the international level in 1972 by the OECD. A straight application of this principle often leads to the implementations of taxes on goods, production or practices that deteriorate the environment. But, for reasons detailed below, standard taxes are not the good way to limit muddy flow risks, and a more flexible regulatory policy will be proposed.

Before going further in the introduction, let us tell a word about the elements that economics take into account when defining risk, and especially muddy flow risks. As in other disciplines, the frequency of occurrence of an event and also the consequences it induces are among the most important elements in random processes. Nevertheless, when dealing with events that may concern simultaneously a large population (natural hazards, technological accidents, ...), the degree of correlation between the risks borne by the individuals is also an essential element because it impacts the efficiency of the risk mitigation policy to be implemented. Indeed, risk diversification over a large population no longer matters if everybody is harmed at a same date and by an identical event. Individual motivations to invest in protection and/or prevention measures also depend on whether the individual is alone to suffer a damage or if he belongs to an harmed population. Muddy flow risks belong to this category, with high correlation between the agents. Even if their financial consequences are, often, not so huge as those observed for some large-scale risks (earthquake risks for instance), they are considered by the economists as no standard risks and, thus, they cannot be studied such as classical risks (house, car, domestic risks, ...).

In this paper, we are considering *ex ante* risk mitigation and *ex post* compensation. A specific economic instrument is investigated: the ambient tax. This instrument first appears in the economic literature in Segerson's (1988) work and consists in fixing a tax no longer based on individual emissions of pollutant (which are often difficult to be known by a regulator) but with respect to the ambient level of pollution in the affected area (a lake, a river, the groundwater, the air, ...). We discuss the usefulness of such a tool in the frame of risk rather than of pollution. Our aim is to propose an environmental policy that gives farmers sufficient incentives to change their practices and also to inhabitants to protect their goods and themselves against muddy flows. This policy is based on an ambient tax to which we add the possibility for the farmer to reveal some information about his own practices and, by doing so, to be exempted from, at least part of, the ambient tax. Such an instrument has several positive characteristics and seems to be an efficient way to deal with diffuse pollution in a sense that we will precise in the text. Still we explain which adaptations should be made in order to adapt it to the muddy flow issue and we also focus on experimental economics. This investigation field is rather recent in economics and allows to test, under specific conditions, the predictions of economic (mostly game theoretic) models. In particular, experimental economics enables us to test the efficiency of some economic tools before they are implemented in practice. This is especially useful when no empirical data are available, which is the case for new instruments.

In the economic literature, the 'double dividend conjecture' states that Society may benefit twice from an environmental policy based on taxes. First, taxes induce more internalization of the risk of pollution by the agents and give them some incentives to reduce it and, second, taxes can increase the revenue of some agents by being redistributed within the sector concerned by the environmental policy. In the second part of this work, we focus on coverage aspects and we are to some extent rather close to this conjecture. Indeed we analyze the characteristics of a compensation fund that would be supplied with the ambient tax and devoted to the compensation of victims of muddy flows. Such

a system is interesting owing to the fact that victims are directly compensated by the agents the activities of which, combined with specific climatic conditions, have generated the damage and, as we will explain it in the paper, it provides some risk mutualization to the farmers. Moreover, the level of the available funds are directly connected to the magnitude of the risk of muddy flow.

While our reflexion was being constructed, many discussions took place with researchers from other disciplines in agronomy, hydrology and morphology, geography, sociology and history of sciences. This allowed us to bring our theoretical reflexions face to face with empirical and physical facts as often as possible.

The paper is organized as follows. Section 2 presents the theoretical insights of the ambient tax and, then, it discusses the role that experimental economics play in evaluating its economic efficiency. Section 3 deals with the compensation of victims after the realization of a muddy flow risk. The characteristics of such a risk and its difference compared to other large risks are presented. Then we propose a new management mechanism that entails an ambient tax, voluntary revelations and a compensation fund. We show how it is possible to simultaneously increase the incentives for farmers to adopt more environmentally friendly practices and improve the compensation of victims without mitigating their incentives to protect themselves against the risk of muddy flow. Section 4 concludes the paper.

2 The ambient tax mechanism: Theoretical aspects and empirical insights

In this section we first discuss the type of policy scheme that should be used to address the muddy flow issue and suggest resorting to an ambient tax mechanism, which was initially developed to handle the NonPoint Source Pollution (NPSP) issue. Second, we compare the NPSP and the muddy flow issues in order to see how the ambient tax scheme could be adapted to the latter setting. Finally, we present briefly the many

experimental studies that have been carried out to investigate the practical efficiency of the instrument.

2.1 Theoretical aspects

Our goal is to induce the agents whose activities have an impact on the occurrence of muddy flows to adopt better practices. A straightforward way to provide such incentives is to reward good practices through subsidies and punish bad practices through taxes. However that kind of regulation (which is directly related to the traditional ‘pigovian’ taxation first proposed by Pigou in 1920) is likely to be too costly to be applied to the muddy flow issue. Indeed, it requires the regulator to observe all the practices that have an impact on muddy flows. However, many of the agents’ practices are likely to be difficult—if not impossible—to be monitored by the regulator at a reasonable cost. For example, while it may be easy to observe the type of crop in a field, or the area of cultivated land, it is less easy to observe a farmer’s tillage practices or his way of fertilization.

2.1.1 Similarity with the NonPoint Source Pollution (NPSP) issue

A very similar problem occurs in the field of NonPoint Source Pollution (NPSP), which is a specific type of pollution where the regulator’s information is restricted. The pollution of a specific area (e.g. a lake) is typically said to be *nonpoint* if the polluters’ individual emissions that generate this pollution are fully or partially unobservable by the regulator at a reasonable cost (see among others Tomasi, Braden and Segerson, 1994). For instance, pollution of the ground water by nitrates is a NPSP issue. NPSP is defined in opposition to *Point* Source Pollution, in which polluters and their emissions are known. The concentration of pollution in the affected area is called the ‘ambient pollution’ level. This lack of observability of polluters’ emissions stems from several causes. Pollutants follow indirect and diffuse pathways from the sources to the environmental recipients (air, water or soils) and their fate is highly dependent on weather conditions. Discharg-

ers are numerous and often of small size³ (households, farms, ...). Sometimes they are even mobile, (e.g. cars in urban areas). Because of these inability to observe perfectly each polluter's individual emission, traditional environmental policies aimed at regulating individual emissions cannot be used to address NPSP questions. Then one must seek other observable elements on which to base regulations.

The most straightforward candidates for regulation are the 'inputs', i.e. all the factors that a firm uses to produce. They are taken in a very wide sense, including both material inputs like the machines, buildings, factories, fields, labour, energy, etc. as well as immaterial inputs like practices or technologies. Hence a first possibility would be to control input use by introducing 'input taxes' on those inputs which increase pollution, and 'input subsidies' on those inputs which reduce pollution (Griffin and Bromley, 1982, Shortle and Dunn, 1986, Shortle and Abler, 1994). However, as pointed out by Braden and Segerson (1993), the instruments requires the regulator to be able to monitor all the inputs that have an impact on pollution, which is obviously likely to be too costly. Thus we are back again to the point of imperfect information.

Finally the similarity between the muddy flow and the NPSP issue appears clearly:

- A muddy flow harms some agents and is (at least partially) caused by some other agents' bad practices, though the latter do not pay for this damage. This 'negative externality' suffered by some economic agents justifies some intervention by other agents (not systematically the State) to regulate the situation.
- Many types of practices may have an impact on the occurrence and severity of the

³Examples of NPSP can be mostly found in domestic and agricultural areas. Large quantities of fertilizers (containing nitrogen) are spread out in fields for higher yields. Nitrogen is partly absorbed by crops but is partially transported away to surface or ground waters, or it can evaporate into the atmosphere. Pathways are complex and affected by the nature of the soil, topography, weather conditions, etc. An exhaustive observation of all those elements is virtually impossible. Furthermore, individual emissions not only depend on those 'natural' parameters, but also on the polluters' practices. For instance, nitrogen leaching can be more or less important according to the period of spreading. Polluters' practices are clearly difficult to monitor.

flow, some of them being especially difficult to monitor by the regulator. Moreover, as NPSP, muddy flows are due to the conjunction of several agents' activities, so that it is hard for the regulator to separate the responsibilities of each of them. Hence he cannot resort to an individual regulation of practices without having to carry out expensive individual audits.

- Random factors such as weather conditions have a significant impact on muddy flows, just as in NPSP problems.

2.1.2 The usefulness of an ambient tax

To address the NPSP issue, economists have developed a specific policy scheme. Since individual actions are difficult and costly to be observed and drawing on the advances in agency theory applied to teams (see Holmström, 1982), Segerson (1988) and Xepapadeas (1991) suggest to use the ambient level of pollution as a consistent basis for the tax⁴. Since the ambient pollution level depends on the individual emissions, such a tax is able to induce each polluter to choose the actions that will decrease this level through individual emission reduction.

Our claim here is that a variant of such a policy scheme can be relevant for the regulation of muddy flows. Instead of trying to directly observe and control the agents' practices, the regulator should introduce a tax scheme based on the *results* of their practices, i.e. the environmental quality, and more precisely here the damages generated by a muddy flow. Such a policy scheme should induce each agent to improve his practices because by doing so he reduces the risk of being liable for a large tax. Of course this policy instrument requires the regulator to be able to provide an economic assessment of the damage due to a muddy flow. It should be noticed that to date such economic assessments are usually not carried out or are not carried out with sufficient care.

⁴Hansen (1998) and Horan, Shortle, and Abler (1998) propose taxing the *damage* generated by ambient pollution, but the principle of their schemes remains the same in a general setting.

2.1.3 Interaction, rationality and complete information

An ambient tax is a *collective* mechanism, to the extent that the tax an agent has to pay not only depends on his *own* practices, but also the others' practices since the damage also depends on the others' efforts. This implies that when making his decisions, an agent has to take into account what it believes the others will do⁵. The polluters' decisions are now interdependent, or put differently, the agents are in a *game* as defined by game theory. In such a game, it is generally assumed that rational agents choose their welfare-maximizing decisions given the information they have on others and on their environment. Based on that assumption, game theory is able to propose different solution concepts, i.e. to give reasonable predictions to rational agents' decisions. One of the most general solution concept is the so-called *Nash equilibrium* (Nash, 1950). The agents' decisions form such an equilibrium when each agent's decision is individually optimal given the other agents' decisions. Put differently, in a Nash equilibrium, no agent has any incentive to *unilaterally* change his decision. Since the regulator can compute this equilibrium, he is able to calibrate the tax so that at the equilibrium, each polluter makes the decisions that are *socially desirable*. A necessary condition for this is that the regulator provides agents with *complete information*, that is, with all the information they need to make optimal decisions. In particular, an agent should be informed of all the other agents' characteristics (i.e. the cost of their efforts to adopt better practices) in order to be able to anticipate their decisions. Furthermore, an agent should know the impact of his decisions on the environmental quality in order to be able to evaluate the impact of his decisions on the level of the tax (such informations should be at least partially provided by scientific investigations and disclosed to the agents via the regulator). Hence, if agents behave rationally and have complete information, the instrument should be efficient.

⁵For example, if a polluter thinks that the others will not emit much, then he may anticipate that the ambient pollution level will be low so that the level of the tax will be low as well, therefore he might afford to emit more. But the impact of such a behavior can be counterbalanced by a reputation effect. We will come back to this argument later on in the paper.

The assumptions of rationality and complete information from the agent's side are not as strong as they seem to be at first glance. It is true that rationality is never perfect in the real world, to the extent that errors are possible. However, errors may not be systematic and therefore cancel out on average. The assumption of complete information seems plausible if polluters are located in a small area, know and can monitor each other, and can possibly communicate (e.g. farmers in a small region). This points is strongly linked to scale considerations, which are discussed in Section 3. Actually, rationality and complete information might be rather reasonable assumptions when dealing with the muddy flow issue. Even so, several authors (i.e. Hansen, 1998 and Horan, Shortle, and Abler, 1998) have expressed skepticism about their validity and pointed out the necessity of empirical studies. Many such studies have been carried out thereafter in order to address these worries. But before presenting them in subsection 2.3, let us show in the next subsection how the ambient tax mechanism can be adapted to the muddy flow context.

2.2 Adaptation of the ambient tax to the muddy flow setting

There are some differences between the muddy flows and NPSP problems, justifying an adaptation of the ambient tax accordingly to the following points:

- Contrary to non-accidental and diffuse pollution, muddy flows occur at some random dates and not during a given period, which suggests that the regulator should choose between two kinds of tax schemes. If he wants the tax payment to occur at fixed dates then, when evaluating the level of tax payment, he cannot wait until a muddy flow occurs. Thus a possibility is to assess the probability and damage of the flow for the forthcoming period and to introduce a tax based on the expected damage of the flow. On the contrary, if the regulator wants the tax payment to be directly related to the real damages of a particular flow, then the tax can only be levied after a flow has occurred. In this case, the ambient tax mechanism applied to muddy flows might be regarded more as a penalty than as a tax system. Be-

cause of the randomness of the muddy flow events, tax payments will be random as well, so that risk-preferences are likely to play a significant role. Indeed, if agents are risk-averse⁶, they will not react similarly, depending on the “riskyness” of the environmental policy they have to follow.

- Muddy flows often give rise to very important damages, and are often regarded as ‘natural disasters’⁷. This implies that the level of the tax may reach very high levels in some cases if it is evaluated *ex post* on the basis of the real damage. And it may give rise to the bankruptcy of some agents that are liable for the tax. That problem was already recognized in the NPSP situation, but it is likely to be even more serious here. The solution is typically to diminish the level of the tax payment by a lump-sum (i.e. fixed) amount (it is sometimes said that the ambient tax is combined with a lump-sum subsidy). Since that amount is fixed, it is well-established that it does not change the incentives from an economic point of view and the instrument remains efficient. Of course, if the fixed amount is very high, the agents may even actually earn a subsidy instead of paying a tax if the damage is small. Together with the argument related to risk smoothing, this point is finally an argument in favor of a tax that is implemented *ex ante*, on the basis of the level of risk.
- Responsibilities are often shared among various types of agents, such as the local or national authorities (who are responsible for the location of buildings and the construction of roads), firms, farms and also citizens. Farmers are generally recognized as having large responsibilities in the occurrence of the flows, so that they should be liable for the ambient tax. However, they should not be the sole payers since the level of the damage is also due to the citizens decisions. This argument

⁶An agent is risk averse in an economic sense if he is willing to pay to obtain the mean gain (or loss) of a given situation without any possible fluctuation around this mean value.

⁷In France, villages or towns having suffered a muddy flow event have the possibility to obtain the natural disaster state (*Etat de catastrophe naturelle*) thanks to a decree. If the decree is adopted, then victims benefit from the solidar, and compulsory, compensation programme related to natural hazards.

is formalized in Section 4.

The latter two points emphasize the acceptability issue that can be associated with the implementation of an ambient tax for the regulation of muddy flows, and they point out the difficulty of implementing a crude ambient tax. Acceptability issues have already long been discussed in the field of NPSP, but they are likely to be even more important in the muddy flow setting.

Another possibility to address the acceptability problem is to introduce instruments that are less dependent on the collective effort and more dependent on individual efforts. This can be done by giving the agents the opportunity to *reveal* their efforts, and then checking the revelations through individual inspections. As said previously, the regulator cannot carry out systematic individual monitoring because it would be too costly. However, it is well known since Becker (1968) that random inspections are sufficient to provide correct incentives: lower inspection probabilities can be substituted by higher tax payments. Xepapadeas (1995) and Kritikos (2004) suggest using such random audits along with ambient-based schemes.

We suggest amending the ambient tax mechanism in the spirit of those specific schemes. Hence the mechanism that we propose in Paragraph 3.2. uses the reputation effects that may arise in small groups in order to create sufficient incentives for an agent to behave in adequation with the environmental recommandations. Moreover, by investing in new practices, the farmer will be able to signal himself to the authorities in order to benefit from a reduction in the ambient tax.

To summarize, an ambient-based tax mechanism is likely to be efficient in mitigating the muddy flow problems. However, since our point was essentially theoretical until now, a legitimate worry is the actual efficiency of such an instrument in the real world. Again, we have good reasons to be optimistic in that respect as well thanks to the numerous experimental studies that have been carried out in order to test the performance of the scheme in the NPSP context. This is what we detail in the next subsection.

2.3 Laboratory experiments

To our knowledge, ambient-based schemes have rarely been implemented in the field yet.⁸ This means that very few real data are available to assess the practical efficiency of the instrument. Besides, even if the instrument had already often been introduced in the real world, data might have been difficult to collect or to interpret. Such as in experimental sciences, economists have overcome the obstacles inherent in the use of real world data by collecting data in a controlled environment, i.e. the laboratory.⁹ There are three reasons for using experimental economics (Shogren, 2004): to test theory, to look for patterns of behaviour and to use the lab as a testbed for economic design. Thus it allows us to build new mechanism designs and to test their efficiency.

Concerning ambient tax mechanisms, several experimental tests have been carried out to provide insights on its practical efficiency in the NPSP setting.

All those experimental studies adopt the following standard methodology. Upon arriving in the lab, each subject has first to read detailed instructions describing the decisions he has to make during the experiment. At the end of the experiment, each subject receives a cash payment which depends on his performance during the session. Performance-based payments are often preferred to lump-sum payments because they are usually regarded as providing better incentives: they directly depend on the subject's decision.

An experimental session is composed of several periods (typically between 10 and 40 periods). Subjects play the role of firms which emit pollution. It should be noticed however that most experiments are non-contextualized, which means that they use a neutral terminology. For example, subjects are not told that they play the role of *firms* that *emit pollution*. Neutral words are used instead, such as *subjects* instead of *firms*, *tokens* instead of *units of pollution*, *payoff* instead of *profit*. While this practice may look

⁸An exception is presented in Ribaudo, Horan, and Smith (1999).

⁹The first experimental economic works begun in the early 1950s. For a presentation of the standard methodology and the main domains of application, see for example Davis and Holt (1993), and Kagel and Roth (1995).

queer to non-specialists, it is often preferred by experimenters because it allows drawing more general conclusions from experiments, and it avoids confusing the subjects who focus only on the monetary incentives and not on the specific context that would be suggested. However there are also arguments in favor of contextualization, depending on the problem at hand. Contextualization can be particularly consistent with our study on the muddy flow issue, where reputation and personal feelings about the environment affect the preferences of the agent. Actually ‘field experiments’, which resort to contextualization and ‘real’ agents, are now emerging in experimental economics. They must be considered as a suitable way to deal with the test of the ambient tax efficiency in the context of muddy flows. Furthermore, unless otherwise stated, no communication is allowed among subjects. They are isolated from each other in partitions, so that they cannot see or hear each other. The only information the subjects get on what the others do is the sum of their invested tokens (sum of their emissions) at the end of each period. Avoiding direct communication allows the experimenter to get more control on the reasons why subjects are making their decisions. Communication can be introduced in the lab, but this should be done carefully to avoid losing too much control. For example, direct verbal communication can lead to psychological effects such as intimidation, seduction, etc. that the experimenter might not be aware of. However, it should be noticed that introducing communication can be relevant still in some studies (such as ours) to the extent that polluters are likely to know each other and meet frequently in the real world.

Several variants of the ambient tax have been tested in the lab, and a detailed description of all the collected results is beyond the scope of this paper. We shall focus here on the important following result :

Ambient taxes induce a level of ambient pollution close to the level desired by the regulator in charge of maximizing the social welfare¹⁰. Nevertheless, this level is achieved at

¹⁰In a Society composed of farmers and inhabitants, the social welfare encompasses the profit of the farmers plus the wealth of the inhabitants. If more agents are present (like lenders, ...), then their wealth are also considered in the social welfare.

a cost which might not be the lowest possible one. Indeed the highest emission reductions are not always observed in more cost-effective firms, i.e. those firms in which abatement is the least costly.

This general result has been obtained in several studies (Cochard, Ziegelmeyer and Bounmy, 2005, Cochard, Willinger and Xepapadeas, 2005, Alpizar, Requate and Schram, 2004, Poe, Schulze, Segerson and Vossler, 2004, Camacho and Requate, 2004 and Vossler, Poe, Segerson and Schulze, 2002), and was further found to be robust to the introduction of randomness into the ambient pollution function (Spraggon, 2002), which reflects natural variability (weather conditions). Translating this test into the muddy flow setting, it suggests that the inherent randomness of a muddy flow event should not decrease the efficiency of the ambient tax.

Nevertheless the instrument has been found to be significantly less efficient when subjects have different cost functions (Spraggon, 2004). Such an heterogeneity is of course likely to be present in the real world, and Spraggon expected that it would reduce the efficiency of the instrument because it makes the decisions of the subjects more difficult to make. Indeed, remember that when an ambient tax is implemented, subjects have to anticipate what the others will do to take their own decisions; obviously that task is more complex if the others have different characteristics than them, even though those characteristics are known. This problem might also occur in the muddy flow context if agents have heterogenous characteristics. Still there the scale issue is important, and the degree of homogeneity of the selected set of farms, or lands, concerned by given policy shall be an essential argument.

To conclude, the experimental studies show that the ambient tax is a promising policy instrument although it should still be improved. Possible improvements are the ones already suggested in the previous subsection, that is, introducing the opportunity for polluters to reveal at least part of their individual emissions, and taking advantage of reputation effects.

Because the system we propose will also take into account *ex post* considerations, we now turn to the compensation aspects of the damages due to muddy flows.

3 Insuring natural disasters

Up to now, we were interested in what should be implemented *ex ante* to reduce the risk of muddy flow. But risk management also implies that regulators focus on *ex post* claims. Once a muddy flow occurs, it is important to know how the victims are, or should be, indemnified not only because they are victims and they suffer from negative externalities, but also because the way they are compensated in has a non neglectible impact on how they behave before the catastrophe. Our reflexion is divided in two steps. First, we explain why natural hazards, and in particular muddy flow risks, cannot be managed such as standard risks (those related to car driving, to the house, to health,...). Second, we propose a new way to compensate victims of muddy flow in a given area by combining the ambient tax with risk mutualization.

3.1 How damages should be compensated?

3.1.1 Correlation and risk transfer

Large risks, which entail technological risks, environmental risks due to anthropic activities and, above all, natural catastrophes, display some differences when compared to more standard risks (car insurance, house insurance, ...) that make them difficult to be considered by classical tools of insurance. Indeed through the risk transfer mechanism, an agent - the insurer - buys a risk from another agent -the insured - at a negative price - the insurance premium. The former is able to accept many risks and, thus, to play the role of an insurer for many individuals, if these risks are independent. Independence means here that neither the severity nor the frequency of the potential damage for one individual is correlated to the damage or to the frequency of another one, so that the insurance premia paid by some individuals may cover the indemnities paid to others at a given date. This is no longer the case when dealing with large risks since all individuals in a same area face similar risks and will, in the case of an accident, present their claims simultaneously to the insurer. In such a context, the financial situation of the insurer may be deteriorated and, in some cases, he may be pushed into bankruptcy. To

correlation (or dependance) one must add the fact that consequences of a damage may be huge for Society. Lastly, because of their low frequency (compared to other risks), insurers do not always have sufficient statistics to well define the risk and to estimate a fair insurance premium. Moreover, they do not have perfect and complete information about the behaviors of the insured persons and in some cases, in particular for muddy flows, the behavior in terms of self-protection (respectively prevention) affects the level (respectively the probability) of a loss¹¹.

3.1.2 Mutualization and the law of large numbers

Concerning natural hazards, correlation is one of the most important issues that insurers have to deal with because the well-known mutuality principle (which is the second important principle in insurance economics) becomes difficult to be applied in such a context. Indeed, risk mutualization means that risks from a given sector or a given group are gathered together and that a percentage of the agregate risk (equal to the sum of all individual risks) is redistributed to each individual within the group. This percentage does not depend on the initial individual risk, but rather on the attitude towards risks of the concerned agent. Moreover, when individual risks are independent (such as in car insurance, house insurance, health insurance), the agregate risk may be very small, even zero, if the number of individuals is sufficiently large in the group. The law of large numbers induces, finally, a decrease in the variance of the agregate risk: it tends towards zero (See the appendix for a simple demonstration).

This property does no longer hold if risks are dependent each others. To the variance, one must add the covariance matrix and, in the case of natural risks, individual risks present some positive covariance. Hence, the law of large numbers does no longer work here and the agregate risk remains a random variable. But, the aggregate risk could be

¹¹Prevention deals with activities carried out by the agent in order to reduce the probability of damage (like driving carefully for car risks or buying one's house in a non liable to flooding area), while self-protection is relative to activities that induce a decrease in the level of damage if any (like fastening one's seatbelt, or building a wall around one's property).

mitigate by influencing the actions of the agents that affect either the probability or the level of the potential damage. In the case of muddy flow, farmers are able to affect the frequency¹² (e.g. by adopting the no tillage practice), while inhabitants might reduce the level of damage if any (e.g. by avoiding fitting out the basement).

Nevertheless, it is still possible, and useful, to consider the mutuality principle for risks that present some degree of correlation between them, but it should be associated to the other important principle in insurance, that means the transfer principle. We propose to discuss this combination in the case of muddy flow risks.

3.2 Implementing a compensation fund for the coverage of muddy flow damages

Compensation funds have been implemented since many years in some industrial sectors in order to compensate victims in the case of an incident due to the concerned activity. One of the oldest known funds is the one built by shipowners in the 1750's in order to insure themselves against the loss of their cargo (because of storms, pirates, ...). They gathered their risks, paid a regular contribution to the pool and, each time a cargo was lost or wrecked, its owner was compensated (at least partially) by the fund thanks to the premia initially collected.

The important and interesting points of the mutuality principle (applied in its simplest design by the shipowner) are twice. First, the premium paid by each contributor does not depend on his individual level of risk, but on the aggregate risk (and his attitude towards risk), allowing individuals with high risks to be covered. Second, everyone within the pool has access to the same coverage characteristic, at a given paid premium. Hence this principle may induce efficient risk-spreading over the members of the pool.

These interesting arguments can be used in the muddy flow issue. Indeed, the ambient tax paid by the farmers does not depend on their individual risks, that is the risk relative to their own exploitation and to which people are exposed. The ambient tax depends on

¹²This does not exclude the fact that their risk-reducing activities may also affect the level of damage.

the aggregate level of risk. If all risks of farmers in a same area (which has to be defined) are gathered within a pool, the ambient tax can be considered such as a premium paid by each farmer to the fund.

Nevertheless, there is a main difference between this system and the one related to the shipowners. In the case of muddy flows, farmers pay a contribution to the pool in order to make available some funds for compensating people that are not members of the fund (the inhabitants of the area). This is in line with the polluter-pay principle since individuals whose activities drive some negative externalities¹³ should participate in the rehabilitation of the damaged sites and in the compensation programme even if they do not suffer directly from the damage¹⁴. Moreover, it is also close to the double dividend conjecture presented in the introduction: in our setting, the ambient tax is entirely redistributed to the agents of the area concerned by the compensation fund.

3.2.1 Aggregate risk and individual revelations

In the previous section, we suggested to mix the ambient tax scheme with a revelation process, through which the agents could avoid paying the ambient tax by revealing their good practices. Actually, this revelation process might weaken the mutuality principle because farmers would have the possibility to pay a contribution that depends on their individual characteristics. Indeed the ambient tax is lowered if the farmer shows that he has adopted some environmentally friendly practices. Nevertheless, we know that, besides the risk management itself, decisionmakers have also to cope with the social acceptability issue. Even if an instrument is efficient from an economic and environmental

¹³Such characteristics are also observed for other funds related to large risks. See for instance Schmitt and Spaeter (2005a, 2005b) for oil spill risks and Smets (1992) about compensation funds.

¹⁴This is not really the case with muddy flows since the patrimonial value of the land decreases as sediments are lessivated. But even so, our arguments hold. Hence another important question that will arise in such a system deals with the opportunity of the farmer to be also considered as a victim. This possibility, even if not unfair from a practical point of view, creates some informational issues (moral hazard, adverse selection) addressed by the agency theory in economics and is not considered in this paper.

point of view, its implementation could induce more costs than the created benefits if individuals are reluctant to use it or try to find some solutions in order to escape from its application. Thus, in the case of muddy flow and agricultural practices, a suitable economic instrument should involve a parameter that captures the acceptability dimension. In our model, this parameter may be the sensitivity of the ambient tax to the individual revelations: In the limit and unrealistic case of complete social acceptability of the ambient tax, individual revelations of the agents would not impact the level of the tax they pay. Only a decrease of the aggregate risk suffered by the whole area can make it decrease.

Now let us have a look on the behavior of the potential victims. From the economic literature on risk and insurance, we know that the optimal behavior for an insured agent is to decrease preventive and self-protective activities as insurance increases if his insurance premium is not linked to his preventive investments (Becker, 1968). This is especially the case if the insurer cannot observe the level of prevention or if audit of the agent's behaviour is too costly. Nevertheless, in the case of muddy flow, auto-protection consists in some measures that can be—at least partially—observed after a damage. Indeed forbidding the aménagement of the underground in a house could be one of these measures imposed by the insurer. It is also possible to give the agents incentives, such as for the farmers, to reveal their self-protective measures to the insurer before a damage occurs. In such a way, compensation of victims might depend upon their protection measures and this would give them incentives to make the adequate investment because of the threat of not being well indemnified¹⁵. The inhabitants should also contribute to the fund, but less than the farmers. Indeed, to be incentive the insurance service must be costly for them: And the insurance premia paid by the insured inhabitants could be added to the ambient tax, thereby increasing the available funds in the case of a muddy

¹⁵In the United States, insurance contracts for natural hazards are underwritten in two steps. First, a basic contract is signed with some limited coverage. Then the agent invests in preventive measures and brings this information to the insurer. In the second stage, the contract is renegotiated and the insured person has access to better compensation conditions.

flow.

Finally, such a system that creates a link between indemnities and the *ex ante* behaviors of victims might also give rise to the emergence of a reputational effect for potential victims. They might suffer from bad reputation if they used to have large claims while the mean value of damages in the area, or in the village, is decreasing. Up to now, only farmers were considered as agents being able to suffer from bad reputation.

3.2.2 About the optimal scale

Until now, we discussed the limits and, above all, the advantages of implementing a compensation fund in a given area. A complementary question concerns the size of this area. It is important to realize that the mutuality principle must deal with approximately similar risks in order to be as efficient as possible (low risk-persons are not willing to gather their risks with high-risk persons). Thus it would be unrealistic to think about a national fund, supplied by different ambient taxes, evaluated in different regions. Even the region (Alsace, Haute Normandie, in the French sense) is not a good scale because of the diversity in the crops, but also in the climatic conditions and, above all, because of the pedological and agronomic characteristics of the soils. Hence the right scale might be the village, some area of the village, or two neighbouring villages, depending on their characteristics. For the particular case of the south of Alsace, the question of the scale of the area might find some insights in Auzet, Heitz, Armand, Guyonnet, and Moquet (2005). They worked on the natural catastrophes files of claimants and they obtained some useful data about the frequency of muddy flow, the level of damages, the nature of the damages, and others. Such files exist in France because a decree asserting the natural disaster state must be published to make funds specifically dedicated to natural catastrophes available from the insurers. Thus each village has to prepare documents about its damages for the local public authority. Coupled with informations on physical components of the muddy flow object (Armand, 2005), the work of Auzet et al. (2005) should make possible to build a map describing the vulnerable areas. The work in progress deals with risk perception and this map will be complemented by informations

about how the inhabitants and the farmers perceive the risk in their area. This is especially important when focusing on the type of policy that should be implemented. Social acceptability, sensitivity to risks, level of knowledge, ..., are important factors in addition to pure economic ones.

4 Concluding discussion

All the arguments presented in this paper should induce at least one certainty: the ideal system that will give sufficient incentives to the farmers to change their practices and will induce more preventive behaviors from the citizens in the risky areas is not a system that uses only one economic tool, even if such a tool is efficient from the theoretical point of view (i.e. the ambient tax). We showed that several specificities interact in the muddy flow issue. This gives rise to some complexity but adds also some dimensions to the problem that can be exploited to solve it (at least partially).

For instance, farmers usually know their neighbours and communicate with them. From a theoretical point of view, this could lead to collusive behaviours, which fragilizes the equilibrium obtained without communication, and thus decreases the efficiency of the economic device. Nevertheless, the very fact that agents know each others in a given area might be used to create some reputational effects. Hence a given farmer might be willing to invest in new practices not only for direct financial reasons (due to subsidies for instance or taxes) but also because he might suffer from bad reputation effects or benefit from good reputation effects. This is particularly interesting if his behaviour affects the level of tax paid by the others, such as for the ambient tax. In the same spirit, an inhabitant who does not invest in prevention, while his neighbours adopt some safety measures in order to protect their house, may also suffer from bad reputation and even from a decrease in the compensation if a damage occurs.

The system that we discussed in the paper takes advantage of these effects. It combines the beneficial aspects of taxes (double dividend effect) and of individual revelations and it solves, at least partially, the issue of asymmetric informations by using an ambient

tax rather than a pigouvien one.

Moreover, one originality of our approach deals with the fact that we do not separate the *ex ante* issue (prevention) from the *ex post* one (compensation). Taxes and premia collected *ex ante* are used for compensation if a disaster occurs. Lastly, the contracts are written in such a way that they give the agents incentives to invest in self-protective and preventive measures.

Some points remain questionable.

In France, catastrophe insurance is compulsory, avoiding thus the Good Samaritan problem. Indeed the house-insurance premium of each homeowner is charged by a given percentage in order to finance natural hazard coverage. By this strategy, the government protects itself against the possibility that some people be not insured because they know that the State will compensate them in the case of a natural disaster. In the meantime, since the French compensation premium is only based on the monetary value of the agent's house (thus, indirectly on his income) and not on his own risk, it yields no incentives to be prudent. In doing so, it gives some importance to equity rather than to efficiency. In Germany, the system is radically different. Insurance is comprehensive and the premia depend entirely on the risk borne by the agent: the system is efficient from a theoretical point of view, but many people decide not to insure themselves. They usually underevaluate their risk and, as a direct consequence, refuse to pay the insurance premium asked by insurers. These practical cases enhance the fact that the type of insurance, compulsory or comprehensive, has also an effect on the behaviour of the agents.

Closely related to this point is the question of what should be put in the insurance premium. An economist would say that the price of a good or a service must reflect its value. If there is some uncertainty of this value, because it depends on the realization of a random event, then the price should reflect the expected value of the good plus the risk it contains. In our setting, the service is an action of coverage conditioned by the level of a damage. The expected value of the damage should then be the important part

of the premium. Nevertheless, this means also that high premia will be attached to high risks. Since the individual does not control natural hazards, it seems unfair to make depend the premium exclusively on the risk.

Actually, the premium should depend simultaneously on the individual risk and on the income of the agent. In the simplest case, it could be a weighted sum of both and the government could decide the weights to give to each component, depending on its goals. If the main objective is to create some strong incentives to invest in prevention, then a large weight should be given to efficiency, that means to the risk component in the premium. On the contrary, if the goal of the government is to permit each individual to have access to coverage whatever the area he is living in, then a large weight should be given to the level of income in the premium. A policy that mixes efficiency and equity will provide some fair weights for the risk and for the income argument.

Lastly, one should discuss about the possibility of implementing an audit policy. Indeed, we suggest in our setting that farmers could reveal their practices if doing so allows them to pay a lower (ambient) tax. Symmetrically, inhabitants that invest in preventive measures should be able to announce these investments to their insurer or to the Fund manager in order to benefit from a reduction in the insurance premium. Those informations could also be disclosed thanks to audit. By doing so, not the agent but the regulator will have an active role to play since he will have to seek the information. Such a system could be more costly, but it has the advantage to avoid some fraudulent declarations. The efficiency of a system with direct revelations compared to an audit policy will surely depend on the audit cost, but also on its ability in obtaining information and on the motivations of the agents to fight against muddy flows.

APPENDIX

Risk mutualization

Let \tilde{x}_i be the individual risk of Agent i with support $(x_{i1}, \dots, x_{iS}; p_1, \dots, p_S)$ where the second subscript of x denotes the state of nature (there are S possible states of

nature in our example) and $p_j, j = 1 \dots S$, is the probability of realization of state j . The variance of the risk \tilde{x}_i is denoted $Var(\tilde{x}_i)$, with $0 < Var(\tilde{x}_i) < +\infty$. Assume now that there are N agents in our group with independent individual risks: $\tilde{x}_i, i = 1 \dots N$, with same distribution and same expected value. Thus all individual risks have the same variance, which we denote V . The aggregate risk of the pool is defined as $\tilde{X} = \sum_{i=1}^N \tilde{x}_i$. Finally, assume for the sake of simplicity, that each agent becomes a proportion $1/N$ of the aggregate risk. The variance of the risk that they bear *in fine* is

$$\begin{aligned}
 Var\left(\frac{1}{N}\tilde{X}\right) &= \frac{1}{N^2}Var(\tilde{X}) \\
 &= \frac{1}{N^2}Var\left(\sum_{i=1}^N \tilde{x}_i\right) \\
 &= \frac{1}{N^2}\sum_{i=1}^N Var(\tilde{x}_i) \\
 &= \frac{1}{N^2}.NVar(\tilde{x}_i) \\
 &= \frac{1}{N}.V
 \end{aligned}$$

The third equality comes from the independency of the individual risks. Finally, the variance of \tilde{X}/N tends towards zero as N tends towards infinity.

References

- ALPIZAR, F., T. REQUATE, AND A. SCHRAM (2004): “Collective versus Random Fining: An Experimental Study on Controlling Ambient Pollution,” *Environmental and Resource Economics*, 29, 231–52.
- AUZET, A.-V., Y. L. BISSONNAIS, AND V. SOUCHÈRE (2006): “Soil erosion in France,” in *Soil erosion in Europe*, ed. by J.Boardman, and J.Poesen, pp. 369–383. Wiley.
- AUZET, A.-V., J. BOIFFIN, F. PAPY, J. MAUCORPS, AND J.-F. OUVRY (1990): “An approach to the assessment of erosion forms, erosion risks on agricultural land in the Northern Paris Basin, France,” in *Soil erosion on agricultural land*, ed. by J. Boardman, J. Dearing, and I. Foster, pp. 384–400. Wiley, Chichester.

- AUZET, A.-V., C. HEITZ, R. ARMAND, J. GUYONNET, AND J.-S. MOQUET (2005): “Les ‘coulées de boue’ dans le Bas-Rhin : analyse à partir des dossiers de demande de reconnaissance de l’état de catastrophe naturelle,” Report, IMFS, ULP-CNRS Strasbourg.
- BECKER, G. S. (1968): “Crime and Punishment: An Economic Approach,” *Journal of Political Economy*, 76, 169–217.
- BOARDMAN, J., AND J. POESEN (2006): *Soil Erosion in Europe*. Wiley.
- BRADEN, J. B., AND K. SEGERSON (1993): “Information Problems in the Design of Nonpoint-Source Pollution Policy,” in *Theory, Modeling, and Experience in the Management of Nonpoint-Source Pollution*, ed. by C. S. Russell, and J. F. Shogren, pp. 1–35. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- CAMACHO, E., AND T. REQUATE (2004): “Collective and Random Fining versus Tax/Subsidy Schemes to Regulate Non-Point Pollution: An Experimental Study,” mimeo, University of Kiel.
- COCHARD, F., M. WILLINGER, AND A. XEPAPADEAS (2005): “Efficiency of Nonpoint Source Pollution Instruments: An Experimental Study,” *Environmental and Resource Economics*, 30, 393–422.
- DAVIS, D. D., AND C. A. HOLT (1993): *Experimental Economics*. Princeton University Press.
- FRY, P. (2005): “Differing Views of Scientists and Farmers: Explaining Implementation problems and Sketching the Potential of Knowledge Exchange,” COST 634 Meeting, Mont-Saint-Aignan, June 5-7, 2005, France.
- GRIFFIN, R. C., AND D. W. BROMLEY (1982): “Agricultural Runoff as a Nonpoint Externality: A Theoretical Development,” *American Journal of Agricultural Economics*, 64, 547–52.

- HANSEN, L. G. (1998): “A Damage Based Tax Mechanism for Regulation of Non-Point Emissions,” *Environmental and Resource Economics*, 12, 99–112.
- HAPPE, K., M. DAMGAARD, A. OSUCH, C. SATTLER, P. ZANDER, S. UTHES, J. SCHULER, AND A. PIORR (2006): “CAP-reform and the provision of non-commodity outputs in Brandenburg,” 55, 268–279.
- HELMING, K., A.-V. AUZET, AND D. FAVIS-MORLOCK (2005): “Soil Erosion Patterns: Evolution, spatio-temporal dynamics and connectivity,” *Earth Surface Processes, Landforms*, 30, 131–132.
- HOLMSTRÖM, B. (1982): “Moral Hazard in Teams,” *Bell Journal of Economics*, 13, 324–40.
- HORAN, R. D., J. S. SHORTLE, AND D. G. ABLER (1998): “Ambient Taxes when Polluters have Multiple Choices,” *Journal of Environmental Economics and Management*, 36, 186–99.
- KAGEL, J., AND A. E. ROTH (eds.) (1995): *Handbook of Experimental Economics*. Princeton: Princeton University Press.
- KRITIKOS, A. (2004): “A Penalty System to Enforce Policy Measures under Incomplete Information,” *International Review of Law and Economics*, 24, 385–403.
- KUHLMAN, T. (2006): “Estimating the Costs and Benefits of Soil Conservation,” COST 634 Meeting, Wageningen, October 1-3, 2006, Holland.
- MATHIEU, A., AND A. JOANNON (2005): “Combining Social Network and Technical Leeway in Farms Analysis to Reduce Runoff at Catchment’s Scale by Managing Crop Localisation,” COST 634 Meeting, Mont-Saint-Aignan, June 5-7, 2005, France.
- NASH, J. (1950): “Equilibrium Points in N-Person Games,” *Proceedings of the National Academy of Sciences, U.S.A.*, 36, 48–9.

- POE, G. L., W. D. SCHULZE, K. SEGERSON, J. F. SUTER, AND C. A. VOSSLER (2004): “Exploring the Performance of Ambient-Based Policy Instrument When Non-Point Source Polluter Can Cooperate,” *American Journal of Agricultural Economics*, 86, 1203–10.
- RIBAUDO, M. O., R. D. HORAN, AND M. E. SMITH (1999): *Economics of Water Quality Protection from Nonpoint Sources: Theory and Practice*. Agricultural Economic Report No. (AER782).
- SCHMITT, A., AND S. SPAETER (2005a): “Coverage of Large Risks: Theoretical Analysis and Application to Oil Spills,” Mimeo BETA, Louis Pasteur University, Strasbourg.
- (2005b): “Hedging Strategies and the Financing of the 1992 International Oil Pollution Compensation Fund,” Working Paper n° 2005-12 BETA, Louis Pasteur University, Strasbourg.
- SEGERSON, K. (1988): “Uncertainty and Incentives for Non-Point Source Pollution,” *Journal of Environmental Economics and Management*, 15, 87–98.
- SHOGREN, J. F. (2004): “Incentive Mechanism Testbeds: Discussion,” *American Journal of Agricultural Economics*, 86, 1218–19.
- SHORTLE, J. S., AND D. G. ABLER (1994): “Incentives for Nonpoint Pollution Control,” in *Nonpoint Source Pollution Regulation: Issues and Analysis*, ed. by C. Dosi, and T. Tomasi, pp. 137–49. The Netherlands, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- SHORTLE, J. S., AND J. W. DUNN (1986): “The Relative Efficiency of Agricultural Source Water Pollution Control Policies,” *American Journal of Environmental Economics*, 68, 668–77.
- SMETS, H. (1992): “L’indemnisation complète des victimes de la pollution accidentelle,” *Risques*, 11, 49–71.

- SPRAGGON, J. (2002): “Exogenous Targeting Instruments as a Solution to Group Moral Hazards,” *Journal of Public Economics*, 84, 427–56.
- (2004): “Exogenous Targeting Instruments with Heterogeneous Agents,” *Journal of Environmental Economics and Management*, 48, 837–56.
- TOMASI, T., K. SEGERSON, AND J. B. BRADEN (1994): “Issues in the Design of Incentive Schemes for Nonpoint Source Pollution Control,” in *Nonpoint Source Pollution Regulation: Issues and Analysis*, ed. by C. Dosi, and T. Tomasi, pp. 1–37. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- VOSSLER, C. A., G. L. POE, W. D. SCHULZE, AND K. SEGERSON (2006): “Communication and Incentive Mechanisms Based on Group Performance: An Experimental Study of Nonpoint Pollution Control,” *Economic Inquiry*, Forthcoming.
- XEPAPADEAS, A. (1991): “Environmental Policy under Imperfect Information: Incentives and Moral Hazard,” *Journal of Environmental Economics and Management*, 20, 113–26.
- (1995): “Observability and Choice of Instrument Mix in the Control of Externalities,” *Journal of Public Economics*, 56, 485–98.

Documents de travail du BETA

- 2000–01 *Hétérogénéité de travailleurs, dualisme et salaire d'efficience.*
Francesco DE PALMA, janvier 2000.
- 2000–02 *An Algebraic Index Theorem for Non-smooth Economies.*
Gaël GIRAUD, janvier 2000.
- 2000–03 *Wage Indexation, Central Bank Independence and the Cost of Disinflation.*
Giuseppe DIANA, janvier 2000.
- 2000–04 *Une analyse cognitive du concept de « vision entrepreneuriale ».*
Frédéric CRÉPLET, Babak MEHMANPAZIR, février 2000.
- 2000–05 *Common knowledge and consensus with noisy communication.*
Frédéric KÖESSLER, mars 2000.
- 2000–06 *Sunspots and Incomplete Markets with Real Assets.*
Nadjette LAGUÉCIR, avril 2000.
- 2000–07 *Common Knowledge and Interactive Behaviors : A Survey.*
Frédéric KÖESSLER, mai 2000.
- 2000–08 *Knowledge and Expertise : Toward a Cognitive and Organisational Duality of the Firm.*
Frédéric CRÉPLET, Olivier DUPOUËT, Francis KERN, Francis MUNIER, mai 2000.
- 2000–09 *Tie-breaking Rules and Informational Cascades : A Note.*
Frédéric KÖESSLER, Anthony ZIEGELMEYER, juin 2000.
- 2000–10 *SPQR : the Four Approaches to Origin-Destination Matrix Estimation for Consideration by the MYSTIC Research Consortium.*
Marc GAUDRY, juillet 2000.
- 2000–11 *SNUS-2.5, a Multimoment Analysis of Road Demand, Accidents and their Severity in Germany, 1968-1989.*
Ulrich BLUM, Marc GAUDRY, juillet 2000.
- 2000–12 *On the Inconsistency of the Ordinary Least Squares Estimator for Spatial Autoregressive Processes.*
Théophile AZOMAHOU, Agénor LAHATTE, septembre 2000.
- 2000–13 *Turning Box-Cox including Quadratic Forms in Regression.*
Marc GAUDRY, Ulrich BLUM, Tran LIEM, septembre 2000.
- 2000–14 *Pour une approche dialogique du rôle de l'entrepreneur/manager dans l'évolution des PME : l'ISO comme révélateur ...*
Frédéric CRÉPLET, Blandine LANOUX, septembre 2000.
- 2000–15 *Diversity of innovative strategy as a source of technological performance.*
Patrick LLERENA, Vanessa OLTRA, octobre 2000.
- 2000–16 *Can we consider the policy instruments as cyclical substitutes ?*
Sylvie DUCHASSAING, Laurent GAGNOL, décembre 2000.

- 2001–01 *Economic growth and CO2 emissions : a nonparametric approach.*
Théophile AZOMAHOU, Phu NGUYEN VAN, janvier 2001.
- 2001–02 *Distributions supporting the first–order approach to principal–agent problems.*
Sandrine SPÆTER, février 2001.
- 2001–03 *Développement durable et Rapports Nord–Sud dans un Modèle à Générations Imbriquées : interroger le futur pour éclairer le présent.*
Alban VERCHÈRE, février 2001.
- 2001–04 *Modeling Behavioral Heterogeneity in Demand Theory.*
Isabelle MARET, mars 2001.
- 2001–05 *Efficient estimation of spatial autoregressive models.*
Théophile AZOMAHOU, mars 2001.
- 2001–06 *Un modèle de stratégie individuelle de primo–insertion professionnelle.*
Guy TCHIBOZO, mars 2001.
- 2001–07 *Endogenous Fluctuations and Public Services in a Simple OLG Economy.*
Thomas SEEGMULLER, avril 2001.
- 2001–08 *Behavioral Heterogeneity in Large Economies.*
Gaël GIRAUD, Isabelle MARET, avril 2001.
- 2001–09 *GMM Estimation of Lattice Models Using Panel Data : Application.*
Théophile AZOMAHOU, avril 2001.
- 2001–10 *Dépendance spatiale sur données de panel : application à la relation Brevets–R&D au niveau régional.*
Jalal EL OUARTIGHI, avril 2001.
- 2001–11 *Impact économique régional d'un pôle universitaire : application au cas strasbourgeois.*
Laurent GAGNOL, Jean–Alain HÉRAUD, mai 2001.
- 2001–12 *Diversity of innovative strategy as a source of technological performance.*
Patrick LLERENA, Vanessa OLTRA, mai 2001.
- 2001–13 *La capacité d'innovation dans les régions de l'Union Européenne.*
Jalal EL OUARTIGHI, juin 2001.
- 2001–14 *Persuasion Games with Higher Order Uncertainty.*
Frédéric KÖESSLER, juin 2001.
- 2001–15 *Analyse empirique des fonctions de production de Bosnie–Herzégovine sur la période 1952–1989.*
Rabija SOMUN, juillet 2001.
- 2001–16 *The Performance of German Firms in the Business–Related Service Sectors : a Dynamic Analysis.*
Phu NGUYEN VAN, Ulrich KAISER, François LAISNEY, juillet 2001.
- 2001–17 *Why Central Bank Independence is high and Wage indexation is low.*
Giuseppe DIANA, septembre 2001.
- 2001–18 *Le mélange des ethnies dans les PME camerounaises : l'émergence d'un modèle d'organisation du travail.*
Raphaël NKAKLEU, octobre 2001.

- 2001–19 *Les déterminants de la GRH des PME camerounaises.*
Raphaël NK AKLEU, octobre 2001.
- 2001–20 *Profils d'identité des dirigeants et stratégies de financement dans les PME camerounaises.*
Raphaël NKAKLEU, octobre 2001.
- 2001–21 *Concurrence Imparfaite, Variabilité du Taux de Marge et Fluctuations Endogènes.*
Thomas SEEGMULLER, novembre 2001.
- 2001–22 *Determinants of Environmental and Economic Performance of Firms : An Empirical Analysis of the European Paper Industry.*
Théophile AZOMAHOU, Phu NGUYEN VAN et Marcus WAGNER, novembre 2001.
- 2001–23 *The policy mix in a monetary union under alternative policy institutions and asymmetries.*
Laurent GAGNOL et Moïse SIDIROPOULOS, décembre 2001.
- 2001–24 *Restrictions on the Autoregressive Parameters of Share Systems with Spatial Dependence.*
Agénor LAHATTE, décembre 2001.
- 2002–01 *Strategic Knowledge Sharing in Bayesian Games : A General Model.*
Frédéric KÖESSLER, janvier 2002.
- 2002–02 *Strategic Knowledge Sharing in Bayesian Games : Applications.*
Frédéric KÖESSLER, janvier 2002.
- 2002–03 *Partial Certifiability and Information Precision in a Cournot Game.*
Frédéric KÖESSLER, janvier 2002.
- 2002–04 *Behavioral Heterogeneity in Large Economies.*
Gaël GIRAUD, Isabelle MARET, janvier 2002.
(Version remaniée du Document de Travail n°2001–08, avril 2001).
- 2002–05 *Modeling Behavioral Heterogeneity in Demand Theory.*
Isabelle MARET, janvier 2002.
(Version remaniée du Document de Travail n°2001–04, mars 2001).
- 2002–06 *Déforestation, croissance économique et population : une étude sur données de panel.*
Phu NGUYEN VAN, Théophile AZOMAHOU, janvier 2002.
- 2002–07 *Theories of behavior in principal–agent relationships with hidden action.*
Claudia KESER, Marc WILLINGER, janvier 2002.
- 2002–08 *Principe de précaution et comportements préventifs des firmes face aux risques environnementaux.*
Sandrine SPÆETER, janvier 2002.
- 2002–09 *Endogenous Population and Environmental Quality.*
Phu NGUYEN VAN, janvier 2002.
- 2002–10 *Dualité cognitive et organisationnelle de la firme au travers du concept de communauté.*
Frédéric CRÉPLET, Olivier DUPOUËT, Francis KERN, Francis MUNIER, février 2002.
- 2002–11 *Comment évaluer l'amélioration du bien-être individuel issue d'une modification de la qualité du service d'élimination des déchets ménagers ?*
Valentine HEINTZ, février 2002.

- 2002–12 *The Favorite–Longshot Bias in Sequential Parimutuel Betting with Non–Expected Utility Players.*
Frédéric KÖESSLER, Anthony ZIEGELMEYER, Marie–Hélène BROIHANNE, février 2002.
- 2002–13 *La sensibilité aux conditions initiales dans les processus individuels de primo–insertion professionnelle : critère et enjeux.*
Guy TCHIBOZO, février 2002.
- 2002–14 *Improving the Prevention of Environmental Risks with Convertible Bonds.*
André SCHMITT, Sandrine SPÆTER, mai 2002.
- 2002–15 *L'altruisme intergénérationnel comme fondement commun de la courbe environnementale à la Kuznets et du développement durable.*
Alban VERCHÈRE, mai 2002.
- 2002–16 *Aléa moral et politiques d'audit optimales dans le cadre de la pollution d'origine agricole de l'eau.*
Sandrine SPÆTER, Alban VERCHÈRE, juin 2002.
- 2002–17 *Parimutuel Betting under Asymmetric Information.*
Frédéric KÖESSLER, Anthony ZIEGELMEYER, juin 2002.
- 2002–18 *Pollution as a source of endogenous fluctuations and periodic welfare inequality in OLG economies.*
Thomas SEEGMULLER, Alban VERCHÈRE, juin 2002.
- 2002–19 *La demande de grosses coupures et l'économie souterraine.*
Gilbert KÖENIG, juillet 2002.
- 2002–20 *Efficiency of Nonpoint Source Pollution Instruments with Externality Among Polluters : An Experimental Study.*
François COCHARD, Marc WILLINGER, Anastasios XEPAPADEAS, juillet 2002.
- 2002–21 *Taille optimale dans l'industrie du séchage du bois et avantage compétitif du bois–énergie : une modélisation microéconomique.*
Alexandre SOKIC, octobre 2002.
- 2002–22 *Modelling Behavioral Heterogeneity.*
Gaël GIRAUD, Isabelle MARET, novembre 2002.
- 2002–23 *Le changement organisationnel en PME : quels acteurs pour quels apprentissages ?*
Blandine LANOUX, novembre 2002.
- 2002–24 *TECHNOLOGY POLICY AND COOPERATION : An analytical framework for a paradigmatic approach.*
Patrick LLERENA, Mireille MATT, novembre 2002.
- 2003–01 *Peut–on parler de délégation dans les PME camerounaises ?*
Raphaël NKAKLEU, mars 2003.
- 2003–02 *L'identité organisationnelle et création du capital social : la tontine d'entreprise comme facteur déclenchant dans le contexte africain.*
Raphaël NKAKLEU, avril 2003.
- 2003–03 *A semiparametric analysis of determinants of protected area.*
Phu NGUYEN VAN, avril 2003.

- 2003–04 *Strategic Market Games with a Finite Horizon and Incomplete Markets.*
Gaël GIRAUD et Sonia WEYERS, avril 2003.
- 2003–05 *Exact Homothetic or Cobb–Douglas Behavior Through Aggregation.*
Gaël GIRAUD et John K.–H. QUAH, juin 2003.
- 2003–06 *Relativité de la satisfaction dans la vie : une étude sur données de panel.*
Théophile AZOMAHOU, Phu NGUYEN VAN, Thi Kim Cuong PHAM, juin 2003.
- 2003–07 *A model of the anchoring effect in dichotomous choice valuation with follow–up.*
Sandra LECHNER, Anne ROZAN, François LAISNEY, juillet 2003.
- 2003–08 *Central Bank Independence, Speed of Disinflation and the Sacrifice Ratio.*
Giuseppe DIANA, Moïse SIDIROPOULOS, juillet 2003.
- 2003–09 *Patents versus ex–post rewards : a new look.*
Julien PÉNIN, juillet 2003.
- 2003–10 *Endogenous Spillovers under Cournot Rivalry and Co–opetitive Behaviors.*
Isabelle MARET, août 2003.
- 2003–11 *Les propriétés incitatives de l'effet Saint Matthieu dans la compétition académique.*
Nicolas CARAYOL, septembre 2003.
- 2003–12 *The 'probleme of problem choice' : A model of sequential knowledge production within scientific communities.*
Nicolas CARAYOL, Jean–Michel DALLE, septembre 2003.
- 2003–13 *Distribution Dynamics of CO₂ Emissions.*
Phu NGUYEN VAN, décembre 2003.
- 2004–01 *Utilité relative, politique publique et croissance économique.*
Thi Kim Cuong PHAM, janvier 2004.
- 2004–02 *Le management des grands projets de haute technologie vu au travers de la coordination des compétences.*
Christophe BELLEVAL, janvier 2004.
- 2004–03 *Pour une approche dialogique du rôle de l'entrepreneur/manager dans l'évolution des PME : l'ISO comme révélateur ...*
Frédéric CRÉPLET, Blandine LANOUX, février 2004.
- 2004–04 *Consistent Collusion–Proofness and Correlation in Exchange Economies.*
Gaël GIRAUD, Céline ROCHON, février 2004.
- 2004–05 *Generic Efficiency and Collusion–Proofness in Exchange Economies.*
Gaël GIRAUD, Céline ROCHON, février 2004.
- 2004–06 *Dualité cognitive et organisationnelle de la firme fondée sur les interactions entre les communautés épistémiques et les communautés de pratique..*
Frédéric CRÉPLET, Olivier DUPOUËT, Francis KERN, Francis MUNIER, février 2004.
- 2004–07 *Les Portails d'entreprise : une réponse aux dimensions de l'entreprise « processeur de connaissances ».*
Frédéric CRÉPLET, février 2004.

- 2004–08 *Cumulative Causation and Evolutionary Micro–Founded Technical Change : A Growth Model with Integrated Economies.*
Patrick LLERENA, André LORENTZ, février 2004.
- 2004–09 *Les CIFRE : un outil de médiation entre les laboratoires de recherche universitaire et les entreprises.*
Rachel LÉVY, avril 2004.
- 2004–10 *On Taxation Pass–Through for a Monopoly Firm.*
Rabah AMIR, Isabelle MARET, Michael TROGE, mai 2004.
- 2004–11 *Wealth distribution, endogenous fiscal policy and growth : status–seeking implications.*
Thi Kim Cuong PHAM, juin 2004.
- 2004–12 *Semiparametric Analysis of the Regional Convergence Process.*
Théophile AZOMAHOU, Jalal EL OUARTIGHI, Phu NGUYEN VAN, Thi Kim Cuong PHAM, Juillet 2004.
- 2004–13 *Les hypothèses de rationalité de l'économie évolutionniste.*
Morad DIANI, septembre 2004.
- 2004–14 *Insurance and Financial Hedging of Oil Pollution Risks.*
André SCHMITT, Sandrine SPAETER, septembre 2004.
- 2004–15 *Altruisme intergénérationnel, développement durable et équité intergénérationnelle en présence d'agents hétérogènes.*
Alban VERCHÈRE, octobre 2004.
- 2004–16 *Du paradoxe libéral–parétien à un concept de métaclassement des préférences.*
Herrade IGERSEIM, novembre 2004.
- 2004–17 *Why do Academic Scientists Engage in Interdisciplinary Research ?*
Nicolas CARAYOL, Thuc Uyen NGUYEN THI, décembre 2004.
- 2005–01 *Les collaborations Université Entreprises dans une perspective organisationnelle et cognitive.*
Frédéric CRÉPLET, Francis KERN, Véronique SCHAEFFER, janvier 2005.
- 2005–02 *The Exact Insensitivity of Market Budget Shares and the 'Balancing Effect'.*
Gaël GIRAUD, Isabelle MARET, janvier 2005.
- 2005–03 *Les modèles de type Mundell–Fleming revisités.*
Gilbert KOENIG, janvier 2005.
- 2005–04 *L'État et la cellule familiale sont-ils substituables dans la prise en charge du chômage en Europe ? Une comparaison basée sur le panel européen.*
Olivia ECKERT–JAFFE, Isabelle TERRAZ, mars 2005.
- 2005–05 *Environment in an Overlapping Generations Economy with Endogenous Labor Supply : a Dynamic Analysis.*
Thomas SEEGMULLER, Alban VERCHÈRE, mars 2005.
- 2005–06 *Is Monetary Union Necessarily Counterproductive ?*
Giuseppe DIANA, Blandine ZIMMER, mars 2005.
- 2005–07 *Factors Affecting University–Industry R&D Collaboration : The importance of screening and signalling.*
Roberto FONTANA, Aldo GEUNA, Mireille MATT, avril 2005.

- 2005–08 *Madison–Strasbourg, une analyse comparative de l’enseignement supérieur et de la recherche en France et aux États–Unis à travers l’exemple de deux campus.*
Laurent BUISSON, mai 2005.
- 2005–09 *Coordination des négociations salariales en UEM : un rôle majeur pour la BCE.*
Blandine ZIMMER, mai 2005.
- 2005–10 *Open knowledge disclosure, incomplete information and collective innovations.*
Julien PÉNIN, mai 2005.
- 2005–11 *Science–Technology–Industry Links and the ‘European Paradox’ : Some Notes on the Dynamics of Scientific and Technological Research in Europe.*
Giovanni DOSI, Patrick LLERENA, Mauro SYLOS LABINI, juillet 2005.
- 2005–12 *Hedging Strategies and the Financing of the 1992 International Oil Pollution Compensation Fund.*
André SCHMITT, Sandrine SPAETER, novembre 2005.
- 2005–13 *Faire émerger la coopération internationale : une approche expérimentale comparée du bilatéralisme et du multilatéralisme.*
Stéphane BERTRAND, Kene BOUN MY, Alban VERCHÈRE, novembre 2005.
- 2005–14 *Segregation in Networks.*
Giorgio FAGIOLO, Marco VALENTE, Nicolaas J. VRIEND, décembre 2005.
- 2006–01 *Demand and Technology Determinants of Structural Change and Tertiarisation : An Input–Output Structural Decomposition Analysis for four OECD Countries.*
Maria SAVONA, André LORENTZ, janvier 2006.
- 2006–02 *A strategic model of complex networks formation.*
Nicolas CARAYOL, Pascale ROUX, janvier 2006.
- 2006–03 *Coordination failures in network formation.*
Nicolas CARAYOL, Pascale ROUX, Murat YILDIZOGLU, janvier 2006.
- 2006–04 *Real Options Theory for Lawmaking.*
Marie OBIDZINSKI, Bruno DEFFAINS, août 2006.
- 2006–05 *Ressources, compétences et stratégie de la firme : Une discussion de l’opposition entre la vision Porterienne et la vision fondée sur les compétences.*
Fernand AMESSE, Arman AVADIKYAN, Patrick COHENDET, janvier 2006.
- 2006–06 *Knowledge Integration and Network Formation.*
Müge OZMAN, janvier 2006.
- 2006–07 *Networks and Innovation : A Survey of Empirical Literature.*
Müge OZMAN, février 2006.
- 2006–08 *A.K. Sen et J.E. Roemer : une même approche de la responsabilité ?*
Herrade IGERSCHEIM, mars 2006.
- 2006–09 *Efficiency and coordination of fiscal policy in open economies.*
Gilbert KOENIG, Irem ZEYNELOGLU, avril 2006.
- 2006–10 *Partial Likelihood Estimation of a Cox Model With Random Effects : an EM Algorithm Based on Penalized Likelihood.*
Guillaume HORNY, avril 2006.

- 2006–11 *Uncertainty of Law and the Legal Process.*
Giuseppe DARI–MATTIACCI, Bruno DEFFAINS, avril 2006.
- 2006–12 *Customary versus Technological Advancement Tests.*
Bruno DEFFAINS, Dominique DEMOUGIN, avril 2006.
- 2006–13 *Institutional Competition, Political Process and Holdup.*
Bruno DEFFAINS, Dominique DEMOUGIN, avril 2006.
- 2006–14 *How does leadership support the activity of communities of practice ?*
Paul MULLER, avril 2006.
- 2006–15 *Do academic laboratories correspond to scientific communities ? Evidence from a large European university.*
Rachel LÉVY, Paul MULLER, mai 2006.
- 2006–16 *Knowledge flows and the geography of networks. A strategic model of small worlds formation.*
Nicolas CARAYOL, Pascale ROUX, mai 2006.
- 2006–17 *A Further Look into the Demography–based GDP Forecasting Method.*
Tapas K. MISHRA, juin 2006.
- 2006–18 *A regional typology of innovation capacities in new member states and candidate countries.*
Emmanuel MULLER, Arlette JAPPE, Jean–Alain HÉRAUD, Andrea ZENKER, juillet 2006.
- 2006–19 *Convergence des contributions aux inégalités de richesse dans le développement des pays européens.*
Jalal EL OUARTIGHI, Rabiji SOMUN–KAPETANOVIC, septembre 2006.
- 2006–20 *Channel Performance and Incentives for Retail Cost Misrepresentation.*
Rabah AMIR, Thierry LEIBER, Isabelle MARET, septembre 2006.
- 2006–21 *Entrepreneurship in biotechnology : The case of four start–ups in the Upper–Rhine Biovalley.*
Antoine BURETH, Julien PÉNIN, Sandrine WOLFF, septembre 2006.
- 2006–22 *Does Model Uncertainty Lead to Less Central Bank Transparency ?*
Li QIN, Eleftherios SPYROMITROS, Moïse SIDIROPOULOS, octobre 2006.
- 2006–23 *Enveloppe Soleau et droit de possession antérieure : Définition et analyse économique.*
Julien PÉNIN, octobre 2006.
- 2006–24 *Le territoire français en tant que Système Régional d'Innovation.*
Rachel LEVY, Raymond WOESSNER, octobre 2006.
- 2006–25 *Fiscal Policy in a Monetary Union Under Alternative Labour–Market Structures.*
Moïse SIDIROPOULOS, Eleftherios SPYROMITROS, octobre 2006.
- 2006–26 *Robust Control and Monetary Policy Delegation.*
Giuseppe DIANA, Moïse SIDIROPOULOS, octobre 2006.
- 2006–27 *A study of science–industry collaborative patterns in a large european university.*
Rachel LEVY, Pascale ROUX, Sandrine WOLFF, octobre 2006.
- 2006–28 *Option chain and change management : a structural equation application.*
Thierry BURGER–HELMCHEN, octobre 2006.

2006–29 *Prevention and Compensation of Muddy Flows : Some Economic Insights.*
Sandrine SPAETER, François COCHARD, Anne ROZAN, octobre 2006.

La présente liste ne comprend que les Documents de Travail publiés à partir du 1^{er} janvier 2000. La liste complète peut être donnée sur demande.

This list contains the Working Paper written after January 2000, 1rst. The complet list is available upon request.
