



UNIVERSITÉ DE ROUEN
UFR des Sciences et Techniques



THÈSE

En vue de l'obtention du

Grade de Docteur de l'Université de Rouen

Délivré par l'Université de Rouen

Discipline ou spécialité : Sciences de l'environnement, Spécialité Agronomie

Soutenue par *RONFORT Céline*

Le 16 Septembre 2010

Titre : Elaboration et évaluation environnementale de scénarios prospectifs d'occupation des sols à l'échelle locale : application au cas du ruissellement érosif dans le Pays de Caux, Haute-Normandie

JURY

LEENHARDT Delphine, Directrice de recherche, UMR AGIR INRA-ENSAT, Rapporteur

DELAHAYE Daniel, Professeur, Université de Caen, Rapporteur

CHACHUAT Dominique, chef du service agriculture et pêche au conseil général de Seine-Maritime, Examineur

TREYER Sébastien, Directeur des programmes à l'Institut du Développement Durable et des Relations Internationales, Examineur

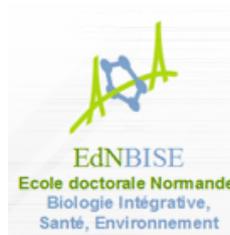
MEYNARD Jean-Marc, Directeur de recherche INRA SAD, Directeur de thèse

LAIGNEL Benoit, Professeur UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen, Directeur de thèse

Ecole doctorale : *Ecole Doctorale Normande Biologie, Santé, Environnement*

Unité de recherche : *INRA, UMR 1048 SADAPT, Equipe CONCEPTS*

Encadrants : *P. Martin, V. Souchère, UMR SADAPT*



A Thérèse,

Remerciements

Par expérience, lire les remerciements est souvent une des premières pages que je parcours lorsque je dispose d'une thèse entre les mains. Je vais donc m'efforcer de ne pas sous-estimer cette partie et de n'oublier personne.

Je tiens tout d'abord à remercier mon équipe encadrante sans qui ce travail n'aurait pu voir le jour. Je remercie tout particulièrement Philippe et Véronique qui ont toujours été présents. Je remercie Philippe pour son infinie patience et sa disponibilité. Véronique, pour nos réunions informelles à bord d'une titine verte, puis orange (pardon brique..). Je remercie également Jean-Marc Meynard et Benoît Laignel pour m'avoir encadrée durant ces 3 ans, merci Jean-Marc de m'avoir fait profiter de ton réseau professionnel.

Je remercie également tout particulièrement Clementina Sebillotte pour son appui méthodologique et pour m'avoir fait partager son expérience.

Ces travaux de thèse ont été co-financés par la Région Haute-Normandie et le programme Risque Décision Territoire et plus particulièrement le programme RDT2 que je remercie.

Je tiens également à remercier les différents membres du jury qui ont bien voulu répondre à nos invitations, et qui ont accepté de juger mon travail.

Une pensée également pour ceux qui ont partagé mes bureaux successifs; Baptiste avec qui j'ai eu l'occasion d'avoir de passionnantes discussions. Puis Emilia et Mourad ensuite, qui ont su rendre le bureau si animé. Emilia pour ton sens de la décoration, Moo pour ton éternelle bonne humeur, pour ton soutien particulièrement précieux dans les épisodes de doute, merci à toi pour m'avoir fourni en *Desperate pause*. Puis enfin, Aurore et Sounia qui m'ont accueilli à Paris pour la dernière ligne droite. Une pensée également pour Noémie avec qui j'ai eu le plaisir de découvrir le grand ouest américain.

Ces trois années ont été effectuées au sein de l'unité SAD-APT de Grignon. De cette unité j'ai particulièrement apprécié l'ambiance de travail détendue qui a rendu mon séjour très agréable. Cyrille, pour ta voix de soprano qui a souvent égayé le couloir au moment du « Café !!!! » ou pour quelques chansons fredonnées, je te remercie pour ton chaleureux accueil. Toute l'équipe « RDT » avec qui j'ai particulièrement apprécié travailler Anne, Alain, Brigitte. Le « couloir SAD-APT » également, Marianne pour ta bonne humeur, François pour m'avoir laissé prendre en otage ton ordinateur, Françoise pour ton humour, Catherine pour nous fournir notre dose de glucose quotidien et les aller-retour à la gare, Sophie, pour m'avoir permis d'accéder à la boîte magique sans restrictions, ta joie de vivre et tes couleurs vestimentaires. Ma gratitude va également à Josette, Véronique, Michelle, Morgane et Florence qui ont facilité mon « parcours administratif ». Je remercie également Aude pour son aide précieuse en statistiques qui a permis de rendre ce domaine un peu moins obscur. A tous les stagiaires de passage et plus particulièrement Sarah et Justine avec qui j'ai pu croiser mon regard sur le Pays de Caux.

A tous mes amis, Sophie, Florence, Jean-Mi, et tout particulièrement Perrine, Anne-Lise pour leurs précieux conseils et leurs relectures.

Je remercie également la « dream team » rouennaise qui m'a merveilleusement accueillie lors de mes passages à Rouen, Smaïl, Johanna, Nicolas, Amer, Yann et Guillaume, et ben bravo !

Je tiens également à exprimer ma gratitude, à tous les acteurs qui ont participé de près ou de loin à ce travail, les agriculteurs du Pays de Caux chez qui j'ai été reçue avec toujours beaucoup de gentillesse, et sans qui rien n'aurait été possible. Jean-François Ouvry pour son expertise et sa disponibilité.

Je tiens également à remercier Marielle sans qui je n'arriverais pas à bon port tous les matins....

Enfin, je remercie tous les anciens thésards pour leurs précieux conseils, merci à vous Céline, Elise, Aurélie, Marion, Lorène, Inès, Mamadou pour son soutien sans faille et ses ondes positives de Paris ou de Munich, elles sont toujours arrivées jusqu'à moi.

Enfin je remercie ma famille et plus particulièrement mes parents pour leur soutien continu et sans faille.

Finalement, je souhaite remercier toutes les personnes qui m'ont aidée, de près ou de loin, lors de ce travail de thèse, et que j'ai eu l'indélicatesse d'oublier.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	3
ABREVIATIONS	9
LISTE DES FIGURES	13
LISTE DES TABLEAUX.....	17
LISTE DES ENCADRES	19
LISTE DES PHOTOS	21
INTRODUCTION GENERALE	25
CHAPITRE I. PROCESSUS BIOPHYSIQUES ET DECISIONNELS IMPACTANT LE RUISSELLEMENT EROSIF	31
I.1. Les processus biophysiques à l’origine du ruissellement érosif	31
I.1.1. Les déterminants physiques responsables de l’apparition du ruissellement érosif au niveau de la parcelle	31
I.1.1.1. Les différents processus de genèse du ruissellement érosif.....	31
I.1.1.2. Influence des états de surface sur l’infiltration et le ruissellement	33
I.1.1.3. La pluviométrie: variable déterminante du ruissellement érosif.....	35
I.1.2. Intégration temporelle et spatiale des phénomènes au niveau du bassin versant.....	35
I.2. Les acteurs clés et leurs actions sur le processus de ruissellement érosif.....	37
I.2.1. Les agriculteurs, principaux gestionnaires des espaces agricoles.....	37
I.2.1.1. Effets des pratiques agricoles	37
I.2.1.2. Constitution des systèmes de culture au sein de l’exploitation agricole.....	39
I.2.2. Autres gestionnaires des espaces agricoles	41
I.3. Un phénomène en lien avec l’évolution de l’occupation des sols	42
I.4. Choix du site d’étude	45
I.4.1. Le Syndicat Mixte du Bassin Versant de l’Austreberthe et du Saffimbec	47
I.4.2. Le bassin versant du Saussay	48
CHAPITRE II. CONSTRUCTION DE SCENARIOS PROSPECTIFS A L’ECHELLE LOCALE	57
II.1. Les scénarios prospectifs : méthodologie de construction et typologies.....	57
II.1.1. Définition et typologie	57
II.1.2. Les perspectives des changements d’occupation et d’utilisation des sols	58
II.2. Introduction et objectif.....	59
II.3. La méthode utilisée et la démarche suivie	60
II.3.1. La représentation du système « Les avenir agricoles et agroindustriels de Seine-Maritime en 2015 et leurs possibles répercussions sur le ruissellement érosif »	62

II.3.1.1.	La représentation statique du système « Les avenir agricoles et agroindustriels de Seine-Maritime en 2015 et leurs possibles répercussions sur le ruissellement érosif »	62
II.3.1.2.	La représentation dynamique : les processus.....	63
II.3.2.	Des hypothèses aux microscénarios	65
II.3.2.1.	L'élaboration des hypothèses	65
II.3.2.2.	Les hypothèses retenues et la matrice des relations entre les hypothèses.....	66
II.3.2.3.	L'élaboration des microscénarios.....	68
II.3.2.4.	Lecture des microscénarios	71
II.3.3.	Des familles de microscénarios aux scénarios globaux.....	83
 CHAPITRE III. COUPLAGE DES SCENARIOS PROSPECTIFS A DES MODELES BIOPHYSIQUES		87
III.1. Une évaluation à deux échelles (bassin versant et exploitation agricole) basée sur 3 modèles (LandSFACTS, STREAM et DIAR)		87
III.2. Déclinaison des scénarios : cas des assolements et des successions de cultures		88
III.2.1.	Approche générale du problème.....	88
III.2.2.	Le modèle LandSFACTS	90
III.2.3.	Prise en compte de la variabilité des occupations du sol du bassin versant pour 2007 et 2015	91
III.3. Les modèles biophysiques mobilisés dans le cadre de l'étude		91
III.3.1.	Modèles à l'échelle du bassin versant	91
III.3.1.1.	Analyse des différents modèles possibles.....	91
III.3.1.2.	Présentation du modèle STREAM	94
III.3.2.	Modèles à l'échelle de l'exploitation agricole.....	98
III.3.2.1.	Analyse des différents modèles possibles.....	98
III.3.2.2.	Présentation du modèle DIAR.....	98
III.4. Articles soumis		100
III.4.1.	Méthodologie d'évaluation des scénarios à l'échelle du bassin versant.....	100
III.4.1.1.	Résumé en français.....	100
III.4.1.2.	Methodology for land use change scenario assessment for runoff impacts: a case study in a north-western European Loess belt region (Pays de Caux, France)	103
III.4.2.	Application : évaluation d'une gamme de scénarios prospectifs.....	122
III.4.2.1.	Résumé en français.....	122
III.4.2.2.	Foresight methodology to define land use change scenarios and test their consequences on runoff at the watershed scale (Pays de Caux, France)	124
III.4.3.	Couplage de scénarios prospectifs à un modèle biotechnique à l'échelle de l'exploitation agricole	145
III.4.3.1.	Résumé en français.....	145
III.4.3.2.	Farming systems typology as a basis for runoff assessment in a changing policy context: a case study in Upper Normandy, France.....	147
 CHAPITRE IV. DISCUSSION.....		171
IV.1. Retour sur les hypothèses de travail.....		171
IV.2. Construction des scénarios prospectifs		172
IV.2.1.	Composition du groupe d'experts	172
IV.2.2.	Rôle des experts	174
IV.2.3.	Choix de l'horizon temporel.....	177
IV.3. Retour sur les leviers choisis pour la déclinaison des scénarios à l'échelle locale		178
IV.3.1.	Choix des leviers pour la déclinaison des scénarios à l'échelle de l'exploitation agricole	178
IV.3.1.1.	Les comportements des éleveurs dans un contexte d'incertitude : la flexibilité des exploitations	178
IV.3.1.2.	Mettre l'exploitant en situation.....	179

IV.3.2.	Choix des leviers pour la déclinaison des scénarios à l'échelle du bassin versant	181
IV.3.2.1.	Délimitation des territoires d'exploitation.....	181
IV.3.2.2.	Urbanisation du bassin versant	182
IV.3.3.	Caractéristiques non prises en compte dans la déclinaison et l'évaluation des scénarios	184
IV.4.	Variabilité des mosaïques de cultures associées à un même scénario et impact sur le ruissellement	184
IV.4.1.	Spatialiser les systèmes de culture : les limites du modèle LandSFACTS.....	185
IV.4.1.1.	Pas de redécoupage parcellaire.....	185
IV.4.1.2.	Pas de gestion des parcelles par blocs de cultures	189
IV.4.2.	Variabilité des mosaïques de cultures et d'états à l'échelle de l'exploitation agricole.....	189
IV.4.3.	Variabilité des mosaïques de cultures et d'états à l'échelle du bassin versant : une diversité de culture qui ne reflète pas une diversité d'états de surface (capacité d'infiltration)	191
IV.5.	Evaluation des scénarios avec les modèles biophysiques.....	193
IV.5.1.	Conséquences de la diversité d'états de surface sur le ruissellement	193
IV.5.2.	Le caractère spatial des états de surface.....	195
IV.5.3.	Nombre de configurations à évaluer pour caractériser une situation.....	199
IV.5.4.	Caractérisation de la situation initiale et positionnement de la réalité historique dans la gamme de variabilité	201
IV.5.5.	Effets des événements pluvieux	202
IV.5.6.	Changement climatique.....	203
IV.5.7.	L'utilisation de deux modèles : STREAM et DIAR.....	204
IV.5.7.1.	Des approches et des résultats complémentaires	204
IV.5.7.2.	Efficacité d'une mise en place des pratiques alternatives.....	205
IV.5.8.	Caractère générique des résultats trouvés sur Saussay	205
IV.6.	Réalités spatiales et temporelles	206
IV.6.1.	Choix du site d'étude : le bassin versant du Saussay: un cas d'étude typique du sud du Pays de Caux	206
IV.6.2.	Sur quel scénario est-on engagé depuis 2007 ?	207
IV.6.3.	Des pistes de réflexion pour la décision publique locale.....	207
IV.7.	D'autres processus environnementaux impactés par les évolutions des systèmes de culture	208
	CONCLUSION ET PERSPECTIVES	211
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	215
	ANNEXES	231
	RESUME	345
	ABSTRACT.....	346

Abréviations

- ACAL - Aide à la Cessation de l'Activité Laitière
- ACE - Aide aux Cultures Energétiques
- ADEME - Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
- AGRESTE - Services régionaux de l'information statistique et économique du Ministère de l'agriculture
- AOC - Appellation d'Origine Contrôlée
- AREAS - Association Régionale pour l'Etude et l'Amélioration des Sols
- AREHN - Agence Régionale de l'Environnement de Haute-Normandie
- BRGM - Bureau de Recherches Géologiques et Minières
- CAD - Contrat d'Agriculture Durable
- CGB - Confédération Générale des planteurs Betteraviers
- CNIPT - Comité National Interprofessionnel de la Pomme de Terre
- CNRS - Centre National de Recherche Scientifique
- CPER - Contrat de Projets État-Région
- CRAN - Chambre Régionale d'Agriculture de Normandie
- CRIL - Centre Régional des Industries Laitières
- CTE - Contrat Territorial d'Exploitation
- DDAF - Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt
- DIAR - Diagnostic Agronomique du Ruissellement
- DPU - Gestion des droits à Paiement Unique
- DRAF - Direction Régionale de l'Agriculture et de la Forêt
- DUP - Déclaration d'Utilité Publique
- EARL - Exploitation Agricole à Responsabilité Limitée
- ESB - Encéphalopathie Spongiforme Bovine
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations
- FDCUMA - Fédération Départementale des Coopérative d'Utilisation de Matériel Agricole
- GAEC - Groupement Agricole d'Exploitation en Commun
- GMS - Grandes et Moyennes Surfaces
- GRAB - Groupe de Recherche en Agriculture Biologique
- ha - hectare
- IAA - Industrie Agro-Alimentaire
- IGP - Indication Géographique Protégée

Table des matières

- INRA - Institut National de la Recherche Agronomique
- INSEE - Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
- km - kilomètre
- km² - kilomètre carré
- LandSFACTS - LANDscape Software for Spatio-Temporal Allocation of Crops to Fields
- LOA - Loi d'Orientation Agricole
- MAE - Mesure Agro-Environnementale
- MATER - Mesure Agro-environnementale Territorialisée
- mm - millimètre
- MTEP - Millions de Tonne d'équivalent pétrole
- MW - Méga Watt
- OCM - Organisation Commune de Marché
- OMC - Organisation Mondiale du Commerce
- OTEX - Orientation Technico-économique
- PAB - Prime à l'Abattage
- PAC - Politique Agricole Commune
- PECO - Pays d'Europe Centrale et Orientale
- PMBE - Plan national de Modernisation des Bâtiments d'Elevage
- PMPOA - Programmes de Maîtrise des POLLutions Agricoles
- PMTVA - Prime au Maintien du Troupeau de Vaches Allaitantes
- PROLEA - filière française des huiles et protéines végétales.
- PSBM - Prime Spéciale aux Bovins Mâles
- RDI - Répertoire Départemental à l'Installation agricole
- RDT - Risques Décision Territoires
- RGA - Recensement Général Agricole
- RPG - Registre Parcellaire Graphique
- SAFER - Société d'Aménagement Foncier et d'Etablissement Rural
- SAU - Surface Agricole Utile
- SCL - Société Civile Laitière
- SCOP - Surface en Céréales et Oléoprotéagineux
- SCOT - Schéma de Cohérence Territoriale
- SDAGE - Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux
- SFP - Surface Fourragère Principale

Table des matières

- SIDEFO - Entreprise de Transformation de pulpes de betteraves pour l'alimentation du bétail
- SIG - Système d'Information Géographique
- SMBVAS - Syndicat Mixte du Bassin Versant de l'Austreberthe et du Saffimbec
- STH - Surface Toujours en Herbe
- STREAM - Sealing and Transfer by Runoff and Erosion related to Agricultural Management
- SYS PHAMM - SYStèmes, Processus, Agrégats d'hypothèses, Micro- et Macros scénarios
- TCS - Techniques Culturelles Simplifiées
- TEP - Tonne d'équivalent pétrole
- TGAP - Taxe Générale sur les Activités Polluantes
- UE - Union Européenne
- ZAR - Zones d'Activités de Références
- ZNIEFF - Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique

Liste des figures

Figure I-1: Schéma de la démarche établie.....	28
Figure I-1: Evolution du cumul de pluie et du pourcentage de croûte de battance depuis la réalisation du semis de la culture d'hiver (Vandaele et Poesen, 1995).....	36
Figure I-2 : Effets des systèmes de culture sur le ruissellement et risque de ruissellement au cours d'un cycle blé/lin/betterave sucrière/pois	38
Figure I-3: Localisation des 4 groupes de cantons dans le Pays de Caux (Klein et Meunier, 2007)	41
Figure I-4: Nombre d'inondations par crue turbide en Seine-Maritime entre 1960 et 2000.....	42
Figure I-5 : Evolution des principales composantes de la SAU.....	43
Figure I-6: Part de la Surface Toujours en Herbe dans la SAU déclarée en Haute-Normandie entre 1970 et 2000	43
Figure I-7: Part du maïs fourrage dans la Surface Agricole Utile (SAU) en 1970 et 2000	44
Figure I-8 : Cartographie de l'aléa érosion par bassin versant élémentaire en Seine-Maritime	46
Figure I-9: Les bassins versants de Seine-Maritime	47
Figure I-10: Découpage en sous bassins versants du Syndicat de l'Austreberthe et du Saffimbec.....	48
Figure I-11: Réseau d'écoulement des eaux et territoires des exploitations présentes sur le bassin versant du Saussay	49
Figure I-12: Territoires des exploitations présentes sur le bassin versant du Saussay (chaque couleur correspond à une exploitation différente).....	50
Figure II-1: Les étapes de la méthode SYSPAHMM	60
Figure II-2: Description statique du système agricole et agro-industriel en Seine-Maritime.....	63
Figure II-3: Exemple d'agrégat d'hypothèses (8 hypothèses)	69
Figure III-1 : Structure modulaire de STREAM et données d'entrée (d'après Souchère, HDR en cours ou Com. Personnelle).....	94
Figure III-2 : Calcul du volume ruisselé en chaque pixel (d'après Souchère, Com. Personnelle)	97
Figure III-3: Illustration de la méthode de calcul du ruissellement en fonction des précipitations. Pour cet exemple, $a=-0.9$, $b=99$, $R_1=25$ mm; $Q_1=1.1$ mm, $R_2=36$ mm, $Q_2=1.7$ mm, $CNlim= 70$ (Martin <i>et al.</i> , 2010).....	99
Figure III-4: Methodology framework combining a scenario building methodology, a spatio-temporal crop allocation model and a runoff model.....	106
Figure III-5: Description of the variables retained for the microscénarios	107
Figure III-6: Example of two 11 th year crop allocation for farmer U (2007 initial situation)	111
Figure III-7: Fraction of the individual crops of the entire arable area of all farms (upper part) and for the watershed area (lower part) according to the crop landscapes 2007 simulated years.....	113
Figure III-8: Localization of permanent grasslands in the 2007 initial situation (a) and in the 2015 scenario (b).....	114
Figure III-9: Crops' proportions for different crops allocation simulated 11 th years for farmer U and farmer S with LandSFACTS model for the 2007 initial situation.....	115
Figure III-10: Runoff volume (m^3) at the watershed outlet for a low (event A) and a high (event B) rainfall event in spring (May) and Winter (December) in the 2007 initial situation and the 2015 scenario	116
Figure III-11: Fraction of the individual crops of the arable area within the watershed according to the crops landscapes 2007 simulated years and its corresponding soil infiltration capacities in May	118
Figure III-12: Soil infiltration capacity maps illustrating the runoff module outputs of the STREAM model for maximum runoff (2007(b)) and for minimum runoff (2007(g) and 2007 (d)) in May	119
Figure III-13: Graphic representation of the land use system functioning.....	127
Figure III-14: Example of a microscénario family and the hypotheses of the cluster.....	129
Figure III-15: Description of the variables retained for the Microscénario family 1: "Agriculture facing rural development".....	131
Figure III-16: Description of the variables retained for the Microscénario family 2: "Will the local supply chain continue to play a role?"	132
Figure III-17: Description of the variables retained for the Microscénario family 3: "What does the future hold for cattle livestock husbandry?"	132
Figure III-18: Fraction of the individual crops of the entire arable area of all farms according to the crops allocations for the initial situation and scenarios simulated years	138
Figure III-19: Runoff volume (m^3) at the watershed outlet for a high (event R_A) and a low (event R_B) rainfall event in spring (May) and winter (December) for the initial state (2007) and for Scenarios A, B, C and D.....	139
Figure III-20: Localization of the Austreberthe Syndicate and Saussay watershed	150

Figure III-21: Description of the variables retained for microscenarios' families	151
Figure III-22: Annual mean runoff intensity (mm/ha) and quantity (m ³) for the initial situation (2007) according to farming system types (Saussay watershed) for one crop succession.	157
Figure III-23: Annual mean runoff intensity (mm/ha) and quantity (m ³) of farming system types (Austreberthe Syndicate) for the 2009 crop succession.	158
Figure III-24: Annual mean runoff intensity (mm/ha) and quantity (m ³) for the initial situation (2007) according to farming system types (Saussay watershed) for one crop succession. Mean of 10 years' weather records (1991-1992 to 2000-2001) for the station of Yerville. Standard deviation is given for the different farms included in each farming system type.	159
Figure III-25: Annual mean runoff intensity (mm/ha) and quantity (m ³) for the initial situation (2007) according to farming system types (Saussay farming systems) for 20 crop successions.	161
Figure III-26: Annual mean runoff intensity (mm/ha) and quantity (m ³) for the 2015 Scenario A and B according to farming system types (Saussay farming systems) for 20 crop successions.	162
Figure III-27: Mean runoff for 10-day periods in mm/ha on the Saussay watershed for the initial situation (2007) and the 2015 Scenarios A and B.....	163
Figure III-28: Annual mean runoff (mm/ha) according to permanent grasslands acreage of each farming system Type (Saussay watershed and Austreberthe Syndicate farming systems)	165
Figure III-29: Runoff intensity standard deviation according to permanent grasslands proportions of each farming system Type (Saussay watershed and Austreberthe Syndicate farming systems).....	166
Figure III-30: Annual mean runoff intensity (mm/ha) and quantity (m ³) for the initial situation (2007) and the 2015 Scenario A and B according to farming system types (Saussay farming systems) for 20 crop successions	167
Figure IV-1: Matrice des acteurs. Les différents groupes d'acteurs sont caractérisés en fonction de leur participation dans la situation et de leur pouvoir d'influencer les décisions. Les « Players » ont des intérêts importants et peuvent influencer la situation, par exemple- les associations d'agriculteurs, l'industrie agricole. Ils sont essentiels pour le processus. Les « Victims » doivent être activement impliqués pour leur permettre de défendre leurs intérêts, par exemple les agriculteurs individuels, non organisés, les citoyens. Les « Referees » ont du pouvoir pour agir sur la situation, mais ont des intérêts limités dans les résultats. Par conséquent, ils peuvent servir de médiateurs, les animateurs-idéalement l'équipe de scénaristes organise l'ensemble du processus. Les « Bystanders » n'ont pas le pouvoir de changer les choses et les enjeux leur importent peu. Ils ne devraient pas être inclus dans le processus (adapté de van der Heijden, 1996).....	173
Figure IV-2: Exploitations dont les chefs d'exploitation partent à la retraite avant 2015 (O et P) et exploitant (L) potentiellement repreneur de l'exploitation O.....	182
Figure IV-3: Assolement et découpage parcellaire de l'exploitant U sur la période 2003-2008.....	185
Figure IV-4: Proportions de chaque culture dans l'assolement de l'agriculteur U sur la période 2003-2008	186
Figure IV-5: Proportions de chaque culture selon différentes allocations (2007 (a), 2007 (b), ...) pour une succession de 6 années avec le modèle LandSFACTS (coefficient de variation de 0.5)	187
Figure IV-6: Allocations de cultures et leurs proportions pour 10 simulations pour les exploitations U et S	188
Figure IV-7: Proportions de chaque culture en fonction des différentes allocations spatiales pour l'ensemble des territoires d'exploitations (haut) et pour les parcelles comprises dans le bassin versant (bas) en Mai pour la situation de référence (2007)	191
Figure IV-8: Allocations spatiales simulées pour la situation initiale 2007 en termes d'occupation du sol et de capacité d'infiltration en Mai	192
Figure IV-9: Ruissellement en m ³ à l'exutoire du bassin versant en fonction de la moyenne des capacités d'infiltration au sein du bassin versant pour la situation 2007 de référence en Décembre et Mai pour l'événement pluvieux A (événement pluvieux intense). Chaque point correspond à une configuration de bassin versant.....	194
Figure IV-10 : Ruissellement en m ³ à l'exutoire du bassin versant en fonction de la moyenne des capacités d'infiltration au sein du bassin versant pour la situation 2007 de référence en Décembre et Mai pour l'événement pluvieux B (événement pluvieux modéré). Chaque point correspond à une configuration de bassin versant.....	194
Figure IV-11: Localisation des différentes classes de capacité d'infiltration.....	196
Figure IV-12: Localisation des différentes classes de capacité d'infiltration.....	197
Figure IV-13: Ruissellement en m ³ à l'exutoire du bassin versant en fonction de la moyenne des capacités d'infiltration au sein du bassin versant pour la situation 2007 de référence en Décembre et Mai pour l'événement pluvieux A (événement pluvieux intense). Chaque point correspond à une configuration de bassin versant. Les configurations 2007(d) et 2007(t') sont en rouge.....	198

Figure IV-14 : Ruissellement en m³ à l'exutoire du bassin versant en fonction de la moyenne des capacités d'infiltration au sein du bassin versant pour la situation 2007 de référence en Décembre et Mai pour l'événement pluvieux B (événement pluvieux modéré). Chaque point correspond à une configuration de bassin versant. Les configurations 2007(d) et 2007(t') sont en rouge.....	198
Figure IV-15: Ruissellement produit à l'exutoire du bassin versant pour deux périodes et deux événements pluvieux	200
Figure IV-16: Volumes de ruissellement à l'exutoire du bassin versant pour les 50 configurations simulées et la configuration « réelle » observée pour deux événements pluvieux et deux périodes.....	201
Figure IV-17: Ruissellement moyen à l'exutoire du bassin versant pour la situation initiale et les scénarios A, B, C et D.....	202
Figure IV-18: Valeurs de la variance de la valeur moyenne de ruissellement pour des échantillons de 5 à 100 configurations pour des tirages effectués parmi un pool de 50 simulations	331
Figure IV-19: Ruissellement à l'exutoire du bassin versant pour la situation 2007 de référence.....	332
Figure IV-20: Parcellaire du bassin versant de La Chapelle-sur-Dun et localisation des surfaces en prairies	341
Figure IV-21: Localisation des deux exploitations laitières du bassin versant de La Chapelle-sur-Dun ..	342

Liste des tableaux

Tableau I-1: Caractéristiques analytiques des sols limoneux du Pays de Caux	32
Tableau I-2 : Classes et notation du faciès	34
Tableau I-3 : Classes de rugosité et situations associées	34
Tableau I-4: Les variables décisionnelles pour l'attribution de la ressource en terre dans l'exploitation..	40
Tableau I-5 : Répartition en surface et en pourcentage du type d'occupation des sols	49
Tableau I-6: Bassin versant de Saussay- Population et surfaces communales (INSEE 99).....	50
Tableau I-7: Caractéristiques des exploitations présentes sur le bassin versant du Saussay (BS : Betterave Sucrière, BF : Betterave Fourragère, PDT : Pomme de Terre).....	52
Tableau II-1: Etudes réalisées de scénarios prospectifs selon l'échelle d'analyse abordée et le thème étudié	58
Tableau II-2: Réunions de travail regroupant le groupe d'experts locaux engagés dans le travail prospectif	61
Tableau II-3: Liste des acteurs impliqués dans la démarche prospective.....	65
Tableau II-4: Extrait de la fiche de croisement de l'hypothèse POL1 avec les autres hypothèses.....	67
Tableau II-5: Consitution des microscénarios selon l'activation ou non de chaque moteur	69
Tableau II-6: Liste des microscénarios et des moteurs.....	70
Tableau II-7 : Tableau des combinaisons de moteurs de la Famille 1.....	71
Tableau II-8 : Tableau des combinaisons de moteurs de la Famille 2.....	73
Tableau II-9 : Tableau des combinaisons de moteurs de la Famille 3.....	76
Tableau II-10 : Intitulés des microscénarios regroupés en 3 familles.....	84
Tableau III-1 : Caractéristiques de la déclinaison des différents microscénarios à l'échelle de l'exploitation agricole (cas du scénario global A).....	89
Tableau III-2 : Synthèse des principaux modèles de ruissellement	92
Tableau III-3 : Correspondance entre occupation du sol et capacité d'infiltration (d'après Joannon, 2004)	96
Tableau III-4 : Caractéristiques des événements pluvieux utilisés	97
Tableau III-5: Farms characteristics of the Saussay watershed in 2007 and 2015.....	109
Tableau III-6: Rainfall events' characteristics	110
Tableau III-7: Proportions of the individual crops of the entire farms territories in 2007 and for the 2015 scenario.....	114
Tableau III-8: Volumes de ruissellement à l'exutoire du bassin versant pour chaque scénario simulé et variation par rapport à la situation de référence.....	123
Tableau III-9: Rainfall events' characteristics	130
Tableau III-10: Infiltration capacity (mm/h) of each land use according to scenarios and period.....	135
Tableau III-11: Areas of the individual crops (%) of the entire farms territory in 2007 and for 2015 scenarios	137
Tableau III-12: Farming systems Types trajectories according to the situation.....	160
Tableau III-13: Runoff production (intensity and quantity) and standard deviation according to the farming systems Type and situation	161
Tableau IV-1 : Recommended criteria for categorizing stakeholders (adapted from Bakker <i>et al.</i> , 1999 in Alcamo, 2009).....	172
Tableau IV-2: Nombre de processus sélectionnés appartenant aux différents compartiments du système par chaque expert.....	175
Tableau IV-3: Nombre d'hypothèses sélectionnées appartenant aux différents compartiments du système par chaque expert.....	176
Tableau IV-4: Choix effectués en termes d'urbanisation selon les différents microscénarios (CI : Capacité d'Infiltration), le microscénario évalué est en jaune (microscénario 1.2.).....	183
Tableau IV-5: Nombre de simulations complétées pour chaque exploitation, et nombre d'allocations spatiales différentes en termes d'occupation du sol et de capacité d'infiltration sur les 50 allocations spatiales pour chaque exploitation pour la situation initiale 2007	190
Tableau IV-6 : Proportions des différentes classes de capacité d'infiltration selon la configuration spatiale	192
Tableau IV-7: Proportions des différentes classes de capacité d'infiltration selon la configuration spatiale	196
Tableau IV-8: Proportions des différentes classes de capacité d'infiltration selon la configuration spatiale	197
Tableau IV-9: Ruissellement généré à l'exutoire pour les configurations « minimale » et « maximale » en 2007 au printemps et en hiver.....	200

Tableau IV-10: Proportions des différentes classes de capacité d'infiltration selon la configuration spatiale en Décembre.....	337
Tableau IV-11: Proportions des différentes classes de capacité d'infiltration selon la configuration spatiale en Mai.....	338

Liste des encadrés

Encadré II-1 : Typologie de scénarios	58
Encadré II-2: Lexique :	61

Table des matières

Liste des photos

Photo I-1 : Développement d'une croûte de battance 33

Cadrage de la thèse

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du projet AcTerre (« Anticiper et Accompagner des évolutions de Territoires agricoles sensibles aux coulées boueuses », Septembre 2007-2009) financé par le Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de la Mer (MEEDDM) et coordonné par Philippe Martin.

Ce projet pluridisciplinaire a pour toile de fond la maîtrise des coulées boueuses dans les zones limoneuses du nord de la France. Il cherche à rendre compte des évolutions temporelles notamment dans le cadre d'une démarche prospective (évolution possible des assolements et les conséquences sur l'aléa ruissellement). Au-delà des échelles de travail classiques pour les agronomes (parcelle, exploitation agricole), ce projet porte sur des échelons supérieurs: petit bassin versant, grands bassins versants gérés par les syndicats de bassin versant ou encore l'échelon départemental.

Introduction générale

Constat du problème « érosif »

Le ruissellement et l'érosion des sols représentent une des menaces environnementales majeures liées à l'occupation agricole des sols en Europe (European Environment Agency, 2000).

Sur le territoire agricole une première conséquence de l'érosion est la **perte de terre**. De manière générale, la quantité de terre perdue par érosion reste modeste. D'après Joannon (2004) et sur la base d'études réalisées sur les sols de la ceinture lœssique du nord de l'Europe, les pertes maximales de sol dans un petit bassin versant d'une dizaine d'hectares correspondraient à une épaisseur de 2,6mm/an. Cette valeur peut sembler faible pour des sols limoneux développés sur des lœss de plusieurs mètres d'épaisseur comme ceux des sols du nord de l'Europe. Toutefois les dépôts de lœss ayant cessé cette ressource n'est plus renouvelée ce qui pose des problèmes à long terme. Par ailleurs, à moyen terme, même lorsqu'elle est faible, l'érosion peut avoir de graves conséquences car elle mobilise sélectivement les particules les plus fines ce qui altère la **fertilité des sols** (Fullen et Brandsma, 1995). A court terme, les déplacements de terre peuvent également entraîner des **pertes de récolte** avec l'arrachement des plants et des jeunes pousses ou l'ensevelissement des semis sous les dépôts de sédiments. Ces départs de terre génèrent des **ravines** qui peuvent occasionner des pertes de temps et des risques de casse de matériel (Poujade, 1989). Malgré tout, les dégâts occasionnés sur le territoire agricole restent le plus souvent de faible ampleur et bien localisés : zone de rupture de pente pour les dépôts, ligne de concentration des eaux et fortes pentes pour les départs de terre. Cependant, cette accumulation d'eau, plus ou moins chargée en terre, provenant du territoire agricole, occasionne parfois des dommages considérables sur le territoire non-agricole.

L'accumulation du ruissellement provenant du territoire agricole provoque des **inondations**, des **coulées boueuses** et le **colmatage des réseaux d'évacuation des eaux pluviales**, si l'eau est chargée en terre. A cela peut s'ajouter une **pollution des nappes phréatiques**, plus insidieuse mais bien réelle, quand un sous sol karstique met en relation directe la surface du sol et l'aquifère. De nombreux villages sont régulièrement affectés par ces coulées boueuses, en Belgique par exemple (Vandaele and Poesen, 1995 ; Verstraeten and Poesen, 1999 ; Biolders *et al.*, 2003 ; Evrard *et al.*, 2007) induisant des coûts considérables pour les collectivités locales (entre 16 et 172x10⁶ € chaque année). Cette situation est également reportée dans d'autres pays de la ceinture lœssique européenne (Bordman *et al.*, 1994), particulièrement dans le nord de la France (Souchère *et al.*, 2003) et le sud de l'Angleterre (Bordman *et al.*, 2003). Ces inondations peuvent être fort préjudiciables et causer de nombreux dégâts matériels (Auzet, 1987 ; Bordman *et al.*, 2003a ; Verstraeten et Poesen, 1999).

Contribution de l'activité agricole au problème

Cette recrudescence des phénomènes érosifs tient pour une large part à l'évolution récente de l'agriculture. Cette évolution porte (1) sur les systèmes de culture et (2) sur le paysage dans lequel s'inscrivent ces systèmes de culture. Par système de culture nous entendons l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manière identique. Un système de culture est donc caractérisé par la nature des cultures et leur ordre de succession, et par les itinéraires techniques appliqués à ces différentes cultures, incluant le choix des variétés (Sebillotte, 1990). Les modifications de systèmes de culture recouvrent donc les changements d'occupation du sol et les changements de techniques mises en œuvre pour les différentes cultures. Les changements des paysages recouvrent des

caractéristiques tels que la disparition d'éléments structurant du paysage (haies, talus, fossés, mares¹), l'augmentation de la taille des parcelles ou encore l'imperméabilisation des sols due à une urbanisation croissante.

D'autre part, l'organisation spatiale de ces systèmes de culture et ainsi la position topographique des parcelles exercent un rôle sur la production de ruissellement à l'échelle du bassin versant. Souchère *et al.* (2001) montrent que l'organisation spatiale des états de surface dans un bassin versant exerce une influence sur le volume de ruissellement à l'exutoire. Il est montré que le volume ruisselé à l'exutoire, calculé pour des événements pluvieux de 36mm en 14h par le modèle de ruissellement STREAM (Cerdan, 2001 ; Cerdan *et al.*, 2002a), passe du simple au double selon la répartition des états de surface sur un bassin versant de 90ha. De même, des travaux antérieurs ont montré que les risques d'inondations boueuses étaient accrus lorsqu'une majorité de parcelles ruisselantes dans l'impluvium dominaient des parcelles facilement érodables en position de talweg (Boiffin *et al.*, 1986 ; Papy et Boiffin, 1989 ; Souchère, 1995).

Un phénomène en lien avec l'évolution du contexte socio-économique

Les systèmes de culture au sein des territoires ainsi que leur évolution sont fonction d'un certain nombre de contraintes internes et externes à l'exploitation. En effet, l'activité agricole est sous dépendance d'un contexte socio-économique plus large. L'évolution de ce contexte peut alors en retour générer des modifications dans les activités agricoles avec des conséquences sur l'érosion des sols et le ruissellement érosif. Ainsi, dans les années 30, les régions des grandes plaines aux Etats-Unis (Kansas, Texas, Oklahoma, Nouveau-Mexique), ont subi une grave crise érosive (Dust-Bowl). Le phénomène a débuté au cours de la Première Guerre mondiale, lorsque le prix élevé du blé et les besoins des troupes alliées ont encouragé les agriculteurs à cultiver davantage de blé (augmentation du labour) au détriment des pâtures (Hurt, 1981). De la même manière, en France, dans la première moitié du XIX^{ème} siècle, l'augmentation de la population rurale a entraîné l'extension des labours et l'augmentation des troupeaux dans les zones de montagne. Il en a résulté une crise érosive dans de nombreuses régions de montagne (Lilin, 1986), crise qui s'est traduite en particulier par le recul de la forêt. De manière similaire, Souchère *et al.*, (2003) ont montré que la politique agricole de l'Union Européenne a été à l'origine du retournement des prairies en Haute-Normandie ; les subventions accordées aux agriculteurs pour les céréales les ont incités à remplacer l'herbe par du maïs dans l'alimentation des bovins. Enfin, en Afrique du Sud, une politique de restriction des importations de blé en 1930 a entraîné une hausse des prix du blé sur le marché intérieur. Cette hausse a encouragé les agriculteurs à cultiver des zones sensibles dans la région du Western Cape, causant d'importants dégâts aux sols de la région (Meadows, 2003).

Ces quatre exemples montrent qu'un changement de contexte peut générer des changements de pratiques entraînant de manière indirecte des conséquences parfois catastrophiques sur l'érosion des sols et le ruissellement érosif. A noter que cette évolution de contexte peut aussi être favorable à la maîtrise du phénomène. Ainsi, à la fin du XIX^{ème} siècle le développement du chemin de fer et de l'industrie en zone de montagne se sont traduits par une moindre pression anthropique et une réduction des risques d'érosion torrentielle (Lilin, 1986).

¹ Autrefois très nombreuses en Haute-Normandie, les mares faisaient partie du paysage traditionnel et constituaient la seule source d'approvisionnement en eau pour les habitants et d'abreuvoir pour les animaux sur les plateaux, dans les cours de ferme ou dans les prairies.

Scale mismatch

Lorsque l'on aborde la gestion des problèmes érosifs on se trouve confronté au problème de « *scale mismatch* ». En d'autres termes, le niveau pertinent pour le traitement des problèmes écologiques (bassin versant) n'est pas le même que celui des prises de décision sur les composantes du système (exploitations agricoles, collectivités...). Les territoires d'exploitation sont rarement confondus avec ceux des bassins versants posant problème. Pour rendre compte de cette situation, Papy *et al.* (1992) ont parlé du double découpage de l'espace, avec d'une part l'ensemble des parcelles d'un **bassin versant (découpage physique)** et d'autre part l'ensemble des parcelles d'une **exploitation agricole (découpage décisionnel)**. L'intégration de ce double découpage nous conduit à donner une double définition de la parcelle agricole :

- selon le **découpage physique**, la parcelle peut être définie par ses dimensions, sa position topographique, et ses états de surface à un instant donné.
- selon le **découpage décisionnel**, la parcelle peut être définie par son appartenance à un système de culture, c'est-à-dire à un lot de parcelles conduites de manière homogène par l'agriculteur.

Ainsi, les mécanismes de ruissellement érosif s'expriment au sein de territoires qui sont en premier lieu les territoires d'exploitation agricole mais, par extension, ce sont aussi tous les territoires qui interfèrent avec l'activité agricole. Il en est ainsi des Syndicats de bassins versants dont les périmètres correspondent aux bassins hydrographiques. D'autres structures et zonages (Plans de Prévention des Risques d'Inondations, zone vulnérable, zones de protection de captage etc.) peuvent également agir sur les pratiques agricoles. Il en est de même pour les zonages environnementaux tels que les zones humides, les ZNIEFF, les réserves naturelles, ... Enfin, c'est également la délimitation des bassins d'approvisionnement de produits agricoles qui orientent fortement les choix techniques des agriculteurs (Le Bail, 2005 ; Navarette *et al.*, 2006).

Prospective : une meilleure connaissance du système pour agir maintenant

Vouloir réduire durablement les dégâts liés au ruissellement érosif impose de se poser la question des changements futurs (à moyen et long terme) des modes d'usages des sols. Cette question interroge l'ensemble des représentants et des acteurs du développement d'un territoire. Pour prendre des décisions qui permettent un développement territorial durable, les décideurs peuvent faire appel à la prospective. En effet, la prospective est une discipline qui vise à réduire les incertitudes liées à l'avenir en donnant « un regard sur l'avenir, destiné à éclairer l'action présente » (Hatem, 1993 in Houet *et al.*, 2005). La prospective suppose que l'avenir n'est pas totalement déterminé et qu'il résultera pour partie d'actions humaines dotées de capacité de décision et d'autonomie (Chalmin et Bureau, 2007). La prospective a ainsi pour objectif « d'éclairer l'action présente à la lumière des futurs possibles et souhaitables » (Godet in Durance *et al.*, 2007). Ainsi, l'élaboration de scénarios prospectifs constitue une méthode puissante pour s'interroger sur les devenir possibles d'un territoire, et aider à la prise de décisions (Poux *et al.*, 2001; Mermet et Poux, 2002 ; Poux, 2003; Houet, 2006).

Dans ce contexte, l'objectif général de notre travail consiste à **construire des scénarios prospectifs au niveau d'une région agricole touchée par l'érosion hydrique, puis de décliner ces scénarios à l'échelle pertinente d'expression des phénomènes (bassin versant agricole) pour en évaluer les conséquences sur le ruissellement**. Cette déclinaison sera conduite en intégrant les logiques agricoles de mise en place des systèmes de culture.

Hypothèses de travail

Nous pouvons formuler trois hypothèses structurantes de notre travail de recherche :

- ❶ La première hypothèse repose ainsi sur le fait que l'on peut s'attendre à des **modifications de systèmes de culture sous l'effet d'un contexte en évolution (décrits dans les scénarios prospectifs) et que ces évolutions peuvent en retour avoir des conséquences plus ou moins néfastes sur le ruissellement érosif** à l'échelle du bassin versant.
- ❷ La deuxième hypothèse suppose que l'évolution attendue des systèmes de culture au niveau des exploitations dépend de leur **fonctionnement** (exploitations d'élevage plus ou moins spécialisées versus grandes cultures spéculatives). Toutes les exploitations ne réagiront pas de manière analogue à un même changement de contexte.
- ❸ Nous faisons également l'hypothèse qu'il existe une **variabilité des volumes de ruissellement à l'exutoire d'un bassin versant donné** liée à la répartition des cultures sur chaque territoire d'exploitation en fonction des règles de décision des agriculteurs, dans un contexte donné.

Démarche d'analyse

Pour tester ces hypothèses nous avons développé une démarche illustrée dans la Figure I-1. L'ensemble de la démarche permet de coupler des scénarios prospectifs à des modèles biotechniques permettant ainsi d'évaluer ces scénarios en termes de ruissellement érosif.

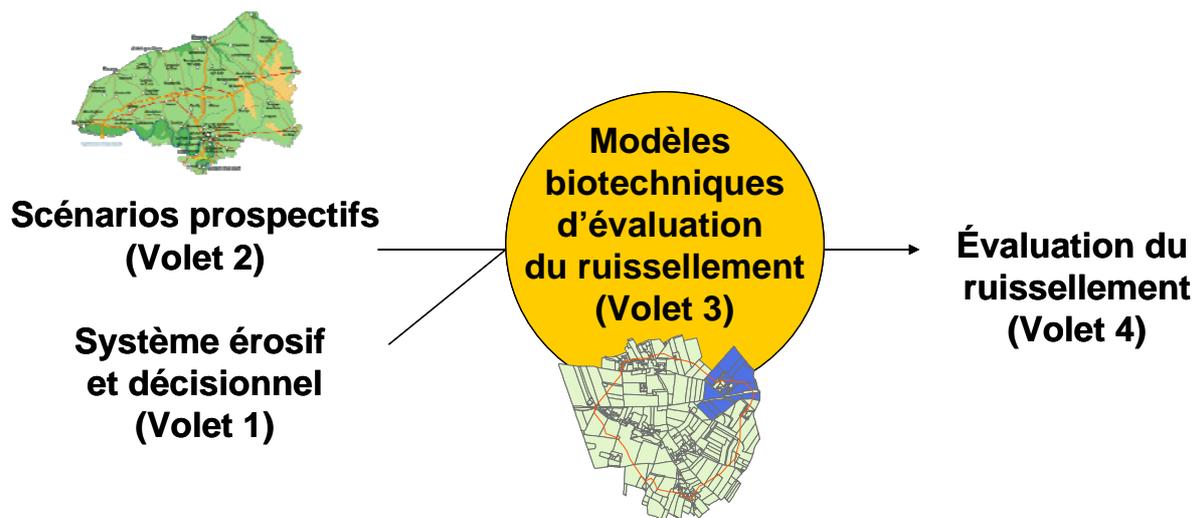


Figure I-1: Schéma de la démarche établie

Notre démarche comporte trois volets complémentaires. Cette démarche sera appliquée sur un bassin versant pris comme cas d'étude. Dans les chapitres suivants, nous les détaillerons au fur et à mesure mais en voici les grandes lignes.

Premier volet : connaissance du système biophysique et décisionnel

Les phénomènes érosifs s'expriment au sein d'espaces physiques, les bassins versants, et sont pilotés par les décisions prises au niveau de différents territoires d'acteurs. Pour bien comprendre le fonctionnement de cet ensemble que nous pouvons qualifier d'espaces territorialisés dynamiques (Martin, 2009), il est important de préciser quels sont les mécanismes érosifs principaux et de quelles manières les décisions prises par les différents types d'acteurs concernés. Ce premier volet fera l'objet du **Chapitre I**. Dans ce chapitre nous

préciserons également les raisons du choix de la zone d'étude (Pays de Caux, Seine-Maritime) et du bassin versant (bassin versant du Saussay) retenu dans cette zone pour les modélisations biophysiques.

Deuxième volet : élaboration de scénarios prospectifs à l'échelle locale

Il s'agit d'établir des scénarios d'évolution des territoires pouvant impacter les phénomènes érosifs en insistant plus particulièrement sur l'évolution des systèmes de culture. Cette prospective est construite à l'échelle d'un département touché par le ruissellement érosif (Seine-Maritime et plus particulièrement le Pays de Caux). Cette échelle semble pertinente car elle permet de mobiliser une large gamme d'acteurs en mesure d'interagir sur les espaces physiques que sont les bassins versants. A cette fin, la méthode prospective mobilisée doit pouvoir prendre en compte les interactions entre les différents niveaux de décision de ces acteurs : exploitation, collectivités locales, ... La prospective sera traitée à l'horizon 2015 du fait d'enjeux importants sur le devenir de la Politique Agricole Commune à cette échéance. Ce deuxième volet fera l'objet du **Chapitre II**.

Troisième volet : traduire les scénarios en variables d'entrée pour les modèles biophysiques à l'échelle locale (bassin versant et exploitation agricole)

Ce troisième volet est une étape intermédiaire entre la constitution des scénarios et leur évaluation environnementale. Il s'agit ici de traduire les variables qualitatives des scénarios en variables d'entrée des modèles biophysiques. Cette étape se traduit notamment par une modélisation des règles d'attribution des cultures aux territoires d'exploitation en fonction des besoins et des contraintes, y compris d'ordre spatial, exprimés dans les systèmes d'exploitations agricoles. Ce troisième volet sera traité en **première partie du Chapitre III**.

Quatrième volet : évaluer les scénarios et ainsi caractériser les risques associés à ces différentes évolutions en terme d'impact sur le ruissellement érosif au sein de territoires continus de type « bassins versants » et d'unité de gestion territoriale telle que l'exploitation agricole

Une fois effectué la traduction des récits en variables d'entrée des modèles, les simulations conduites avec ces modèles permettront d'évaluer les conséquences en termes de ruissellement érosif des scénarios prospectifs. Après avoir justifié le choix des modèles biophysiques nous évaluerons différents scénarios. Ce quatrième volet constitue le corps du **Chapitre III**. Ce chapitre intègre trois articles. A l'échelle du bassin versant, nous décrivons la méthodologie adoptée pour coupler les scénarios prospectifs à un modèle spatialisé à l'échelle du bassin versant et ainsi la manière dont les exploitations agricoles vont intégrer ces changements de contexte dans leurs pratiques (premier article²). Il est suivi par une comparaison entre les conséquences induites par différents scénarios à l'échelle du bassin versant (deuxième article³). Enfin, à l'échelle de l'exploitation agricole, nous dressons le profil de ruissellement d'un ensemble d'exploitations en fonction des systèmes de culture mis en œuvre puis nous présentons les conséquences d'une gamme de scénarios en termes de ruissellement érosif à l'échelle de l'exploitation agricole (troisième article⁴).

Le **dernier chapitre (IV)** de ce mémoire est consacré à une discussion générale sur la méthodologie mise en place, ses limites et son utilisation; il revient également sur l'objectif de la thèse.

² Cet article a été soumis à la revue CATENA

³ Cet article a été soumis à la revue Environmental Science and Policy

⁴ Cet article a été soumis à la revue Journal of Environmental Management

CHAPITRE I. Processus biophysiques et décisionnels impactant le ruissellement érosif

Dans ce chapitre nous allons présenter dans un premier temps les processus biophysiques à l'origine du phénomène de ruissellement érosif. Puis, dans un deuxième temps, nous nous intéresserons à la manière dont ces processus peuvent être impactés par les différents acteurs agissant au sein du territoire.

1.1. Les processus biophysiques à l'origine du ruissellement érosif

1.1.1. Les déterminants physiques responsables de l'apparition du ruissellement érosif au niveau de la parcelle

Dans cette partie, nous nous attèlerons à décrire les processus physiques à l'origine du ruissellement érosif.

1.1.1.1. Les différents processus de genèse du ruissellement érosif

La pente est considéré comme le facteur déterminant de l'érosion mais dans les plaines limoneuses du nord de l'Europe, les pentes n'étant pas très marquées, d'autres facteurs jouent sur le ruissellement et l'érosion.

A l'échelle de la parcelle, le ruissellement est lié à la dégradation de la stabilité structurale du sol.

La stabilité structurale du sol correspond à l'aptitude des mottes et des agrégats à résister à l'action dégradante de l'eau. Elle est déterminée par les forces qui lient les particules entre elles (Le Bissonais, 1999). Cette stabilité est principalement influencée par la **texture** du sol, la **nature minéralogique** de ses constituants, sa **teneur en matière organique**, ainsi que par son **état et histoire hydrique** (Auzet, 1987).

La **texture** joue un rôle non négligeable sur la stabilité structurale. Une large gamme de sols limoneux et limono-sableux présente des textures dont le diamètre médian est compris entre 63 et 250 μ m (Poesen, 1983, in Auzet, 1987) pour lesquels l'action dégradante de la pluie est maximale.

Les **matières organiques** favorisent l'agrégation des particules entre elles et tendent ainsi à augmenter la stabilité structurale des mottes et des agrégats. Cet effet s'exprime surtout lorsque la teneur en matière organique atteint une valeur seuil de 7/100^{ème} de la teneur en argile. Selon Monnier et Stengel (1982, in Auzet, 1988), en dessous de 25% d'argile, la structure devient instable. Sous le seuil de 15% d'argile, la structure devient très instable, surtout si la teneur en matière organique est faible (<2-3%). Les sols de grandes cultures du bassin parisien sont relativement pauvres en matière organique (environ 2%) (Tableau I-1). Ainsi, un faible taux de matière organique associé à une fraction argileuse limitée dégrade la stabilité structurale du sol (Angers et Mehuis, 1989 ; Delahaye, 2002), conditions largement réunies pour les formations du Pays de Caux (Tableau I-1). De plus, la chute des taux de matières organiques induit des pertes de porosité et plus grave encore, des phénomènes de compaction (Thomas, 2001).

Tableau I-1: Caractéristiques analytiques des sols limoneux du Pays de Caux
(Source : Delahaye, 2002 d'après SERDA-Chambre d'Agriculture de Haute-Normandie, 1988)

	MO	Ag (%)	Lf (%)	Lg (%)	Sf (%)	Sg (%)
Centre du Pays de Caux	1 à 2 %	12 %	34 %	43 %	10 %	1 %
Bordure littorale	1,4 %	13 %	22,6 %	41 %	23 %	0,4 %

L'état et l'histoire hydrique du sol jouent également un rôle important car la stabilité des agrégats tend à diminuer lors d'une phase de dessiccation et à croître lors d'une phase d'humectation.

L'impact des gouttes de pluie est le processus élémentaire de cette dégradation. L'impact et l'énergie cinétique des gouttes de pluie fragmentent les agrégats et provoquent le détachement des particules (effet « splash ») (Al-Durrah et Bradford, 1982 ; Poesen, 1985 ; Bradford *et al.*, 1987). La surface motteuse se désagrège, et les particules fines en retombant colmatent peu à peu la surface du sol. Ce déplacement des fragments et particules provoque la diminution des capacités de stockage superficiel (Boiffin *et al.*, 1986) et la fermeture de la surface.

Ainsi la surface du sol passe progressivement d'un état fragmentaire, poreux et meuble, à un état plus compact de **croûte structurale** réduisant la capacité d'infiltration à moins de 6mm/h. Cette évolution structurale provoque la formation d'une croûte de battance (Photo I-1) et la diminution des capacités d'infiltration à l'origine du ruissellement (Boiffin *et al.*, 1986 ; Ouvry *et al.*, 1988 ; Ouvry, 1992 ; Boiffin et Monnier, 1994 ; Le Bissonnais *et al.*, 1996).

Lorsque l'intensité des pluies dépasse l'infiltration ainsi réduite, un excès d'eau se manifeste par flaquage puis débordement. Les particules détachées par la pluie sont transportées sélectivement sur de faibles distances. Dans les dépressions, la succession des dépôts entraîne la formation de **croûtes sédimentaires**. A ce stade, même les faibles intensités pluvieuses dépassent la capacité d'infiltration du sol qui est alors de l'ordre de 1 à 2mm/h (Boiffin *et al.*, 1986). Ces valeurs très faibles de l'infiltrabilité permettent d'expliquer la présence d'un excès d'eau en surface pour des pluies de faible intensité bien que le sol ne soit pas saturé en profondeur. Lorsque le volume de cet excès d'eau, qui dépend de l'intensité des pluies et de leur durée, peut être stocké temporairement dans les micro-dépressions du sol, les particules détachées par les pluies ne sont pas transportées très loin. Par contre, dès que les capacités de stockage du sol sont dépassées, il y a formation d'un ruissellement, en présence d'une pente même très faible.



Photo I-1 : Développement d'une croûte de battance
(Source : AREAS)

1.1.1.2. Influence des états de surface sur l'infiltration et le ruissellement

Nous l'avons vu, l'état d'avancement de formation des croûtes structurale et sédimentaire est un facteur déterminant dans le déclenchement du processus de ruissellement. L'**état de surface** d'un sol peut être décrit par ses deux composantes, à savoir la rugosité et le faciès, c'est-à-dire le stade de développement des croûtes structurale et/ou, sédimentaire.

- Le faciès ou stade de développement des croûtes

L'évolution du faciès permet de caractériser les différents stades de dégradation du sol (Tableau I-2). Boiffin (1984) distingue trois faciès traduisant les phases structurale et sédimentaire (Tableau I-2) :

- ❖ Une première phase, **F0**, qui correspond à l'état structural du sol obtenu après travail du sol, peu ou pas encore altéré par les précipitations. L'infiltrabilité du sol est alors maximale (entre **60 et 30mm/h**) du fait de l'état fragmentaire, poreux et meuble du sol.
- ❖ Une seconde phase, **F1**, qui correspond à un sol majoritairement recouvert par une croûte structurale de quelques millimètres d'épaisseur et dont la capacité d'infiltration atteint des valeurs faibles comprises entre **6 et 2 mm/h**.
- ❖ Une troisième phase, **F2**, qui correspond à l'apparition de la croûte sédimentaire, la structure de cette croûte, formée de micro-strates quasi-imperméables limite la capacité d'infiltration à parfois **moins de 1mm/h**.
- ❖ Une quatrième phase (F3) qui correspond à un retour à un état fragmentaire sous l'action d'agents climatiques, tels que les phénomènes de dessiccation ou d'éclatement des agrégats par le gel.

**Tableau I-2 : Classes et notation du faciès
(Boiffin et Papy, 1988)**

Code	Faciès
F0	Structure fragmentaire initiale
F1	Etat fragmentaire altéré avec des croûtes structurales
F1-F2	Transition : apparition locale de croûtes de dépôt
F2	Croûtes de dépôts continus
F3	Croûte remaniée. Dessiccation/gel. Action biologique

- La rugosité

La rugosité de surface du sol correspond aux irrégularités du sol. Elle est le résultat combiné des opérations culturales menées sur une parcelle et de l'action des précipitations. Cette rugosité peut être aléatoire – et résulter de la disposition des mottes et agrégats de surface - ou orientée, c'est-à-dire déterminée par les motifs linéaires de travail du sol (dérayures, traces de roues...) (Gascuel-Odoux et Heddadj, 2000).

La rugosité permet d'apprécier la capacité de stockage temporaire (détention superficielle) du sol. Si suffisamment prononcée, cette rugosité peut assurer le stockage temporaire de l'eau non infiltrée et générer un retard dans le déclenchement du ruissellement. D'autre part une rugosité importante favorise l'infiltration de l'eau parce qu'elle introduit des hétérogénéités à la surface du sol : l'eau lorsqu'elle entre en contact avec des surfaces plus perméables telles que les parois des dépressions, à tendance à s'infiltrer (Martin, 1997).

La rugosité est un paramètre qui évolue. Selon le type de travail du sol qui aura été effectué et les outils employés, le sol présentera une rugosité initiale plus ou moins importante. Après travail du sol, l'action dégradante de la pluie engendre une diminution progressive de la rugosité.

Ludwig (1992) définit 5 classes de rugosité (Tableau I-3), la classe R0 correspondant au microrelief le plus faible observable, par exemple, sur les chantiers de récolte tassés.

**Tableau I-3 : Classes de rugosité et situations associées
(D'après Ludwig, 1992)**

Classes de rugosité	Dénivelé	Exemple de situations caractéristiques
R4	Plus de 10 cm	
R3	De 5 à 10 cm	Labour grossier
R2	De 2 à 5 cm	Semis très motteux, labour fins
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

Au contraire un sol fraîchement labouré s'inscrira dans la classe R3 car un labour induit une forte rugosité de l'ordre de 5 à 10 cm. Les reprises de labour au moment du semis se situeront dans des classes de rugosité R2 à R0 car elles affinent le sol en rompant les plus

grosses mottes et diminuent ainsi de manière notable la rugosité. La composante « rugosité » de l'état de surface du sol est donc fonction de deux facteurs : d'une part la rugosité initiale, résultat du type de travail du sol effectué, et d'autre part du cumul des précipitations depuis le dernier travail du sol.

L'évolution de l'**état de surface du sol** est un facteur déterminant du ruissellement. Par conséquent, la compréhension des processus érosifs passe par l'étude de l'état de surface du sol. En effet, les surfaces seront d'autant plus aptes à ruisseler que leur rugosité sera faible et le développement des croûtes de battance élevé. En revanche, si les états de surface sont fragmentés et présentent une rugosité importante, ils tendront à limiter le ruissellement. Cependant, d'autres facteurs tels que la pluviométrie jouent un rôle non négligeable dans cette évolution.

1.1.1.3. La pluviométrie: variable déterminante du ruissellement érosif

Les précipitations ont pour effet d'entraîner le développement d'une croûte de battance et de réduire la rugosité de surface, deux phénomènes qui augmentent le ruissellement. La structure du sol en surface peut se dégrader sous l'action des pluies, entraînant la fermeture de la porosité et la disparition de la rugosité, ce qui réduit très fortement sa capacité d'infiltration (Le Bissonnais et Gascuel-Oudou, 1998). Les états de surface ainsi produits sont modifiés sous l'influence du climat qui agit entre deux opérations culturales, dégradant l'état de surface par l'action des pluies ou favorisant le développement du couvert végétal. La pluie cumulée depuis le dernier travail du sol jusqu'à l'événement considéré détermine, en partie, l'état de dégradation de la surface du sol. Si le climat des grandes régions de culture du nord de l'Europe n'est pas très agressif en termes d'intensité, l'action des pluies est complexe et se situe à différentes échelles de temps (saison culturale, décade, séquence ou événement pluvieux...).

1.1.2. Intégration temporelle et spatiale des phénomènes au niveau du bassin versant

L'effet de la pluie n'est pas identique tous les ans : il dépend de la répartition des précipitations suite au dernier travail du sol. Dans le Pays de Caux, Boiffin *et al.* (1986) ont suivi le développement de la croûte de battance au printemps (41 parcelles) et à l'automne 1985 (14 parcelles). Dans cette étude, ils concluent qu'après un semis, une croûte de battance généralisée est obtenue avec 60mm de pluie continue, ou bien 90mm si une période de dessiccation intervient entre-temps. Vandaele et Poesen (1995) obtiennent des résultats allant dans le même sens malgré une différence notable dans les cumuls de pluie conduisant à l'apparition de la croûte de battance. La Figure I-1 permet de comparer la vitesse de développement de la croûte de battance après une opération de semis de céréale d'hiver en 1990 et 1991.

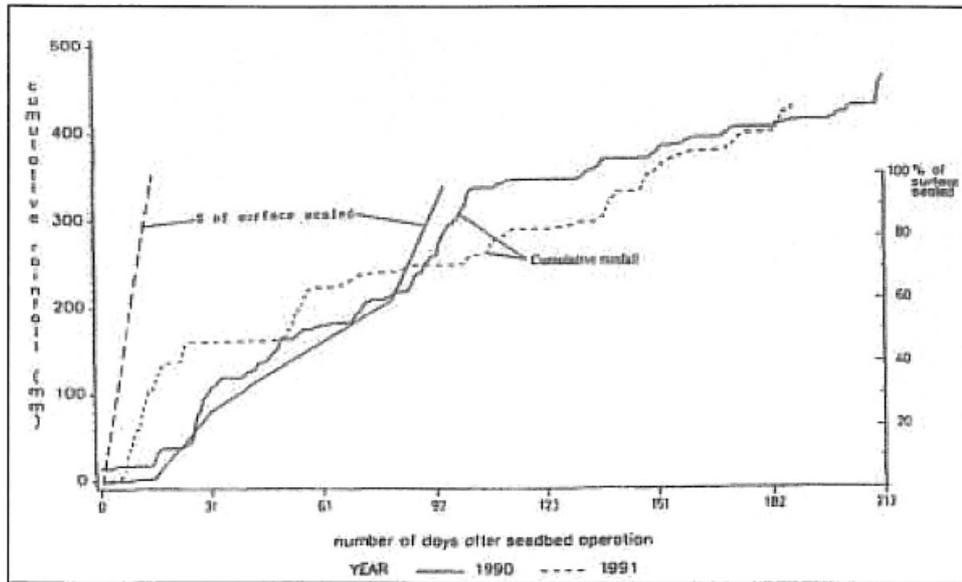


Figure I-1: Evolution du cumul de pluie et du pourcentage de croûte de battance depuis la réalisation du semis de la culture d'hiver (Vandaele et Poesen, 1995)

Les résultats de ce suivi montrent qu'en 1990, une croûte de battance généralisée est obtenue après 90-1000mm de précipitations continues dans les 15 jours suivant le semis, et qu'en 1991 le même état est observé après environ 300mm discontinus et répartis sur 90 jours. Cette dernière année, 50% de la surface présentait une croûte de battance après quelques 70 jours et 170mm de précipitations. La texture des sols pourrait expliquer cette différence avec l'étude précédente, mais le taux d'argile n'est pas donné avec précision par Vandaele et Poesen (1995) (entre 10 et 20%). D'après ces deux études, une période de dessiccation après l'intervention culturale retarde le développement de la croûte de battance. L'incidence du climat sur les états de surface ne peut donc pas se résumer à un cumul des précipitations. Il est nécessaire de prendre en compte la dynamique des précipitations au cours de la campagne culturale.

D'autre part, la position topographique des parcelles exerce un rôle sur la production de ruissellement à l'échelle du bassin versant. Ainsi, Souchère *et al.* (2001) montrent que l'organisation spatiale des états de surface dans un bassin versant exerce une influence sur le volume de ruissellement à l'exutoire. Il est montré que le volume ruisselé à l'exutoire, calculé pour des événements pluvieux de 36mm en 14h par le modèle de ruissellement STREAM (Sealing and Tillage transfert by Runoff and Erosion related to Agricultural Management, Cerdan, 2001 ; Cerdan *et al.*, 2002a), passe du simple au double selon la répartition des états de surface sur un bassin versant de 90ha. La configuration qui produit le plus de volume à l'exutoire est celle où les 30% de surfaces ruisselantes sont regroupées au centre du bassin versant. Dans l'autre configuration, les 31% de surfaces ruisselantes sont réparties sur tout le bassin versant et alternent avec des surfaces infiltrantes. De même, des travaux antérieurs ont montré que les risques d'inondations boueuses étaient accrus lorsqu'une majorité de parcelles ruisselantes dans l'impluvium dominaient des parcelles facilement érodables en position de talweg (Boiffin *et al.*, 1986 ; Papy et Boiffin, 1989 ; Souchère, 1995). Concernant les surfaces toujours en herbe (STH), elles favorisent l'infiltration quand elles sont situées en impluvium et retiennent la terre lorsqu'elles sont en position de talweg. La réduction importante des surfaces toujours en herbe conduit à un accroissement des risques de départ de terre dans les talwegs.

1.2. Les acteurs clés et leurs actions sur le processus de ruissellement érosif

1.2.1. Les agriculteurs, principaux gestionnaires des espaces agricoles

La parcelle est la surface élémentaire d'application des pratiques culturales qui vont modifier les états de surface du bassin versant. Toute parcelle fait aussi partie du système décisionnel des exploitations agricoles. En effet, chaque parcelle n'est pas cultivée indépendamment des autres parcelles exploitées par un agriculteur mais est intégrée dans un système de culture. Le concept de système de culture a été défini à l'échelle de la parcelle ou du groupe de parcelles comme étant « l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur une portion de territoire traitée de manière identique ; chaque système de culture se caractérise par la nature des cultures et leur ordre de succession, et par les itinéraires techniques appliqués à chacune de ces cultures » (Sebillotte, 1990). Ce concept illustre le fait que les techniques culturales appliquées aux différentes cultures en vue d'obtenir une production, ainsi que l'ordre de succession de ces cultures, doivent être considérés comme un ensemble, et non pas chacune individuellement. En effet, les nombreuses interactions entre les techniques culturales et les cultures, auxquelles s'ajoutent celles avec le milieu et le climat, font que l'effet d'une technique sur une culture n'est pas indépendant des autres techniques ni de l'ordre de succession des cultures. Ainsi, les agriculteurs conduisent les états de la parcelle en fonction d'objectifs globaux de production qui prennent en compte l'ensemble des parcelles de l'exploitation. De cette manière, l'évolution des états de surface est également conditionnée par les opérations et techniques culturales appliquées dans le cadre du système de culture.

1.2.1.1. Effets des pratiques agricoles

Effet des opérations culturales sur les états de surface

Par les **itinéraires techniques** et les **successions de culture** qu'il applique, l'agriculteur crée une diversité d'états de surface, en interaction avec le climat, qui se succèdent au cours de la campagne culturale.

Les opérations culturales modifient l'état structural du sol de façon plus ou moins importante et durable selon les techniques utilisées et leur date de réalisation par rapport aux périodes pluvieuses. Le travail du sol contribue alors au changement d'état de surface des parcelles.

Tout travail du sol visant à l'**implantation d'une culture**, tel que le labour et les semis, ou la **lutte contre les adventices** tel que le déchaumage et le désherbage mécanique, ont pour conséquence un accroissement de la capacité d'infiltration. En effet, ces opérations culturales créent des états de surface fragmentés avec une rugosité plus ou moins forte suivant l'outil utilisé. Un état de surface résultant d'un travail superficiel du sol a une capacité d'infiltration de 30 à 60mm/h (Boiffin *et al.*, 1986).

Les principales opérations mises en cause sont les **passages liés aux traitements phytosanitaires**, aux **apports d'engrais après semis et à la récolte** (Boiffin *et al.*, 1988). Les réseaux de traces de roues laissées par les outils dans les parcelles favorisent le ruissellement de 2 manières : d'une part, l'infiltration y est plus faible, d'autre part, ils constituent des collecteurs à l'intérieur des parcelles, entraînant une concentration plus précoce du ruissellement (Boiffin *et al.*, 1986 ; Ludwig *et al.*, 1996). Les états de surface du sol tassés et d'une faible rugosité diminuent fortement la capacité d'infiltration et de stockage

à la surface du sol. C'est le cas en particulier des récoltes réalisées tardivement à l'automne, en condition humide et avec un matériel lourd : récoltes de betteraves sucrières, de maïs et de pomme de terre, et dans une moindre mesure de lin (récolte plus précoce et matériel moins lourd). Papy et Boiffin (1988) estiment à 70-80% la surface compactée lors de la récolte des pommes de terre et des betteraves sucrières.

Toutefois, le compactage, en augmentant la cohésion du sol, limite aussi les départs de terre. Mais comme les forces d'incisions des écoulements sont bien souvent supérieures à celles de la cohésion du sol, l'érosion peut alors se produire malgré l'accroissement de cohésion.

Concernant les successions de cultures annuelles, Boiffin et Papy (1988) ont montré que le risque de ruissellement évoluait cycliquement avec un pas de temps annuel. Les travaux du sol, qui fragmentent la surface, accroissent les valeurs d'infiltrabilité et de rétention superficielle. Ces valeurs chutent ensuite sous l'action des pluies par formation d'une croûte de battance et diminution de la rugosité. La plupart des cultures restent ainsi potentiellement ruisselantes jusqu'à la récolte (Figure I-2).

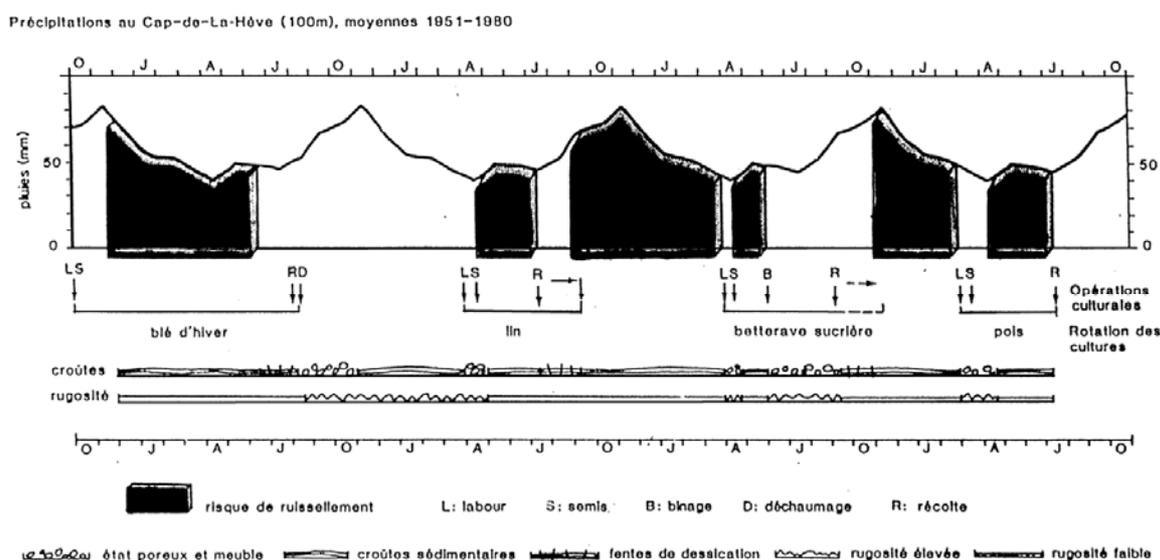


Figure I-2 : Effets des systèmes de culture sur le ruissellement et risque de ruissellement au cours d'un cycle blé/lin/betterave sucrière/pois (in Auzet *et al.*, 1990)

Le ruissellement en domaine agricole met ainsi en exergue le rythme (annuel) des successions culturales de la parcelle. La Figure I-2 expose une chronique inter-annuelle de la sensibilité au ruissellement d'une parcelle agricole en fonction du régime pluviométrique et de la succession culturale. Selon l'assolement en cours et l'itinéraire technique, la parcelle agricole présente une modification des états de surface qui évoluent sous l'effet du régime pluviométrique. Il existe donc une variation cyclique du ruissellement (Auzet *et al.*, 1990 ; Martin *et al.*, 1998).

Structure du parcellaire et des éléments linéaires

La collecte du ruissellement vers le réseau hydrographique emprunte différents motifs qui forment des réseaux (Ludwig *et al.*, 1996 ; Lemmel, 2002) :

- les motifs agraires liés au **travail du sol**. Les dérayures (sillon de labour non recouvert) et les fourrières (extrémités des parcelles où le tracteur fait demi-tour) forment un réseau complexe réduisant les distances à parcourir par le

ruissellement avant sa concentration dans le réseau topographique. Ce réseau est en partie modifié saisonnièrement au gré des opérations culturales.

- un réseau permanent formé par la **topographie (vallons secs, talwegs)** et les **motifs anthropiques** (fossés, routes, chemins).

Ces réseaux collecteurs connectent des aires « contributives » à des secteurs en aval et éventuellement vulnérables. A noter que le sens du travail du sol peut parfois agir sur le sens de l'écoulement à l'encontre de la topographie (Souchère *et al.*, 1998 ; Takken *et al.*, 2001a et 2001b). Ce facteur n'est donc pas à négliger, surtout lorsque le travail du sol s'effectue de manière parallèle au sens de la pente ce qui accroît la vitesse de ruissellement et donc le risque d'incision.

Enfin, le travail du sol est déterminé par la structure du parcellaire et la **taille des parcelles** qui détermine ainsi en partie le réseau d'écoulement du ruissellement (Lheriteau *et al.*, 2007). Une étude menée par Van Oost *et al.* (2000) a montré qu'une augmentation de la taille des parcelles peut être corrélée avec une augmentation du taux d'érosion évalué par le modèle WATEM (Water and Tillage Erosion Model) qui simule l'érosion par l'eau et par le travail du sol. Ainsi, une modification du parcellaire à l'occasion d'un changement d'exploitant ou bien d'un remembrement, peut ainsi réduire ou accroître le risque de ruissellement érosif.

1.2.1.2. Constitution des systèmes de culture au sein de l'exploitation agricole

Au niveau de l'exploitation individuelle

Comme nous l'avons vu précédemment, les systèmes de culture mis en place par les agriculteurs conduisent à différents états de surface. Ces états de surface se répartissent dans le bassin versant en fonction des choix de localisation des cultures faits par les agriculteurs.

A l'échelle de l'exploitation, cette répartition spatiale des cultures résulte d'une combinaison de différentes règles de décisions (Maxime *et al.*, 1995). Cette « attribution de la ressource en terre » aux différentes cultures (Aubry, 2007) est fonction de trois types de règles :

- des règles de délimitation des zones cultivables : les contraintes inhérentes au territoire d'exploitation déterminent la zone cultivable pour chacune des cultures. En fonction des caractéristiques du milieu (profondeur du sol, pierrosité, hydromorphie, pente..) et des parcelles (forme et taille des parcelles, éloignement des bâtiments...), l'agriculteur peut juger que certaines parcelles ne sont pas appropriées à l'implantation d'une culture donnée.
- des règles de succession culturale : les règles de succession culturale déterminent pour chaque parcelle, en fonction des cultures précédentes, les cultures possibles une année donnée. Ces règles sont liées au délai de retour des cultures, c'est-à-dire le nombre d'années entre deux implantations d'une même culture, et aux cultures précédentes possibles pour une culture donnée.
- des règles de regroupement des cultures : pour des raisons de simplification d'organisation du travail, les agriculteurs regroupent certaines cultures sur des parcelles voisines. Dans la plupart des cas, il s'agit de la même culture, ceci afin de faciliter les traitements phytosanitaires, les épandages d'engrais et la récolte. Dans d'autres, les cultures diffèrent mais soit une partie des itinéraires techniques est identique soit leur position dans la succession culturale est la même.

Ainsi, pour chaque culture, quatre variables décisionnelles principales et interdépendantes sont à déterminer par l'agriculteur (Tableau I-4).

Tableau I-4: Les variables décisionnelles pour l’attribution de la ressource en terre dans l’exploitation (Aubry, 2007 d’après Maxime *et al.*, 1995, 1997)

<i>Variable</i>	<i>Définition</i>	<i>Déterminants possibles dans l'exploitation</i>	<i>Rôle</i>
Zone Cultivable ZC	Ensemble des parcelles de l'exploitation jugées par l'agriculteur comme favorables ou tolérables pour cette culture	-aptitude culturale (rendement possible, caractéristique du terrain –pierrosité, pente etc.) -forme, taille, accessibilité des parcelles - localisation géographique (distance, points d'eau etc., contraintes réglementaires)	Localisation d'une culture dans le parcellaire
Délai de retour DR	Temps minimum devant s'écouler avant le retour de la même culture sur la même parcelle	- prise en compte de risques phytosanitaires - obligations dans des cahiers des charges ou la réglementation (par ex si épandage de boues)	Entre dans succession de cultures
Précédents culturaux possibles PCP	Ensemble des cultures que l'agriculteur accepte comme cultures précédentes sur la même parcelle	-compatibilité des cycles (récolte précédent avant semis culture) - prise en compte de risques phytosanitaires - espérance d'effets sur le rendement de la culture (ex : reliquats d'azote attendus, effets sur les mauvaises herbes)	Exclusion/préférence dans les successions de culture de couples précédents-suivants
Taille de la sole	Surface totale et nombre de parcelles affectées à la culture lors d'un cycle cultural	- attentes de revenu -contraintes internes (capacités des équipements, main d'œuvre, stockage etc) - contraintes externes (quotas, droits de plantation, contrats, gels de terre etc.)	Joue sur sole et part des différentes successions de culture

Au final, l'identification de l'ensemble de ces règles permet de reconstituer les successions culturales appliquées sur chaque parcelle (Joannon, 2004). A partir de la connaissance des règles de constitution des systèmes de culture au sein d'une exploitation agricole, il est alors possible d'établir différentes allocations des cultures aux parcelles (localisation spatiale des cultures) au sein du territoire d'une exploitation agricole. Les logiques d'allocation des systèmes de culture dans les exploitations agricoles peuvent ainsi être simulées sur la base de modèles statistiques (Baudry *et al.*, 2003, Castellazzi *et al.*, 2008), de modèles multi-agents (Le Ber et Benoît, 1998 ; Benoit *et al.*, 1998 ; Barreteau *et al.*, 2004), accompagnés de jeux de rôle (Bousquet *et al.*, 2002).

Au niveau d'un ensemble d'exploitations

Sur l'espace d'un bassin versant, un ensemble d'exploitations se partagent l'exploitation de cet espace. De cette manière, au sein de ce territoire, il existe une diversité de configurations de ce bassin versant compte tenu de la diversité d'allocations des cultures aux parcelles propre à chaque exploitation. La localisation des cultures dans un bassin versant est variable et dépend de la répartition des cultures sur chaque territoire d'exploitation.

D'autre part, cette diversité de configurations au sein d'un même bassin versant dépend également de la localisation du bassin versant au sein du territoire. Ainsi, l'analyse de l'agriculture du Pays de Caux, effectuée par Klein et Meunier (2007) a permis de structurer le territoire du Pays de Caux en 4 zones différenciées (Figure I-3) par une dynamique propre d'occupation de l'espace agricole. Cette analyse concluait à la présence de quatre zones selon la place des surfaces en herbe, des cultures industrielles de vente, du maïs fourrage et de l'herbe dans les exploitations.



Figure I-3: Localisation des 4 groupes de cantons dans le Pays de Caux (Klein et Meunier, 2007)

Les surfaces en lin, betteraves et pommes de terre sont donc les plus importantes sur la côte Nord du Pays de Caux (zone 2), puis diminuent quand on va vers le Sud (zone 4 puis 1), en laissant place à des prairies et des surfaces en maïs. Le climat océanique ainsi que les sols de limons profonds de la zone côtière sont effectivement plus favorables aux cultures précitées. Par ailleurs, les zones plus proches de la Vallée de la Seine (zone 1) sont plus dédiées à l'élevage bovin, ou du moins à un élevage plus extensif qu'en bordure de côte (zone 3), ce qui explique de plus fortes surfaces en herbe et de maïs ensilage.

1.2.2. Autres gestionnaires des espaces agricoles

Les mécanismes de ruissellement érosif s'expriment ainsi au sein de territoires qui sont en premier lieu les territoires d'exploitation agricole mais, par extension, ce sont aussi tous les territoires qui interfèrent avec l'activité agricole. La représentation et la superposition des acteurs agissant nous permettent d'observer plusieurs types de découpages du territoire de la Seine-Maritime. Nous pouvons alors distinguer une diversité de catégories d'acteurs selon plusieurs niveaux de découpages administratifs et hydrologiques :

- les services déconcentrés de l'Etat (DRAF, DDEA, DISE). La DISE est un service qui « assure la cohérence des services de l'Etat dans la mise en œuvre de la politique de l'eau et de la biodiversité, de prévention des inondations, de lutte contre l'érosion et de maîtrise des ruissellements en Seine-Maritime » (DISE, Seine-Maritime). La mission d'animation de la DISE a été confiée par le préfet à la DDEA.
- Les Collectivités territoriales (Communes, Département, Région). Ces acteurs disposent de la personnalité morale, de compétences et de la liberté d'administration.
- Les Etablissements Publics de Coopération Locale (EPCI- Groupements de Communes et Syndicats de Bassins versants). Les EPIC constitués par le regroupement d'unités administratives répondent à des logiques d'action à des niveaux qui dépassent le cadre communal (enlèvement d'ordures, transport...).
- Les Etablissements publics (Agence de l'Eau Seine-Normandie, Chambre d'Agriculture). Il s'agit d'un établissement public administratif (EPA) et d'un établissement public économique.
- Secteur associatif (AREAS)

Ces différentes structures peuvent agir sur les pratiques agricoles de différentes manières. Nous distinguons alors les **financeurs** ; l'AESN, le Conseil Régional, la DDEA76, le Département 76 qui ont la capacité de financer des mesures. La Chambre d'agriculture, l'AREAS et les Syndicats de bassins versants jouent le rôle de **conseillers** (auprès des exploitants agricoles notamment). Les groupements de communes, les Syndicats de bassins versants, et les communes ont la possibilité d'**aménager** le territoire (études et travaux) pour créer des aménagements comme des bassins de rétention ou des prairies inondables pour gérer les ruissellements inévitables lors de fortes pluies.

1.3. Un phénomène en lien avec l'évolution de l'occupation des sols

En observant la courbe d'évolution du nombre d'inondations entre 1960 et 2000 (Figure I-4), deux paliers se distinguent : une augmentation sensible dès le début des années 80, augmentation qui se confirme nettement à partir de 1992.

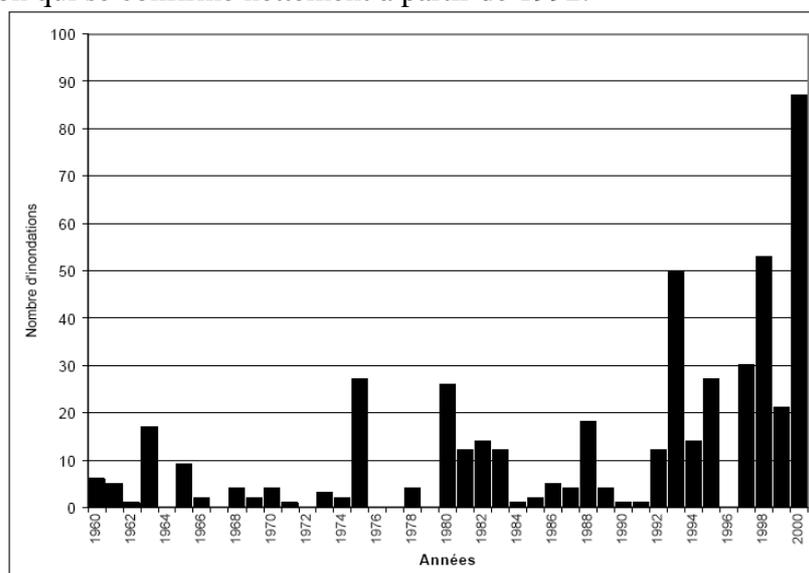


Figure I-4: Nombre d'inondations par crue turbide en Seine-Maritime entre 1960 et 2000

(Source : Delahaye, 2002)

A cette évolution peuvent être rattachées deux grandes étapes de la Politique Agricole Commune:

- 1984, instauration des quotas laitiers avec pour conséquence une augmentation des surfaces cultivées (en céréales et fourrages) ;
- 1992, réforme de la PAC avec pour effet marquant une augmentation des surfaces en cultures industrielles.

Cette redéfinition de l'occupation des sols conditionne largement l'augmentation de la sensibilité des sols au ruissellement érosif (Fullen, 1998 ; Dubreuil, 2001 ; Souchère *et al.*, 2003 ; Jankauskas et Jankauskiene, 2003).et explique ainsi en partie l'augmentation du nombre d'inondations. Cependant, la fréquence des inondations est aussi le résultat d'une sensibilité accrue des zones habitées et d'épisodes pluvieux défavorables.

Par le passé, la répartition des composantes de la SAU a été modifiée. La surface des terres arables ne cesse d'augmenter depuis 20 ans alors que les surfaces toujours en herbe (STH) ne cessent de diminuer (Figure I-5).

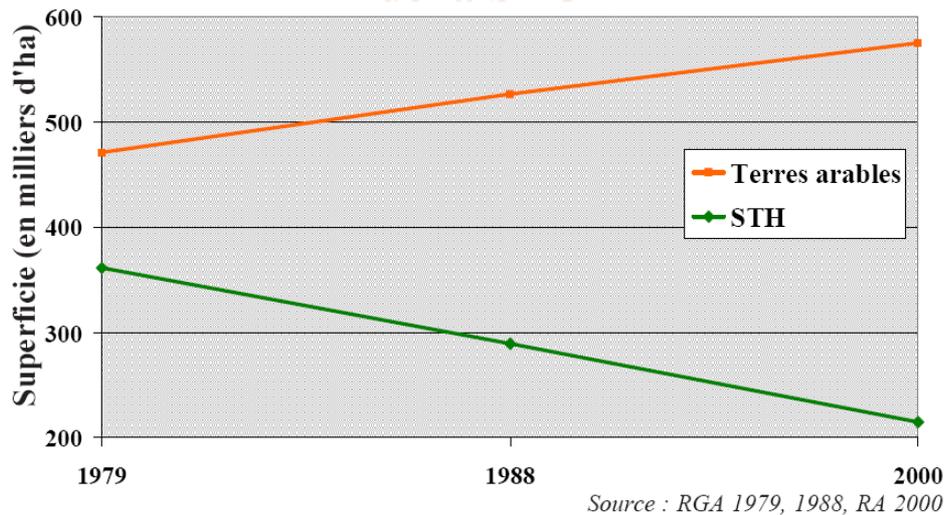


Figure I-5 : Evolution des principales composantes de la SAU

Les exploitations qui ont abandonné l'élevage bovin traditionnel, ont diversifié leur production avec le développement de la culture de pomme de terre ou l'élevage hors sol. D'autres ont intensifié leur production laitière sans s'agrandir en développant la culture du maïs fourrage. Ces évolutions se sont traduites par la diminution des prairies permanentes au profit des cultures (Figure I-6) et l'augmentation du maïs fourrage. Les prairies permanentes haut-normandes ont ainsi régressé de 44,1% entre 1967 et 2004.

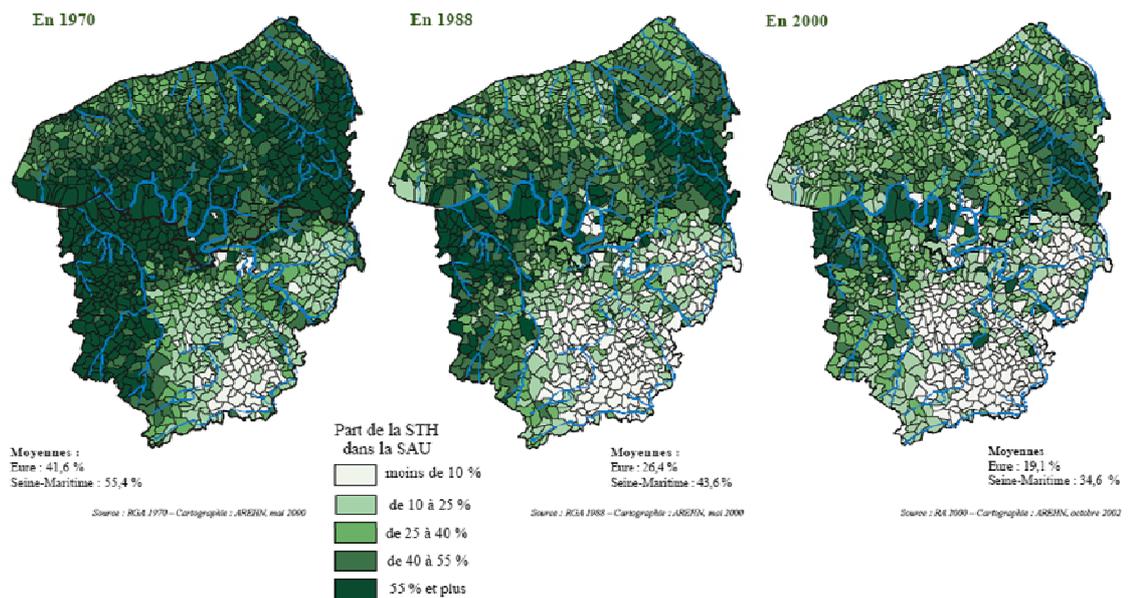


Figure I-6: Part de la Surface Toujours en Herbe dans la SAU déclarée en Haute-Normandie entre 1970 et 2000 (d'après Souchère *et al.*, 2003)

Avec la modification de l'alimentation des bovins (remplacement de l'herbe par le maïs fourrage), le maïs fourrage est ainsi devenu en l'espace de 30 ans la première culture fourragère de Haute-Normandie (Figure I-7). Sa superficie a augmenté de 260% entre 1970 et 2000.

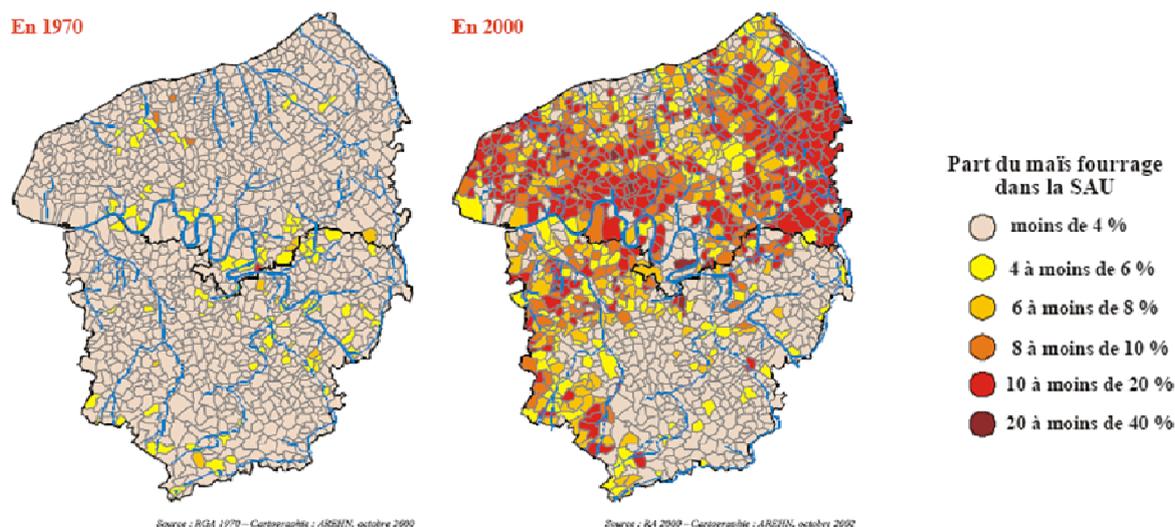


Figure I-7: Part du maïs fourrage dans la Surface Agricole Utile (SAU) en 1970 et 2000

Ainsi, les dégâts occasionnés par l'érosion dans les régions du nord du bassin parisien sont pour une part la conséquence des activités agricoles. Les assolements et les pratiques agricoles au sein des territoires ainsi que leur évolution sont fonction d'un certain nombre de contraintes internes et externes à l'exploitation. Ces décisions sont prises dans un contexte d'incertitude (sur l'évolution des prix des produits par exemple).

Pour conclure, comme ce fut le cas par le passé, les nouvelles orientations politiques et économiques actuelles (développement des biocarburants, réforme de la PAC...) laissent présager des conséquences sur l'activité agricole et plus particulièrement sur le choix des cultures implantées en Haute-Normandie, entraînant par là même des conséquences environnementales, notamment en termes de ruissellement érosif. Cette nouvelle donne économique et politique entraîne une incertitude de plus en plus forte sur l'évolution des pratiques des agriculteurs et notamment l'organisation des systèmes de culture dans le temps et dans l'espace :

- ❖ la nouvelle PAC qui, à compter de 2006, introduit le principe du découplage des aides directes, pourrait conduire à l'**abandon de productions ou à des ajustements**. Des productions comme la pomme de terre ou le lin pourraient en bénéficier.

- ❖ la réforme du secteur sucrier de l'Union Européenne risque aussi d'être à l'origine d'une restructuration de la filière et d'entraîner une concentration des exploitations betteravières dans certains secteurs afin de diminuer les coûts de transport à la charge des sucreries. Les principales variations prises en compte concernent le risque d'une **concentration des productions de betterave à sucre** autour des sucreries.

- ❖ le développement des biocarburants peut lui aussi contribuer à un **accroissement des surfaces emblavées en colza** dans la région.

- ❖ la tension sur le marché céréalière a conduit le Conseil des Ministres de juillet 2007 à prendre la décision de supprimer l'obligation de **jachère** pour la campagne 2008. En Seine-Maritime, la jachère obligatoire concerne entre 10 000 et 15 000ha. De nouvelles questions se posent alors : cette suspension des jachères pour 2008 deviendra-t-elle définitive ? Y aura-t-il une remise en culture importante de ces surfaces ? Quelles cultures seront implantées en remplacement de ces surfaces en jachère ?

- ❖ une autre évolution beaucoup plus difficile à appréhender est la **reprise ou la reconversion d'exploitations agricoles**, et surtout la reconversion d'une exploitation de

production laitière vers les grandes cultures. Cela conduirait à diminuer les prairies temporaires, donc les surfaces en herbe, mais aussi à diminuer les surfaces de maïs ensilage.

Le département de la Seine-Maritime et plus particulièrement la petite région agricole du Pays de Caux reste sensible à l'évolution du contexte de part la présence de cultures très diverses (lin, betteraves sucrières, pommes de terre, céréales...), de sols limoneux fertiles permettant de cultiver une large gamme de cultures ; ces systèmes de culture sont donc relativement réactifs aux changements potentiels de production local. Ainsi des incertitudes se dessinent quand à l'avenir des systèmes de culture dans le Pays de Caux ; et par là même des conséquences sur les phénomènes de ruissellement.

1.4. Choix du site d'étude

Dans le cadre de notre étude, nous avons choisit la petite région agricole du Pays de Caux (Haute-Normandie) comme terrain d'étude. Cette région présente des facteurs favorables au processus d'érosion, à l'origine de nombreux problèmes tels que les coulées boueuses. D'après le bilan de l'érosion hydrique des sols en France (Le Bissonnais *et al.*, 2002), la région Haute-Normandie est une des régions les plus touchées par les phénomènes de coulées boueuses. Au sein de la région Haute-Normandie, la petite région agricole du Pays de Caux est particulièrement sensible. De plus, le sous sol karstique de cette région et en particulier celui du Pays de Caux rend les captages d'eau potable vulnérables à une pollution par les matières en suspension. L'analyse du milieu naturel (plateau crayeux recouvert de limons éoliens ou lœss, précipitations qui s'étalent tout au long de l'année) montre que les sols sensibles à la battance recouvrent une part importante de la Haute-Normandie ce qui en fait une région très favorable à l'érosion concentrée et au ruissellement. Cette caractéristique des sols dans le Pays de Caux est couplée à une forte pluviométrie, ce qui la rend encore plus propice à l'apparition de coulées boueuses.

Au sein du Pays de Caux, nous avons ensuite identifié un bassin versant adéquat pour notre étude. Pour effectuer ce choix, le bassin versant sélectionné a du répondre à certaines caractéristiques. Dans un premier temps, le choix du site d'étude doit être pertinent en ce qui concerne la **sensibilité du site** face au ruissellement et à l'érosion. Une synthèse des données hydrographiques, topologiques, climatiques, pédologiques, géologiques et d'occupation des sols a été réalisée en collaboration par le BRGM, l'INRA, la DRAF 76, et le CNRS et a permis de cartographier l'aléa⁵ érosif de la Haute-Normandie par bassin versant élémentaire et par commune (Figure I-8):

⁵ L'aléa est un phénomène qui se caractérise par son imprévisibilité. Ce concept est emprunté au langage des probabilités et se traduit par la probabilité d'occurrence d'un phénomène. Cet aléa peut être naturel (éruption volcanique, mouvement de terrain, coulée de boue), technologique (explosion chimique, accident nucléaire), il peut relever de la violence des rapports sociaux (guerres, manifestations) ou provenir d'autres espèces vivantes (épidémies, etc.) (Heitz, 2005).

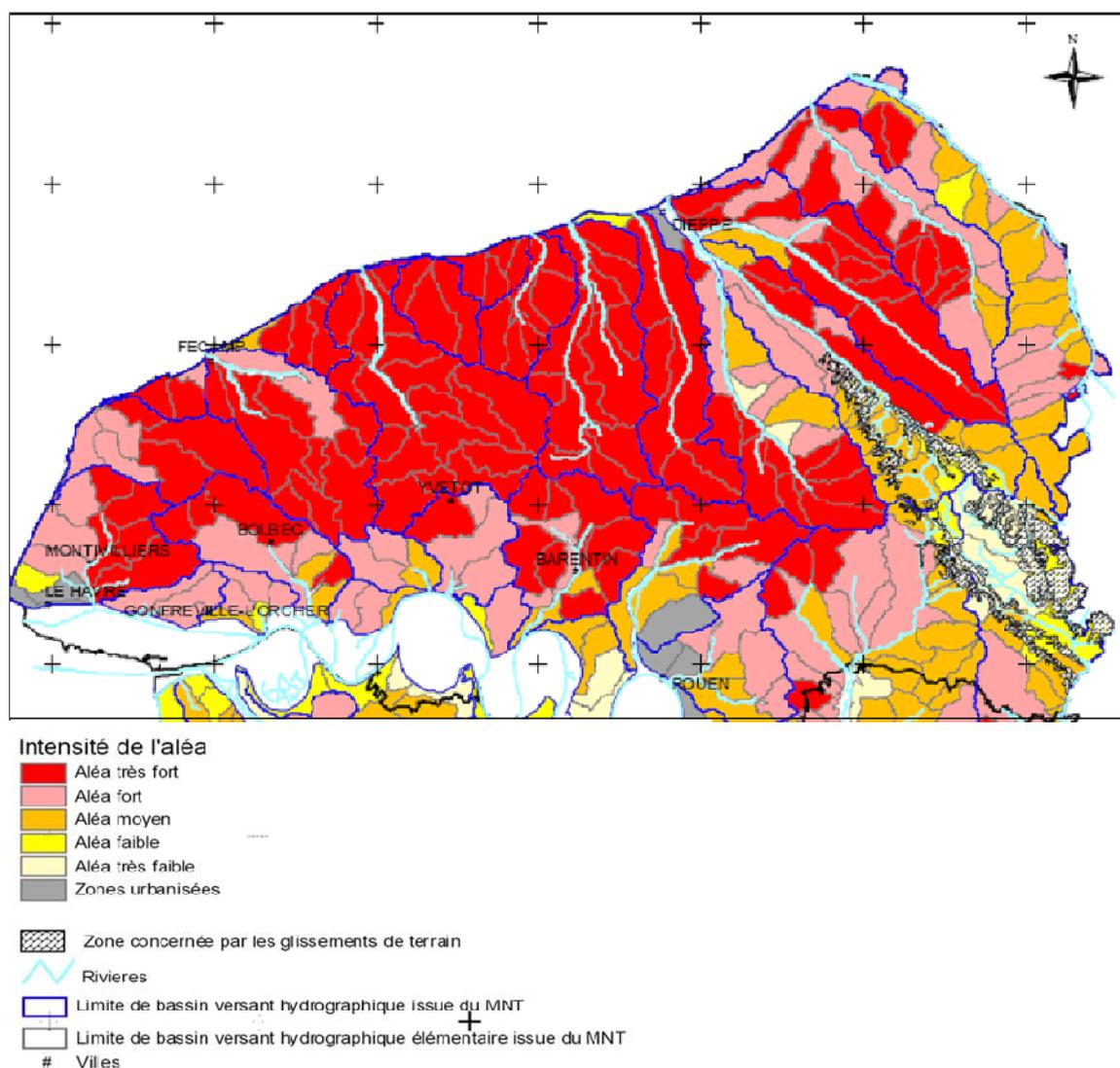


Figure I-8 : Cartographie de l'aléa érosion par bassin versant élémentaire en Seine-Maritime
(Source : INRA et BRGM ; rapport BRGM PR-50455)

Cette carte nous a permis de resserrer notre zone sur les bassins versants présentant un aléa très fort (en rouge). Cette sensibilité aux phénomènes peut également être estimée à partir des bassins versants qui ont déjà fait l'objet d'**études hydrauliques** (qui ont permis de relever des problèmes de ruissellement) ou d'aménagements pour lutter contre le ruissellement. Le bassin versant d'étude se devait également de comprendre une **diversité de systèmes de production** pour permettre aux scénarios d'exprimer pleinement toutes leurs caractéristiques. Pour cela nous nous sommes appuyés sur l'occupation des sols de chaque bassin versant grâce aux données du Registre Parcellaire Graphique de 2006. D'autre part pour des raisons pratiques et d'économie de temps, la **taille du bassin versant** a son importance: plutôt de l'ordre de 500ha pour limiter le **nombre d'exploitants** présents sur le bassin et ainsi le nombre d'enquêtes à réaliser. Nous avons également tenu compte de la nature des sols. Nous avons ainsi recherché un bassin versant présentant des **sols limoneux** dominants car ce sont les plus sensibles à la battance et donc les plus sujets aux problèmes de ruissellement. Enfin, le choix s'est également porté sur un bassin versant situé plutôt en **amont des grands bassins versants** car les processus de ruissellement importants, notamment en hiver, se situent sur les parties amont en pente douce de grands bassins versants. De plus les vallons situés en aval en raison des pentes fortes sont systématiquement moins cultivés (les prairies et les bois dépassant régulièrement 60% de la surface). En revanche plus le bassin se situe dans la partie

amont d'un grand réseau, plus la proportion de surface cultivée va augmenter (les surfaces cultivées peuvent représenter 100% de la SAU dans les bassins versants élémentaires placés très en amont des grands bassins) (Delahaye *et al.*, 2002b).

I.4.1. Le Syndicat Mixte du Bassin Versant de l'Austreberthe et du Saffimbec

Un des premiers critères de choix du bassin versant d'étude a été la présence d'une **diversité de systèmes de production**. Nous avons procédé en deux temps. Dans un premier temps, nous avons identifié le Syndicat de bassin versant, comme étant pertinent pour notre étude car il présentait des systèmes de production diversifiés. Puis nous avons choisi un petit bassin versant inclus dans le territoire du syndicat sélectionné.

D'après l'analyse évoquée précédemment (Klein et Meunier, 2007), nous avons choisi le Syndicat Mixte du Bassin Versant de l'Austreberthe et du Saffimbec situé dans la zone 4 (canton de Yerville) (Figure I-9), ce syndicat étant caractérisé par une surface relativement importante de Surface Toujours en Herbe et donc probablement d'exploitations d'élevage.



Figure I-9: Les bassins versants de Seine-Maritime

I.4.2. Le bassin versant du Saussay

Dans un deuxième temps, au sein de ce Syndicat nous avons retenu pour notre étude le **bassin versant du Saussay** (Figure I-10).

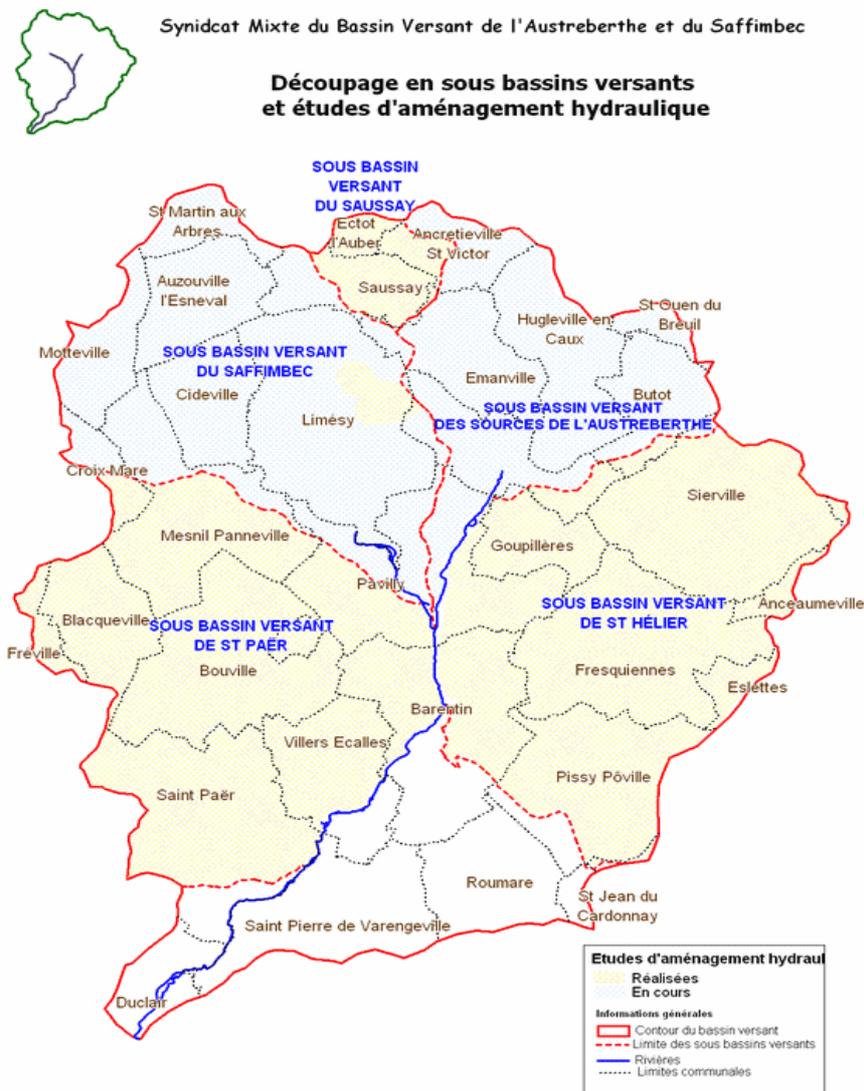


Figure I-10: Découpage en sous bassins versants du Syndicat de l'Austreberthe et du Saffimbec
(Source : Syndicat Mixte du Bassin Versant de l'Austreberthe et du Saffimbec)

Le sous bassin versant du SAUSSAY est **en tête du bassin versant de l'Austreberthe**. Il a été retenu car il présente une **diversité de systèmes de production** (polyculture élevage, grandes cultures...). Ce bassin versant couvre une superficie de 540ha sur les communes d'ANCRETIEVILLE SAINT VICTOR, ECTOT L'AUBER et le SAUSSAY et est drainé par plusieurs talwegs qui se rejoignent à l'amont de l'exutoire (Figure I-11). Les terres labourables représentent 87% de la surface du bassin et 23 exploitants possèdent des terres sur ce bassin versant dont 15 d'entre eux en cultivent 85%.

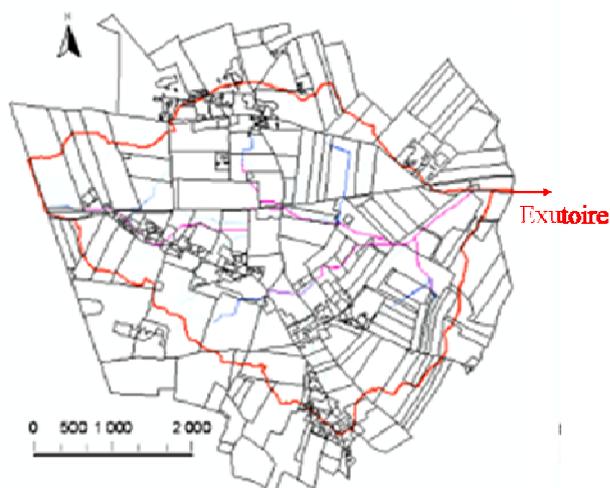


Figure I-11: Réseau d'écoulement des eaux et territoires des exploitations présentes sur le bassin versant du Saussay

Historiquement orientée vers l'élevage, l'activité agricole locale s'est profondément transformée durant les dernières décennies, période durant laquelle la proportion de terres labourées a été en constante croissance. Cette profonde modification de l'occupation des sols est très visible sur le terrain, certaines parcelles labourées étant encore bordées par les anciennes mares ou bassins qui assuraient l'abreuvement du bétail. L'accroissement des terres labourées, induit par les modifications de la politique agricole, s'est principalement développé sur le plateau du fait des pentes modérées et de la valeur agronomique des limons (Etude hydraulique, 2003).

L'occupation des sols sur l'aire d'étude est essentiellement agricole et se partage entre terres labourées et herbages. Les cultures occupent une place importante, puisqu'elles représentent à elles seules 62% de la superficie totale, c'est-à-dire 320ha (Tableau I-5).

Tableau I-5 : Répartition en surface et en pourcentage du type d'occupation des sols (Source : Etude hydraulique, 2003)

	Surface du bassin versant	Surface urbanisée peu dense	Surface boisée	Surface en prairie	Surface cultivée	Chaussées principales
Sous bassin versant du Saussay (ha)	522	37	12	143	320	10
Sous bassin versant du Saussay (%)	100	7	2	27	62	2

Avec une couverture d'environ 27%, les herbages occupent encore une place significative sur l'aire d'étude. Leur maintien est lié à la pérennité d'exploitations pratiquant une activité polyculture-élevage, encore bien représentée mais sur le déclin. Du fait du maintien de cette activité d'élevage, les prairies ne sont pas uniquement maintenues au niveau des secteurs difficiles mais peuvent coexister sur le plateau à côté des cultures céréalières.

Le schéma classique correspond à la persistance de prairies en périphérie des bourgs et des écarts du fait de la proximité des étables ou des sièges d'exploitation. Plus éloignées, les cultures occupent en majorité le reste du plateau. Les habitations se concentrent en grande partie au niveau du bourg du Saussay et d'Ectot l'Auber (Tableau I-6).

**Tableau I-6: Bassin versant de Saussay- Population et surfaces communales (INSEE 99)
(Source : Etude hydraulique, SMBVAS, 2003)**

Commune	Population (recensement 1999)	Surface totale (ha)	Surface comprise dans le bassin versant (ha)
Saussay	310	517	307
Ectot-L'Auber	435	498	103
Ancretieville-Saint -Victor	275	1120	112

Les autres secteurs habités concernent les hameaux du Château et les Mares sur la commune du Saussay. La surface imperméabilisée sur ce secteur constitue essentiellement les zones urbanisées peu denses et les voiries. La superficie de ces zones occupe un total de 47ha, soit 9% de la surface totale. Enfin le bois est dispersé et peu représenté sur ce sous bassin versant. Il ne couvre que 2% de la superficie totale, c'est-à-dire 12ha (Etude hydraulique, 2003).

Pour connaître plus en détail les exploitations présentes sur ce bassin versant, nous avons effectué des enquêtes dans chaque exploitation possédant au minimum une parcelle sur le bassin versant, lorsque les exploitants étaient disponibles. L'objectif de ces enquêtes est double, d'une part localiser et délimiter les territoires des exploitations et d'autre part recueillir les informations nécessaires à la reconstitution des systèmes de culture de chaque exploitation (règles de décision des agriculteurs). Les informations recueillies lors des enquêtes nous ont permis d'identifier 23 exploitations dont la localisation est illustrée sur la Figure I-12 et les caractéristiques exposées dans le Tableau I-7.

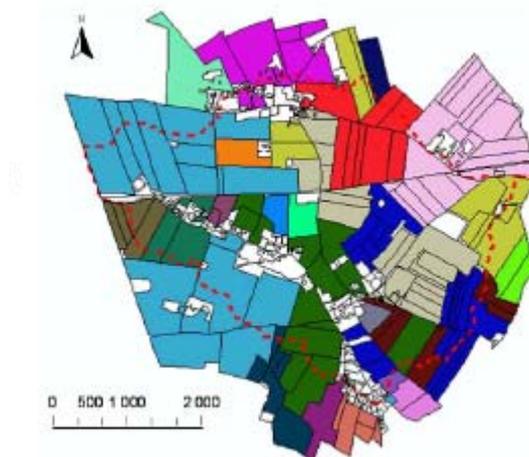


Figure I-12: Territoires des exploitations présentes sur le bassin versant du Saussay (chaque couleur correspond à une exploitation différente)

Tableau I-7: Caractéristiques des exploitations présentes sur le bassin versant du Saussay (BS : Betterave Sucrière, BF : Betterave Fourragère, PDT : Pomme de Terre)

Exploitations	Surface de l'exploitation (ha)	Surface de l'exploitation dans le bassin versant (ha)	Type d'exploitation	Productions végétales										Productions animales		autres productions
				blé	orge	maïs	lin	BS	PDT	pois	colza	BF	prairies	Type ⁶	Effectif ⁷	
A	129	7	Bovin viande	52	5		14	2	5	8	12	2	26			
B	69	68	Bovin lait	20	8	5			5		7	2	22			
C	59	5	Bovin lait	11	3	7				2		1	33			
D	209	7	Grandes cultures	90	7				34		58					
E	107	19	Bovin lait													
F	65	3	Bovin lait	13	7	8					3	1	31			
G	18	4	Bovin lait	6		4							9			
H	91	11	Bovin lait	8	10	17					5	3	48			
I	105	3	Bovin lait	27	26	16					8		26			
J	61	3	Bovin lait	12		15							33			
K	151	22	Bovin lait	29	12	20					6	1	81	Vaches Laitières	80	Bœufs, 40 taurillons
L	77	52	Bovin lait	15	6	10					4	2	36	Vaches Laitières	42	Vaches Allaitantes: 25
M	184	1	Bovin lait	48	18	20	16			11	12		56	Vaches Laitières		160 truies
N	82	49	Grandes cultures	34			10	5	111		10		6			poulets
O	21	21	Bovin viande	6	7						7		1	Engraissement génisses		
P	151	74	Bovin lait	47		35	10				11		35	Vaches Laitières	80	Vaches Allaitantes:

⁷ Quota laitier

Chapitre I – Processus biophysiques et décisionnels impactant le ruissellement

																8 ; 30 taurillons
Q	174	8	Grandes cultures	86	1	4	21	8	12		33					
R	93	2	Bovin viande	33		15(grain)		3			6		33	Vaches Allaitantes	36	poulets
S	94	53	Grandes cultures	38			11		19		12		7	Ovins	40	
T	183	16	Bovin viande	59		2	19	2	101		27		17	Vaches Allaitantes	48	
U	57	48	Grandes cultures	18	14					6	7		12			
V	314	175	Bovin viande	124	4		52	10	87		36		15	engraissement taurillons	27	
W	227	39	Bovin lait	39	18	40	10			9	23		56	Vaches Laitières	100	

Le bassin versant du Saussay présente ainsi une diversité d'exploitations qui permettra lors de l'évaluation des scénarios de tenir compte de manière large des différentes évolutions décrites dans les scénarios d'évolution des territoires agricoles locaux que nous allons exposer dans le chapitre qui suit.

CHAPITRE II. Construction de scénarios prospectifs à l'échelle locale

Dans le chapitre qui suit, après un aperçu des approches par scénarios existantes sur les changements d'occupation et d'utilisation des sols, nous exposerons la construction des scénarios d'évolution des systèmes de culture (assolements, itinéraires techniques, successions de cultures) à l'échelle du département de la Seine-Maritime à travers une démarche prospective. Ces scénarios prospectifs ont pour but d'amener les décideurs locaux à réfléchir sur les conséquences de leurs décisions actuelles en lien avec un environnement changeant.

II.1. Les scénarios prospectifs : méthodologie de construction et typologies

II.1.1. Définition et typologie

Les scénarios sont une des méthodes les plus employées en prospective. Penser au futur passe souvent par le développement de scénarios (Rotmans *et al.*, 2000). Les scénarios consistent en des récits cohérents qui décrivent une ou plusieurs anticipation(s) plausible(s) du futur, relativement à un sujet donné (l'environnement, l'économie, les représentations sociales...) (Poux, 2003 in Houet *et al.*, 2005)

Selon Rotmans *et al.* (2000) les scénarios sont des séquences d'événements hypothétiques, construits dans le but de mettre l'attention sur les processus en causes et les points de décisions. Bien que de nombreuses définitions du mot scénario existent, la plupart partagent les caractéristiques suivantes (Rotmans *et al.*, 2000):

- les scénarios sont hypothétiques, décrivant des futurs possibles
- les scénarios décrivent des procédés dynamiques, représentant des séquences d'événements sur une période de temps
- les scénarios sont constitués d'états, de forces motrices, d'événements, de conséquences et d'actions qui sont reliées par relation de cause à effet
- les scénarios débutent d'un état initial, décrivant un état final à un horizon de temps fixé

Les scénarios ne sont pas des prévisions ou des prédictions, mais plutôt des projections du futur. Les scénarios fournissent une méthodologie d'ordonnement des perceptions sur les environnements futurs alternatifs dans lesquels les décisions actuelles devront jouer un rôle (Verburg *et al.*, 2006). Ainsi, la question pertinente que les scénarios peuvent adresser n'est pas si un événement se déroulera mais qu'est ce que nous ferions s'il se déroule (Rotmans *et al.*, 2000).

Il existe plusieurs typologies de scénarios selon l'approche adoptée lors de la construction du scénario, et le degré d'ouverture des dimensions d'incertitudes (Greeuw *et al.*, 2000). Nous pouvons ainsi distinguer par exemple les scénarios « qualitatifs » (narratifs) des scénarios « quantitatifs » (issus de modèles), les scénarios exploratoires des scénarios normatifs ou bien encore les scénarios tendanciels des scénarios contrastés (**Encadré II-1**).

Encadré II-1 : Typologie de scénarios

Scénarios exploratoires (forecasting) ou normatifs (backcasting)

Les scénarios exploratoires partent d'une situation connue, initiale, pour explorer progressivement le futur. Ces scénarios illustrent ainsi les tendances les plus vraisemblables. Les scénarios normatifs partent d'une norme de désirabilité (image souhaitable ou non) et remontent le futur jusqu'au présent. Le cheminement est alors construit de façon rétrospective. Ces scénarios éclairent les risques de ruptures et les moyens à mettre en œuvre pour parvenir à des objectifs prédéfinis (éviter telle situation ou atteindre telle autre).

Scénarios tendanciels ou contrastés

Les scénarios tendanciels correspondent à une poursuite des tendances actuelles, sans rupture majeure et intègrent des facteurs de changements déjà connus dont la probabilité est certaine. Les scénarios contrastés sont destinés à explorer des hypothèses de rupture, ayant ou non un degré de probabilité faible.

II.1.2. Les prospectives des changements d'occupation et d'utilisation des sols

Le développement de scénarios est devenu un outil répandu pour évaluer les changements d'occupation des sols et un large nombre d'études utilisant l'approche par scénarios ont été publiées ces dernières années (Verburg *et al.*, 2006). Dans le tableau suivant (Tableau II-1) est présentée une synthèse non exhaustive des avancées en matière de spatialisation de scénarios prospectifs à partir d'exemples réalisés dans différents domaines, des études existantes.

Tableau II-1: Etudes réalisées de scénarios prospectifs selon l'échelle d'analyse abordée et le thème étudié

		Echelle d'analyse			
		Continent	Pays	Région	Local
Thème	Changement climatique			Liu <i>et al.</i> , 1999 ; Liu <i>et al.</i> , 2003 ; Kerr <i>et al.</i> , 2003	
	Planification territoriale		de Nijs <i>et al.</i> , 2004 ; Veldkamp et Fresco, 1996b	Goetz <i>et al.</i> , 2003 ; Wang and Zhang, 2001	Jantz <i>et al.</i> , 2003
	Agriculture	Ewert <i>et al.</i> , 2005 ; Rounsevell <i>et al.</i> , 2005	Moore <i>et al.</i> , 1992 ; Verburg <i>et al.</i> , 2000	Nassauer and Corry, 2004	
	Lutte contre la dévitalisation du tissu rural			Piveteau, 1995 ; Michelin, 2000	
	Gestion de l'eau et/ou de la biodiversité			Poux <i>et al.</i> , 2001 ; Kersebaum <i>et al.</i> , 2003 ; Baker <i>et al.</i> , 2004	Narcy <i>et al.</i> , 2006

A travers cette classification, il apparaît d'une part que les études utilisant des modèles dynamiques pour spatialiser et quantifier les changements d'occupation et d'utilisation des sols portent en majorité sur de **vastes territoires** (échelles régionales à continentales) et plus particulièrement les études portant sur le thème de l'agriculture. Des modèles, tel que CLUE

(Veldkamp and Fresco, 1996a), ont été développés et permettent de spatialiser des situations futures possibles des modes d'occupation des sols à moyen ou long terme (20-30 ans). Cependant, bien qu'ils permettent d'intégrer une vision à long terme, ils ne sont applicables, pour la plupart, qu'à des **échelles nationales ou régionales**.

Les études, moins nombreuses, qui s'intéressent à des échelles plus fines sont généralement sous la forme de scénarios exploratoires et s'appuient exclusivement sur des récits parfois accompagnés par des représentations successives de ces territoires. Quelques travaux prospectifs ont cherché à donner une **dimension spatiale** aux scénarios prospectifs produits (Flaxman *et al.*, 1996 ; Steinitz *et al.*, 2003), mais à une échelle qui n'atteint pas la précision de la parcelle ou de la haie.

Ainsi, il existe peu d'études prospectives réalisées à des échelles locales, bien que des auteurs (Poux *et al.*, 2001) aient mis en évidence l'intérêt de travailler à cette échelle, notamment pour déterminer l'influence de facteurs locaux sur les changements des modes d'usage des sols et des pratiques agricoles. En effet, les décisions d'origine européenne ou nationale comportent des parts d'adaptation locales pour lesquelles des modèles intégrant l'effet d'une pratique dépend du milieu dans lequel elle est mise en œuvre. Papy *et al* (1996) ont ainsi montré que l'accroissement des surfaces de blé limitait les risques de ruissellement érosif dans le Lauragais alors qu'il les augmentait en Haute-Normandie.

II.2. Introduction et objectif

La prospective, à la différence de la prévision ou de la prédiction, ne décrit pas ce qui va se passer. En revanche, elle décrit plusieurs futurs possibles sous la forme de scénarios pour aider les acteurs à réfléchir et à prendre des décisions sur l'avenir en partant de l'idée que « le futur » est à construire (Sebillotte M. et Sebillotte C., 2002). Elle suppose donc que l'avenir n'est pas totalement déterminé et qu'il résultera pour partie d'actions humaines dotées de capacité de décision et d'autonomie. La démarche prospective est bien adaptée à l'analyse de situations en cours de renouvellement et dont les issues sont encore incertaines.

Les évolutions du contexte économique et politique, la concurrence internationale, les questions environnementales et énergétiques, la disponibilité de nouvelles connaissances, les alliances économiques et technologiques, les attentes de la société en matière de qualité et de sécurité sanitaire des aliments, affectent l'avenir du secteur agricole et agroalimentaire seinomarin. Pour tenter d'identifier les évolutions de ces contraintes externes, nous avons choisi d'adopter une démarche prospective. Pour la prospective, il y a plusieurs futurs possibles et son rôle est, précisément, de les imaginer en les construisant, sous forme de scénarios prospectifs. La prospective va nous permettre d'engager une réflexion sur les évolutions possibles de l'environnement politique, et socio-économique local.

Cette prospective a pour objectif d'élaborer des scénarios de « futurs possibles » de l'ensemble agricole et agroalimentaire à l'horizon 2015, pour éclairer les acteurs concernés sur les futurs possibles du département. Ce travail, qui s'est déroulé entre avril 2007 et mars 2009 a mobilisé 15 personnes concernées de manière directe ou indirecte par l'agriculture et l'industrie agro-alimentaire de Seine-Maritime. Il s'appuie sur la constitution d'un groupe d'experts locaux issus de divers organismes ou collectivités locales (Chambre d'Agriculture, Conseil Général...) et permet ainsi d'engager les acteurs locaux dans une réelle construction de futurs possibles. Pour ce faire, nous nous sommes également appuyés sur un travail d'investigation des activités agricoles et agroalimentaires de la Seine-Maritime, ainsi que des relations que ces activités entretiennent avec le fonctionnement socio-économique régional, national, européen et mondial.

II.3. La méthode utilisée et la démarche suivie

Afin d'explorer des futurs possibles dans notre étude, nous avons choisi la méthode SYSPHAMM (SYStème, Processus, Agrégats d'Hypothèses, Micro- et Macro-scénarios) développée à l'INRA (Délégation permanente à l'agriculture, au développement et à la prospective (DADP)) par Michel et Clementina Sebillotte (Sebillotte M. et Sebillotte C., 2002, 2009). Elle a été utilisée pour des études prospectives menées à l'échelle nationale (« Compétitivité des oléagineux dans l'avenir », « Prospective Vignes et Vins », « Eaux et milieux aquatiques », etc.), ainsi qu'à l'échelle régionale (« La Bretagne Agricole et Agroalimentaire en 2020 »).

La Figure II-1 décrit les différentes étapes de la méthode de manière schématique :

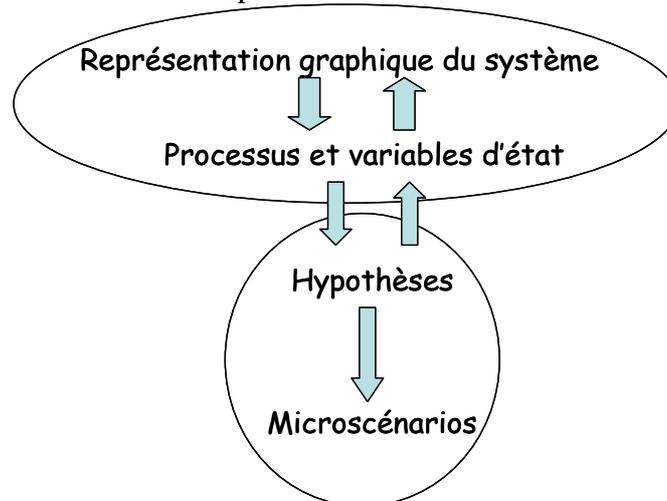


Figure II-1: Les étapes de la méthode SYSPHAMM (Sebillotte *et al.*, 2003)

La méthode de prospective SYSPHAMM met en avant une conception de la prospective qui repose sur une analyse systémique et affirme que pour explorer efficacement les différents futurs possibles, il faut bien connaître le présent et le décrire de manière dynamique par ses processus (Sebillotte M. et Sebillotte C., 2002). Cette méthode, qui s'appuie sur une approche globale-systémique et transdisciplinaire, suppose de construire une représentation commune qui devient le modèle, non mathématisé, du système. Suivant cette méthode, la démarche prospective a été organisée en deux grandes étapes :

- la représentation du système « agricole et agroalimentaire seino-marin ». Cette étape consiste à établir une approche systémique fine de la situation actuelle à travers une représentation graphique du système actuel. Ce système («Assolement-système de culture» (situation d'état)) représenté graphiquement est ensuite décrit de manière dynamique à travers des processus et de manière statique à travers des variables d'état. Après une phase de représentation graphique, le système est analysé de manière dynamique (recherche des processus à l'œuvre ou émergents, formulation de processus nouveaux) et sous ses divers aspects, afin de discerner les mutations qui se sont produites dans le passé proche, les tendances lourdes et des ruptures possibles à l'avenir (Sebillotte *et al.*, 2003). La construction de cette représentation du présent du système et de son environnement constitue la base de réflexion du travail prospectif. Il s'agit ici d'identifier les principales composantes du système en lien avec l'occupation du sol et ses possibles facteurs d'évolution tels que les cours mondiaux des productions agricoles, les accords à l'OMC, le prix de l'énergie, les politiques

publiques européennes (PAC), nationales et locales, les filières de productions agricoles locales... (Sebillotte *et al.*, 2007).

- la construction des futurs possibles. Avec la deuxième étape commence la phase prospective proprement dite. A partir de la connaissance de l'état du système et de la mise en évidence des processus, nous avons élaboré des hypothèses. Une hypothèse est formulée pour chaque processus établi : les processus actuels vont-ils se poursuivre à l'identique, ou régresser/s'accélérer, les processus nouveaux vont-ils se réaliser ? Les hypothèses représentent soit le maintien de tendances, soit des ruptures dans le fonctionnement du système. Ensuite, ces hypothèses sont analysées et soumises à un traitement mathématique pour obtenir des groupes d'hypothèses plus reliées entre elles qu'avec les autres. Ces groupes d'hypothèses ou agrégats donnent la trame des récits de futurs possibles appelés microscénarios. Chaque microscénario correspond à un sous-ensemble d'hypothèses fortement liées entre elles, décrivant une situation susceptible de se réaliser à l'horizon de la prospective (Sebillotte *et al.*, 2003). Chaque agrégat d'hypothèses se focalise sur un problème particulier du système, tout en gardant ses liens avec le système dans son intégralité (Sebillotte *et al.*, 2007).

Le Tableau II-2 suivant présente le calendrier des réunions du comité de suivi et autres manifestations de travail et/ou de présentation de résultats qui ont jalonné l'opération.

Tableau II-2: Réunions de travail regroupant le groupe d'experts locaux engagés dans le travail prospectif

Dates	Lieu	Objectif de la réunion
19 novembre 2007	Bois-Guillaume, Chambre d'Agriculture de Seine-Maritime	Sélection des processus
11 janvier 2008	Bois-Guillaume, Chambre d'Agriculture de Seine-Maritime	Sélection des hypothèses
13 juin 2008	Bois-Guillaume, Chambre d'Agriculture de Seine-Maritime	Croisement des hypothèses

Encadré II-2: Lexique :

Processus : les processus décrivent le fonctionnement actuel du système (aspect dynamique). Chacun se résume sous la forme d'une phrase. Ces processus expliquent ce qui se passe dans le système, ce que les acteurs font.

Variables d'états : ce sont des phrases et des chiffres qui décrivent quantitativement le système. Elles contiennent des données chiffrées, elles explicitent des réglementations...

Microscénario : dans le cadre de la méthode SYSPHAMM, un microscénario est le récit d'un futur possible qui se focalise sur un problème particulier du système tout en gardant ses liens avec l'intégralité du système. Il résulte de l'application d'une méthodologie rigoureuse de recherche, de traitement et d'analyse de l'information, faisant appel à la modélisation et à des traitements mathématiques. Ce n'est donc pas un récit littéraire purement issu de l'imagination.

SYSPHAMM : SYStème, Processus, Agrégats d'Hypothèses, Micro- et Macroscénarios

II.3.1. La représentation du système « Les avenir agricoles et agroindustriels de Seine-Maritime en 2015 et leurs possibles répercussions sur le ruissellement érosif »

Dans un premier temps, il s'agit de décrire le système étudié de manière statique et dynamique.

II.3.1.1. La représentation statique du système « Les avenir agricoles et agroindustriels de Seine-Maritime en 2015 et leurs possibles répercussions sur le ruissellement érosif »

C'est par une représentation systémique de la question à étudier que nous avons commencé la prospective « Les avenir agricoles et agroindustriels de Seine-Maritime en 2015 et leurs possibles répercussions sur le ruissellement érosif ». Cette décision répond aux choix méthodologiques de la méthode SYSPHAMM. Cette représentation comporte une schématisation graphique et statique, et une description dynamique du système qui consiste à repérer les principaux processus de son fonctionnement. Il s'agit d'un modèle graphique qui permet de mieux préciser de quoi on parle et d'établir le périmètre de la question traitée. Par ce modèle graphique, nous mettons en évidence l'organisation actuelle de l'ensemble du système étudié, ce qui permet de partager plus facilement une vision commune avec les différents participants à la démarche (Sebillotte *et al.*, 2007).

L'objectif de cette prospective est d'alimenter des modèles biotechniques capables d'évaluer les scénarios prospectifs en termes de ruissellement érosif. Comme nous l'avons évoqué précédemment, le ruissellement est fortement conditionné par l'occupation du sol et son évolution. Ainsi, notre but est de coupler les scénarios prospectifs avec une évaluation environnementale s'appuyant sur des modèles biotechniques. Les informations sur les systèmes de culture (cultures implantées et techniques mises en œuvre), qui constituent les données d'entrée des modèles de ruissellement, vont donc être au cœur de la construction du système et donc des scénarios d'évolution. C'est pourquoi nous avons choisi d'établir des scénarios qui nous permettent de mettre en lumière les grandes tendances d'évolution des surfaces cultivées à l'échelle de la Seine-Maritime et plus particulièrement du Pays de Caux.

- *Délimitation du système : échelles de temps et d'espace*

Dans toute action de prospective, la question des limites du système à étudier constitue une nécessité, mais se révèle souvent délicate et ne doit pas être considérée comme intangible (Sebillotte *et al.*, 2003).

Pour ce qui est de l'échelle temporelle, l'horizon de la prospective a été fixé à 2015 pour plusieurs raisons. Tout d'abord, les quotas laitiers sont prolongés jusqu'en 2015. Ensuite, 2013 est le dernier horizon visible en matière financière pour la PAC ; 2013 sera une année charnière majeure pour l'agriculture européenne, car elle marque le terme de la période de programmation budgétaire dans laquelle nous entrons en 2007. Ce terme converge avec celui de la réforme de 2003, il précède d'une année celui des quotas laitiers. La période qui nous sépare de 2013 sera très riche en débats de toutes sortes.

En ce qui concerne l'échelle spatiale, c'est le département de la Seine-Maritime dans son ensemble qui a été retenu.

- *Description du système : vision statique*

La représentation graphique « sert à structurer le reste de la démarche en permettant, entre autres, la recherche des processus et l'élaboration des hypothèses qui fonderont les scénarios et une compréhension approfondie de la position et des rôles des différents

compartiments du système dans les différents scénarios et dans les stratégies qui en découlent » (Sebillotte *et al.*, 2003). Dans le cas de notre étude, c'est le système de culture qui est au centre du système. La Figure II-2 représente le système « Les avenir agricoles et agroindustriels de Seine-Maritime en 2015 et leurs possibles répercussions sur le ruissellement érosif » avec les différents facteurs pouvant avoir un impact sur la constitution du système de culture. La représentation du système comporte une représentation graphique et une mise en mouvement qui consiste à repérer les principaux processus de son fonctionnement.

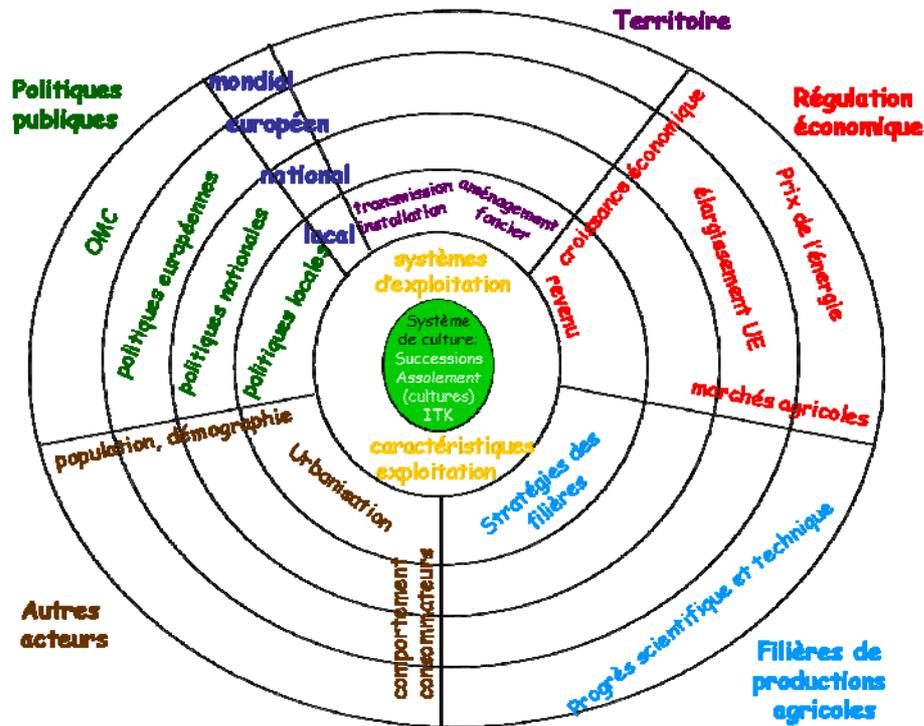


Figure II-2: Description statique du système agricole et agro-industriel en Seine-Maritime

La représentation graphique du système actuel « Les avenir agricoles et agroindustriels de Seine-Maritime en 2015 et leurs possibles répercussions sur le ruissellement érosif », point de départ de cette prospective, est organisée autour d'un point central représentant les systèmes de culture locaux. Autour sont ensuite représentés les déterminants potentiels de ces systèmes de culture. Chaque cercle représente une échelle à laquelle s'exprime ces différents déterminants. Nous distinguons ainsi quatre échelles : locale, nationale, européenne et mondiale. Les facteurs potentiels d'évolution sont ensuite classés en 5 composantes distinctes : les politiques publiques, le territoire, la régulation économique, les filières de productions agricoles et les autres acteurs. Dans chaque compartiment, nous distinguons plusieurs facteurs potentiels d'évolution qui agissent à une échelle précise ou au contraire à plusieurs échelles, le facteur est alors représenté de manière transversale.

II.3.1.2. La représentation dynamique : les processus

Le système étudié est dynamique, des phénomènes s'y produisent, des acteurs y agissent. Travailler à élaborer des futurs possibles suppose précisément de rendre compte de cette dynamique. Pour cela, nous mettons en évidence les processus, « chacun se résumant sous la forme d'une phrase : ils décrivent le fonctionnement actuel du système (aspect dynamique), expliquent ce qui s'y passe, ce que les acteurs font » (Sebillotte M. et Sebillotte C., 2002). Ces processus à l'œuvre, émergents ou nouveaux, portent sur les différents compartiments de la représentation graphique et sur leurs relations. Cette recherche de

processus conduit à fouiller dans le passé afin de discerner les mutations qui se sont produites, à expliciter le présent à travers ses tendances lourdes et ses signaux faibles, et à imaginer de nouveaux processus qui n'ont pas encore lieu dans le système mais qui pourraient engendrer des ruptures (Sebillotte *et al.*, 2007). Cette représentation graphique est « mise en mouvement » à travers une liste de 254 processus (cf. Annexe 2) et quantifiée par des variables d'état. Une rétrospective bibliographique a aussi été réalisée, car, pour construire cette représentation, un regard sur l'histoire et sur les évolutions passées est également nécessaire. De plus, plusieurs acteurs locaux (dont certains ont participé à l'exercice prospectif) ont également été rencontrés pour connaître leur vision sur l'évolution du territoire (pratiques, cultures, politiques locales...).

Lors de cette première étape, une réunion a été organisée, sur une journée, avec le groupe d'experts constitué ; il s'agissait de leur soumettre la liste de processus, où ils devaient en sélectionner un certain nombre, avec la possibilité d'y ajouter d'autres processus. Nous avons ensuite choisi ceux jugés les plus déterminants pour l'avenir compte tenu des avis d'experts, nous avons alors constitué la liste définitive. La consigne donnée pour sélectionner les processus était de ne retenir que les processus qui leur semblaient avoir un impact potentiel sur le ruissellement érosif et une importance potentielle dans le futur. C'est à ce moment là que le groupe d'experts a pu exercer son esprit critique sur les processus en sélectionnant ceux qui lui paraissait importants pour l'avenir et pouvant avoir des conséquences potentielles sur le ruissellement, et ainsi conférer une légitimité externe au travail. Les listes des processus et des variables d'état font partie des résultats intermédiaires de cette prospective. Elles ont été présentées, discutées, validées et hiérarchisées lors des réunions (Sebillotte *et al.*, 2007). Nous ne les présenterons pas ici (cf. Annexe 2).

Ce travail prospectif a été mené en lien avec un groupe d'experts locaux issus de différentes collectivités locales, d'instituts... La liste exhaustive des participants à la démarche et aux différentes réunions est indiquée sur le Tableau II-3. La constitution de ce groupe d'experts nous a permis de mener à bien le processus d'élaboration des scénarios de par leur expertise dans leur domaine respectif.

Tableau II-3: Liste des acteurs impliqués dans la démarche prospective

Acteurs	Organisme
Vincent Martin	Agence de l'Eau Seine-Normandie
Mathieu Grenier	Service Régional de l'Information Statistique et Economique, Ministère de l'Agriculture et de la pêche
Manuel Hanryon	Chef de service départemental, Sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural (Safer)
Benoît Carton	Confédération Générale des planteurs Betteraviers
Charles Corruble	Association Régionale de la Pomme de Terre en Haute- Normandie
Anne-Sophie Houdement, Aude Peyralbes	Chargée d'études-juriste, SCOT Rouen Elbeuf Chargée d'études-urbaniste, Schéma de Cohérence Territoriale Rouen Elbeuf
Hubert Guérault	Chargé de Mission Energies, Service économie, Chambre d'Agriculture de Seine-Maritime
Noémie Grandsire	Animatrice agricole, Syndicat Mixte du Bassin Versant de l'Austreberthe et du Saffimbec
Jean-Louis Poulet	Conseiller élevage, Etablissement Départemental de l'Elevage
Nicolas Coufourier	Conseiller Agronomie-Erosion, Service environnement, Chambre d'Agriculture de Seine-Maritime
Dominique Chachuat	Chargé de mission agriculture-environnement, Conseil Général de Seine-Maritime
Philippe Martin Véronique Souchère Jean-Marc Meynard	Maître de conférences, UMR SAD-APT, INRA Ingénieur de Recherche, UMR SAD-APT, INRA Directeur de Recherche, Département SAD, INRA
Jean-Claude Aroult	Fédération Nationale des Producteurs de Lait de Haute- Normandie
Clementina Sebillotte	Appui Méthodologique (Unité Aliss, INRA)

II.3.2. Des hypothèses aux microscénarios

II.3.2.1. L'élaboration des hypothèses

La deuxième étape du travail a permis de formuler une hypothèse pour chaque processus établi. A chaque processus on a fait correspondre une hypothèse. Les hypothèses représentent soit le maintien de tendances, soit des ruptures dans le fonctionnement du système : les processus actuels vont-ils se poursuivre à l'identique, ou régresser/s'accélérer, les processus nouveaux vont-ils se réaliser ? La formulation des hypothèses réalisées à partir des processus indique : soit une « nouveauté » qui se met en place, soit l'accélération, le ralentissement ou le maintien d'un processus. Pour chacune des hypothèses formulées, on considère deux possibilités : soit elle se réalise, soit c'est la contre hypothèse qui se réalise (Sebillotte *et al.*, 2003).

Lors de la deuxième rencontre avec les experts, la liste d'hypothèses ainsi constituée leur a été soumise, et ils ont choisi celles qui leur semblaient déterminantes pour le ruissellement érosif. A l'issue de cette rencontre, la liste définitive des hypothèses a été arrêtée (cf. Annexe 3). Dans certains cas, une hypothèse peut avoir pour origine plusieurs processus. Une hypothèse, comme en statistique, se réalise ou non. Il y a donc une formulation « positive » : l'hypothèse se réalise, et une formulation « négative » : l'hypothèse ne se réalise pas. Le travail de prospective prendra en charge ces deux possibilités pour chaque hypothèse. La formulation des hypothèses n'est donc pas une prise de position du groupe par rapport à une vision du futur possible. Aussi, pour chaque hypothèse (formulation

positive), nous avons élaboré une contre hypothèse (formulation négative) (Sebillotte *et al.*, 2007).

Exemples de couples « processus-hypothèse (contre-hypothèse) » :

Processus : Le potentiel d'abattage et de transformation s'amenuise et la production de viande est exportée pour être transformée, entraînant des coûts de transport importants.

- **Hypothèse** : Le potentiel local d'abattage bovin s'affaiblit et le taux déjà faible de transformation de viande bovine produite localement diminue encore plus (+IAA6).

- **Contre-Hypothèse** : En Seine-Maritime, le potentiel local d'abattage bovin se maintient au niveau actuel (-IAA6).

Processus : Les techniques culturelles simplifiées se développent dans les grandes exploitations notamment dans les zones mixtes à potentiel plutôt moyen (Pays de Bray, Entre Bray et Picardie).

- **Hypothèse** : Le développement des techniques culturelles simplifiées est faible et reste cantonné aux zones mixtes à potentiel plutôt moyen (Pays de Bray, Entre Bray et Picardie) (+PRA4).

- **Contre-Hypothèse** : Les techniques culturelles simplifiées connaissent un fort développement en Seine-Maritime autant dans les zones mixtes que dans les limons profonds du Pays de Caux (-PRA4).

Dans ces exemples, nous postulons avec +IAA6 et +PRA4 que le sens actuel du processus s'intensifie à l'horizon de la prospective ; avec -IAA6 et -PRA4, nous postulons, quelles qu'en soient les causes, que le sens actuel s'inverse (Sebillotte *et al.*, 2007).

II.3.2.2. Les hypothèses retenues et la matrice des relations entre les hypothèses

Le 13 juin 2008, le groupe d'experts s'est réuni une troisième fois, cette fois pour réaliser l'analyse de l'influence directe que chacune des 63 hypothèses avait sur les 63 autres selon les critères suivants :

- si la réalisation de l'hypothèse « a » favorise celle de l'hypothèse « b », la relation est notée « + » ;
- si la réalisation de l'hypothèse « a » n'a pas d'influence sur celle de l'hypothèse « b », la relation est notée « 0 » (zéro). ;
- si la réalisation de l'hypothèse « a » rend moins probable celle de l'hypothèse « b », la relation est notée « - » ;
- si l'on pense qu'il y a une influence, sans pouvoir en préciser le sens, la relation est notée « +/- » (Sebillotte *et al.*, 2007).

Le résultat de cette analyse est une matrice de 3969 cases avec un taux de remplissage (signes) de 18% : dans 82% des cas, il n'y a pas d'influence directe entre les hypothèses. Ces relations ont été raisonnées dans le contexte de 2007, explicité pour partie dans les données de cadrage. Etant donné le nombre important d'hypothèses à croiser, nous avons choisi de réaliser ces croisements par petits groupes. Les 63 hypothèses retenues ont pu être classées selon 3 axes. Le premier axe concerne les politiques locales environnementales et l'urbanisation, le deuxième axe porte sur l'environnement national, européen et mondial tandis que le troisième axe réunit les hypothèses sur l'élevage. Nous avons donc composé les groupes d'experts ont fonction de ces 3 axes en regroupant les experts les plus à même d'être compétent sur ces 3 axes. 3 groupes ont ainsi été formés, auxquels a été attribuée une liste d'hypothèses à croiser. Chaque croisement a ainsi été réalisé par petit groupe de plusieurs

experts. Chaque croisement a toujours été défini de manière collective après avoir été discuté avec le groupe. Par ailleurs, les arguments justifiant chaque croisement ont été à chaque fois explicités individuellement et collectivement (Tableau II-4).

Tableau II-4: Extrait de la fiche de croisement de l'hypothèse POL1 avec les autres hypothèses
(Source: modèle de fiche extrait de la Prospective Protéines)

N°1		POL1: La réglementation environnementale européenne, nationale et locale devient de plus en plus exigeante	
	Influence de l'hypothèse 1 sur l'hypothèse		<p>Commentaire : les mesures de développement rural en faveur de l'environnement (MAE...) sont renforcées (création de nouveaux dispositifs...) ; la réglementation européenne exige une autorisation pour le retournement des prairies permanentes et le retournement des prairies devient réglementé par l'UE.</p> <p><i>Contre-hypothèse : Les exigences des réglementations environnementales européennes, nationales et locales restent au niveau actuel.</i></p> <p><i>Commentaire : la réglementation européenne continue de permettre le libre retournement des prairies permanentes par exemple.</i></p>
		Valeur	Commentaires
2	POL2	0	Le deuxième pilier est plutôt du contractuel : il "n'impose rien" qui puisse influencer la politique des quotas
4	POL4	0	Différence entre jachère et couvert environnemental; jachère liée à surplus ou stocks insuffisants
7	POL7	+; 0	Pour financer le deuxième pilier (qui accompagne l'augmentation des exigences environnementales), on augmente la modulation; 0 car ce sont des critères d'équité plus que d'environnement
10	PRA1	-; +	Pas sûr...; les politiques environnementales encouragent plutôt prairies et pâturage
11	PRA2	+/-; 0; -	POL1 peut pénaliser les agriculteurs pour PRA2...mais ils peuvent s'y adapter? (certification...); encouragement à la diversification des cultures
12	PRA3	-; 0	Freiner le retournement des PN peut aider à les maintenir ; type de MAE (rotationnelle), mais déjà diversifié dans le Pays de Caux ; idem; déjà diversifié dans le Pays de Caux
13	PRA4	+/-; 0; -	Plus de TCS implique plus de désherbant : donc incompatible avec POL1. Pas sûr ; à tort ou à raison les TCS sont considérées comme favorables à l'environnement
14	PRA5	+	Marge/lin ; encouragé par la politique environnementale
17	USE1	0; -	Contraintes réglementaires sur l'urbanisation
22	PRO2	0	Les cultures énergétiques de blé ou colza ne sont pas favorisées par les politiques environnementales
24	PRO4	0; -	Soutien aux légumineuses, lié à leur impact écologique favorable
26	PRO6	-	Soutien aux jachères faune sauvage
28	PRO8	0; -	Soutien à la diversification des cultures
31	PRO11	0	Je ne crois pas que l'environnement joue un rôle déterminant pour les surfaces en pommes de terre
41	IAA3	0; -	Je ne pense pas que la production d'éthanol de blé soit une bonne chose pour l'environnement
46	AGB1	-; +	Le durcissement des réglementations environnementales favorise l'agriculture biologique
58	EXP5	0; -	Maintien des prairies favorise l'élevage
59	EXP6	0; -	J'imagine des réglementations portant sur la taille des parcelles
60	EXP7	+; 0	Location à l'année de surface en herbe/chargement limite ; locations d'herbe et peut être... pour des parcelles de labour

Une première analyse de la matrice remplie consiste à repérer la position des hypothèses selon leur degré d'influence et de dépendance. Le niveau d'influence d'une

hypothèse « a » sur une autre hypothèse se définit comme le nombre de fois où l'hypothèse « a » exerce une influence directe sur une autre hypothèse, tandis que le niveau de dépendance de l'hypothèse « a » se définit comme le nombre de fois où elle est sous l'influence directe d'une autre hypothèse. A partir de ces relations, nous cherchons à constituer des agrégats d'hypothèses qui se traduiront par des microscénarios qui peuvent s'interpréter comme des évolutions possibles, à partir d'aujourd'hui, de certaines composantes du système. Une deuxième analyse consiste alors en un traitement mathématique qui permettra de construire des agrégats d'hypothèses pour l'élaboration des microscénarios.

II.3.2.3. L'élaboration des microscénarios

Les microscénarios sont élaborés à partir d'agrégats d'hypothèses constitués en tenant compte des relations directes entre hypothèses renseignées dans la matrice. Chaque agrégat est constitué d'hypothèses plus reliées entre elles qu'avec les autres. Pour construire ces agrégats, la méthode SYSPAHMM s'appuie sur un traitement mathématique de la matrice, basé sur le calcul d'un index de proximité entre les hypothèses prises deux à deux⁸. Il s'agit d'élaborer un index pouvant s'interpréter comme un niveau d'« intensité » de la liaison entre deux hypothèses (Messéan *et al.*, 2001). Afin de constituer cet index, on peut prendre en compte plusieurs types de liaison entre deux hypothèses H_i et H_j :

- la ou les relation(s) directe(s) entre ces deux hypothèses (on parlera ici de « co-occurrences directes »)
- le fait que H_i et H_j influent une même hypothèse H_k (« cooccurrence d'influence ») ;
- le fait que H_i et H_j sont influencées par une même hypothèse H_k (« cooccurrence de dépendance »)
- les relations indirectes entre H_i et H_j .

Pour constituer l'index, on procède au dénombrement des cooccurrences existant entre deux hypothèses (en prenant en compte tout ou partie des types de liaison précédents) et on pondère ce nombre par le nombre d'occurrences de relations qu'à chacune des deux hypothèses considérées avec les autres hypothèses de la matrice (Messéan *et al.*, 2001). En effet, on aura d'autant plus tendance à associer H_i et H_j que H_i et H_j sont co-occurentes, bien entendu, mais également que H_i et H_j présentent moins de relations avec d'autres hypothèses.

Une fois l'index élaboré, le logiciel Sampler permet de constituer des « clusters », sorte de décomposition du réseau d'hypothèses (Messéan *et al.*, 2001). Ce logiciel d'analyse lexicale est habituellement utilisé afin d'exploiter des textes (dépêches, discours...) en recherchant des cooccurrences de mots tout en éliminant le « bruit de fond » (les mots vides de sens dans un texte) (Messéan *et al.*, 2001). Dans notre cas très particulier⁹, Sampler nous permet de dénombrer des cooccurrences, et de constituer des agrégats d'hypothèses.

Le traitement de la matrice est effectué à l'aide d'un logiciel qui regroupe les hypothèses les plus « proches » en clusters d'hypothèses. Chaque cluster suggère des agrégats d'hypothèses qui donnent lieu à la construction des récits de futurs possibles : les microscénarios (Sebillotte *et al.*, 2003). Nous obtenons ainsi des agrégats d'hypothèses qui se caractérisent par le fait qu'ils « empruntent » des hypothèses à plusieurs compartiments du système. Pour chaque agrégat, nous réalisons alors un graphe des relations, sous forme de flèches avec leurs signes, reliant les hypothèses de l'agrégat telles qu'elles ressortent de la matrice, comme l'illustre par exemple la Figure II-3. Cette figure nous illustre ainsi le schéma des relations d'influence-dépendance entre hypothèses. Il présente les hypothèses (avec une formulation très simplifiée dans un rectangle) et matérialise, sous forme de flèche avec un

⁸ L'index retenu est tel que sa valeur pour deux hypothèses « a » et « b » est d'autant plus forte que « a » et « b » sont en relation directe ; et/ou que « a » et « b » influencent une même hypothèse « c » ; et/ou que « a » et « b » sont influencées par une même hypothèse « d ».

⁹ Puisque nous utilisons des séquences de libellés d'hypothèses.

signe (+, -, +/-), les relations qu'elles entretiennent entre elles et qui ont été retenues lors du remplissage de la matrice.

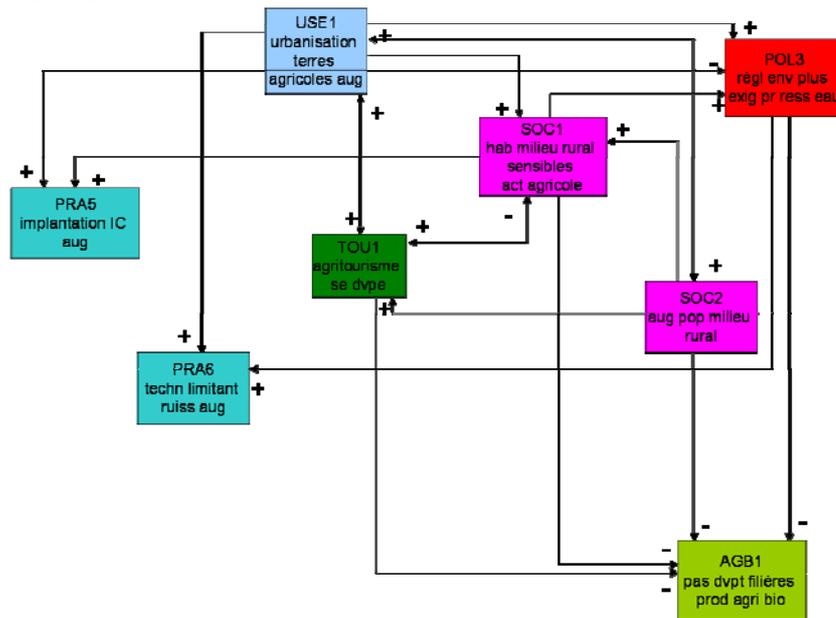


Figure II-3: Exemple d'agrégat d'hypothèses (8 hypothèses)

Par ailleurs, rappelons-le, chaque hypothèse a deux formulations : positive et négative. Sur ces graphes, nous recherchons alors la (les) hypothèse(s) capable(s) de déclencher et de donner lieu, en suivant les enchaînements matérialisés par les flèches avec leurs signes, à un récit de futur possible cohérent. Si tel est le cas, cette (ces) hypothèse(s) devien(nen)t alors le moteur de ce récit, que nous appelons un microscénario¹⁰. Le nombre de moteurs varie entre deux et trois, mais il y en a souvent deux. Dans ce cas, nous sommes susceptibles d'avoir quatre microscénarios par agrégat (Tableau II-5).

Tableau II-5: Consitution des microscénarios selon l'activation ou non de chaque moteur

		Premier moteur	
		Démarre : hypothèse +	Ne démarre pas : hypothèse -
Deuxième moteur	Démarre : hypothèse +	Microscénario 1	Microscénario 2
	Ne démarre pas : hypothèse -	Microscénario 3	Microscénario 4

Toutefois, si une combinaison d'hypothèses ne semble pas intéressante, car elle ne se différencie pas d'une autre par exemple, nous l'indiquons et ne la traitons pas. Ainsi, chaque agrégat donne lieu à une famille de microscénarios, dont l'effectif varie de trois à six. Nous avons obtenu 3 familles de microscénarios, pour un total de 14 microscénarios. Le Tableau II-6 récapitule le nom des trois familles de microscénarios et le nombre d'hypothèses par agrégat, ou famille de microscénarios. Le Tableau II-6 présente la liste des 14 microscénarios, de leurs hypothèses constitutives et de leurs moteurs.

¹⁰ Microscénario et non scénario, car il s'agit d'une fraction des hypothèses sensées représenter la vie du système entier, objet de la prospective.

Tableau II-6: Liste des microscénarios et des moteurs

Titre des familles de microscénarios et liste des hypothèses de l'agrégat	Moteurs des microscénarios	Intitulé des microscénarios
<p>Msc 1 : L'agriculture face à l'évolution du monde rural POL3, USE1, TOU1, SOC1, SOC2, AGB1, PRA5, PRA6</p>	<p>- Les terres agricoles sont de plus en plus vulnérables à l'urbanisation et l'artificialisation des terres agricoles s'accroît à un rythme de plus en plus soutenu (au-delà de 1400 ha/an) (USE1) - Les habitants en milieu rural sont de plus en plus sensibles aux externalités négatives de l'activité agricole (difficultés de voisinage, d'acceptabilité...) (SOC1)</p>	<p>Msc 1.1. : Une nouvelle image de l'agriculture Msc 1.2. : Cohabitation de la population rurale avec l'activité agricole Msc 1.3. : Des agriculteurs proactifs, acteurs du développement du monde rural Msc 1.4. : Vers un désintérêt de la société pour le monde rural</p>
<p>Msc 2 : Quelle place pour les bassins de production locaux ? POL1, POL4, POL8, POL9, PRA2, PRA3 PRO2, PRO4 PRO5, PRO6 PRO7, PRO8 PRO9, PRO10 PRO11, PRO13 ENE1, ENE2 IAA1, IAA3 IAA4, IAA6 DEM2, DEM3, DEM4, DEM5 EXP7, PRA4, PRO5</p>	<p>- Le prix du pétrole continue de grimper (au-delà de 100 \$ le baril) (ENE1) - Les négociations à l'OMC aboutissent à un accord statuant sur une libéralisation accrue du commerce mondial (POL9)</p>	<p>Msc 2.1.: Un territoire à vocation « énergétique » Msc 2.2.: Un territoire qui perd de sa valeur ajoutée Msc 2.3.: Un territoire agro-non alimentaire Msc 2.4. : Un territoire fort de sa diversité</p>
<p>Msc 3 : Quel avenir pour l'élevage local ? POL2, POL 5 POL6, POL7 PRA1, USE2 MAR1, PRO1 PRO3, PRO12 SOC3, IAA2 IAA5, IAA7 CHA1, DEM1 DEM6, EXP1 EXP2, EXP5 EXP6, EXP9 EXP10</p>	<p>- A long terme, les cours mondiaux des matières premières agricoles se maintiennent à un niveau plus élevé que la décennie passée et sont plus volatils (MAR1) - Les outils industriels locaux pour la transformation du lait s'implantent durablement et accroissent leur développement (IAA2) - Le soutien financier de la PAC aux productions agricoles et les outils de régulation des marchés disparaissent (POL5)</p>	<p>Msc 3.1. : Jouer la carte de l'autonomie alimentaire Msc 3.2. : La production de jeunes bovins gagne du terrain Msc 3.3. : La prairie normande menacée Msc 3.4. : Spécialisation des élevages laitiers Msc 3.5. : Délocalisation de la production laitière Msc 3.6. : L'élevage local en danger</p>

II.3.2.4. Lecture des microscénarios

La présentation des 3 familles de microscénarios est la suivante :

- pour chaque famille, la liste des hypothèses qui constituent l'agrégat est donnée en Annexe 3. Dans cette liste est indiqué en bleu le choix des hypothèses motrices, celles qui déclenchent les récits des microscénarios.
- puis, dans un tableau, les différents microscénarios du groupe sont présentés et chacun reçoit un titre.
- enfin, pour chaque microscénario, nous présentons le résumé. Le récit complet du microscénario est en Annexe 4.

Famille de Microscénarios 1 : « L'agriculture face à l'évolution du monde rural »

La liste complète des hypothèses constitutives de cet agrégat sont présentées en Annexe 3. Le Tableau II-7 présente les combinaisons des hypothèses motrices de la Famille 1.

Tableau II-7 : Tableau des combinaisons de moteurs de la Famille 1

		USE1 : Les terres agricoles sont de plus en plus vulnérables à l'urbanisation et l'artificialisation des terres agricoles s'accroît à un rythme de plus en plus soutenu (au-delà de 1400 ha/an)	
		+	-
SOC1 : Les habitants en milieu rural sont de plus en plus sensibles aux externalités négatives de l'activité agricole (difficultés de voisinage, d'acceptabilité...)	+	Microscénario 1.1. Une nouvelle image de l'agriculture	Microscénario 1.3. Des agriculteurs proactifs, acteurs du développement du monde rural
	-	Microscénario 1.2. Cohabitation de la population rurale avec l'activité agricole	Microscénario 1.4. Vers un désintérêt de la société pour le monde rural

Chaque combinaison permet d'obtenir un microscénario. Chaque microscénario est ici résumé.

Micro scénario 1.1. : Une nouvelle image de l'agriculture

Les citadins sont de plus en plus attirés par une vie à la campagne et l'exode urbain s'accroît ; les communes rurales s'accroissent et les familles s'installent de plus en plus à l'écart des agglomérations urbaines. Le taux d'urbanisation de la campagne augmente et la déconcentration des centres-villes s'accroît avec une augmentation de population en zones périurbaines. Le morcellement parcellaire s'accroît ainsi que l'artificialisation et l'urbanisation des terres agricoles. Le développement économique local et la construction de nouvelles habitations, en particulier dans les espaces ruraux, prend de l'ampleur et exerce une emprise de plus en plus importante sur les terres agricoles. Les terres agricoles perdent du terrain et sont de plus en plus vulnérables à l'urbanisation ; l'activité agricole se retrouve ainsi confrontée d'une part, à une concurrence en terme d'occupation du territoire (diminution des surfaces agricoles) et, d'autre part, à un éparpillement (problème du mitage). Les agriculteurs modifient leurs modes d'exploitation dans une logique plus environnementale et adoptent des techniques plus respectueuses de l'environnement et notamment de la ressource en eau, à la fois pour redorer l'image de leur activité vis-à-vis du grand public (populations rurales), devenu de plus en plus sensible aux activités agricoles, mais aussi par nécessité car l'urbanisation croissante oblige à adopter une réglementation des pratiques agricoles plus stricte. Cependant, ces changements

d'activités sont valorisés par le développement de labels de qualité ou de certification (agriculture biologique). Cela se traduit notamment par la conversion vers une agriculture diversifiée avec des volumes de production limités (dont l'agriculture biologique) à la satisfaction de besoins plus « locaux ». Certains exploitants choisissent de convertir leur système de production en production biologique, et d'autres exploitants adoptent des pratiques plus respectueuses de la ressource par le biais d'une réglementation plus stricte. La dynamique rurale est maintenue par l'agriculture biologique et l'agritourisme pour participer à la préservation de l'environnement et à la conservation du patrimoine. L'agriculture biologique est plébiscitée par les consommateurs locaux car elle contribue à la protection de l'environnement. Le nombre d'exploitations agricoles en agriculture biologique ou en conversion augmente, ainsi que le nombre de transformateurs et d'importateurs présents sur le département. Les surfaces agricoles en conversion biologique augmentent. Ce développement est notamment permis par un soutien politique et financier grâce à des aides au maintien et à la conversion biologique. La filière et le marché des produits biologiques s'organisent (les industries présentes localement développent leur gamme de produits biologiques et développent leur intérêt pour les produits biologiques). L'agriculture donne une meilleure image d'elle-même par l'intermédiaire de l'agriculture biologique qui permet un développement de systèmes économes en énergie, du fait du caractère extensif de la conduite en agriculture biologique. L'agriculture biologique permet également de développer la vente directe et ainsi de créer et de maintenir un lien avec les populations locales.

Micro scénario 1.2. : Cohabitation de la population rurale avec l'activité agricole

Les terres agricoles sont de plus en plus vulnérables à l'urbanisation en lien avec l'augmentation de la population rurale. L'artificialisation des terres agricoles s'accroît à un rythme de plus en plus soutenu. L'urbanisation croissante des territoires ruraux devient même un facteur de risque pour la pérennité de l'activité agricole, et en conséquence, une réglementation très encadrée de l'urbanisation du territoire agricole est mise en place ainsi qu'une réglementation environnementale plus stricte concernant la lutte contre le ruissellement. Cette réglementation environnementale concerne essentiellement les pratiques agricoles permettant de limiter le ruissellement, en adaptant les équipements (pneus basse pression, houe rotative, bineuse, déchaumeuse à soc, semoirs d'interculture, effaceurs de roue, semoirs à maïs en bandes fraisées, crossskillettes en localisé, semoir de ray-grass sous couvert de maïs...) et les pratiques culturales associées, sans qu'il y ait d'évolution des modes de production. Ainsi, la population en milieu rural et l'activité agricole cohabitent sans difficultés majeures et génèrent des externalités positives (vente directe, visites à la ferme, fermes découvertes, fermes pédagogiques...) et l'agritourisme se développe. Les deux activités (agriculture et habitations rurales) cohabitent sans qu'il y ait de conflits.

Micro scénario 1.3. : Des agriculteurs proactifs, acteurs du développement du monde rural

La croissance des populations se réalise principalement dans les aires urbaines des agglomérations et en moindre proportion dans les communes périurbaines, mais à l'inverse très peu dans les communes rurales. Ainsi, l'urbanisation s'étale beaucoup moins en dehors des grandes agglomérations ; conséquence d'un regain d'attractivité des tissus urbains centraux. Ainsi, la pression de l'urbanisation sur les terres agricoles ralentit car la population rurale n'augmente pas, très peu de nouveaux habitants investissent les campagnes ; les agriculteurs restent les acteurs majoritaires de la vie des territoires ruraux. Certains développent l'agritourisme, ce qui attire les citadins pour venir y passer quelques jours, et la fréquentation touristique des espaces ruraux augmente, particulièrement durant les weekends. D'autre part, les populations rurales (en l'occurrence les agriculteurs) sont de plus en plus sensibles aux externalités négatives de leur activité (érosion des terres agricoles, baisse du taux de matière organique, pollution des eaux...) et prennent conscience qu'il faut intervenir. Certains mettent en place des pratiques plus respectueuses de l'environnement, telles que des techniques limitant le ruissellement, ou des intercultures ; d'autres décident de convertir leur exploitation en agriculture biologique. Ainsi, l'ensemble des agriculteurs se donnent les moyens de mettre en œuvre des pratiques adaptées pour permettre une restauration, limitée mais notable, des fonctions

environnementales de l'agriculture (gestion durable de l'activité agricole). On assiste au développement de comportements volontaristes d'une agriculture respectueuse de l'environnement avec des modes de gestion adaptée. Les agriculteurs sont acteurs et initiateurs de cette dynamique de réduction des impacts environnementaux à l'échelle de leur territoire, dans une logique de développement durable de leur activité, dans la mesure où elles reposent sur une volonté commune de partager une même direction.

Micro scénario 1.4. : Vers un désintérêt de la société pour le monde rural

Les campagnes sont de moins en moins attractives et peu de nouveaux habitants décident de s'y installer ; la population rurale est en baisse, et l'urbanisation des espaces ruraux stagne ; les exploitants continuent leur activité dans l'indifférence du reste de la population. En effet, les populations urbaines s'intéressent peu à l'activité agricole en général et sont peu curieuses de savoir ce qui s'y passe, les territoires ruraux ne sont par ailleurs pas une destination prisée par les citadins et le tourisme vert se développe peu. Les agriculteurs ne prêtent pas d'attention particulière à leurs pratiques ni aux conséquences qu'elles pourraient avoir, et d'ailleurs personne ne s'en plaint. Ainsi, la réglementation concernant la ressource en eau n'évolue pas, et les pratiques culturelles évoluent peu. En conséquence, les pratiques agricoles restent classiques et traditionnelles et n'intègrent pas de techniques permettant de préserver la ressource en eau, car aucune contrainte réglementaire, ni soutien financier ne sont imposés ou définis. Aussi, le comportement et les arbitrages des acteurs locaux ne permettent pas d'améliorer la situation environnementale, il conduit à une dégradation progressive des fonctions environnementales et de certaines fonctions socio-économiques de l'activité agricole (agritourisme).

Famille de Microscénarios 2 : «Quelle place pour les bassins de production locaux ?»

La liste complète des hypothèses constitutives de cet agrégat sont présentées en Annexe 3. Le Tableau II-8 présente les combinaisons des hypothèses motrices de la Famille 2.

Tableau II-8 : Tableau des combinaisons de moteurs de la Famille 2

		ENE1 : Le prix du pétrole continue de grimper (au-delà de 100 \$ le baril)	
		+	-
POL9 : Les négociations à l'OMC aboutissent à un accord statuant sur une libéralisation accrue du commerce mondial	+	Microscénario 2.1. Un territoire à vocation « énergétique »	Microscénario 2.2. Un territoire qui perd de sa valeur ajoutée
	-	Microscénario 2.3. Un territoire agro-non alimentaire	Microscénario 2.4. Un territoire fort de sa diversité

Chaque combinaison permet d'obtenir un microscénario. Chaque microscénario est ici résumé.

Micro scénario 2.1. : Un territoire à vocation « énergétique »

Dans ce scénario, un changement d'orientation du système agricole et agroindustriel local vers une spécialité non alimentaire est suscité. L'aboutissement des négociations à l'OMC dans le cadre du cycle de Doha a un effet négatif sur le secteur agricole local (effets de marché sur les volumes offerts et les prix perçus) qui est cependant contrebalancé par le développement des biocarburants de première génération, qui constituent une « bouffée » d'oxygène, en termes de débouchés, pour

l'agriculture et l'agroalimentaire. Les perspectives de débouchés « non alimentaires » s'élargissent et leur intérêt est croissant étant donné le renchérissement du prix de l'énergie.

Les secteurs concernés sont nombreux : biomolécules/agrochimie, biomatériaux ou bioénergies, tous produits à partir de matières premières agricoles diverses (céréales, oléagineux, betteraves, lin, pommes de terre...). L'utilisation de matières premières renouvelables d'origine agricole pour la fabrication de bioproduits dans les domaines de l'énergie, de la chimie, des matériaux permet d'offrir une alternative aux ressources fossiles tout en répondant aux intérêts environnementaux actuels (lutte contre l'effet de serre, réduction des pollutions). Le développement de ces filières est positif pour l'emploi agricole et industriel. Ainsi, l'ensemble des Industries Agro-alimentaires locales (notamment les usines de biocarburants) permettent de transformer la majorité des productions agricoles (blé, colza...) sur place, ce qui permet un gain de valeur ajoutée non négligeable dans un contexte de libéralisation des marchés.

Au niveau des exploitations agricoles, les surfaces agricoles se répartissent principalement entre cultures dédiées à la production de biocarburants de première génération (blé, colza) et cultures dédiées à la production de biomatériaux (lin...). De nombreuses initiatives sont prises afin de réduire la facture énergétique et améliorer l'autonomie énergétique des exploitations (place pour les protéagineux, techniques culturales simplifiées, production d'énergies renouvelables). Les éleveurs bénéficient des tourteaux issus du pressage des graines dans l'alimentation de leurs animaux.

Micro scénario 2.2. : Un territoire qui perd de sa valeur ajoutée

Dans un contexte de libéralisation accrue des échanges (accord multilatéral du cycle de Doha), le secteur agricole local est mis en difficulté par la plus grande ouverture du marché national des produits agricoles et agroalimentaires. L'accès au marché est facilité grâce à une suppression des droits de douanes qui permet l'entrée de certains produits sur le marché intérieur entrant ainsi en concurrence avec les produits nationaux et régionaux. Cet accord multilatéral a un impact négatif sur le secteur agricole et agroalimentaire qui se caractérise par la contraction des exportations (céréales, sucre) et une augmentation des importations (viande bovine). Cet effet négatif est d'autant plus important que le développement des biocarburants de première génération est remis en cause par un prix du pétrole en baisse (diminution des débouchés). Le contexte énergétique ne favorise pas le développement de cultures à destination du non alimentaire pour des biocarburants de première génération ni pour l'élaboration de biomatériaux, et en parallèle, les utilisations industrielles de produits agricoles et de déchets à des fins non alimentaires (production d'énergie, de biocarburants...) sont mises en difficultés.

Les usines locales de productions de biocarburants (Grand Couronne et Lillebonne) tournent au ralenti, l'usine d'éthanol de Lillebonne se trouve en très grande difficulté d'approvisionnement, contrairement à celle de diester qui continue sa production (mais sans augmentation) grâce au débouché alimentaire (huiles). Cependant, un prix de l'énergie en baisse, et donc des coûts de transport stables, incitent certaines Industries Agro-Alimentaires (Lunor, Danone...) à s'installer. L'agriculture et les activités industrielles locales ne sont pas pénalisées, dans leur performance et leur compétitivité, par le prix de l'énergie.

Au niveau des exploitations agricoles, la résultante de cet affaiblissement de la production de biocarburants et d'une concurrence accrue est une baisse des emblavements en cultures énergétiques (blé, betterave éthanol, colza diester), et en betteraves¹¹. Un prix du fioul abordable n'incite pas les agriculteurs à envisager une généralisation des Techniques Culturales Simplifiées. D'autre part, une plus grande connexion au marché mondial (libéralisation des productions agricoles) se traduit par une recherche d'optimisation des assolements en fonction du résultat économique, et les agriculteurs établissent leurs assolements en privilégiant une vision annuelle des cultures en fonction des opportunités offertes par le marché. Les cultures à forte marge brute sont ainsi favorisées (lin, pomme de terre). L'aspect économique et la rentabilité sont les principaux objectifs des exploitants, et peu

¹¹ L'impact négatif sur un produit agricole est d'autant plus important que ce dernier bénéficie de restitutions à l'exportation et/ou est protégé à l'importation. Ainsi, la production de sucre diminue ainsi que celle de blé et des autres céréales alors que la production de graines oléagineuses augmente, tirée par la demande alimentaire.

d'économies sont faites sur les intrants, le fioul ; les rotations sont beaucoup moins gérées sur le long terme (diminution de la diversité des cultures (betterave), absence du pois).

Micro scénario 2.3. : Un territoire agro-non alimentaire

Dans ce contexte de protection des marchés, l'Union Européenne favorise le développement de grands bassins agricoles de production et de transformation de leurs produits. La politique repose entre autres sur l'accroissement de secteurs qui ont un potentiel économique : la production et la transformation d'agro-ressources (biocarburants...) dans le non alimentaire. Les perspectives de débouchés « non alimentaires » s'élargissent et leur intérêt est croissant compte tenu d'un prix du baril de pétrole en hausse. Le développement des biocarburants a un impact positif sur la valeur ajoutée du secteur agricole (notamment pour les grandes cultures céréales et oléagineux). Il n'y a pas de remise en cause des protections aux échanges ni des soutiens à la production. Les restitutions aux exportations et les barrières non tarifaires continuent à réguler les échanges. Les accords bilatéraux entre pays ne se développent pas. En Europe, la PAC reste un axe fort du budget de la commission européenne. La protection du marché européen ou tout du moins la préservation des droits de douanes et des soutiens aux prix permet de maintenir les bassins de productions locaux en les préservant d'éventuelles concurrences extérieures.

Ainsi les industries locales telles que l'usine de blé éthanol de Lillebonne et celle de colza diester de Grand couronne accroissent leur production. De la même manière l'industrie de transformation d'éthanol de betterave se développe et l'industrie sucrière locale est préservée, notamment celle possédant un débouché éthanol. Le développement de ces filières est positif pour l'emploi agricole et industriel.

Au niveau des exploitations agricoles, pour satisfaire les besoins additionnels en céréales pour la fabrication d'éthanol et en colza pour la fabrication de biodiesel, les surfaces en blé et colza augmentent, de la même manière que celles en betteraves sucrières. L'augmentation du prix de l'énergie accroît les charges de manière importante ; la production d'énergies renouvelables sur les exploitations se développe avec pour objectif d'améliorer l'autonomie énergétique des exploitations (valorisations non alimentaires des produits agricoles, utilisation énergétique de la biomasse). Les producteurs sont amenés à rechercher une indépendance énergétique et à faire des économies d'énergie (fioul, intrants, azote..) ; ils adoptent un travail du sol simplifié, et les protéagineux (pois, féverole) retrouvent leur place dans les assolements. Les éleveurs peuvent valoriser le tourteau issu du pressage des graines dans l'alimentation de leurs animaux.

Micro scénario 2.4. : Un territoire fort de sa diversité

Une chute du prix de l'énergie entraîne la remise en cause des chaînes de production des biocarburants de première génération (moindre compétitivité, baisse des soutiens publics...).

Ce retrait des soutiens publics en faveur des biocarburants remet en cause l'utilisation des agrocarburants et leurs chaînes de productions locales sont fortement fragilisées. En conséquence, les usines locales de productions de biocarburants (Grand Couronne et Lillebonne) tournent au ralenti, l'usine d'éthanol de Lillebonne se voit dans l'obligation de fermer son outil de production, contrairement à celle de diester qui continue sa production. C'est donc toute la filière qui est en déclin, et les surfaces en cultures énergétiques diminuent également. Il en est de même pour l'éthanol issu de la betterave sucrière, et les industries sucrières possédant des débouchés sur ce créneau remettent en cause leur production, entraînant ainsi une diminution des emblavements de betterave sucrière destinées à ce débouché (sucreries d'Abbeville dans la Somme et d'Etrepagny dans l'Eure).

L'agriculture, en Europe et dans le monde, continue à recevoir des aides à la production et des subventions à l'exportation qui se stabilisent autour des niveaux actuels. Les restitutions aux exportations et les barrières tarifaires et non tarifaires continuent à réguler les échanges. Le marché européen est préservé d'éventuelles concurrences de produits importés sur le marché intérieur et les productions agricoles continuent de bénéficier de subventions de la PAC. Dans ce contexte de protectionnisme économique, les produits n'entrent pas massivement dans l'UE, ce qui avantage les filières locales de production. Cette protection du marché intérieur européen limite en premier lieu les

risques de délocalisation. Le département conserve donc une multitude de petites/moyennes industries locales qui permettent à certaines productions de s'ouvrir à de nouveaux débouchés ; c'est le cas pour la betterave qui bénéficie de contrats non alimentaires (sucres UNA) (alcool, industrie chimique) grâce à la proximité d'unités industrielles agro-alimentaires consommatrices proches. Par ailleurs, ce maintien du prix de l'énergie et, par conséquent, du transport routier ne contribue pas à favoriser, au moins dans certains cas, l'installation des industries près des sites de consommation de leurs produits. Elles s'installent plutôt près des sites de production de matières premières, ce qui aurait comme effet un accroissement de l'installation en Seine-Maritime de certaines industries agroalimentaires à haute valeur ajoutée. La stabilité des coûts de transport routier ne décourage pas ces installations. En conséquence, les bassins locaux de production sont préservés pour répondre à une demande majoritairement nationale et européenne et les outils industriels s'implantent durablement dans le département : c'est le cas du groupe coopératif Lunor et la production de pomme de terre se développe pour approvisionner l'outil. De cette manière, la Seine-Maritime conserve un tissu conséquent de petites et moyennes entreprises dédiées à la production de produits agricoles.

Famille de Microscénarios 3 : «Quel avenir pour l'élevage local ?»

La liste complète des hypothèses constitutives de cet agrégat sont présentées en Annexe 3. Le Tableau II-9 présente les combinaisons des hypothèses motrices de la Famille 3. Dans cette famille, nous avons retenu seulement deux microscénarios lorsque l'hypothèse IAA2 n'était pas activée. En effet, l'activation ou non de l'hypothèse MAR1 n'impliquait pas de changement notable en lien avec l'hypothèse IAA2. Nous avons donc considéré seulement deux microscénarios lorsque l'hypothèse IAA2 n'était pas activée (microscénarios 3.5. et 3.6.).

Tableau II-9 : Tableau des combinaisons de moteurs de la Famille 3

				MAR1 : A long terme, les cours mondiaux des matières premières agricoles se maintiennent à un niveau plus élevé que la décennie passée et sont plus volatils	
				+	-
IAA2 : Les outils industriels locaux pour la transformation du lait s'implantent durablement et accroissent leur développement	+	POL5 : Le soutien financier de la PAC aux productions agricoles et les outils de régulation des marchés disparaissent	-	Microscénario 3.1. Jouer la carte de l'autonomie alimentaire	Microscénario 3.2. La production de jeunes bovins gagne du terrain
			+	Microscénario 3.3. La prairie normande menacée	Microscénario 3.4. Spécialisation des élevages laitiers
	-		-	Microscénario 3.5. Délocalisation de la production laitière	
			+	Microscénario 3.6. L'élevage local en danger	

Chaque combinaison permet d'obtenir un microscénario. Chaque microscénario est ici résumé.

Microscénario 3.1. : Jouer la carte de l'autonomie alimentaire

Le maintien de la Prime au Maintien du Troupeau de Vaches Allaitantes (PMTVA) et des outils de régulation de la politique laitière (quotas laitiers, intervention sur le beurre et la poudre de lait écrémé, et restitutions sur ces deux biens) permet de maintenir les productions, les prix et les valeurs ajoutées hors aides dans les deux secteurs de l'élevage bovins viande et bovins lait. De plus, le

maintien de la PMTVA et des quotas laitiers permet de tenir compte du rôle territorial des exploitations laitières et de vaches allaitantes. Ce choix politique permet, dans une certaine mesure, de stopper le phénomène de restructuration des exploitations (agrandissement et diminution du nombre d'exploitations).

Dans un contexte de tensions sur les prix des produits agricoles et agroalimentaires, la tentation de valoriser un maximum de terres et d'augmenter les productions par unité de surface est forte. Ainsi, les soutiens du premier pilier de la PAC sont réorientés vers la gestion des risques et vers certains systèmes de production spécifiques (ovins, agriculture biologique, lait en zones fragiles, herbe...). Les surfaces en herbe sont protégées ainsi que les productions animales (vaches allaitantes, bœufs...) permettant de les valoriser. Les exploitations laitières se tournent vers des modifications de leurs systèmes fourragers, notamment à travers une augmentation de l'herbe pâturée par les vaches laitières au détriment du maïs et/ou à travers plus d'herbe dans les rations hivernales des vaches laitières. Cette part plus grande d'herbe dans le système fourrager contribue à une plus grande autonomie alimentaire. Le développement de ces systèmes fourragers est encouragé par les prix des matières premières agricoles, sur une pente haussière, incitant les éleveurs à rechercher davantage d'autonomie alimentaire. Les pistes évoquées reposent sur l'utilisation plus importante de coproduits (utilisation de tourteaux fermiers de colza), une introduction plus importante de l'ensilage d'herbe ou de légumineuses, et une gestion plus rigoureuse de la complémentation (valorisation des céréales et protéagineux de l'exploitation).

La présence d'outils de transformation du lait qui ont besoin de lait de proximité est un élément rassurant pour les producteurs de lait. Ces industries proposent des contrats avec certains cahiers des charges pour valoriser des produits laitiers normands avec une haute valeur ajoutée (lait d'herbe...). Cette nouvelle orientation des systèmes laitiers avec un recours à plus d'herbe pâturée est confortée par une demande accrue des industriels pour du lait issu de pratiques basées sur une utilisation renforcée du pâturage ; la transformation locale des produits agricoles laitiers et la création de valeur ajoutée sur le territoire se développent.

L'augmentation du coût des fourrages et des concentrés inquiètent les engraisseurs de taurillons (les taurillons consomment exclusivement du maïs fourrage, des céréales et des concentrés) et la place des taurillons (engraissés avec du maïs et des céréales, lesquelles seront plutôt vendues) au sein des exploitations laitières se réduit. La production de viande bovine à l'herbe permet de renforcer les maillons intermédiaires (abattoirs, grossistes, chevilles...) et le potentiel local d'abattage bovin (abattoirs localisés en Seine-Maritime (Forges-Les-Eaux, Cany-Barville, Le Trait)) est maintenu.

Microscénario 3.2. : La production de jeunes bovins gagne du terrain

La politique laitière française opte pour un retour à la préférence européenne et un recentrage sur le marché européen (maintien des quotas laitiers), et cela se traduit par des volumes de production et des prix stabilisés, bénéfiques pour les producteurs et les consommateurs. Le maintien d'un système de gestion de la production permet de stabiliser le revenu des producteurs et limite le phénomène de restructuration (maintien du nombre d'exploitations laitières). Les quotas laitiers, en liant la production au foncier, constituent un outil d'aménagement du territoire et stoppent le processus de spécialisation des exploitations. Ce maintien des soutiens permet de maintenir la diversité des systèmes de production en place (systèmes avec plus ou moins d'herbe dans leur système fourrager). De cette manière, la production de viande bovine est maintenue (vaches de réforme issues du cheptel de vaches laitières et ateliers taurillons confortés par un prix des céréales et des concentrés attractif), permettant ainsi d'approvisionner les outils industriels d'abattage.

Les marchés mondiaux des matières premières agricoles sont sur une pente descendante ; cette baisse se répercute dans la fabrication d'aliments et de concentrés qui retrouvent un prix abordable ; l'autonomie alimentaire des élevages n'est plus un objectif à atteindre pour les éleveurs. Dans ce contexte, l'engraissement au sec des broutards, à partir d'achats de concentrés ou de matières premières pour produire des taurillons est favorisé, d'autant plus que dans ce contexte, le jeune bovin exerce une moindre concurrence avec les cultures de vente. Ainsi, les systèmes qui engrassent des jeunes bovins progressent (naisseur-engraisseurs avec lait, naisseur-engraisseur, laitiers engraisseurs de jeunes bovins).

Une densité d'exploitations laitières encore importante (limitation des coûts de collecte du lait et conservation d'une dynamique positive entre les producteurs de lait (organisation du travail, partage des expériences, encadrement technique, conseil...)) encourage les transformateurs laitiers à s'implanter de manière durable et à accroître leur développement. Ces outils de transformation sont enclins à collecter la production des exploitants locaux pour garantir un approvisionnement aux usines. Sans cahiers des charges spécifiques, la tendance est à une augmentation de la part de maïs fourrage dans les rations alimentaires. Dans le cas où les industriels imposent un cahier des charges spécifique, où la logique privilégiée est celle de produits avec le renforcement des démarcations de qualité, l'éleveur est encouragé à produire des « produits terroirs » (lait d'herbe, lait enrichi en oméga 3...).

Deux logiques se développent au sein de la filière : premièrement une logique « industrielle », où les exploitations laitières intensifient leurs systèmes de production, en augmentant notamment la part du maïs fourrage dans l'assolement fourrager au détriment des surfaces en herbe ; et deuxièmement une logique « artisanale », où les conditions de mise en marché seront davantage protégées par un savoir-faire ; ces exploitations laitières adaptent leurs systèmes de production, vers des systèmes plus extensifs, qui, au travers de la production de « lait d'herbe », constituent un signe de qualité permettant de mettre en valeur des produits à forte valeur ajoutée (e.g. lait aux oméga 3).

Microscénario 3.3. : La prairie normande menacée

La politique européenne se libéralise, avec l'annonce de la fin des quotas et de la plupart des autres outils de régulation de marché (restitution à l'exportation, aides à l'écoulement, stockage privé...). On assiste à une libération progressive des quotas, consécutive à des fluctuations de plus en plus fortes et imprévisibles du prix du lait. Pour affronter la tempête libérale et les fluctuations de prix, les élevages se regroupent, investissent pour s'agrandir et améliorer leur productivité. La suppression des quotas permet une concentration de la production dans les exploitations les plus compétitives et entraîne une augmentation des volumes de production, une baisse des prix et un renforcement de la compétitivité. La suppression des quotas laitiers entraîne la restructuration des exploitations agricoles à un rythme plus soutenu et donc un développement important des structures de grande dimension. L'agrandissement des exploitations laitières se fait notamment au détriment des petites exploitations et la baisse du nombre d'exploitations se poursuit. Cette restructuration passe par une réduction du morcellement parcellaire des exploitations et l'organisation des territoires d'exploitation s'étend. L'attribution de quotas supplémentaires permet de moderniser l'outil de production et ainsi d'améliorer les conditions de travail de l'éleveur laitier (robotisation des salles de traite, congés éleveurs...).

Au niveau de l'organisation de la filière laitière locale, les outils industriels pour la transformation du lait s'implantent durablement et accroissent leur développement ; des entreprises de transformation laitière investissent dans le département (Danone, Lactalis, Senoble...). La présence de nombreuses laiteries qui collectent en Seine-Maritime assure un débouché pour le lait collecté. Avec l'agrandissement des tailles d'exploitation, les entreprises laitières gagnent en coût de collecte, la production se concentrant sur des sites de moins en moins nombreux.

Au niveau des systèmes fourragers, les producteurs laitiers s'adaptent et revoient certains points dans la gestion de l'alimentation des troupeaux. Les exploitations laitières intensifient leurs systèmes de production, en augmentant notamment la part du maïs fourrage dans l'assolement fourrager au détriment des surfaces en herbe. Les exploitations qui vont bénéficier d'une rallonge de quotas, vont baser leur système fourrager sur davantage de maïs ensilage pour permettre de produire la quantité de lait supplémentaire tout en gardant une part d'herbe (pâturée et/ou ensilée) pour réduire les coûts alimentaires. Les éleveurs vont rechercher une certaine autonomie fourragère en utilisant davantage les céréales produites sur l'exploitation (blé). Par ailleurs, certaines prairies passent en cultures étant donné les prix de vente élevés des céréales. La flambée des cours incite les exploitants à recourir à des coproduits locaux issus notamment de la production de biocarburants ou d'huiles alimentaires.

L'augmentation de la production laitière par exploitation entraîne une spécialisation des exploitations avec des répercussions sur l'atelier viande des exploitations laitières (suppression des ateliers taurillons et vente des céréales produites sur la ferme). L'élevage herbivore qui constitue

généralement un complément d'activité et de revenu, à côté de l'atelier lait, est délaissé, la production de viande bovine locale est assurée principalement par les vaches de réforme.

Microscénario 3.4. : Spécialisation des élevages laitiers

La Commission européenne simplifie la PAC et lève les derniers obstacles empêchant les agriculteurs de répondre à la demande mondiale croissante en produits laitiers. Ainsi, les soutiens financiers de la PAC aux productions agricoles et les outils de régulation des marchés disparaissent. Ce désengagement de l'Union Européenne dans la gestion des marchés se traduit notamment par le découplage total des aides à la production agricole, la suppression de l'intervention et la suppression des droits de douanes pour les importations de céréales. Le découplage total des aides du premier pilier (en particulier celui de la PMTVA) a un impact significatif sur la répartition territoriale des élevages et entraîne une spécialisation des élevages laitiers et une baisse de la production de viande bovine issue des ateliers complémentaires de la production laitière.

Le phénomène de restructuration des exploitations laitières s'accélère et le nombre d'éleveurs décline ; de grandes structures laitières se créent, caractérisées par un collectif de travail important (plusieurs personnes). Les pratiques associées à ces grandes structures visent une simplification ou une automatisation d'un certain nombre de tâches. Ainsi, on assiste à un agrandissement des tailles d'exploitation, ce qui permet aux entreprises laitières de gagner en coût de collecte, la production se concentrant sur des sites de moins en moins nombreux.

Dans ce nouveau contexte réglementaire, les outils industriels locaux pour la transformation du lait s'implantent durablement et accroissent leur développement ; des entreprises de transformation laitière investissent dans le département (Danone, Lactalis, Senoble...) permettant de maintenir un débouché aux élevages laitiers. Ce maintien des outils industriels permet de pérenniser la filière laitière locale. Les laiteries cherchent à favoriser les meilleures exploitations.

Cette possibilité de produire davantage de lait, se traduit par des évolutions au niveau des exploitations laitières, avec notamment une intensification des systèmes de production. Par souci de sécurité, l'alimentation des troupeaux se base davantage sur des stocks de fourrages (ensilage de maïs) et la part de surfaces en maïs ensilage augmente dans la surface fourragère principale (SFP). Le maïs reste pour les éleveurs le pivot du système d'alimentation des vaches.

Conjointement, les prix des matières premières agricoles chutent pour retrouver leur niveau historique de la fin du XX^{ème} siècle et permettent de fournir une alimentation animale à moindre coût et ainsi de baisser les coûts de production de la viande et du lait. La tenue de prix bas permet de conforter cette logique d'intensification laitière où la part de maïs dans la SFP et la consommation de concentrés est importante. Ce type d'adaptation a pour effet de renforcer la spécialisation des systèmes laitiers avec des conséquences sur la production de viande bovine locale. L'attribution de quotas supplémentaires permet de moderniser l'outil de production renforçant ainsi la spécialisation des élevages laitiers au détriment de la viande ; les exploitations laitières possèdent de moins en moins d'atelier complémentaire de production de viande.

Microscénario 3.5. : Délocalisation de la production laitière

Un fléchissement des achats des consommateurs des produits laitiers (lait, beurre, crème, fromages et produits frais) conjugué à un prix du lait plus élevé que dans les autres régions pousse certains industriels laitiers à se détourner de la Seine-Maritime et à délocaliser leurs outils de transformation vers des bassins de production où le lait et les coûts de production sont plus faibles et/ou avec de moindres contraintes environnementales (en France ou dans l'Union Européenne (Pologne, Hongrie, République Tchèque et Europe de l'Est)). Le départ de certains outils de transformation du lait expose les éleveurs au risque d'abandon de collecte et entraîne une diminution de la transformation du lait produit localement, ce qui menace la filière locale dans sa globalité. L'industrie laitière locale est un secteur qui se fragilise et certaines laiteries sont contraintes de stopper leur collecte, en laissant les éleveurs laitiers sans autre alternative. Les systèmes spécialisés lait sont en grande difficulté et on assiste à des conversions d'exploitations bovin lait en bovin viande (systèmes naisseurs, systèmes naisseurs-engraisseurs de taurillons, naisseurs-engraisseurs de bœufs). Le cheptel

départemental se spécialise (bœufs, vaches allaitantes, génisses, jeunes bovins) avec une progression du cheptel allaitant et une baisse conséquente du troupeau laitier ; la viande bovine produite localement est issue principalement d'atelier bovin viande. Le nombre d'exploitations laitières diminue et les exploitations se réorientent vers d'autres productions telles que la production de viande bovine (troupeau allaitant naisseur et/ou engraisseur selon la tenue des marchés).

Dans un contexte de conjoncture favorable, les surfaces en herbe sont fragilisées (risque de retournement) ; les soutiens de la PAC (premier pilier) sont alors réorientés vers des aides au développement rural grâce à un taux de modulation revalorisé. Ces soutiens permettent aux producteurs de viande bovine, et notamment ceux possédant des troupeaux nourris à l'herbe (bœuf à l'herbe, vaches allaitantes), de poursuivre leur production. Les producteurs choisissant de poursuivre leur atelier viande ont recours à des coproduits (pulpes de betteraves) dans les rations.

Dans un contexte de prix bas, l'élevage bovin est favorisé notamment l'engraissement de jeunes bovins (prix faibles des céréales, des concentrés et de la paille, qui réduisent les coûts de production). Les éleveurs engraisseurs choisissent de rentrer davantage de brouillards (plus de mâles à l'engraissement) et de garder les veaux mâles nés pour en faire des taurillons et ainsi valoriser leurs céréales plutôt que de les vendre à des cours peu attractifs.

Dans la majorité des exploitations en polyculture-élevage, l'atelier allaitant prend le pas sur l'atelier lait qui disparaît, faute de débouchés. Dans ce contexte, cette orientation des systèmes est adoptée par un grand nombre d'exploitants, ce qui permet de maintenir la production locale de viande bovine essentiellement issue du cheptel allaitant.

La fragilisation des élevages laitiers affaiblit les outils de transformation de viande bovine produite localement (abattoirs). Cependant le potentiel d'abattage et de transformation locale se maintient grâce à l'approvisionnement en viande bovine issue des élevages allaitants, et la viande produite sur le territoire en système allaitant est transformée au sein d'ateliers d'abattage et de découpe locaux.

Microscénario 3.6. : L'élevage local en danger

En raison d'un tassement de la consommation de produits laitiers, les débouchés des transformateurs de l'industrie laitière sont fragilisés et ceux-ci désertent la Seine-Maritime ; de moins en moins de lait produit en Seine-Maritime est transformé localement, menaçant ainsi la filière laitière locale. Le départ de certains outils de transformation du lait expose les éleveurs à un risque d'abandon de collecte. En effet, vis-à-vis des voisins du grand ouest, les exploitations de Seine-Maritime ont une taille moyenne plus faible, produisent du lait à un prix plus élevé, ont une productivité de travail plus faible et des charges de structures plus importantes. La levée des quotas fragilise les entreprises de transformation de taille moyenne, il y a un risque de concurrence accrue et de restructuration de l'aval laitier. Les exploitations laitières se voient dans l'obligation d'arrêter leur atelier lait et se réorientent vers d'autres productions, principalement les grandes cultures.

L'Union Européenne supprime les soutiens financiers de la PAC aux productions agricoles et les outils de régulation des marchés disparaissent ; cette suppression des aides (découplage total des aides du premier pilier en particulier celui de la PMTVA) à la production a un impact significatif sur les systèmes de production, conduisant à un recul des cheptels allaitants au profit des cultures. Ce changement de vocation des terres s'accélère dans les zones où le tourisme ou la « rurbanisation » sont possibles.

Les ateliers viande sont véritablement remis en cause et l'attractivité des systèmes de grandes cultures est renforcée par rapport aux systèmes d'élevage. A l'heure où les agrocarburants constituent un autre débouché, les grandes cultures gardent la cote ; et cela pose le problème de l'attrait du métier d'éleveur, où l'éleveur a la possibilité de ne garder que les céréales, et où il compare sa qualité de vie avec celle de ses voisins céréaliers.

Dans un contexte de prix bas, la vulnérabilité des surfaces en herbe est moindre, le risque de les voir remises en cultures est limité. Les productions animales (bovins viande) valorisant ces surfaces sont maintenues. Comme alternative à l'atelier lait, certains agriculteurs choisissent de jouer complètement la carte du découplage. En effet, la disparition des Droits à Paiement Uniques (DPU) enlève un obstacle à la remise en herbe des terres arables et les productions alternatives (bovins viande) au lait bénéficient de surfaces en herbe auparavant cultivées. C'est alors que certaines

productions bovines, en particulier celles à l'herbe (vaches allaitantes, bœufs) retrouvent un regain d'intérêt. D'autres exploitants qui cessent leur production laitière, notamment dans des situations de préretraite ou de double activité, choisissent d'entretenir leurs surfaces grâce à la récolte de foin. Dans un contexte de forte réduction de l'élevage, la vente de foin est une stratégie d'adaptation mais la question se pose de qui achèterait ce foin et de son prix si cette stratégie se généralisait ; le marché du foin pouvant s'effondrer.

II.3.3. Des familles de microscénarios aux scénarios globaux

La dernière étape est la construction des scénarios globaux. Ces scénarios globaux ont pour fonction d'intégrer dans des visions plus générales de l'avenir les différentes questions traitées de manière détaillée dans les microscénarios. En effet, nous nous intéressons à l'évaluation de ces microscénarios à l'échelle du territoire du bassin versant, et pour cela nous avons besoin d'intégrer à la fois les évolutions concernant l'environnement (Famille 1), les cultures (Famille 2) et l'élevage (Famille 3).

Le Tableau II-10 récapitule l'ensemble des microscénarios des 3 familles. Partant de cette base, nous avons construit chaque scénario global en choisissant une configuration spécifique (microscénario) pour chacun de ces sous-systèmes (familles) et en les combinant.

Tableau II-10 : Intitulés des microscénarios regroupés en 3 familles

Famille de Microscénarios						
Famille de Microscénarios 1 : « L'agriculture face à l'évolution du monde rural »	Microscénario 1.1. Une nouvelle image de l'agriculture	Microscénario 1.2. Cohabitation de la population rurale avec l'activité agricole	Microscénario 1.3. Des agriculteurs proactifs, acteurs du développement du monde rural	Microscénario 1.4. Vers un désintérêt de la société pour le monde rural		
Famille de Microscénarios 2 : «Quelle place pour les bassins de production locaux ? »	Microscénario 2.1. Un territoire à vocation « énergétique »	Microscénario 2.2. Un territoire qui perd de sa valeur ajoutée	Microscénario 2.3. Un territoire agro-non alimentaire	Microscénario 2.4. Un territoire fort de sa diversité		
Famille de Microscénarios 3 : «Quel avenir pour l'élevage local ?/ demain, y aura-t-il encore de l'herbe en Seine-Maritime ? »	Microscénario 3.1. Jouer la carte de l'autonomie alimentaire	Microscénario 3.2. La production de viande bovine gagne du terrain	Microscénario 3.3. La prairie normande menacée	Microscénario 3.4. Spécialisation des élevages laitiers	Microscénario 3.5. Délocalisation de la production laitière	Microscénario 3.6. L'élevage local en danger

Nous n'avons retenu que les combinaisons de configurations considérées comme les plus pertinentes pour la réflexion. Pour cela nous nous sommes appuyés sur l'avis des acteurs locaux. Lors de la dernière réunion du comité de pilotage du projet RDT2 AcTerre du 3 juin 2009, certains acteurs présents, à qui ont été présentés les scénarios, ont montré leur intérêt pour les questions concernant l'avenir de l'élevage et l'impact de cette évolution sur le ruissellement. Un scénario global portant sur la disparition de l'élevage et un autre portant sur la spécialisation des élevages laitiers paraissaient donc s'imposer. Nous avons finalement retenu quatre scénarios globaux composés d'une combinaison de 3 microscénarios.

Le scénario global A combine les microscénarios 1.4. ; 2.2. et 3.5. Nous avons intitulé ce scénario : « Le territoire perd sa production laitière traditionnelle en faveur des grandes cultures dans un contexte d'exode rural ». Ce scénario correspond à la disparition des élevages laitiers sans mise en place de réglementation environnementale.

Le scénario global B combine les microscénarios 1.2. ; 2.2. et 3.5. Nous avons intitulé ce scénario : « Cohabitation entre agriculture et néoruraux dans un territoire qui perd sa production laitière traditionnelle en faveur des grandes cultures ». Ce scénario correspond à la disparition des élevages laitiers avec mise en place d'une réglementation environnementale plus contraignante.

Le scénario global C combine les microscénarios 1.4. ; 2.2. et 3.4. Nous avons intitulé ce scénario : « Spécialisation des exploitations laitières dans un contexte d'exode rural ». Ce scénario correspond à la spécialisation des élevages laitiers avec mise en place d'une réglementation environnementale plus contraignante.

Le scénario global D combine les microscénarios 1.2. ; 2.2. et 3.4. Nous avons intitulé ce scénario : « Cohabitation entre agriculture et néoruraux dans un territoire où les exploitations laitières se spécialisent ». Comme le précédent (scénario C), ce scénario correspond à la spécialisation des élevages laitiers avec mise en place d'une réglementation environnementale plus contraignante.

De cette manière, quatre scénarios globaux ont été retenus. Les récits de ces scénarios sont présentés en Annexe 5.

Les scénarios prospectifs ont été établis à l'échelle du département de la Seine-Maritime. Cependant le ruissellement prend sa source sur un espace physique continu bien défini – le bassin versant – qui englobe généralement plusieurs territoires d'exploitations agricoles. Il s'agit donc de décliner les scénarios précédemment établis à l'échelle du bassin versant pour ensuite en évaluer les conséquences en termes de ruissellement érosif.

Pour cela nous avons identifié un bassin versant « test » qui puisse nous permettre de décliner les scénarios prospectifs. Ce bassin versant nous servira de base théorique pour évaluer les conséquences des scénarios. L'objectif est de s'appuyer sur la méthodologie établie sur ce bassin versant pour en perspective pouvoir appliquer cette méthodologie sur d'autres bassins versants.

CHAPITRE III. Couplage des scénarios prospectifs à des modèles biophysiques

Les scénarios prospectifs établis et le bassin versant d'étude identifié, nous allons maintenant nous intéresser à l'évaluation environnementale, en termes de ruissellement érosif, de ces scénarios. L'objectif dans cette partie est alors de décliner puis d'évaluer ces différents scénarios à l'échelle de petits bassins versants agricoles. Le but *in fine* étant de faire un retour aux décideurs locaux, notamment ceux ayant contribué à l'élaboration des scénarios, afin qu'ils puissent réfléchir aux choix qu'il faudrait faire dès maintenant pour rejoindre certains scénarios ou au contraire pour s'en éloigner.

Dans un premier temps, nous nous attarderons sur la description de la méthodologie adoptée pour évaluer les scénarios à l'échelle du bassin versant (partie III.4.1.) pour pouvoir l'appliquer ensuite à l'évaluation d'autres scénarios (partie III.4.2.). Dans un deuxième temps, nous nous focaliserons sur l'évaluation de ces mêmes scénarios mais à l'échelle de l'exploitation agricole, avec pour objectif de caractériser les conséquences d'une évolution de contexte sur les différents types d'exploitation (partie III.4.3.).

III.1. Une évaluation à deux échelles (bassin versant et exploitation agricole) basée sur 3 modèles (LandSFACTS, STREAM et DIAR)

Dans le chapitre II nous avons montré comment nous avons élaboré des scénarios à l'échelle du département de la Seine-Maritime. Dans ce chapitre III nous allons présenter comment ces scénarios ont été déclinés au niveau local sur le bassin versant du Saussay, présenté en fin de chapitre I.

L'évaluation des scénarios a été conduite en 3 étapes. Chacune de ces étapes s'appuie sur un modèle particulier que nous présenterons dans les pages qui suivent. Rappelons tout d'abord les étapes du travail :

1. Déclinaison des scénarios départementaux au niveau des parcelles d'exploitation du bassin versant étudié pour générer les variables d'entrée des modèles biophysiques. Cette étape a notamment nécessité le recours au modèle LandSFACTS (modèle spatialisé de génération d'assolement et de successions de cultures).
2. Evaluation globale des scénarios pour la production de ruissellement à l'exutoire du bassin versant. Cette étape a nécessité le recours à un modèle spatialisé de ruissellement (STREAM) qui prend en compte l'effet des systèmes de culture via les états de surface générés en surface des parcelles qui conditionnent le ruissellement (Cf. Chapitre I). L'objectif est ici de mesurer l'effet d'ensemble de différents scénarios sur un bassin versant considéré comme représentatif d'une situation territoriale du Pays de Caux (zone sud).
3. Evaluation des scénarios au niveau des types d'exploitations agricoles. Nous cherchons ici à savoir si certaines exploitations sont plus ou moins sensibles à l'avènement de tel ou tel scénario. L'idée est de s'abstraire du bassin versant d'étude pour discuter des sensibilités intrinsèques des différents types d'exploitations agricoles aux différents scénarios et amorcer la réflexion sur l'extrapolation des résultats du bassin du Saussay à d'autres zones du Pays de Caux. Cette évaluation des pressions de ruissellement a été menée avec le modèle DIAR.

Le corps du chapitre III est construit autour de 3 articles soumis à des revues scientifiques. Le premier article présente le mode de couplage mis en œuvre entre les scénarios prospectifs, leur déclinaison en assolements/successions de culture à l'aide du modèle LandSFACTS et le mode d'évaluation des scénarios à l'échelle du bassin versant rendu possible par le modèle STREAM. Le deuxième article présente une gamme de scénarios effectivement évaluée par cette méthode en s'intéressant plus particulièrement à la question du devenir de l'élevage et à la réponse que peuvent apporter les décideurs locaux. Le troisième article s'appuie sur les mêmes scénarios en focalisant l'analyse sur les évolutions différenciées des types d'exploitations agricoles présentes sur le bassin d'étude (utilisation de DIAR).

C'est dans le premier et le deuxième article que nous testerons notre première hypothèse de travail sur l'effet des scénarios sur l'évolution du ruissellement à l'exutoire du bassin versant. Le troisième article permettra de tester la deuxième hypothèse sur le rôle du fonctionnement des exploitations dans l'évolution de la pression de ruissellement. Chacun de ces trois articles contribue au test de la troisième hypothèse sur la variabilité de la production de ruissellement pour un même scénario.

III.2. Déclinaison des scénarios : cas des assolements et des successions de cultures

III.2.1. Approche générale du problème

Les scénarios définis dans le chapitre II donnent des indications générales quant aux évolutions de surface de telle ou telle culture mais ils ne précisent pas comment ces évolutions se déclinent au sein d'un territoire d'exploitation. Ces évolutions sont à considérer par rapport aux évolutions d'assolements (surfaces de chaque culture) ainsi qu'en termes de modification de successions de cultures. Les successions de cultures sont importantes à considérer car elles génèrent des différences d'intercultures (nature et conduite) avec de forts impacts sur la production de ruissellement hivernal.

Face à ce problème, nous avons mis en œuvre un certain nombre de règles simplificatrices :

- Conformément à ce qui a été présenté dans le chapitre I, les exploitations sont réparties en types. C'est au niveau de ces types que sont déclinés les scénarios et non au niveau de chaque exploitation individuelle. D'un type à l'autre la déclinaison d'un même scénario pourra se faire différemment. Nous avons néanmoins tenu compte de certaines contraintes spécifiques à chaque exploitation¹².
- Nous avons fait l'hypothèse qu'à l'échéance 2015 certains types d'exploitations peuvent disparaître mais sans entraîner de redécoupage parcellaire ; le parcellaire existant d'une exploitation est alors repris entièrement par une autre exploitation ou réparti entre plusieurs.
- L'agrégation de microscénarios entre eux permet d'obtenir des relations qualitatives entre les surfaces des différentes cultures ce qui permet de générer un réseau de contraintes (ex : une culture se développera aux dépens de telle autre dans tel type d'exploitation considéré).

¹² Par exemple : existence de surfaces en herbe obligatoire (pente ou cailloux) qui empêchera le retournement et la conversion en une autre culture ou règle de l'agriculteur interdisant la mise en place de prairies sur les parcelles les plus éloignées de l'exploitation.

- Les scénarios globaux sont constitués de trois microscénarios, chacun issu d'une famille de microscénarios. La déclinaison de chacun de ces microscénarios se complétant de manière mutuelle, nous avons pris le parti d'établir un ordre dans la déclinaison de chaque microscénario. Nous avons ainsi dans un premier temps décliné les microscénarios issus de la Famille 3, puis ceux de la Famille 2 et enfin ceux de la Famille 1.

Dans le cadre de la déclinaison du scénario A, le

Tableau III-1 illustre la manière dont les microscénarios 1d, 2b et 3e, ont été déclinés au niveau des exploitations.

Tableau III-1 : Caractéristiques de la déclinaison des différents microscénarios à l'échelle de l'exploitation agricole (cas du scénario global A)

Microscenario	Déclinaison à l'échelle de l'exploitation agricole																																																										
Microscenario 3e	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Exploitations concernées</u> : exploitations laitières • <u>En règle générale</u> : les EA lait disparaissent toutes ① Reconversion lait-grandes cultures ou reconversion lait-viande selon : <ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>reconversion lait-grandes cultures</u> si l'exploitation laitière ne possède pas de STHO → mise en cultures des surfaces en prairies (STH non obligatoire); Néanmoins quand cette STHO est faible (<5-10 ha) il peut néanmoins y avoir passage en système culture en trouvant des valorisations ponctuelles d'herbe: vente d'herbe sur pied, vente de foin "à faire", prise de quelques bêtes en pension... ❖ <u>reconversion lait-viande</u> si l'exploitation possède de la STHO → mise en cultures de surfaces en prairies (STH non obligatoire), les prairies préservées sont les STHO et sont valorisées par des bovins (VA, bœufs) ② Dans ces nouvelles exploitations d'élevage bovin viande, on observe une grande diminution voire suppression des cultures fourragères au profit de nouvelles têtes d'assolement: féveroles, pois, colza. Les cultures industrielles sont conservées. ③ Ce microscénario est associé à un microscénario de la Famille 2 où la Betterave Sucrière disparaît (microscénario 2.2.), la Betterave Sucrière n'est pas remplacée par de la Betterave Fourragère. Il y a une autoconsommation de céréales en substitution des pulpes déshydratées. Un hectare de Betteraves Sucrières à 80 tonnes produit environ 40 t de pulpes humide à 10% de MS. 																																																										
Microscenario 2b	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Exploitations concernées</u> : exploitations en grandes cultures; exploitations Bovin viande; exploitations laitières possédant des cultures industrielles (BS, lin, PDT) • <u>En règle générale</u> : <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>évolution</th> <th>↘</th> <th>=</th> <th>↗</th> <th>⊕</th> <th>évolution</th> <th>↘</th> <th>=</th> <th>↗</th> <th>⊕</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PDT (Lunor)</td> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>blé</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PDT (export)</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> <td>pois</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>BS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td>colza</td> <td></td> <td></td> <td>x</td> <td></td> </tr> <tr> <td>lin</td> <td>x</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>colza (jachère énergétique)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table> • <u>Selon l'exploitation</u> : <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tbody> <tr> <td>EA avec BS+PDT (Lunor)</td> <td>surfaces libérées par suppression BS, jachères (énergétiques), pois et baisse PDT, lin remplacées par colza, blé, orge</td> </tr> <tr> <td>EA avec BS + PDT (export)</td> <td>surfaces libérées par suppression BS, jachères (énergétiques), pois et baisse lin remplacées par colza, blé, orge, PDT</td> </tr> <tr> <td>EA sans BS + PDT (Lunor)</td> <td>surfaces libérées par suppression jachères (énergétiques), pois et baisse PDT, lin remplacées par colza, blé, orge</td> </tr> <tr> <td>EA sans BS + PDT (export)</td> <td>surfaces libérées par suppression jachères (énergétiques), pois et baisse lin remplacées par colza, blé, orge, PDT</td> </tr> </tbody> </table> 	évolution	↘	=	↗	⊕	évolution	↘	=	↗	⊕	PDT (Lunor)	x				blé			x		PDT (export)			x		pois				x	BS				x	colza			x		lin	x				colza (jachère énergétique)				x	EA avec BS+PDT (Lunor)	surfaces libérées par suppression BS, jachères (énergétiques), pois et baisse PDT, lin remplacées par colza, blé, orge	EA avec BS + PDT (export)	surfaces libérées par suppression BS, jachères (énergétiques), pois et baisse lin remplacées par colza, blé, orge, PDT	EA sans BS + PDT (Lunor)	surfaces libérées par suppression jachères (énergétiques), pois et baisse PDT, lin remplacées par colza, blé, orge	EA sans BS + PDT (export)	surfaces libérées par suppression jachères (énergétiques), pois et baisse lin remplacées par colza, blé, orge, PDT
évolution	↘	=	↗	⊕	évolution	↘	=	↗	⊕																																																		
PDT (Lunor)	x				blé			x																																																			
PDT (export)			x		pois				x																																																		
BS				x	colza			x																																																			
lin	x				colza (jachère énergétique)				x																																																		
EA avec BS+PDT (Lunor)	surfaces libérées par suppression BS, jachères (énergétiques), pois et baisse PDT, lin remplacées par colza, blé, orge																																																										
EA avec BS + PDT (export)	surfaces libérées par suppression BS, jachères (énergétiques), pois et baisse lin remplacées par colza, blé, orge, PDT																																																										
EA sans BS + PDT (Lunor)	surfaces libérées par suppression jachères (énergétiques), pois et baisse PDT, lin remplacées par colza, blé, orge																																																										
EA sans BS + PDT (export)	surfaces libérées par suppression jachères (énergétiques), pois et baisse lin remplacées par colza, blé, orge, PDT																																																										
Microscenario 1d	<ul style="list-style-type: none"> • Pas de nouvelle surface urbanisée ou de constructions. • Pratiques: <ul style="list-style-type: none"> - suppression des intercultures pour toutes les exploitations : remplacement par un déchaumage à dents, à socs ou à disques selon l'exploitation ou par un chantier de récolte non déchaumé pour les exploitants non enquêtés (idem 2007) - pas d'obligation de maintien des surfaces en herbe 																																																										

Les informations obtenues par ce mode de raisonnement restent toutefois insuffisantes pour définir directement des occupations du sol et des successions de cultures sur chacune des

parcelles. De fait, les enquêtes réalisées auprès des agriculteurs ont permis de révéler les grandes règles d'assolement et de succession de culture telles que définies selon le modèle conceptuel de Maxime *et al* (1995) : taille de la sole, délai de retour, zone cultivable, précédent souhaité. Nous avons combiné ces règles avec les informations sur les évolutions d'assolement par type d'exploitation. Cette combinaison d'informations a été rendue possible grâce au logiciel LandSFACTS¹³ (Landscape Scale Functional Allocation of Crops Temporally and Spatially).

III.2.2. Le modèle LandSFACTS

LandSFACTS est un logiciel d'allocation spatiotemporelle des cultures aux parcelles, destiné aux chercheurs et modélisateurs en agronomie et environnement. Il a été développé dans le cadre du projet SIGMEA¹⁴ par une équipe de chercheurs du Rothamsted Research au Royaume-Uni. Ce logiciel est conçu pour produire des cartes d'occupation des sols au cours du temps à l'échelle du paysage, dans le but de construire des scénarios d'allocation spatiale des cultures et/ou de compléter des données spatiales manquantes.

LandSFACTS alloue les cultures aux parcelles au cours du temps, en respectant :

- les contraintes de rotations culturales, intégrées au modèle sous forme de matrices de transition définissant les probabilités de successions culturales comme un processus markovien (Castellazzi *et al.*, 2008).
- les contraintes d'arrangement spatiotemporel des cultures, intégrées au modèle soit par des restrictions spatiales ou temporelles (délai de retour, distance de séparation etc.), soit par des motifs culturels mesurés par des tests statistiques spécifiques (Castellazzi *et al.*, 2007a, 2007b).

Les entrées nécessaires à LandSFACTS sont les suivantes :

- un fichier de formes en vecteurs pour le parcellaire de chaque exploitation (une parcelle = un polygone)
- une liste de toutes les cultures
- une définition des rotations culturales (liste de matrices de transition)
- une définition des cultures et rotations possibles par parcelle
- une définition de la situation initiale (une culture par parcelle)
- des contraintes temporelles (délai de retour, nombre maximal de répétition d'une culture ou groupe de cultures, séquences de cultures interdites)
- des contraintes spatiales (distances de séparation entre cultures)
- des proportions annuelles de cultures visées en termes de surface
- des paramètres de simulation (nombre d'années de simulation etc.) et d'itération pour contrôler le comportement du modèle.

Les sorties de LandSFACTS sont les suivantes :

- une culture par parcelle pour chaque année de simulation
- un fichier texte sur la réussite de la simulation
- des indexes de difficultés concernant le respect des contraintes imposées par l'utilisateur (nombre de pénalités par parcelle, nombre d'itérations nécessaires, etc.)
- les proportions annuelles de chaque culture
- un fichier d'export vers un système d'information géographique.

¹³ <http://www.rothamsted.ac.uk/pie/LandSFACTS>

¹⁴ <http://sigmea.dyndns.org>

Ce logiciel peut être utilisé pour tout paysage agricole dans la mesure où il n'y a pas d'informations agronomiques intrinsèques au logiciel. Il a ainsi été utilisé aussi bien au Royaume-Uni qu'en France (Bourgogne (Castellazzi, 2007b), Bretagne (Thenail *et al.*, 2009).

III.2.3. Prise en compte de la variabilité des occupations du sol du bassin versant pour 2007 et 2015

Avant d'aborder cette question il est important de préciser le vocabulaire utilisé. Dans le mémoire nous appellerons « **Allocation** » l'attribution spatiale des cultures aux parcelles à l'échelle de l'exploitation agricole et « **Configuration** », l'attribution spatiale des cultures aux parcelles à l'échelle du bassin versant (combinaison de différentes allocations d'exploitations agricoles).

Notre 3^{ème} hypothèse porte sur la variabilité du ruissellement généré par la variabilité possible des occupations du sol du bassin versant pour un même scénario. De fait pour un même scénario à horizon 2015, pour chaque exploitation, différentes allocations sont possibles. L'échéance 2015 définit les grandes lignes de l'assolement et des contraintes de succession de culture. Le modèle LandSFACTS nous a permis de générer des successions d'allocations pour chacune des exploitations considérées. Chacune de ces allocations est équiprobable dans le cadre de l'échéance 2015. Nous sommes donc face à un problème combinatoire qui peut s'avérer complexe puisque nous pouvons potentiellement obtenir de très nombreuses configurations résultant de l'agrégation des différentes allocations indépendantes les unes des autres. Le même mode de raisonnement vaut aussi pour l'évaluation de la situation initiale fixée à 2007. Nous aurions pu partir de l'assolement réellement constaté en 2007 sur le bassin versant. Mais cet assolement n'est qu'une possibilité des règles de succession de culture et du contexte socio-économique qui prévalait à l'époque. D'autres configurations auraient pu être tout aussi probables. C'est d'ailleurs ce qui a été étudié par Joannon (2004) dans son travail de thèse.

Partant de ce constat nous avons décidé de simplifier le problème. Pour la situation initiale 2007 et pour chaque scénario évalué à horizon 2015, nous avons généré 50 configurations de bassin versant comme support de l'évaluation par le modèle STREAM. Ces 50 configurations ont été obtenues en combinant 50 fois une allocation particulière de chacune des exploitations. Les allocations retenues par exploitation ont été obtenues de la manière suivante. Le modèle LandSFACTS a été lancé autant de fois qu'il le fallait pour obtenir 50 simulations complètes. Par simulation complète nous entendons une simulation dans laquelle LandSFACTS est parvenu à établir, pour chaque parcelle d'une exploitation, une occupation du sol sur 12 années successives. Ce choix de 12 années résulte du fait que le plus long délai de retour constaté pour une culture sur le site était de 11 ans (cas du lin). Pour chaque simulation complète on retient l'allocation de la 12^{ème} année simulée. La première allocation de la première exploitation est alors combinée avec la première allocation de toutes les autres exploitations pour définir la première configuration, et ainsi de suite jusqu'à obtention de la cinquantième configuration de bassin versant.

III.3. Les modèles biophysiques mobilisés dans le cadre de l'étude

III.3.1. Modèles à l'échelle du bassin versant

III.3.1.1. Analyse des différents modèles possibles

De nombreux modèles de simulation du ruissellement ont été élaborés, cependant tous n'ont pas été développés avec le même objectif et ne simulent pas le ruissellement aux mêmes

échelles spatiales et temporelles. De même, le niveau de description des processus du ruissellement, et donc les facteurs pris en compte, ainsi que la quantité de données d'entrée nécessaires, diffèrent pour chaque modèle.

Un inventaire non exhaustif de modèles existants est fourni dans le **Tableau III-2**.

**Tableau III-2 : Synthèse des principaux modèles de ruissellement
(D'après Joannon, 2004)**

Modèles	Auteurs	Modèle spatial simulant les chemins d'eau	Prise en compte du couvert, de la rugosité et du faciès dans le module d'infiltration	Paramètres de modélisation des chemins d'eau	Echelle temporelle
ANSWERS Areal non-point source watershed environment response simulation	Beasley <i>et al.</i> , 1980	X	Couvert/Rugosité	T	Ev. Pl.
EPIC Erosion-productivity impact calculator	Williams <i>et al.</i> , 1984		Couvert/Rugosité	-	Jour
EROSION 3D	Schmidt <i>et al.</i> , 1997	X	Couvert/Rugosité	T	Ev. Pl.
EUROSEM European soil erosion model	Morgan <i>et al.</i> , 1998	Partiel	Couvert/Rugosité	-	Ev. Pl.
KINEROS Kinematic runoff and erosion model	Smith <i>et al.</i> , 1995	Partiel	Couvert/Rugosité	-	Ev. Pl.
LISEM Limburg soil erosion model	De Roo <i>et al.</i> , 1996	X	Couvert/Rugosité/Faciès	T-TR-EL	Ev. Pl.
RuiCells	Langlois et Delahaye, 2002	X		T	Ev. Pl.
STREAM Sealing and transfer by runoff and erosion related to agricultural management	Cerdan, 2001; Cerdan <i>et al.</i> , 2002b	X	Couvert/Rugosité/Faciès	T-WS-EL	Ev. Pl.
TCRP/logit Tillage-controlled runoff pattern model/Logistic model	Takken <i>et al.</i> , 2001a	X	-	T-WS-EL	-
TOPMODEL	Beven et Kirby, 1979			-	Jour
WEPP Water erosion prediction project	Flanagan et Nearing, 1995	Partiel	Couvert/Rugosité/Faciès	-	Année

Légende : Modèle spatial « partiel » : modèle découpant l'espace en versants homogènes et en collecteurs ; Evt Pl: échelle temporelle de l'événement pluvieux ; T : topographie ; TR : trace de roue ; WS : travail du sol, EL : élément linéaire ; - : information non pertinente pour le modèle

Parmi ces modèles nous avons choisi le modèle STREAM qui, dans notre cas précis, permet le mieux de rendre compte du processus érosif dans les plaines limoneuses pour plusieurs raisons :

- Les systèmes de culture ont un effet sur le ruissellement à travers les modifications des **états de surface** qui déterminent l'infiltration à l'échelle de la parcelle agricole et par leur organisation spatiale à l'échelle du bassin versant. Il est donc primordial que le modèle choisi tienne compte des caractéristiques des états de surface du sol créés par les systèmes de culture. En effet, les états de surface du sol influencent l'infiltration et la détention superficielle (faciès, rugosité et couvert végétal).
- Nous souhaitons rendre compte de la concentration des écoulements à l'**échelle du bassin versant**, le bassin versant est donc l'échelle de modélisation qui nous intéresse.
- Nous souhaitons prendre en compte la concentration du ruissellement et également des possibilités d'infiltration à l'aval du ruissellement venant de l'amont. L'utilisation d'un **modèle spatialisé** s'impose alors. A l'échelle du bassin versant, le modèle spatial STREAM permet, pour une parcelle donnée, la simulation de l'infiltration de l'eau ruisselée venant de l'amont. STREAM est couplé à un système d'information géographique (SIG) pour gérer les relations entre les mailles élémentaires et modéliser les flux d'eau.
- Comme exposé précédemment, le réseau d'écoulement de l'eau ne dépend pas uniquement de la topographie du bassin versant mais également des directions de travail du sol, en complément des éléments linéaires d'origine agricole (fourrières et dérayures) ainsi que des routes et des chemins. Ces éléments qui sont susceptibles de modifier le réseau d'écoulement sont indispensables à une modélisation correcte du ruissellement érosif. Il semble donc nécessaire d'utiliser un modèle qui ne considère pas que la topographie comme facteur d'orientation des écoulements, mais qui prenne en compte le **sens de travail du sol et les éléments linéaires**.
- Généralement, les modèles de conception complexe nécessitent un grand nombre de variables d'entrée qui ne sont pas toujours facilement accessibles. Le modèle STREAM est un modèle de type expert¹⁵ dont les données d'entrée sont plus simples d'accès et moins nombreuses que celles de modèles mécanistes (e.g. LISEM). En effet, le modèle STREAM a été conçu pour n'avoir que **peu de paramètres en entrée et des paramètres facilement mesurables ou estimables**. Cette facilité d'acquisition des données d'entrée et leur faible nombre sont un atout dans notre démarche.

Comme nous l'avons mentionné plus haut, notre objectif n'est pas d'évaluer une réalité de terrain particulière mais de bâtir une méthode d'évaluation simple et facilement reproductible des systèmes de culture et de leurs évolutions dans différents bassins versants. Ainsi, le modèle STREAM, sans aller aussi loin que d'autres modèles dans la modélisation du ruissellement, permet de simuler les principaux effets des systèmes de culture sur le ruissellement. Nous avons par conséquent choisi de retenir ce modèle.

¹⁵ STREAM est un modèle expert dont la démarche de construction a consisté à analyser les mécanismes du ruissellement pour en faire émerger les principaux déterminants. Des expérimentations sous simulateur de pluie et en conditions réelles ont permis, par la suite, de quantifier ces paramètres pour des sols limoneux du nord de l'Europe.

III.3.1.2. Présentation du modèle STREAM

L'objectif recherché à travers le développement de STREAM est l'élaboration d'un modèle maillé de prédiction du ruissellement et de l'érosion opérationnel en recherchant le compromis optimal entre la prise en compte des processus élémentaires, le nombre de variables nécessaires et leur disponibilité. Le modèle est un modèle spatial dont les échelles spatiales et temporelles sont le bassin versant et l'événement pluvieux. Ce n'est pas un modèle dynamique au sens où il ne prend pas en compte des pas de temps inférieurs à la durée totale de la pluie. Il est structuré en quatre modules interdépendants (Figure III-1) décrivant respectivement, le réseau d'écoulement (Souchère *et al.*, 1998), le ruissellement (Cerdan *et al.*, 2002a), l'érosion diffuse (Cerdan *et al.*, 2002b) et l'érosion linéaire (Souchère *et al.*, 2003). La démarche suivie pour l'élaboration de ces modules est identique : identification et 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 références regroupant des expérimentations au laboratoire et au champ depuis l'échelle du m² jusqu'à l'échelle du bassin versant (Cerdan *et al.*, 2002c).

Ce modèle permet donc 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...).

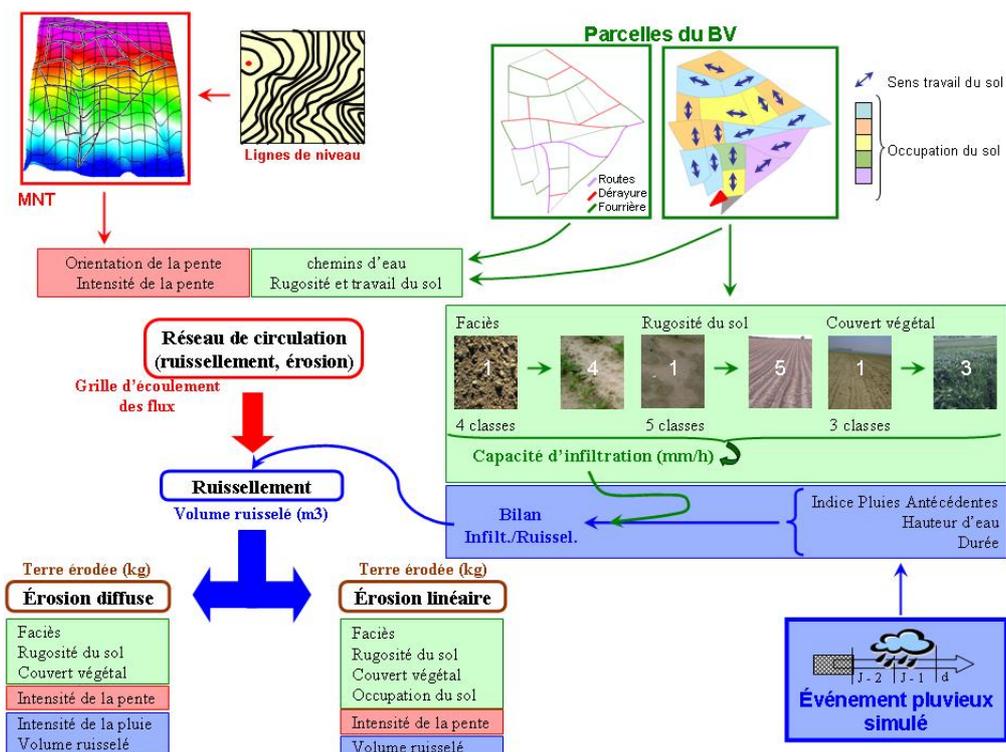


Figure III-1 : Structure modulaire de STREAM et données d'entrée (d'après Souchère, HDR en cours ou Com. Personnelle)

Le fonctionnement du modèle STREAM nécessite de disposer, pour l'ensemble du bassin versant étudié, de données (Figure III-1) non seulement topographiques (intensité et orientation des pentes) et pluviométriques (durée et intensité des pluies, hauteur d'eau des événements pluvieux, historique des pluies) mais aussi de données sur le parcellaire (forme, taille, occupation du sol, état de surface du sol et direction du travail du sol de chaque

parcelle) et sur les chemins d'eau d'origine anthropique (localisation et orientation des fourrières, des dérayures, des routes, etc.).

Les informations nécessaires pour produire le MNT et dériver les données topographiques sont issues d'une digitalisation des courbes de niveau du secteur étudié dont la qualité impose la résolution du pixel. Les données pluviométriques sont issues d'un jeu de données INRA obtenues avec des pluviomètres basculeurs localisés dans différents secteurs du Pays de Caux pour développer le modèle STREAM (Lecomte, 1999 ; Joannon, 2004). Les données sur le parcellaire ont été générées via le Registre Parcellaire Graphique complétées par une digitalisation, à partir de photos aériennes, des limites de parcelles à l'intérieur des îlots PAC et par des enquêtes auprès des exploitants agricoles.

Dans le cadre de ce travail, seul le ruissellement a été pris en compte. Par conséquent, nous ne présentons succinctement ici que les modules ruissellement et réseau de circulation.

L'estimation du volume ruisselé, variable de sortie du module ruissellement, est réalisée en deux étapes. Au cours de la première étape, le potentiellement d'infiltration pour chaque pixel et pour un événement pluvieux donné est calculée par l'équation (1) :

$$\text{Bilan Infiltration / Ruissellement} = R - IR - (IC * t) \quad (1)$$

où R est la hauteur d'eau de l'événement en mm, IR est la quantité de précipitations nécessaires pour atteindre la saturation du sol en mm, IC est la capacité d'infiltration en mm et t, la durée de l'événement pluvieux en min.

Pour appliquer cette équation, il est nécessaire d'affecter une capacité d'infiltration à chaque parcelle. Dans STREAM, les classes de capacité d'infiltration, qui varient de 2 à 50 mm/h, sont déterminées à partir d'une règle de décision qui intègre plusieurs paramètres (faciès, rugosité et taux de couvert végétal) caractérisant l'état de surface du sol (Cerdan *et al.*, 2002a) Ces paramètres sont normalement issus d'observations de terrain. Dans notre cas, si ces observations auraient été possibles pour l'année 2007 incluse dans le temps de thèse, elles étaient inenvisageables pour 2015. Par conséquent, nous avons choisi d'affecter directement une capacité d'infiltration à chaque occupation du sol (Tableau III-3) pour les simulations des années 2007 et 2015. Cette simplification a été possible car Joannon (2004) a établi une correspondance entre occupations du sol et états de surface à partir de l'analyse de plusieurs sources de données : suivis de terrain, expérimentations au champ ou au laboratoire en conditions hydriques contrôlées et expertises locales. Ces correspondances ont été validées pour deux périodes (mai et décembre) où les états de surface sont relativement stables en l'absence de changement majeur dû aux pratiques agricoles tout en étant particulièrement sensibles vis-à-vis du ruissellement et de l'érosion en raison des conditions climatiques.

Tableau III-3 : Correspondance entre occupation du sol et capacité d'infiltration (d'après Joannon, 2004)

Récapitulatif des infiltrations potentielles- Période hivernale	
Occupation du sol/Itinéraire technique	Infiltration potentielle (mm/h)
Semis de blé, escourgeon et colza	2
Chantier récolte non travaillé (BS/lin/Pois/Maïs/PDT)	2
Chantier récolte non travaillé (céréales/colza)	5
Déchaumage à socs après céréales à paille	20
Déchaumage à socs après autres cultures	10
Déchaumage outils à dents ou disques	5
Semis de moutarde après pois/pomme de terre	5
Moutarde après autres cultures	10
RGA semé début septembre	10
RGA semé fin septembre	5
Prairie uniquement fauchée	50
Prairie pâturée ou fauchée et pâturée	20
Récapitulatif des infiltrations potentielles-Période printanière	
Occupation du sol/Itinéraire technique	Infiltration potentielle (mm/h)
Semis de blé, escourgeon et colza	5
Semis de pois roulé	5
Semis de pois non roulé	10
Semis de lin roulé	2
Semis de lin non roulé	5
Semis de betteraves sucrières début mars	5
Semis de betteraves sucrières mi mars	10
Semis de betteraves sucrières fin mars	20
Semis de betteraves sucrières début avril	10
Plantation de Pomme de terre	2
Semis de maïs	5
Prairie	50

Ensuite, nous avons utilisé deux épisodes pluvieux identifiés par Joannon (2004) comme représentatifs des conditions climatiques des deux périodes (mai et Décembre) afin d'obtenir les paramètres R, IR et t (Tableau III-4). Ces événements ont été utilisés pour tous les scénarios testés. Lorsque tous les paramètres sont connus, l'équation peut être appliquée. On obtient alors une valeur bilan Infiltration/Ruissellement qui indique si un pixel est ruisselant (cas où la valeur est positive) ou au contraire si en plus d'infiltrer la hauteur de pluie tombée, il a la capacité d'infiltrer une partie ou la totalité d'un éventuel ruissellement amont (cas où la valeur bilan est négative).

Tableau III-4 : Caractéristiques des événements pluvieux utilisés

	Événement pluvieux R_A 	Événement pluvieux R_B 
Intensité moyenne (mm/h)	9.50	5.95
R (mm)	22.0	29.6
t (h)	2h19	4h58
IR (mm)	37.2	9.2

La deuxième étape consiste donc à intégrer ce bilan infiltration/ruissellement à l'échelle du bassin versant afin de pondérer l'accumulation de l'excès d'eau de surface provenant de l'amont par des zones potentielles d'infiltration. Ceci nécessite de tenir compte de l'existence de motifs d'origine anthropique susceptibles de réorienter les écoulements surfaciques. En effet, nous avons vu dans le chapitre 1 que dans les zones à relief modéré, le contour des bassins versants et le réseau interne de circulation des eaux de ruissellement sont déterminés par des chemins privilégiés de circulation d'eau (dérayures, routes, fossés, etc.) et par le parcellaire puisque ce dernier impose le plus souvent la direction du travail du sol. Souchère *et al.* (1998) ayant mis en évidence la forte relation existant entre la direction d'écoulement du ruissellement et une combinaison des facteurs suivants : la rugosité de la surface du sol, l'intensité de la pente et l'angle entre la direction du travail du sol et l'orientation de la pente, une règle de décision combinant ces paramètres a donc été introduite dans STREAM pour modifier la direction des écoulements dérivée du Modèle Numérique de Terrain. Cette règle permet ainsi de décider pour chaque pixel si la direction des flux d'eau est imposée par la pente ou par la direction du travail du sol. Ensuite, pour calculer le volume ruisselé en un pixel donné, STREAM utilise les sorties du modules réseau d'écoulement (grille de direction des flux et grille d'accumulation des flux) pour respecter l'ordre de déplacement d'un pixel à un autre qu'il combine au bilan Infiltration/Ruissellement de ce même pixel (Figure III-2). Cette combinaison est effectuée sur l'ensemble des pixels constituant le bassin versant pour calculer le volume ruisselé en tout point du bassin versant étudié.

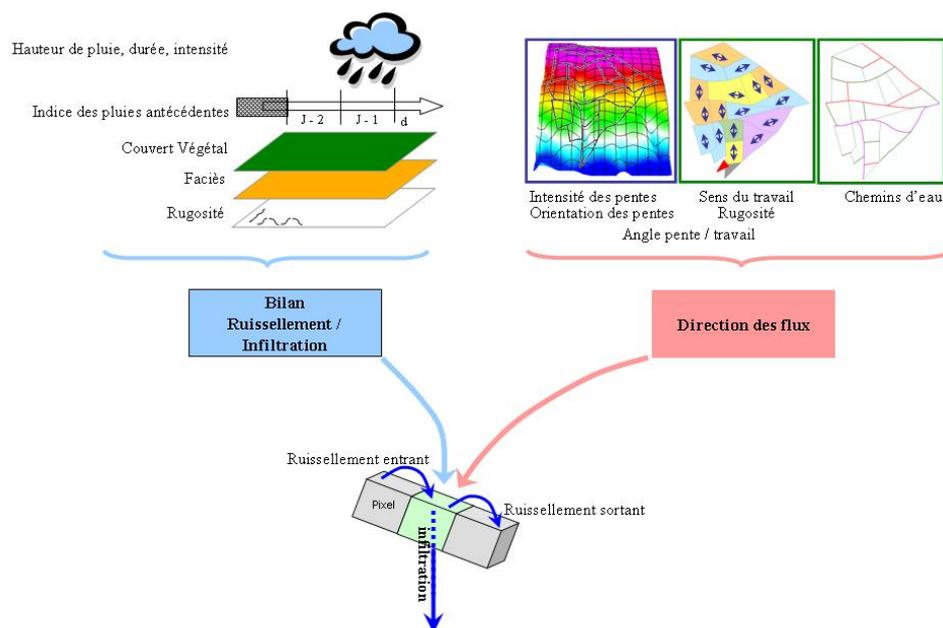


Figure III-2 : Calcul du volume ruisselé en chaque pixel (d'après Souchère, Com. Personnelle)

III.3.2. Modèles à l'échelle de l'exploitation agricole

L'évaluation des scénarios avec STREAM permet d'intégrer les évolutions de pression de ruissellement générées par les modifications de systèmes de culture ainsi que les conséquences de l'organisation spatiale de ces systèmes de culture sur le ruissellement à l'exutoire. Cette approche permet de bien rendre compte de ce qui se passe dans un site donné mais il peut être délicat d'extrapoler les résultats à un autre territoire, voisin, au sein du Pays de Caux. Une approche complémentaire consiste à travailler au niveau des types d'exploitations agricoles afin d'analyser comment leur pression de ruissellement est modifiée selon tel ou tel scénario. Le transfert à un autre site peut alors se faire, en termes de pression de ruissellement, sur la base des proportions de types d'exploitations présentes sur ce site. C'est dans cette optique que nous avons souhaité développer une évaluation des scénarios au niveau exploitation agricole.

Notons par ailleurs que le modèle STREAM est spatial mais non dynamique. Les états estimés aux dates clé du printemps et de l'hiver sont des états moyens statistiques qui ne tiennent pas compte de la réalité des dates d'intervention des différents agriculteurs. Nous souhaitons donc disposer d'un modèle de pression de ruissellement qui décrit la dynamique temporelle pour rendre compte d'éventuels transferts de ruissellement d'une saison à l'autre en fonction des modifications générées par les scénarios.

III.3.2.1. Analyse des différents modèles possibles

Les modèles de pression de ruissellement à l'exploitation sont bien moins développés que les modèles au niveau bassin versant que nous avons exposé dans la partie précédente (Martin, 2009). De fait, au niveau exploitation, les approches développées relèvent plutôt des indicateurs indirects de risque d'érosion que d'une modélisation effective des niveaux de ruissellement produits (Zahm, 2003; Vilain, 2008). On s'intéresse aussi beaucoup plus à la protection des sols de chaque parcelle de l'exploitation qu'à l'émission de ruissellement que ces parcelles peuvent générer sur des parcelles situées plus en aval. Dans cette logique on va prendre pour indicateur des taux de couverture des sols par la végétation. Ces indicateurs ne sont, de fait, pas directement utilisables pour notre travail. Une autre approche a été développée récemment par Martin *et al.* (2010) avec le modèle DIAR.

III.3.2.2. Présentation du modèle DIAR

Le principe du modèle DIAR est de rendre compte de la dynamique temporelle de production de ruissellement au niveau d'une surface agricole conduite de manière homogène. Le modèle DIAR permet de produire des indicateurs de la pression de ruissellement exercée par les différents systèmes de culture d'une exploitation. Le modèle DIAR permet d'affecter à chaque lot de parcelles conduite de manière homogène les systèmes de culture¹⁶ mis en œuvre une année donnée. Ces systèmes de culture génèrent des successions de situations culturales, c'est-à-dire d'état de la parcelle qui va avoir sa dynamique d'évolution propre sous l'action du climat jusqu'à la prochaine intervention de l'agriculteur et la création d'une nouvelle situation culturale. Le calcul du ruissellement quotidien repose :

(1) sur l'attribution pour chaque surface considérée, d'une valeur de curve number. Cette valeur est ajustée sur un pas de temps quotidien en fonction des dates d'intervention sur les parcelles et de l'évolution des états obtenus sous l'action des pluies (dégradation de la surface) et du développement du couvert (protection de la surface). Dans cette logique, ne

¹⁶ succession de cultures (couple précédent-suivant) et itinéraire technique

sont retenues que les interventions culturales pouvant modifier le ruissellement ; c'est-à-dire celles modifiant les états de surface (facies, rugosité, couverture du sol) ou l'état structural du sol (tassement).

(2) sur le calcul d'un ruissellement quotidien sur la base de la valeur du curve number déterminé en 1 et de valeurs de précipitations quotidiennes.

A chacune des situations culturales successives ainsi créée est associée une réponse hydrologique déterminée par une valeur de *curve number*¹⁷ et le niveau de la pluie considérée. Les valeurs de curve number ont été ajustées statistiquement à partir de nombreuses mesures de ruissellement sur parcelles expérimentales (pluie naturelles et simulation de pluie). Ces expérimentations ont montré que pour une même surface considérée à la même date, la valeur de curve number qu'on pouvait lui associer diminuait en fonction de l'importance de la pluie quotidienne considérée (Martin *et al.*, 2010). Il en résulte que dans la base de données de DIAR, les valeurs de ruissellement en fonction de la pluie quotidienne dépendent de 6 paramètres (a, b, R1, R2, CNlim) propres à l'état de la surface considérée (Figure III-3).

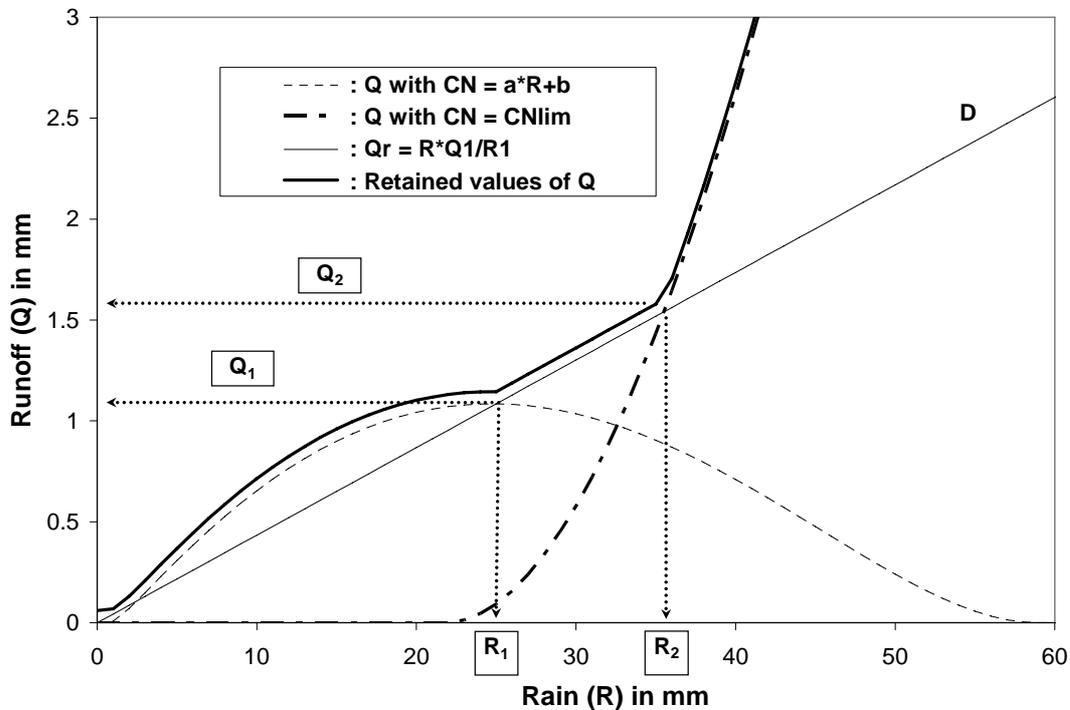


Figure III-3: Illustration de la méthode de calcul du ruissellement en fonction des précipitations. Pour cet exemple, $a=-0.9$, $b=99$, $R_1=25$ mm; $Q_1=1.1$ mm, $R_2=36$ mm, $Q_2=1.7$ mm, $CN_{lim}=70$ (Martin *et al.*, 2010)

Ces valeurs de *curve number* évoluent elles-mêmes sous l'action dégradante des cumuls de pluies ou de la protection assurée par le développement des couverts végétaux. Ainsi, la valeur du *curve number* augmente avec la dégradation de l'état de surface du sol (valeur maximum=100). Il est alors possible, sur la base d'informations de pluies quotidiennes de modéliser le ruissellement généré par chaque surface homogène de l'exploitation agricole. Le ruissellement ainsi simulé permet de réaliser des comparaisons entre systèmes de culture et/ou entre exploitations agricoles. Le paramétrage des valeurs de Curve Number utilisées dans DIAR a été effectué à partir d'essai de terrains effectués dans le Pays de Caux sur une dizaine d'années (Martin *et al.*, 2010).

¹⁷ approche du Soil Conservation Service américain qui relie le ruissellement à un niveau de pluie par une fonction qui ne dépend que d'un seul paramètre : le « curve number » (USDA-SCS, 1986)

L'interface informatique de DIAR permet de faciliter la saisie des informations relatives à une exploitation agricole. Pour chaque couple précédent-suivant on va saisir, à l'aide de menus déroulants, les techniques culturales mises en œuvre ainsi que les surfaces concernées. Le lancement du programme se fait après avoir choisi les scénarios climatiques (pluie quotidienne sur un an) avec lesquels on souhaite travailler. Les sorties du modèle sont les valeurs de ruissellement par décade sur une année (1^{er} juillet à fin juin). Un indicateur agrégé est aussi généré. Il s'agit du ruissellement annuel moyen décadaire avec distinction de la part des décades de printemps-été par rapport aux décades d'automne-hiver. Cet indicateur permet de comparer rapidement deux exploitations ou deux modalités d'une même exploitation. On peut ainsi voir si le ruissellement moyen est plus ou moins important et dans le cas d'une différence identifier sur quelle période cette modification porte réellement. Le retour aux informations décadaire permet alors d'affiner le diagnostic.

Le ruissellement est calculé quotidiennement mais les sorties du modèle sont le plus souvent effectuées par décade. Un calcul du ruissellement moyen annuel ramené à une décade est aussi possible. Pour récapituler, DIAR est un modèle qui permet de caractériser de manière quantitative les risques de ruissellement associés aux systèmes de culture selon différents scénarios climatiques. L'outil est basé sur un indicateur qui inclut les dynamiques du ruissellement associé aux pratiques culturales. A noter, que le modèle DIAR se focalise sur l'analyse de l'effet des systèmes de culture sur le ruissellement, sans prise en compte de la dimension spatiale des phénomènes ou de l'existence d'aménagements hydrauliques réalisés par l'agriculteur sur ses parcelles. A ce titre il est donc complémentaire de STREAM.

Concrètement, pour simuler la production de ruissellement pour une exploitation agricole : les entrées nécessaires sont les **surfaces** implantées pour chaque culture, les **couples précédents/suivants**, le type d'opération culturale et les **dates de chacune de ces opérations culturales** réalisées sur la culture implantée. Nous avons, de plus, besoin d'un scénario climatique (**pluviométrie**). Dans le cadre de notre travail nous avons souhaité explorer l'effet de la variabilité climatique sur la production de ruissellement en utilisant 10 années de relevé météorologique.

Cet outil de diagnostic peut être utilisé de différentes manières. Dans le cas de notre étude, nous l'utiliserons dans les situations suivantes :

- Ensemble d'exploitations individuelles, pour permettre un repérage des types d'exploitations posant problème.
- Groupe d'exploitations sur un bassin versant, pour permettre un repérage des périodes à fort risque de ruissellement.

III.4. Articles soumis

III.4.1. Méthodologie d'évaluation des scénarios à l'échelle du bassin versant

III.4.1.1. Résumé en français

Dans la partie qui suit, présentée sous forme d'article¹⁸, nous allons exposer la méthodologie mise en place pour évaluer les impacts sur le phénomène de ruissellement érosif des scénarios, précédemment établis, à l'échelle du bassin versant.

¹⁸ Soumis à CATENA le 21 mai 2010.

En effet, les scénarios prospectifs nous procurent des informations qualitatives sur les modifications d'occupation des sols qu'il s'agit maintenant de traduire en paramètres d'entrée du modèle STREAM exposés ci-dessus. Ainsi, les informations qualitatives issues des scénarios doivent être quantifiées et spatialisées.

Déclinaison locale et quantification des scénarios

La quantification des scénarios correspond à la mise en œuvre des scénarios sur les exploitations agricoles ; en effet, la prospective permet de fournir des données qualitatives sur les différentes cultures mais les modèles qui permettront d'évaluer ces évolutions de cultures nécessitent des données quantitatives (surface de chaque culture relativement aux autres).

Plusieurs éléments sont à prendre en compte :

- L'agrégation des microscénarios entre eux nous a permis d'obtenir des relations entre les différentes cultures. Les scénarios obtenus et les relations entre les cultures permettent de poser des contraintes de surface a minima (ex : une culture se développera aux dépens de telle autre).
- Les exploitations sont réparties en types sur la base de leur orientation technico-économique. C'est au niveau de ces types que seront déclinés les scénarios et non au niveau de chaque exploitation individuelle. La déclinaison des scénarios est donc « identique » à l'intérieur de chaque type d'exploitation, en tenant compte tout de même de certaines contraintes inhérentes à chaque exploitation (par exemple, pas de prairies sur les parcelles les plus éloignées de l'exploitation). D'un type à l'autre les réponses aux scénarios pourront être différentes.
- On fait l'hypothèse qu'en 2015, il est possible que certaines exploitations disparaissent mais sans redécoupage parcellaire ; il est alors possible que certaines exploitations soient reprises par d'autres.
- Il y a de nombreuses possibilités de combinaison spatiale de cultures dans le bassin versant pour un même assolement. Pour traiter cette difficulté méthodologique, nous avons eu recours au modèle LandSFACTS¹⁹ qui nous a permis de simuler les successions de cultures sur les parcelles des agriculteurs pour un assolement donné. Les sorties de LandSFACTS ont ensuite été utilisées pour générer les données d'entrée du modèle de ruissellement (STREAM).

Création d'une diversité d'allocations des cultures aux parcelles à l'échelle de l'exploitation et du bassin versant

Dans un premier temps, et pour servir de point de comparaison, la situation initiale (2007) est évaluée et caractérisée en termes de ruissellement. Cette situation initiale est définie par les différents systèmes de culture (assolement, successions de cultures, itinéraires techniques associés) de chaque exploitation possédant au minimum une parcelle au sein du bassin versant du Saussay. Pour réaliser cette caractérisation, nous avons dû prendre en compte l'effet des modifications de l'organisation spatiale des systèmes de culture, qui résultent des successions culturales appliquées sur chaque parcelle du bassin versant. En effet, du fait des règles de succession de cultures, pour chaque exploitation, il existe une diversité d'allocations de cultures aux parcelles. Ainsi, il existe de nombreuses possibilités de combinaison spatiale de cultures dans le bassin versant pour un même assolement. Cela a été rendu possible grâce à l'utilisation du modèle LandSFACTS (modèle de répartition spatio-temporelle des cultures aux parcelles) qui permet de rendre compte de la diversité

¹⁹ <http://www.rothamsted.ac.uk/pie/LandSFACTS/>

d'allocations des cultures aux parcelles à l'échelle de l'exploitation agricole en fonction du ou des systèmes de culture de chaque exploitation.

Nous avons donc utilisé ce modèle à l'échelle de l'exploitation pour obtenir une gamme d'**allocations**²⁰ des cultures aux parcelles pour chaque exploitation possédant au moins une parcelle au sein du bassin versant.

Dans un deuxième temps, nous avons agrégé ces différentes allocations pour obtenir des **configurations**²¹ diverses du bassin versant. (Pour l'évaluation du nombre de configurations nécessaire à une estimation correcte du ruissellement, se reporter à l'Annexe 6).

Dans un troisième temps, nous avons procédé de la même manière pour le scénario à évaluer.

Choix des scénarios

La méthode SYSPAHMM utilisée pour l'élaboration des scénarios nous a permis de générer de nombreux scénarios vus comme la combinaison des différents microscénarios. Il est donc nécessaire d'effectuer une sélection de scénarios pour les tester sur le bassin choisi. Les scénarios globaux retenus ont été présentés dans la partie II.3.3.

Evaluation du scénario avec le modèle STREAM

Puis, grâce au modèle STREAM, il nous a été possible d'évaluer l'effet des systèmes de culture en simulant le ruissellement aux moments de l'année caractéristiques de la diversité des états créés (Décembre et Mai). L'évaluation du scénario retenu montre l'impact très défavorable qu'aurait la disparition de l'élevage laitier avec des conséquences sur l'accroissement des quantités de ruissellement.

²⁰ Allocation : attribution spatiale des cultures aux parcelles à l'échelle de l'exploitation agricole.

²¹ Configuration : attribution spatiale des cultures aux parcelles à l'échelle du bassin versant (combinaison de différentes allocations d'exploitations agricoles).

III.4.1.2. Methodology for land use change scenario assessment for runoff impacts: a case study in a north-western European Loess belt region (Pays de Caux, France)

C. Ronfort^{a,b*}, V. Souchère^{a,b}, P. Martin^{a,b}, C. Sebillotte^c, M.S. Castellazzi^d, A. Barbottin^{a,b}, J.M. Meynard^e, Benoit Laignel^f

^a INRA, UMR 1048 SAD-APT, F-78850 Thiverval Grignon, France

^b AgroParisTech, UMR 1048 SAD-APT, 16 rue Claude Bernard, F-75231 Paris, France

^c INRA, UR 1303 ALISS, F-94205 Ivry-sur-Seine, France

^d Macaulay Land Use Research Institute, Craigiebuckler, Aberdeen, AB15 8QH, UK

^e INRA, SAD, F-78850 Thiverval Grignon, France

^f UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen, F-76821 Mont Saint Aignan, France

* Corresponding author. UMR 1048 SAD-APT, EGER, BP01, Thiverval Grignon 78850, France, Tel: + 33 1 30 81 59 07; fax: + 33 1 30 81 59 39, email address: celine.ronfort@grignon.inra.fr

Abstract

Changes of agricultural land use often induce changes in hydrological behaviour of watersheds. Hence, effective information regarding runoff responses to future land use scenarios provides useful support for decision-making in land use planning and management. The objective of this study is to develop a methodology to assess land use change scenario impacts on runoff at the watershed scale. This objective implies translating qualitative information from scenarios into quantitative input parameters for biophysical models. To do so, qualitative information from scenarios should be quantified and spatialized.

Consequently, the approach is based on the combination of 2015 local land use change scenarios (SYSPHAMM method) based on local stakeholders expertise, a model of spatio-temporal allocation of crops to fields (LandSFACTS model) and a watershed runoff model (STREAM model) to assess local land use scenarios. The study was conducted for regions underlain by loamy soils scattered across Northern Europe. It was applied on the Saussay watershed in Upper Normandy (France). The approach is illustrated through runoff assessment of one of the land use change scenarios (characterized by the ending of the set-aside obligation and the disappearance of dairy farming). This scenario appeared relevant for local stakeholders.

The methodology presented suggests that assessing local land use scenarios in terms of runoff requires taking into account crop allocation diversity allowed by farmers' decision rules. This requirement accounts for runoff variability at the watershed outlet since crop spatial distribution throughout the watershed, depending on farmers' specific decision rules (i.e. cropping systems), strongly conditions runoff phenomenon. Besides, choices regarding scenario implementation (quantification and spatialization) should to be made according to those cropping systems.

Accordingly, taking into account crop allocation diversity due to farmers' cropping systems shows that there is a variability in terms of runoff at the watershed outlet (from 19 478m³ to 35 004m³ for the winter period and a low-intensity rainfall event for example). This variability can then be explored with local decision makers with the aim of finding solutions reducing runoff risks.

The proposed approach provides a useful source of information for assessing the responses of surface runoff of future land use changes. Such scenarios providing impact assessment on runoff should encourage both local policy makers and local actors to actively discuss the future of land use in Upper Normandy.

Key words: scenario, land use change, runoff, crop allocation, STREAM model

Introduction

In the north-western European Loess belt regions, silty soils have crusting properties that lead to a high risk of runoff (Boiffin and Monnier, 1985; Boardman *et al.*, 1994; Le Bissonnais *et al.*, 1996). Damage to public infrastructure and private property by muddy flows, silting up of retention ponds, erosion of road banks, and the contamination of surface waters by organic and inorganic pollutants constitute some of the consequences of uncontrolled runoff (Verstraeten and Poesen, 1999).

At the watershed level, spatial distribution of agricultural land use and the associated crop management practices mainly condition runoff (Van Oost *et al.*, 2000; Joannon, 2004; Lin *et al.*, 2007). These practices (i.e. cropping systems) depend on the decisions of farmers.

Socio-economic factors strongly influence farmers who are making decisions about land use and agricultural practices. In the western European farming context, farmers are influenced by financial incentives (agricultural subsidies, guaranteed prices) and quotas for example. However, the socio-economic context is constantly undergoing changes in Europe. For instance, agricultural subsidies are being decoupled from production in the Common Agricultural Policy framework, meanwhile there are consumer-driven pressures for safe and healthy food, environmentally-friendly landscapes, and clean water. As a consequence of this changing context, farmers have to quickly adapt their farming practices such as the crops cultivated and tillage operations.

These changes in context and their consequences on farming practices and associated potential impacts in terms of runoff are raising an awareness about today's decisions of local authorities. This suggests that it is necessary to foresee future agricultural land use changes as consequences of these potential decisions and to assess their environmental impacts. To guide public policy makers an evaluation of future land use changes needs to account for economic and political factors as well as the decisions farmers make at the local level.

A common approach to study the future is to define a number of possible futures, called scenarios (Audsley *et al.*, 2006). Scenarios approaches use quantitative and qualitative knowledge in the process design (Alcamo, 2001; Van Notten *et al.*, 2003). Qualitative methods, often called narrative storylines, represent the views of several different stakeholders and experts at the same time. The role of qualitative methods in building and assessing the relevance of scenarios is increasingly claimed and recognised (Van Notten *et al.*, 2003; Therond *et al.*, 2009; Clavel, 2010). Some scenario analysis studies have been carried out dealing with the impact of land use change scenarios on biophysical processes like runoff and erosion (Chen *et al.*, 2003; Klöcking *et al.*, 2003; Souchère *et al.*, 2005; Stolte *et al.*, 2005; Märker *et al.*, 2008; Pelacani *et al.*, 2008; Claessens *et al.*, 2009). However, the features of the scenarios are quite different given the study. Scenario analysis studies have been used to assess runoff impacts of past land use change scenarios (Pelacani *et al.*, 2008). In other cases, the scenario simply deals with alternative agricultural management practices (water management) (Souchère *et al.*, 2005). In yet, other cases, the scenario features a particular objective (policy optimization perspective) in order to identify opportunities for land use changes within a watershed (Chen *et al.*, 2003; Stolte *et al.*, 2005; Märker *et al.*, 2008). Besides, some of these scenario-based studies do not involve stakeholders whereas as highlighted by Bouma and Droogers (2007) soil research should specifically emphasise interaction with stakeholders in the process of planning, executing and reporting research. Some of these studies also attempted to assess land use change impacts on runoff but without considering the spatial and temporal variability of crop distribution driven by farmers' decision at the farm level. The incorporation of crop rotation schemes and their spatial allocation in watershed runoff models are rarely described in literature. In the majority of

published studies, crop management practices are represented as static. Cropping systems spatial distribution over the studied area is usually very simplified (Leenhardt *et al.*, 2010); for instance a single alternative cropping system is applied over the whole area considered (e.g. Wang *et al.*, 2008), or part of it (e.g. Stolte *et al.*, 2005). Only Wechsung *et al.* (2000) and Klöcking *et al.* (2003) incorporated crop rotation schemes and their spatial allocation into river-basin models. Wechsung *et al.* (2000) described the application of rotation schemes and the stochastic distribution of crops in the context of the model SWIM. The basic assumption of the crop generator is the link between a specific crop rotation scheme and a certain soil type. But real-life crop-rotation practice is influenced by economic conditions in the first place; soil conditions play only a secondary role. Klöcking *et al.* (2003) studied the impacts of global change induced by future agricultural land use patterns on regional water dynamics and water quality, taking into account the spatial and temporal crop distribution. They assumed that a single crop pattern is possible on all arable patches inside a region and that the same crop pattern can be applied on all agricultural sites. However, in reality, even within a homogeneous soil and climate condition region, there are different farms, with different crop rotation schemes influenced by economic conditions and field characteristics (Maxime *et al.*, 1995). This should be taken into account when assessing runoff at the watershed scale. There is a need for methods that help to translate qualitative information from scenarios storylines to quantitative model inputs parameters that can be used to compute quantitative scenario evaluation.

The aim of this paper is to describe a methodology which combines local land use change scenarios, involving local stakeholders, and a runoff model, considering spatio-temporal crop distribution according to farmers' specific rules. This methodology is applied to a small watershed in Upper Normandy (France).

Material and methods

The methodology presented here includes the building of local land use change scenarios as well as the effects of a scenario on spatial crop distribution and on runoff at the watershed level as illustrated in Figure III-4. In this part we will first describe briefly the foresight methodology used to build scenarios and secondly we will present the model used to assess scenarios in terms of runoff. The last part will deal with the combination between scenarios and runoff model, applied to the Saussay watershed. This combination results in using land use and agricultural practices (corresponding to various soil surface states) provided by scenarios as the input parameters in a runoff model in terms of soil infiltration capacity. Land uses soil infiltration capacities are established through a matching table linking land use and agricultural practices to different soil surface states (Figure III-4).

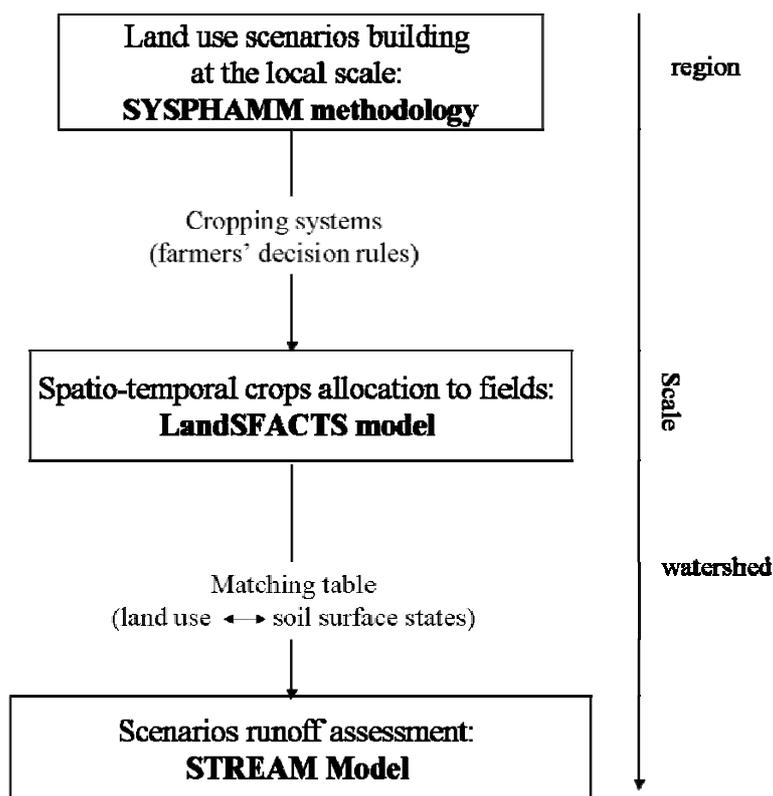


Figure III-4: Methodology framework combining a scenario building methodology, a spatio-temporal crop allocation model and a runoff model

Scenario building using the SYSPAHMM methodology

We use the SYSPAHMM methodology (SYStem, Processes, Clusters of Hypotheses, Micro-scenarios, Macro-scenarios) (Sebillotte M. and Sebillotte C., 2002, 2009) for scenario building in order to shed light on the possible futures of local agricultural land use in the Seine-Maritime County taking the year 2015 as the time horizon. This time horizon has been chosen as it is the year horizon for the actual Common Agricultural Policy budget before its renewal. This foresight methodology has been used to provide, among others, foresight of Oilseed competitiveness (Sebillotte C. and Messéan, 2003), Wines and Vineyards (Sebillotte M., 2003) at the national scale and Agriculture and food chains in Bretagne (Sebillotte C., 2007). The description of the approach is not within the scope of this paper, nevertheless we want to spotlight some points of interest and scenarios resulting from this methodology. In our case, this methodology was based on a systemic view of the local land use system and its potential effects on runoff. The investigation involved a group of local stakeholders belonging to several areas and organizations directly or indirectly linked to the agricultural sector (local agricultural outreach programs, local sugar beet industry...).

In our case, three microscenario families have been identified (Figure III-5); one concerning land urbanization and environmental policy (microscenarios family 1), one concerning local crops' development (microscenarios family 2) and one concerning local livestock farming evolution (microscenarios family 3). Within each of these microscenario families, we distinguished 3 or 4 microscenarios. As a result, 14 microscenarios arose from the 3 microscenario families. Those microscenarios can then be combined to build up overall scenarios.

Microscenario family 1 : Agriculture facing rural development		Rural population	Urbanization	Environmental constraints	Organic Farming					
1a A new picture of agriculture		↗	↗		↗					
1b Cohabitation of rural population and agricultural activities		↗	↗ (regulations)							
1c Farmers are agents of rural dynamics		↘	→	↗	↗					
1d Rural exodus and society loses interest towards agricultural activities		↘	→	↘						
Microscenario family 2 : Will the local supply chain continue to play a role?		Winter crops		Spring crops			Soil tillage	Set aside		
		Winter Wheat	OSR	Biofuels crops	Peas	Flax	Sugar beet	Potatoes		
2a The energy requirements of the local territory				↗	↗	→	∅	↗	No tillage	GsaO ∅
2b A territory which loses its diversity		↗	↗	↘	∅	↘	∅	↗		GsaO ∅
2c A non food-processing territory				↗	↗	→	→	↗	No tillage	Set aside cultivated for biofuels
2d A territory with strong diversity				↘	↘	↘	↗	↗		GsaO
Microscenario family 3 : What does the future hold for cattle breeding?		Milk quotas	Number of farms	Farms' area	Forage system	Farming systems				
3a Opting for food self-sufficiency			→	→	Grassland dairy farming					
3b Beef production gaining ground			→	→	Grassland and fodder dairy farming	No specialization of mixed crop-livestock farming				
3c Local grasslands being threatened	removed		↘	↗		Specialization of mixed crop-livestock farming (milk)				
3d Specialization of local dairy farming	removed		↘	↗	Fodder dairy farming	Specialization of mixed crop-livestock farming (milk)				
3e Dairy production relocation				→		Mixed crop-livestock farms convert to suckler farming				
3f Local livestock at risk				↗		Livestock farming disappears and convert to cash crops				

∅: crop disappearance

GsaO: Grass set aside obligation

OSR: oil seed rape

↗: increase; ↘: decrease; →: no change

Figure III-5: Description of the variables retained for the microscénarios

(the microscenario belonging to the overall scenario “Territory loses its traditional production in favour of cash crops in a context of rural exodus” is represented in grey)

We focus here on testing one overall scenario, which we named “Territory loses its traditional production in favour of cash crops in a context of rural exodus” (Figure III-5), in terms of its consequences on runoff. This overall scenario was chosen because local stakeholders labelled it as pertinent. This scenario is composed of three microscenarios, one from each family, briefly described in Figure III-5. The narrative storyline of this overall scenario is such as follows: “Countryside is less and less attractive to new inhabitants; rural population decreases and urbanization of rural areas stagnates. Rural areas are not prized by urban people and farm-based tourism does not develop. Agricultural practices do not change nor include new techniques in order to preserve water resources as no restrictive regulations nor financial supports are being defined. In an agricultural markets liberalization context, local agricultural sector is having difficulties by trade liberalization of local agricultural

products and agricultural and food industries. This world trade liberalization has an even more negative impact on the local agricultural sector as the high oil price throws biofuels development back into question. Energetic context does not favour development of crops to energetic outlets (biofuels, biomaterials) and local biofuels industries are ticking over. Therefore, farmers cultivate less and less biofuels crops (oil seed rape biodiesel, winter wheat and sugar beet bioethanol). A drop in consumers purchasing of dairy products combined to a milk price higher than in other regions, press local dairy industries to leave Seine-Maritime county and to relocate their industries in areas where milk and production costs are lower. Therefore, dairy farms are being threatened in their activity and have to convert into cash crop farming systems or suckler farming systems. Local beef products are mainly from suckler cattle farming systems". This overall scenario will illustrate the combination between qualitative information from scenarios into quantitative variables (land use and soil surface states).

Site study

The studied area is located in the Pays de Caux in the north of France (Upper Normandy), within a region that has experienced numerous muddy floods over the last 20 years (Papy and Douyer, 1991). The region consists of a vast plateau of arable land with gentle slopes (less than 3%) covered by silty loams containing 10-12% clay which are very sensitive to crusting (Martin, 1999). Annual rainfall is between 550 and 1100mm with a peak in autumn (Martin *et al.*, 2004). The Pays de Caux is representative of the European loess belt agricultural regions, which are generally very sensitive to runoff (Auzet *et al.*, 1990; Boardman *et al.*, 1994; Govers, 1991; Verstraeten and Poesen, 1999). In the Pays de Caux, the Saussay watershed (49°38'01.82"N; 0°56'19.58"E) was selected for carrying out the overall scenario assessment. This watershed is typical of Pays de Caux, composed of a diversity of farming systems, and particularly sensitive to runoff. Flooding of roads, houses and gullies in fields resulting from runoff accumulation occur regularly in the area. The Saussay watershed, located in the Austreberthe river drainage basin, stretches over 540ha and is drained by several thalwegs which meet upstream of the outlet. Arable lands account for 87% of the watershed area and 23 farmers have arable fields in the watershed, 15 of which cultivated 85% of the watershed's arable lands. Information on farmers' decision rules (e.g. cultivable area, minimum crop return period and potential preceding crops per crop) were collected from interviews with farmers. 15 farmers (85% of watershed arable land) out of the 23 farmers were interviewed. As some farmers were not available to be interviewed (Farmers A to D and F to J), we inferred their farming systems and rotational principles from the crops identified from RPG²² (RPG 2006-2007). RPG is an anonymous and spatially explicit Common Agricultural Policy data-base. Farms' characteristics are described in Tableau III-5.

²² Registre Parcellaire Graphique in French

Tableau III-5: Farms characteristics of the Saussay watershed in 2007 and 2015

Farm	Farm area (ha)	Farm area in the watershed (ha)	2007			2015		
			Farm type*	Rotation type**	Crops in the rotation	Farm type	Rotation type	Crops in the rotation
A	129	7	Suckler	M	8	Suckler	M	5
B	69	68	Mixed	M	6	Suckler	F	4
C	59	5	Mixed	M	5	Cash	F	3
D	209	7	Cash	M	4	Cash	F	3
E	107	19	Mixed	M	5	Cash	F	3
F	65	3	Mixed	M	5	Cash	F	3
G	18	4	Mixed	F	2	Cash	F	3
H	91	11	Mixed	M	5	Cash	F	3
I	105	3	Mixed	M	4	Cash	F	3
J	61	3	Mixed	F	2	Cash	F	3
K	151	22	Mixed	M	5	Cash	F	3
L	77	52	Mixed	M	5	Cash	F	3
M	184	1	Mixed	M	6	Suckler	M	4
N	82	49	Cash	M	5	Cash	M	4
O	21	21	Suckler	F	3	Suckler	F	3
P	151	74	Mixed	M	4	Suckler	M	4
Q	174	8	Cash	M	6	Cash	M	5
R	93	2	Suckler	M	4	Suckler	M	4
S	94	53	Cash	M	4	Cash	M	4
T	183	16	Suckler	M	6	Suckler	M	5
U	57	48	Cash	F	4	Cash	F	3
V	314	175	Suckler	M	6	Suckler	M	5
W	227	39	Mixed	M	6	Suckler	M	4

*Cash crops; Suckler farming; Mixed crop-livestock farming

** F: Fixed rotation (fixed list of crop, with fixed rotation length and without variation of crops), M: Multi-pathway rotation (multi-pathway cyclical list of crops, with fixed rotation length)

We distinguished 13 mixed crop-livestock farming systems, 5 cash crops farming systems and 5 suckler farming systems. According to the farm, the type of rotation can be fixed or multi-pathway. A fixed rotation is characterized by a fixed list of crops, with fixed rotation length and without variation of crops. For instance farmer U rotation is *Winter wheat/Winter barley/Oil Seed Rape/Winter wheat/Winter barley/Pea*. A multi-pathway rotation is characterized by a multi-pathway cyclical list of crops, with fixed rotation length. For instance, farmer L rotation is *Winter wheat/Winter barley, Maize, Oil Seed Rape/Oil Seed Rape, Maize, Fodder beet*.

Runoff assessment using STREAM model

Runoff production assessment at the Saussay watershed scale was carried out by means of the model STREAM. STREAM is an expert-based runoff and erosion model at the small watershed scale (10-1000ha). It can be used to simulate land use changes driven by economic policies (Boardman, 2006) and is regularly used by local stakeholders. It is spatially-distributed, and lumped at the event-scale (Cerdan *et al.*, 2002a). The model assumes that soil surface crusting, surface roughness and crops cover are the main determinants of runoff and infiltration at the field scale. The model simulates runoff at the watershed level and for a given rainfall event (rainfall amount and duration) through determining soil surface infiltration according to soil surface characteristics. STREAM takes into consideration tillage direction, back furrows and dead furrows to define the runoff circulation network (Souchère

et al., 1998). Analyzing the impact of agricultural practices with the STREAM model involved coupling this model with a table linking agricultural practices with the soil surface state that they induce (Figure III-4). This matching table, created by Joannon (2004), provides a range of soil surface infiltration capacities according to soil surface characteristics (crusting stage, roughness and crop cover), which are highly dependent on land cover and agricultural practices. This matching table enables us to allocate a soil surface infiltration capacity to a specific land use. STREAM model assumes that soil surface states (soil surface crusting, surface roughness and crops cover) are the main determinants of runoff and infiltration at the field scale. For that reason, using this runoff model therefore entails translating land use and agricultural practices changes from qualitative scenario into soil surface states through the matching table.

Most runoff can be expected to take place during large rainfall events, however smaller rainfall events also produce considerable amounts of discharge, especially when considering their frequency of occurrence. Therefore to compare the effects of land use scenarios on runoff production and to confirm that runoff production is not dependent on the rainfall event selected for the simulations, runoff was calculated at the outlet of the Saussay watershed for two rainfall events. A non-storm, low-intensity rainfall event for which agricultural practices had a significant impact (rainfall event B) and a more intense rainfall event (rainfall event A), twice more intensive than the previous one (Tableau III-6).

Tableau III-6: Rainfall events' characteristics

	Rainfall event A 	Rainfall event B 
Event duration (h)	2h19	4h58
Rainfall amount in 48 preceding hours (mm)	37.2	9.2
Total rainfall (mm)	22.0	29.6
Mean intensity (mm/h)	9.50	5.95

Two periods are particularly sensible to runoff in Pays de Caux: in winter (December) because of low-intensity and frequent rainfall on large degraded surfaces leading to runoff accumulation and in spring (May) because of brief high-intensity storms hitting small areas, both leading to runoff and floods (Papy and Douyer, 1991). Consequently, we have chosen to test these two rainfall events for these two different periods of the year.

Spatio-temporal crop distribution using LandSFACTS model

At watershed scale, crop location on any field is dependent on the farming system to which it belongs and on the individual farmers' decision rules. In a stable socio-economic context, the farm's cropping plan (i.e. crops' types and acreages cultivated by the farmer) is considered as fixed. Yet, once crops' types and acreages are chosen, farmers have to determine in which field to sow each crop. So the crop location varies as crops are allocated to their fields by farmers according to decision rules. These decision rules determine three variables for each crop (Maxime *et al.*, 1995): (1) cultivable acreage: all the fields in which farmers consider that they can sow a crop according to field characteristics (e.g., soil texture, soil depth, slope intensity, and distance from field to farmhouse); (2) minimum return period: the minimum period before repeating cultivation of a crop on the same field; (3) potential preceding crops: all crops which can be cultivated previously. As a result, according to the specific farmers' decision rules, there is a spatial and temporal crop distribution diversity leading to a wide range of crop allocations to fields for each farm. Hence, assessing runoff at the watershed scale considering farms territories and their cropping systems implies taking

into account crops' types and acreages and location for all farms with at least one field in the watershed.

In order to explore the diversity of crop allocations within each farm territory, according to farmers' decision rules we used LandSFACTS spatio-temporal allocation of crops to fields software (Castellazzi *et al.*, 2007). Such a model simulates crop allocations in a farm territory taking into account farmer's decision rules. It incorporates spatially realistic variation in the allocation of crops through time and enables the integration of different rotation groups (Castellazzi *et al.*, 2008). As an example, the use of the model LandSFACTS for farmer U is shown in Figure III-6. Therefore, we created a diversity of crop locations at the farm level (crop allocations) and at the watershed level (crop landscapes) for both the initial situation (2007) and scenario (2015).

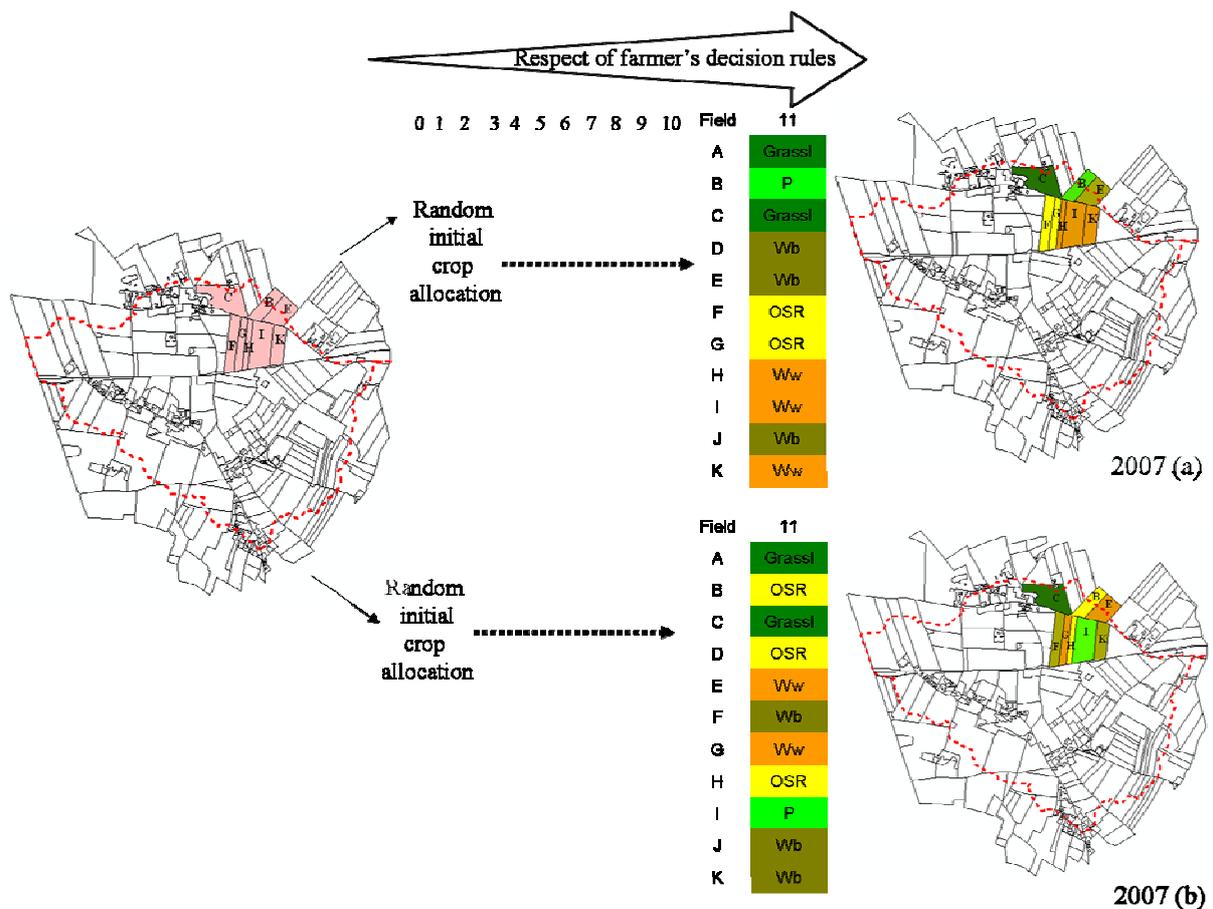


Figure III-6: Example of two 11th year crop allocation for farmer U (2007 initial situation) (Ww: Winter wheat; OSR: Oil Seed Rape; P: Pea; Wb: Winter barley; Grassl: Grassland)

Initial and scenario crop spatial distribution diversity at farm and watershed levels

First, a diversity of crops allocations at the farm territory level was created according to farmers' decision rules. The decision rules were used as inputs in the model LandSFACTS to simulate different crop allocations in each farm territory. 50 crop allocations for each farm within the watershed were simulated in order to cover a wide range of crop allocations. In our case, crop sequences were 11-years long according to the longest return crop period (10 years for flax) of the different farming systems which have at least one field on the watershed.

Secondly, a diversity of crop landscapes was created at the watershed level. This was done starting from the 50 crop allocations generated by the LandSFACTS model at the farm level. Crop landscapes were created at the watershed level by aggregating a single farm crop allocation out of the 50 farm level crop allocations set. Therefore, 50 landscapes at the

watershed level were created and assessed in terms of runoff using the model STREAM. The simulation of 50 landscapes was sufficient to estimate watershed runoff variability range. It appeared to be a satisfying trade-off between the time needed for the calculation of simulations and a statistically reliable mean estimate.

In this way, we created a diversity of crop distributions at farm and watershed levels for the 2007 initial situation and the 2015 scenario. Setting up of the different crop landscapes at watershed level for the 2015 scenario was made in the same way as that for the 2007 initial situation. Nevertheless, we did not use farmers' decisions rules collected from interviews as inputs in the LandSFACTS model. Instead, farmers' decision rules inputs depend on the 2015 scenario.

Overall scenario implementation

The last step is the overall scenario implementation, i.e. translating qualitative land use change scenario information into farmers' decision rules and agricultural practices. In the case of the overall scenario studied here microscenarios' specific rules and farmers' decision rules have been defined such as follows:

For the microscenario 3e, dairy farming systems disappear and are converted into either cash crops or suckler farming according to the area under mandatory permanent grasslands of the initial farming system. Area under mandatory permanent grasslands is estimated by the farmer himself (interviews) according to various reasons such as slope intensity, liability to flooding of a field etc... Conversion is made according to the following rule: if mixed crop-livestock farming has an area under mandatory permanent grasslands nonexistent or negligible (< 5ha), therefore it is converted into cash crops (with land under mandatory permanent grasslands as grass letting), whereas a mixed crop-livestock farming having an area under mandatory permanent grasslands with an appreciable amount (> 5ha) is converted into suckler farming. Converted mixed crop-livestock farming systems to cash crops grow spring barley instead of winter barley.

Concerning the microscenario 2b, set-aside obligation is ending; farmers have the possibility to cultivate these arable areas. Besides, potatoes (used for local production) and flax acreages decrease, whereas potatoes (used for exportation), oil seed rape, winter wheat and barley (winter and spring) acreages increase. Sugar beet, biofuel set-aside (oil seed rape) and peas disappear. Moreover, as sugar beet cultivation vanishes, its by-product (dehydrated pulps) usually used for suckling herd, is then replaced by on-farm consumption of cereals (winter wheat). For crops' acreages changes within each farm (increase or decrease), we opted for changing it by modifying farmers' decision rules (e.g. cultivable area, crop return period and potential preceding crops per crop) within local possibilities. For example, for farmer U we modified crops' return period according to the change, its initial crop rotation in 2007 is *Winter wheat-Winter barley-Oil Seed Rape-Winter wheat-Winter barley-Pea* with Oil seed rape minimum crop return period of 4 years. As in the 2015 scenario pea disappears and others crops in the rotation increase, the 2015 scenario crop rotation of this farmer becomes *Winter wheat-Winter barley-Oil Seed Rape* with Oil seed rape minimum crop return period of 3 years.

Regarding the microscenario 1d, no new urbanization or constructions are made. During the period between two crops, there is no more sowing of catch crops in all farming systems, instead different tillage operations (either stubble ploughing, no tillage, or cultivator) are carried out according to tools owned by farmers. Resulting farming systems and rotation types in 2015 are shown in Tableau III-5 and resulting crops proportions are presented in Tableau III-7.

Once rotation schemes, based on scenario description, of each farm within the watershed are defined, we used them as inputs in LandSFACTS model to generate a diversity

of crop allocations at farm level and crop landscapes at watershed level. As in the 2007 initial situation, we created 50 crop landscapes for this scenario. As an example, resulting proportions of the individual crops of the entire arable area for all farms according to crops landscapes are shown in Figure III-7 (upper part) for ten 2007 simulated years.

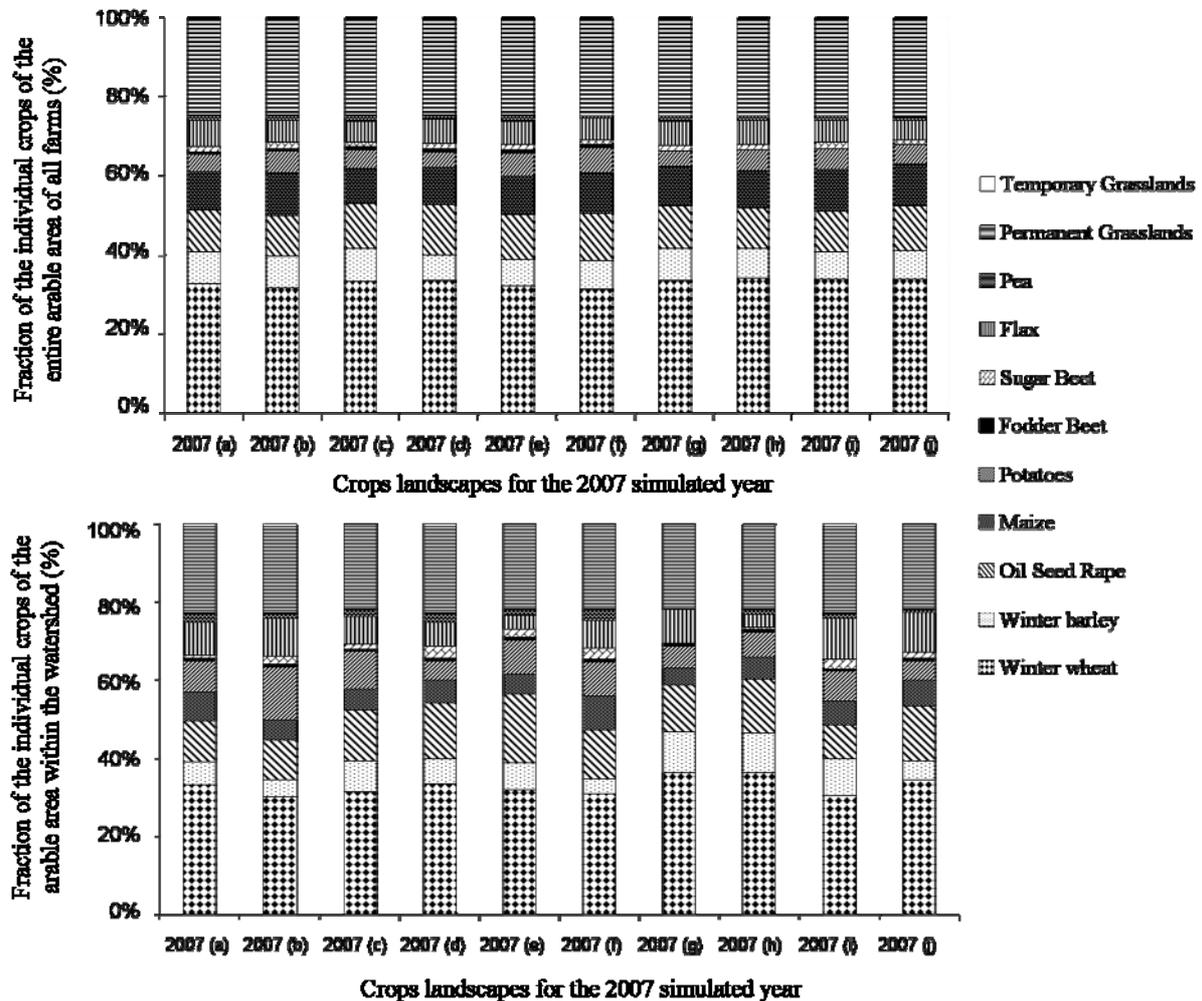


Figure III-7: Fraction of the individual crops of the entire arable area of all farms (upper part) and for the watershed area (lower part) according to the crop landscapes 2007 simulated years

Results

Scenario implementation methodology

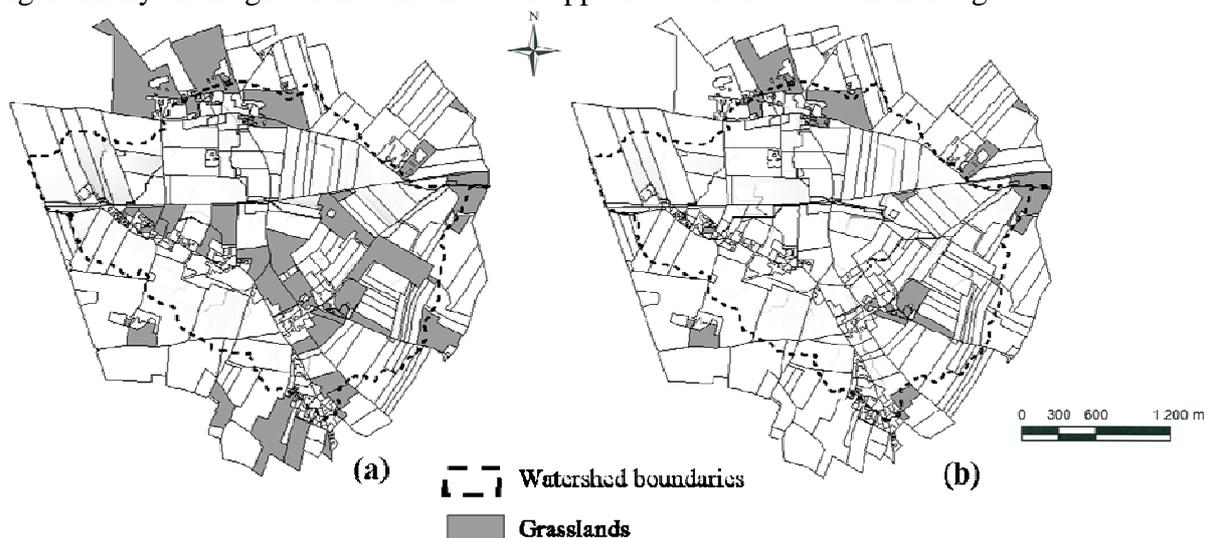
In order to illustrate the approach, an overall scenario has been assessed in terms of runoff impacts. Concerning its implementation, we chose to implement the different microscenarios (constituting the overall scenario) in a similar way for all farming systems within the watershed area, independently of any farm's specific characteristics for microscenarios from families 1 and 2. For example, we implemented the microscenario 1d (Figure III-5) similarly for all farms as all catch crops disappeared from all farms. Identically for the microscenario 2b, grass set aside was systematically cultivated by all farmers, crops acreages increase (potatoes used for exportation, oil seed rape, winter wheat and barley (winter and spring)) or decrease (potatoes used for local production and flax) and finally sugar beet and peas disappeared for all farms. In Tableau III-7 are presented the resulting crops proportions.

Tableau III-7: Proportions of the individual crops of the entire farms territories in 2007 and for the 2015 scenario

Microscenario families	Proportion of the individual crops of the entire farms territory		
	Initial situation (2007)	Scenario (2015)	
	Winter crops (%)		
Microscenario family 2	Winter wheat	33.8	39.6
	Winter barley	6.5	7.7
	Oil seed rape	9.8	25.3
	Total winter crops	50.1	72.6
	Spring crops (%)		
	Fodder beet	0.9	0.2
	Sugar beet	1.6	0
	Flax	5.3	3.7
	Pea	1.4	0
	Spring barley	0	6.6
	Maize	8.7	0.8
	Potatoes	7.4	5.9
	Total spring crops	25.3	17.2
Microscenario family 3	Grasslands	24.6	10.3
	Agricultural practices		
Microscenario family 1	Catch crops	33.5²	0

²% of the potential covered surface

However, for the microscenario family 3, we implemented the microscenario 3e according to the farming system type. We chose to convert farming system production according to the area under mandatory permanent grasslands (assessed by the farmer) of the initial farming system. The resulting remaining permanent grasslands areas are located in the reference 2007 situation (a) and in the 2015 scenario (b) in Figure III-8. As shown in this Figure many of the grasslands that have disappeared were located on thalwegs.


Figure III-8: Localization of permanent grasslands in the 2007 initial situation (a) and in the 2015 scenario (b)

For the overall scenario implementation (quantification and spatialization), microscenarios' specific rules and farmers' decision rules have been defined. For this purpose we followed a reading direction through microscenario families'. Firstly, we started with microscenario Family 3 by determining new farming systems according to mandatory

permanent grassland acreage (cash crops versus suckler farming systems). Then, we proceeded with microscenario Family 2, by determining which crops can be cultivated in these new farming systems and instead of grasslands. Finally, we proceeded with microscenario Family 1 to determine agricultural practices (soil tillage, catch crops...).

Crops proportions at farm and watershed levels

Crop spatial allocation diversity across the watershed allowed by the different cropping systems has been realized with LandSFACTS model. At farm level, the acreage of each crop was assumed to be fixed over the different crops allocations simulated years which is indeed the case as shown in the upper part of Figure III-7. However, there are slight variations due to some farms characterized by a small number of fields and a relatively high number of crops. As an example, in Figure III-9 is illustrated for farmer U and S, the different 11-year crop allocations (2007 (a), 2007 (b)...) representing farmers' decision rules regarding crops proportions.

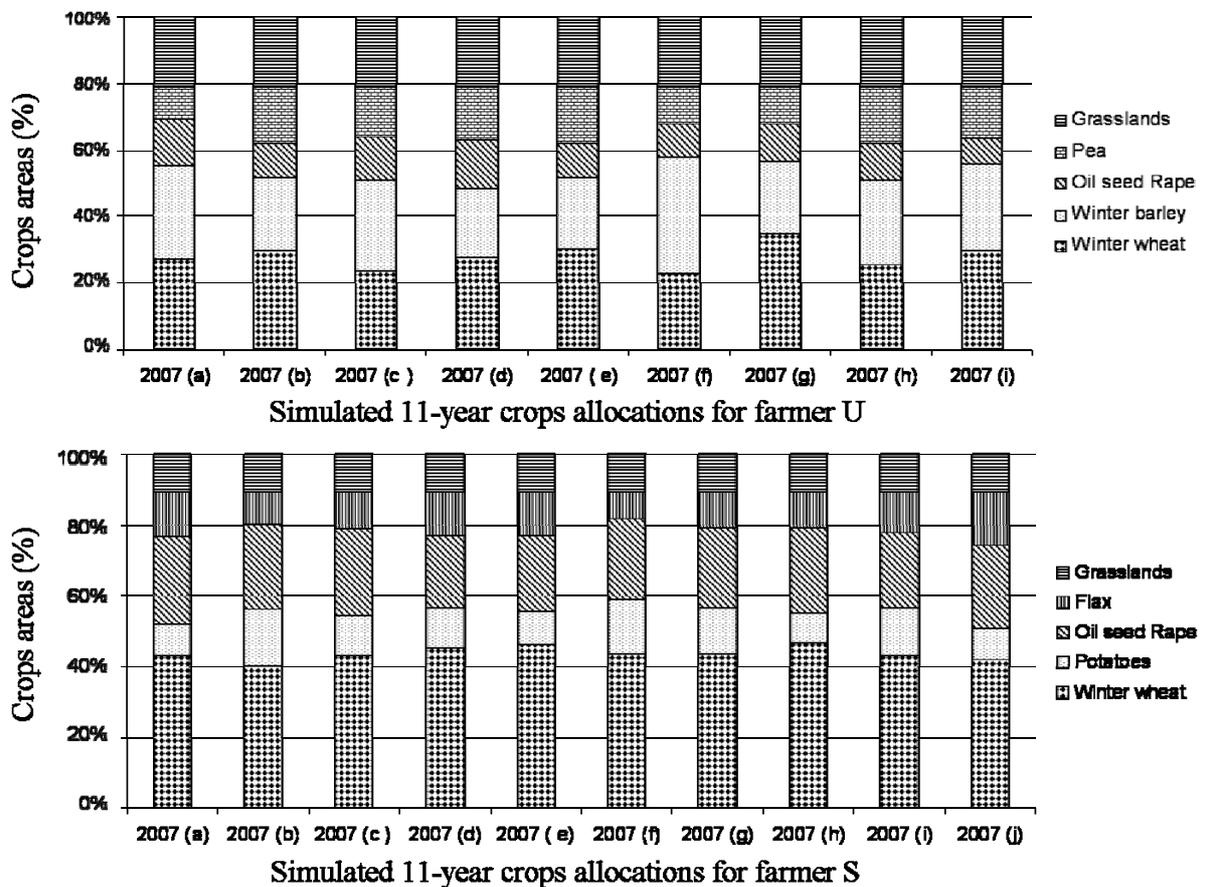


Figure III-9: Crops' proportions for different crops allocation simulated 11th years for farmer U and farmer S with LandSFACTS model for the 2007 initial situation

Farmer U has 9 fields and 4 crops, and farmer S has 22 fields and 4 crops. We observe that there is more variation in crops proportions from a 11-year crop allocation to another for farmer U. This crop acreage variation is different according to the farm due to the number of fields and crops within each farmland. This is mainly due to farm specific fields' size which is set up as fixed in LandSFACTS model. Field size is set up as fixed so crops proportions from year to year vary according to. In reality, farmers probably subdivide their fields according to the crop acreage they want. Besides, even if cropping plans are kept stable for the entire arable area of all farms through crop landscapes simulated years, it is not the case if we take

into account only the fields inside the watershed area. This is illustrated in the lower part of Figure III-7. Crop proportions vary from one crop allocation to another (crop allocation 2007 (b) and 2007 (g) for example) as farms have fields inside and outside watershed boundaries.

Scenario runoff assessment

Runoff values for the 2007 initial situation and the 2015 scenario are presented in Figure III-10 for rainfall events A and B and for spring and winter periods.

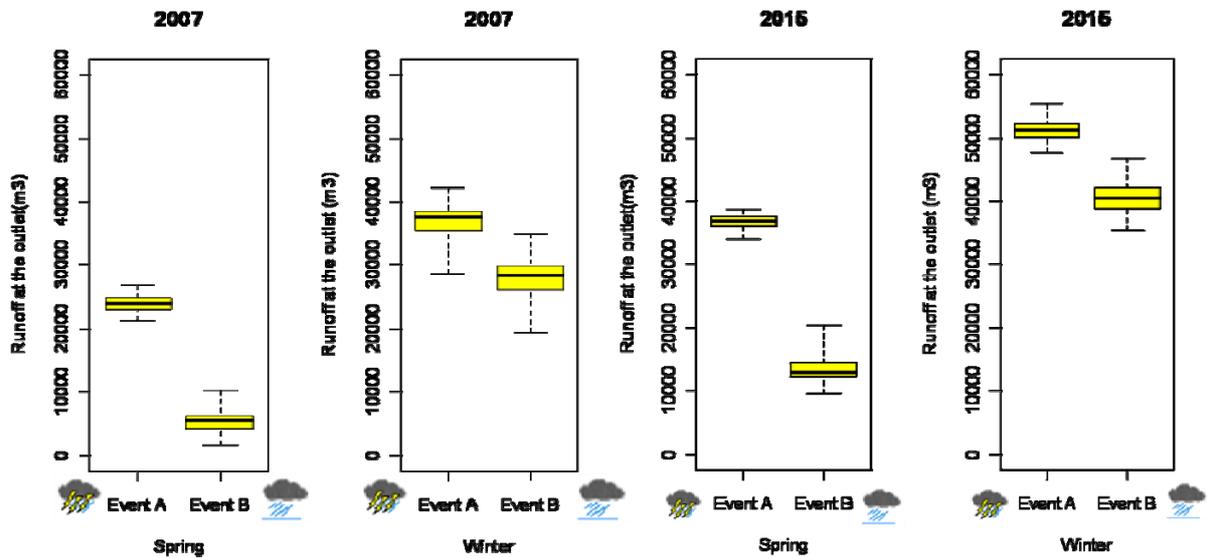


Figure III-10: Runoff volume (m³) at the watershed outlet for a low (event A) and a high (event B) rainfall event in spring (May) and Winter (December) in the 2007 initial situation and the 2015 scenario (box-plots contain 50% of the values, the two “hinges” represent the first and third quartile, and whisker plots extend to the extremes data)

The general trend in the 2007 initial situation is that runoff volumes at the watershed outlet are larger for the rainfall event A for both periods. Besides, runoff variability is smaller for the rainfall event A for both periods. Looking at the periods, we observe that runoff is higher in the winter period than in the spring period. Similarly, for the 2015 scenario, runoff volumes at the watershed outlet are larger for the rainfall event A for both periods and runoff variability is smaller for the rainfall event A for both periods. Besides, runoff is also higher for the winter period than for the spring period. Comparing the initial situation and the scenario shows that runoff significantly increases (Student t-test; p-value<0.05) in the 2015 scenario for both periods and both rainfall events. Finally, concerning runoff variability between 2007 and 2015, we see that runoff variability in the 2015 scenario decreases except for rainfall event B in spring.

Discussion

Scenario implementation methodology

Scenario building as designed in our study is based on qualitative descriptions, but for the evaluation of overall scenarios quantitative descriptions of these scenarios were formulated in terms of cropping systems (rotation scheme, agricultural practices...). The parameterisation of the qualitative descriptions required choices and assumptions to be made. For instance, for the microscenario 3e, taking into account farmer’s estimation of areas under mandatory permanent grasslands implies that we assume that farmers will be the same individuals at the foresight time horizon (2015). This might not be the case in reality as some

of them might be retired by that time for example. More generally, if farmers retire by the 2015 time horizon then their farm might be bought by several farmers and fields scattered between those farmers. Moreover, estimation of areas under mandatory permanent grasslands is left to the appreciation of each farmer. “Tillable field” has a relative meaning, as for a certain farmer a field may not be tillable because of the slope intensity for example, while for another farmer the same field would be tillable. Similarly, we assume the same crop having the same soil infiltration capacity for all farms (for example, winter wheat in winter has an infiltration capacity of 2mm/h). These choices might have consequences in terms of runoff and its variability. As an example, concerning the conversion of dairy farm either in cash crop farm or suckler, we could as well have chosen to convert all dairy farm in suckler farm thereby keeping stable the permanent grasslands acreage. As a result, this would probably have led to different runoff volumes and variability at the outlet as grasslands play a buffer role.

More generally, runoff consequences of overall scenarios at the watershed level are highly dependent on the farming systems present on the watershed area. The Pays de Caux is an agricultural area which includes a diversity of farming systems which are located variably throughout the area. For instance, livestock farming systems (mixed crop-livestock farming systems, suckler farming systems, dairy farming systems) are located for a large part in the south of the area and cash crop farming systems (sugar beet, flax, potatoes) mainly in the north of the area and especially along the coastal border. So, it would be interesting to assess runoff impacts of the same scenario in a watershed located for example along the coastal border of Pays de Caux where dairy farming systems are scarce.

To illustrate the methodology an overall scenario has been assessed in terms of runoff, but it might be interesting to assess additional overall scenarios using the methodology described in this study. Given the number of microscenarios, it is possible to assess a large amount of overall scenarios. But as we did for the overall scenario tested here, choices would have to be done concerning overall scenarios implementation. As an example, an overall scenario dealing with organic agriculture (microscenario 1a) or no tillage (microscenario 2a) would require to acquire new references in terms of soil surface state. Another example would be for a microscenario dealing with urbanisation, questions would arise concerning the localization of the newly urbanized areas and the soil surface state (infiltration capacity) implied by such land cover.

Crops distributions diversity at farm and watershed levels

At the farm level, as shown by Figure III-7 (upper part), individual crop proportions are globally respected but a small variability subsists. This is due to some farms characterized by a small number of fields and a relative high number of crops thereby limiting crop proportions respect through the different crop allocations as shown in Figure III-9. Therefore, respect of farmers’ decision rules (cropping plans) is more or less easy to account for according to the specific farms characteristics (number of fields and crops). Respect of cropping plans depending on specific farms characteristics (fields, number of crops) entail consequences in the use of LandSFACTS model. For farms with a small number of fields and high number of crops, it can be very binding to find satisfactory crops allocations involving a high number of simulations.

At the watershed level, as shown by the Figure III-7 (lower part), there is a variability in the proportion of the individual crops of the arable area within the watershed through the different crop landscapes for the simulated 2007 year (similarly for the 2015 simulated years). This variability is explained by the fact that farms have fields inside and outside the watershed boundaries. Crops proportions vary according to the spatial allocation of crops. By replacing crops by their specific soil infiltration capacity induced by soil surfaces states

(Figure III-11), we notice that the variability in terms of soil infiltration capacity is lower than for crops proportions.

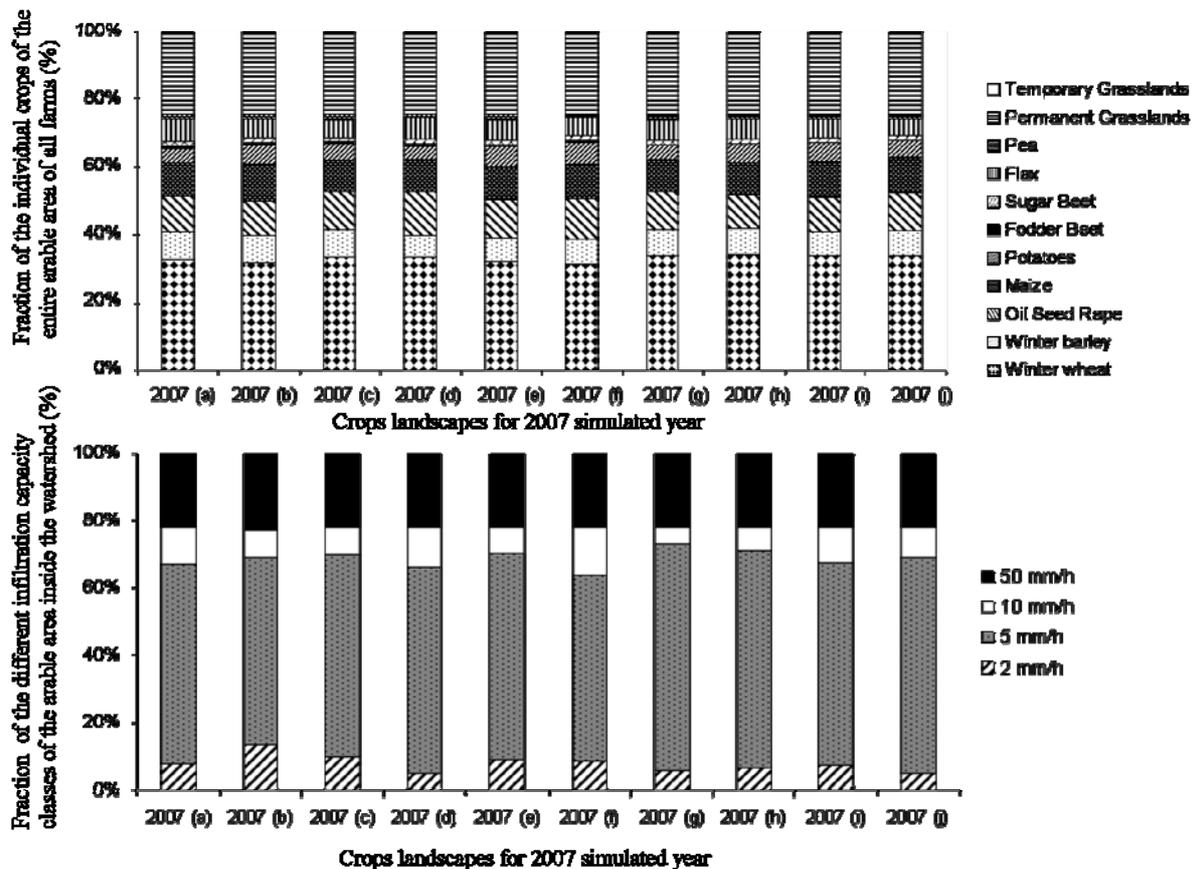


Figure III-11: Fraction of the individual crops of the arable area within the watershed according to the crops landscapes 2007 simulated years and its corresponding soil infiltration capacities in May

This is explained by the fact that for some crops correspond the same soil infiltration capacity; for example Winter wheat, Winter barley and Oil Seed Rape have an infiltration capacity of 5mm/h in May, similarly Maize and Fodder beet have an infiltration capacity of 10mm/h in May. So, the proportions in terms of infiltration capacity classes are very similar for the different 2007 crop landscapes simulated years (as for the 2015 simulated years). Hence we could have expected to have very similar runoff volumes at the watershed outlet, which is not the case as shown by Figure III-10 as runoff volumes vary from 19 478m³ to 35 003m³ in Winter for the event B for example. This observation highlights the importance of crops spatial distribution (and its corresponding soil infiltration capacity) besides crop types and acreages. This is illustrated for example by looking at the soil infiltration capacity distribution of the 2007 crops landscapes generated in May (Figure III-11). Maps of soil infiltration capacity of crop landscapes generating the least (2007(d), runoff volume = 23 419m³ for event A and 2007(g), runoff volume = 3 067m³ for event B) and the most (2007(b), runoff volume= 26 756m³ for event A and 9 750m³ for event B) runoff volume at the outlet out of the 10 crops landscapes are shown in Figure III-12.

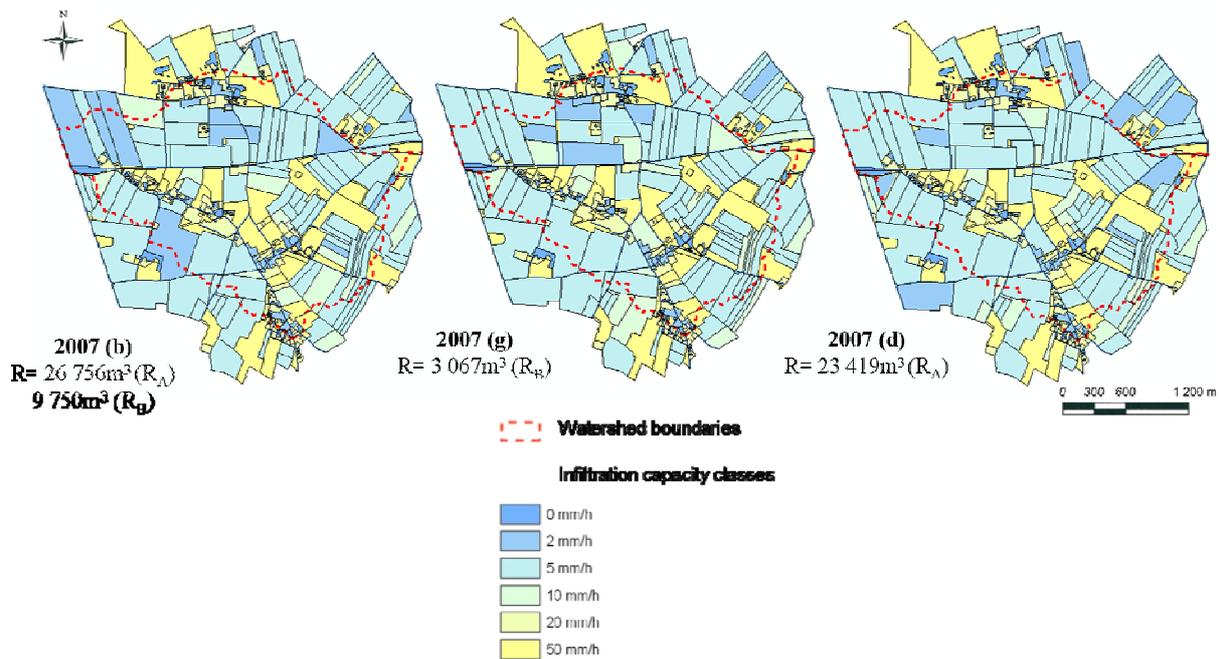


Figure III-12: Soil infiltration capacity maps illustrating the runoff module outputs of the STREAM model for maximum runoff (2007(b)) and for minimum runoff (2007(g) and 2007 (d)) in May

Figure III-12 locates runoff contributing areas. We observe that many fields up stream have an infiltration capacity of 2mm/h for 2007(b) crop landscape and of 10mm/h for 2007(g) and 2007(d) crop landscapes. Those maps illustrate the effect of the spatial organization of runoff-contributing areas. On the left map (i.e. least at risk situation) fields located upstream in the watershed have high soil infiltration capacities which reduce runoff production at the source, decreasing flow length and thus the risk of highly erosive concentrated flow.

These results agree with other studies carried out on land use spatial distribution at the watershed scale (Ludwig *et al.*, 1995, Souchère *et al.*, 2001, 2005). Results observed for crop types are similarly observed for agricultural practices spatial distribution (Souchère *et al.*, 2005; Evrard, 2008). Therefore, runoff volumes at the watershed outlet are mainly conditioned by the spatial distribution of soil infiltration capacity throughout the watershed area. This feature stresses out the fact that when assessing scenario of new crop proportions, the crops types might not be the main variable to be aware of. We have to consider soil infiltration capacity proportions (induced by crop types and agricultural practices such as abandonment of seedbed rolling, creation of rougher seedbed...) and above all its spatial distribution throughout the watershed area. Hence, even if there is large crop diversity throughout the watershed (Figure III-11), this might not be the case in terms of soil surface states. Crop diversity does not necessarily correspond to infiltration capacity diversity. Besides in addition to crops, soil infiltration capacity diversity can also be generated by agricultural practices such as soil tillage (field cultivator, mouldboard plough, disc plough, conventional, conservation tillage, no tillage) for identical crops. Crop diversity across the watershed is therefore not a guarantee of soil surface states diversity, permitting reinfiltration and thereby limiting runoff.

Scenario runoff assessment

Observed trends in surface runoff (Figure III-10) can be explained by changes in soil surface states, altered by a combination of different land use changes entailed by the 2015 scenario. Increase of surface runoff in the 2015 scenario is firstly explained by the loss of high infiltration capacity areas like permanent grasslands (from 24.6% to 10.3%), due to dairy

farming systems and grass set-aside removal (Tableau III-7 and Figure III-8). Abandonment of agricultural practices such as catch crops added to runoff increase particularly in the winter period. Areas of bare soils in winter increased, resulting in more areas contributing to runoff and associated problems like muddy flows. Moreover, the decrease in spring crop acreage (from 25.3% to 17.2%) led to an increase in winter crops, leading in turn to a larger number of low infiltration capacity soil surface states in winter.

Concerning runoff variability, in 2007 as in 2015, we observed a lower variability in runoff volumes for event A compared to event B. This is justified by the fact that rainfall event A being more intense, rainfall overtakes soil surface state infiltration capacity which cannot infiltrate any more. Trends in runoff variability between 2007 and 2015 are probably due to the loss of grasslands, because of dairy farming disappearance, so that they cannot act as a buffer zone any more in the 2015 scenario. The decrease in variability is not observed in spring for rainfall event B. This is due to the spring crops' decline, being replaced by winter crops at the time of the simulation (15th May) and being characterized by more homogeneous soil surface state infiltration capacity. If the 2015 scenario is fulfilling in the future, runoff variability trends would mean that there would be fewer opportunities to reduce runoff than for the 2007 current situation in terms of spatial crop distribution (by means of concerted actions for example) because spatial land use distribution diversity varies much less.

Nevertheless, solutions might be found to counter unfavourable consequences in terms of runoff impacts of this scenario with agricultural practices like tillage operations, catch crops or grass strips, or hydraulic water management like ponds or ditches. Therefore, at local level, decision makers might counter the effects of this scenario by encouraging and supporting cropping of catch crops to reduce runoff in the winter period, and be careful about not ploughing up grasslands especially the ones located in sensitive areas (thalwegs). As shown in Figure III-8 (a) many of the grasslands are located on thalwegs therefore increasing runoff and erosion substantially when removed.

Runoff volumes at the watershed outlet showed that there is variability in terms of runoff production for a specific situation (2007 or 2015 scenario). For an assessed situation, according to crop landscape, runoff volumes might be uneven. Such information on runoff variability may be interesting in a local action perspective. There are possibilities to reduce runoff impact only by changing crops allocations throughout the watershed, for example with concerted cropping plans involving farmers having at least a field within the watershed area. Besides, this possibility to reduce runoff impacts by switching crops allocations is valid for rainy years as well as for non rainy years. Modifications of agricultural practices on arable lands such as soil tillage or catch crops for example whom realization might be dependent on climate conditions.

Conclusion

This study developed an approach for simulating and examining impacts of local land-use change scenarios on surface runoff using a combination between land-use change scenarios and a watershed hydrological model, taking into account spatial and temporal crop distribution under present and scenario conditions.

Land use change scenarios assessment in terms of runoff entailed translating qualitative outputs from scenarios into qualitative input for runoff model. As a result, the combination between land use change scenarios and runoff model required scenarios quantification and spatialization. This scenario implementation involved taking into account crop allocation diversity at the watershed scale as crop spatial distribution through the watershed might have consequences on runoff volumes at the watershed outlet.

In the methodology suggested, crop allocation diversity permitted by farmers' cropping systems is accounted through the crop allocation to fields model (LandSFACTS

model). This models combination reveals that there is variability in runoff volumes at the watershed outlet due to crop spatial distribution diversity for the initial situation (2007) as well as for the assessed 2015 scenario for both rainfall events and periods.

The methodology presented for the development of future crop patterns and their spatial distribution was applied for the conditions of the overall scenario “Territory loses its traditional production in favour of cash crops in a context of rural exodus” to the Saussay watershed in Pays de Caux (Upper Normandy, France). The land-use change scenario influenced surface runoff at the watershed outlet, as runoff discharge was greatly increased by the land-use change scenario.

Runoff assessment of this scenario will enable local decision makers to counter its unfavourable effects by anticipating local measures (catch crops, tillage operations, grass strips...) if this scenario is fulfilling. Further scenarios will be assessed and compared with the 2007 initial situation. In efforts to minimize environmental impacts of farming, this impact assessment of scenarios on runoff should encourage both local policy makers and local stakeholders to actively discuss the future of land use in Upper Normandy.

More generally, this study provides a framework that integrates models to simulate and assess future land-use change scenarios. This framework was applied to the Saussay watershed in Pays de Caux (Upper Normandy, France) but it could be used for any kind of agricultural watershed as long as it is located in the European loess belt regions for which the STREAM model has been validated (Cerdan *et al.*, 2002a; Evrard *et al.*, 2009). In all cases, the method developed allows land-use change scenarios to be implemented in order to relate surface runoff production at the watershed scale.

Acknowledgements

This work was carried out as part of the Risque Décision Territoire 2 (AcTerre) project, which was funded by the French Ministry of Environment (Ministère de l’Ecologie, de l’Energie, du Développement durable et de la Mer).

Nous avons ainsi décrit la méthodologie qui nous permet de décliner les scénarios prospectifs au niveau des exploitations agricoles présentes sur un bassin versant et d'en évaluer les conséquences environnementales à cette échelle. Cette méthodologie nous permet à présent d'évaluer en termes de ruissellement une gamme plus large de scénarios globaux à l'échelle du bassin versant.

III.4.2. Application : évaluation d'une gamme de scénarios prospectifs

III.4.2.1. Résumé en français

La démarche élaborée dans la partie précédente est reprise dans la partie qui suit, présentée sous forme d'article²³. Ainsi, l'évaluation des scénarios est réalisée en trois étapes distinctes: (1) l'élaboration des scénarios, (2) l'effet des modifications de l'organisation spatiale des systèmes de culture et donc la variabilité spatio-temporelle de ceux-ci, et (3) l'évaluation des scénarios en termes de ruissellement à l'échelle du bassin versant à l'aide du modèle STREAM.

Nous avons choisi d'évaluer les impacts potentiels sur le ruissellement érosif de quatre scénarios. Ces scénarios diffèrent d'une part dans l'orientation future de l'élevage local (disparition de l'élevage laitier (scénario A) versus spécialisation laitière (scénario C)), et d'autre part dans la place accordée aux contraintes environnementales (contraintes environnementales strictes (scénario B) versus affaiblissement de ces contraintes (scénario D)). A travers ce choix, nous souhaitons mettre en lumière le rôle potentiel que pouvaient jouer les politiques locales (mise en place de mesures environnementales plus contraignantes) sur des évolutions de territoires d'exploitation pour lesquels il était plus difficile d'avoir la main pour les décideurs locaux (Politique Agricole Commune).

A travers les volumes de ruissellement générés par chacun de ces scénarios à l'exutoire du bassin versant, les scénarios ont des conséquences distinctes sur le ruissellement. Les résultats montrent une augmentation du risque de ruissellement en cas de disparition partielle ou complète des prairies permanentes dans les scénarios globaux A et C (Tableau III-8) ; les volumes de ruissellement augmentent jusqu'à 60 % (pour le scénario A en Mai, lors d'un événement pluvieux modéré) par rapport à la situation de référence. Cependant, ces effets négatifs sont compensés dans les scénarios B et D de mise en place de mesures environnementales locales, pour lesquels les volumes de ruissellement sont réduits jusqu'à 99 % (pour les scénarios B et D en Mai, lors d'un événement pluvieux modéré) par rapport à la situation initiale.

²³ Soumis à Environmental Science and Policy le 12 juillet 2010.

Tableau III-8: Volumes de ruissellement à l'exutoire du bassin versant pour chaque scénario simulé et variation par rapport à la situation de référence

Événement pluvieux A (22 mm en 2h19min)										
	Situation de référence (2007)		Sc A		Sc B		Sc C		Sc D	
	Déc.	Mai	Déc.	Mai	Déc.	Mai	Déc.	Mai	Déc.	Mai
moyenne des volumes de ruissellement à l'exutoire (m ³)	3715	23893	51194	36826	19531	5710	44148	30048	18276	2891
variation des volumes par rapport à la situation de référence (%)	-	-	+27	+35	-62	-76	+16	+20	-51	-88

Événement pluvieux B (29,6 mm en 4h58min)										
	Situation de référence (2007)		Sc A		Sc B		Sc C		Sc D	
	Déc.	Mai	Déc.	Mai	Déc.	Mai	Déc.	Mai	Déc.	Mai
moyenne des volumes de ruissellement à l'exutoire (m ³)	40402	13284	40402	13284	3504	59	34929	9141	4001	43
variation des volumes par rapport à la situation de référence (%)	-	-	+30	+60	-87	-99	+20	+43	-88	-99

Les résultats indiquent ainsi d'une part que les scénarios évalués entraînent des conséquences significatives sur le phénomène étudié et d'autre part que la combinaison de scénarios et d'un modèle hydrologique se révèle être un outil précieux pour l'aide à la décision publique.

III.4.2.2. Foresight methodology to define land use change scenarios and test their consequences on runoff at the watershed scale (Pays de Caux, France)

C. Ronfort^{a,b*}, P. Martin^{a,b}, V. Souchère^{a,b}, C. Sebillotte^c, J.M. Meynard^d, Benoit Laignel^e

^a INRA, UMR 1048 SAD-APT, F-78850 Thiverval Grignon, France

^b AgroParisTech, UMR 1048 SAD-APT, 16 rue Claude Bernard, F-75231 Paris, France

^c INRA, UR 1303 ALISS, F-94205 Ivry-sur-Seine, France

^d INRA, SAD, F-78850 Thiverval Grignon, France

^e UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen, F-76821 Mont Saint Aignan, France

* Corresponding author. UMR 1048 SAD-APT, EGER, BP01, Thiverval Grignon 78850, France, Tel: + 33 1 30 81 59 07; fax: + 33 1 30 81 59 39, email address:

celine.ronfort@grignon.inra.fr

Abstract

Changes in the political and socio-economic context are the driving forces behind changes in local land use and land cover changes and their environmental impacts. Effective information regarding environmental responses to future land-use change scenarios provides useful support for decision-making in land use planning, management and policies. With such information, it will be easier to act locally on a problem to avoid potential negative impacts.

The objective of this study is to shed light on the possible future options for local agricultural land use and their runoff impacts. This study was applied in the case of runoff in Upper Normandy, a region underlain by loamy soil in northern France. The scenario-assessment process comprises three steps: scenario-building, spatio-temporal variability of land use distribution and scenario evaluation in terms of runoff at the watershed scale using a hydrological model.

The approach is illustrated by the evaluation of potential impacts on runoff of four scenarios of land-use modifications. Scenarios differ in the local livestock farming choices to be considered (dairy farming disappearance (scenario A) versus dairy farming specialization (scenario C)), within a context of strict environmental constraints (scenario B) and within a context of environmental constraints slackening (scenario D).

Land use and land cover change scenarios have different consequences on runoff. Runoff production volumes at the watershed outlet differ according to the scenario. Results shows the negative effect of a partial or complete ploughing of permanent grassland in scenarios A and C (runoff increases up to 60%), but the negative effects are counterbalanced in scenarios B and D (runoff decreases by up to 99%).

The results indicate that (1) land use scenarios result in changes in surface runoff; (2) simulation modelling by combining land use change scenarios and a hydrological model can be a good decision support tool demanding a reasonable amount of effort and capable of supporting scenario-based assessments.

The proposed approach might provide a useful source of information for assessing runoff production in relation to future land use changes. Foresight methodology that involves scenarios depicting the possible outcomes of policy options might constitute a powerful tool to facilitate stakeholder dialogue and a useful tool to fine-tune local land use policy to minimize environmental impacts.

Key words: scenarios, runoff, land use change, farm, prospective, hydrological modelling, watershed

Introduction

Runoff and soil erosion are serious environmental problems in many cultivated areas in the loess belt of Northern Europe that extends from Germany to Northern France. These regions have in common a high population density together with intensive agriculture in areas of high rainfall where soils are very sensitive to erosion (Martin *et al.*, 2009).

Damage to public infrastructure and private property by muddy flows constitute some of the consequences of uncontrolled runoff and erosion (Boardman *et al.*, 1994; Verstraten and Poesen, 1999). The consequences are of concern to the local authorities which have to face considerable financial costs (Papy and Douyer, 1991; Boardman *et al.*, 1994).

As a result, throughout Western Europe, the issue of agricultural runoff and soil erosion by water is of growing concern to decision makers and the public because of the off-site nuisances that may result (COST 634). Changes in land use (e.g. conversion of grassland to cropland) and agricultural practices (e.g. reduced application of organic manures) modify the occurrence of floods and muddy flows (Biielders *et al.*, 2003).

Therefore, the exploration of various land-use options and the evaluation of these options in terms of runoff production could be helpful to guide planners and politicians in deciding future land use options and to better target extension efforts into runoff control measures (Biielders *et al.*, 2003).

A useful instrument to explore uncertain future possibilities is the scenario approach (“scenario analysis”, “scenario-based assessment” or “scenario exercise” (Alcamo, 2008)). A scenario is a “description of how the future may unfold based on “if-then” propositions and typically consists of a representation of an initial situation and a description of the key driving forces and changes that lead to a particular future state” (Alcamo, 2008). Scenarios can be characterized with respect to their purpose, i.e., the kind of process they are meant to support. This can be done according to three archetypes: policy optimization (answering the question on the best way to reach a particular objective), vision building (what is the future that we want to fight for, or alternatively, want to avoid by all means) and strategic orientation (what alternative worlds do we need to prepare ourselves for; what to do if our overall direction is wrong or too risky) (Westhoek *et al.*, 2006).

Many scenario-based studies have been carried out in environmental science, but few of them attempted to assess their impacts on runoff and/or erosion phenomena.

Firstly, a number of large scenario studies have been conducted at the global level to unravel the impacts of human activities on natural resources and climate. The most well-known examples of these studies include the IPCC Assessment (IPCC, 2000), the Global Environment Outlook (UNEP, 2002) and the Millenium Ecosystem Assessment (MEA, 2005). All of these assessments have been undertaken at the global scale and provide relatively little detail at the regional level. Global assessments of land use change are limited since most processes influencing global change are the result of decisions and changes at the local scale that are poorly represented in global scale assessments (Houghton, 2003; Ellis, 2004). Thus, global scale studies cannot represent regional processes and policies within scenarios and this limits the relevance of these studies to support national or European policy and planning (Verburg, 2006).

Scenario studies for small regions or landscapes have been conducted at several places across the world (de Nijs *et al.*, 2004; Solecki and Oliveri, 2004; Shearer, 2005). Such studies are very good at addressing the specific conditions of a study area (Verburg, 2006) but often do not address hydrological impact processes such as runoff.

Studies conducted to evaluate potential consequences of land use changes on hydrological processes at the watershed scale are rarely scenario-based studies.

Studies either do not describe future pathways (e.g. evaluated land use change scenarios are based on past changes and historical trends) (Bormann *et al.*, 1999; De Roo *et al.*, 2003; Semwal *et al.*, 2004; Boellstorff and Benito, 2005; Pelacani *et al.*, 2008) or are based on a single land use change (e.g. permanent grasslands, grass set-aside, urbanization), as in Fullen (1998); Bormann *et al.* (1999); Dubreuil (2001); van Rompaey *et al.* (2001); Jankauskas and Jankauskiene (2003); Souchère *et al.* (2003); Boellstorff and Benito (2005); Pandey *et al.* (2005); Souchère *et al.* (2005); Bazzoffi (2009); Ullrich *et al.* (2009) or on alternative agricultural practices (consequences of individual spatial policies on land use patterns for instance) (Bormann *et al.* (1999); van Rompaey *et al.* (2001); Pandey *et al.* (2005); Souchère *et al.* (2005); Bazzoffi (2009); Ullrich *et al.* (2009)).

Consequently, crop management practices are considered as static, either because crops are categorized into the same type of land cover (agricultural land, forest, built-up area, grasslands, water body) (Klocking and Haberlandt (2002); Beighley *et al.* (2003); He (2003); Semwal *et al.* (2004); Choi and Deal (2008); Randhir and Hawes (2009)) or because crops are not included in a rotation (permanent grasslands, grass set-aside) (Fullen (1998); Bormann *et al.* (1999); Dubreuil (2001); Van Rompaey *et al.* (2001); Jankauskas and Jankauskiene, 2003; Souchère *et al.* (2003); Boellstorff and Benito, 2005; Bazzoffi (2009)).

Thus, there is no identification of cropping systems in which these crops are included. The successions of crops are not reconstructed, and the transition from one crop to another between two successive years is considered as a change, even if this transition is part of a crop rotation. Besides, these changing land use approaches describe and model spatial organization of the landscape mosaic, but do not include the aspects of interest in its territorial organization (farms' territories and their specific cropping systems). Decisions about agricultural land use are actually made by farmers, and so land use on a regional scale is the sum of the results of decision-making at the farm level (Rounsevell *et al.*, 2003).

The general aim of this paper is to explore the influence of future land use changes on runoff in order to translate results into specific actions that can inspire constructive actions by regional and local stakeholders and policy makers. This will be done by combining local land use change scenarios, involving local stakeholders, and a runoff model, considering spatio-temporal crop distribution according to farmers' specific rules.

The study presented here includes the scenario definition as well as a demonstration of four scenarios' effects on runoff at the watershed scale. Such a study is illustrated here for the loess belt region of Pays de Caux (North of the Seine river, Haute-Normandie, France). In the first part we concentrate on the description of the different stages of the foresight method design. In the second part, we present a set of overall scenarios simulated with respect to runoff impacts.

Material and methods

The stages of the SYSPHAMM method

In order to evaluate possible future developments in land use in terms of runoff, it is first necessary to foresee the possible changes in local land use. The methodology of foresight applied is known as SYSPAHMM (SYStem, Processes, Clusters of Hypotheses, Micro-scenarios, Macro-scenarios) (Sebillotte M. and Sebillotte C., 2002). This methodology has been used to provide foresight concerning sectors as varied as oilseeds (Sebillotte C. and Messéan A., 2003) and vineyards and wines (Sebillotte, M. *et al.*, 2003). We use the SYSPAHMM methodology for scenario-building in order to shed light on the possible futures of local agricultural land use in the Seine-Maritime County taking the year 2015 as the time horizon. This time horizon has been chosen as it is the year representing the deadline for the actual Common Agricultural Policy budget before its renewal.

The investigation directly drew on the knowledge and opinions of a group of local stakeholders belonging to several areas and organisations directly or indirectly linked to the agricultural sector. This group of 15 experts from local agricultural outreach programmes, local sugar beet industry etc... will be part of the scenario-building process.

Representation of the system

The first stage of the SYSPAHMM foresight approach is to represent graphically the system studied. As our objective is to study local land use changes, we therefore represented graphically the local land use system and all the factors having a potential influence on the land use system. This representation is structural and static and permits us to establish the limits of the local land use system by placing the various compartments and their links (Sebillotte, M. and Sebillotte C., 2009). Accordingly, we identified 16 factors involved in the functioning of the local land use system through interviews with local stakeholders and by literature review (Figure III-13).

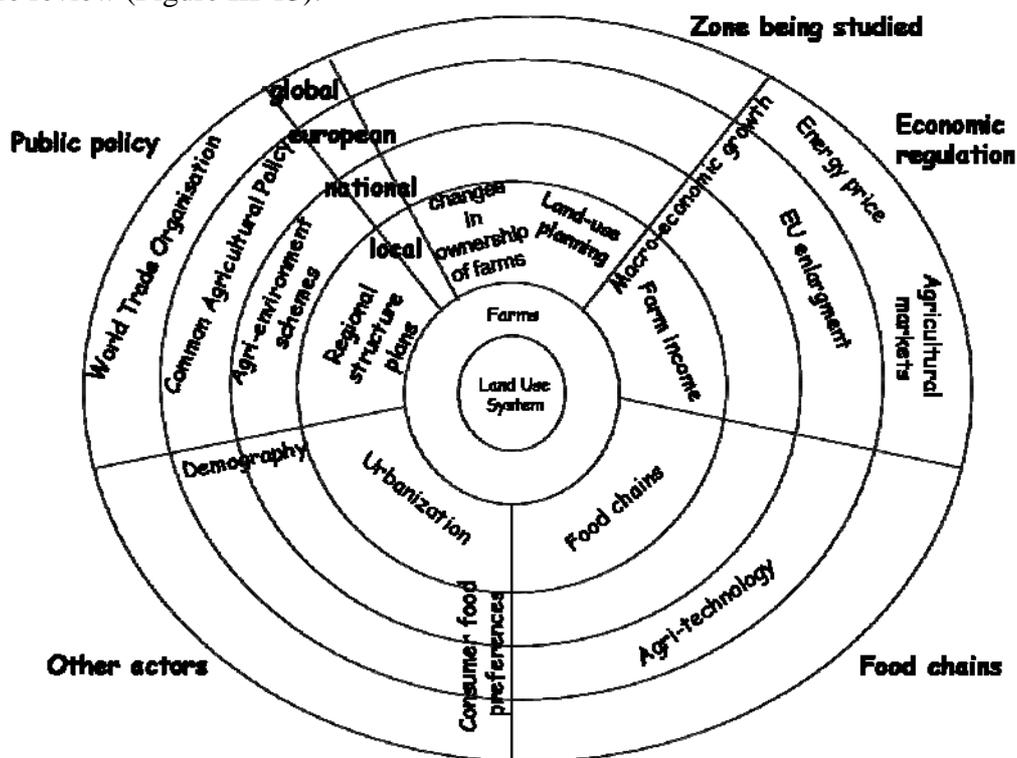


Figure III-13: Graphic representation of the land use system functioning

At the global and European scale, the main key factors that have been identified are agricultural market prices, WTO agreements; energy price; CAP policy reforms; EU enlargement; demographic development and consumer food preferences. At the national scale, key factors are agri-environmental schemes; agricultural techniques and economic growth. At the regional and local scale, the key factors are regional structure plans and local plans; urbanization; land-use planning; changes in farm ownership; farm income and the agricultural chains from the field to the store. The static graphic representation (Figure III-13) is the starting point to express the current situation dynamically through a list of processes.

The second representation of the system is “functional and dynamic and deals with the flow of matter, energy, information, decision centres, means of regulation and time limits, in a word”, what is referred to as “processes” (Sebillotte, M. and Sebillotte C., 2009). This representation describes the local land use system current situation (2007) through

“processes”, intentional or not, which explain its functioning (Sebillotte C. and Messéan A., 2003). Hence starting from the key factors involved in the functioning of the land use system and through bibliographic readings and interviews, we identified 254 processes. The following are several examples of processes:

- Agricultural lands are more and more used for urbanization, roads’ infrastructures, housing and business park purposes
- Farm consolidation is resulting in larger sized individual farms and simpler work plans within them
- Farm enlargement goes with the concentration of farmland and field patterns expand with land consolidation occurring for the past 20 years

This list of processes was submitted at the first meeting with stakeholders. Processes designated as the most important ones by the group of stakeholders for future land use and having a potential impact on runoff were selected and then used for building hypotheses.

Development of hypotheses

The second stage consisted in elaborating a set of hypotheses for future evolution starting from the processes designated as the most important ones by the group of stakeholders. A total of 63 processes were retained, each one leading to the formulation of a hypothesis that will come true or not (Sebillotte, M. and Sebillotte C., 2009). Each hypothesis corresponds to the following question: “Will the current processes continue as they are, regress, accelerate or stop altogether?” (Sebillotte, M. and Sebillotte C., 2009). Hence, formulation of the hypotheses is based on the continuation, the acceleration or the regression of the different important processes previously selected. The following are several examples of hypotheses corresponding to the previously presented processes:

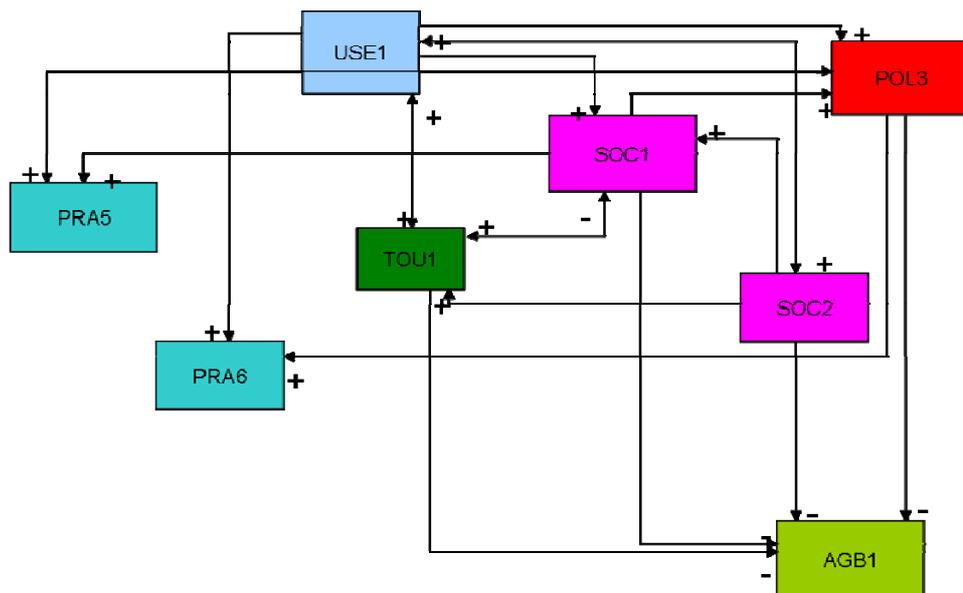
- Agricultural lands are being urbanized more and more rapidly
- Crop diversity decreases in farmers’ cropping plans
- Farms territories extend

“Each hypothesis is always accompanied by a non-realization counter-hypothesis. In this way these yes/no hypotheses allow us to consider that two contradictory options are often possible for the stakeholders” (Sebillotte, M. and Sebillotte C., 2009) and it confirms that the approach is based on foresight and not on forecasting.

The matrix of relationships between hypotheses

The third step aims to analyze the influence (no influence, strengthening or weakening of occurrence) any one hypothesis has on another one. This is done by building a matrix of relationships between hypotheses. The matrix of 3 969 cells resulting from this analysis underwent mathematical treatment that highlighted the groups of hypotheses (clusters) more related among themselves than to the others (Sebillotte, M. and Sebillotte C., 2009).

For each cluster of hypotheses, we drew up a diagram of relationships between the hypotheses of the matrix, with their signs. “This network of relationships reveals one or two hypotheses (driving hypotheses) that polarize the entire set and make it possible to build different narratives depending on whether or not they occur” (Sebillotte, M. and Sebillotte C., 2009). Further on, “within each cluster, the meaning of the hypotheses and the relationships that link them suggested the outcome of different possible futures around a strategic topic dimension”. Every cluster corresponds to a microscenario family. As an example, a diagram of a cluster of hypotheses and their relationships is shown in Figure III-14.



The eight hypotheses of the cluster:

POL3: In the Seine-Maritime county, environmental regulation concerning water resources is more and more restrictive

AGB1: Organic local production sector does not develop

SOC1: Rural population is more and more sensitive to agricultural negative externalities

PRA6: Farmers use more and more environmental friendly soil tillage practices (hand hoe, rotary hoe...)

SOC2: Rural population continue to strongly increase in the Seine-Maritime county

PRA5: There are more and more catch crops and farmers are mobilizing in favour of this practice

TOU1: Agritourism (bed and breakfast...) develops

USE1: Agricultural lands are more and more used for urbanization, roads infrastructures, housing and business park purposes

Figure III-14: Example of a microscenario family and the hypotheses of the cluster

Study area and watershed case study

The silt-loam agricultural region of Pays de Caux (Upper Normandy, north-western France) is very favourable to agricultural production because of the deep silty soils, and has a moderate temperature regime and rainfall evenly spread throughout the year (Martin *et al.*, 2009). These silty soils have crusting properties inducing a high risk of runoff and erosion (Boiffin, 1988; Fox et Le Bissonais, 1998).

The Saussay watershed (49°38'01.82"N; 0°56'19.58"E) was selected to carry out overall scenarios on runoff assessment. It is located in Pays de Caux, in the French region of Upper Normandy. This watershed is particularly sensitive to runoff, as flooding of roads and houses and gullies in fields can occur as a result of heavy runoff. This watershed stretches over 540 ha and is drained by several talwegs which meet upstream of the outlet. Arable lands account for 87 % of the total area and 24 farmers had arable fields in the watershed.

Runoff assessment

Runoff model

Impacts of land use changes scenarios on runoff production were assessed using the STREAM model (Sealing and Transfer by Runoff and Erosion Related to Agricultural Management) (Cerdan *et al.*, 2002a). STREAM is an expert-based runoff and erosion model at the small watershed scale (10-1000 ha). It is spatially-distributed, and lumped at the event-scale (Cerdan *et al.*, 2002a). The STREAM model simulates runoff at the watershed level and for a given rainfall event through determining soil surface infiltration according to soil surface characteristics, i.e. crusting stage, roughness and crop cover (Souchère *et al.*, 1998). In

STREAM, the values of infiltration capacity range from 2 to 50 mm h⁻¹ depending on the combination of the three parameters just mentioned. An infiltration capacity is assigned to each land use type in light of the matching table created by Joannon (2004) between crops and soil surface characteristics.

Choice of rainfall events

In the Pays de Caux, Papy and Douyer (1991) showed that flooding was mainly caused in winter by low-intensity and frequent rainfall on large degraded surfaces leading to runoff accumulation and in spring by brief high-intensity storms hitting small areas. These two periods in the year are therefore particularly sensitive to runoff.

Accordingly, runoff was simulated for the winter (December) and spring (May) periods for two rainfall events (Tableau III-9):

- a non-storm, low-intensity rainfall event for which agricultural practices had a significant impact (29.6 mm, 4h58min precipitation event with 9.2 mm cumulated rainfall over the previous 48h (rainfall event R_B))
- a more intense rainfall event (22 mm, 2.19h and 37.2 mm cumulative rainfall over the previous 48h (rainfall event R_A)): this rainfall event is twice as intensive as the previous one.

Tableau III-9: Rainfall events' characteristics

	Rainfall event R _A 	Rainfall event R _B 
Mean intensity (mm/h)	9.50	5.95
Total rainfall (mm)	22.0	29.6
Event duration (h)	2h19	4h58
Rainfall amount in 48 preceding hours (mm)	37.2	9.2

Scenarios combination with STREAM model

The STREAM model does not make it possible to directly determine the impact of a scenario in the watershed. Indeed, the model's input data are the soil-surface characteristics rather than the nature of the crops. Hence there was a need to match crops with soil-surface characteristics through the matching table above mentioned.

Hence, the combination between scenarios and STREAM runoff model results in using land use and agricultural practices (corresponding to various soil surface states) provided by scenarios as the input parameters of the runoff model in terms of soil infiltration capacity. This is done through the matching table linking land use and agricultural practices to different soil surface states.

Consideration of spatial and temporal crop distribution

At the watershed scale, land use spatial patterns influence hydrological processes (e.g. Ludwig *et al.*, 1995; Vandaele and Poesen, 1995; Desmet *et al.*, 1999). Runoff assessment may involve care in the location of crops. Crops are allocated to their fields by farmers according to farmers' decision rules concerning cropping systems (i.e. cultivable area, minimum return period, potential preceding crops). Therefore, their choices of crop allocations modify the observed temporal heterogeneity and spatial pattern of cropped landscapes (Castellazzi *et al.*, 2007).

So, to represent this spatio-temporal heterogeneity driven by farmers' decisions, we created a diversity of watershed landscapes according to farmers' decision rules using LandSFACTS spatio-temporal allocation of crops to fields software (Castellazzi *et al.*, 2008). Such a model simulates crop allocations in a farm territory taking into account farmers'

decision rules. It incorporates spatially realistic variation in the allocation of crops through time (Castellazzi *et al.*, 2008).

Firstly, a diversity of crop allocations at the farm territory level was created according to farmers’ decision rules. The decision rules were used as inputs in the model LandSFACTS to simulate different crop allocations in each farm territory. 50 crop allocations for each farm within the watershed were simulated in order to cover a wide range of crop allocations. As a result, we used LandSFACTS in order to explore the diversity of crop allocations within each farm territory, according to farmers’ decision rules for both the initial situation (2007) and for the scenarios (2015).

Secondly, a diversity of crop landscapes was created at the watershed level. This was done starting from the 50 crop allocations generated by the LandSFACTS model at the farm level. Crop landscapes were created at the watershed level by aggregating a single farm crop allocation out of the 50 farm level crop allocations set. Consequently, we created a diversity of crop locations at the watershed level (50 crop landscapes) for both the initial situation (2007) and the 2015 scenarios.

Therefore, 50 landscapes at the watershed level were created and assessed in terms of runoff using the model STREAM. The simulation of 50 landscapes was sufficient to estimate the watershed runoff variability range and appeared to be a satisfying trade-off between the time needed for the calculation of simulations and a statistically reliable mean estimate.

Results

Building of Microscenarios families

From each cluster of hypotheses we build families of microscenarios. In our case, three microscenario ‘families’ have been identified. One microscenario family concerns land urbanization and environmental policy (microscenarios Family 1, Figure III-15), characterized by two driving hypothesis: “Arable lands are more and more vulnerable to urbanization (USE1)” and “Rural populations are more and more sensitive to negative externalities of agricultural activities (SOC1)”.

				Microscenario family 1 : Agriculture facing rural development				
				Rural population	Urbanization	Environmental constraints	Organic Farming	
USE1	+	SOC1	+	1a A new picture of agriculture	↔	↔	↔	↔
			-	1b Cohabitation of rural population and agricultural activities	↗	↗ (regulations)	↗	
	-		+	1c Farmers are agents rural dynamics	↘	→	↗	↗
			-	1d Rural exodus and society loses interest in agricultural activities	↘	→	↘	

Figure III-15: Description of the variables retained for the Microscenario family 1: “Agriculture facing rural development”
(microscenarios used for overall scenarios are represented in grey)

The second microscenario family concerns local crops’ development (microscenarios Family 2, Figure III-16) characterized by two driving hypotheses: “World Trade Agreements lead to agricultural markets liberalization (POL9)” and “Oil price increases (ENE1)”.

				Microscenario family 2 : Will the local supply chain continue to play a role?		Winter crops			Spring crops			Soil tillage	Set aside		
POL9	+	ENVI	+	W W	OSR	Biofuel crops	Pens	Flax	Sugar beet	Potatoes					
							+	2a The energetic requirements of the local territory				↗	↗	→	∅
			-	2b A territory which loses its diversity				↗	↗	↘	∅	↘	∅	↗	GasO ∅
			+	2c A non food-processing territory				↗	↗	→	→	↗	No tillage	Set aside cultivated for biofuels	
			-	2d A territory with strong diversity				↘	↘	↘	↗	↗		GasO	

Figure III-16: Description of the variables retained for the Microscenario family 2: “Will the local supply chain continue to play a role?” (microscenarios used for overall scenario are represented in grey)

The last microscenario family concerns local livestock farming evolution (microscenarios Family 3, Figure III-17) characterized by three driving hypotheses: “CAP is modified and milk quotas are abolished as well as subsidies (POL1)”, “Crop market prices increase in the long run (MAR1)” and “Local dairy industries establish and develop their production on a long-term basis (IAA2)”.

					Microscenario family 3 : What does the future hold for cattle breeding?		Milk quotas	Number of farms	Farms' area	Forage system	Farming systems	
MAR1	+/-	IAA2	POL5	+	-	3a Opting for food self-sufficiency		→	→	Grassland dairy farming		
				-	+	3b Beef production gaining ground		→	→	Grassland and fodder dairy farming	No specialization of mixed crop-livestock farming	
				+	+	3c Local grasslands being threatened		removed	↘	↗		Specialization of mixed crop-livestock farming (milk)
				-	+	3d Specialization of local dairy farming		removed	↘	↗	Fodder dairy farming	Specialization of mixed crop-livestock farming (milk)
				+	-	3e Dairy production relocation				→		Mixed crop-livestock farms convert to suckler farming
				+	+	3f Local livestock at risk				↗		Livestock farming disappears and convert to cash crops

Figure III-17: Description of the variables retained for the Microscenario family 3: “What does the future hold for cattle livestock husbandry?” (microscenarios used for overall scenarios are represented in grey)

Finally, individual microscenarios arise from each microscenario family. Each group of hypotheses brought forth four or more microscenarios depending on the different combinations of driving hypotheses which were chosen to be activated. Within each of these microscenario families, we distinguished 3 or 4 microscenarios.

As a result, 14 microscenarios arose from the 3 microscenario families. Those microscenarios can then be combined to build up overall scenarios. The three microscenario families identified are named as follows:

1) “Agriculture facing rural development” concerning land urbanization and environmental policy. Four micro-scenarios were elaborated by selecting different driving hypotheses. They differ in the rural settlement (urbanization) and local society concern in environmental issues related to agricultural practices (organic farming, cover crops...) (Figure III-15).

2) “Will the local supply chain continue to play a role?” concerning crops (Figure III-16). Four microscenarios differ on the acreage changes of crops and the microscenarios present various combinations of acreage for wheat, barley, flax and other crops related to agricultural markets, oil prices and the relocation of local production areas.

3) “What does the future hold for livestock husbandry?” concerning livestock farming (Figure III-17). Six micro-scenarios result from this family based on the type of livestock farming being practised (place of dairy farming, forage system based on grassland or maize fodder...).

Overall scenarios tested

The last step is the overall scenario-building, choosing one microscenario from each family. We focus here on testing four overall scenarios. These overall scenarios were chosen on the one hand because local stakeholders found them relevant and on the other hand, to assess two different futures for local livestock farming, i.e. dairy farming disappearance (microscenarios 3e) versus dairy intensification (microscenarios 3d) either in a context of rural exodus with a lesser pressure on environmental constraints (microscenarios 1d) or in a context of rural urbanization with reinforced environmental constraints (microscenarios 1b). Other things being equal, the microscenario from Family 2 is left unchanged (microscenario 2b).

Scenario A: “Territory loses its traditional production pattern in favour of cash crops in a context of rural exodus”

The first overall scenario simulated in terms of its consequences on runoff is composed of the three microscenarios 1d, 2b and 3e. The narrative storyline of this overall scenario is as follows: “Countryside is less and less attractive to new inhabitants; rural population decreases and urbanization of rural areas stagnates. Rural areas are not prized by urban people and farm-based tourism does not develop. Agricultural practices do not change nor include new techniques in order to preserve water resources because no restrictive regulations nor financial supports are being defined (microscenario 1d). In a context of agricultural markets liberalization, the local agricultural sector is having difficulties through the trade liberalization of local agricultural products and agricultural and food industries. This world trade liberalization has an even more negative impact on the local agricultural sector as the low oil price throws biofuels development back into question. The energy context does not favour development of crops for energy outlets (biofuels, biomaterials) and local biofuels industries are ticking over. Therefore, farmers cultivate less and less biofuel crops (oil seed rape biodiesel, winter wheat and sugar beet bioethanol) (microscenario 2b). A drop in consumers’ purchasing of dairy products combined to a milk price higher than in other regions, tend to induce local dairy industries to leave the Seine-Maritime county and to relocate their industries in areas where milk and production costs are lower. Therefore, dairy farms are being threatened in their activity and have to convert to cash crop farming systems or suckler farming systems. Local beef products are mainly from suckler cattle farming systems” (microscenario 3e).

Scenario B: “Rural areas urbanization and agricultural activities, the management of coexistence in a territory which loses its traditional production in favour of cash crops”

The second overall scenario (scenario B) is composed of three microscenarios (1b, 2b and 3e) as well; one from each family. This scenario is a variant of scenario A as only one microscenario differs (1b instead of 1d). The narrative storyline of this overall scenario is approximately that of scenario A except for microscenario 1b: “Rural population increases leading to rural area urbanization. Nevertheless, environmental regulations concerning agricultural practices (cover crops...) are set up and urbanization is constrained. Consequently, new inhabitants are on good terms with farmers” (microscenario 1b).

Scenario C: “Dairy farming specialization in a context of rural exodus”

The third overall scenario C is composed of microscenarios 1d, 2b and 3d. This scenario is a variant of scenario A as only one microscenario differs (3d instead of 3e). The narrative storyline of this overall scenario is like that of scenario A except when it concerns microscenario 3d: “European Commission modernise CAP by removing restrictions on farmers, thus helping them to respond better to signals from the market. As a result, milk quotas are abolished and the reform “decouples” direct aid to farmers, i.e. payments are no longer linked to the production of a specific product. Dairy farms specialize in milk production (to the detriment of meat production) and the number of farmers declines. Big dairy farms develop and production concentrates in some areas close to milk industries (reduction of transportation costs). Forage systems for dairy farming are intensifying and are mainly based on fodder maize” (microscenario 3d).

Scenario D: “Rural areas urbanization and agricultural activities, the management of a coexistence with dairy farming specialization”

The last overall scenario (scenario D) is composed of microscenarios 1b, 2b and 3d. This scenario is a variant of scenario C as only one microscenario differs (1b instead of 1d). The narrative storyline of this overall scenario is approximately the same as that of scenario C except for microscenario 1b (see Scenario B).

Scenario implementation: parameterization of the qualitative descriptions

For the overall scenario implementation, i.e. translating qualitative land use change scenario description into farmers’ decision rules and agricultural practices, storylines of the overall scenarios were scaled down according to the farming systems structure of the Saussay watershed.

Overall scenarios runoff assessment, at the watershed level, using the STREAM model, entails translating changes in land use and agricultural practices from the qualitative scenarios into soil surface states (soil infiltration capacity). Resulting infiltration capacities for the different land uses according to the scenarios are described in Tableau III-10.

Tableau III-10: Infiltration capacity (mm/h) of each land use according to scenarios and period

Infiltration capacities for different land uses (mm/h)	Winter (December)		Spring (May)	
	scenario A and C	scenarios B and D	scenario A and C	scenarios B and D
Cereals (winter wheat or winter barley)	2 (ST)	5 (coarse seeding)	5 (ST)	50 (rotary hoe)
Oil seed rape	5 (ST)	10 (wide row spacing)	5 (ST)	5 (ST)
Intercrop period	5 (fields left untilled after harvesting (cereals or rape))			
	2 (fields left untilled after harvesting (other crops))	10 (cover crop (mustard or ray grass))	-	-
	5 (superficial tillage with plough disc)			
	10 (superficial tillage with plough tine)			
Flax	-	-	5	5
Maize	-	-	10 (ST)	50 (hand hoe)
Sugar beet and Fodder beet	-	-	10 (ST)	50 (hand hoe)
Potatoes	-	-	2 (ST)	10 (microdams)
Spring barley	-	-	20	20
Permanent grassland	50	50	50	50
Set-aside for environmental use (grass)	50	50	-	-
Grassy Headlands	-	20	-	50
Urbanization	-	20	-	20

ST: Standard Technique

- : Not concerned

Scenario A and B

In the case of the overall scenario A, microscenarios' specific rules and farmers' decision rules have been defined as follows:

Regarding the microscenario 1d, no new urbanization or constructions are made. During the period between two crops, there is no more sowing of catch crops in all farming systems, instead different tillage operations (either stubble ploughing, no tillage, or cultivation) are carried out according to initial (2007) farmers' practices.

Concerning the microscenario 2b, the set-aside obligation is ending; hence farmers have the possibility to cultivate these arable areas. Besides, potatoes (used for local production) and flax acreages decrease, whereas potatoes (used for exportation), oil seed rape,

winter wheat and barley (winter and spring) acreages increase. Sugar beet, biofuel set-aside (oil seed rape) and peas disappear. Moreover, as sugar beet cultivation vanishes, its by-product (dehydrated pulp) usually used for feeding the suckling herd, is then replaced by on-farm consumption of cereals (winter wheat). For the crop acreage changes within each farm (increase or decrease), we opted for changing them by modifying farmers' decision rules (i.e. cultivable area, crop return period and potential preceding crops per crop) within local possibilities. For example, for farmer U we modified crops' return period according to the changes described above: its initial crop rotation in 2007 is *Winter wheat-Winter barley-Oil Seed Rape-Winter wheat-Winter barley-Pea* with an Oil seed rape minimum crop return period of 4 years. As in the 2015 scenario pea disappears and others crops in the rotation increase, the 2015 scenario crop rotation of this farmer becomes *Winter wheat-Winter barley-Oil Seed Rape* with an Oil seed rape minimum crop return period of 3 years.

For the microscenario 3e, dairy farms and mixed crop-livestock farming disappear and are converted into either cash crops or suckler farming according to the area under mandatory permanent grass of the initial farming system. Area under mandatory permanent grass is estimated by the farmer himself (interviews) according to various reasons such as slope intensity, liability to flooding of a field.... Conversion is made according to the following rule: if the mixed crop-livestock farm has an area under mandatory permanent grass which is nonexistent or negligible (<5ha), then this kind of mixed crop-livestock farming is converted into cash crops (with land under mandatory permanent grass as grass letting), whereas for a mixed crop-livestock farm having a mandatory permanent grasslands area above 5ha, this type of farm is converted into suckler farming. Converted mixed crop-livestock farming systems changing to cash crops will grow spring barley instead of winter barley. As an example, the resulting proportions of the individual crops of the entire arable area for all farms according to the crop allocation are shown in Figure III-18 for ten 2007 and scenario A and B simulated years.

In the case of the overall scenario B, changes concern only the microscenario 1b for which specific rules and farmers' decision rules have been defined as follows:

For the microscenario 1b, concerning urbanization, the newly urbanized area is based on the annual rate for Seine-Maritime county (1 400ha/year), urbanization is located around villages, and as urbanization is a regulated activity, arable land (fields) are urbanized outside the talwegs. Concerning environmental constraints, grassy headlands are sown in September in fields cultivated with maize, flax and potatoes. Catch crops are sown in September before spring crop sowing (maize, sugar beet, fodder beet, flax, potatoes and spring barley). Finally, concerning soil tillage, practices reducing soil structure deterioration are set up. For the autumn period, oil seed rape is sown with wide row spacing, winter wheat and winter barley are sown with coarse seeding regimes. For the spring period, soil between plants such as maize, sugar and fodder beet in the field or seedbed is worked with a hand hoe, a rotary hoe is used for winter wheat and winter barley and microdams are established between ridges in potato fields. There is no rolling of flax.

Scenario C and D

In the case of the overall scenario C, microscenarios' specific rules and farmers' decision rules have been defined previously for microscenario 1d and microscenario 2b.

For microscenario 3d, large dairy farms (having specialized farm buildings and which have invested in a close control of livestock effluents to comply with European rules) take over smaller dairy farms according to their proximity. Hence, the number of dairy cows increase according to farm building space possibilities. The forage system is based on maize (for dairy cows the annual pasture need is 0.18 ha per dairy cow, close to farm buildings

(<1km) with 4 t of maize per year; for replacement heifers, they occupy permanent grasslands with 0.45 ha of pasture per heifer, and there are no location constraints for these grasslands.

In the case of the overall scenario D, changes concern only the microscenario 1b for which specific rules and farmers' decision rules have been defined previously.

Scenarios' crops proportions resulting from scenarios' implementation

Implementation of scenarios at the farm scale according to the different scenarios resulted in changes in land use and crops' proportions as shown in Tableau III-11 and Figure III-18.

Tableau III-11: Areas of the individual crops (%) of the entire farms territory in 2007 and for 2015 scenarios

	Initial situation (2007)	Scenario A and B	Scenario C and D
Total winter crops (%)	51.2	69.8	64.3
Winter wheat	32.7	38	38.4
Winter barley	8.2	8.6	8
Oil seed rape	10.3	23.2	17.9
Total spring crops (%)	23.7	19.8	20.5
Fodder beet	0.6	0.2	1.15
Sugar beet	1.2	0	0
Flax	6.6	4.5	3.4
Pea	1.3	0	0
Spring barley	0	7.3	0
Maize	9.7	0.9	9.7
Potatoes	4.3	6.9	6.3
Grasslands (%)	24.9	10.3	15.1
Catch crops	33.5*	0* (Scenario A) 100* (557 ha) (Scenario B)	0* (Scenario C) 100* (577 ha) (Scenario D)

*% of the potential covered surface

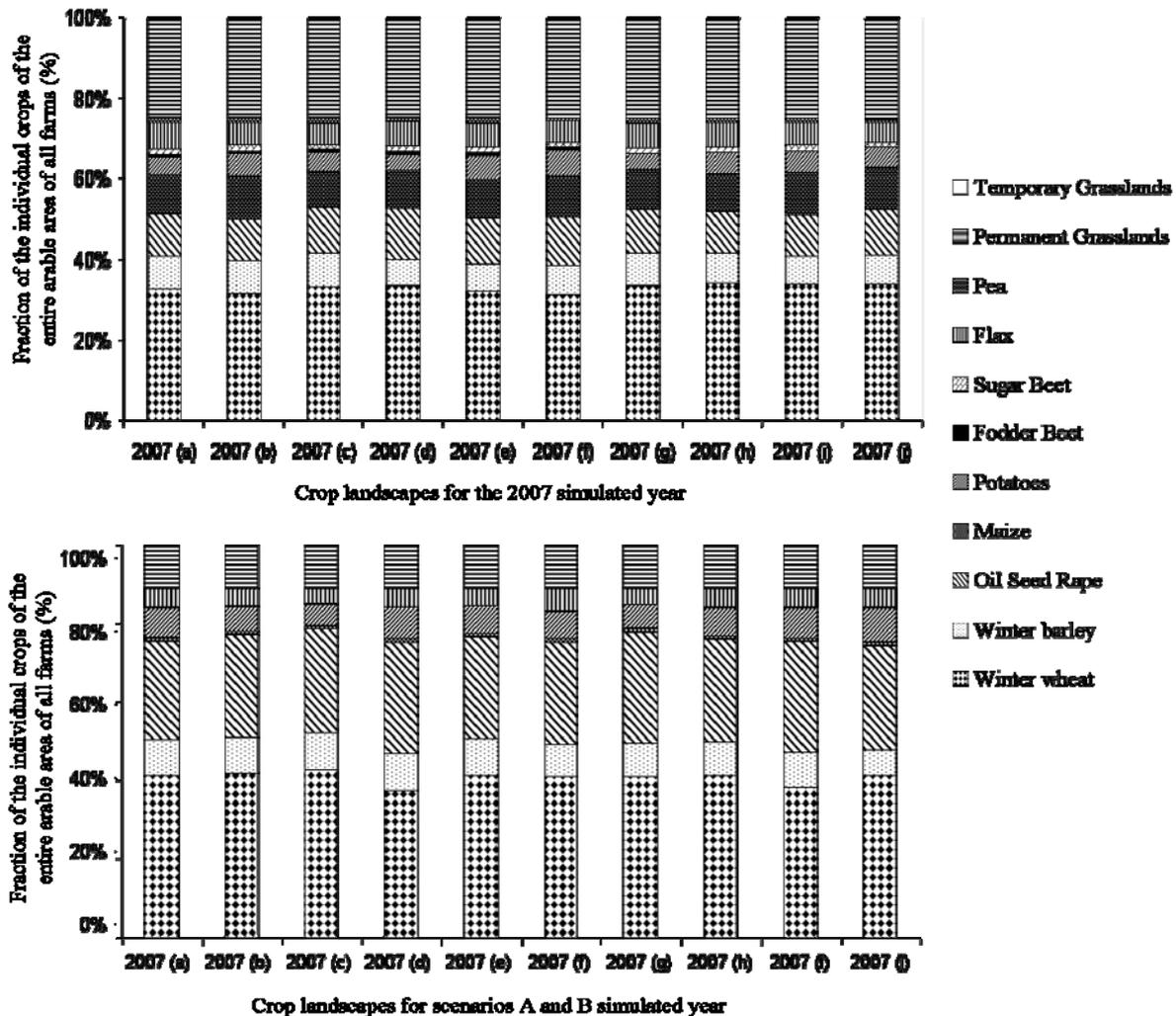


Figure III-18: Fraction of the individual crops of the entire arable area of all farms according to the crops allocations for the initial situation and scenarios simulated years

Land use and land cover changes concerned only scenario A and scenario C as scenario B and D are different only from the microscenarios from family 1 which does not entail land use change but only environmental constraints and urbanization.

Concerning scenario A (and B), the winter crops acreage increases (from 51.2% to 69.8%) mainly due to oil seed rape acreage increase (from 10.3% to 23.2%) and to a lesser extent to winter wheat acreage increase (from 32.7% to 38%). Proportions of spring crops decrease (from 23.7% to 19.8%) mainly due to maize (from 9.7% to 0.9%), and to a lesser extent to flax acreage decrease and sugar beet and pea disappearance. Spring crops decrease is counteracted by spring barley increase, passing from 0 to 7.3% of the entire arable area of all farms. Moreover, we observe that permanent grasslands acreage decreases twofold (from 24.6% to 10.3%). Finally catch crops totally disappear in scenario A and are cultivated for the entire potential covered surface in scenario B.

Concerning scenario C (and D), winter crops acreage increases as well but to a lesser extent (from 51.2% to 64.3%) for the same reason as in scenario A (oil seed rape and winter wheat acreage increase). Spring crops acreages vary little in this scenario as neither maize nor spring barley acreage vary. Concerning grasslands acreage, we note that it decreases (from 24.9% to 15.1%) but not as much as in scenario A. Finally catch crops totally disappear in scenario C and are cultivated for the entire potential covered surface in scenario D.

To sum up, we notice differences in crops' proportions between the initial situation and both scenarios (A and C). Winter crops acreage increases and spring crops and permanent grasslands acreage decrease for both scenarios.

However, between scenario A (and B) and scenario C (and D) there are not many differences in the individual crops proportions for the entire arable area. If we look at the crop proportions of the different scenarios (scenario A and C), we observe that there are no large differences in terms of crop proportions. Winter crops occupy 69.8% of the entire arable area in scenario A and 64.3% in scenario C, similarly spring crops occupy 19.8% of the entire arable area in scenario A and 20.5% in scenario C. The only two noticeable differences are in one spring crop, as spring barley replaces maize acreage in scenario C and in permanent grasslands acreage which is 10.3% in scenario A and 15.1% in scenario C (Tableau III-11). Hence for two different local livestock farming based scenarios, resulting crops' proportions do not vary greatly except for grasslands acreage which is lower in scenario A (10.3%).

Scenario runoff assessment

Runoff production assessment on the basis of the different scenarios was carried out by means of the model STREAM for the catchment of the Saussay in Pays de Caux. Runoff values for the 2007 initial situation and the 2015 scenarios A, B, C and D are presented in Figure III-19 for both rainfall events and periods.

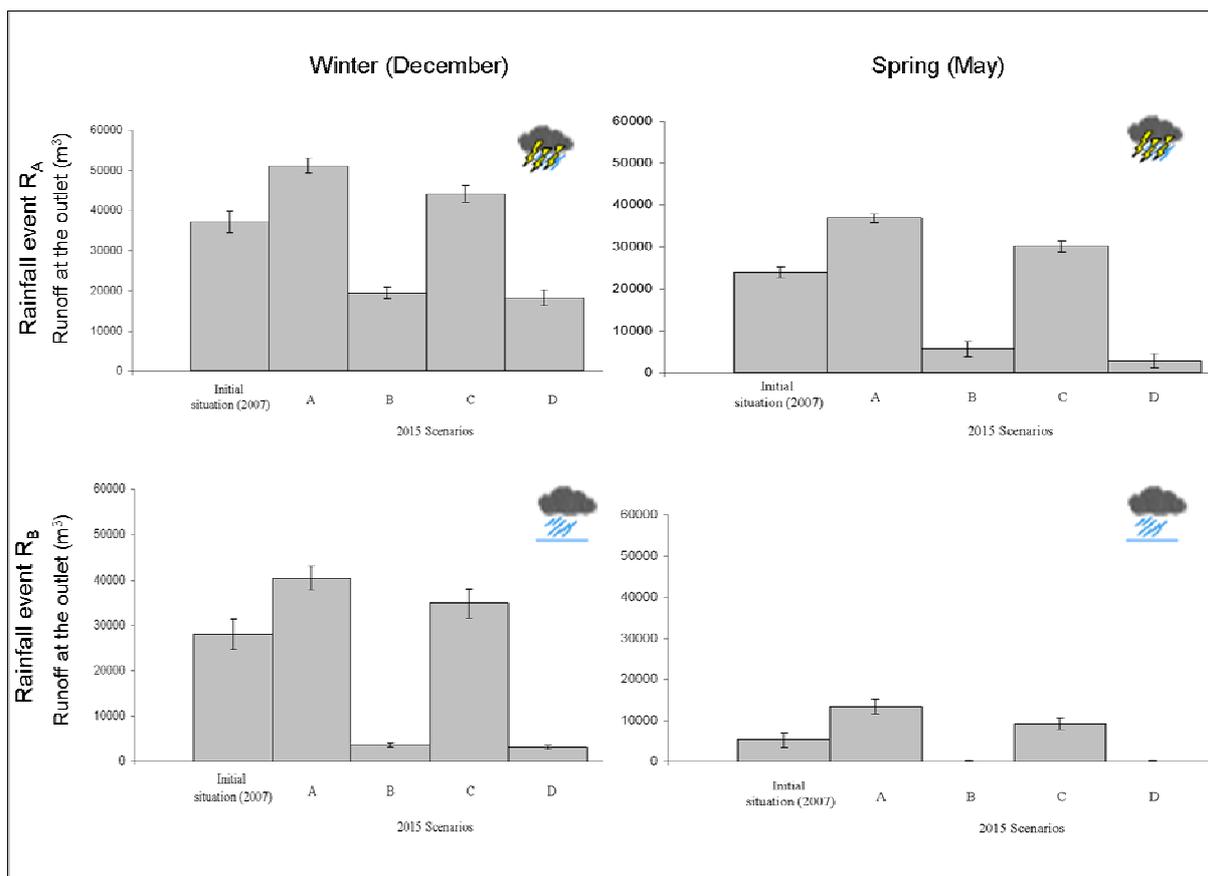


Figure III-19: Runoff volume (m^3) at the watershed outlet for a high (event R_A) and a low (event R_B) rainfall event in spring (May) and winter (December) for the initial state (2007) and for Scenarios A, B, C and D

To illustrate the effect of land-use modifications on runoff for a given rainfall event, we compared runoff results of each scenario with those from the initial situation (2007) as illustrated in Figure III-19. The latter is hence considered as the reference to discuss the runoff production of the tested scenarios.

Runoff according to rainfall events

By comparing the initial situation and each scenario (A, B, C and D) independently, the general trend is that runoff volumes at the watershed outlet are larger for the rainfall event R_A for both periods.

Runoff according to periods

Additionally, by comparing the periods, we observe that runoff is always higher in the winter period than in the spring period. This is mainly explained by the large proportion of winter crops (51.2% for the initial situation, 69.8% for scenarios A and B and 64.3% for scenarios C and D).

Runoff general trends

By comparing the initial situation with the different scenarios, whichever the rainfall event or the period may be, we can see that changes induced by scenarios A, B, C and D have serious consequences on runoff.

The general trend is that, compared to the initial situation for both periods and both rainfall events, runoff increase significantly for scenarios A and C (from 27% to 60% for scenario A and from 16% to 43% increase for scenario C according to the rainfall event and the period) and decreases for scenarios B and D (from 62% to 99% for scenario B and from 51% to 99% for scenario D, decrease according to the rainfall event and the period).

Discussion

Scenario implementation

The parameterization of the qualitative descriptions required simplifications and assumptions to be made and we had to make choices concerning the implementation of the specific overall scenario tested here.

Concerning overall scenario implementation (microscenarios' specific rules and farmers' decision rules defined), we chose to implement the different microscenarios (constituting the overall scenario) in a similar way for all farming systems within the watershed area, independently of any farm's specific characteristics. For example, we implemented the microscenario 1d similarly for all farms as all catch crops disappeared from all farms. Similarly, we implemented the microscenario 1b the same way for all farms as catch crops and headlands are present in all farms and alternative soil tillage practices (wide row spacing or coarse seeding, hand hoe, rotary hoe, microdams) are carried out in all farms across the watershed. Identically for the microscenario 2b, grass set-aside was systematically cultivated by all farmers, increases (potatoes used for exportation, oil seed rape, winter wheat and barley (winter and spring)) or decreases (potatoes used for local production and flax) of crops were similar, and finally sugar beet and peas disappeared from all farms. However, for the microscenario family 3, we implemented the microscenarios according to the farming system type. We implemented the microscenario 3e according to the farming system type as we chose to convert farming system production according to the area under mandatory permanent grasslands (assessed by the farmer) of the initial farming system. Similarly, we implemented the microscenario 3d according to the farming system type as large dairy farms

(with specialized farm buildings and which had invested in a close control of livestock effluents to comply with European rules) took over smaller dairy farms.

During interviews with farmers we questioned them about their future according to some driving hypotheses used in the scenario-building. We noted that farmers had different reactions according to these hypotheses about the future. For example, concerning the hypothesis according to which local dairy industries would relocate their production, not all farmers had similar behaviours. Accordingly, to our scenario implementation, for the majority of them, they would stop their dairy production as proposed in our scenarios A and B. Nevertheless, two of them would opt for a development of direct farm sales and would keep their dairy production going. Besides, one of them considered that the farm's milk products would be collected by a dairy industry much farther away. Similarly, we questioned farmers about a possible relocation of the sugar beet production area. We collected several types of answers but according to our scenario implementation the majority of them would shift into cereals or oil seed rape crops, and two farmers would shift sugar beet acreage into vegetable crops (potatoes). Yet, one farmer still answered that the farm's sugar beet production would be collected by another sugar beet factory located farther away. Consequently, we notice that choices made in this study in terms of scenario implementation (i.e. dairy farming disappearance, sugar beet acreage replacement by any other crop) appear to be consistent even if we are conscious that in reality there is a diversity in farmers' behaviours according to various features (farmers' age, strategic orientation, personal interest, workforce...).

Scenarios runoff assessment

Trends in surface runoff (Figure III-19) can be explained by changes in soil surface states inducing runoff, altered by a combination of different land use changes entailed by the 2015 scenarios.

Scenario A compared to initial situation (2007)

Increase of surface runoff in the 2015 scenario A is firstly explained by the loss of high infiltration capacity surfaces like permanent grasslands (down from 24.6% to 10.3% due to dairy farming systems removal) and grass set-aside (Tableau III-11).

Abandonment of agricultural practices such as catch crops added to runoff increase particularly in the winter period as areas of bare soils in winter increased, resulting in more and more areas contributing to runoff and associated problems like muddy flows. Moreover, the decrease in spring crop acreage led to an increase in winter crops, leading in turn to a larger number of low infiltration capacity soil surface states in winter.

Finally, in 2007 as in 2015, we observed a lower variability in runoff volumes for event R_A compared to event R_B . This is justified by the fact that since rainfall event R_A is more intense, rainfall overtakes soil surface state infiltration capacity which cannot infiltrate any faster. As a result for a rainfall event such as R_B , there are infiltration possibilities for fields located in the areas downstream within the watershed but it depends on their localization in the watershed, thereby inducing the observed runoff variability. Trends in runoff variability between 2007 and 2015 are probably due to the loss of grasslands, because of dairy farming disappearance, so that they cannot act as a buffer zone any more in the scenario A. The decrease in variability is not observed in spring for rainfall event R_B because of the spring crops' decline, being replaced by winter crops at the time of the simulation (15th May) and being characterized by more homogeneous soil surface state infiltration capacity.

Scenario A compared to Scenario B

By comparing scenario B to scenario A, it seems that the introduction of more environmentally friendly production methods (scenario B) such as catch crops, sown headlands and alternative soil tillage practices are efficient as runoff is practically eliminated for rainfall event R_B in spring (99% runoff decrease) and greatly reduced in the other cases (from 62% up to 91%). Hence, it seems that the introduction of such alternative agricultural techniques might make up for the ploughing of permanent grasslands and enable farmers to counteract the risk of increasing damage.

Scenario C and D compared to initial situation (2007)

If we analyse runoff production of the scenario C compared to the initial situation, we see that the general increase can be explained the same way as for the scenario A (decrease in grasslands areas from 24.9% to 15.1%, increase of winter crops, and decrease of spring crops, no catch crops...). Nonetheless, surface runoff increases moderately compared to scenario A probably due to the permanent grasslands acreage which is higher in scenario C (15.1%). Similarly, we observe the same kind of reduction by comparing scenario D to scenario C, and runoff is practically eliminated for rainfall event R_B in spring (99% runoff decrease).

Rainfall event

Concerning rainfall events, we note that runoff trends throughout the scenarios remain the same whatever the rainfall event might be (R_A or R_B). Rainfall events chosen in this study were typical rains with return periods of about 10 years. But one can ask what would be the consequences on runoff if the rainfall event would be different as with a “catastrophic” rainfall event (e.g. 70 mm during 2 hours, June 16th 1997, Villers-Ecalles (Pays de Caux) (Souchère *et al.*, 2005)). With a “catastrophic” rainfall event, runoff volumes at the outlet would certainly increase, as shown by Souchère *et al.* (2005).

Besides, with such an event the effect of environmental constraints (Scenarios B and D) might be partially masked in these extreme conditions. As a result, it might be possible to stop runoff during typical rainfall events (R_A , R_B) but it would require much more extreme measures to deal with the effects of “catastrophic” rainfall events and reduction of runoff for such an event calls for a policy of more active water management involving the construction of ponds or basins. These ponds are more efficient to store temporarily excess water and to ensure its later slow release following summer thundershowers or in case of “catastrophic” rainfall events.

In our study we assessed two main scenarios differing regarding local livestock farming (disappearance of local dairy farming in scenario A and specialization of dairy farming in scenario C) and both scenarios were assessed within a context with slackening of environmental constraints (scenario A and C) and within an environmental friendly context (scenario B and D).

According to runoff production at the watershed outlet (Figure III-19), in scenarios in which microscenario 1b is included (scenario B and D), runoff production volumes at the outlet are greatly reduced (up to 99% for rainfall event B). This implies that the region is likely to undergo significant changes in flood frequency due to future dairy farming if no more environmentally friendly production methods on arable lands are set up. Consequently, setting up of environmental constraints such as grass headlands, catch crops and alternative soil tillage practices can counterbalance the disappearance of permanent grasslands entailed by both scenarios.

These results confirm the findings of other studies. For example, Souchère *et al.* (2005) showed the negative effect of a partial or complete ploughing of permanent grasslands,

and the significant runoff volume reduction which might be achieved by the introduction of environmentally friendly production methods on arable lands. Concerning effects of soil tillage and agricultural practices on runoff during the intercrop period, Martin (1999) showed that mustard cropping and light-duty mouldboard ploughing reduced runoff. However, it should be noted that implementing intercrop management techniques is dependent on climate: the wetter the year, the less farmers are able to implement additional interventions to sowing and harvesting due to the limited number of workable days (Martin *et al.*, 2004).

As a result, agricultural practices such as grassy headlands, catch crops, alternative soil tillage practices might be local levers for local decision makers which could counteract the negative runoff impacts of national or international trends in agriculture (e.g. local production areas relocation, dairy farming intensification) for which evolution is not in local decision makers' hands. It seems that catch crops have been chosen as an option by local decision makers as in the framework of the next Nitrates Directive²⁴, the objective concerning catch crops will be to cover 100% of bare soils in winter in 2012. If winter crops acreage increase (winter wheat, oil seed rape) this will lead to a "natural" cover increase in winter. Nevertheless, this objective might be delicate as there is a risk to cultivating catch crops with crops successions such as beet-maize and maize-maize.

Conclusion

This paper has attempted to combine land use change scenarios and a runoff model (STREAM) as a method for examining the implication of socio-economic dynamics on the runoff, applied to European loess belt soils region (Saussay watershed in the Pays de Caux, France). The proposed approach enables the identification of the potential impacts of future land use changes on future land use patterns and runoff impacts at the watershed scale. Runoff volumes at the watershed outlet show that land use scenarios result in noticeable changes in surface runoff as disappearance and intensification of dairy farming might lead in runoff increase and that alternative farming practices like headlands, catch crops and alternative soil tillage practices are effective measures to reduce the runoff production however dairy farming may evolve.

Nevertheless, the responses of watershed land use changes on runoff are determined by the reaction of individual farming systems on these impacts. These farming systems can differ remarkably from one watershed to another both for types of farming systems (cash crops versus mixed crop livestock farming systems) and the location of those farming systems throughout the watershed area. As an example, in watersheds located along the north coast of Pays de Caux there are mostly cash crop farming systems and very few mixed crop livestock farming systems (e.g. La Chapelle-sur-Dun watershed). Consequently, comparisons of runoff assessment with other watersheds might be interesting. Besides, future research could use this approach to simulate runoff impacts for other scenarios to distinguish the differences among land use scenarios involving different land use changes such as organic agriculture (microscenario 1a). Furthermore, future studies can also incorporate the impacts of land use change on soil erosion.

Finally, this study shows that simulation modelling, by connecting land use change scenarios and a runoff model, can be a good decision support tool demanding a reasonable amount of effort and capable of producing convincing scenario-based assessments. This

²⁴ Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. The Directive seeks to remedy the situation by requiring Member States to take several measures. These include monitoring water bodies to identify those affected by nitrate pollution; designating as vulnerable zones the areas surrounding these nitrate-polluted waters; controlling fertilizer use and other agricultural sources of nitrates in the vulnerable zones (including fixing a maximum quantity of manure that can be spread); establishing codes of good agricultural practice.

approach is suitable for use in further developing a landscape runoff decision-support system for watershed land use planning, management and policy. This study suggests that many possibilities exist for stakeholders to make choices for future agricultural development, and to break the unsustainability spiral by an efficient use of land resources.

Acknowledgements

This work was carried out as part of the Risque Décision Territoire 2 (AcTerre) project, which was funded by the French Ministry of Environment (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer).

A travers la méthodologie développée dans la partie précédente nous avons pu évaluer les scénarios à l'échelle écologique pertinente pour le processus étudié : le bassin versant. L'approche par les états de surface, présentée ci-dessus, permet ainsi une intégration des phénomènes hydrologiques au niveau du bassin versant. Ces évaluations nous permettent ainsi d'obtenir une vision globale et agrégée à l'échelle du bassin versant d'un scénario prospectif.

III.4.3. Couplage de scénarios prospectifs à un modèle biotechnique à l'échelle de l'exploitation agricole

L'approche par bassin versant exposée dans la partie précédente est une approche globale qui intègre (1) les évolutions de pression de ruissellement et (2) leur combinaison spatiale au sein du bassin versant. Dans le souci d'une réflexion générique à l'échelle du Pays de Caux, indépendamment de la configuration spatiale d'un bassin versant particulier, nous nous sommes posé la question de savoir quelle serait l'évolution de pression de ruissellement générée par les différents scénarios, si cette évolution est considérée par système de culture et/ou par type d'exploitation agricole.

C'est pourquoi dans la partie qui suit, présentée sous forme d'article²⁵, nous allons nous intéresser à évaluer les conséquences sur le ruissellement à l'échelle des exploitations agricoles, regroupées en types, de modifications du contexte en intégrant la dimension temporelle. Cette évaluation est effectuée pour permettre un diagnostic de chacun des types d'exploitations dans le contexte particulier d'un scénario.

Cette évaluation sera réalisée pour les exploitations agricoles situées sur le même bassin versant, celui du Saussay. Cela nous permettra ensuite de discuter de la complémentarité des deux approches (évaluation par bassin versant ou par exploitation).

III.4.3.1. Résumé en français

Pour donner plus d'ampleur à l'évaluation environnementale des scénarios prospectifs à l'échelle de l'exploitation agricole, nous avons souhaité replacer les exploitations rencontrées sur le bassin du Saussay dans une typologie définie à l'échelle du Syndicat Mixte du Bassin Versant de l'Austreberthe et du Saffimbec (Pascal, 2009).

L'objectif est de caractériser la diversité des systèmes d'exploitation agricole à l'échelle du Syndicat afin de comprendre le rôle de ces systèmes dans la production de ruissellement et de spécifier l'évolution des risques de ruissellement en fonction des types d'exploitations agricoles présents sur les zones d'étude.

Diversité locale des exploitations agricoles

Les territoires agricoles sont façonnés par la diversité des systèmes d'exploitation agricole. Ainsi, les animateurs agricoles de syndicats de bassin versant ont pour mission de conseiller de l'ordre de 200 à 500 agriculteurs par Syndicat. Cependant, ces animateurs sont peu armés pour aborder cette diversité de situations et pour analyser rapidement les conséquences que peuvent avoir ces différents systèmes sur le ruissellement.

En vue de combler ce manque, une méthode d'identification des types d'exploitations a été proposée et appliquée au syndicat de l'Austreberthe pour comprendre la cohérence interne du système d'exploitation et la diversité de ces systèmes à l'échelle d'un territoire (Capillon, 1993). Dans l'objectif d'évaluer la pression de ruissellement générée par chaque exploitation enquêtée, et de révéler s'il existe des liens entre type d'exploitation et niveau de

²⁵ Soumis à Journal of Environmental Management le 12 juillet 2010.

pression en ruissellement, cette approche a été complétée par une collecte d'informations sur les techniques culturales pour disposer des données d'entrée du modèle DIAR.

Typologie des exploitations de l'Austreberthe

Un échantillon de 23 exploitations au sein du territoire du Syndicat a été enquêté. Cet échantillon visait à couvrir la diversité des systèmes de production du syndicat de bassin versant. Ce choix a été effectué en référence aux OTEX²⁶ identifiées dans le RGA de 2000.

Pour chaque exploitation enquêtée, le système de production et le fonctionnement global ont été mis en évidence en situant les caractéristiques de l'exploitation dans un schéma indiquant les étapes d'évolution, la composition de la main-d'œuvre, la SAU, les grands traits du milieu physique (sols), les bâtiments et équipements spécifiques, les productions végétales et animales et leurs débouchés (Capillon, 1993).

La typologie révèle quatre types d'exploitations. Les deux premiers types correspondent à des systèmes à dominante culture. Le premier type comprend des exploitations de grandes cultures sans élevage et assez diverses. Dans l'échantillon, les surfaces vont environ de 40 à 115 ha. Ces exploitations ont eu un élevage bovin laitier ou allaitant auparavant, mais il a été abandonné, lors de la mise en place des quotas laitiers ou par manque de bâtiment adéquat, et les surfaces en herbe sont absentes ou très réduites. Le deuxième type comprend des exploitations où les grandes cultures prédominent, mais qui ont aussi de l'élevage. Dans l'échantillon, les surfaces vont de 100 à 350 ha, avec 7 à 30 % de STH. Ce sont donc plutôt de grandes exploitations. L'élevage bovin est destiné à la production de viande, avec un atelier principal de vaches allaitantes (complété par l'engraissement de jeunes bovins) ou de bœufs. Les deux derniers types sont à dominante élevage. Le troisième type se caractérise par l'absence de cultures industrielles (betterave sucrière, pomme de terre, lin). Une part importante des exploitations de l'échantillon appartient à ce type. On y distingue cependant des éleveurs laitiers, qui ont des STH importantes (de 28 à 58 %), et des éleveurs allaitants (qui ont une STH de 53 à 91 %). Les SAU vont de 30 à 110 ha. Le quatrième type correspond aux élevages avec cultures industrielles. On y retrouve la partition entre éleveurs laitiers et allaitants. Les SAU sont plus élevées que dans le type 3 (de 90 à 165 ha). Les STH sont plus faibles (de 20 à 45 %) (Rapport AcTerre, 2009).

Les exploitations enquêtées sur le bassin versant du Saussay ont permis de compléter cette typologie par l'identification d'un cinquième type, grandes cultures sans élevage ni cultures industrielles. En effet, le territoire du Syndicat compte plus de 300 exploitations d'après le RGA 2000, et la typologie ne rend pas compte de toutes les exploitations présentes. Il y a notamment beaucoup d'exploitations sans culture industrielle ni maïs ensilage qui n'apparaissent pas dans cette typologie (Pascal, 2009).

Lien entre type d'exploitation et pression de ruissellement

Dans une autre étape du travail, la relation entre les types de systèmes de production identifiés dans un premier temps (dans le territoire du syndicat de bassin versant) et la production de ruissellement a été analysée à travers le modèle DIAR. A partir des données sur les systèmes de culture de chaque exploitation, le ruissellement moyen décadaire a été calculé avec DIAR. Une analyse statistique révèle que le type 1 (grande culture sans élevage) génère un ruissellement significativement supérieur à celui généré par le type 3 (élevage sans cultures industrielles) : 2,5 mm pour le type 1 contre 1,6 mm pour le type 3 (Pascal, 2009).

Nous avons donc cherché à comprendre ce qui était à l'origine des différences entre exploitations. En particulier, l'effet du ratio STH/SAU sur la valeur du ruissellement moyen

²⁶ Orientation Technico-Economique des Exploitations agricoles.

décadaire a été analysé. Il apparaît que l'écart-type du ruissellement diminue avec l'augmentation de la STH dans la SAU. Le ruissellement est donc à la fois plus faible et moins variable d'une année à l'autre. Ainsi, les exploitations avec les plus fortes proportions de STH, qui sont de type 3, génèrent les plus faibles ruissellements. Inversement les ratios STH/SAU les plus faibles, présents dans les exploitations de type 1, génèrent les plus forts ruissellements. Le ratio STH/SAU semble donc être à la fois un bon discriminant des types d'exploitations 1 et 3 tout en étant un bon indicateur de la pression de ruissellement.

Pour les exploitations du bassin versant du Saussay, l'impact sur le ruissellement d'un contexte en évolution est illustré par l'évaluation de deux scénarios de modifications d'utilisation des sols dans un contexte de déclin de la production laitière locale. Les scénarios diffèrent dans l'application de pratiques agricoles pour la réduction de ruissellement : relâchement des contraintes environnementales (scénario A) ou contraintes environnementales strictes (scénario B).

L'évaluation du ruissellement montre que le système d'exploitation « éleveurs sans cultures de rente » (Type 3) produit la plus faible quantité de ruissellement en raison de la présence de grandes superficies en prairies permanentes sur ces exploitations dans la situation initiale. L'évaluation de la production de ruissellement dans le cas des scénarios a montré une augmentation du risque de ruissellement en raison du déclin de l'élevage laitier local (scénario A). Cependant, la mise en place de contraintes environnementales strictes (scénario B) permet de limiter le ruissellement pendant la période de printemps, mais augmente le risque, par rapport à la situation initiale, pour la période hivernale. Ces résultats illustrent l'importance de préserver les prairies permanentes et certains systèmes d'exploitation agricole spécifiques particulièrement parce que la mise en place de pratiques respectueuses de l'environnement ne permet pas de contrebalancer la disparition des prairies.

Cette partie a donc d'abord présenté une caractérisation de la diversité des exploitations agricoles. Puis cette caractérisation a permis une évaluation des risques de ruissellement en utilisant le modèle DIAR, il en ressort des différences significatives entre certains types d'exploitations, notamment en fonction de l'importance des surfaces en herbe.

III.4.3.2. Farming systems typology as a basis for runoff assessment in a changing policy context: a case study in Upper Normandy, France

C. Ronfort^{a,b*}, P. Martin^{a,b}, S. Pascal^c, V. Souchère^{a,b}, C. Sebillotte^d, J.M. Meynard^e, B. Laignel^f

^a INRA, UMR 1048 SAD-APT, F-78850 Thiverval Grignon, France

^b AgroParisTech, UMR 1048 SAD-APT, 16 rue Claude Bernard, F-75231 Paris, France

^c Chambre Départementale d'Agriculture de la Seine-Maritime, Chemin de la Bretèque, F-76232 Bois-Guillaume, France

^d INRA, UR 1303 ALISS, F-94205 Ivry-sur-Seine, France

^e INRA, SAD, F-78850 Thiverval Grignon, France

^f UMR CNRS 6143 M2C, Université de Rouen, F-76821 Mont Saint Aignan, France

* Corresponding author. UMR 1048 SAD-APT, EGER, BP01, Thiverval Grignon 78850, France, Tel: + 33 1 30 81 59 07; fax: + 33 1 30 81 59 39, email address: celine.ronfort@grignon.inra.fr

Abstract

In the north-western European Loess belt regions, erosion and surface runoff on arable land cause yearly problems of flooding and muddy floods in the villages situated in the valleys. Agricultural land use potentially has an important part to play in assessing flood risk

in so much as runoff from farmland acts as a pathway, leading to flooding in downstream receptor areas.

To deal with this problem, local management structures have been designed for soil conservation planning such as Syndicates in France (Seine-Maritime). The agricultural lands of Syndicates are shaped by a diversity of farming systems, being also influenced by external factors such as the socio-economic context. In return these factors may impact runoff production and flooding frequency.

Our objective is to characterize the diversity of farming systems at the Syndicate level in order to understand the role of farming systems in the production of runoff and how these farming systems might change with changing context. Within this objective, we established a farming systems typology at the Syndicate scale (Austreberthe Syndicate, Normandy). Then, the relationship between farming systems types and runoff production was analyzed through a farm runoff production model (DIAR). The impact on runoff of a changing context is illustrated by the evaluation of two scenarios of land-use modifications in a global context of local dairy farming decline. Scenarios differ in the application of agricultural practices for runoff reduction: either with environmental constraints slackening (scenario A) or with strict environmental constraints (scenario B).

The typology work revealed five farming systems Types. Runoff assessment shows that one farming system “Livestock farmers with no cash crops” produces the lowest amount of runoff due to the large acreages of permanent grassland on these farms. Assessment of scenarios on runoff production showed an increase in runoff risk due to dairy farming decline (scenario A). Strict environmental constraints (scenario B) may limit runoff during the spring period but will increase the risk, according to the initial situation, for the winter period. These results illustrate the importance of preserving the remaining permanent grasslands and therefore specific farming systems (livestock) especially because environmental friendly practices might not entirely counterbalance grassland removal.

Key words: farming system; typology; scenario; runoff; cropping systems

Introduction

Serious environmental problems due to soil erosion and runoff are global phenomena. In the north-western European Loess belt regions, erosion and surface runoff from arable land cause off-site effects in villages in the valley bottoms such as muddy floods (Verstraeten and Poesen, 1999). Muddy floods result in considerable financial costs to the local authorities (e.g. between 16 and 172 x 10⁶€ each year in central Belgium (Evrard *et al.*, 2007)) for cleaning up and for the compensation of victims.

The origins of such damage lie in the nature of soils in these areas, i.e. loamy soils highly prone to surface sealing due to a low percentage of clay, often less than 15% (Le Bissonnais and Le Souder, 1995). Rainfall causes a sediment crust to appear on the soil surface, which restricts infiltration capacity (Boiffin, 1984).

Besides soil and climate effects (Boardman, 1993) or long-term changes in landscape structure (van Oost *et al.*, 2000), agricultural practices have a marked influence on runoff production from cultivated watersheds (Auzet *et al.*, 1995; Govers *et al.*, 2000; Takken *et al.*, 2001b; Martin *et al.*, 2004). As a result, runoff depends greatly on cropping systems (e.g. soil surface state) resulting from farmers' decisions.

Farmers' decisions with regard to production and land use are strongly influenced by socio-economic factors (Souchère *et al.*, 2003). Hence, runoff depends clearly on farming

systems²⁷ being themselves actively influenced by socio-economic considerations. If the socio-economic context rapidly evolves, farming systems may also change in response. These changes are likely to affect environmental uncertainties including runoff.

Throughout Western Europe, the issue of agricultural runoff and soil erosion by water is of growing concern to decision makers and the public because of the off-site nuisances that may result. Consequently, in several countries, organizational management structures have been designed for soil conservation planning. In Italy, the approach has been to establish « Basin Authorities » at national, regional and interregional levels, which assume responsibility for the territorial coordination of all the functions carried out by the State, regions and provinces. In Spain, many soil erosion and conservation issues are administered by different institutions within the Ministry of the Environment and the 10 Basin Authorities. This is also the case beyond Europe. In Australia, over 2 700 Landcare groups cooperate on local land degradation issues, which are usually managed at the catchment scale. Finally, in the USA soil conservation districts are established and each district has a conservationist, who is responsible for providing local soil conservation advice (Boardman and Poesen, 2006).

In France, recent erosion problems in Seine-Maritime led to the designation of “Syndicats de bassins versants” (hereafter referred to as the Syndicates), corresponding to the main watershed areas. Syndicates recruit advisors, with hydraulic or agricultural skills, charged with implementing hydraulic solutions and encouraging farmers to change agricultural practices (Boardman and Poesen, 2006; Souchère *et al.*, 2009; Martin *et al.*, 2010).

These management structures, where several functions related to soil conservation can be implemented along with water management, have to deal with farming systems diversity. This farming systems diversity might hamper advisors’ diagnosis and advice efficiency. The diversity of natural conditions (e.g. climate, soils), crops and agricultural practices causes difficulties in establishing and adapting technical guidelines for agricultural practices suitable for these different conditions (Papy *et al.*, 1996; Martin *et al.*, 2004 in Boardman and Poesen, 2006).

Characterizing this farming systems diversity with regard to impacts on runoff might help to better target advice coordination and harmonization at this management structures scale. Besides, farming systems diversity is constantly changing as farmers are influenced by external factors such as the socio-economic context. Socio-economic factors are intimately related to land use decisions and management practices (Boardman *et al.*, 2003). New changes in international law and regulation affect governmental decisions and farmer’s choices of farming systems (Lundekvam *et al.*, 2003).

Scenario methods have often been used as an instrument to build descriptions of possible futures (Banuls *et al.*, 2007). In a policy decision context, scenarios allow policy makers to anticipate and assess uncertainty and risks involved in different options (Malafant and Fordham, 1997 in Ewert *et al.*, 2009). The objective of scenarios is not to forecast or predict the future development of landscapes, but to imagine a variety of possible and plausible futures. In our case, the use of scenario-based alternative futures may help in anticipating farming systems’ evolution and the consequences on runoff production. If such alternative futures can be imagined, planners and decision-makers can purposefully intervene and better prepare for whatever future eventuates (Penker and Wytrzens, 2005).

Therefore, the objective of this study is to consider how socio-economic context changes may induce modifications to farming systems and in turn what might be these modifications’ consequences on runoff production.

²⁷ For the purpose of this study, a farming system is taken to be a form of farming defined by a given crop combination and its associated agricultural practices (cropping systems (i.e. cultivation techniques and crop successions))

This objective will be achieved through four steps: (1) diversity characterization of the existing farming systems at the Syndicate scale (farming systems typology), (2) runoff production characterization according to the identified farming systems types at the Syndicate scale and finally (3) effects of scenarios (i) on farming systems types' diversity and (ii) on runoff production for each farming system type at the watershed scale.

Material and methods

Site presentation

The study was conducted in the silt-loam region of Pays de Caux (Upper Normandy, north-western France). This region is very favourable to agricultural production owing to the deep silty soils combined with a moderate temperature regime and rainfall evenly spread throughout the year (Martin *et al.*, 2009). These silty soils have crusting properties inducing a high risk of runoff and erosion (Eimberck, 1990; Fox and Le Bissonnais, 1998). As a result, farmers frequently face runoff and erosion problems on their land (e.g. crop damage by ponded water, crop damage by sediment deposits, loss of soil fertility), and these often lead to off-site damage (e.g. flooding, mud deposits, road or riverbank erosion, clogging of ditches) (Biielders *et al.*, 2003), the most dramatic being muddy floods which sometimes lead to the deaths of people.

The Pays de Caux is constituted of 22 Syndicates representing a diversity of farming and cropping systems. Along the coastal fringe, flax, potatoes and sugar beet acreages are relatively important. These crops' acreages decrease when going south, being replaced by maize and grasslands (Klein and Meunier, 2007). The Austreberthe Syndicate (214 km²) was chosen to characterize farming system diversity. This Syndicate is located at the southern limit of the Pays de Caux (Figure III-20).

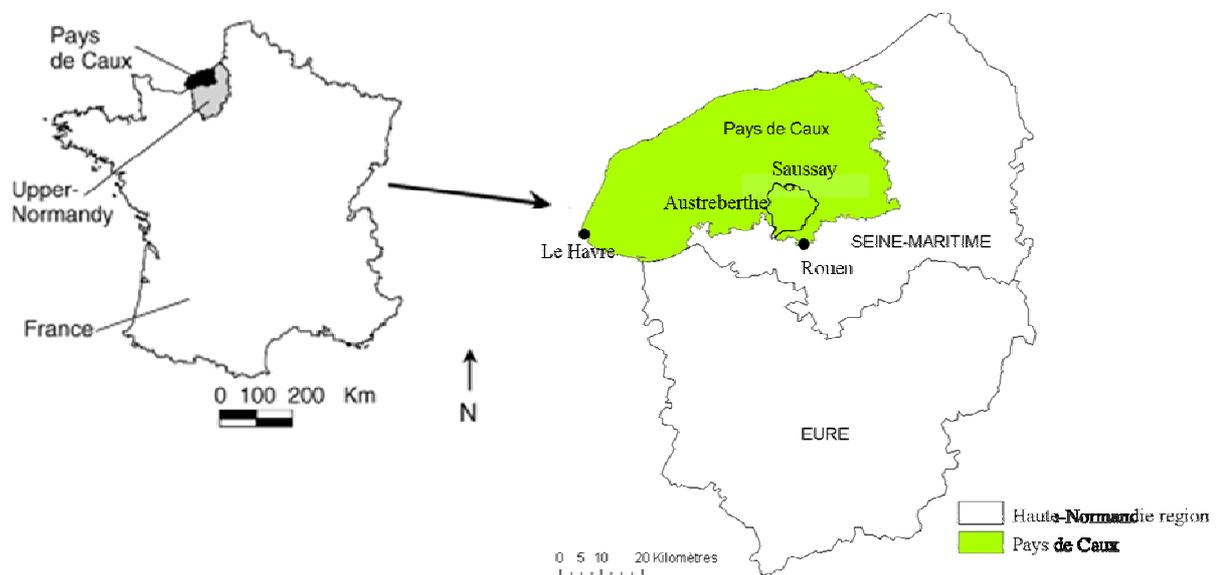


Figure III-20: Localization of the Austreberthe Syndicate and Saussay watershed

Maximum rainfall amounts are recorded in winter (October, November, December and January) with strong rainfall events in June (spring storms). Populations at high densities are situated in the cities, while the outlets of watersheds can lead to roads, houses and commercial developments at the expense of agricultural land.

Within the Austreberthe Syndicate the Saussay watershed was selected to carry out overall scenarios runoff assessments (Figure III-21).

Microscenario family 1 : Agriculture facing rural development		Rural population	Urbanization	Environmental constraints	Organic Farming					
1a A new picture of agriculture		↗	↗		↗					
1b Cohabitation of rural population and agricultural activities		↗	↗ (regulations)							
1c Farmers are agents of rural dynamics		↘	→	↗	↗					
1d Rural exodus and society loses interest towards agricultural activities		↘	→	↘						
Microscenario family 2 : Will the local supply chain continue to play a role?		Winter crops		Spring crops			Soil tillage	Set aside		
		Winter Wheat	OSR	Biofuels crops	Peas	Flax	Sugar beet	Potatoe		
2a The energy requirements of the local territory				↗	↗	→	∅	↗	No tillage	GsaO ∅
2b A territory which loses its diversity		↗	↗	↘	∅	↘	∅	↗		GsaO ∅
2c A non food-processing territory				↗	↗	→	→	↗	No tillage	Set aside cultivated for biofuels
2d A territory with strong diversity				↘	↘	↘	↗	↗		GsaO
Microscenario family 3 : What does the future hold for cattle breeding?		Milk quotas	Number of farms	Farms' area	Forage system	Farming systems				
3a Opting for food self-sufficiency			→	→	Grassland dairy farming					
3b Beef production gaining ground			→	→	Grassland and fodder dairy farming	No specialization of mixed crop-livestock farming				
3c Local grasslands being threatened	removed		↘	↗		Specialization of mixed crop-livestock farming (milk)				
3d Specialization of local dairy farming	removed		↘	↗	Fodder dairy farming	Specialization of mixed crop-livestock farming (milk)				
3e Dairy production relocation				→		Mixed crop-livestock farms convert to suckler farming				
3f Local livestock at risk				↗		Livestock farming disappears and convert to cash crops				

∅: crop removal

GsaO: Grass set aside obligation

OSR: oil seed rape

↗: increase; ↘: decrease; →: no change

Figure III-21: Description of the variables retained for microscenarios' families

This watershed is particularly sensitive to runoff. Problems like flooding of roads and houses and gullies in fields occur frequently. This watershed stretches over 540 ha and is drained by several thalwegs which meet upstream of the outlet. Arable lands account for 87% of the total area and 24 farmers have arable fields in the watershed. Depending on each farmer's availability, 15 of them were interviewed about their farming practices (cropping systems) in spring 2007. Farming systems surveyed in the Saussay watershed will serve as a basis for typology validation and to assess scenario impacts on farming systems types and diversity and subsequently on runoff.

Characterization of farming systems diversity

The farming systems diversity at the Syndicate scale is analyzed by the setting up of a farming system typology. A typology is a tool to apprehend the diversity of farmers by defining different groups based on specific criteria in order to organize and analyze reality (Mckinney, 1950; Jollivet, 1965 in Valbuena *et al.*, 2008) according to a specific aim.

Typologies also contribute to improving the efficiency of the two basic remits of agricultural advisors, i.e. carrying out diagnoses of farm functioning and advising farmers in techno-economic matters. Comparing the farm being analysed to other farms considered to be viable in the same type forms the basis of the advisors' work (Landais, 1998).

Different kinds of typologies for agents in rural areas can be distinguished based on their aims and the way they are built (e.g. understanding the whole farming process (e.g. Escobar and Berdeguè, 1990; Perrot and Landais, 1993a, Perrot and Landais, 1993b; Van der Ploeg, 1994)); analysing the underlying reasons of certain farmers' decisions (e.g. Morris and Potter, 1995; Fish *et al.*, 2003; Guillaumin *et al.*, 2004); explaining the different production strategies that farmers developed or might develop (e.g. Onderstrijn *et al.*, 2003; De Lauwere, 2005; Vanclay *et al.*, 2006; Van Doorn and Bakker, 2007 in Valbuena *et al.*, 2008). Accordingly, different methods to build typologies have been described (e.g. Escobar and Berdeguè, 1990; Landais, 1998; Van der Ploeg, 2003). The choice of a particular analysis depends on the selected criteria and the available data.

As our approach aimed at assessing farming systems' impacts on runoff, we chose to base our typology on understanding the whole farming process and the functioning of farms. The method designed by Capillon (1993) is well suited to establish typology of the functioning of farms. This method is founded on detailed surveys of a targeted sample of farms. Using structural variables (area, productive orientation, stocking rate, and intensification level among others), it is possible to discriminate among groups and to establish typologies.

Moreover, within a perspective of farming system evolution, farm type trajectories can be reconstructed from these surveys and the concept of pathway is clearly related to the notion of trajectory developed by Capillon (1993) which supports the use of this method (Landais, 1998).

The required information for the typology definition was obtained by a survey carried out by directly interviewing the farmers. In order to build a sample as representative as possible of farming systems diversity in the Austreberthe Syndicate, we based our farms sample on national databases (RGA, RPG²⁸). Accordingly, 23 farmers were surveyed in spring 2009. The information gathered by the questionnaires included information on enterprises (nature, intensity, management), family (objectives, history), production means (land, equipment, workforce). Another part of the interviews focused on cropping systems (cropping plans, soil tillage). Step by step comparisons of farm functioning (choice of enterprises, determinants) allow the grouping into farm types.

Farm scale runoff analysis model

The relationship between a farming system and its runoff production was analyzed through a farm runoff production model. We simulated runoff production for each farm according to crops and associated practices using the software DIAR (Martin *et al.*, 2010).

²⁸ Recensement Général Agricole (Agricultural General Census), Registre Parcellaire Graphique in French

DIAR model presentation

The DIAR model deals with the dynamics of runoff production of an area of agricultural land managed uniformly. It is a continuous simulation model operating over 1 year. The calculation of daily runoff with DIAR is based on the allocation of a curve number (CN) value to each area considered (USDA-SCS, 1986; Maski *et al.*, 2008). This value is adjusted on a daily time step basis according to agricultural operations on the plots and with the evolution of the soil crusting states resulting from the action of rainfall (surface degradation) and of the development of the cover (protection of the surface) (Martin *et al.*, 2009).

During one calendar year, there is usually a succession of two crops on the same field. Information about preceding-following pairs of crops and the associated crop situations enable 10-day runoffs to be calculated in DIAR. The immediate output of the model is the 10-day runoff mean value over a year (1 July-30 June). This value can be expressed in mm/ha (runoff intensity) or in total m³²⁹ (runoff quantity).

At first, the DIAR model will be used for the Austreberthe Syndicate farms sample to assess runoff according to the farming system type. Then, the model will be used for the Saussay watershed farms sample to assess scenario impacts for the different farming systems types independently and together at the watershed scale.

Effect of scenarios on farming systems and runoff production

The methodology presented here includes the building of local land use change scenarios as well as the effects of two scenarios on runoff at the farm and watershed levels. In this part we will first describe briefly the foresight methodology used to build scenarios. The second part will deal with the scenarios' implementation at farm level applied to the Saussay watershed.

Scenario building using the SYSPAHMM methodology

We used the SYSPAHMM methodology (SYSTEM, Processes, Clusters of Hypotheses, Micro-scenarios, Macro-scenarios) (Sebillotte M. and Sebillotte C., 2002, 2009) for scenario building. Our objective is to shed light on the possible futures of local agricultural land use in the Seine-Maritime County taking the year 2015 as the time horizon. This time horizon has been chosen as it is the year horizon for the actual Common Agricultural Policy budget before its renewal. The description of the approach is not within the scope of this paper, nevertheless we want to spotlight some points of interest and scenarios resulting from this methodology. In our case, this methodology was based on a systemic view of the local land use system and its potential effects on runoff. The investigation involved a group of local stakeholders belonging to several areas and organizations directly or indirectly linked to the agricultural sector (local agricultural outreach programmes, local sugar beet industry...).

Eventually, three microscenario families (from clusters of hypotheses) were identified (Figure III-21): one concerning land urbanization and environmental policy (microscenarios family 1), one concerning local crops' development (microscenarios family 2) and one concerning local livestock farming evolution (microscenarios family 3). Within each of these microscenario families, we distinguished 3 or 4 specific microscenarios.

As a result, 14 microscenarios arose from the 3 microscenario families. Those microscenarios can then be combined to build up overall scenarios. We focus here on testing two overall scenarios (Figure III-21). By choosing those scenarios, we want to spotlight runoff consequences induced by local dairy farming decline (Scenario A) and estimate

²⁹ Per farm or cropping system

whether the setting up of environmental friendly practices (Scenario B) might thwart the potentially negative impacts of local dairy farming decline.

- The first overall scenario (Scenario A) simulated in terms of its consequences on runoff was named “Territory loses its traditional production in favour of cash crops in a context of rural exodus”. This scenario is composed of the three microscenarios 1d, 2b and 3e (Figure III-21). The narrative storyline of this overall scenario is as follows: “Countryside is less and less attractive to new inhabitants; rural population decreases and urbanization of rural areas stagnates. Rural areas are not prized by urban people and farm-based tourism does not develop. Agricultural practices do not change nor include new techniques in order to preserve water resources as no restrictive regulations nor financial supports are being defined (microscenario 1d). In an agricultural markets liberalization context, the local agricultural sector is having difficulties because of trade liberalization of local agricultural products and agricultural and food industries. This world trade liberalization has an even more negative impact on the local agricultural sector as the low oil price throws biofuels development back into question. The energy context does not favour development of crops for energy outlets (biofuels, biomaterials) and local biofuels industries are ticking over. Therefore, farmers cultivate less and less biofuel crops (oil seed rape biodiesel, winter wheat and sugar beet bioethanol) (microscenario 2b). A drop in consumers’ purchasing of dairy products combined with a milk price higher than in other regions, tend to encourage local dairy industries to leave Seine-Maritime county and to relocate their industries in areas where milk and production costs are lower. Therefore, dairy farms are being threatened in their activity and have to convert into cash crop farming systems or suckler farming systems. Local beef products are mainly from suckler cattle farming systems (microscenario 3e)”.

- The second overall scenario (Scenario B) simulated was named “Rural areas urbanization and agricultural activities, the management of a coexistence, in a territory which loses its traditional production in favour of cash crops”. This scenario is composed of three microscenarios (1b, 2b and 3e) as well; one from each family. The narrative storyline of this overall scenario is approximately the same as for scenario A as only the microscenario from family 1 is different (1b): “Rural population increases leading to urbanization of rural areas. Nevertheless, environmental regulations concerning agricultural practices (catch crops...) are set up and urbanization is constrained. Consequently, new inhabitants are on good terms with farmers (microscenario 1b)”.

Scenario implementation at farm level

Scenarios are defined at the regional level. Downscaling of trends from regional level scenarios of future change in political and socio-economic conditions at the farm level is therefore required. Specific rules and farmers’ decision rules have been defined as follows.

In the first place, Scenarios A and B only differ for the microscenario family 1 (1d for scenario A versus 1b for scenario B). Regarding the microscenario 1d, no new urbanization or construction occurs compared to the 2007 initial situation. In 2015, during the period between two crops, there is no more sowing of catch crops in all farming systems, instead different tillage operations (stubble ploughing, no tillage, cultivator) are carried out according to tools owned by the farmers and practices conducted in 2007.

For the microscenario 1b, catch crops are sown in September before spring crop sowing (maize, sugar beet, fodder beet, flax, potatoes and spring barley), the catch crop is either mustard or rye grass. For the spring period, large inter-row crops (maize, sugar beet, fodder beet) are worked with a hand hoe, rotary hoe is used for winter wheat and winter barley, microdams are established in potatoes fields and finally, there is no flax rolling³⁰.

³⁰ The roller is an agricultural tool used for flattening land or breaking up large clumps of soil, especially after ploughing.

Then, microscenario 2b and 3e are common to scenario A and B. Concerning the microscenario 2b, the set-aside obligation is ending; hence farmers have the possibility to cultivate these arable areas. Besides, potatoes (used for local production) and flax acreages decrease, whereas potatoes (used for exports), oil seed rape, winter wheat and barley (winter and spring) acreages increase. Sugar beet, biofuel set-aside (oil seed rape) and peas disappear. Moreover, as sugar beet cultivation vanishes, its by-product (dehydrated pulps) usually used to feed the suckling herd, is then replaced by on-farm consumption of cereals (winter wheat). For changes in cropping acreages within each farm (increase or decrease), we opted for changing them by modifying farmers' decision rules (i.e. cultivable area, crop return period and potential preceding crops per crop) within local possibilities. For example, for farmer U we modified crops' return period according to the change, its initial crop rotation in 2007 is *Winter wheat-Winter barley-Oil Seed Rape-Winter wheat-Winter barley-Pea* with an Oil seed rape minimum crop return period of 4 years. As in the 2015 scenario pea disappears and other crops in the rotation increase, the 2015 scenario crop rotation of this farmer becomes *Winter wheat-Winter barley-Oil Seed Rape* with an Oil seed rape minimum crop return period of 3 years. We based crop return period changes on local possibilities and farmers' practices.

For the microscenario 3e, dairy farms and mixed crop-livestock farming disappear and are converted into either cash crops or suckler farming according to the area under mandatory permanent grass of the initial farming system. Area under mandatory permanent grass is estimated by the farmer himself (interviews) for various reasons such as slope intensity, liability to flooding of a field.... Conversion is made according to the following rule: if mixed crop-livestock farming has an area under mandatory permanent grass which is nonexistent or negligible (<5 ha), this kind of mixed crop-livestock farming is converted into cash crops (with land under mandatory permanent grass as grass letting), whereas a mixed crop-livestock farming having a mandatory permanent grasslands area above 5 ha are converted into suckler farming. Converted mixed crop-livestock farming systems to cash crops grow spring barley instead of winter barley.

Inputs of the DIAR model

To include the year-to-year weather variability, we chose to work over the 1991-2001 period. This period corresponds to 10 years of weather records from 1991-1992 to 2000-2001. Data come from the closest weather station, situated in Yerville. The same 10 years' weather rainfall data were used for all the simulations aiming at isolating the effect of cropping systems from those of the weather on the production of runoff.

Farming systems types runoff assessment for the Austreberthe Syndicate

Concerning runoff assessment of farming systems from Austreberthe Syndicate, we assessed runoff at farm scale based on the 2008-2009 year crops succession and associated practices (surveys were conducted in 2009). In DIAR, we selected as runoff indicators runoff intensity (mm/ha), characterizing cropping systems contribution to runoff independently from farm size, and runoff quantity (m³) characterizing cropping system contribution to runoff in relation to farm size.

Scenarios runoff assessment for the Saussay watershed

Scenarios runoff impacts will be firstly assessed for each farming system type within the watershed and then for the whole watershed area.

Concerning scenario runoff impacts for each farming system type from Saussay watershed, we assessed runoff at a farm scale on the 2007-2008 year crops succession and associated practices (survey conducted in 2008). Accordingly, information collected from surveys was about cropping systems (e.g. cultivable area, minimum crop return period and

potential preceding crops per crop) and agricultural practices. Information about crop successions rules was collected to define succession of crop allocation to fields in a stable context either in 2007 or 2015. Considering field sizes, in a stable context crop acreages might slightly vary from one year to another. Since this might have consequences on runoff production at farm level we accounted for it. In order to take into consideration this variability we used the crop allocation to fields model LandSFACTS (Castellazzi *et al.*, 2007, 2008). Rotation schemes for each farm within the watershed were defined, based either on farmers' survey or scenario descriptions. Then, we used them as inputs in LandSFACTS model to generate a diversity of crop allocations at farm level. As a result, for runoff assessment for Saussay watershed farming systems types, we calculated mean annual runoff values based on 20 crop successions for the initial situation as well as for scenarios' assessment.

Concerning scenario runoff impacts for the whole watershed area, DIAR allows estimating runoff for all the areas within the watershed by gathering single farm runoff production. The outputs of the model are the 10-day runoff means over a year (1 July-30 June) calculated as averages for all the areas considered.

Results

Farming systems typology

From farm surveys conducted in the Austreberthe Syndicate, we built a farming systems typology composed of 5 farming systems types grouped mainly according to production criteria.

The first farming system type identified (Type 1 "Cash crops farming systems with no livestock farming", 3 farms) gathers farming systems characterized by no livestock production, traditional crops (*winter wheat, winter barley, oil seed rape*), representing from 39 to 54% of the UAA³¹, and cash crops (*flax, sugar beet or potatoes*). Farming systems UAA varies from 40 to 115 ha. Those farming systems had previously been in livestock production (dairy or suckler livestock), abandoned due to the introduction of milk quotas in 1984 and to lack of standard farm buildings. This farming system type is characterized by a very small permanent grasslands acreage (<10% UAA), mainly situated close to farm buildings or on slopes. Within this type, we distinguish three different farmers' strategies concerning cash crops. One strategy corresponds to a cash crops diversification: farmers cultivate flax, sugar beet and potatoes. Another strategy corresponds to potato specialization: farmers cultivate only potatoes as cash crops with a relatively high acreage. The last strategy corresponds to land renting: cash crops are cultivated by another farmer.

The second farming system type (Type 2 "Cash crops farming systems with livestock farming", 3 farms) is characterized by livestock production (cattle farming), traditional and cash crops. Farming systems UAA are relatively large (from 100 to 350 ha) and workers are employed. Despite livestock production, farmers are more crop farmers than livestock farmers as livestock production is a secondary activity. Livestock production is mainly explained by no ploughable permanent grasslands (due to their distant location, or their sloping aspect for instance). Besides, cattle farming is an essential traditional and local production for these farmers, sometimes securing farm incomes. Permanent grasslands acreage takes up from 7 to 33% of the UAA, traditional crops (*winter wheat, winter barley, oil seed rape, maize silage, pea*) between 44 and 55% and cash crops between 20 and 36%. Within this type, we observe two different strategies identified in Type 1 as well; cash crops diversification strategy and potato specialization strategy.

³¹ Usable Agricultural farm Area

The third farming system type (Type 3 “Livestock farmers with no cash crops”, 11 farms) is characterized by livestock production (cattle and/or dairy farming) and no cash crops. Farming systems UAA varies from 30 to 110ha. These family farms cultivate only traditional crops (*winter cereals, oil seed rape, maize silage, pea and fodder beet*). Type 3 is divided into three subtypes: dairy, suckler, and horse farmers. The dairy farmers subtype is characterized by substantial permanent grassland acreage (between 28 and 58% of the UAA). Within this subtype, two strategies are observed:; livestock production diversification corresponding to cattle fattening or suckling herd and crops diversification corresponding to potatoes, renting arable land. Suckler farmers subtype is characterized by a relatively larger permanent grassland acreage (from 53 to 91% of the UAA). Conversely maize silage acreage is lower than for dairy farmers, varying from 0 to 5%. Type 3 farming system is the most represented with 11 farms, illustrating the small amount of farming systems without livestock production in the Syndicate. Besides, farming systems with large permanent grassland acreage commonly have little cash crops acreage (farming systems having between 40 and 100% permanent grasslands acreage do not have cash crops).

The last farming system type identified (Type 4 “Livestock farmers with cash crops”, 6 farms) is characterized by cash crops (*flax, sugar beet*), and livestock production (cattle and/or dairy farming). Farmers do not cultivate potatoes as being a too expensive investment. Farming systems UAA (from 90 to 165 ha) are larger than for Type 3 farming systems and grasslands occupy only from 20 to 45% of the UAA. Unlike Type 2 for which cattle farming is only present for traditional reasons or as a permanent grasslands development, these farmers are more livestock farmers than crop farmers as livestock production is their main activity. This type is divided into two subtypes: dairy farmers (permanent grasslands acreage between 28% and 43%) and suckler farmers (permanent grasslands acreage between 19 and 36%). Farming systems types from Saussay watershed are illustrated in Figure III-22.

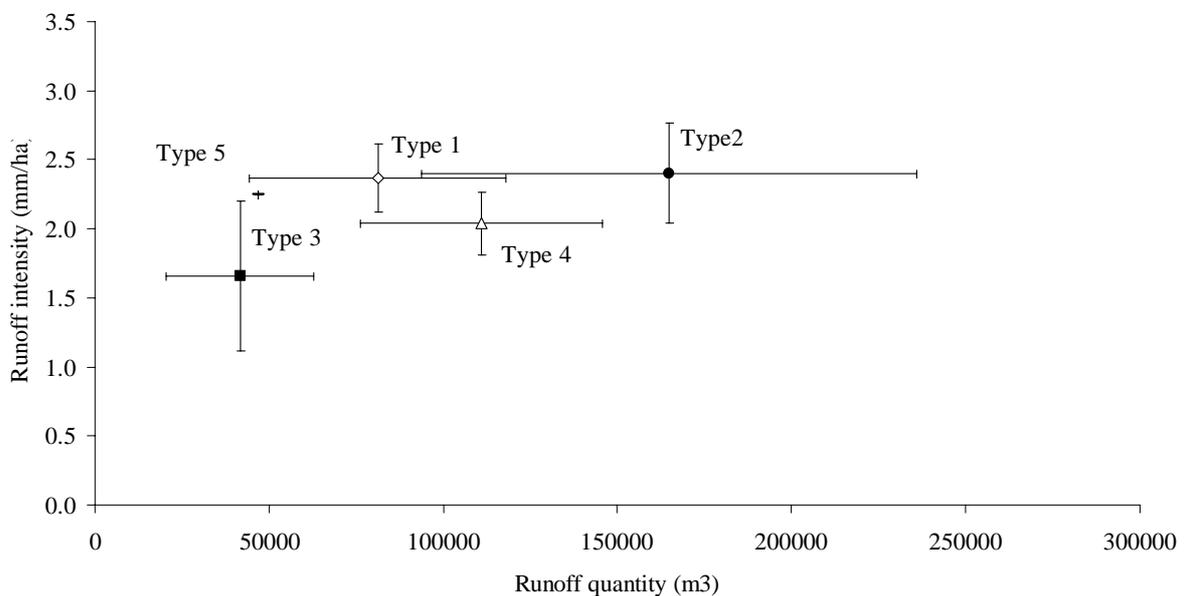


Figure III-22: Annual mean runoff intensity (mm/ha) and quantity (m³) for the initial situation (2007) according to farming system types (Saussay watershed) for one crop succession. Mean of 10 years' weather records (1991-1992 to 2000-2001) for the station of Yerville. Standard deviation is given for the different farms included in each farming system type.

From this Figure, we find the same farming systems Types (Farming systems Types 1, 2, 3 and 4) that exist in Austreberthe Syndicate. These farming systems are hence a validation of the typology previously established for the Austreberthe Syndicate.

Nevertheless, from farming systems identified in Saussay watershed, we observe that there is a further farming system type (Type 5) not present in the typology previously established. This farming system is characterized by no livestock production and no cash crops; it would therefore correspond to a subtype of Type 1 named as “Cereals farming system”. This Type was actually present in the farming systems sample from Austreberthe; in Type 1, one farming system had no livestock production and no cash crops, but he rented land to another farmer to cultivate cash crops (flax, sugar beet or potatoes).

Analysis of runoff for different farming systems types in Austreberthe Syndicate

From farmers’ surveys, information on cropping systems has been obtained allowing runoff simulation for each farm with the software DIAR. Resulting runoff produced by the different farming systems types are shown in Figure III-23.

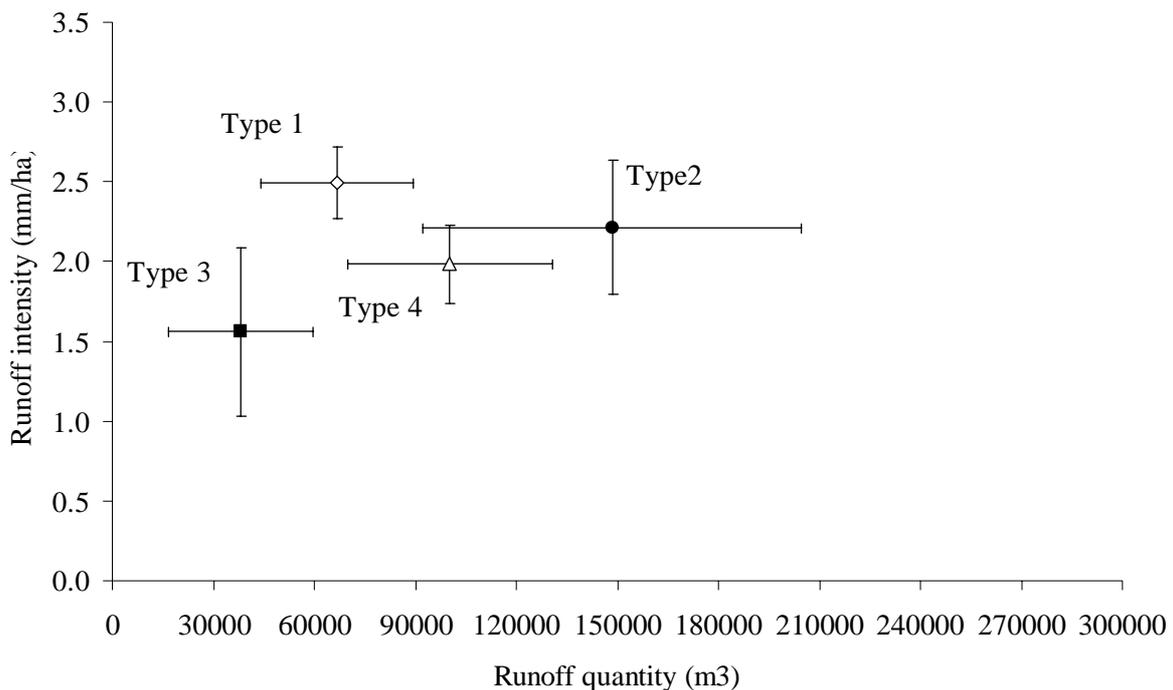


Figure III-23: Annual mean runoff intensity (mm/ha) and quantity (m³) of farming system types (Austreberthe Syndicate) for the 2009 crop succession.

Mean of 10 years’ weather records (1991-1992 to 2000-2001) for the station of Yerville. Standard deviation is given for the different farms included in each farming system type.

Each farming system Type is characterized on one hand by its runoff intensity (mm/ha) and on the other hand by runoff quantity (m³) as shown in Figure III-23. Farming systems Types standard deviations correspond to the SDs of mean runoff values of the farming systems within each type. Large variability within farming system Type is due to the fact that farming systems types are not directly based on cropping systems. In Figure III-23, in terms of runoff intensity, we note that Type 1 farming systems presents the highest runoff intensity (2.49±0.22 mm/ha) and Type 3 farming systems produce the least runoff (1.56±0.53 mm/ha). The results were analysed using a one-way ANOVA followed by Fisher’s LSD test. Runoff intensity differed significantly between farming systems Types (ANOVA; F=3.43; dl=22; P=0.05). Runoff intensity of farming systems Type 1 was significantly different from farming systems Type 3. Type 2 and Type 4 farming systems are intermediate as they produce 2.22±0.42 mm/ha and 1.98±0.24 mm/ha respectively.

Besides, concerning runoff quantity, we note that Type 2 ($148457 \pm 56314 \text{m}^3$) and Type 4 ($100320 \pm 30386 \text{m}^3$) farming systems have the highest runoff quantity, being significantly different from Type 3. This is due to the large size of these farming systems Types, 205 ha on average for Type 2 and 141 ha for Type 4. Mean runoff quantity values are relatively small for Type 3 farming systems ($37970 \pm 21469 \text{m}^3$) due to their small size, 62 ha on average.

Analysis of runoff for different farming systems types in Saussay watershed

Figure III-24 illustrates runoff production of the different farming systems types from the Saussay watershed in 2008.

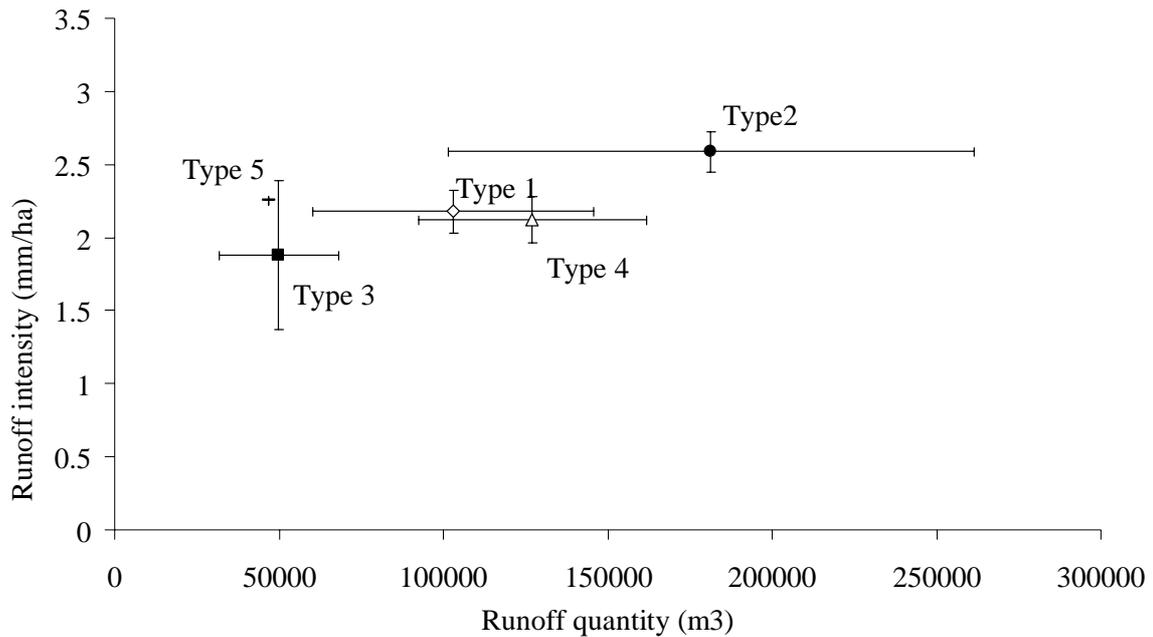


Figure III-24: Annual mean runoff intensity (mm/ha) and quantity (m^3) for the initial situation (2007) according to farming system types (Saussay watershed) for one crop succession. Mean of 10 years' weather records (1991-1992 to 2000-2001) for the station of Yerville. Standard deviation is given for the different farms included in each farming system type.

We compared farming systems types runoff values with the ones from Austreberthe Syndicate farming systems types. Contrary to farming systems typology from Austreberthe, on this watershed Type 1 farming systems are not the one producing the most runoff. Instead, Type 2 farming systems presents the highest runoff intensity ($2.59 \pm 0.14 \text{ mm/ha}$). In accordance with farming system from Austreberthe, Type 3 farming systems produce the least runoff ($1.88 \pm 0.51 \text{ mm/ha}$). Type 1 and Type 4 farming systems are intermediate as they produce $2.18 \pm 0.14 \text{ mm/ha}$ and $2.12 \pm 0.16 \text{ mm/ha}$ respectively. Finally, runoff produced by Type 5 (2.25 mm/ha) is close to runoff production from Type 1 ($2.18 \pm 0.14 \text{ mm/ha}$).

In terms of runoff quantity, in accordance with the farming system from Austreberthe, we note the large mean runoff quantity values for Type 2 ($181407 \pm 79896 \text{ m}^3$) and Type 4 ($127038 \pm 34620 \text{ m}^3$) farming systems, being significantly different from Type 3. This is due to the large size of these farming systems Types (197 ha on average for Type 2 and 166 ha for Type 4). Mean runoff quantity values are small for Type 3 farming systems ($49998 \pm 18048 \text{ m}^3$) due to their small size, 83 ha on average.

To summarize, Type 3 farming systems present the lowest mean values in terms of runoff quantity and intensity in the Austreberthe Syndicate as well as in the Saussay

watershed. However, Type 2 and Type 4 farming systems present the largest mean runoff values in terms of quantity in both sites.

Scenarios consequences on runoff according to farming systems types in Saussay watershed

Farming system diversity

Firstly, farming systems were classified according to the farming systems typology above described as illustrated in

Tableau III-12.

Tableau III-12: Farming systems Types trajectories according to the situation

Farms	Initial situation (2007)	Scenario A	Scenario B
N	Type 1	Type 1	Type 1
Q	Type 1	Type 1	Type 1
T	Type 2	Type 2	Type 2
V	Type 2	Type 2	Type 2
S	Type 2	Type 2	Type 2
L	Type 3 (dairy subtype)	Type 5	Type 5
R	Type 3 (suckler subtype)	Type 3 (suckler subtype)	Type 3 (suckler subtype)
K	Type 3 (dairy subtype)	Type 5	Type 5
X	Type 3 (dairy subtype)	Type 3 (suckler subtype)	Type 3 (suckler subtype)
O	Type 3 (suckler subtype)	Type 3 (suckler subtype)	Type 3 (suckler subtype)
W	Type 4 (dairy subtype)	Type 4 (suckler subtype)	Type 4 (suckler subtype)
P	Type 4 (dairy subtype)	Type 4 (suckler subtype)	Type 4 (suckler subtype)
M	Type 4 (dairy subtype)	Type 4 (suckler subtype)	Type 4 (suckler subtype)
E	Type 4 (dairy subtype)	Type 1	Type 1
U	Type 5	Type 5	Type 5

From a qualitative point of view, concerning farming systems type diversity, we note that even if no farming system Type disappears, Type 3 and Type 4 dairy subtypes are missing. From a quantitative point of view, some farming systems keep their initial farming system type. It is the case for 12 farms as all Type 1 “Cash crops farming systems with no livestock farming” (Farmers N and Q), Type 2 “Cash crops farming systems with livestock farming” (Farmers T, V, S) and Type 5 “Cereals farming system” (U) for which dairy farming decline does not make any change. This is also the case for some Type 3 “Livestock farmers with no cash crops” (Farmers R and O). Others only switch from Type 3 dairy to Type 3 suckling (Farmer X), this is the case when dairy farming disappears but livestock production remains with no cash crops. Following scenario implementation at farm level, some farming systems switched from one farming systems Type to another, this is the case for dairy farming systems Type 3 and Type 4. So, some Type 3 farming systems switch to Type 5 (Farmers L and K), this is the case when dairy farming disappears and there are no cash crops. Finally, Type 4 farming systems switch either into Type 1 (Farmer E) as no livestock remain with cash crops or into Type 4 suckler subtype when dairy farming disappears but livestock production remains with cash crops (Farmers W, P, M). More generally, compared to the

initial situation there are more Type 1 and Type 5 farming systems to the detriment of Type 3 and Type 4.

Consequently, the farm typology established previously is still accurate for these farms in a new context. No new farming system type came into being, we observed different proportions of the farming systems types and a reduction of the farming system diversity.

Runoff assessment

Then, we assessed runoff production of each farming system Type for the initial 2007 situation and scenarios A and B (Tableau III-13).

Tableau III-13: Runoff production (intensity and quantity) and standard deviation according to the farming systems Type and situation

		Farming systems Types				
		Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5
Initial situation	Runoff intensity (mm/ha)	2.21 (0.20)	2.55 (0.15)	1.89 (0.50)	2.07 (0.16)	2.30 (0)
	Runoff quantity (m ³)	105450.4 (45871.1)	180724.6 (84280.9)	50349 (18083.5)	124469.8 (35163.7)	47808.2 (0)
Scenario A	Runoff intensity (mm/ha)	2.61 (0.20)	2.73 (0.13)	2.26 (0.37)	2.42 (0.18)	2.38 (0.06)
	Runoff quantity (m ³)	114522.9 (37244.2)	196592.2 (96933.2)	47259.5 (18560.1)	161266.2 (14174)	80781.3 (31761.7)
Scenario B	Runoff intensity (mm/ha)	2.20 (0.15)	2.32 (0.19)	2.01 (0.39)	2.18 (0.15)	2.14 (0.08)
	Runoff quantity (m ³)	96379.4 (30718.3)	170493.4 (90541)	41499.8 (15914.6)	145617.9 (13734.5)	72563.1 (27964.9)

Mean annual runoff intensity and quantity values are illustrated in Figure III-25 for the initial 2007 situation and in Figure III-26 for scenario A and B.

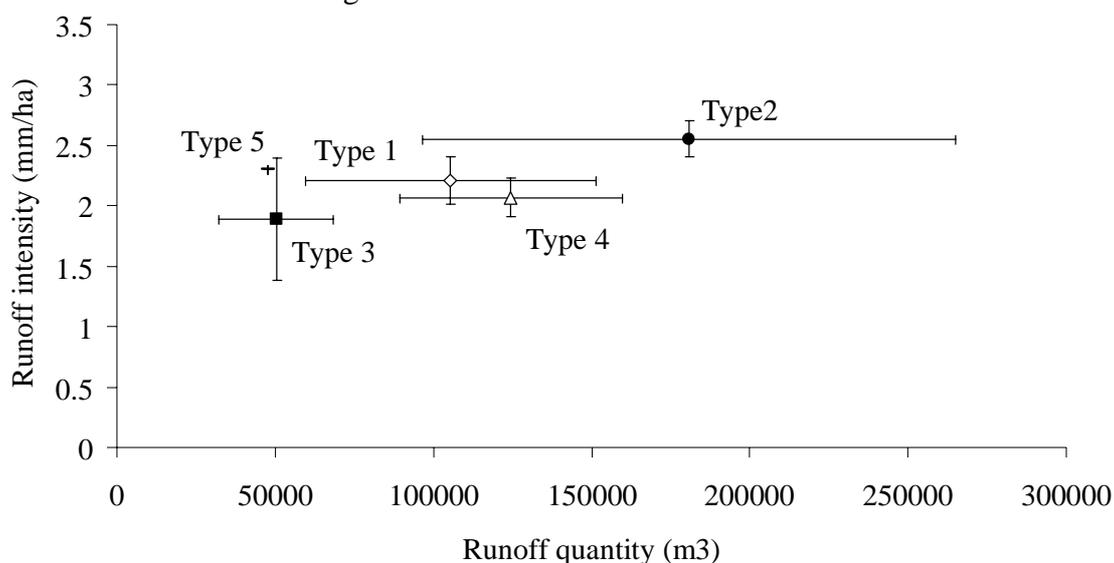


Figure III-25: Annual mean runoff intensity (mm/ha) and quantity (m³) for the initial situation (2007) according to farming system types (Saussay farming systems) for 20 crop successions. Mean of 10 years' weather records (1991-1992 to 2000-2001) for the station of Yerville. Standard deviation is given for the different farms included in each farming system type.

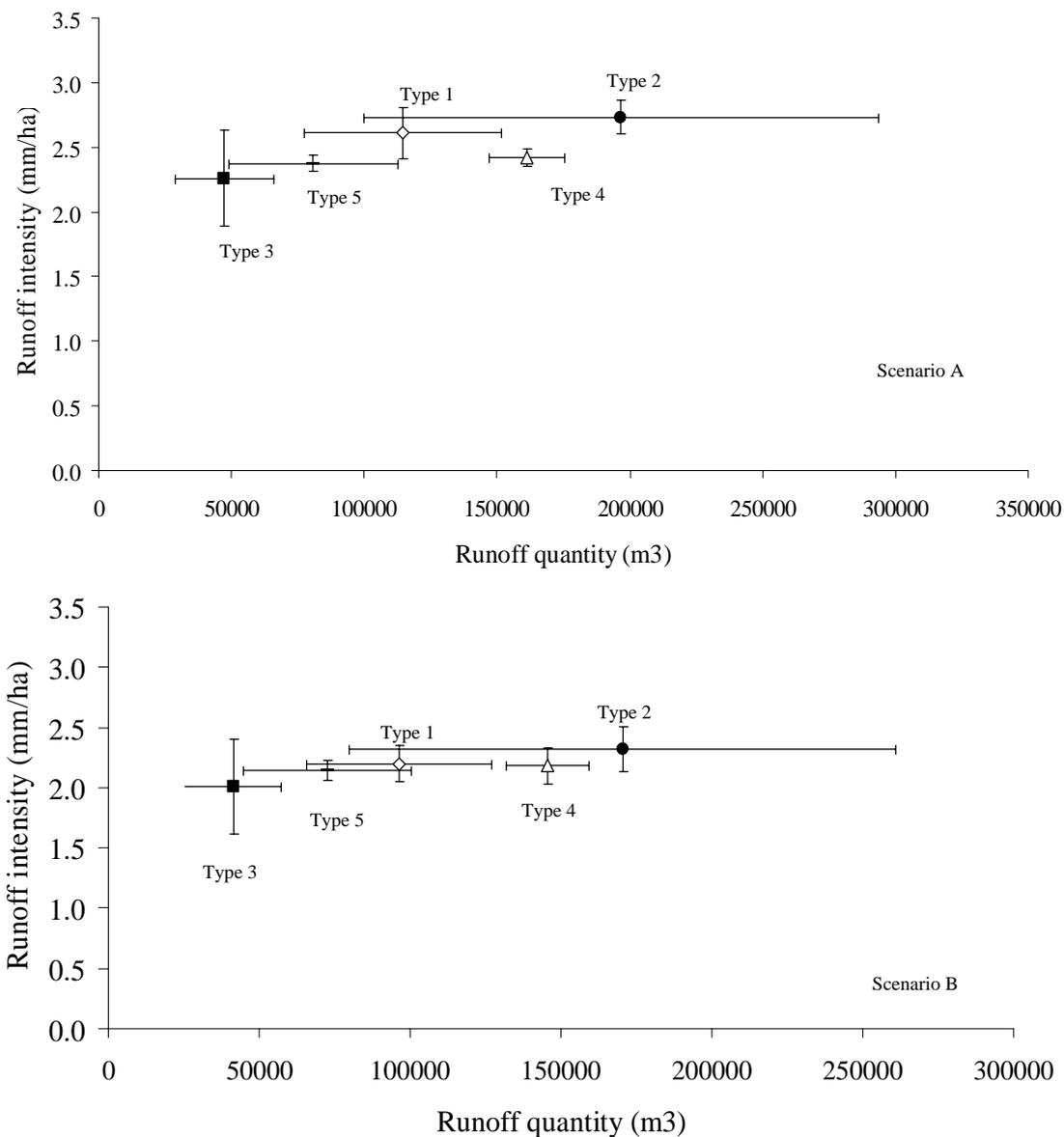


Figure III-26: Annual mean runoff intensity (mm/ha) and quantity (m³) for the 2015 Scenario A and B according to farming system types (Saussay farming systems) for 20 crop successions. Mean of 10 years' weather records (1991-1992 to 2000-2001) for the station of Yerville. Standard deviation is given for the different farms included in each farming system type.

Concerning runoff production in the initial 2007 situation, we note the large mean runoff values in terms of runoff quantity (m³) for Type 2 farming systems and Type 4 as observed in the Syndicate typology.

Comparing runoff production in scenario A to the initial situation we note that all farming systems Types present higher runoff intensity than in 2007. Concerning runoff quantity, we notice that runoff increases for all Types excepted for Type 3. Besides, we note the large mean runoff values for Type 2 farming systems and Type 4 can be explained by the fact that farm sizes do not change.

Runoff intensity in scenario B compared to the initial situation decreases only for some farming systems Types. Only Type 1, Type 2 and Type 5 farming systems produce less runoff compared to the initial situation. In terms of runoff quantity, there is a reduction for all Types except for Type 4 and Type 5. Besides, we note the large mean runoff values in terms

of runoff quantity (m^3) for Type 2 farming systems and Type 4 as observed in the Syndicate typology.

By comparing runoff in scenario A and scenario B, we observe that all farming systems Types present lower runoff intensity and quantity mean values in scenario B.

To summarize in terms of runoff intensity, compared to the initial 2007 situation, scenario A increases runoff production for all farming systems Types. Scenario B decreases runoff production only for certain farming systems Types (Types 1, 2 and 5). In terms of runoff intensity and quantity, compared to scenario A, scenario B decreases runoff production for all farming systems Types.

To complete these observations, Figure III-25 illustrates farming systems types' trajectories in terms of runoff produced with regard to the scenario implemented. From Figure III-26, we observe the same trajectories for all farming systems types as runoff values increase in scenario A for all types compared to the initial situation and runoff values decrease in scenario B for all types compared to scenario A. Comparing scenario B and the initial situation, we note that for farming systems Type 1, Type 2 and Type 5, implementation of scenario B permits decreases in runoff production (intensity) below initial (2007) values. This is not the case for farming systems Type 3 and farming systems Type 4.

Scenarios consequences on runoff at the watershed level

Runoff production throughout the year from all farms within the watershed for the initial situation, scenario A and scenario B is presented in Figure III-27.

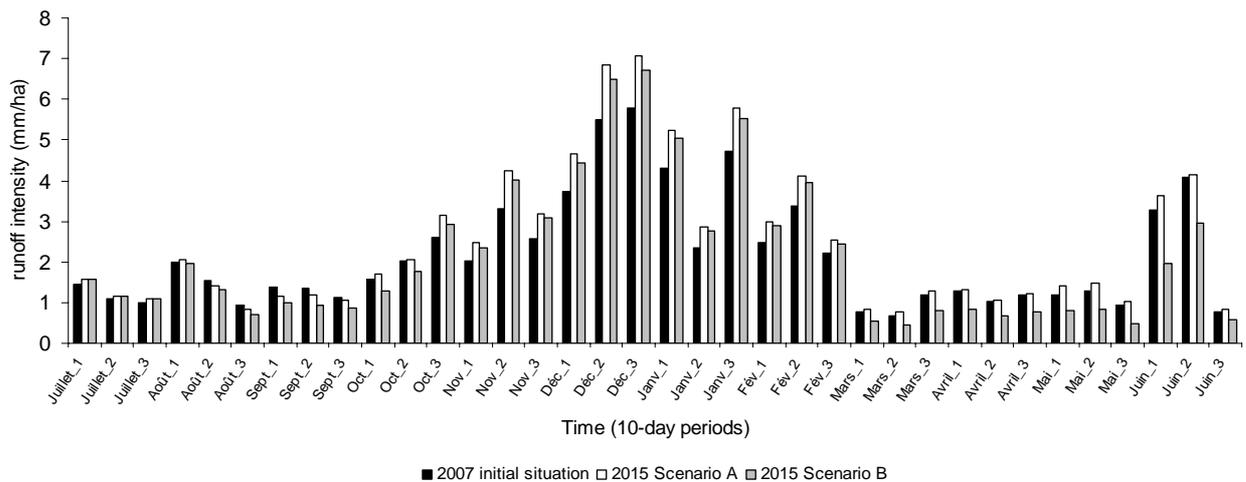


Figure III-27: Mean runoff for 10-day periods in mm/ha on the Saussay watershed for the initial situation (2007) and the 2015 Scenarios A and B

Runoff is expressed in terms of intensity (mm/ha) per 10-day periods over a year (1 July-30 June). We note that by comparing runoff generated in the initial situation and scenario A, runoff increases in Scenario A all year long except for the following 10-day periods: August 2, August 3, September 1, September 2 and September 3. If we compare runoff generated in the initial situation and scenario B, we notice that runoff decreases in Scenario B all year long except for the following months: July, October 3 10-day period, November, December, January, February. Finally by comparing runoff generated for scenario A and scenario B, we observe that runoff values are reduced in scenario B for all 10-day periods and especially for “critical” periods (June). These observations confirm the trends observed previously (runoff intensity increases in scenario A compared to the initial situation, and decreases in scenario B compared to the initial situation and to scenario A). But over the year, we note that these trends are not observed in the same manner for all periods of the year.

Discussion

Farming systems typology

Farming systems typology established with farming systems from Austreberthe Syndicate (23 farms) revealed four different farming systems types. Those farming systems can be firstly distinguished by livestock production (Type 2, 3 and 4) or no livestock production (Type 1). Farming systems types with livestock production (Type 2, 3 and 4) are then distinguished by cash crops (Type 2 and 4) or no cash crops (Type 3). The difference between Type 2 and 4 lies in the fact that despite livestock production, Type 2 farmers are more crop farmers than livestock farmers as livestock production is only a secondary activity, in contrast to Type 4 farmers which are more livestock farmers as livestock production represents their main activity.

Surveys carried out in Saussay watershed revealed identical farming systems types. However, we also identified another farming system Type (Type 5). This farming system Type corresponds to farming systems without livestock production or cash crops, being a subtype of farming system Type 1. The presence of this farming system type in the Saussay watershed can be explained by the fact that this watershed is situated at the northern limit of the Austreberthe Syndicate. The Pays de Caux is a heterogeneous agricultural district. In the northern coastal fringe for example livestock dairy farming is quite rare and cash crops farming systems are prevalent whereas in the southern part, livestock farming and especially dairy farming prevails.

Farming systems types runoff production

Farming systems types runoff production in Austreberthe Syndicate

Impacts on runoff of the different farming systems Types from Austreberthe Syndicate revealed that Type 3 farming systems produce the least runoff and Type 1 farming systems the most runoff in terms of intensity. As these farming systems Types are partly distinguished based on livestock production, one of the explanatory factors is linked to permanent grassland acreage. Type 3 farming systems present the largest acreage of permanent grasslands (55% of the UAA on average) in contrast to Type 1 farming systems which present small permanent grassland acreages (6% of the UAA on average). The distinction is also based on cash crops proportions. Type 1 farming systems present relatively large proportions of cash crops (27% of the UAA on average) and especially potato acreages (18% of the UAA on average). Whereas, only one Type 3 farm (out of eleven) cultivates potatoes, on land being rented.

Farming systems types runoff production in Saussay watershed

Comparing runoff production between farming systems in Austreberthe Syndicate and Saussay watershed shows that farming systems Type 3 present the least runoff intensity. Nevertheless, some farming systems types do not present the same runoff intensity values relatively to one another. From the typology established (Austreberthe Syndicate), Type 1 farming systems produce the most runoff in terms of intensity (2.49 ± 0.22 mm/ha). Distinctively, in Saussay farming systems, we do not observe the same pattern as Type 2 farming systems produce most runoff (2.59 ± 0.14 mm/ha). This is primarily explained by the small permanent grasslands acreage of Type 2 farming systems in Saussay watershed (9% of the UAA on average) compared to farming systems from Type 2 (24% of the UAA on average) in Austreberthe syndicate typology. Additionally, this distinction is explained because in Austreberthe Syndicate, farming systems Type 1 adopted a potato specialization strategy (only potatoes as cash crops with a relatively high acreage), and Type 2 adopted a cash crops diversification strategy (flax, sugar beet, potatoes as cash crops). Conversely, in

Saussay watershed, farming systems Type 1 adopted mainly a cash crops diversification strategy and Type 2 a potato specialization strategy or a renting of land strategy (cash crops cultivated by another farmer). These observations reveal that even within a farming systems Type, cropping systems can vary along with crops acreage proportions. Consequently, this farming systems typology could probably be improved by subdividing Type 1 and Type 2 farming systems according to farmers' strategies. According to those strategies (cash crops diversification strategy, potato specialization strategy, renting of land strategy), crops acreages may vary (cash crops, potatoes...) and therefore having distinct consequences on runoff.

Grasslands role in runoff

Regardless of the farming systems types, farming system producing the least runoff intensity (Type 3) is characterized by the largest permanent grasslands acreage. These observations highlight the importance of permanent grasslands in modifying runoff production.

In order to explain the small runoff production of this farming system Type 3, we plotted permanent grasslands/crops acreage ratio of each farming system as shown in Figure III-28.

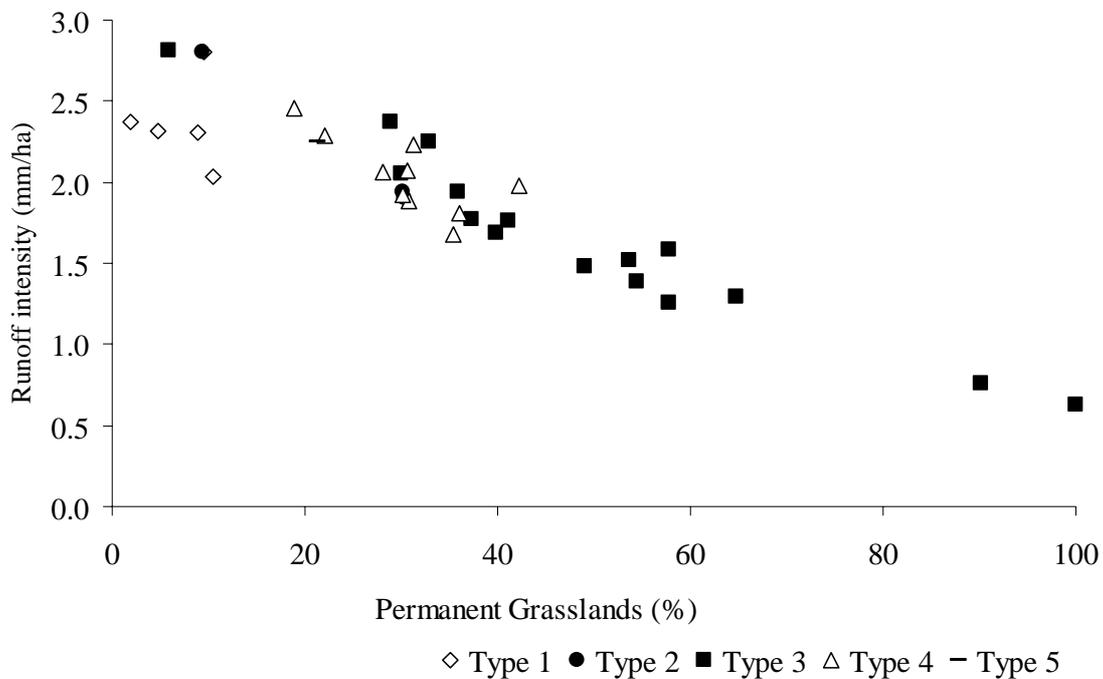


Figure III-28: Annual mean runoff (mm/ha) according to permanent grasslands acreage of each farming system Type (Saussay watershed and Austreberthe Syndicate farming systems)

We notice that Type 1 farming systems represent farming systems with the least permanent grasslands acreage whereas Type 3 farming systems the one with the largest permanent grasslands acreage. Besides, runoff generated by Type 3 farming systems are characterized by runoff intensity with low standard deviation compared to other farming systems types as shown in Figure III-29.

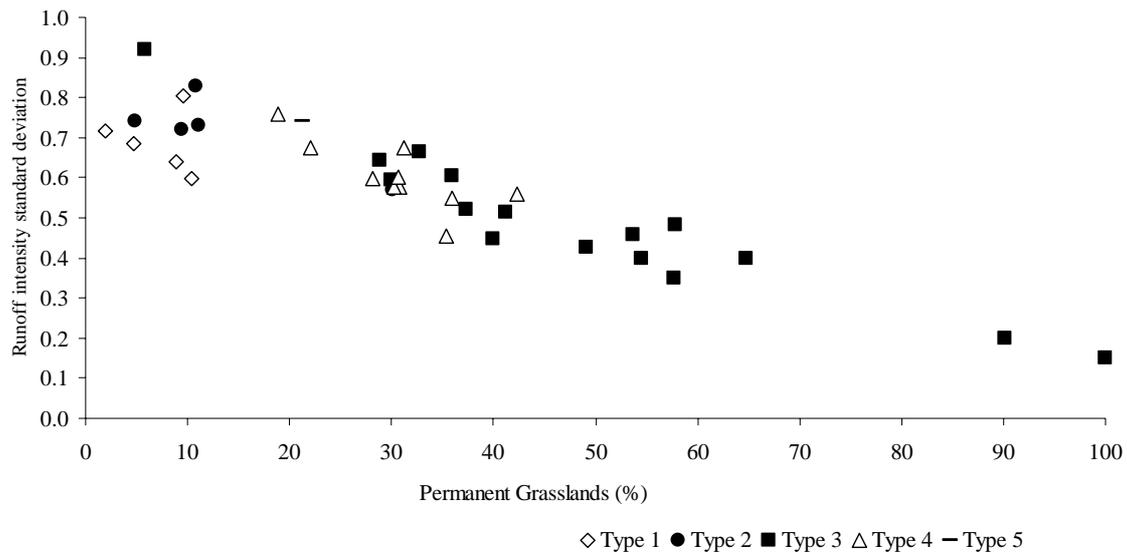


Figure III-29: Runoff intensity standard deviation according to permanent grasslands proportions of each farming system Type (Saussay watershed and Austreberthe Syndicate farming systems)

Therefore, permanent grasslands allow runoff to decrease in terms of its intensity (mm/ha) and inter-annual variability due to year-to-year precipitation variability. As a result, Type 3 farming systems are the ones producing the least runoff due to their large permanent grassland proportion. Accordingly, permanent grasslands play an important role in runoff intensity as well as in runoff inter-annual variability reduction. It is therefore essential to understand farmers’ strategies with regard to permanent grasslands: is it the staple food supply for livestock production? Will they plough up permanent grasslands in the future? Will they reseed grasslands? Are grasslands really permanent, temporary, or cultivated grasslands in crop rotations?

Scenarios impacts on farming systems types’ runoff production

Comparing runoff production intensity values between the initial 2007 situation and both scenarios (A and B), we observe that all farming systems Types do not follow the same trajectories (Figure III-30).

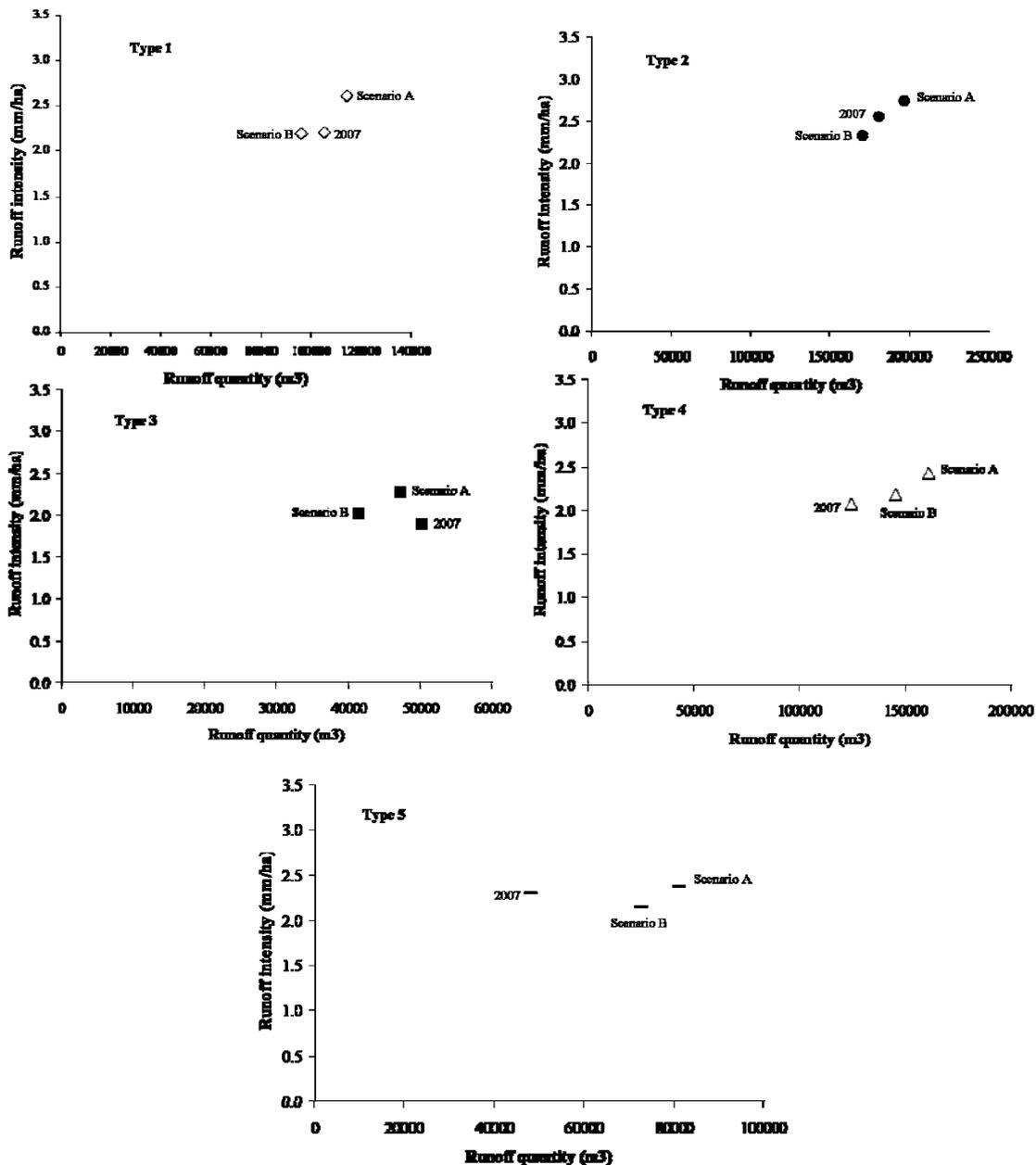


Figure III-30: Annual mean runoff intensity (mm/ha) and quantity (m³) for the initial situation (2007) and the 2015 Scenario A and B according to farming system types (Saussay farming systems) for 20 crop successions

All farming systems types' mean runoff values increase in scenario A compared to the initial situation. However, when comparing scenario B mean runoff values with the initial situation, runoff decreases in scenario B above initial values only for Type 1, 2 and 5. This observation might be explained by environmental agricultural practices implemented in scenario B. These agricultural practices make up for permanent grasslands decrease for Types 1, 2 and 5 but not for Type 3 and 4. The latter Types present the highest initial permanent grasslands acreage, so setting up of environmental practices might not be enough to make up for declines in permanent grasslands. It might be possible that there is a threshold of permanent grasslands acreage which environmental practices cannot make up for.

Besides, these trends observed over a year can differ when analyzing the intra-annual variability. Comparing mean runoff values at the watershed scale for all farming systems types together (Figure III-27), we observe that in scenario B, runoff decreases all year long

except for the following months: July, October 3 10-day period, November, December, January, February. Therefore, scenario B might be efficient for specific farming systems types (1, 2 and 5) and only for some periods at the watershed scale, and probably at farm scale as well.

Nevertheless, we have to keep in mind that DIAR is not able to deal with the spatial organisation of the runoff phenomena. DIAR does not take into account the runoff reductions due to the spatial organization of fields within the watershed. For instance, a mustard field infiltrates rainwater that it receives directly, but the same field can also contribute to the infiltration of water coming from a field experiencing runoff further up the slope. Nonetheless, one could get round this by using DIAR in conjunction with a spatial model of runoff accumulation such as STREAM (Cerdan *et al.*, 2002a) or LISEM (Hessel *et al.*, 2003).

Scenarios implementation at farm level

The parameterization of the qualitative descriptions required simplifications and assumptions to be made and we had to make choices concerning the implementation of the specific overall scenarios tested here.

Concerning overall scenario implementation (microscenarios' specific rules and farmers' decision rules defined), we chose to implement the different microscenarios (constituting the overall scenario) in a similar way for all farming systems within the watershed area, independently of any farm's specific characteristics. For example, we implemented the microscenario 1d similarly for all farms as all catch crops disappeared from all farms. Similarly, we implemented the microscenario 1b the same way for all farms as catch crops and headlands are present in all farms and alternative soil tillage practices (e.g. hand hoe, rotary hoe, microdams) are carried out in all farms across the watershed. Identically for the microscenario 2b, grass set aside was systematically cultivated by all farmers, increase (potatoes used for export, oil seed rape, winter wheat, winter and spring barley) or decrease of crops (potatoes used for local production and flax) and finally sugar beet and peas disappeared for all farms. However, for the microscenario family 3, we implemented the microscenarios according to the farming system type. We implemented the microscenario 3e according to the farming system type as we chose to convert farming system production according to the area under mandatory permanent grasslands (assessed by the farmer) of the initial farming system.

During farmers' interviews we questioned them about their future according to some driving hypotheses used in the scenario building. We noted that farmers had different behaviour according to these hypotheses about the future. For example, concerning the hypothesis according to which local dairy industries would relocate their production, farmers had different behaviours. Accordingly, for our scenario implementation, for the majority of them, they would stop their dairy production as proposed in our scenarios A and B. Nevertheless, two of them would opt for a development of direct farm sales and would conserve their dairy production. Besides, one of them considered that the farm's milk production would be collected by an industrial dairy much farther away. In those two latter cases, runoff consequences might be different. For instance, for farmers who opt for a development of direct farm sales, they would conserve their dairy production but would probably change their farming system (e.g. dairy breeding, extensification). Runoff consequences therefore would not be so damaging (conservation or even increase of permanent grasslands). Similarly, we questioned farmers about a possible relocation of the sugar beet production area. Accordingly to our scenario implementation the majority of them would shift into cereals or oil seed rape crops, while two farmers would shift sugar beet acreage into vegetable crops (potatoes). Yet, one farmer answered that the farm's sugar beet production would be collected by another sugar beet processor located farther off.

Consequently, we notice that major choices made in this study in terms of scenario implementation (i.e. dairy farming decline, sugar beet acreage replacement by any other crop) appear to be consistent even if we are conscious that in reality there is a diversity in farmers' behaviours according to various features (farmers' age, strategic orientation, personal interest, workforce...).

Limits of the farming systems typology

This typology has been built for the Austreberthe Syndicate and therefore is specific for farming systems from this Syndicate. These farming systems can differ from one watershed to another by the types of farming systems. As the Pays de Caux is a heterogeneous agricultural district, another farming systems typology for a different Syndicate might be built. As an example, in watersheds located along the northern coast of the Pays de Caux, farming systems are mainly characterized by cash crops farming systems. In this area there is for instance the Veules Dun Syndicate: information on runoff production with the DIAR model is available for the Bourville watershed, one of the Veules Dun Syndicate watersheds. Mean annual runoff for Bourville watershed is 2.27 mm/ha (0.80 mm/ha for spring period and 1.46 mm/ha for winter period) (Martin *et al.*, 2010) with weather records from S^t Valéry en Caux station, whereas for Austreberthe syndicate, mean annual runoff is 1.89 mm/ha (0.62 mm/ha for spring period and 1.23 mm/ha for winter period). This observation shows the importance of cash crops in runoff production. Consequently, runoff assessment for different watersheds might be interesting.

Conclusion

This study attempted to characterize farming system diversity at the Syndicate level and to establish a relationship between functioning of a farm system and its runoff production in order to better target advice on such management structures. Runoff analysis according to the different farming systems types revealed that farming systems types characterized with large permanent grasslands acreages produce the least runoff. Besides, this large permanent grasslands acreage decreases the inter-annual variability of runoff which is due to year-to-year precipitation variability. Consequently, the ratio permanent grasslands/UAA appears to be a useful runoff indicator for runoff production.

In addition, this farming systems diversity characterization with regard to runoff impacts might help to better target advice coordination and harmonization at the Syndicate scale. Farming system types with large permanent grassland acreages are important to preserve, all the more so since alternative agricultural practices (catch crops, alternative soil tillage practice etc...) might not make up for the removal of permanent grasslands.

One of the future challenges will be to preserve as long as possible the remaining permanent grasslands, or even to introduce and establish new grasslands. Faced with the negative effect of a partial ploughing of permanent grassland due to the shift of livestock farmers from mixed farming livestock system to cash crop systems, it is essential to take measures to protect these grasslands.

Acknowledgements

This work was carried out as part of the Risque Décision Territoire 2 (AcTerre) project, which was funded by the French Ministry of Environment (Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer).

Conclusion du chapitre

Dans ce chapitre nous avons proposé une manière d'estimer les conséquences en termes de ruissellement érosif de scénarios d'évolution d'occupation des sols. Nous avons pu aborder l'évaluation de ces scénarios sous deux angles, celui de l'échelle écologique pertinente, celle du bassin versant, complétée par une estimation de la pression de ruissellement selon le type d'exploitation et la période de l'année.

Lors de la déclinaison des scénarios au niveau des exploitations et du bassin versant, nous avons effectué des choix. Ces choix ont été fait toujours dans l'optique de considérer le bassin versant du Saussay comme un bassin versant théorique. De cette manière, il est alors possible de proposer une méthode générique qui permet de décliner et d'évaluer les scénarios sur tout autre bassin versant du département.

CHAPITRE IV. Discussion

Le plan de discussion reprend le plan de réalisation du travail depuis la réalisation de la prospective jusqu'à l'évaluation des scénarios prospectifs. Après un retour sur les objectifs et hypothèses établies initialement, nous reviendrons dans un premier temps sur la construction des scénarios prospectifs et notamment sur le rôle des experts dans cet exercice (partie IV.2.1.). Dans un deuxième temps nous reviendrons sur le choix des leviers sur lesquels nous nous sommes appuyés pour décliner les scénarios à l'échelle de l'exploitation agricole et du bassin versant (partie IV.3.). Ensuite, nous reviendrons sur la variabilité des allocations de cultures aux parcelles à l'échelle de l'exploitation agricole et des différentes configurations générées à l'échelle du bassin versant (partie IV.4.). Puis, nous discuterons de l'évaluation par les modèles biophysiques (STREAM et DIAR) de ces différentes configurations (partie IV.5.). Enfin, nous essaierons de relier la méthodologie de notre travail à la réalité spatiale et temporelle du terrain (partie IV.6.).

IV.1. Retour sur les hypothèses de travail

Dans notre introduction, nous avons initialement émis trois hypothèses. Par rapport aux hypothèses émises en début de rapport, nous avons pu montrer que dans un contexte donné (scénario global), nous observons des conséquences sur le phénomène de ruissellement érosif. Ainsi, la démarche d'ensemble établie se révèle réalisable, nous permettant ainsi de valider globalement les hypothèses de travail.

La première hypothèse supposait que des modifications des systèmes de culture dans les années à venir étaient attendues et qu'elles pouvaient avoir des conséquences sur le phénomène de ruissellement érosif. Pour vérifier cette première hypothèse nous avons mis en place une démarche basée sur le couplage de scénarios prospectifs permettant d'anticiper les modifications de contexte, avec des modèles biophysiques permettant d'en évaluer les conséquences. La mise en place de cette démarche nous a ainsi permis de vérifier l'hypothèse initialement émise. En effet, la construction de scénarios prospectifs nous a permis d'obtenir 14 microscénarios (regroupés en 3 familles distinctes). Ces microscénarios peuvent ensuite être agrégés pour obtenir des scénarios globaux permettant de décrire une évolution du territoire dans son ensemble. L'obtention de 14 microscénarios permet dans l'absolu de créer un grand nombre de scénarios globaux. Dans notre étude nous en avons sélectionné 4 qui nous paraissaient pertinents pour tester notre démarche jusqu'à son terme. Ces 4 scénarios globaux ont ainsi été évalués au moyen de modèles biophysiques. Cette évaluation nous a permis de constater que selon le scénario global évalué, il y avait des effets significatifs sur le ruissellement érosif en sortie de l'espace écologique pertinent (bassin versant).

La deuxième hypothèse supposait que la réaction des exploitations à une évolution de contexte était différente selon leurs orientations (polyculture/élevage, grande culture...). Pour vérifier notre deuxième hypothèse, nous avons notamment utilisé un modèle (DIAR) qui nous a permis d'évaluer en termes de ruissellement érosif l'effet d'un changement de contexte, en restituant la variabilité des réponses selon l'orientation des exploitations. L'analyse des conséquences d'une évolution du contexte sur différents types d'exploitations nous a permis de conclure que les conséquences d'un changement de contexte donné étaient variables selon le type d'exploitation (conséquences beaucoup plus néfastes pour des exploitations laitières d'une disparition de la filière laitière locale que pour des exploitations de grandes cultures par exemple).

Enfin, la troisième hypothèse supposait que les conséquences de ces changements pouvaient différer selon leur localisation (organisation spatiale de l'occupation du sol). Pour

vérifier cette hypothèse, nous avons fait appel à un modèle (LandSFACTS) qui nous a permis de localiser les évolutions et les changements d'occupation des sols et de générer une variabilité d'allocation des cultures aux parcelles. L'utilisation de ce modèle nous a permis de vérifier que pour un même assolement dans un contexte donné, selon la localisation d'occupation des sols, les conséquences sur le ruissellement peuvent être distinctes. Notre travail confirme cette hypothèse en apportant des précisions sur la variabilité du ruissellement puisque nous avons montré que certains scénarios se traduisent par une augmentation à la fois du ruissellement et de la variabilité de ce ruissellement et inversement.

Cependant, notre travail présente un certain nombre de limites que nous allons présenter et discuter ici.

IV.2. Construction des scénarios prospectifs

Dans cette partie, nous allons en premier lieu discuter de la mise en place de la méthode SYSPAHMM dans notre cas d'étude (composition du groupe d'experts, rôle des experts, horizon temporel) et des conséquences de l'utilisation de cette méthode.

IV.2.1. Composition du groupe d'experts

La démarche de construction des scénarios prospectifs a mobilisé un groupe d'acteurs (experts locaux) lors de 3 réunions.

Le choix des experts sollicités pour cet exercice n'a pas fait l'objet d'une méthodologie en tant que telle. Les experts ont été identifiés grâce aux entretiens préalablement réalisés (Chapitre II) en identifiant les principaux acteurs du territoire local et en s'appuyant sur le réseau établi par l'équipe de recherche dans laquelle s'est inscrit le travail de thèse (programme RDT, RDT2...). Dans certaines démarches mobilisant la construction de scénario (Alcamo, 2009), certains auteurs préconisent une analyse préalable des acteurs. Différentes méthodes existent. Ainsi, Bakker *et al.* (1999) ont conduit une revue des catégorisations d'acteurs impliqués dans la gestion des ressources en eau. Chaque catégorisation contient deux parties : un critère pour distinguer les acteurs, et une liste de catégories dans laquelle les acteurs sont regroupés selon certains critères (Tableau IV-1). Six critères généraux et leurs catégories associées sont proposés :

Tableau IV-1 : Recommended criteria for categorizing stakeholders (adapted from Bakker *et al.*, 1999 in Alcamo, 2009)

Criterion	Explanation	Categories
Scale	Refers to the resolution of the stakeholders' sphere of influence	Global/national/regional/river basin/local
Tier	refers to whether the stakeholder has a role in planning or implementing activities in the water management system	Strategic/operational
Function	refers to whether the stakeholder sets policy, sets regulations, or operates services in the water management system	Policy/regulatory/operational services
Aggregation	refers to whether the stakeholder represents an individual or a group of individuals	Individual/collective
Thematic networks	groupings of stakeholders with respect to a specific task	E.g. water suppliers/water sewage managers
Policy networks	groupings of « like-minded people that cluster around agents of action... to promote certain policies and edge out others »	E.g. anti-smoking lobby/construction industry lobby

Un autre instrument utile pour une cartographie des acteurs est la matrice des acteurs (Figure IV-1):

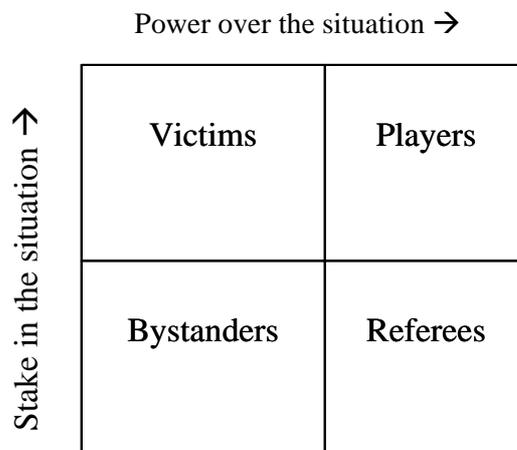


Figure IV-1: Matrice des acteurs. Les différents groupes d'acteurs sont caractérisés en fonction de leur participation dans la situation et de leur pouvoir d'influencer les décisions. Les « Players » ont des intérêts importants et peuvent influencer la situation, par exemple- les associations d'agriculteurs, l'industrie agricole. Ils sont essentiels pour le processus. Les « Victims » doivent être activement impliqués pour leur permettre de défendre leurs intérêts, par exemple les agriculteurs individuels, non organisés, les citoyens. Les « Referees » ont du pouvoir pour agir sur la situation, mais ont des intérêts limités dans les résultats. Par conséquent, ils peuvent servir de médiateurs, les animateurs-idéalement l'équipe de scénaristes organise l'ensemble du processus. Les « Bystanders » n'ont pas le pouvoir de changer les choses et les enjeux leur importent peu. Ils ne devraient pas être inclus dans le processus (adapté de van der Heijden, 1996)

Cette exercice de cartographie implique de lister les acteurs potentiels, de les classer selon leurs intérêts et pouvoirs, de projeter comment ils pourraient évoluer au sein de la matrice dans le futur et de sélectionner les parties les plus importantes selon le cadre du projet. Cette analyse préalable des acteurs est également réalisée dans le cadre des démarches de jeux de rôle (méthode COMMOD, Bousquet et *al.*, 2005), où la liste des participants est construite soit selon leur niveau de connaissance du sujet, soit selon leur représentativité ou leur personnalité au sein de leur groupe social, soit selon leur fonction et leur mandat dans leur institution, soit selon leur capacité à établir des liens avec d'autres réseaux sociaux, ou soit selon leur disponibilité et leur implication. Une étude de ce type dans le cadre de notre étude aurait pu s'avérer intéressante pour être certain de n'oublier aucun acteur potentiellement concerné par la thématique.

Toujours au niveau du choix des acteurs, il est important de noter que les acteurs impliqués dans cette démarche sont pour la plupart des acteurs locaux. En effet, l'objectif ici était bien d'établir des avenirs locaux, il nous paraissait ainsi important d'impliquer des experts locaux qui puissent nous apporter leur vision locale et leur connaissance locale de décisions/réglementations décidées à un niveau supra/supérieur (Pays, Europe..). Cependant, la présence d'acteurs intervenant à un niveau supérieur (France, Europe...) aurait pu être intéressante pour leur connaissance et leur expertise dans la prise de décisions à de tels niveaux d'échelles. D'autre part, nous pouvons noter que les acteurs présents possèdent en majorité des avoirs techniques (Syndicats, Chambre, zootechnicien...) et/ou scientifiques (agronome etc.) ; les savoirs empiriques (agriculteurs) et institutionnels (Maire

etc.) ne sont pas représentés ; cela a pu manquer pour créer une confrontation entre savoirs scientifiques et empiriques (ex : entre zootechnicien et éleveur).

Enfin, chaque expert était unique pour représenter un domaine d'expertise (un conseiller en élevage pour l'élevage, un animateur de Syndicat de bassin versant pour les actions menées par les Syndicats de bassin versants etc.), il n'y avait ainsi pas de doublon. L'établissement des scénarios peut alors refléter la vision des acteurs impliqués (avec leurs croyances, leur convictions...) et il est fort possible que le même exercice conduit avec d'autres experts (locaux) puisse conduire à des scénarios différents et ainsi traduire une vision tout à fait différente de l'avenir, qui puisse être différente selon les acteurs présents.

Il est également important de souligner que pour des raisons d'emploi du temps et de disponibilité, certains acteurs n'ont pas pu être présents tout au long de l'exercice et ont ainsi été remplacés par des collègues. Cet aspect a pu être perturbant pour le bon déroulement de l'exercice car le remplacement d'une personne en cours d'exercice peut être déroutant pour la personne nouvellement arrivée ; cette personne ne possédant pas une vision globale de l'exercice.

IV.2.2. Rôle des experts

La construction des scénarios s'est appuyée sur le pilotage d'un groupe d'experts avec une composition et un fonctionnement propres, ce qui n'est pas sans avoir des conséquences sur le résultat final. Sans faire une analyse fine des décisions prises par les membres de ce groupe et des conséquences de ces décisions sur la configuration des scénarios, on se doit néanmoins de souligner quelques points ayant pu orienter les résultats de notre travail.

Le choix des experts mobilisés dans la construction des scénarios a joué un rôle dans le choix des processus et des hypothèses qui a été effectué lors des réunions.

Ainsi, lors des différentes réunions, les processus et les hypothèses ont pu être sélectionnés par les différents experts selon leurs compétences professionnelles, leurs centres d'intérêts etc.... Pour tenter d'identifier s'il existe un mode de sélection particulier (certains processus ou hypothèses plutôt sélectionnés par certains experts) nous avons passé en revue les choix de chaque expert.

Dans le Tableau IV-2 ci-dessous sont présentés les choix effectués par chaque expert dans la sélection des processus lors de la première réunion :

Tableau IV-2: Nombre de processus sélectionnés appartenant aux différents compartiments du système par chaque expert

Compartiments du système	Experts															
	CA 76	CG 76	E D E	C G B	CA 76	E D E	SAFER	ARPT HN	INS EE	AE SN	Syndicat BV	SCOT	INRA			
Population/démographie	3	1	2	1	1	1	3	1	1		3	1		3	2	
Urbanisation	1	2	2	1	1	2	3	2		1	2	1	3		1	
Comportements et attentes des consommateurs	1	3	2	1	1	3	3	5		2	2	5	2		2	1
Revenu		2	3	4	1	2	2	1	4	3	2	1	1	1	2	3
Croissance économique				1												
Prix de l'énergie			1	1		1	1	1								1
Elargissement de l'Union Européenne		1		2		1									1	1
Marchés		2	3	6	1	1	3	2	2	2	4		1		2	
Organisation Mondiale du Commerce		1	1	1		1				1	1					
Politiques (européennes, nationales, locales)	13	8	8	9	7	14	12	8	12	15	7	8	1	1	8	1
Filières de production	7	9	7	6	7	6	8	7	10	7	4	6	4	1	7	1
Nouvelles techniques	2		1		2	1		1		1	3	1	2	4	1	
Installation-Transmission		2	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1	
Aménagement foncier	1			1			1		1			1	1		1	1
Caractéristiques des exploitations	7	5	4	1	5	6	4	5	6	2	8	7	6	9	5	5
Cultures	6	3	3	2	8	6	3	2	3	3	4	3	5	2	4	6
Successions					1	1	1	1		1	2	2				
Itinéraires techniques	2	1	2		3	1			2	1	2	3	4	2	2	1

Bien que ce tableau reste informatif, il est possible de distinguer des relations entre les différents experts et les processus sélectionnés. Par exemple, si nous observons les processus appartenant au compartiment « Urbanisation », nous pouvons noter que ces processus ont été le plus retenus par les experts de la SAFER (Sociétés d'aménagement foncier et d'établissement rural) et de la SCOT de l'agglomération Rouen-Elbeuf. De la même manière pour ce qui concerne les processus du compartiment « Revenu », nous pouvons noter qu'un grand nombre de processus issu de ce compartiment a été retenu par l'expert du Service Régional de l'Information Statistique et Economique du Ministère de l'Agriculture. De même, plusieurs processus issus du compartiment « Elargissement de l'UE » ont été retenus par l'expert de la Confédération Générale des planteurs Betteraviers (la betterave est une culture fortement dépendante des décisions de Bruxelles). Enfin, concernant les processus issus des compartiments « Cultures » et « Itinéraires techniques », nous observons qu'un grand nombre d'entre eux ont été retenus par l'expert de la Chambre d'Agriculture de Seine-Maritime spécialisé dans la mise en place de dispositifs de mesure des ruissellements à la parcelle pour comparer les effets des pratiques culturales.

De la même manière, nous avons effectué le même travail avec les hypothèses sélectionnées par les experts lors de la deuxième réunion :

Tableau IV-3: Nombre d'hypothèses sélectionnées appartenant aux différents compartiments du système par chaque expert

Compartiments du système	Experts										
	CA7 6	CG7 6	ED E	CA7 6	ED E	SAFE R	INSE E	AES N	SCO T	INR A	INR A
Aménagement foncier	1		1		1	1		1			1
Revenu		1		1	1	1		1	1	1	1
Prix de l'énergie	1	1	1	1	1		1			1	1
Marchés		1	1	1	1	1	1		1		1
Filières de productions agricoles	6	6	3	3	7	2	7	8	5	4	8
Nouvelles techniques	2	2	1	2	2		1	2		1	1
Organisation Mondiale du Commerce	1						1				
Politiques européennes, nationales, locales	7	9	12	10	13	9	6	5	7	12	10
Population/démographie		1	2	1			1	1	2		1
Urbanisation	2	1	3	3	2	4	3	2	3	4	2
Taille des exploitations		1		1	1			1	1	1	1
Pratiques	3	2	2	2	4	1	2	2	2	1	2
Statut juridique			1		1		1				
Conditions de vie	2	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2
Concentration des exploitations			1	1	1			1	1		
Cultures	2	1	4	2	6	4	3	3	3	4	3
Itinéraires techniques				1	1				1		1

En observant ce tableau, nous notons par exemple qu'un grand nombre d'hypothèses du compartiment « Politiques européennes, nationales, locales » ont été retenues par les experts de l'Etablissement Départemental de l'Elevage. De la même manière, plus d'hypothèses issues du compartiment « Urbanisation » ont été retenues par les experts de la SAFER.

Au-delà de ces premières constatations, nous observons également que la présence de l'ensemble des acteurs recouvre l'ensemble des compartiments du système est qu'aucun de ces compartiments n'a été mis de côté. Cette constatation nous permet d'avancer le fait que nous étions en présence d'experts qui se complétaient en termes d'expertise plutôt que des experts de même niveau sur un sujet pouvant entrer en controverse entre eux. Chaque expert a donc tranché pour les hypothèses et mécanismes où il se sentait compétent. Cet aspect nous permet de confirmer que globalement le groupe d'experts ainsi formé a permis de recouvrir l'ensemble des compartiments du système.

Enfin, lors de la dernière réunion avec les experts, étant donné le nombre conséquent d'hypothèses à croiser, nous avons constitué des petits groupes d'experts auxquels étaient attribué un certain nombre d'hypothèses à croiser. Même s'il paraît difficile d'en estimer les conséquences *in fine*, cette constitution de groupes a également pu influencer sur le traitement du croisement des hypothèses. En effet, tous les experts n'ont pas eu l'occasion de croiser toutes les hypothèses.

Même si ces observations ne nous permettent pas de généraliser, il est fort possible que les choix effectués par les experts lors des différentes réunions soient liés à leurs

compétences et intérêts professionnels ou leurs incompétences sur les autres thématiques. Il est donc probable que le choix des experts ainsi que leur nombre soit un critère déterminant dans la construction de scénarios prospectifs même si nous ne sommes pas en capacité de dire de quelle manière *in fine* les scénarios ont pu être influencés par le choix de ces experts précisément.

Concernant le retour aux experts impliqués dans la démarche, les microscénarios leur ont été exposés au cours de la dernière réunion du comité de pilotage RDT2 du 3 juin 2009. Ils ont alors pu s'exprimer et une de leur principale interrogation s'est révélée être l'avenir de l'élevage sur le territoire. Cependant, les intervenants ont souligné qu'il était peu probable que les outils industriels laitiers disparaissent du territoire d'ici à 2015. Toutefois une restructuration des zones de collecte laitières est en marche³² ainsi qu'une concentration des exploitations sur certains secteurs.

IV.2.3. Choix de l'horizon temporel

Les exercices prospectifs portent sur des temps différents plus ou moins longs. Selon Gonod (2002), « plus l'horizon est éloigné, plus les anticipations peuvent être audacieuses mais sans critère de plausibilité ; plus elles sont courtes, plus elles reflètent l'inertie des structures, et moins elles font la part du rêve, sauf quand elles ont une fonction normative et idéologique ». L'exercice conduit ici est un exercice modeste de par la proximité de l'horizon temporel (horizon 2015) retenu (moyen terme, moins de 20 ans, une génération). 2015 est un horizon proche pour de nombreuses mesures propres à l'action publique.

Ainsi le choix de cet horizon a conduit à limiter les ambitions en termes de variété des hypothèses explorées. De cette manière, certaines hypothèses suggérées par certains experts n'ont finalement pas été retenues pour l'horizon 2015 mais auraient pu l'être pour un exercice prospectif à plus longue échéance. Par exemple, ce fut le cas d'une hypothèse suggérée sur le développement de cultures OGM de betteraves (betteraves d'automne). Cependant, même si cet horizon temporel court réduit la possibilité d'analyser de grands changements, un horizon plus lointain aurait réduit la pertinence/l'intérêt des politiques. En effet, la réalisation de scénarios prospectifs à l'échelle locale requiert, pour être plausibles, cohérents et réalistes, un horizon temporel pas trop éloigné (Houet *et al.*, 2005). 2015 est un horizon adapté pour faire partager à l'échelle d'une génération les mutations nécessaires et les intégrer : suffisamment proche pour y croire, et suffisamment éloigné pour que les enjeux de pouvoir s'estompent et ne stérilisent pas l'imagination et la pensée créatrice (Guillou, 2000). L'objectif de l'exercice était d'identifier les problèmes clés futurs pour les décideurs locaux à l'échelle locale.

D'autre part, cet horizon a rendu possible l'utilisation de modèles biophysiques avec une bonne fiabilité. En effet, un exercice prospectif conduit dans le cadre d'un horizon plus lointain aurait pu faire émerger de nouvelles occupations du sol telles que l'agroforesterie, ou les cultures énergétiques de 2^{ème} génération (Miscanthus...) pour lesquelles nous ne disposons pas de références en termes d'états de surface.

Dans le cadre de la déclinaison des scénarios, nous pouvons également nous demander si le fait d'avoir choisi cet horizon conditionne cette déclinaison ou si au contraire cette déclinaison reste valable quelque soit l'horizon choisi dans l'exercice prospectif. Par exemple, pour les variations de cultures, nous nous sommes basés sur des règles agronomiques. Ces règles agronomiques restent valables même pour un horizon plus lointain excepté si de nouveaux progrès agronomiques permettent par exemple de réduire des délais de retour entre

³² Les entreprises laitières ne poussent pas au maintien d'un maillage important d'exploitations laitières sur l'ensemble du Pays de Caux

certaines cultures (culture de la pomme de terre tous les 3 ans sur une même parcelle par exemple).

Lors de la déclinaison des microscénarios à l'échelle des exploitations agricoles et du bassin versant, des choix ont été effectués et des leviers identifiés pour servir de base à la déclinaison des microscénarios. Nous allons maintenant discuter de ces choix.

IV.3. Retour sur les leviers choisis pour la déclinaison des scénarios à l'échelle locale

La quantification du ruissellement à l'échelle du bassin versant induite par les microscénarios implique de décliner ces microscénarios à l'échelle locale. Ainsi, dans cette étude, nous nous sommes intéressés à la traduction, en données d'entrées de modèles biophysiques, de scénarios narratifs portant sur l'évolution des systèmes de culture locaux. Pour cela nous avons identifié des « leviers » sur lesquels nous nous sommes appuyés pour faire des choix lors de la déclinaison des microscénarios. Le choix de ces leviers n'est pas anodin car ils peuvent conditionner les volumes de ruissellement produits à l'exutoire.

IV.3.1. Choix des leviers pour la déclinaison des scénarios à l'échelle de l'exploitation agricole

Un des premiers leviers identifiés pour décliner les scénarios au niveau des exploitations est celui de l'orientation technico-économique de chaque exploitation (OTEX) (e.g. Bovins lait, Bovins viande, Céréales et oléo-protéagineux etc...). Cependant, d'autres possibilités auraient pu être envisageables en tenant compte d'autres axes de déclinaison des scénarios que celui de l'OTEX. Le choix de l'OTEX comme levier implique que pour une même OTEX la déclinaison du scénario sera homogène pour cette OTEX. Cependant, il est possible que pour une même OTEX nous puissions observer diverses adaptations et comportements des exploitants.

IV.3.1.1. Les comportements des éleveurs dans un contexte d'incertitude : la flexibilité des exploitations

« Etudier les évolutions de l'agriculture exige de prêter attention, non pas seulement à ce qui change dans son environnement, mais aussi à l'activité propre de ceux qui y exercent et qui font face aux événements perturbant aujourd'hui cet exercice » (Lémery, 2003). Ainsi le concept de flexibilité³³ est bien approprié pour saisir ce qu'implique pour les agriculteurs de faire face au contexte actuel de la production. L'idée principale est que « leur réponse à des aléas et leur capacité à faire évoluer leur exploitation dépend d'une diversité de facteurs matériels et immatériels, comme les configurations des systèmes techniques, les structures, les projets et les finalités de l'entreprise » (Alcaras et Lacroux, 1999 in Lémery *et al.*, 2008).

Une illustration de cette flexibilité est présentée par une étude conduite par Lémery *et al.* (2008) où 15 exploitations d'élevage bovin allaitant du département de Saône-et-Loire (Bourgogne) ont été enquêtées. A travers ces enquêtes, il a été possible de mettre en relation les différents rapports au changement identifiés (« agir sur » et « faire avec »), avec le fonctionnement effectif des exploitations, et ainsi de dégager quatre types de réponse des éleveurs à la nécessité de s'adapter tout en maintenant la cohérence de leur projet de

³³ « c'est-à-dire la capacité des producteurs à saisir des opportunités et à résister aux aléas, moyennant certaines combinaisons d'activités, de systèmes techniques de production et de pratiques économiques et sociales établies en fonction de certaines façons de penser l'élevage et ses évolutions nécessaires » (Chap 9, B.Lémery, 15ème Rencontre Recherches Ruminants, Paris, 3-4 décembre 2008).

production. De cette manière, quatre logiques différentes ont été identifiées « Agir pour réduire l'incertitude par la maîtrise technique » (investissement des éleveurs dans une organisation collective de la production par la profession), « Miser sur la taille de l'exploitation pour tenir » (système largement dimensionné), « Maintenir un système robuste » (capacité du système à encaisser les changements tout en se maintenant en l'état), « Saisir les opportunités » (diversification des sorties du système) (Lémery *et al.*, 2005). Cette diversité de réactions montre que les éleveurs disposent de différents leviers d'action – l'organisation collective, la taille de l'entreprise, la robustesse du système de production, la diversification des produits – leviers hiérarchisés et combinés diversement suivant les situations et les ressources techniques, économiques et sociales (Lémery *et al.*, 2005). Ces différentes stratégies d'adaptation mises en œuvre par les éleveurs montrent que la manière dont les éleveurs répondent à leur nouveau contexte de production ou aux événements extérieurs est loin d'être homogène et apparaît donc variable pour une même OTEX (ici l'OTEX élevage bovin allaitant).

Dans notre cas, il aurait ainsi pu être envisagé par exemple d'étudier la flexibilité des exploitations laitières et l'identification des logiques particulières mises en œuvre par les éleveurs pour faire face à une délocalisation de l'industrie laitière locale. Ainsi, les scénarios auraient pu être mis en œuvre de manière moins homogène pour les exploitations laitières, avec le maintien pour certaines exploitations laitières d'un atelier lait avec vente directe par exemple. En termes de conséquences sur le ruissellement, moins d'exploitations laitières auraient disparues et donc plus de surfaces en herbe auraient été préservées et donc l'aggravation du ruissellement aurait été moindre à l'échelle du bassin versant.

Une des questions qui se pose alors avec acuité dans notre étude est de savoir si les comportements des agriculteurs sont effectivement différents au sein d'une même OTEX (comme observé dans l'étude conduite par Lémery), ou si les comportements des agriculteurs restent indépendants des OTEX.

IV.3.1.2. Mettre l'exploitant en situation

Une autre manière de décliner les scénarios aurait pu être par exemple d'identifier les stratégies spécifiques de chaque agriculteur en les questionnant sur leur propre vision du futur, aux vues des scénarios élaborés. Nous aurions alors pu appréhender la manière dont chaque exploitant, compte tenu de son exploitation, se positionnerait dans le contexte d'un scénario.

Une telle étude a été menée par Poux *et al.* (2001) en Camargue, à travers une discussion avec 3 agriculteurs, correspondant à différents systèmes de production. Afin de mieux caractériser les conséquences de l'évolution de facteurs sur le fonctionnement des exploitations, les exploitants ont été questionnés sur la façon dont ils imagineraient leur exploitation dans divers futurs fictifs (scénarios). Les scénarios ont été soumis aux exploitants rencontrés et les exploitants ont établi les récits de l'évolution de leur exploitation en réponse aux scénarios proposés. Ces récits rendent compte de l'évolution du fonctionnement de l'exploitation telle qu'elle est imaginée par les exploitants rencontrés, dans un contexte spécifique.

Sans aller jusqu'à soumettre les scénarios aux agriculteurs, nous avons voulu tester la réaction des agriculteurs par rapport aux hypothèses constitutives de nos microscénarios, car au moment des enquêtes, les scénarios étaient en cours d'élaboration. L'objectif était de confronter notre manière de décliner les microscénarios et la manière dont les agriculteurs perçoivent l'avenir sur leur exploitation dans un contexte particulier (sous certaines hypothèses issues du travail prospectif).

Pour cela, lors des enquêtes chez des agriculteurs, nous avons questionné les agriculteurs sur certaines hypothèses qui sont à la base des microscénarios et notamment certaines hypothèses motrices. Nous voulions cerner comment, selon leur point de vue, ils imaginaient ou envisageaient l'évolution de leur exploitation. Pour cela nous avons utilisé trois corpus d'enquêtes, réalisés d'une part dans le cadre du travail de thèse (enquêtes réalisées chez les agriculteurs du bassin versant du Saussay et de celui de La Chapelle-sur-Dun) et d'autre part dans le cadre de deux stages réalisés dans le cadre du programme RDT2, celui de Justine Faure et celui de Sarah Pascal (Faure, 2009 ; Pascal, 2009). Au total, ce sont près de 83 agriculteurs qui ont été interrogés (16 sur le bassin versant du Saussay, 27 sur celui de La Chapelle-sur-Dun, 23 sur le Syndicat de l'Austreberthe, et 17 dans le Pays de Caux).

A titre d'exemple lors des enquêtes conduites sur le bassin versant du Saussay et de La Chapelle-sur-Dun, les questions étaient du type « Que comptez-vous faire pour adapter la production de lait à l'augmentation de la demande ? », « L'augmentation du prix du fioul/pétrole a-t-elle un impact sur vos pratiques ? », « L'augmentation des cours des matières premières a-t-il un impact sur vos choix de production ? (augmentation des surfaces en céréales...) », « Vous intéressez-vous aux coproduits pour une incorporation dans les rations animales (tourteaux, drêches...)? », « Si la sucrerie de Fontaine-Le-Dun ferme, quelles cultures planteriez-vous à la place des betteraves sucrières ? » pour les aspects **Filières/marché** ou « Y a-t-il un enjeu urbain sur votre exploitation (constructions en projet...) ? » pour les aspects **Urbanisation** ou encore « Pensez-vous augmenter ou diminuer les surfaces en cultures énergétiques dans les prochaines années ? », « Si augmentation, au détriment de quelles cultures ? », « Sur quelles surfaces (hors jachère ?), Pourquoi ? », « Pensez-vous qu'il serait intéressant pour vous d'introduire du tourteau de colza dans votre ration ? », « Si l'Aide aux Cultures Énergétiques (ACE) disparaît, continuerez-vous les cultures énergétiques ? » pour les **Biocarburants**.

Tous les agriculteurs n'ont pas été interrogés systématiquement sur tous les moteurs et/ou tous n'ont pas forcément répondu à toutes les questions. L'objectif ici n'est pas de représenter de manière représentative et exhaustive les différentes visions mais bien d'alimenter une réflexion. Le détail des réponses des agriculteurs est présenté en Annexe 7.

Ainsi, nous pouvons comparer les évolutions qui ont été envisagées dans les microscénarios et les réponses obtenues auprès des agriculteurs.

Par exemple, concernant la **délocalisation du bassin de production betteravier** (microscénario 2.2.), les réponses obtenues suggèrent que les surfaces en betteraves sucrières seraient remplacées par diverses cultures telles que des légumes (pomme de terre) (2 agriculteurs), des céréales (blé, escourgeon) ou des oléagineux (colza) (2 agriculteurs).

De la même manière, dans l'hypothèse d'une **délocalisation des outils industriels laitiers** (microscénario 3.5.), les deux réponses principales seraient soit d'arrêter la production laitière (2 agriculteurs), soit de faire collecter son lait par des entreprises plus lointaines (5 agriculteurs) ou alors de développer la transformation à la ferme (1 agriculteur) et la vente directe pour commercialiser le lait produit.

Enfin, dans l'hypothèse d'une **suppression des quotas laitiers** (microscénario 3.4.), les réponses obtenues suggèrent un arrêt de la production laitière (2 agriculteurs), ou une extensification ou une intensification de la production ainsi qu'une spécialisation de la production (6 agriculteurs).

Nous observons ainsi une diversité de comportements des agriculteurs. Les agriculteurs répondent à des contraintes internes à leur exploitation (organisation du travail,

âge, intérêt personnel...) qui induisent des comportements différents face à un moteur d'évolution commun. Cependant, nous observons que les déclinaisons effectuées dans notre étude au niveau des exploitations ne sont pas incohérentes avec les réponses collectées auprès des exploitants (car certains agriculteurs les mettent en œuvre) mais nous sommes conscients qu'il existe une grande variabilité de possibles. Il est évident que si nous avions tenu compte des visions de chaque agriculteur, les conséquences en termes de ruissellement auraient probablement été différentes (e.g. maintien de la production laitière pour toutes les exploitations permises par une vente directe ou collecte effectuée par des industries laitières plus lointaines dans le cadre de la délocalisation des industries laitières locales).

Dans le cadre de notre étude, nous avons choisi de ne pas tenir compte des spécificités de chaque exploitation (vision de chaque agriculture) car le bassin versant étudié est un bassin versant théorique qui permet de tester des scénarios indépendamment des choix individuels de chaque agriculteur. Nous avons délibérément choisi de faire fi de la réalité de terrain (vision qu'ont les exploitants de l'avenir) et de décliner les scénarios de manière homogène selon un type d'exploitation dans l'objectif d'une part de « forcer le trait » sur les conséquences en termes de ruissellement érosif et d'autre part de produire une méthode générique et de pouvoir appliquer notre démarche à tout autre bassin versant.

IV.3.2. Choix des leviers pour la déclinaison des scénarios à l'échelle du bassin versant

Parmi ces leviers figurent la délimitation des territoires d'exploitation et l'urbanisation du bassin versant.

IV.3.2.1. Délimitation des territoires d'exploitation

Lors de la déclinaison des microscénarios s'est posé la question de la délimitation des territoires d'exploitation notamment dans le cadre des exploitations dont les exploitants partaient à la retraite. En effet, lors d'un départ à la retraite d'un exploitant, deux options s'offrent alors, soit l'exploitation est reprise par un nouvel exploitant, soit les parcelles de cette exploitation sont reprises par plusieurs exploitants.

Avec toujours l'objectif de considérer le bassin versant du Saussay comme un bassin versant théorique, nous avons choisi de ne pas tenir compte de la réalité de terrain (départs en retraite effectifs) et donc de ne pas intégrer de modification de territoire d'exploitation liée à des départs en retraite. Nous avons ainsi fait le choix de conserver les territoires d'exploitations stables à l'horizon de la prospective lorsque cela n'était pas clairement précisé dans le scénario appliqué (hypothèse qu'il n'y aurait pas de départs en retraite ou de reprise d'exploitation par un autre agriculteur ou plusieurs (avec répartition des parcelles entre plusieurs exploitants par exemple) d'ici à 2015). Dans la réalité, sur le bassin versant du Saussay, il y a 2 exploitants (Exploitants O et P) qui partent à la retraite d'ici à 2015 (Figure IV-2). Pour l'exploitant O, il part à la retraite en 2010, son exploitation sera reprise par son voisin (exploitant L, bovin laitier), pour l'exploitant P, il n'avait pas de perspectives de reprise au moment de l'enquête. Il est intéressant de noter qu'aucun de ces exploitants n'est un éleveur laitier, si l'on avait choisi comme stratégie (scénario A) de ne convertir les exploitations laitières (en grandes cultures ou allaitant) que pour les exploitants partant à la retraite cela aurait eu peu d'impact sur le bassin versant.

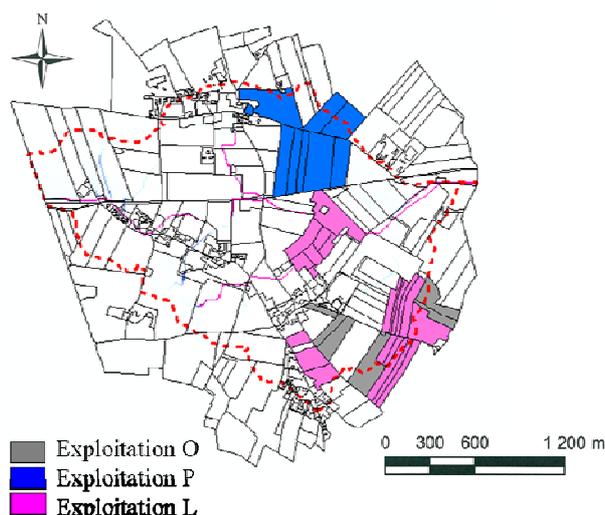


Figure IV-2: Exploitations dont les chefs d'exploitation partent à la retraite avant 2015 (O et P) et exploitant (L) potentiellement reprenneur de l'exploitation O

IV.3.2.2. Urbanisation du bassin versant

De la même manière, des choix ont été faits dans le cadre de l'urbanisation du bassin versant.

Lors de la dernière réunion du programme RDT2 (juin 2009), les microscénarios ont été présentés aux personnes impliquées dans le programme ainsi que les scénarios globaux envisagés pour une évaluation environnementale. Une discussion s'est engagée sur le taux d'urbanisation à appliquer à l'échelle du bassin versant d'étude et sur la capacité d'infiltration à affecter à ces surfaces nouvellement urbanisées. Deux visions se sont opposées. Concernant, le taux d'urbanisation à appliquer, d'un côté certains acteurs préconisaient un taux d'urbanisation proche de la réalité et donc relativement faible, alors que d'autres suggéraient de « forcer le trait » en choisissant un taux d'urbanisation plus important. Concernant l'infiltration permise par ces surfaces, deux opinions se sont également affrontées ; d'un côté ceux qui suggéraient une capacité d'infiltration relativement importante car en théorie les nouvelles constructions (lotissements) sont censées gérer leurs eaux pluviales, de l'autre ceux qui préconisaient une capacité d'infiltration plus faible car laisser passer comme message qu'urbaniser des terres n'entraînait pas de conséquences sur le ruissellement était gênant et qu'il fallait émettre un message d'alerte selon lequel l'urbanisation représente une menace s'elle est mal gérée.

La confrontation de ces deux visions est intéressante car elle met en évidence que l'étape de la déclinaison des microscénarios en données quantitatives n'est pas une étape anodine et que les choix faits lors de cette étape ne sont pas sans conséquences sur le ruissellement induit. Ces choix permettent de faire passer un message (avec l'évaluation environnementale) sur les conséquences de ces microscénarios sur le ruissellement. Il nous faut ici rappeler que l'évaluation de ces scénarios est *in fine* à destination des décideurs publics qui doivent prendre des décisions en s'appuyant sur ces résultats. En effet, dans le cadre des choix effectués pour l'urbanisation par exemple, les effets peuvent en plus être antagonistes. Par exemple, un taux d'urbanisation important présentant une capacité d'infiltration importante réduirait d'autant plus les risques de ruissellement à l'exutoire. De plus, le choix de placer ces surfaces sur un axe d'écoulement (talweg) réduirait encore plus les risques. A contrario, une urbanisation ruisselante (Capacité d'Infiltration=2mm/h) sur une grande surface située sur un axe d'écoulement augmenterait de manière non négligeable les risques de ruissellement à l'exutoire. Ainsi la déclinaison des microscénarios consiste à faire

des choix qui pourraient in fine conditionner et orienter le choix des décideurs aux vues de l'évaluation en termes de ruissellement de ces scénarios, s'ils s'approprient les scénarios.

Un résumé des choix effectués est présenté dans le Tableau IV-4. Ces choix concernent d'une part le taux d'urbanisation appliqué, la localisation de ces surfaces urbanisées au sein du bassin versant et enfin le type d'urbanisation (et donc à la capacité d'infiltration affectée à ces surfaces).

Tableau IV-4: Choix effectués en termes d'urbanisation selon les différents microscénarios (CI : Capacité d'Infiltration), le microscénario évalué est en jaune (microscénario 1.2.)

Modalités	Famille de Microscénarios 1 : « L'agriculture face à l'évolution du monde rural »	
	Microscénario 1.1.	Microscénario 1.2.
Taux d'urbanisation	1400ha/an en Seine-Maritime	1400ha/an en Seine-Maritime
Forme d'urbanisation	Extension bourg + mitage	Extension bourg
Type surfaces urbanisées	Prairies	Terres labourables
Localisation urbanisation	axe d'écoulement (talweg)	en dehors axe d'écoulement
Type de construction	Village (maison+jardin) (CI=2mm/h)	Supermarché+lotissement (CI=20mm/h)

Concernant le **taux d'urbanisation**, nous avons choisi d'appliquer le taux moyen départemental (1 400ha de terres agricoles en Seine-Maritime disparaissent par an au profit de l'urbanisation, soit 0,345% par an) toujours dans l'objectif de considérer le bassin versant du Saussay comme un cas d'étude théorique et non un cas spécifique. Mais en réalité ce taux d'urbanisation varie d'une zone à l'autre. En effet, si cette baisse s'observe pour l'ensemble des régions agricoles, son ampleur est différente selon les lieux ; comprise entre - 3 % dans le Petit Caux et - 11 % en Vallée de Seine (Projet Agricole Départemental, Aménagement du Territoire, CA76). Il est important de noter que dans le cadre de notre étude nous avons urbanisé des parcelles mais en réalité l'urbanisation s'accompagne souvent de la construction de nouvelles infrastructures telles que les routes, autoroutes etc. En conséquence, une urbanisation peut avoir peu de conséquences locales (au niveau du bassin versant) mais se traduire par de fortes imperméabilisations à quelques kilomètres du fait de la construction de routes et de parkings attenants.

Concernant la **localisation des surfaces urbanisées**, dans le cadre du microscénario choisi, l'urbanisation étant réglementée, nous avons choisi d'urbaniser des parcelles en cultures en amont du bassin versant, en dehors des axes d'écoulement des eaux (talwegs), et à proximité des villages (pas de mitage). Il est intéressant de noter que dans les faits, les maires ont tendance à accorder des permis de construire sur les parcelles en prairies préférentiellement, dans le but notamment de préserver les terres agricoles à bon potentiel (communication personnelle V. Souchère) et parce qu'elles sont situées près d'habitations. Ces choix ont des conséquences sur le phénomène environnemental étudié car d'une part, le choix d'urbaniser des parcelles en cultures permet de préserver les surfaces en prairies et d'autre part, l'urbanisation de surfaces plutôt en amont du bassin versant se traduit par la présence de surfaces ruisselantes en amont et ainsi entraîne un plus grand risque d'érosion concentrée (Papy et Boiffin, 1988 ; Martin, 1998 ; Joannon, 2004). En effet, il est plus risqué d'urbaniser des surfaces situées en amont car le trajet parcouru par le ruissellement de surface est plus long et a ainsi plus le temps de se concentrer et ainsi de provoquer de l'érosion de talwegs. Cependant, ces conséquences vont avant tout dépendre de la capacité d'infiltration affectée à ces surfaces.

Concernant **la capacité d'infiltration** des surfaces nouvellement urbanisées, toujours dans le cadre d'une urbanisation réglementée, nous avons affecté une capacité d'infiltration de 20mm/h aux nouvelles constructions. Cette capacité d'infiltration est relativement importante, avec une telle capacité d'infiltration il y a peu de risque que le ruissellement soit aggravé, en effet cette capacité est dans tous les cas supérieure à celle d'une culture.

Pour conclure, nous avons fait le choix de ne pas tenir compte de la réalité de terrain (départ en retraite de certains agriculteurs, taux d'urbanisation spécifique etc....) car nous rappelons que le bassin versant du Saussay est un bassin versant théorique. L'objectif n'est pas d'étudier l'évolution de ce bassin versant précisément mais de mettre en place une méthode générique qui permette de décliner les scénarios de la même manière sur d'autres bassins versants. De plus, le choix de décliner de manière homogène les scénarios permet également de « forcer le trait », de tester des situations contrastées et ainsi d'obtenir un effet plus visible et clair en termes de conséquences environnementales (ruissellement érosif).

IV.3.3. Caractéristiques non prises en compte dans la déclinaison et l'évaluation des scénarios

Il est important de souligner que toutes les caractéristiques des microscénarios n'ont pas été traduites dans les modèles biophysiques. C'est notamment le cas des aménagements hydrauliques.

En effet, pour réguler les ruissellements au sein du bassin versant, il est possible de mettre en place des ouvrages de régulation ; il s'agit soit de digues qui barrent un talweg naturel, soit de bassins (en déblai ou endigués) réalisés dans un axe de ruissellement, soit une combinaison des deux. Ces ouvrages peuvent être complétés par des aménagements d'hydraulique douce, en particulier des talus, des fossés cauchois (talus + fossé), des bandes enherbées, des fascines et des haies. Notre objectif étant d'évaluer les conséquences de changements d'occupation des sols, nous avons fait le choix de ne pas prendre en compte ces aménagements hydrauliques (bassin, digue) car cette prise en compte n'aurait pas permis de conclure sur le rôle joué par la mise en place de pratiques agricoles seulement. Une autre piste d'étude pourrait consister à évaluer si la mise en place de tels aménagements compenserait une aggravation du ruissellement provoquée par la disparition des exploitations laitières par exemple, sans la mise en place de pratiques agricoles réduisant le ruissellement.

IV.4. Variabilité des mosaïques de cultures associées à un même scénario et impact sur le ruissellement

Comme présenté précédemment (partie III.2.2.), les états de surface (correspondant à une occupation du sol) nécessaires à l'utilisation du modèle STREAM ont été générés au moyen du modèle LandSFACTS. Ce modèle permet d'allouer les cultures aux parcelles en tenant compte des règles de décision des agriculteurs. Dans un premier temps, nous avons généré une diversité d'allocation des cultures aux parcelles au niveau de chaque exploitation agricole ; puis nous avons agrégé ces allocations pour obtenir des configurations diversifiées au niveau du bassin versant pour générer les valeurs des variables d'entrée du modèle STREAM.

Chaque lancement du modèle LandSFACTS n'aboutit pas automatiquement à une solution. Le taux de réussite est très variable d'une exploitation à l'autre de 2% à 100% (cf. Tableau IV-5). Nous avons néanmoins multiplié les essais pour obtenir 50 simulations abouties pour chaque exploitation. Pour les exploitations avec un taux de réussite supérieur à 50% ce sont les 50 premières simulations réussies qui ont été retenues. Pour les autres, des essais supplémentaires ont été lancés jusqu'à obtenir les 50 simulations abouties (cas des

exploitations A ou B). Pour chaque exploitation et pour chacune des 50 simulations obtenues nous avons retenu la 11^{ème} année³⁴ d'occupation du sol simulée. Chacune de ces occupations du sol sont numérotées aléatoirement de 1 à 50. On constitue alors 50 configurations de bassin versant en prenant pour la configuration n les occupations du sol numéro n de chaque exploitation. Ce sont ces 50 configurations qui ont été simulées à l'aide du modèle STREAM.

L'utilisation du modèle LandFACTS a cependant quelques limites qu'il est important de souligner.

IV.4.1. Spatialiser les systèmes de culture : les limites du modèle LandFACTS

IV.4.1.1. Pas de redécoupage parcellaire

Lors de nos enquêtes, nous avons observé que certains agriculteurs étaient amenés à redécouper chaque année leur parcellaire selon les surfaces souhaitées pour chaque culture. Par exemple, c'est le cas de l'exploitant U. L'historique de son assolement ainsi que le découpage des parcelles sur la période 2003-2008 est présenté sur la Figure IV-3.

Parcelles	2003	2004	2005	2006	2007	2008	Surface des sous parcelles (ha)	Surface totale (ha)
1	pois	blé	escourgeon	colza	blé	escourgeon	5	10,55
	maïs						5,55	
2	prairie_perm	prairie_perm	prairie_perm	prairie_perm	prairie_perm	blé	6	10,5
						maïs	2	
						prairie_perm	2,5	
3	blé	colza	blé	escourgeon	pois	blé		13,40
4	escourgeon	pois	colza	blé	colza	blé	4,5	14
5	escourgeon	maïs	pois	blé	escourgeon	colza	9,5	
6	colza	blé	escourgeon	pois	blé	escourgeon		7,5
	maïs							

Figure IV-3: Assolement et découpage parcellaire de l'exploitant U sur la période 2003-2008

Les proportions de chaque culture pour la même période sont représentées sur la Figure IV-4.

³⁴ Cette période de 11 ans correspond au délai de retour le plus long pour l'ensemble des exploitations enquêtées, nous avons donc choisi d'appliquer cette période pour toutes les exploitations lors des simulations

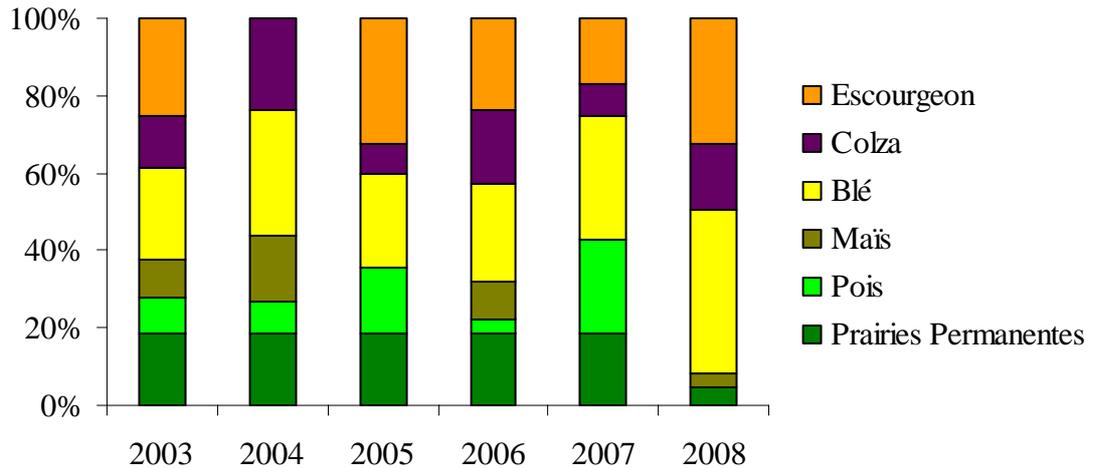


Figure IV-4: Proportions de chaque culture dans l’assolement de l’agriculteur U sur la période 2003-2008

Nous observons ainsi que d’une année sur l’autre, l’agriculteur est amené à redécouper certaines parcelles. Cependant, ce redécoupage est effectué au cours d’une période au cours de laquelle le contexte a pu évoluer et donc les surfaces de chaque culture. Ainsi, nous ne savons pas comment les agriculteurs gèrent leurs assolements en période “stable”. Dans le cadre de notre étude, nous souhaitons obtenir des allocations diverses de cultures aux parcelles tout en respectant l’assolement (initial et prospectif) de chaque agriculteur. Nous avons donc pris le parti de chercher à stabiliser au mieux les assolements d’une année à l’autre. Pour obtenir une relative stabilité des assolements, nous avons d’une part redécoupé le parcellaire de chaque exploitation car le modèle LandSFACTS³⁵, dans sa forme actuelle, ne permet pas de redécoupage parcellaire d’une allocation spatiale à l’autre ; le découpage parcellaire d’une exploitation reste fixe. Cette caractéristique du modèle constitue une limite dans notre étude, car dans la mesure où le modèle ne permet pas ce redécoupage, il est ainsi plus difficile de respecter les proportions de chaque culture chaque année. Pour parer à cette limite, nous avons d’une part redécoupé le parcellaire des exploitants enquêtés à l’aide de l’historique de leur parcellaire, et pour les exploitants non enquêtés, nous nous sommes appuyés sur les photos aériennes pour redécouper le parcellaire de ces exploitants. D’autre part, nous avons dû permettre au modèle lors des simulations de concéder du lest concernant les proportions de chaque culture d’une allocation à l’autre. Nous avons dû adapter un paramètre du modèle (le coefficient de variation) pour pouvoir obtenir des simulations complètes pour certaines exploitations (i.e. celles présentant beaucoup de cultures et peu de parcelles) : nous avons donc lâché du lest sur le paramètre « coefficient de variation » qui permet de faire varier les surfaces de chaque culture de manière plus flexible. Par exemple, pour l’agriculteur U, les sorties du modèle LandSFACTS pour une succession de 6 ans sont illustrées dans la Figure IV-5.

³⁵ La version utilisée dans notre étude est la Version 1.6.

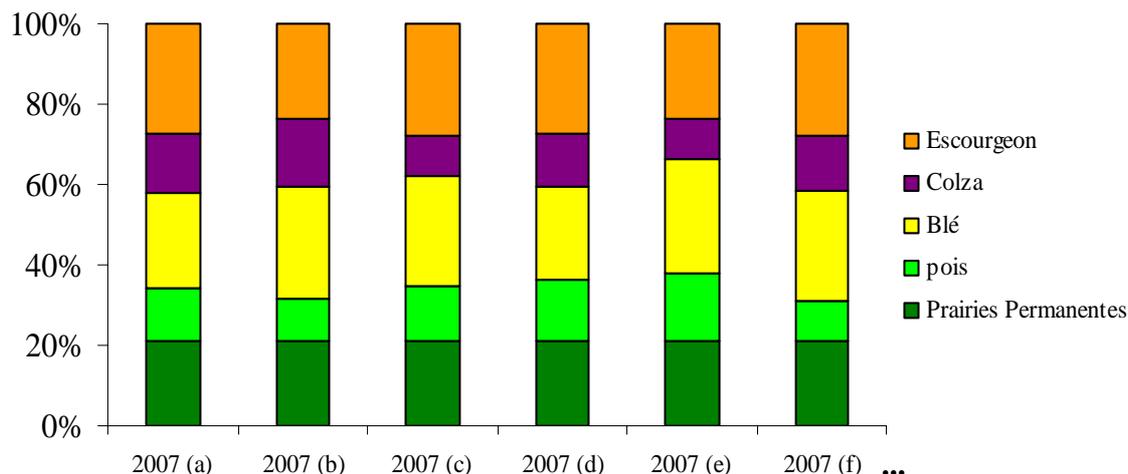


Figure IV-5: Proportions de chaque culture selon différentes allocations (2007 (a), 2007 (b), ...) pour une succession de 6 années avec le modèle LandSFACTS (coefficient de variation de 0.5)

Dans cet exemple, nous observons que les proportions de chaque culture sont bien respectées d'une allocation à une autre.

Ainsi les simulations à l'aide du modèle LandSFACTS sont plus ou moins aisées (e.g. nombre de simulations à lancer) selon les exploitations et leur découpage parcellaire. Il est parfois difficile d'obtenir les surfaces souhaitées pour chaque culture. C'est notamment le cas pour les petites exploitations qui possèdent peu de parcelles, d'autant plus lorsqu'elles ont beaucoup de cultures.

A titre d'exemple, 10 allocations et leurs proportions de culture sont représentées dans la Figure IV-6 pour les exploitations U et S.

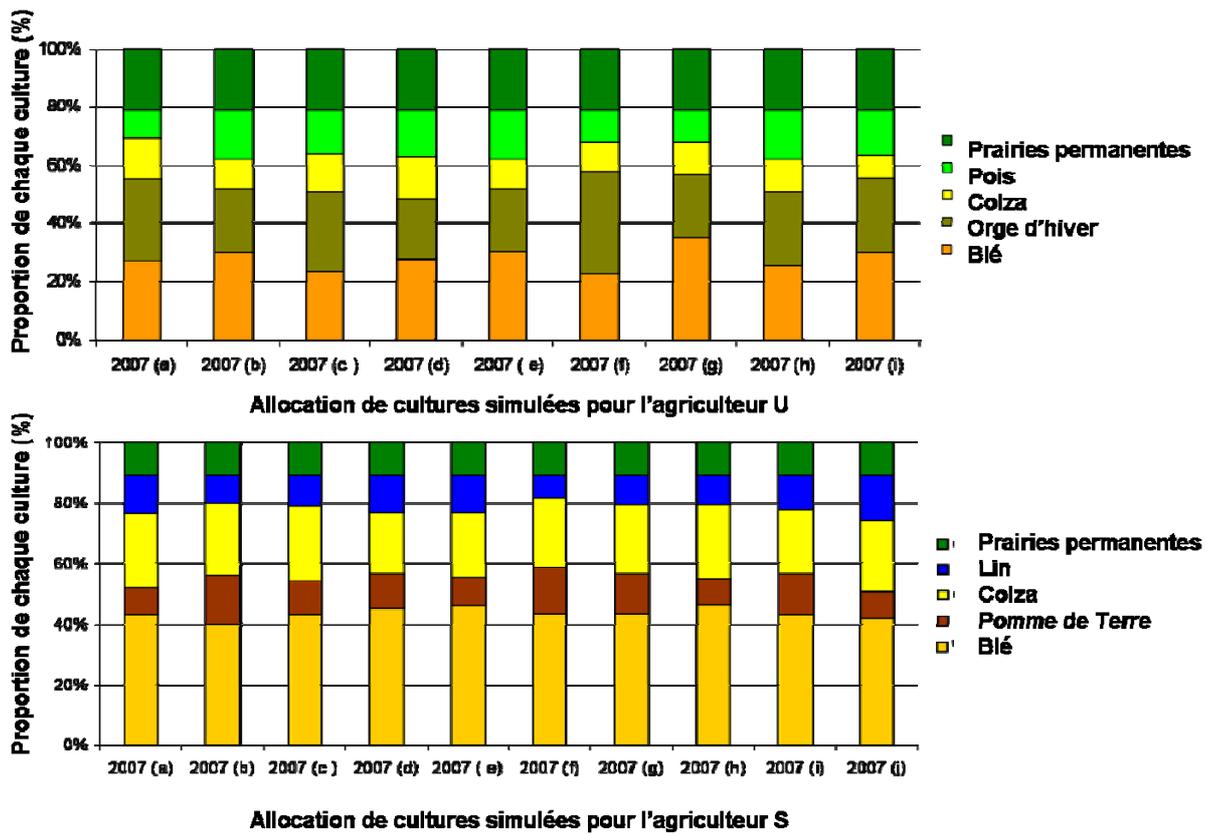


Figure IV-6: Allocations de cultures et leurs proportions pour 10 simulations pour les exploitations U et S

L'exploitation U possède 9 parcelles et 4 cultures sont présentes dans la rotation et l'exploitation S possède 22 parcelles et 4 cultures sont présentes dans la rotation. Ainsi pour un même nombre de culture dans la rotation selon le nombre de parcelles de l'exploitation, on note que les proportions de culture sont mieux respectées pour l'exploitation S. Les proportions de culture d'une allocation à l'autre sont d'autant mieux respectées qu'une exploitation possède beaucoup de parcelles. Ainsi cette stabilisation des assolements est d'autant plus facile à réaliser avec une exploitation présentant plus de parcelles pour une même surface. C'est pourquoi, pour de faibles nombres de parcelles, nous avons généré des redécoupages historiques pour faciliter les sorties de LandSFACTS.

Pour conclure sur ce point, un des points de questionnement réside dans le fait de savoir où placer le curseur entre soit obtenir des allocations qui permettent de respecter au mieux les proportions de cultures, soit ne pas dénaturer de manière trop importante le parcellaire des exploitations. Pour obtenir des allocations qui permettent de respecter au mieux les proportions de cultures, il est nécessaire de redécouper le parcellaire, mais même en réalisant cela, les proportions ne sont pas complètement respectées. Nous aurions pu encore plus redécouper le parcellaire par exemple en remontant plus loin l'historique des parcellaires des exploitations (sur 20 ans par exemple). Cependant, il est important de rappeler si ce redécoupage permettrait de respecter les proportions de cultures, le fait de faire évoluer les structures de parcellaires ont des conséquences sur le phénomène. Lors d'une étude conduite sur un bassin versant de la commune de Flamets-Frétils (Pays de Caux), les résultats font bien ressortir toutes les modifications du réseau de concentration des écoulements sur le plateau, du fait des changements de limites et de taille des parcelles, et les volumes ruisselés en m³ à l'exutoire (modèle STREAM) illustrent une variation de ces volumes avant et après remembrement (Lheriteau *et al.*, 2007). D'un autre côté, si l'on redécoupe le parcellaire dans une moindre mesure, il nous faut alors laisser plus de lest au niveau des proportions de

cultures (paramètre 33 dans LandSFACTS) et alors obtenir différentes allocations qui ne respectent pas autant les proportions de culture d'une allocation à une autre. La difficulté méthodologique réside donc ici à savoir où placer le curseur : soit obtenir des allocations respectant les proportions de cultures et dans ce cas redécouper de manière peut-être trop importante les parcellaires ou alors s'accorder une certaine variabilité dans les proportions de cultures d'une allocation à une autre en ne s'éloignant pas trop de la structure du parcellaire initiale. Dans les faits, les exploitants s'accordent une variation dans les surfaces de chaque culture d'une année à l'autre étant donné leurs tailles de parcelles.

IV.4.1.2. Pas de gestion des parcelles par blocs de cultures

Une autre limite du modèle LandSFACTS est qu'il ne permet pas de gérer un ensemble de parcelles comme les agriculteurs peuvent le faire. En effet, les parcelles dans le modèle sont gérées de manière indépendante les unes des autres. Dans la réalité pour des raisons d'organisation du travail, certains agriculteurs sont amenés à gérer certains groupes de parcelles en blocs de culture (Aubry, 2007; Maxime et *al.*, 1995).

IV.4.2. Variabilité des mosaïques de cultures et d'états à l'échelle de l'exploitation agricole

Il est important de rappeler que pour chaque occupation du sol est associée une capacité d'infiltration, laquelle jouera un rôle prépondérant dans la genèse du ruissellement à l'échelle du bassin versant. A l'échelle de l'exploitation agricole, nous avons constaté que la diversité d'occupation du sol générée par le modèle LandSFACTS ne se traduisait pas pour autant par une diversité aussi importante en termes de capacité d'infiltration. Une illustration est présentée dans les deux dernières colonnes du Tableau IV-5.

Tableau IV-5: Nombre de simulations complétées pour chaque exploitation, et nombre d’allocations spatiales différentes en termes d’occupation du sol et de capacité d’infiltration sur les 50 allocations spatiales pour chaque exploitation pour la situation initiale 2007

Exploitation	Simulations complétées avec succès (sur 100 essais) avec LandSFACTS	Nombre d’allocations différentes au sein du bassin versant (sur le pool des 50 allocations obtenues pour chaque exploitation pour un nombre d’essais allant de 50 à 2000)		
		en termes d’occupation du sol	en termes de capacité d’infiltration	
			Décembre	Mai
A	32	6	2	3
B	4	47	46	46
C	94	toutes identiques	toutes identiques	
D	4	4	2	
E	6	9	9	1
F	3	toutes identiques	toutes identiques	
G	100	2	2	
H	2	toutes identiques	toutes identiques	
I	76	4	2	
J	73	toutes identiques	toutes identiques	
K	5	toutes identiques	toutes identiques	
L	20	50	50	49
M	17	6	3	2
N	3	50	50	49
O	100	35	11	toutes identiques
P	3	49	48	49
Q	12	5	3	
R	61	1	1	
S	2	50	50	19
T	100	43	30	21
U	5	50	46	toutes identiques
V	50	40	40	38
W	28	37	20	5

D’après le Tableau IV-5, nous observons que pour une diversité d’allocations d’occupation du sol ne correspond pas cette même diversité en termes de capacité d’infiltration. Cela s’explique par le fait que certaines cultures ou itinéraires techniques présentent des capacités d’infiltration identiques. Cette observation à l’échelle de l’exploitation s’observe également à l’échelle du bassin versant.

Au-delà de la diversité des allocations générées au niveau de chaque exploitation, nous allons à présent discuter de la diversité des configurations à l’échelle du bassin versant.

IV.4.3. Variabilité des mosaïques de cultures et d'états à l'échelle du bassin versant : une diversité de culture qui ne reflète pas une diversité d'états de surface (capacité d'infiltration)

Dans un premier temps, nous discuterons de la traduction des différentes occupations du sol en états de surface. Ensuite, comme observée dans la Figure IV-7, les proportions de chaque culture au sein du bassin versant varient d'une configuration à l'autre, nous reviendrons ainsi sur les conséquences de cette variation des proportions des différents états de surfaces sur le ruissellement. Puis nous discuterons de cela au regard de l'organisation spatiale des cultures.

En comparant les proportions de cultures au niveau de l'ensemble des territoires d'exploitation (Figure IV-7, haut) et au niveau du bassin versant (Figure IV-7, bas), nous observons que la variabilité dans la proportion de chaque culture est plus importante au niveau bassin versant (constitué de fractions de territoires d'exploitations) qu'au niveau de l'ensemble des territoires d'exploitation touchés pour partie par le bassin versant d'étude.

Cette variabilité s'explique certainement par le fait que beaucoup d'exploitations ont des parcelles à l'extérieur du bassin versant. Sur le bassin versant du Saussay, c'est en effet le cas avec 67% des parcelles des exploitants en dehors du bassin versant. Nous pouvons légitimement penser que la variabilité interannuelle des assolements sera d'autant plus élevée que la fraction des SAU hors bassin versant sera élevée (Martin *et al.*, 2010).

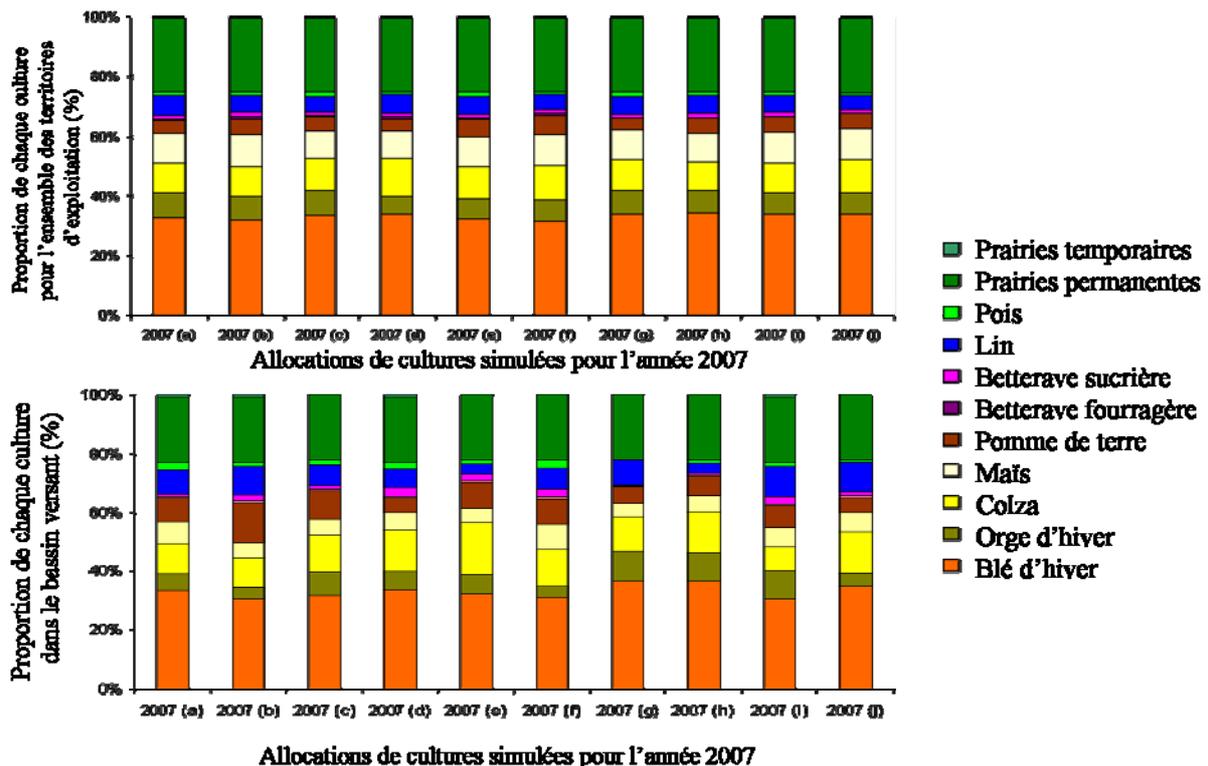


Figure IV-7: Proportions de chaque culture en fonction des différentes allocations spatiales pour l'ensemble des territoires d'exploitations (haut) et pour les parcelles comprises dans le bassin versant (bas) en Mai pour la situation de référence (2007)

Si nous remplaçons les cultures par leur capacité d'infiltration respective (Tableau IV-6), nous observons que la variabilité observée en termes de capacité d'infiltration est moindre que celle observée en termes de cultures. Cela s'explique par le fait que certaines cultures présentent des capacités d'infiltration identiques. Par exemple le blé d'hiver, l'orge

d'hiver, l'orge de printemps et le colza ont une capacité d'infiltration de 5mm/h en Mai, de la même manière le maïs et la betterave fourragère ont une capacité d'infiltration de 10mm/h en Mai. Ainsi, les proportions en termes de capacité d'infiltration sont très similaires pour les différentes allocations spatiales (Tableau IV-6 et Figure IV-8).

Tableau IV-6 : Proportions des différentes classes de capacité d'infiltration selon la configuration spatiale (Even.: Événement pluvieux)

Hiver	2007 (a)	2007 (b)	2007 (c)	2007 (d)	2007 (e)	2007 (f)	2007 (g)	2007 (h)	2007 (i)	2007 (j)	
2 mm/h	0.39	0.34	0.40	0.40	0.39	0.36	0.47	0.47	0.40	0.39	
5 mm/h	0.25	0.19	0.20	0.25	0.23	0.24	0.21	0.20	0.22	0.26	
10 mm/h	0.14	0.24	0.18	0.13	0.16	0.18	0.10	0.11	0.16	0.12	
20 mm/h	0.20	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	
50 mm/h	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
ruiss. exutoire	Even. A	33215	28645	37463	36116	37143	36981	42155	41306	38328	35976
	Even. B	20529	19478	30280	27457	28419	26559	35003	31845	31665	24621

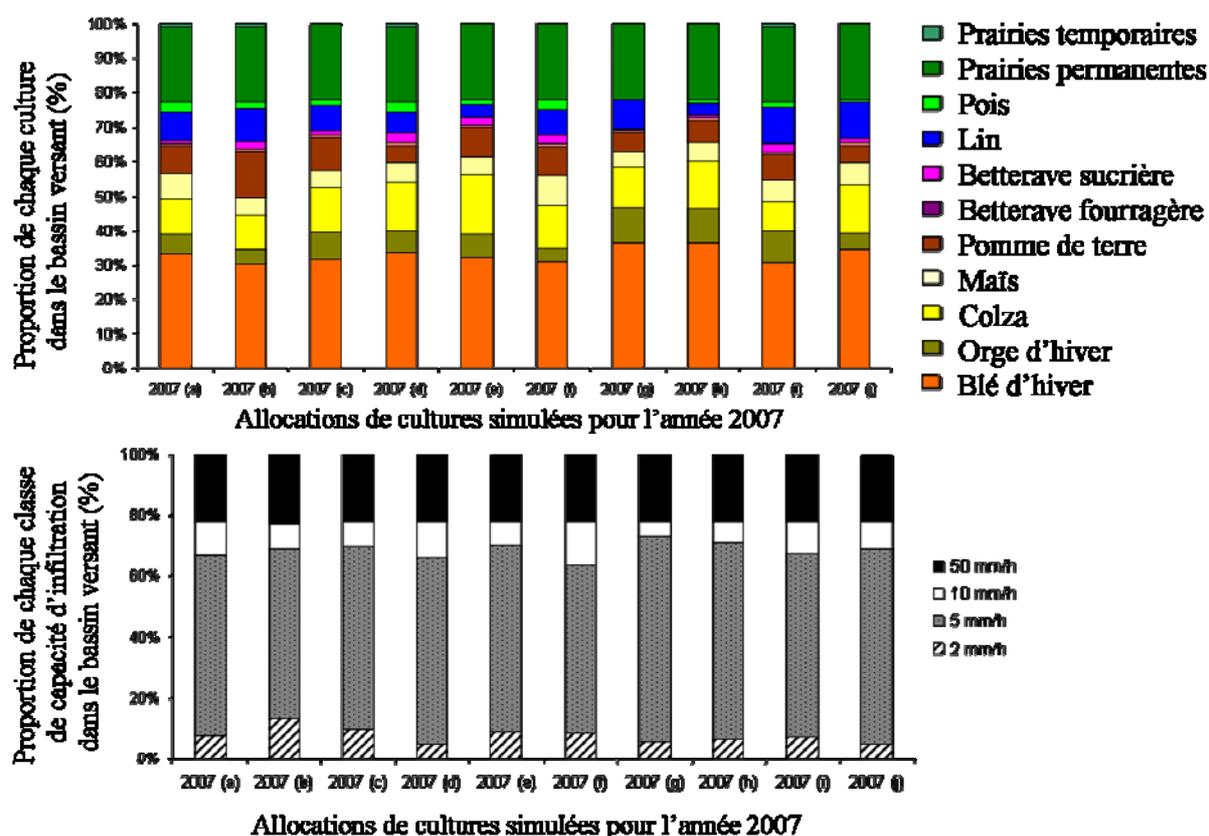


Figure IV-8: Allocations spatiales simulées pour la situation initiale 2007 en termes d'occupation du sol et de capacité d'infiltration en Mai

Cette observation est intéressante car par exemple, dans le cadre de la nouvelle PAC 2010, une aide à la diversité des assolements est proposée pour la campagne 2010. Cette aide vise à encourager des pratiques culturales favorables à l'environnement en accompagnant la diversification des assolements des exploitations de grandes cultures en soutenant celles qui implantent, sur leur sole cultivée, au moins 4 cultures assolées différentes en plus du gel annuel.

Pour bénéficier de l'aide, l'agriculteur doit consacrer au moins 70 % de sa surface agricole utile aux grandes cultures (céréales, oléagineux, protéagineux, lin et chanvre fibres) et l'assolement doit remplir les conditions suivantes :

- L'assolement comporte au moins 4 cultures éligibles différentes en plus du gel annuel, chacune faisant au moins 5 % de la sole cultivée³⁶
- Il faut au minimum 5% d'oléagineux ou protéagineux dans la sole cultivée³⁷
- La culture majoritaire couvre au maximum 45% de la sole cultivée
- Les 3 cultures majoritaires + gel annuel couvrent au maximum 90% de la sole cultivée

(Source : Chambre d'Agriculture de Normandie).

Cette mesure a avant tout été proposée par rapport à des objectifs de biodiversité. L'analyse précédente montre qu'il est probable que cette aide n'ait pas beaucoup d'effets sur la maîtrise du ruissellement érosif.

Ainsi, bien que l'on observe une large gamme de cultures (mosaïque de cultures), cela peut ne pas être le cas en termes de capacités d'infiltration. Par exemple, au printemps (Mai), on pourrait imaginer un bassin versant avec une relative diversité de cultures telles que le blé, l'orge d'hiver, le colza, le lin, que nous ne retrouverons pas en termes de capacités d'infiltration car toutes ces cultures ont une capacité d'infiltration de 5mm/h.

Par contre, au-delà du type de cultures, une diversité de capacités d'infiltration peut également être générée par un travail du sol alternatif (cultures intermédiaires, binage, écroûtage, TCS) pour un même type de culture. Ainsi, pour un bassin versant relativement homogène en termes de cultures, les capacités d'infiltration pourraient être diversifiées si différentes techniques sont appliquées par chaque agriculteur. Pour conclure, une diversité de cultures n'est donc pas une garantie d'une diversité de capacité d'infiltration.

IV.5. Evaluation des scénarios avec les modèles biophysiques

IV.5.1. Conséquences de la diversité d'états de surface sur le ruissellement

Compte tenu de la diversité des configurations établies au niveau du bassin versant, nous avons voulu estimer quelles pouvaient être les conséquences sur les volumes de ruissellement de la diversité des proportions d'occupations du sol (capacité d'infiltration) de ces configurations. Pour illustrer cette idée, les volumes de ruissellement produits à l'exutoire en fonction de la moyenne des capacités d'infiltration au sein du bassin versant pour la situation 2007 sont présentés pour les deux périodes (Décembre et Mai) sur la Figure IV-9 pour l'événement pluvieux A et sur la Figure IV-10 pour l'événement pluvieux B.

³⁶ Sole cultivée et définition des cultures : Les prairies "permanentes", les "temporaires de plus de 5 ans", les cultures pérennes ou pluriannuelles et gel fixe (>5 ans) sont exclues de la sole cultivée. Une culture est définie comme 1 espèce végétale avec un itinéraire technique propre. On distingue les cultures de printemps et d'hiver (selon que le semis a lieu après/avant le 1er janvier). Les bandes tampons (positionnées sur prairies temporaires) et gel de moins de 5 ans sont pris en compte dans la sole cultivée s'ils en occupent + de 5%.

³⁷ Distinction des oléo-protéagineux : Chanvre oléagineux, colza, fève/féverole, lin oléagineux, lupin (si moins de 5 % de grains amers), moutarde, navette, oëillette, pois, soja, tournesol. Colza d'hiver et de printemps ne compte que pour un seul colza. Idem pour pois d'hiver et de printemps constituant un seul protéagineux

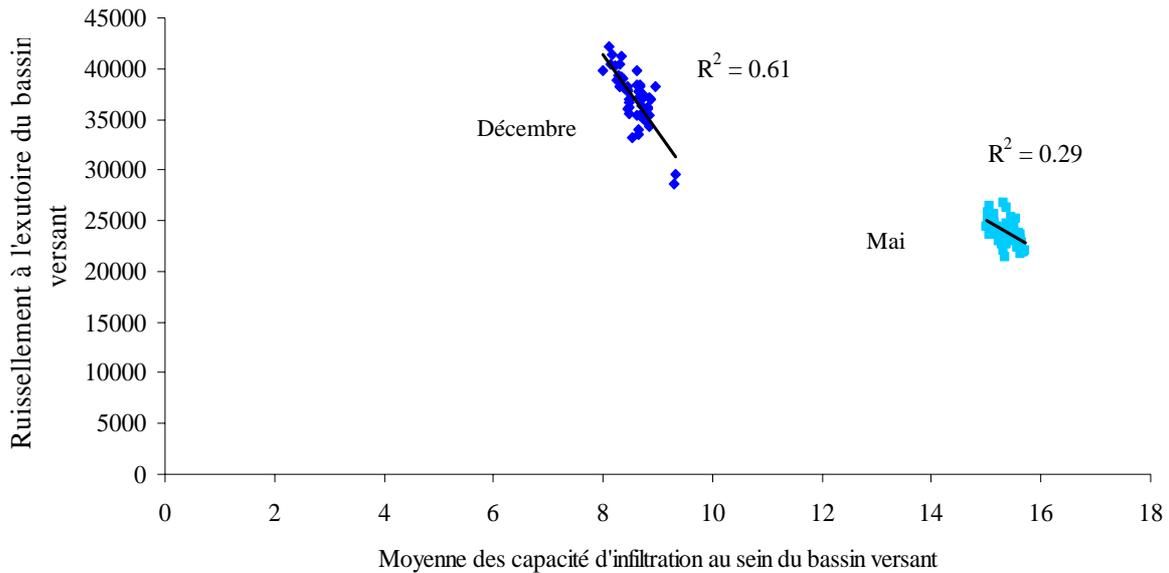


Figure IV-9: Ruissellement en m³ à l'exutoire du bassin versant en fonction de la moyenne des capacités d'infiltration au sein du bassin versant pour la situation 2007 de référence en Décembre et Mai pour l'événement pluvieux A (événement pluvieux intense). Chaque point correspond à une configuration de bassin versant.

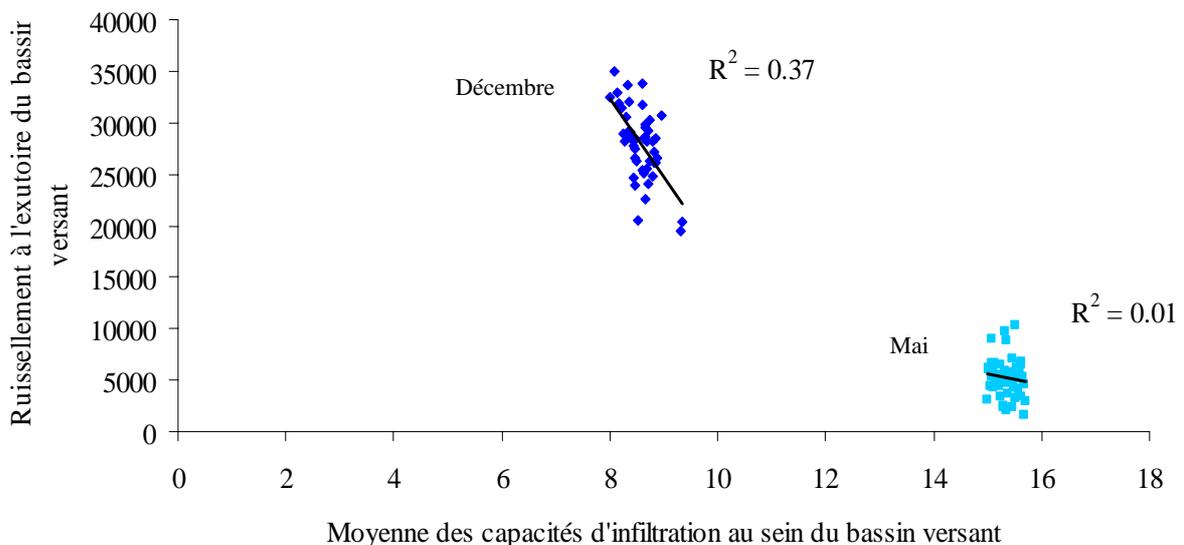


Figure IV-10 : Ruissellement en m³ à l'exutoire du bassin versant en fonction de la moyenne des capacités d'infiltration au sein du bassin versant pour la situation 2007 de référence en Décembre et Mai pour l'événement pluvieux B (événement pluvieux modéré). Chaque point correspond à une configuration de bassin versant.

Ces graphes nous permettent alors de discuter, en situation printanière ou hivernale et pour 2 niveaux d'intensité de pluie, ce qui, entre une moindre pression de ruissellement moyenne à la parcelle (ou plus forte capacité d'infiltration) et l'organisation spatiale des parcelles, peut le plus jouer sur la réduction du ruissellement.

Ainsi, en ce qui concerne les événements pluvieux, nous observons que les corrélations sont toujours plus faibles pour un événement pluvieux modéré (Figure IV-10) (ou inversement toujours plus fortes pour un événement pluvieux intense (Figure IV-9)). Cette

observation traduit le fait que lors d'un évènement pluvieux intense, c'est surtout la capacité d'infiltration moyenne qui va pouvoir jouer pour réduire le ruissellement plutôt que les possibilités d'absorption du ruissellement amont par la parcelle aval... celle-ci devant déjà absorber l'évènement intense. Concernant, les périodes de l'année, nous observons des corrélations plus nettes pour l'hiver que pour le printemps (avec des capacités d'infiltration moyennes beaucoup plus fortes au printemps qu'en hiver). Dans ce bassin versant, en hiver la diversité d'états doit être faible. Cette observation semble donc indiquer qu'au printemps, la pression de ruissellement joue un plus faible rôle et que l'organisation des états de surface dans l'espace du bassin versant joue un rôle très fort.

Ainsi, l'organisation spatiale des états dans le bassin versant joue principalement pour de fortes capacités d'infiltration moyenne (printemps) et des évènements pluvieux modérés. Dans des situations plus « extrêmes », lorsque l'infiltration moyenne est faible (hiver) et l'évènement pluvieux intense, nous pouvons avoir intérêt à viser des infiltrations moyennes élevées pour limiter les risques (alors que dans le cas précédent ce n'est pas utile en tant que tel). Cependant, les états de l'hiver ne sont pas totalement indépendants des états du printemps...

Pour conclure, s'il y a une corrélation relativement importante entre les capacités d'infiltration moyennes et le ruissellement à l'exutoire, cela nous indique que nous pouvons de fait agir via une réduction des risques de ruissellement à la parcelle et que l'organisation spatiale des parcelles joue relativement peu. A contrario, si la corrélation est relativement faible, cela nous indique que l'organisation des états de surface au sein du bassin versant est prépondérante et que l'infiltration moyenne n'est pas le facteur déterminant.

Sur ces graphiques nous observons que pour des moyennes de capacité d'infiltration identiques, les volumes ruisselés varient. Ces volumes distincts de ruissellement à l'exutoire sont notamment dus au caractère spatial du phénomène. Ces observations soulignent l'importance du caractère spatialisé du phénomène, et donc de la spatialisation (localisation) de ces différentes capacités d'infiltration à travers le bassin versant, au-delà des types de cultures et de leurs surfaces respectives.

IV.5.2. Le caractère spatial des états de surface

Cet aspect spatial du phénomène peut être illustré en comparant les différentes proportions de chaque classe de capacité d'infiltration pour les 50 configurations établies au niveau du bassin versant et en repérant les configurations qui présentent les mêmes proportions de chaque classe. Les proportions de la totalité des 50 configurations sont présentées en Annexe 8.

Concernant la période hivernale (

Nous retrouvons ces configurations sur les graphiques présentés précédemment (Figure IV-9 et Figure IV-10.), nous remarquons que les configurations 2007(d) et 2007(t') présentent des proportions de chaque classe de capacité d'infiltration identiques. Cependant, les ruissellements issus de ces deux configurations sont différents (par exemple $36\ 116\text{m}^3$ et $36\ 981\text{m}^3$ pour l'évènement pluvieux A en Hiver respectivement).

Tableau IV-7: Proportions des différentes classes de capacité d'infiltration selon la configuration spatiale

Hiver		2007 (d)	2007 (f)	2007 (t')
	2 mm/h	0.40	0.36	0.40
	5 mm/h	0.25	0.24	0.25
	10 mm/h	0.13	0.18	0.13
	20 mm/h	0.20	0.20	0.20
	50 mm/h	0.02	0.02	0.02
ruiss. exutoire	Event A	36116	36981	36981
	Event B	27457	26559	26559

La localisation des capacités d'infiltration de ces deux configurations sont localisées comme suit :

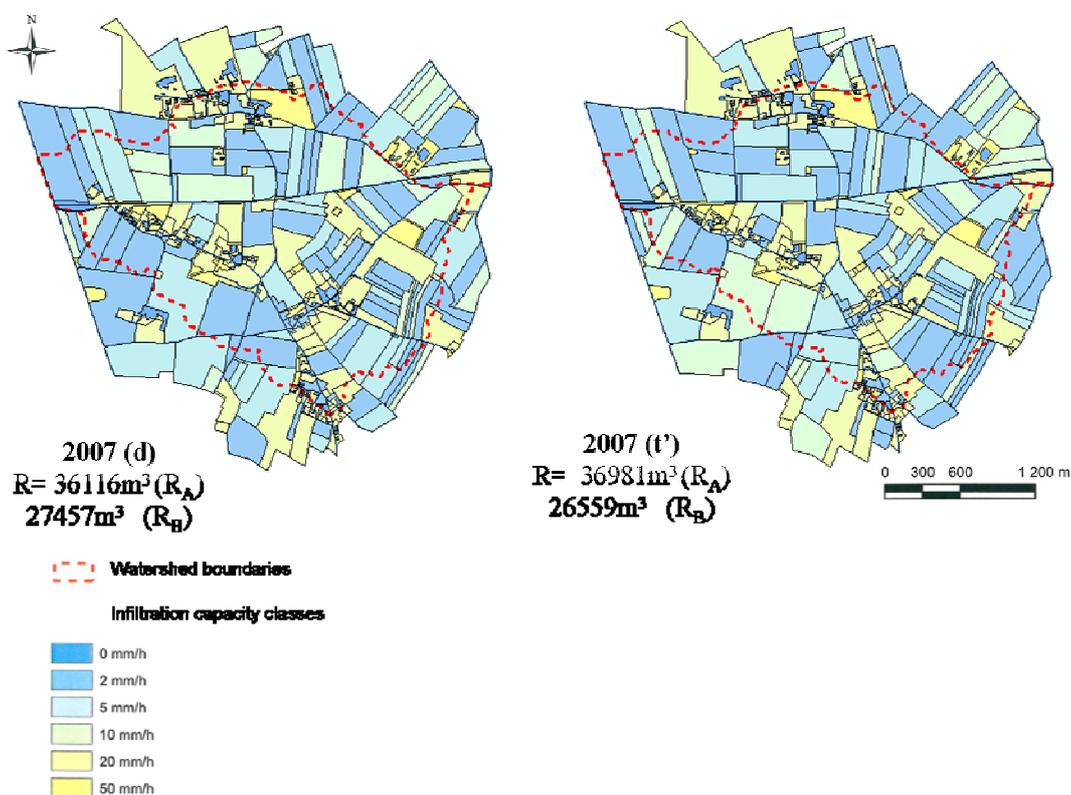


Figure IV-11: Localisation des différentes classes de capacité d'infiltration pour les deux configurations 2007(d) et 2007(t') en hiver

De la même manière, nous faisons la même observation pour les configurations 2007(i) et 2007(n) au mois de Mai (Tableau IV-8). Les ruissellements issus de ces deux configurations sont de 24 447m³ et 24 468m³ pour l'événement pluvieux A au Printemps respectivement.

Tableau IV-8: Proportions des différentes classes de capacité d'infiltration selon la configuration spatiale

Printemps		2007 (i)	2007 (n)
	2 mm/h	0.08	0.08
	5 mm/h	0.60	0.60
	10 mm/h	0.10	0.10
	20 mm/h	0.22	0.22
ruiss. exutoire	Event A	24447	24468
	Event B	4385	5019

La localisation des capacités d'infiltration de ces deux configurations sont localisées comme suit :

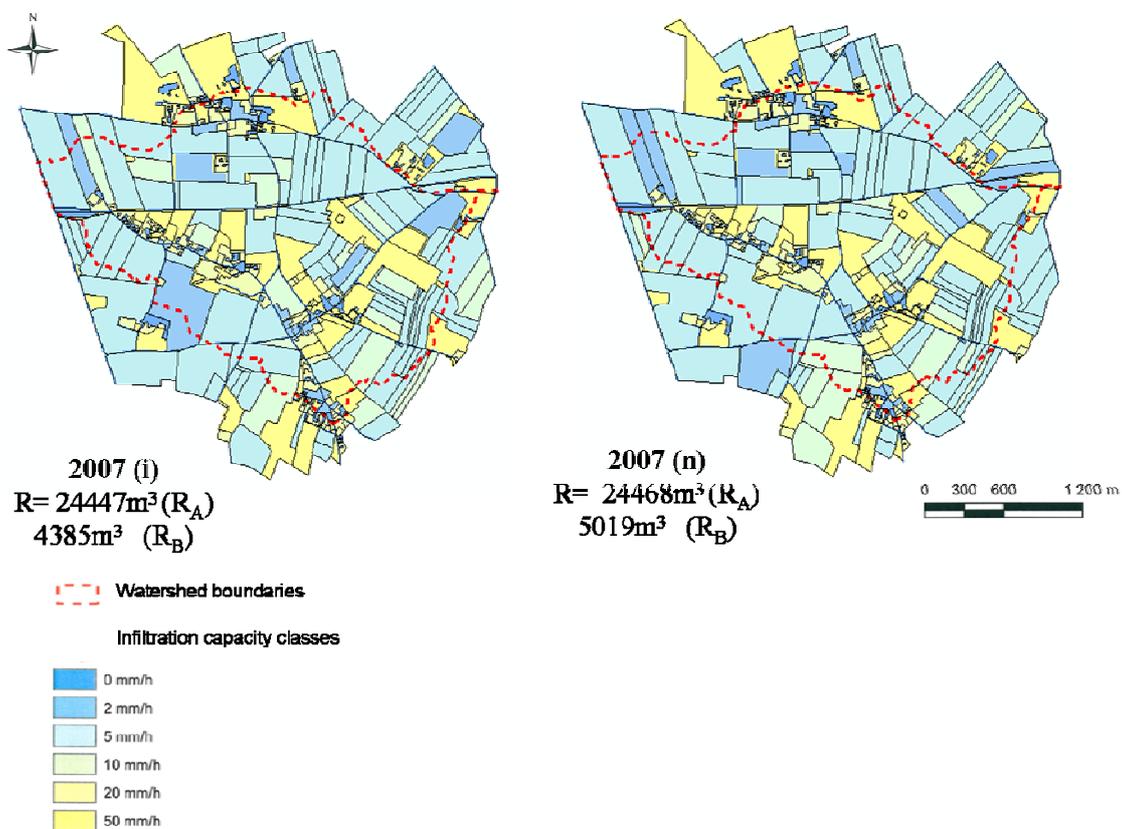


Figure IV-12: Localisation des différentes classes de capacité d'infiltration pour les deux configurations 2007(i) et 2007(n) au printemps

Ces observations confirment que l'organisation spatiale des états de surface dans un bassin versant exerce une influence sur le volume de ruissellement à l'exutoire (Souchère et al. (2001)).

Nous retrouvons ces configurations sur les graphiques présentés précédemment (Figure IV-9 et Figure IV-10).

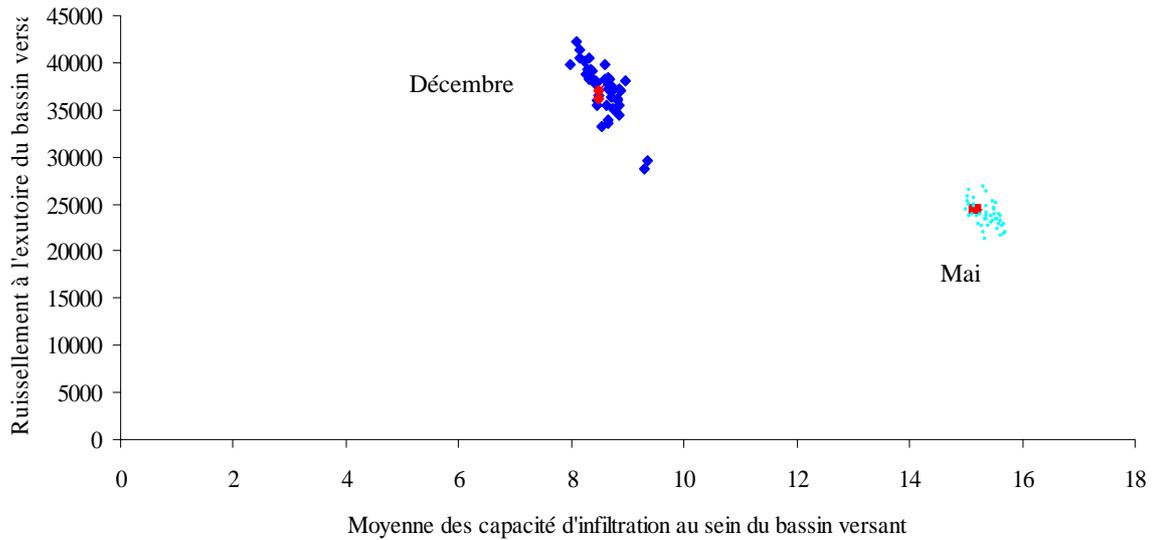


Figure IV-13: Ruissellement en m³ à l'exutoire du bassin versant en fonction de la moyenne des capacités d'infiltration au sein du bassin versant pour la situation 2007 de référence en Décembre et Mai pour l'événement pluvieux A (événement pluvieux intense). Chaque point correspond à une configuration de bassin versant. Les configurations 2007(d) et 2007(t') sont en rouge.

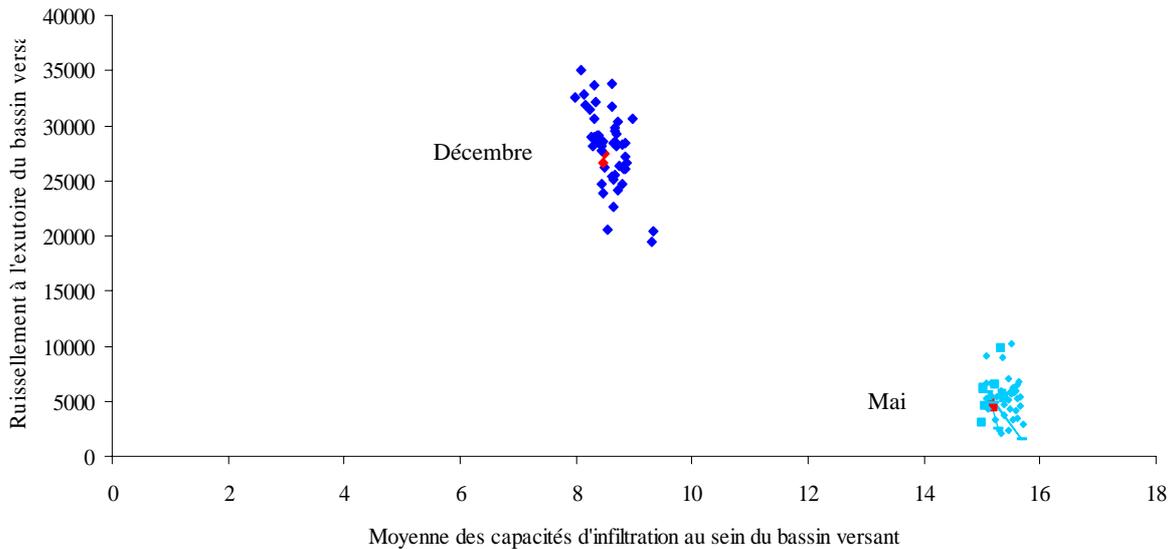


Figure IV-14 : Ruissellement en m³ à l'exutoire du bassin versant en fonction de la moyenne des capacités d'infiltration au sein du bassin versant pour la situation 2007 de référence en Décembre et Mai pour l'événement pluvieux B (événement pluvieux modéré). Chaque point correspond à une configuration de bassin versant. Les configurations 2007(d) et 2007(t') sont en rouge.

Ces quatre configurations présentent la même abscisse (pour une même ventilation de pourcentage de capacité d'infiltration, l'infiltration moyenne est identique) mais avec des ordonnées différentes (volumes ruisselés à l'exutoire). En faisant le lien entre les Figure IV-13 et Figure IV-14 et les Tableau IV-7 et Tableau IV-8, nous observons qu'il existe une correspondance entre les configurations. Lorsque deux configurations présentent la même moyenne de capacité d'infiltration et donc la même abscisse sur les Figure IV-13 et Figure

IV-14, alors elles présentent les mêmes ventilations de capacité d'infiltration (Tableau IV-7 et Tableau IV-8).

Pour conclure sur ce point, non seulement la proportion des différents états de surface fait qu'un bassin versant est ruisselant ou non, mais leur organisation spatiale peut aussi augmenter ou diminuer le ruissellement.

IV.5.3. Nombre de configurations à évaluer pour caractériser une situation

Dans l'objectif de tenir compte de la variabilité engendrée par les multiples possibilités d'allocation des cultures aux parcelles à l'échelle de l'exploitation et donc à l'échelle du bassin versant, nous avons choisi de simuler 50 configurations de bassin versant. Cependant, nous pouvons nous demander si ce nombre de 50 permet de couvrir une gamme suffisante de configurations et donc de ruissellement à l'exutoire pour une situation donnée. A partir des différentes allocations simulées à l'échelle de l'exploitation, il est possible d'élaborer plusieurs combinaisons spatiales des cultures pour obtenir des configurations pour l'ensemble des exploitations. Dans le but d'établir une fourchette et d'obtenir des valeurs maximales et minimales en termes de ruissellement pour une situation donnée nous avons créé 2 configurations supplémentaires représentant le maximum et le minimum de ruissellement généré. Ces deux configurations sont utilisées pour définir le niveau de risque maximum et minimum de ruissellement. Pour cela, nous avons donc créé une configuration de bassin versant « minimale » et « maximale », c'est-à-dire que pour chaque allocation obtenue (avec LandSFACTS) pour chaque exploitation, nous avons sélectionné l'allocation qui présentait soit la plus grande surface avec une faible capacité d'infiltration (configuration « minimale ») soit la plus grande surface avec une grande capacité d'infiltration (configuration « maximale ») pour les parcelles situées au sein du bassin versant. Puis nous avons évalué ces deux configurations extrêmes. Pour la situation 2007, les résultats sont présentés dans la Figure IV-15 et le Tableau IV-9:

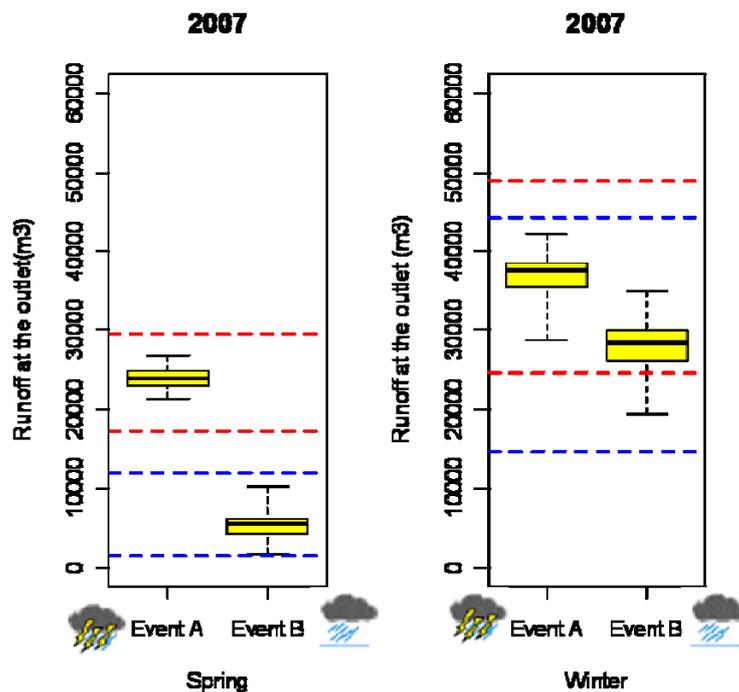


Figure IV-15: Ruissellement produit à l'exutoire du bassin versant pour deux périodes et deux événements pluvieux
(les lignes bleues et rouges correspondent aux configurations minimum et maximum)

Tableau IV-9: Ruissellement généré à l'exutoire pour les configurations « minimale » et « maximale » en 2007 au printemps et en hiver

Ruissellement simulé à l'exutoire (m ³)	Printemps		Hiver	
	Événement A	Événement B	Événement A	Événement B
Configuration « minimale »	17 306	1 532	24 514	14 731
Configuration « maximale »	29 578	11 911	48 829	44 213

Sur cette Figure IV-15, nous observons que le ruissellement généré par les configurations « minimale » et « maximale » dépasse les valeurs obtenues par la simulation du pool des 50 configurations. Au regard de cette figure, nous notons que les configurations simulées n'atteignent pas les configurations « extrêmes » sauf pour l'événement pluvieux B au printemps où une des configurations simulées correspond à la configuration qui génère le minimum de ruissellement. Il semble ainsi qu'il existe des configurations « extrêmes » qui n'aient pas été prises en compte dans les 50 configurations évaluées. Il y a donc d'autres configurations possibles qui engendrent une plus grande variabilité. Ainsi, on pourrait notamment se demander pourquoi les 2 configurations extrêmes n'ont pas été retenues (dans la mesure où nous avons tous les éléments nécessaires avec les allocations à l'exploitation) pour caractériser une situation en termes de ruissellement. Nous n'avons pas fait ce choix pour deux raisons.

D'une part, nous pouvons évoquer le fait que d'un point de vue statistique caractériser une situation en se basant sur seulement deux configurations paraît moins fiable que sur une moyenne de 50 configurations. De plus, si ces deux configurations donnent une idée de la gamme, elles ne permettent pas de situer de manière plus précise la situation.

D'autre part, ces configurations ont été construites de manière à maximiser les proportions de capacité d'infiltration importante (configuration « minimale ») ou au contraire à minimiser les proportions de capacité d'infiltration faible (configuration « maximale »). Comme nous l'avons évoqué précédemment, les proportions de capacité d'infiltration uniquement ne conditionnent pas le volume ruisselé à l'exutoire et il ne suffit pas d'obtenir une configuration avec des proportions de capacité très faibles pour obtenir une configuration la plus ruisselante, puisque l'organisation de ces surfaces intervient également. Nous en avons pour preuve sur la Figure IV-15 avec la valeur de ruissellement provoquée par la configuration « minimale » au printemps pour l'événement pluvieux B qui est atteinte par une des 50 configurations.

Ces configurations « minimale » et « maximale » sont par contre de bons indicateurs pour identifier les marges de manœuvre pour augmenter ou au contraire diminuer le ruissellement.

Un dernier point à discuter est la manière de constituer ces configurations. Nous avons choisi de constituer chaque configuration en agrégeant chaque allocation au niveau de l'exploitation agricole. Cependant, nous aurions aussi pu choisir de constituer ces configurations de manière aléatoire à partir des 50 allocations élaborées à l'échelle de l'exploitation agricole.

IV.5.4. Caractérisation de la situation initiale et positionnement de la réalité historique dans la gamme de variabilité

Une estimation du ruissellement pour la situation initiale (2007) a été permise par une simulation de plusieurs configurations « 2007 » (50 au total). L'évaluation en termes de ruissellement de l'ensemble de ces configurations a permis d'établir un écart-type qui caractérise une situation. Toutes ces configurations correspondent à une configuration 2007 qui pourrait être mise en œuvre par les agriculteurs. Dans la Figure IV-16, nous observons que l'évaluation de la configuration 2007 observée sur le terrain (grâce aux assolements de l'année 2007 recueillis lors des enquêtes en exploitations) est incluse dans les écart-types estimés.

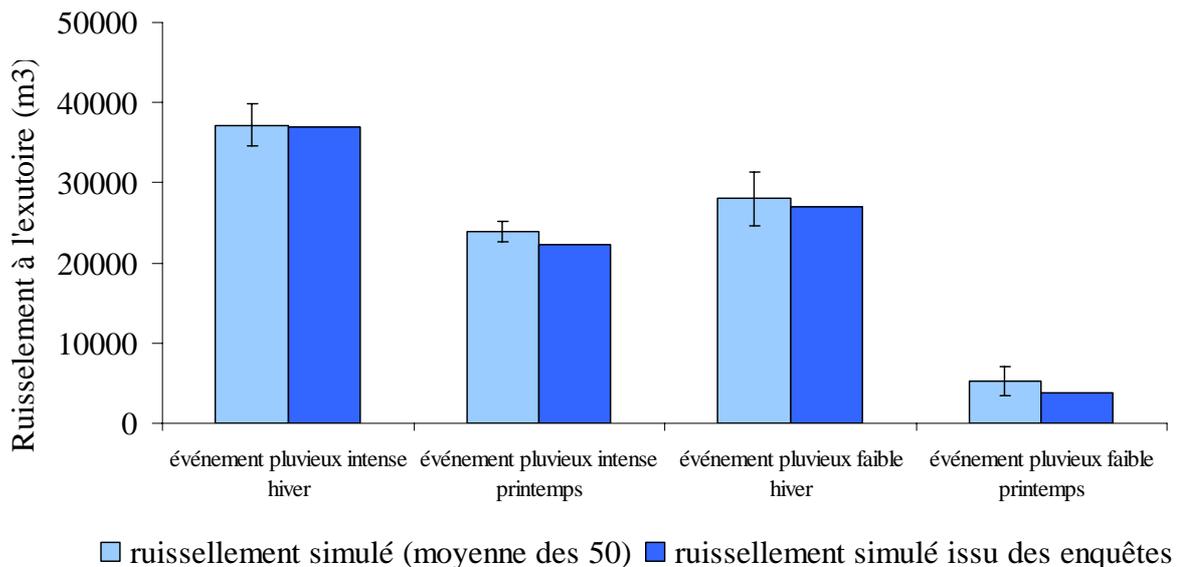


Figure IV-16: Volumes de ruissellement à l'exutoire du bassin versant pour les 50 configurations simulées et la configuration « réelle » observée pour deux événements pluvieux et deux périodes

Cette simulation de la configuration observée sur le terrain nous permet ainsi de confirmer que notre approche nous permet d'encadrer la « réalité » par sa gamme de variation (écart-type).

IV.5.5. Effets des événements pluvieux

Pour réaliser le diagnostic de l'effet des systèmes de culture sur le ruissellement et pour tester l'effet de leurs modifications, nous n'avons considéré que des événements pluvieux non orageux. Nous avons ainsi effectué les simulations dans les conditions d'un événement intense (quantité importante de pluies en peu de temps) sur sol humide et d'un événement peu intense (peu de pluies en beaucoup de temps) sur sol sec.

Un autre type de situation mérite d'être considéré, celui d'événements pluvieux orageux s'abattant sur les états de surface tels que nous les avons définis pour nos simulations. Pour cela nous avons simulé pour deux configurations, le ruissellement généré par un événement pluvieux catastrophique. L'événement pluvieux considéré ici est de 70mm de précipitations en 2h (Souchère *et al.*, 2005). Les volumes de ruissellement sont illustrés dans la Figure IV-17.

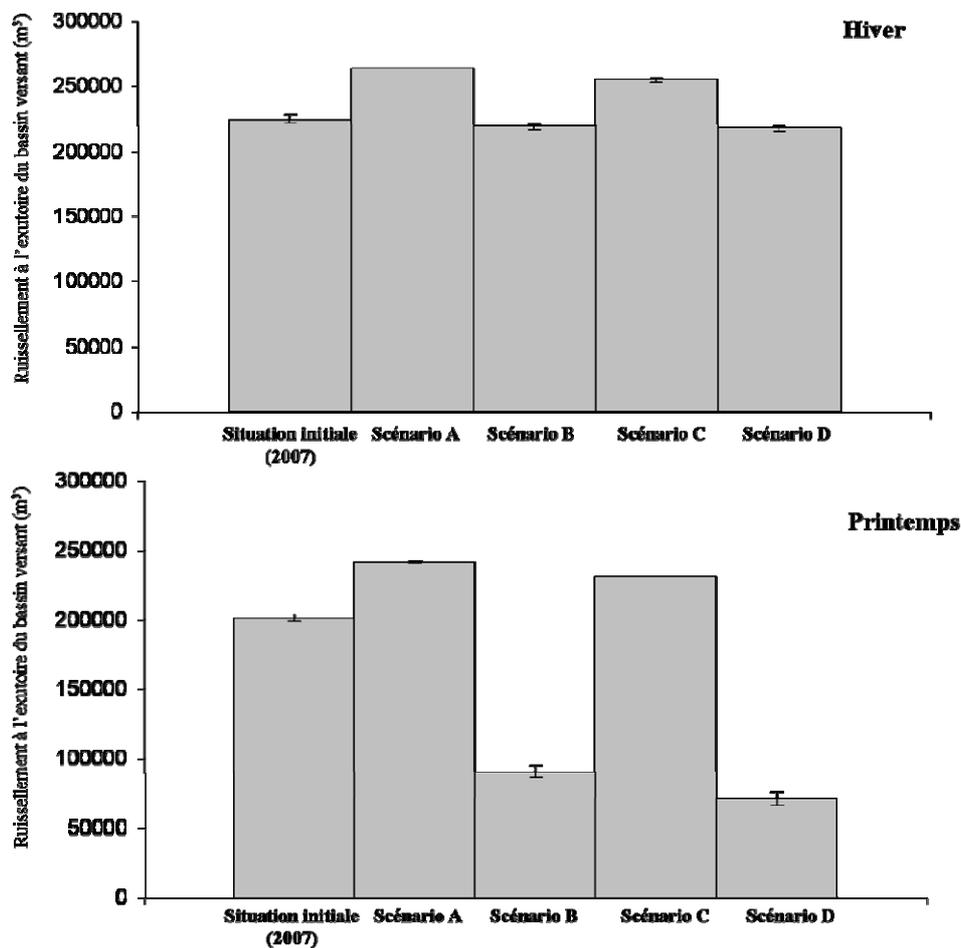


Figure IV-17: Ruissellement moyen à l'exutoire du bassin versant pour la situation initiale et les scénarios A, B, C et D pour un événement pluvieux catastrophique (70mm en 2h)

Ces moyennes de ruissellement sont calculées pour deux configurations simulées, nous ne pouvons donc pas comparer ces moyennes avec les moyennes obtenues pour les 50 configurations simulées, cependant ces résultats nous donnent certaines indications.

En comparant ces résultats avec ceux de la Figure III-19, nous observons que les tendances générales sont conservées ; les scénarios A et C engendrent plus de ruissellement que la situation initiale 2007 et les scénarios B et D permettent de réduire les volumes de ruissellement des scénarios A et C. Ainsi la mise en place de pratiques environnementales permet de réduire le ruissellement.

Cependant cette réduction est moindre avec ce type d'événement pluvieux. En effet, en hiver, nous observons que les niveaux de ruissellement ont tendance à se rapprocher entre les différentes situations.

Ainsi, un événement catastrophique a pour effet de « lisser » l'effet des scénarios. Cela nous amène à conclure que passé un certain seuil de précipitations, l'effet de l'occupation des sols devient négligeable, particulièrement en hiver. Dans de telles conditions climatiques, la présence d'aménagements hydrauliques s'avère nécessaire.

IV.5.6. Changement climatique

Etant donné l'horizon temporel de l'exercice prospectif réalisé (2015), nous avons choisi de ne pas tenir compte du changement climatique, notamment en termes de précipitations. Cependant, pour des exercices prospectifs à plus long terme, ce facteur devra être pris en compte. En effet, la température et les précipitations vont être amenées à évoluer sur l'estuaire de la Seine à l'horizon 2100 d'après deux expertises collectives sur les effets du changement climatique dans le contexte des changements globaux conduites sur l'estuaire de la Seine (Février et Mars 2010) (Laignel *et al.*, 2010).

Au niveau des températures, les scénarios de changement climatique dans le cadre du projet RExHySS³⁸ s'accordent sur une augmentation de la température atmosphérique dans le bassin de la Seine d'ici 2100 (de +1.5°C à 3°C en milieu de siècle et entre +2 et +4°C en fin de siècle). Ces scénarios soulignent aussi que la température atmosphérique régionale augmentera quelle que soit la saison, avec un réchauffement légèrement plus fort en été (Laignel *et al.*, 2010).

Au niveau des précipitations, le réchauffement climatique futur augmenterait les valeurs des précipitations d'hiver en premier lieu au détriment des précipitations d'été (Laignel *et al.*, 2010). Pour les régions situées au Nord et au Nord Ouest de la France, il demeure néanmoins de très grandes incertitudes : les modèles indiquent une diminution des précipitations annuelles et estivales, tandis qu'en hiver, suivant le modèle, on prévoit une diminution ou une augmentation. Si les précipitations ne montrent pas de tendance significative dans les données enregistrées, en revanche, celles-ci pourraient diminuer d'ici 2100 (-12% en moyenne dans le bassin de la Seine).

En résumé :

Les travaux de modélisation réalisés (projet RExHySS) ont abouti à proposer des hypothèses d'évolution des paramètres climatiques sur l'estuaire de la Seine à l'horizon 2100 :

- augmentation de la température atmosphérique de 2 à 4°C
- diminution des précipitations moyennes annuelles de -12%

(Bertolone *et al.*, 2010)

L'augmentation de la température et la diminution des précipitations auront une influence sur plusieurs facteurs déterminants pour les cultures. En effet, ces changements

³⁸ Impact du changement climatique sur les Ressources en eau et les Extrêmes Hydrologiques dans les bassins de la Seine et de la Somme

climatiques auront un impact significatif sur la durée des cycles de culture et l'élaboration des rendements, ainsi que sur les conditions de culture, voire leur relocalisation.

L'**occupation des sols** (cultures) va donc être amenée à évoluer. Ainsi, l'augmentation de la température constitue une opportunité pour pouvoir cultiver des espèces estivales, comme le maïs, le sorgho ou le tournesol, dans le nord de la France (Actes Climator, 2010).

De même, l'accélération des rythmes de croissance des plantes va entraîner des adaptations au niveau des **variétés** qui devront être adaptées. Par exemple, le maïs fourrage et maïs grain (variétés pas trop tardives) devront être semés le plus tôt possible pour éviter les stress hydriques de plein été (Actes Climator, 2010). En ce qui concerne les cultures printanières, le réchauffement risque de permettre d'effectuer des semences précoces. Pour les céréales d'hiver, le réchauffement climatique, repoussant l'arrivée du froid, pourrait permettre d'effectuer des semis plus tardives (Amphoux *et al.*, 2003).

D'autre part, de nouvelles **techniques de travail du sol** peuvent être mises au point (labour et déchaumage minimum, préparation du sol simplifiée afin de mieux conserver l'état d'humidité et de ne pas rompre les remontées capillaires possibles, recours à des cultures intermédiaires (légumineuses)...) pour parer aux restrictions éventuelles de disponibilité en eau (Amphoux *et al.*, 2003, Actes Climator, 2010).

Ces changements pourraient ainsi avoir des répercussions sur le phénomène d'érosion hydrique. L'apparition de nouvelles cultures telles que le tournesol ou le sorgho impliquerait l'acquisition de nouvelles références sur les états de surface générés par ces cultures. Des semis plus précoces des cultures de printemps permettraient de couvrir les sols durant l'hiver et donc de limiter le ruissellement à cette période particulièrement à risque. Du côté de l'adaptation des techniques culturales (travail du sol simplifié, cultures intermédiaires), il semble que celles-ci soient favorables à une limitation des problèmes.

Avec une augmentation des températures, les couverts végétaux se développeraient plus rapidement en hiver, permettant ainsi une couverture plus rapide du sol et donc un moindre risque de ruissellement en hiver. De plus, si les précipitations tendent à diminuer les risques pourraient être d'autant plus réduits.

IV.5.7. L'utilisation de deux modèles : STREAM et DIAR

L'utilisation conjointe de ces deux modèles constitue une piste intéressante pour avoir une vision dans le temps et dans l'espace de l'effet des systèmes de culture sur le ruissellement. Le modèle STREAM permet de montrer comment les scénarios se traduisent en termes de risque de ruissellement au niveau local (augmentation ou réduction du risque). Par exemple, le scénario A conduit à une augmentation du risque et le scénario B à une diminution du risque. Quant au modèle DIAR, il permet de mettre en évidence que ces orientations sont visibles dès le niveau de la pression de ruissellement et de différencier l'évolution du risque de ruissellement en fonction du type d'exploitation.

IV.5.7.1. Des approches et des résultats complémentaires

Les résultats obtenus par chacun des modèles se renforcent mutuellement.

En effet, concernant le rôle des prairies par exemple, l'effet négatif d'une disparition des prairies se retrouve de la même manière à l'échelle du bassin versant (STREAM) que pour les différents types d'exploitations (DIAR). D'autre part, toujours concernant les surfaces en prairies, nous observons dans les résultats des deux modèles une diminution de la variabilité du ruissellement permise par les prairies, dans les deux études nous observons ainsi qu'une diminution de la surface en prairies augmente la variabilité du ruissellement.

Cependant, toutes les exploitations ne sont pas aussi sensibles les unes que les autres à un même scénario ce que permet de révéler le modèle DIAR.

Le modèle DIAR permet également de compléter l'évaluation des scénarios réalisée à l'aide du modèle STREAM à une date donnée par l'évaluation de ces scénarios sur une année culturale complète. Ces résultats nous permettent de préciser que les tendances observées en Décembre et Mai avec STREAM ne sont pas forcément observées tout au long de l'année. En effet, DIAR indique que pour certaines décades des mois d'Août et Septembre, le scénario A n'engendre pas plus de ruissellement que la situation initiale. De la même manière, la tendance observée avec STREAM selon laquelle le scénario B permet une diminution du ruissellement par rapport à 2007 ne s'observe avec DIAR que pour les mois de Juillet, Novembre, Décembre, Janvier, Février et pour une décade en Octobre. Rappelons cependant que ces résultats sont à prendre avec recul car les simulations obtenues avec le modèle DIAR concernent l'ensemble des territoires des exploitations.

IV.5.7.2. Efficacité d'une mise en place des pratiques alternatives

D'après les résultats obtenus avec les simulations à l'échelle du bassin versant et le modèle STREAM, il apparaît que la mise en place de pratiques environnementales (scénario B) permet de réduire considérablement le ruissellement à l'exutoire, au-delà des valeurs initiales (2007). Il apparaît ainsi que la mise en place de ces pratiques permettrait de compenser la diminution des surfaces en prairies, voire davantage. A l'échelle des exploitations agricoles avec le modèle DIAR, nous avons cependant observé que cela n'était pas réalisable pour tous les types d'exploitations. Ainsi, pour les exploitations présentant des surfaces en prairies relativement élevées en 2007 (Type 3 et 4), la mise en place de pratiques environnementales ne permettait pas de ramener les niveaux de ruissellement au niveau initial (2007) avant la disparition de certaines prairies.

Pour conclure, DIAR et STREAM peuvent être utilisés en synergie pour repérer les éléments des systèmes de culture à traiter en priorité (effets des prairies). Dans l'optique de nourrir la décision publique, il faudrait aller au-delà pour voir comment arriver à maintenir ces surfaces. Des pistes ont été initiées dans le cadre du programme RDT2 avec des pratiques d'élevage telles que l'introduction d'herbe en rotation et de féverole dans les élevages laitiers qui permet une diminution de 27% de la pression de ruissellement ou encore le séchage en grange (baisse de 60% du ruissellement) (Martin *et al.*, 2009). DIAR peut permettre de repérer à moindre coût des zones (proportion d'un certain type d'exploitations) où le risque de ruissellement peut être élevé, ce repérage de ces zones peut ensuite être étayé au niveau local avec le modèle STREAM. Cependant, il est important de rappeler que nous ne pouvons pas directement comparer les résultats obtenus avec les deux modèles (STREAM et DIAR). En effet, STREAM est un modèle spatialisé qui ne permet pas d'isoler l'effet des exploitations ou des systèmes de culture alors que DIAR se concentre sur ces effets mais ne tient pas compte des relations spatiales entre parcelles. Ensuite, en fonction des données d'entrée spécifiques de chaque modèle, nous avons adapté la déclinaison des microscénarios (par exemple, nous n'avons pas pu rendre compte des micro-barrages sur pomme de terre dans STREAM, ou des fourrières enherbées dans DIAR).

IV.5.8. Caractère générique des résultats trouvés sur Saussay

Concernant le site d'étude (bassin versant du Saussay), à l'échelle du bassin versant, les résultats en termes de ruissellement obtenus sur le bassin versant du Saussay sont spécifiques à ce bassin. En effet, ce bassin versant est caractérisé par une répartition des différentes occupations du sol (61,3% de terres labourables (dont 27% de prairies

permanentes), 9% urbanisation, 2% bois), ainsi que par la localisation de ces occupations. Il apparaît ainsi difficile de trouver un autre bassin versant présentant les mêmes caractéristiques. Les résultats obtenus avec ce bassin versant sont donc propres à ses caractéristiques. Ainsi, nos résultats sont donc à resituer pour ce bassin versant spécifique. Ainsi, à l'échelle du bassin versant nous avons observé que dans les scénarios mettant en place des pratiques alternatives (scénario B et D), la mise en place de ces pratiques permettaient de compenser l'augmentation de ruissellement engendré par la diminution des surfaces en prairies (10,3% pour le scénario A et 15,1% pour le scénario B alors que la surface de celles-ci représente 24,9% en 2007). Nous pouvons nous demander si la mise en place de ces pratiques est effective parce qu'il reste un pourcentage de prairies non négligeable dans les scénarios A et B. Dans le cas d'un bassin versant où moins de prairies résiduelles seraient présentes, peut être que la mise en place de pratiques alternatives ne serait pas suffisante pour compenser la diminution des surfaces en prairies (exemple d'un bassin versant de la frange littorale). Cependant, nous avons évalué le ruissellement de chaque situation pour 50 configurations, ce qui nous fournit une gamme statistique non négligeable et nous donne une indication des conséquences induites pour un bassin versant du type de celui du Saussay. En ce qui concerne les résultats obtenus à l'échelle de l'exploitation, ils peuvent avoir une valeur générique au travers des types d'exploitations considérés à condition qu'on les retrouve ailleurs dans le Pays de Caux

En termes méthodologiques, la démarche mise en place et la déclinaison des scénarios est reproductible sur d'autres bassins versants. Cependant, pour gagner en généralité certaines règles mériteraient d'être plus systématisées pour être applicables à n'importe quel autre bassin versant. Par exemple, pour choisir les parcelles à urbaniser nous aurions pu avoir recours à des règles de décision basées sur des critères (périmètre autour des bourgs...) qui aurait pu être obtenues par exemple en enquêtant les maires des communes.

IV.6. Réalités spatiales et temporelles

IV.6.1. Choix du site d'étude : le bassin versant du Saussay: un cas d'étude typique du sud du Pays de Caux

Le bassin versant du Saussay a été choisi car il représentait une relative diversité de systèmes de production. Comme présenté précédemment, l'étude de Klein et Meunier (2007) a permis de structurer le territoire du Pays de Caux en 4 zones différenciées par une dynamique propre d'occupation de l'espace agricole.

Nous pouvons alors nous demander quelles pourraient être les conséquences en termes de ruissellement des mêmes scénarios mais pour des zones et bassins versants différents, notamment ceux présentant des systèmes de production différents. En effet, les conséquences locales des scénarios risquent d'être différentes selon l'importance respective des types de systèmes de production (élevage/cultures) présents sur le bassin versant. Ainsi, nous pourrions imaginer simuler les conséquences d'un microscénario (microscénario 3.1.) qui suggère une réintroduction de l'élevage sur un bassin versant où il y a peu d'élevage.

A titre d'exemple le bassin versant de la Chapelle sur Dun, situé dans la zone 2 (Syndicat de bassin versant de Veules-Dun), est typique de la bordure littorale dominée par la grande culture et un élevage résiduel. Le bassin du Saussay plus au sud, à l'intérieur des terres, correspond à une zone où l'élevage bovin reste encore bien implanté. Les parcelles des exploitants bassin versant de la Chapelle sur Dun sont illustrés en Annexe 9.

Plus généralement, les conséquences en termes de ruissellement érosif des scénarios globaux à l'échelle des bassins versants sont très dépendantes des systèmes de production

présents sur le bassin versant et de leur localisation. Le Pays de Caux est une région agricole qui comprend une diversité d'exploitations que l'on retrouve en proportion variable d'un point à l'autre de la région.

IV.6.2. Sur quel scénario est-on engagé depuis 2007 ?

Depuis 2007, le contexte a déjà commencé à évoluer et certaines évolutions se font pressentir. En effet, en 2009 a eu lieu le Bilan de Santé de la PAC. Dans le cadre de ce Bilan des décisions ont été prises (le détail des décisions est présenté en Annexe 10).

Ainsi, au regard de ces évolutions, il semblerait que le contexte s'oriente ainsi vers le scénario D (suppression des quotas laitiers, suppression de la jachère, découplage des aides, et obligation d'implantation des cultures intermédiaires) que nous avons évalué. Cependant, contrairement au scénario D qui permettait un retournement des prairies, à partir de 2011 (année de référence=déclaration 2010), la surface globale de pâturages permanents devra être maintenue.

IV.6.3. Des pistes de réflexion pour la décision publique locale

Dans notre étude nous avons pu évaluer quatre principaux scénarios qui permettent d'évaluer deux grandes tendances de l'évolution de l'élevage laitier : la disparition de l'élevage laitier et l'intensification/spécialisation de ces mêmes élevages. Ces deux grandes orientations sont étudiées dans un contexte de relâchement des contraintes environnementales et dans un contexte de restrictions beaucoup plus strictes.

Nous avons observé qu'une disparition comme une intensification de l'élevage laitier, entraîneraient notamment une diminution des surfaces en prairies. La diminution de ces surfaces pourrait cependant être compensée par la mise en place de pratiques telles que les fourrières enherbées, les cultures intermédiaires, un travail du sol alternatif ...

Dans l'optique d'une aide à la décision publique, cela permet de dire que des évolutions des systèmes de production induites par des orientations politiques à plus grande échelle (PAC, industries agro-alimentaires..) pourraient peut être ne pas être empêchées à l'échelle locale, mais qu'il serait possible de contrebalancer ces orientations par des actions plus locales (agriculteurs, Syndicats..). Comme l'a montré l'évaluation des scénarios B et D, en mettant en place certaines pratiques, les effets néfastes d'une disparition des prairies peuvent être contrecarrés. Cependant, la mise en place de ces pratiques et changements techniques présente un coût pour l'agriculteur (si elles sont rendues obligatoires) ou les collectivités locales (si des aides sont accordées). Par exemple, Michau et Bourgain (2005) ont estimé le coût d'implantation des cultures intermédiaires en fonction des modalités pratiques de mise en œuvre de techniques préconisées. Celui-ci varie de 20€ par hectare pour un couvert de moutarde selon une hypothèse technique basse (itinéraire dit extensif) à environ 110€ par hectare pour une phacélie selon une hypothèse haute (itinéraire dit intensif), en considérant le travail.

Cependant, il est important de souligner qu'étant donné le temps imparti dans le cadre de ce travail, nous n'avons malheureusement pas pu présenter le résultat des scénarios et de leur évaluation au groupe d'acteurs impliqués dans la démarche. Il nous apparaît alors difficile de discuter de la manière dont l'outil et les résultats présentés pourraient être pris en charge par les différentes structures locales. Cependant, nous pouvons faire comme hypothèse que l'avantage de la méthode prospective utilisée permette de remonter la chaîne d'hypothèses qui aboutissent à un microscénario et/ou scénario global provoquant des conséquences néfastes en termes de ruissellement érosif et ainsi d'identifier les déterminants/causes de conséquences négatives. Ce travail peut alors permettre de faire évoluer leur appréhension de leur territoire.

De plus, nous avons vu que pour une même situation, c'est-à-dire un assolement dans un contexte donné, il existe une variabilité de ruissellement à l'exutoire du bassin versant. Il existe donc une possibilité de réduire le ruissellement de manière importante à l'échelle du bassin versant en modifiant la localisation spatiale des cultures sur le territoire d'exploitation. Ce résultat « milite » pour la mise en place d'actions telles que les assolements concertés entre plusieurs agriculteurs dans un même bassin versant. Cependant, la mise en place d'une concertation des assolements reste conditionnée par la disponibilité des agriculteurs pour se réunir ainsi que l'avancement de leur réflexion sur leurs assolements de l'année suivante à ce même moment (Silvestre, 2004, Dury *et al.*, 2010).

De plus, modifier l'organisation spatiale des systèmes de culture est intéressant car il n'est pas limité par des conditions climatiques défavorables, contrairement à la mise en œuvre d'une modification des itinéraires techniques (sauf dans le cas du non labour). La mise en place des cultures intermédiaires par exemple peut être dépendante des conditions climatiques. De plus, un changement des itinéraires techniques génère un coût pour l'agriculteur (lié à l'achat de matériel spécifique si l'agriculteur ne le possède pas, à l'achat de semences de moutarde, à l'usure du matériel et au gazole consommé). Cependant, la concertation entre agriculteurs comporte un coût d'animation et demande de bien comprendre quand et comment les agriculteurs prennent leurs décisions pour qu'il y ait une réelle concertation.

IV.7. D'autres processus environnementaux impactés par les évolutions des systèmes de culture

Dans notre étude, nous avons évalué les évolutions des systèmes de culture en termes de ruissellement érosif. Cependant, d'autres processus environnementaux/écologiques peuvent également être impactés par ces changements. Ces modifications de systèmes de culture peuvent causer des dégradations environnementales si nous considérons d'autres processus écologiques.

Erosion linéaire et diffuse

Tout d'abord nous nous sommes intéressés uniquement au ruissellement, or certaines modifications induites par les scénarios, telles que l'accroissement des capacités d'infiltration par les pratiques par exemple, peuvent entraîner une augmentation de l'érosion linéaire dans les parcelles concernées par les modifications si le ruissellement y est concentré.

Concernant l'érosion diffuse, Joannon (2004) avait mis en évidence que les configurations les moins ruisselantes ne sont pas forcément les moins érosives. Il peut donc y avoir un effet antagoniste entre le ruissellement et l'érosion diffuse qui réside dans la position des surfaces infiltrantes dans le bassin versant. Ainsi, plus les surfaces infiltrantes sont à l'amont, moins elles sont efficaces pour réduire le ruissellement, cependant les dépôts de terre provenant de ces parcelles peuvent se déposer davantage au sein du bassin et ne pas atteindre l'exutoire. Une telle configuration est donc potentiellement plus ruisselante mais présente des dépôts de terre par érosion diffuse plus faibles. De plus, si les parcelles infiltrantes sont localisées préférentiellement à l'aval du bassin versant, les effets sont alors inversés, les dépôts de terre atteignant rapidement l'exutoire (Joannon, 2004). Il est alors nécessaire d'entreprendre une gestion intégrée du phénomène qui tienne compte d'actions menées à la fois au niveau des talwegs (protection des talwegs) et de l'impluvium.

Pollution azotée

De la même manière, l'évolution des systèmes de culture peuvent avoir un impact également sur la pollution azotée. De ce point de vue, l'implantation de moutarde est

intéressante : elle permet de réduire le ruissellement et limite également les pertes d'azote ainsi que l'érosion diffuse. Les bandes enherbées permettent également de piéger l'azote et les produits phytosanitaires. Similairement, le développement des légumineuses telles que le pois ou la féverole, qui restituent de l'azote au sol grâce aux nodosités sur leurs racines, laissent dans le sol un reliquat d'azote.

Produits phytosanitaires

La pratique des Cultures Intermédiaires Pièges A Nitrates (CIPAN) implique dans de nombreux cas l'utilisation de glyphosate (destruction) avec les inconvénients environnementaux tels que des risques de pollution des eaux de surface. Toutefois, dans une étude conduite sur la recherche de glyphosate dans les eaux de ruissellement de Haute-Normandie (bassin versant de Bourville), en fonction du mode de gestion de l'interculture, il a été montré que le développement des cultures intermédiaires sur un territoire donné ne s'accompagne pas nécessairement d'une augmentation de l'utilisation de glyphosate (Richet et Ouvry, 2005).

Conclusion et perspectives

Rappel de l'objectif et de la démarche

L'organisation spatiale des modes d'occupation des sols et des structures paysagères, issue des dynamiques des activités agricoles a une influence forte sur la dynamique des processus écologiques. Partant de ce constat, l'évaluation de ces modes d'occupation des sols nécessite la prise en compte des dynamiques des activités agricoles à travers les systèmes de cultures mis en place par les exploitants.

Les déterminants de l'occupation du sol et des pratiques agricoles évoluent en fonction des changements socio-économiques locaux (échanges de parcelles, ventes d'exploitation) ou globaux (nouvelles réglementations, modification des équilibres économiques).

Dans ces conditions, l'objectif de cette thèse était de proposer une méthodologie d'évaluation environnementale de ces modes d'occupation des sols dans un contexte de changements.

Pour cela nous avons considéré le cas du ruissellement érosif dans les plaines loessiques du nord de l'Europe, et nous avons pris, en exemple, le Pays de Caux (cas du bassin versant du Saussay). La démarche d'analyse a été la suivante :

- élaboration de scénarios prospectifs sur l'évolution de ces modes d'occupation des sols à l'échelle du département de la Seine-Maritime
- évaluation des conséquences de ces scénarios sur le ruissellement érosif au niveau du bassin versant et de l'exploitation agricole

Notre étude a visé ainsi à aborder les conséquences sur un processus écologique (i.e. le ruissellement érosif) de l'évolution du contexte socio-économique et politique à travers une approche prospective. Pour rendre compte des conséquences de l'évolution de ce contexte sur le phénomène de ruissellement érosif, les scénarios issus de l'approche prospective ont été déclinés en considérant les agriculteurs et leurs territoires d'exploitation présents au sein de l'espace écologique pertinent (i.e. le bassin versant).

En effet, comme nous l'avons évoqué précédemment un élément important des liens entre activité agricole et conséquences environnementales tient à la manière dont les agriculteurs font leur choix de cultures et les organisent dans le temps et l'espace de leur territoire d'exploitation (e.g. Maxime et *al.* (1995)).

Dans ce but, nous avons choisi d'effectuer un couplage entre récits et modèles, les seconds permettant de quantifier les tendances de certaines variables. Ainsi, les scénarios élaborés ont été dans un premier temps déclinés au niveau des exploitations pour ensuite être évalués en termes de ruissellement érosif. Cette évaluation a été réalisée à deux échelles. D'une part à l'échelle du petit bassin versant agricole (modèle STREAM, Cerdan, 2001 ; Cerdan et *al.*, 2002b) qui intègre les évolutions des territoires d'exploitation présents mais également hors de ces territoires (tel que l'urbanisation). D'autre part, à l'échelle de l'exploitation agricole (modèle DIAR, Martin et *al.*, 2010), pour analyser l'effet différencié de chaque type d'exploitation sur le phénomène indépendamment de la configuration spatiale du bassin versant et dans l'optique d'orienter des politiques de conseil au niveau départemental ou de la petite région agricole.

Principaux résultats

La mise en œuvre de la démarche prospective nous a permis de définir des scénarios d'évolution de l'utilisation des sols à l'horizon 2015. L'application de la méthode SYSPHAMM nous a permis dans un premier temps d'obtenir 14 microscénarios issus de 3

familles distinctes de microscénarios. Parmi ces microscénarios, certains ont retenu l'attention des partenaires locaux, ce qui nous a permis d'orienter nos choix dans l'agrégation des microscénarios issus de chaque famille pour obtenir des scénarios globaux. Ce sont ces scénarios globaux qui ont ensuite été évalué pour leurs conséquences environnementales.

Nous avons ainsi évalué ces scénarios globaux en les déclinant au niveau des exploitations d'un petit bassin versant du Pays de Caux (Saussay). Cette déclinaison nous a permis d'obtenir les paramètres d'entrée des modèles biophysiques permettant ainsi l'évaluation des variations de ruissellement que ces scénarios pouvaient générer par rapport à la situation actuelle.

La méthode mise en place pour évaluer et comparer les impacts environnementaux des agrosystèmes a nécessité des simulations de plusieurs configurations pour que la comparaison entre systèmes soit réalisée sur une période stable.

Lors de l'évaluation en termes de ruissellement à l'échelle du bassin versant de chaque scénario, nous avons observé trois grandes tendances:

- ❖ Indépendamment de l'événement pluvieux, les tendances en termes de volume de ruissellement à l'exutoire sont les mêmes pour les différents scénarios : le ruissellement augmente pour les scénarios où les exploitations laitières disparaissent ou se spécialisent et diminue pour ces mêmes scénarios lorsque des contraintes environnementales sont établies, par rapport à la situation initiale.
- ❖ Les volumes moyens de ruissellement à l'exutoire, au printemps, sont toujours inférieurs à ceux simulés en hiver, ceci en raison de la plus grande capacité d'infiltration des parcelles : couvert végétal des cultures d'hiver développé et états de surface des semis des cultures de printemps non dégradés.
- ❖ Les volumes moyens de ruissellement à l'exutoire, lors d'un événement pluvieux intense, sont toujours supérieurs à ceux simulés pour un événement pluvieux modéré.

L'évaluation de la pression de ruissellement de ces scénarios au niveau des exploitations agricoles nous a permis d'observer que ces pressions diffèrent selon les types d'exploitation et la période de l'année. Cette approche nous a également permis de mettre en évidence le rôle important des prairies dans la limitation du ruissellement mais également dans sa variabilité.

Nous avons ainsi montré qu'un scénario dans lequel l'élevage laitier disparaît en faveur des grandes cultures dans un contexte d'exode rural conduisait à une très forte augmentation des ruissellements en automne et au printemps. Le rôle des politiques locales pour contrer ces évolutions défavorables est alors essentiel si on ne veut pas connaître une crise érosive du type de celle que le Pays de Caux a connue à la fin des années 90.

Cependant, certaines limites sont à souligner :

- lors de la recherche des allocations de cultures aux parcelles au niveau de l'exploitation, nous n'avons pas trié les allocations pour ne garder que celles qui se distinguent. Une amélioration de la méthode pourrait ainsi consister à développer un outil informatique qui permette de trier les sorties du modèle LandSFACTS pour ne garder que les allocations distinctes et ainsi estimer au plus près la variabilité engendrée par ces allocations.
- les modifications des systèmes de culture testés sont susceptibles d'avoir des conséquences sur d'autres processus écologiques au sein du bassin versant ; nous ne les avons pas évalués.

Perspectives

Dans le cadre de notre étude, nous avons évalué en termes de ruissellement quatre scénarios globaux. Cependant, la démarche prospective a permis de produire une large gamme de scénarios dont seuls certains ont fait l'objet d'une évaluation environnementale. Nous disposons donc d'un support de travail important pour d'autres études. Il serait en effet intéressant d'évaluer des microscénarios portant notamment sur le développement de l'agriculture biologique par exemple, pour lesquels de nouvelles références devront être acquises pour paramétrer les modèles utilisés.

Ce travail présente une première tentative d'évaluation environnementale d'agrosystèmes par le couplage de paysages agricoles virtuels avec des modèles dynamiques et spatialisés. Une ressource, l'eau, a été suivie par des modèles axés sur le critère de l'occupation du sol. L'intégration de nouvelles ressources dans l'évaluation environnementale, soulève des questions de recherche supplémentaires concernant la création des paysages virtuels, dans la méthodologie d'évaluation et dans les choix réalisés dans ce travail. Une démarche d'évaluation intégrée suppose l'intégration de ressources et d'indicateurs supplémentaires. Sans chercher l'exhaustivité, nous pouvons évoquer en particulier : l'érosion des sols, le transfert d'autres substances vers les sols et l'eau (pesticides, métaux lourds, carbone organique dissous), les émissions de gaz toxiques à effet de serre, les impacts sur la biodiversité, les flux de pathogènes liés aux effluents, etc. Répondre à ces perspectives nécessite de considérer d'une façon plus systématique l'utilisation de résolutions spatiales et temporelles variables en fonction des objets et des processus à simuler. Ces ouvertures nous permettront d'envisager comment les apports de ce travail pourraient contribuer à l'évaluation de la durabilité des agrosystèmes.

Pour résumé, l'originalité du travail réside dans le couplage entre des scénarios établis à l'échelle du département (Seine-Maritime) et des modèles biotechniques dont l'échelle d'analyse se situe à des échelles plus fines telles que le bassin versant et l'exploitation agricole. La démarche ici établie fait ainsi appel à des méthodes et outils fonctionnant à des échelles distinctes. Les scénarios sont construits à l'échelle du département, le modèle STREAM vise à évaluer le ruissellement à l'échelle du bassin versant et le modèle DIAR est utilisé à l'échelle des exploitations agricoles.

Ce travail thèse s'inscrit dans l'effort théorique entrepris depuis plusieurs années par les agronomes pour appliquer une approche systémique intégrant différentes échelles spatiales –parcelle, exploitation, territoire– pour traiter de problèmes complexes relatifs aux conséquences environnementales des pratiques agricoles. L'originalité de la démarche proposée ici est d'ancrer cette articulation sur un croisement de modèles (biophysiques), avec l'élaboration de scénarios pour appréhender les évolutions envisageables aux différentes échelles spatiales et temporelles considérées et leurs conséquences en matière d'impact environnemental.

Cette logique interdisciplinaire est reconnue de plus en plus unanimement comme une condition de l'appropriation des connaissances que produit la recherche par les acteurs en situation de prise de décision.

Références bibliographiques

- Actes du Colloque Climator**, INRA 17-18 juin 2010, Versailles, Présentation des méthodes et des résultats du projet CLIMATOR, 74 pages.
- Alcamo, J., 2001.** Scenarios as tools for international environmental assessments. 24, 1-31. European Environment Agency. Environmental issue report.
- Alcamo, J., 2008.** Towards guidelines for environmental scenario analysis. In: Alcamo J. (Eds.), Environmental Futures. The practice of environmental scenario analysis. Elsevier, Oxford, pp. 13-35.
- Alcamo, J., 2009.** Environmental futures: the practice of environmental scenario analysis. Elsevier Editions.
- Alcaras, J.R., Lacroux, F., 1999.** Planifier, c'est s'adapter. Economies et sociétés, Série Science de gestion, 26-27 : 6-7, p. 7-37
- Al-Durrah, M.M., Bradford, J.M., 1982.** The mechanism of raindrop splash on soil surfaces. Soil Science Society of America Journal, 46: 836-840.
- Amphoux, M., Jaouen, G., L'Hopital, A., Pelletier V., 2003.** Les impacts du changement climatique sur l'agriculture en Europe et aux Etats-Unis, Atelier Changement Climatique ENPC-Département VET, Année universitaire 2002-2003 (http://www.enpc.fr/fr/formations/ecole_virt/trav-eleves/cc/cc0203/agri/rapport2.htm).
- Angers, D.A., Mehuis, G.R., 1989.** Effects of cropping on carbohydrate content and water stable aggregation of a clay soil. Canadian, Journal of Soil Science, 69: 373-380.
- Agence Régionale de l'Environnement de Haute-Normandie.** <http://www.arehn.asso.fr/>
- AREAS,** <http://www.areas.asso.fr/>
- Aubry, C., 2007.** La gestion Technique des exploitations agricoles, Composante de la théorie Agronomique, Mémoire d'Habilitation à diriger des Recherches, Institut National Polytechnique de Toulouse, 101 pages.
- Audsley, E., Pearn, K.R., Simota, C., Cojocar, G., Koutsidou, E., Rounsevell, M.D.A., Trnka, M., Alexandrov, V., 2006.** What can scenario modelling tell us about future European scale agricultural land use, and what not? Environmental Science and Policy, 9, 148-162.
- Auzet, A-V, 1987.** L'érosion des sols par l'eau dans les régions de grande culture : aspects agronomiques. Ministère de l'environnement-Ministère de l'agriculture, CEREG-URA 95 CNRS, 60pages.
- Auzet, A.V., 1988.** Erosion des terres agricoles et aménagement foncier dans le Pays de Caux. Ministère de l'environnement, Ministère de l'Agriculture. 29p.
- Auzet A.V., 1990.** L'érosion des sols par l'eau dans les régions de grande culture : aspects aménagements. Min. Env. Centre d'Etudes et de Recherches Eco-Géographiques. 39p.
- Auzet, A.V., Boiffin, J., Papy, F., Maucorps, J., Ouvry, J.F., 1990.** An approach of erosion forms and erosion risk on agricultural land in the northern Paris basin, France. In: Boardman, J., Foster, I.D.L., Dearing, J.A. (Eds.), Soil Erosion on Agricultural Land. Wiley, New York, pp. 383-400.
- Auzet, A.V., Boiffin, J., Ludwig, B., 1995.** Concentrated flow erosion in cultivated catchments: Influence of soil surface state. Earth Surface Processes and Landforms 20, 759-767.
- Avnimelech, Y., McHenry, J.R. 1984.** Enrichment of transported sediments with organic carbon, nutrients and clay. Soil Science Society of America Journal, 48: 259-266.

- Baker, J.P., Hulse, D.W., Gregory, S.V., White, D., Van Stickle, J., Berger, P.A., Dole, D., Schumaker, N.A., 2004.** Alternative futures for the Willamette river basin, Oregon, *Ecological Application*, vol. 14, n°2, pp. 313-324.
- Bakker, K., Downing, T., Garrido, A., Giansante, C., Iglesias, E., Moral, L. d., Pedregal, B., Riesco, P., 1999.** Societal and institutional responses to climate change and climatic hazards: Managing changing flood and drought risk. A framework for institutional analysis. SIRCH Working Paper, University of Oxford, Oxford, UK.
- Banuls, V.A., Salmeron, J.L., 2007.** A Scenario-Based Assessment Model-SBAM. *Technological Forecasting & Social Change*, Vol. 74, 750-762
- Barreteau, O., Bousquet, F., Millier, C., Weber, J., 2004.** Suitability of Multi-Agent Simulations to study irrigated systems viability : application to case studies in the Senegal River Valley, *Agricultural Systems*, 80, 255-275.
- Barriuso, E., Calvet, R., Cure, B., 1991.** Incidence de la simplification du travail du sol sur le comportement des produits phytosanitaires : conséquences sur les risques de pollution. In *Simplification du travail du sol*, Paris (France), 16 mai 1991. Ed INRA, Paris 1994 (les Colloques, n°65) pp. 105-124.
- Baudry, J., Burel, F., Aviron, S., Martin, M., Ouin, A., Pain, G., Thenail, C., 2003.** Temporal variability of connectivity in agricultural landscape: do farming activities helps? *Landscape Ecology*, vol. 18, n°3, p. 303-314.
- Bazzoffi, P., 2009.** Soil erosion tolerance and water runoff control: minimum environmental standards. *Regional Environmental Change*, 9:169-179.
- Beasley, D.B., Huggins, L.F., Monke, E.J., 1980.** ANSWERS: a model for watershed planning. *Transactions of ASAE*, 23 (4), 938-944.
- Beighley, R.E., Melack, J.M., Dunne, T., 2003.** Impacts of California's climatic regimes and coastal land use change on streamflow characteristics. *Journal of the American Water Resources Association* 29, 1419-1433.
- Benoit, M., Deffontaines, J.P., Gras, F., Bienaime, E., Riela-Cosserat, R., 1998.** Agriculture and water quality : an interdisciplinary approach to nitrate pollution in a catchment basin. *Cahiers Agricultures*, Vol. 6, 97-105.
- Bertolone, C., Laignel, B., Massei, N., Bodilis, J., Ducharne, A., Laverman, A., Etcheber, H., Rochard, E., Ducrotoy, J.P., Souissi, S., Morel, F., Cornier, T., Briand, A., Deldreuve, V., Flanquart, H., Alain, S., Treyer, S., Bacq, N., 2010.** Les effets du changement climatique dans le contexte des changements globaux. *Expertise collective sur l'estuaire de la Seine*, Synthèse pluridisciplinaire, Mars 2010, 57p.
- Beven, K., Kirby, M., 1979.** A physically-based variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrologic Science Bulletin*, 24, 43-69.
- Bielders, C.L., Ramelot, C., Persoons, E., 2003.** Farmer perception of runoff and erosion and extent of flooding in the silt-loam belt of the Belgian Walloon region. *Environmental Science and Policy* 6 (1), 85-93.
- Boardman, J., 1993.** The sensitivity of downland arable land to erosion by water. *Landscape sensitivity*, 211-228.
- Boardman, J., Ligneau, L., de Roo, A.D., Vandaele, K., 1994.** Flooding of property by runoff from agricultural land in northwestern Europe. *Geomorphology*, 10, 183-196.
- Boardman, J., Evans, R., Ford, J., 2003.** Muddy floods on the South Downs, southern England: problem and responses. *Environmental Science and Policy*, 6, 69-83.
- Boardman, J., Poesen, J., 2006.** *Soil Erosion in Europe*. Edited by J. Boardman and J. Poesen, John Wiley and Son, Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, England, 841pp.

- Boardman, J., 2006.** Soil erosion science: Reflections on the limitations of current approaches. *Catena* 68, 73-86.
- Boellstorff, D., Benito, G., 2005.** Impacts of set-aside policy on the risk of soil erosion in central Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 107, 231-243.
- Boiffin, J., 1984.** La dégradation structurale des couches superficielles du sol sous l'action des pluies. Thèse de docteur-ingénieur « sciences agronomiques » INA Paris Grignon. 320 pages + annexes.
- Boiffin, J., Monnier, G., 1985.** Infiltration rate as affected by soil surface crusting caused by rainfall. *International Symposium on the Assessment of Soil Surface Sealing and Crusting*, Ghent, Belgium, pp. 210-217.
- Boiffin, J., Papy, F., Peyre, Y., 1986.** Systèmes de production, systèmes de culture et risques d'érosion dans le Pays de Caux. Rapport DIAME-INRA-INAPG, 154p.
- Boiffin, J., Papy F., 1988.** Prévision et maîtrise de l'érosion I : influence des systèmes de cultures. in *Perspectives Agricoles*, Février 1988, n°122, p 93-98.
- Boiffin, J., Papy, F., Eimberck, M., 1988.** Influence of cropping systems on concentrated flow erosion risks. 1. Analysis of the conditions for initiating erosion. *Agronomie* 8, 663-673.
- Boiffin, J., Monnier, G., 1994.** Suppression du labour et érosion hydrique dans le contexte agricole français : bilan et possibilité d'application des références disponibles. In *Simplification du travail du sol*, INRA, les colloques 65, Paris, pp 85-103.
- Bormann, H., Diekkrüger, B., Hauschild, M., 1999.** Impacts of Landscape Management on the Hydrological Behaviour of Small Agricultural Catchments. *Physics and Chemistry of the Earth (B)*, Vol. 24, No.4, pp. 291-296.
- Bouma, J., Droogers, P., 2007.** Translating soil science into environmental policy: A case study on implementing the EU soil protection strategy in The Netherlands, *Environmental Science and Policy*, 10, 454-463.
- Bousquet, F., Barreteau, O., d'Aquino, P., Etienne, M., Boissau, S., Aubert, S., Le Page, C., Babin, D., Castella, J.C., 2002.** Multi-agent systems and role games: collective learning processes for ecosystem management. *Complexity and Ecosystem Management*, 248-285.
- Bousquet F., G. Trébuil et B. Hardy (Eds). 2005.** Companion modeling and multi agent systems for integrated natural resource management in Asia. IRRI & Cirad, Los Baños, Laguna, Philippines. 360 p.
- Bradford, J.M., Ferris, J.E., Remley, P.A., 1987.** Interrill soil erosion processes. II-Relationship of splash detachment to soil properties. *Soil Science Society of America Journal*, 51: 1571-1575.
- Capillon, A., 1993.** Typologie des exploitations agricoles. Contribution à l'étude régionale des problèmes techniques. Doctoral thesis, INA P-G, Paris, Tome I et II, 48 et 301 pp.
- Castellazzi, M. S., Matthews, J., Wood, G. A., Burgess, P. J., Conrad, K. F., and Perry, J. N. 2007a.** LandSFACTS: Software for Spatio-temporal Allocation of Crops to Fields Proceedings of 5th Annual Conference of the European Federation of IT in Agriculture. Glasgow, UK, 1-8-2007.
- Castellazzi, M.S., Perry, J.N., Colbach, N., Monod, H., Adamczyk, K., Viaud, V., Conrad, K.F., 2007b.** New measures and tests of temporal and spatial pattern of crops in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118, 339-349.
- Castellazzi, M.S., Wood, G.A., Burgess, P.J., Morris, J., Conrad, K.F., Perry, J.N., 2008.** A systematic representation of crop rotations. *Agricultural Systems*, 97, 26-33.

- Cerdan, O., 2001.** Analyse et modélisation du transfert de particules solides à l'échelle de petits bassins-versants cultivés. Thèse, Université d'Orléans, INRA, Sciences du sol, 175 pages + annexes.
- Cerdan, O., Souchère, V., Lecomte, V., Couturier, A., Le Bissonais, Y., 2002a.** 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.
- Cerdan, O., Le Bissonais, Y., Couturier, A., Saby, N., 2002b.** Modelling interrill erosion in small cultivated catchments. *Hydrological processes*, 16, 3215-3226.
- Cerdan O., Le Bissonais Y., Souchère V., Martin P., Lecomte V., 2002c.** Sediment concentration in interrill flow: interactions between soil surface conditions, vegetation and rainfall. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27 (2), 193-205.
- Chalmin, P., Bureau, D., 2007.** Perspectives agricoles en France et en Europe, La Documentation française, Paris.
- Chambre Agriculture de Seine-Maritime, 2007.** Projet Agricole départemental, Fiches Diagnostique, 2007
- Chen, L., Messing, I., Zhang, S., Fu, B., Ledin, S., 2003.** Land use evaluation and scenario analysis towards sustainable planning on the Loess Plateau in China. Case study in a small catchment. *Catena*, 54, 303-316.
- Choi, W., Deal, B. M., 2008.** Assessing hydrological impact of potential land use change through hydrological and land use modelling for the Kishwaukee River basin (USA). *Journal of Environmental Management* 88, 1119-1130.
- Claessens, L., Schoorl, J.M., Verburg, P.H., Geraedts, L., Veldkamp, A., 2009.** Modelling interactions and feedback mechanisms between land use change and landscape processes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 129, 157-170.
- Clavel L., 2010.** Développement d'une méthode de construction et d'évaluation de scénarios d'usages du sol de grands territoires. Application à la demande en eau d'irrigation dans le système Neste. Thèse de doctorat, INPT Toulouse, FR, 198p.
- Commission des comptes et de l'économie de l'environnement CCEE (2005):** Agriculture et environnement, La Documentation française.
- COST 634** Scientific meeting "Soil conservation management, perception, and policy": Rouen, France (June 2005), Poster.
- Cumming, G. S., Cumming, D. H. M., Redman, L., C., 2006.** Scale mismatches in socio-ecological systems: causes, consequences, and solutions. *Ecology and Society* 11(1): 14.
- De Lauwere, C.C., 2005.** The role of agricultural entrepreneurship in Dutch agriculture of today. *Agricultural Economics* 33, 229-238.
- De Nijs, T.C.M., de Niet, R., Crommentuijn, L., 2004.** Constructing land-use maps of the Netherlands in 2030. *Journal of Environmental Management* 72, 35-42.
- De Roo, A.P.J., Wesseling, C.G., Ritsema, C.J., 1996.** Lisem: a single-even physically based hydrological and soil erosion model for drainage basins. I: Theory, input and output. *Hydrological Processes*, 10, 1107-1117.
- De Roo, A., Schmuck, G., Perdigo, V., Thielen, J., 2003.** The influence of historic land use changes and future planned land use scenarios on floods in the Oder catchment. *Physics and Chemistry of the Earth* 28, 1291-1300.
- Delahaye, D., Hauchard, E., 1998.** Analyse spatiale des processus de ruissellement en Pays de Caux au travers de quelques épisodes critiques. *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, 3, 306-315.
- Delahaye, D., Gaillard, D., Hauchard, E., 1999.** Analyse des processus de ruissellement et d'inondation dans le Pays de Caux (France), intérêt d'une approche géomorphologique.

- In Paysage agraires et environnement, sous la direction de Stanislas Wicherek. CNRS éditions, pp. 209-219.
- Delahaye, D., 2002.** Apport de l'analyse spatiale en Géomorphologie. Modélisation et approche multiscalaire des risques. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université de Rouen, 471 p.
- Delahaye, D., Hauchard, E., Freire Diaz, S., 2002a.** Impact des échelles morphologiques sur l'organisation spatiale de l'occupation du sol: conséquences sur le fonctionnement du ruissellement érosif. In geomorphology: from expert opinion to modelling. CERG éditions, pp. 149-157.
- Delahaye, D., Langlois, P., Gaillard, D., 2002b.** Programme EPR (Evaluation et prise en compte des risques), Ministère de l'environnement et de l'aménagement du territoire. Cartographie, évaluation économique et dispositifs administratifs comme instruments d'une appropriation et d'une organisation collective du risque de ruissellement érosif, 238 pages.
- Desmet, P.J.J., Ketsman, W., Govers, G., 1999.** An evaluation of the effects of changes in field size and land use on soil erosion using a GIS-based USLE approach. In: Craglia, M., Onsrud, H., (Eds.), Geographic Information Research: Transatlantic Perspectives. Taylor & Francis, London.
- Devaud, P., 1995.** L'érosion des sols dans le département de la Somme. Diplôme d'études supérieures spécialisées environnement aménagement développement agricole. Université de Picardie Jules Verne. 102 pp.
- Délégation InterServices de l'Eau de la Seine-Maritime,** <http://dise.seine-Maritime.agriculture.gouv.fr>.
- Doré, T., Le Bail, M., Martin, P., Ney, B., Roger Estrade, J., 2006.** L'agronomie aujourd'hui. Editions Quae coll. Synthèses 367 pp.
- DRAF Haute-Normandie, DDAF Seine-Maritime, 1995.** Eaux nitrates et produits phytosanitaires en Seine-Maritime. Plaquette cofinancée par l'Agence de l'eau Seine-Normandie et le conseil général de Seine-Maritime. 29pp.
- Dubreuil, N., 2001.** Utilisation régionale d'un modèle de ruissellement: STREAM. Rapport de DESS, Université d'Orléans, 49 pp.
- Durance, P., Godet, M., Mirénowicz, P., Pacini, V., 2007.** La prospective territoriale, Pour quoi faire ? Comment faire ? Cahiers du LIPSOR, Série Recherche n°7, Le Cercle des Entrepreneurs du Futur, Laboratoire d'Investigation en Prospective, Stratégie et Organisation, Paris.
- Dury, J., Schaller, N., Garcia, F., Reynaud, A., Bergez, J.E., 2010.** Modelling cropping plan and crop rotation decisions: a review. Soumis à Agronomy for Sustainable Development.
- Eimberck, M., 1990.** Facteurs d'érodibilité des sols limoneux: réflexions à partir du Pays de Caux. Cah. ORSTOM, sér. Pédol. XXV (1-2), 81-94.
- Ellis, E.C., 2004.** Long-term ecological changes in the densely populated rural landscapes of China. In: DeFries, R.S., Asner, G.P., Houghton, R.A. (Eds), Ecosystems and Land Use Change. American Geophysical Union, Washington, DC, USA. pp. 303-320.
- Escobar, G., Berdegué, J., 1990.** Conceptos y metodologias para la tipificacion de sistemas de finca: la experiencia de RIMISP. In: Escobar, G., Berdegué, J. (Eds.), Tipificacion de Sistemas de Produccion, RIMISP, Santiago de Chile, pp. 13-43.
- Etude d'aménagement hydraulique du sous bassin versant du Saussay, 2003.** Bureau d'études INGENTEC, 50 p.
- European Environment Agency, 2000.** Down to Earth: Soil degradation and sustainable development in Europe. Vol. 16. Environmental Issue Series, Copenhague.

- Evrard, 2008.** Muddy floods in the Belgian loess belt: Problems and solutions, PhD, Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Avril 2008.
- Evrard, O., Bielders, CL, Vandaele, K., van Wesemael, B., 2007.** Spatial and temporal variation of muddy floods in central Belgium, off-site impacts and potential control measures. *Catena* 70, 443-454.
- Evrard, O., Cerdan, O., van Wesemael, B., Chauvet, M., Le Bissonnais, Y., Raclot, D., Vandaele, K., Andrieux, P., Bielders, C., 2009.** Reliability of an expert-based runoff and erosion model: Application of STREAM to different environments. *Catena*, 78, 129-141.
- Ewert, F., Rounsevell, M.D.A., Reginster, I., Metzger, M.J., Leemans, R., 2005.** Future scenarios of European agricultural land use: I. Estimating changes in crop productivity, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 107, pp. 101-116.
- Ewert, F., van Ittersum, M.K., Bezlepikina, I., Therond, O., Andersen, E., Belhouchette, H., Bockstaller, C., Brouwer, F., Heckelei, T., Janssen, S., Knapen, R., Kuiper, M., Louhichi, K., Olsson, J.A., Turpin, N., Wery, J., Wien, J.E., Wolf, J., 2009.** A methodology for enhanced flexibility of integrated assessment in agriculture. *Environmental Science and Policy* 12, 546-561.
- Faure, J., 2009.** «Dynamique d'évolution des exploitations d'élevage dans le Pays de Caux et conséquences sur l'environnement », Mémoire de fin d'étude, DAA, Agrocampus Rennes, Maîtres de stage : Alain Havet, Brigitte Remy.
- Fish, R., Seymour, S., Watkins, C., 2003.** Conserving English landscapes: land managers and agri-environmental policy. *Environment and Planning A* 35, 19-41.
- Flanagan, D.C., Nearing, M.A., 1995.** USDA Water Erosion Prediction Project documentation. USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory, West Lafayette, IN, USA.
- Flaxman, M., Hulse, D.W., Freemark, K., Bernet, J., Eilers, J., White, D., Radosevich, S., 1996.** Past, Present and Future Stresses on the Ecological Resources of the Mid-Willamette River Basin (Oregon), 11th Annual U.S. Landscape Ecology Symposium, International Association of Landscape Ecology, Galveston, Texas, USA.
- Fox, D.M., Le Bissonnais, Y., 1998.** Process-based analysis of aggregate stability effects on sealing, infiltration and interrill erosion. *Soil Science Society of America Journal* 62(3), 717-724.
- Fullen, M.A., Brandsma, R.T., 1995.** Property changes by erosion of loamy sand soils in east Shropshire, UK. *Soil Technol.*, 8: 1-15.
- Fullen, M. A., 1998.** Effects of grass ley set-aside on runoff, erosion and organic matter levels in sandy soils in east Shropshire, UK. *Soil and Tillage Research*, 46, 41-49.
- Gaillard, 2004.** Gestion concertée du ruissellement érosif dans les espaces agricoles des plateaux de grande culture, Thèse de Doctorat, Université de Rouen, 329p.
- Gallien, E., 1995.** Genèse du ruissellement et de l'érosion diffuse : influence de l'occupation du sol et transfert d'échelle du m² à la parcelle. Mémoire de DAA, ENSA Montpellier, 62 pp.
- Gascuel-Oudou, C., Heddadj, D., 2000.** Maîtrise des transferts de surface Dans le contexte armoricain. *Bretagne Eau pure* : 108p.
- Geist, H., J., Lambin, E.F., 2001.** What drives tropical deforestation? A meta-analysis of proximate and underlying causes of deforestation based on subnational scale case study evidence, LUCR Report Series No. 4, University of Louvain, Louvain-la-Neuve.
- Goetz, S.J., Smith, A.J., Jantz, C., Wright, R.K., Prince, S.D., 2003.** Monitoring and predicting urban land use change: Applications of multi-resolution multi-temporal

- satellite data, IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, July 2003, Toulouse, pp. 1567-1569.
- Gonod, 1996.** Dynamique des systèmes et méthodes prospectives. Travaux et Recherches de Prospective, vol. 2. Futuribles International, Paris.
- Govers, G., 1991.** Rill erosion on arable land in central Belgium: rates, controls and predictability. *Catena* 18, 133-155.
- Govers, G., Takken, I., Helming, K., 2000.** Soil roughness and overland flow. *Agronomie* 20, 131-146.
- Greeuw, S.C.H., van Asselt, M.B.A., Grosskurth, J., Storms, C.A.M.H., Rijkens-Klomp, N., Rothman, D.S., Rotmans, J., 2000.** Cloudy crystal balls: an assessment of recent European and global scenario studies and models. European Environment Agency, Copenhagen, Denmark, 96p.
- Guillaumin, A., Bousquet, D., Villaret, A., 2004.** Multifonctionnalité de l'agriculture : demandes locales et attitudes des agriculteurs. In : Laurent, C., Remy, J. (Eds.), *Les Cahiers de la Multifonctionnalité*, INRA-CEMAGREF-CIRAD, 12pp.
- Guigou, J.L., 2000.** Aménager la France de 2020. Délégation à l'Aménagement du Territoire, Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. La Documentation Française, Paris, 2000, 87 pages.
- Guyomard, H., Le Mouël, C., Jez, C., Forslund, A., Fournel, E., 2007.** Prospective Agriculture 2013, INRA.
- Hatem, F., 1993.** La prospective: Pratiques et methods, *Economica*, série "Gestion", 385p.
- Hay-Lepretre, 2006.** Dynamique des inondations en Seine-Maritime : évolution temporelle, spatiale et aménagement local. *Interactions Nature-Société, analyse et modèles*, UMR 6554 LETG, La Baule 2006.
- He, C., 2003.** Integration of geographic information systems and simulation model for watershed management. *Environmental Modelling & Software* 18, 809-813.
- Heitz, C., 2005.** Etude de la perception du risqué de catastrophes naturelles relative aux coulees de boue par les acteurs de communes périurbaines. Approche méthodologique et analyse d'enquêtes (Sundgau-Alsace). Rapport de stage, DEA de Géographie, (Heitz, 2005), Faculté de Géographie et d'Aménagement de Strasbourg, 158 p.
- Hessel, R., Jetten, V., Liu, B.Y., Zhang, Y. Stolte, J., 2003.** Calibration of the LISEM model for a small loess plateau catchment. *Catena* 54, 235-254.
- Houet, T., Hubert-Moy, L., Tissot, C., 2005.** Modélisation prospective spatialisée à l'échelle locale : approche méthodologique, Application à la gestion de l'eau en Bretagne, *Revue Internationale de Géomatique*. In press.
- Houet, T., 2006.** Modélisation prospective de l'occupation du sol en zone agricole intensive dans la France de l'Ouest, *Norois*, 198, 1.
- Houghton, R.A., 2003.** Why are estimates of the terrestrial carbon balance so different ? *Global Change Biol.* 9, 5000-5009.
- Hurt, R.D., 1981.** *The Dust Bowl: an Agricultural and Social History*. Nelson-Hall, Chicago.
- IPCC, 2000.** *Emission Scenarios*. Nebojsa Nakicenovic and Rob Swart (Eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp 570.
- Jankauskas, B., Jankauskiene, G. 2003.** Erosion-preventive crop rotation for landscape ecological stability in upland regions of Lithuania. *Agriculture, Ecosystems and Environments* 95, 129-142.

- Jantz, C., Goetz, S.J., Smith, A.J., Shelly, M., 2003.** Using the SLEUTH urban growth model to simulate the impacts of future policy scenarios on land use in the Baltimore-Washington metropolitan area, *Environment Planning B*, 30, pp. 251-271.
- Joannon, A., 2004.** Coordination spatiale des systèmes de culture pour la maîtrise de processus écologiques – Cas du ruissellement érosif dans les bassins versant agricoles du Pays de Caux, Haute-Normandie. Thèse de doctorat, INA P-G, Paris, 230 pp.
- Jollivet, M., 1965.** D'une méthode typologique pour l'étude des sociétés rurales. *Revue Française de Sociologie* VI, 33-54.
- Kerr, S., Liu, S., Pfaff, A.S.P., Hughes, R.F., 2003.** Carbon dynamics and land use choices: building a regional scale multidisciplinary model, *Journal of Environmental Management*, vol. 69, pp. 25-37.
- Kersebaum, K.C., Steidl, J., Bauer, O., Pierr, H-P., 2003.** Modelling scenarios to assess the effects of different agricultural management and land-use options to reduce diffuse nitrogen pollution into the river Elbe, *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 28, pp. 537-545.
- Klein, J., Meunier, C., 2007.** Evolution des assolements dans le Pays de Caux. Evolutions passées et moteurs, tendances futures et moteurs, échelle spatiale du canton. Rapport de projet d'ingénieur, DAA AGER, AgroParisTech 79 pages (<http://www.rdtrisque.org/projets2/Martin/bib/rapports-etudiants/>).
- Klöcking, B., Haberlandt, U., 2002.** Impact of land use changes on water dynamics - a case study in temperate meso and macroscale river basins. *Physics and Chemistry of the Earth* 27, 619-629.
- Klöcking, B., Ströbl, B., Knoblauch, S., Maier, U., Pfützner, B., Gericke, A., 2003.** Development and allocation of land-use scenarios in agriculture for hydrological impact studies. *Physics and Chemistry of the Earth*, 28, 1311-1321.
- Laignel, B., Fritier, N., Massei, N., Ducharne, A., Laverman, A., Etcheber, H., 2010.** Les effets du changement climatique dans le contexte des changements globaux, Expertis collective sur l'estuaire de Seine, Synthèse sur les thèmes : Climatologie-Hydrologie-Qualité de l'eau, Février 2010.
- Landais, E., 1998.** Modelling farm diversity: new approaches to typology building in France. *Agricultural Systems* 58, 505-527.
- Langlois, P., Delahaye, D., 2002.** RuiCells, automate cellulaire pour la simulation du ruissellement de surface. *Revue Internationale de Géomatique*, 12 (4), 461-487.
- Le Bail, M., 2005.** Le bassin d'approvisionnement : territoire de la gestion agronomique de la qualité des productions végétales. In : Prevost, P. (Ed.), *Agronomes et territoires : Deuxième édition des entretiens du Pradel*. L'Harmattan, Paris, pp. 213-228.
- Le Ber, F., Benoît, M., 1998.** Modelling the spatial organization of land use in a farming territory. Example of a village in the Plateau Lorrain, *Agronomie* 18, 103-115.
- Le Bissonnais, Y., Le Souder, C., 1995.** Mesurer la stabilité structurale des sols pour évaluer leur sensibilité à la battance et à l'érosion. *Etude et Gestion des Sols*, 2(1), 43-56.
- Le Bissonnais, Y., Benkhadra, H., Gallien, E., Eimberck, M., Fox, D., Martin, P., Douyer, C., Ligneau, L., Ouvry, J.F., 1996.** Genèse du ruissellement et de l'érosion diffuse sur sols limoneux : analyse du transfert d'échelle du m² au bassin versant élémentaire agricole. *Géomorphologie: Relief, Processus, Environnement* 3, 51-64.
- Le Bissonnais, Y. et Gascuel-Oudou, C., 1998.** L'érosion hydrique de sols cultivés en milieu tempéré. In : *Sol : Interface fragile* (Ed. by P. Stengel & S. Gelin), INRA Editions, Coll. Mieux Comprendre, Paris, 129-144.

- Le Bissonnais, Y., 1999.** L'érosion des sols cultivés: mécanismes, déterminisme et spatialisation. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université d'Orléans, 53 p.
- Le Bissonnais, Y., Thorette, J., Bardet, C., Daroussin, J., 2002.** L'érosion hydrique des sols en France. INRA/IFEN. Synthèse, 106 p.
- Lemmel, M., 2002.** Collecte et concentration du ruissellement par les motifs topographiques et agraires au sein de bassins versants cultivés. DEA Systèmes Spatiaux et Environnement, ULP, IMFS UMR 7507 CNRS. 84 p. + annexes
- Lechevalier, C., 1987.** Lutte contre l'érosion des terres et les inondations. Influence de l'évolution du Paysage. CAUE de Seine-Maritime, 45p.
- Lechevalier, C., 1991.** L'érosion des terres agricoles en Pays de Caux. Etudes normandes/Cahiers géographiques de Rouen, n°1, pp. 97-116.
- Lechevalier, C., 1992.** Evolution des structures agraires et érosion des sols en Pays de Caux. Bulletin de l'Association de géographes français, n°2, pp. 101-106.
- Lecomte, V., 1999.** Transfert de produits phytosanitaires par le ruissellement et l'érosion de la parcelle au bassin versant : processus, déterminisme et modélisation spatiale. Thèse, ENGREF, Paris, 242 pages + annexes.
- Leenhardt, D., Théron, O., Cordier, M-O., Gascuel C., Reynaud A., Clavel L., Moreau P., 2010.** A generic framework for scenario exercises using models. Application to water resource management. Soumis à Environmental Modelling and Software.
- Lémery, B., 2003.** Les agriculteurs dans la fabrique d'une nouvelle agriculture, Sociologie du Travail, 45/1 : 9-25
- Lémery, B., Ingrand, S., Dedieu, B., Dégrange, B., 2005.** Agir en situation d'incertitude : le cas des éleveurs de bovins allaitants, Economie Rurale, 288 : 57-69.
- Lémery, B., Ingrand, S., Dedieu, B., Dégrange, B., 2008.** La flexibilité des élevages allaitants face aux aléas de production et aux incertitudes de la filière, Chapitre 9, 15ème Rencontres Recherches Ruminants, Paris, 3-4 décembre 2008.
- Lheriteau M., Souchère, V., Ouvry, J-F, Couturier, A., Lechêne, S., 2007.** Utilisation du modèle STREAM pour raisonner les aménagements fonciers, Etude et Gestion des Sols, 14, 3, 2007
- Lin, Y., Hong, N., Wu, P., Lin, C., 2007.** Modeling and assessing land-use and hydrological processes to future land-use and climate change scenarios in watershed land-use planning. Environmental Geology, 53: 623-634.
- Lilin, C., 1986.** Histoire de la restauration des terrains en montagne au 19^e siècle, Cahiers de l'ORSTOM, sér. Pédol., vol. XXII, n°2, 1986 : 139-145.
- Liu, S., Reiners, W.A., Keller, M., Schimel, D.S., 1999.** Model simulation of changes in N₂O and NO emissions with conversion of tropical rain forests to pastures in the Costa Rican Atlantic zone, Global Biogeochemical Cycles, vol. 13, pp. 663-677.
- Liu, S., Loveland, T.R., Kurtz, R.M., 2003.** Contemporary carbon dynamics in terrestrial ecosystems in the southeastern plains of the United States, Environmental Management, vol.33, pp. 442-456.
- 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, Université L.Pasteur Strasbourg. Cereg-Ura95 CNRS, INRA, 155p.
- Ludwig, B., Boiffin, J., Chadoeuf, J., Auzet, A.V., 1995.** Hydrological structure and erosion damage caused by concentrated flow in cultivated catchments. Catena 25, (1-4), pp. 227-252.

- Ludwig B., Auzet, A.V., Boiffin, J., Papy, F., King, D., Chadoeuf, J., 1996.** Etats de surface, structure hydrographique et érosion en rigole de basins versants cultivés du Nord de la France. *Etude et Gestion des Sols*, 3 (1), 53-70.
- Lundekvam, H.E., Romstad, E., Oygarden, L., 2003.** Agricultural policies in Norway and effects on soil erosion. *Environmental Science and Policy* 6, 57-67.
- Malafant, K.W.J., Fordham, D.P., 1997.** Integration frameworks in agricultural and resource planning and management. In: Munro, R.K., Leslie, L.M. (Eds.), *Climate Prediction for Agricultural and Resource Management*. Australian Academy of Science Conference, Canberra, May 6-8, 1997. Bureau of Resources Sciences, Canberra, Australia.
- Märker, M., Angeli, L., Bottai, L., Costantini, R., Ferrari, R., Innocenti, L., Siciliano, G., 2008.** Assessment of land degradation susceptibility by scenario analysis: A case study in Southern Tuscany, Italy. *Geomorphology*, 93, 120-129.
- Martin P., 1997.** Pratiques culturales, ruissellement et érosion diffuse sur les plateaux limoneux du Nord-ouest de l'Europe. Application aux intercultures du Pays de Caux. Thèse INA-PG, Département AGER, INRA-SAD Paris Grignon, 24 février 1997, 184p + annexes.
- Martin, P., Papy, F., Souchère, V., Capillon, A., 1998.** Maîtrise du ruissellement et modélisation des pratiques de production. *Cahiers d'Etudes et de Recherches Francophones Agricultures*, 7, pp. 111-119.
- Martin, P., 1999.** Reducing flood risk from sediment-laden agricultural runoff using intercrop management techniques in northern France. *Soil and Tillage Research* 52, 233-245.
- Martin, P., Joannon, A., Souchère, S., Papy, F., 2004.** Management of soil surface characteristics for soil and water conservation: the case of a silty loam region (Pays de Caux, France). *Earth Surface Processes and Landforms* 29, 1105-1115.
- Martin P., Armand R., Auzet V., Bockstaller C., Bourgain O., Hochereau F., Joannon A., Lecomte V., Mathieu A., Ouvry J.F., Richet JB., Souchère V., Spaeter S., 2008.** *Elaboration et mise en œuvre de dispositifs de lutte contre les coulées boueuses (Diget-Cob)*. Séminaire national de clôture de l'APR MEDD RDT1 Lyon 15-16 janvier 2008.
- Martin, P., 2009.** De la trajectoire d'états des écosystèmes cultivés aux espaces territorialisés dynamiques : contribution à la prise en compte de la dimension temporelle dans une agronomie des territoires, Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, Institut National Polytechnique de Toulouse, pp. 113.
- Martin, P., Ouvry, J.F., Bockstaller, C., 2009.** Adaptation of the curve number approach to runoff estimation for loamy soils over a growing season for winter wheat: comparison with the STREAM approach. *Land Degradation and Development*, DOI: 10.1002/ldr.957.
- Martin, P., Joannon, A., Piskiewicz, N., 2010.** Temporal variability of surface runoff due to cropping systems in cultivated catchment areas: Use of the DIAR model for the assessment of environmental public policies in the Pays de Caux (France). *Journal of Environmental Management*, 91(4), 869-878.
- Maski, D., Mankin, K.R., Janssen, K.A., Tuppard, P., Pierzynski, G.M., 2008.** Modeling runoff and sediment yields from combined in-field crop practices using the soil and water assessment tool. *Journal of Soil and Water Conservation* 63, 193-203.
- Maxime, F., Mollet, J.M., Papy, F., 1995.** Aide au raisonnement de l'assolement en grande culture. In *Cahier de l'agriculture*, 1995, p 351-362.
- McKinney, J.C., 1950.** The role of constructive typology in scientific sociological analysis. *Social Forces* 28, 235-240.

- Meadows, M.E., 2003.** Soil erosion in the Swartland, Western Cape Province, South Africa : implications of past and present policy and practice, *Environmental Science and Policy* 6, 17-28.
- Mermet, L., Poux, X., 2002.** Pour une recherche prospective en environnement: repères théoriques et méthodologiques, *Nature, Sciences, Sociétés*, vol. 10, n°3, p. 6-14.
- Messéan, A., Lecœur, H., Sebillotte, M., 2001.** Prospective : Les protéines végétales et animales. Enjeux de société et défis pour l'agriculture et la recherche. Editions INRA, Coll. Bilan et perspectives, Paris, 195p.
- Michau, 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.
- Michelin, Y., 2000.** Le bloc-diagramme : une clé de compréhension des représentations du paysage chez les agriculteurs ? Mise au point d'une méthode d'enquête préalable à une gestion concertée du paysage en Artense (massif central français), *Cybergéo*, n°118, 11p.
- Mignolet, C., Schott, C., Benoît, M., 2004.** Spatial dynamics of agricultural practices on a basin territory: a retrospective study to implement models simulating nitrate flow. The case of the Seine basin. *Agronomie*, Volume 24, 219-236.
- Mignolet, C., Schott, C., Benoit, M., 2007.** Spatial dynamics of farming practices in the Seine basin: Methods for agronomic approaches on a regional scale. *Science of the Total Environment* 375, 13-32.
- Millenium Ecosystem Assessment (MEA), 2005.** *Ecosystems and Well-being: Scenarios*. Island Press, Washington, DC, USA, p. 596.
- Moore, D.G., Tappan, G., Howard, M.S., Lietzow, R.W., Nadeau, C.A., Renison, W., Olsson, J., Kite, R., 1992.** Geographic modeling of human carrying capacity from rainfed agriculture: Senegal case study, Technical report, US Agency for International Development, Washington, 51p.
- Morgan, R.P.C., Quinton, J.N., Smith, R.E., Govers, G., Poesen, J.W.A., Chisci, G., Torri, D., 1998.** The EUROSEM model. In : *Modelling Soil Erosion by Water* (Ed. By J. Boardman and D.T. Favis-Mortlock), Springer, Berlin. NATO-ASI Series I-55. 389-398.
- Morris, C., Potter, C., 1995.** Recruiting the new conservationists: farmers' adoption of agri-environmental schemes in the UK. *Journal of Rural Studies* 11, 51-63.
- Narcy, J.B., Poux, X., Houet, 2006.** Méthode et apports d'une intervention prospective dans une problématique de gestion des eaux : le cas du Blavet, in *Qualité de l'eau en milieu rural : savoirs et pratiques dans les bassins versants*, Ed. P. Mérot, Editions Cemagref, Cirad, Ifremer, Inra, pp. 287-296.
- Nassauer, J.I., Corry, R.C., 2004.** Using normative scenarios in landscape ecology, *Landscape ecology*, vol. 19, pp. 343-356.
- Navarette, M., Le Bail, M., Papy, F., Bressoud, F., Tordjman, S., 2006.** Combining leeway on farm and supply basin scales to promote technical innovations in lettuce production. *Agronomy for Sustainable Development*, 77-87.
- Ondersteijn, C.J.M., Giesen, G.W.J., Huirne, R.B.M., 2003.** Identification of farmer characteristics and farm strategies explaining changes in environmental management and environment and economic performances of dairy farms. *Agricultural Systems* 78, 31-55.

- Ouvry, J.F., Papy, F., Eimberck, M., Meynier, M., 1988.** Lutte contre l'érosion des terres agricoles. SERDA, Chambre d'agriculture de la Seine-Maritime, communication au 2^{ème} forum agronomique régional, pp. 60-69.
- Ouvry, J.F., 1992.** L'évolution de la grande culture et l'érosion des terres dans le Pays de Caux. Paris. Bull. Assoc. Géogr. Franç. 2, 107-113.
- Pandey, V. K., Panda, S. N., Sudhakar, S., 2005.** Modelling of an agricultural watershed using remote sensing and a geographic information system. Biosystems Engineering 90, 331-347.
- Papy, F., Boiffin, J., 1988.** Influence des systèmes de culture sur les risques d'érosion par ruissellement concentré II : évaluation des possibilités de maîtrise du phénomène dans les exploitations agricoles- in Agronomie, 1988, p 745-756.
- Papy, F., Boiffin, J., 1989.** The use of farming systems for the control of runoff and erosion. Example from a given country with thalweg erosion. Soil Technology, series 1: 29-38.
- Papy, F., Douyer, C., 1991.** Influence des états de surface du territoire agricole sur le déclenchement des inondations catastrophiques. Agronomie 11, 201-215.
- Papy, F., Poujade, C., Souchère, V., 1992.** Maîtrise du ruissellement et de l'érosion sur un territoire agricole, le double découpage de l'espace. In : Gestion de l'espace rural et système d'Information géographique (Ed. by P.Buche, D. King, S. Lardon), INRA Editions, Paris. 167-176.
- Papy, F., Martin, P., Souchère, V., Capillon, A., 1996.** La maîtrise du ruissellement : modéliser les pratiques de production pour orienter les recherches d'innovations. GIP Hydrosystèmes ; Colloque « Erosion, transfert de particules, formation de dépôts » Toulouse, 7-8 mars 1996. 12 pp.
- Pascal, S., 2009.** « Caractérisation de la diversité des exploitations du bassin versant de l'Austreberthe (dans le Pays de Caux) et analyse du ruissellement », Mémoire de fin d'étude, ENESAD, Maîtres de stage : Philippe Martin, Brigitte Remy.
- Pelacani, S., Märker, M., Rodolfi, G., 2008.** Simulation of soil erosion and deposition in a changing land use: A modelling approach to implement the support practice factor. Geomorphology, 99, 329-340.
- Penker, M., Wytrzens, H.K., 2005.** Scenarios for the Austrian food chain in 2020 and its landscape impacts. Landscape and Urban Planning, Vol. 71,175-189
- Perrot, C., Landais, E., 1993a.** Comment modéliser la diversité des exploitations agricoles ? Les cahiers de la Recherche Développement 24-40.
- Perrot, C., Landais, E., 1993b.** Exploitations agricoles : pourquoi poursuivre la recherche sur les méthodes typologiques ? Les cahiers de la Recherche Développement 13-23.
- Piveteau, V., 1995.** Prospective et territoire : apports d'une réflexion sur le jeu, Collection Etudes, Série Gestion des territoires, Cemagref Editions, Antony, 298 p.
- Poesen, J., 1985.** An improved splash transport model. Zeitschrift für Geomorphologie, 29 (2), pp. 373-382.
- Poujade, C., 1989.** La maîtrise du ruissellement et de l'érosion par concentration du ruissellement par les pratiques agricoles, à l'échelle du bassin versant. INA-PG.
- Poux, X., Mermet, L., Bouni, C., Narcy, J.B., Dubien, I., 2001.** Méthodologie de prospective des zones humides à l'échelle micro-régionale-problématique de mise en œuvre et d'agrégation des résultats, Rapport scientifique au PNRZH, ASca, 111p + annexes.
- Poux, X., 2003.** Les méthodes des scénarios, in Prospectives pour l'environnement : Quelles recherches ? Quelles ressources ? Quelles méthodes ? Ed. Mermet L., La documentation française, pp. 33-50.

- Randhir, T. O., Hawes, A. G., 2009.** Watershed land use and aquatic ecosystem response: Ecohydrologic approach to conservation policy. *Journal of Hydrology* 364, 182-199.
- Rapport AcTerre, 2009.** Anticiper et Accompagner des évolutions de Territoires agricoles sensibles aux coulées boueuses ActTerre, Programme RDT, Rapport final, 182 pages
- Richet, J-B., Ouvry, J-F., 2005.** Contribution à la recherche sur le glyphosate dans les eaux de ruissellement de Haute-Normandie en fonction du mode de gestion de l'interculture, 38 pages.
- Rotmans, J., van Asselt, M., Anastasi, C., Greeuw, S., Mellors, J., Peters, S., Rothman, D., Rijkens, N., 2000.** Visions for a sustainable Europe. *Futures*, Vol. 32, 809-831.
- Rounsevell, M.D.A., Annetts, J.E., Audsley, E., Mayr, T., Reginster, I., 2003.** Modelling the spatial distribution of agricultural land use at the regional scale. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95, 465-479.
- Rounsevell, M.D.A., Ewert, F., Reginster, I., Leemans, Carter, T.R., 2005.** Future scenarios of European agricultural land use : II. Projecting changes in cropland and grassland, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 107, pp. 117-135.
- Schmidt, J., Werner, M.v., Michael, A., Schmidt, W., 1997.** EROSION 2D/3D-Ein Computermodeill zur Simulation der Bodenerrosion durch Wasser. Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie and Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft
- Schoorl, J. M., Veldkamp, A., 2001.** Linking land use and landscape process modelling: a case study for the Alora region (south Spain). *Agriculture Ecosystems and Environment*, Vol. 85, 281-292.
- Manque Sebillotte 1978 que tu cites sur les ITK (p.23 intro)**
- Sebillotte, M., 1990.** Systèmes de culture. Un concept opératoire pour les agronomes. Exposé au Conseil Sc. Département Agronomie, INRA (Grignon, 2/04/87), 32p.
- Sebillotte, M., Sebillotte, C., 2002.** Recherche finalisée, organisations et prospective : la méthode prospective SYSPAHHM (Système, Processus, Agrégats d'Hypothèses, Micro et Macrosénarios). *Oléagineux Corps gras Lipides* vol. 9 (5), 329-345.
- Sebillotte, C., Messéan A., 2003.** Foresight on oilseed competitiveness: Exploring collectively the possible "futures". *Oléagineux Corps gras Lipides* 10(3), 191-194.
- Sebillotte, M., 2003.** Prospective Vignes et vins. Scénarios et défis pour la recherche et les acteurs. Editions INRA. Coll. Bilan et prospectives.
- Sebillotte, M., Aigrain, P., Hannin, H., Sebillotte, C., 2003.** Vignes et vins. Scénarios et défis pour la recherche et les acteurs. Editions INRA. Collection Bilan et Prospectives, Paris, 2003, 406p.
- Sebillotte, C., Ledos, F., Sebillotte, M., 2007.** La prospective « Bretagne agricole et agroalimentaire en 2020 ». Coop de France Ouest-INRA, Rennes, 2007, 319 pp.
- Sebillotte, M., Sebillotte C., 2009.** Foresight in mission-oriented research: The SYSPAHHM foresight method (SYSstem, Processes, Clusters of Hypotheses, Micro and Macrosenarios). *Futures*. DOI information: 10.1016/j.futures.2009.08.013.
- Semwal, R. L., Nautiyal, S., Sen, K. K., Rana, U., Maikhuri, R.K., Rao, K.S., Saxena, K.G., 2004.** Patterns and ecological implications of agricultural land-use changes: a case study from central Himalaya, India. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102, 81-92.
- Shearer, A. W., 2005.** Approaching scenario-based studies: three perceptions about the future and considerations for landscape planning. *Environmental Planning B* 32, 67-87.
- 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.

- Smith, R.E., Goodrich, D.C., Woolhiser, D.A., Unkrich, C.L., 1995.** KINEROS- A kinematic runoff and erosion model. In: Computer Models of Watershed Hydrology (Ed. V.J. Singh). Water Resources Publications. 697-732.
- Solecki, W.D., Oliveri, C., 2004.** Downscaling climate change scenarios in an urban land use change model. *Journal of Environmental Management* 72, 105-115.
- Souchère, V., 1995.** Modélisation spatiale du ruissellement à des fins d'aménagement contre l'érosion de talweg – Application à des petits bassins versants en Pays de Caux (Haute Normandie) – Thèse INA-PG-INRA-SAD Paris Grignon- Conseil Régional de Haute-Normandie. 24 octobre 1995, 189p + Annexes.
- Souchère, V., King, D., Daroussin, J., Papy, F., Capillon, A., 1998.** Effects of tillage on runoff direction: consequences on runoff contributing area within agricultural catchments. *Journal of Hydrology*, Vol. 206, 256-267.
- 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 modelling at the watershed scale. In *Sustaining the Global Farm, Selected Papers from the 10th International Soil Conservation Organisation Meeting, 24-29 May 1999*, Purdue University.
- Souchère, V., King, C., Dubreuil, N., Lecomte-Morel, V., Le Bissonnais, Y., Chalot, M., 2003.** Grassland and crop trends: role of the European Union Common Agricultural Policy and consequences for runoff and soil erosion. *Environmental Science and Policy* 6 (1), 7-16.
- 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., Cerdan, O., Dubreuil, N., Le Bissonnais, Y., King, C., 2005.** Modelling the impact of agri-environmental scenarios on runoff in a cultivated catchment (Normandy, France). *Catena* 61 (2-3), 229-240.
- Souchère, V., Millair, L., Echeverria, J., Bousquet, F., Le Page, C., Etienne, M., 2009.** Co-constructing with stakeholders a role-playing game to initiate collective management of erosive runoff risks at the watershed scale. *Environmental Modelling and Software*, doi: 10.1016/j.envsoft.2009.03.002.
- Steinitz, C., Arias, H., Bassett, S., Flaxman, M. Goode, T., Maddock III, T., Mouat, D., Peiser, R., Shearer, A., 2003.** *Alternative Futures for Changing Landscapes: The Upper San Pedro River Basin in Arizona and Sonora*. Island Press, Washington, DC, 202 pp.
- Stolte, J., Ritsema, C.J., Bouma, J., 2005.** Developing interactive land use scenarios on the Loess Plateau in China, presenting risk analyses and economic impacts. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 105, 387-399.
- Syndicat Mixte du Bassin Versant de l'Austreberthe et du Saffimbec, SMBVAS,** <http://smbvas.fr/>.
- Takken, I., Govers, G., Steegen, A., Nachtergaele, J., Guérif, J., 2001a.** The prediction of runoff flow directions on tilled fields. *Journal of Hydrology*, 248, 1-13.
- Takken, I., Jetten, V., Govers, G., Nachtergaele, J., Steegen, A., 2001b.** The effect of tillage-induced roughness on runoff and erosion patterns. *Geomorphology*, 37, 1-14.
- Thenail, C., Baudry, J., 2001.** Modélisation des systèmes techniques agricoles contribuant aux dynamiques des structures paysagères : de la parcelle à l'exploitation agricole et au paysage, étude des changements d'utilisation et d'occupation du sol : échelles et modèles, Séminaire de l'UMR 6554, Rennes, L. Hubert-Moy (éd.), p. 16-24.
- Thenail, C., Joannon, A., Capitaine, M., Souchère, V., Mignolet, C., Schermann, N., Di Pietro, F., Pons, Y., Gaucherel, C., Viaud, V., Baudry, J., 2009.** The contribution of

- crop-rotation organization in farms to crop-mosaic patterning at local landscapes scales, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 131, 2007-219
- Therond, O., Belhouchette, H., Janssen, S., Louhichi, K., Ewert, F., Bergez, J.E., Wery, J., Heckelei, T., Olsson, J.A., Leenhardt, D., Van Ittersum, M., 2009.** Methodology to translate policy assessment problems into scenarios: the example of the SEAMLESS integrated framework. *Environmental Science and Policy*, 12, 619-630.
- Thomas, F., 2001.** Dossier: l'érosion des sols n'est pas une fatalité. *Techniques culturales simplifiées*, n°11, pp 8-16.
- Ulrich, A., Volk, M., 2009.** Application of the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to predict the impact of alternative management practices on water quality and quantity. *Agricultural Water Management* 96, 1207-1217.
- UNEP-United Nations Environment Programme, 2002.** Global Environmental Outlook 3: Past, Present, and Future Perspectives. Earthscan Publications, London, UK.
- United States Department of Agriculture SCS, 1986.** Urban Hydrology for Small Watersheds TR-55, p. 164.
- Valbuena, D., Verburg, P.H., Bregt, A.K., 2008.** A method to define a typology for agent-based analysis in regional land-use research. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 128, 27-36.
- Van der Heijden, K., 1996.** *Scenarios, the Art of Strategic Conservation*. John Wiley and Sons Ltd. Chichester, UK, 299pp.
- Van der Ploeg, J.D., 1994.** Styles of farming: an introductory note on concepts and methodology, In: van der Ploeg, J.D., Long, A., (Eds.), *Practice and Perspectives of Endogenous Rural Development*, Van Gorcum, Assen, The Netherlands. pp. 7-31.
- Van der Ploeg, J.D., 2003.** *The virtual farmer*, Royal van Gorcum, Assen, The Netherlands, 408 pp.
- Van Doorn, A., Bakker, M., 2007.** The destination of arable land in a marginal agricultural landscape in South Portugal: an exploration of land use change determinants. *Landscape Ecology* 22, 1073-1087.
- Van Notten, P.W.F., Rotmans, J., van Asselt, M.B.A., Rothman, D.S., 2003.** An updated scenario typology. *Futures* 35 (5), 423-443.
- Van Oost, K., Govers, G., Desmet, P., 2000.** Evaluating the effects of changes in landscape structure on soil erosion by water and tillage. *Landscape Ecology*, 15, 577-589.
- Van Rompaey, A.J.J., Govers, G., Van Hecke, E., Jacobs, K., 2001.** The impacts of land use policy on the soil erosion risk: a case study in central Belgium. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 83, 83-94.
- Vanclay, F., Howden, P., Mesiti, L., Glyde, S., 2006.** The social and intellectual construction of farming styles: testing Dutch ideas in Australian agriculture. *Sociologia Ruralis* 46, 61-82.
- Vandaele, K., and Poesen, J., 1995.** Spatial and temporal patterns of soil erosion rates in an agricultural catchment, central Belgium. *Catena* 25, (1-4), 213-226.
- Vandewiele, A., 1999.** Le point sur la vulnérabilité et la protection des captages d'eau potable. *Mémoire de DESS, Faculté d'histoire et de géographie, Amiens*, 57 pages.
- Veldkamp, A., Fresco, L.O., 1996a.** CLUE: a conceptual model to study the Conversion of Land Use and its Effects, *Ecological Modelling*, vol. 85, pp. 253-270.
- Veldkamp, A., Fresco, L.O., 1996b.** CLUE-CR : an integrated multi-scale model to simulate land use change scenarios in Costa Rica, *Ecological Modelling*, vol. 91, pp. 231-248.
- Veldkamp, A., Lambin, E. F., 2001.** Predicting land-use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 85, 1-6.

- Verburg, P.H., Chen, Y.Q., Veldkamp, A., 2000.** Spatial explorations of land use change and grain production in China, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, vol. 82, pp. 333-354.
- Verburg, P.H., Veldkamp, A., 2001.** The role of spatially explicit models in land-use change research: a case study for cropping patterns in China, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85, 177-190.
- Verburg, P.H., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R., Espaldon, V., Mastura, S.S.A., 2002.** Modelling the spatial dynamics of regional land use: The CLUE-S model. *Environmental Management* 30, 391-405.
- Verburg, P.H., Schulp, C.J.E., Witte, N., Veldkamp, A., 2006.** Downscaling of land use change scenarios to assess the dynamics of European landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114, 39-56.
- Verburg, P.H., 2006.** Scenario-based studies of future land use in Europe, Editorial. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114, 1-6.
- Verstraeten, G., Poesen, J., 1999.** The nature of small-scale flooding, muddy floods and retention pond sedimentation in central Belgium. *Geomorphology* 29, 275-292.
- Verstraeten, G., Posen, J., 2001.** Factors controlling sediment yield from small intensively cultivated catchments in a temperate humid climate. *Geomorphology*, 40, 123-144.
- Vilain, L., 2008.** La méthode IDEA Indicateurs de durabilité des exploitations agricoles – guide d'utilisation, Dijon, Educagri éditions, 184 p
- Vivier, M., Douyer, C., 1984.** Evolution de la géographie pastorale du Pays de Caux. Colloque sur le devenir du paysage cauchois, Cité de l'agriculture, Bois-Guillaume.
- W**ang, Y., Zang, X., 2001. A dynamic modeling approach to simulating socioeconomic effects on landscape changes, *Ecological Modelling*, vol. 140, pp. 141-162.
- Wang, E., Cresswell, H., Paydar, Z., Gallant J., 2008.** Opportunities for manipulating catchment water balance by changing vegetation type on a topographic sequence: a simulation study. *Hydrological processes* 22 (6), 736-749.
- Wechsung, F., Krysanova, V., Flochsig, M., Schaphoff, S., 2000.** May land use change reduce the water deficiency problem caused by reduced brown coal mining in the state of Brandenburg? *Landscape and Urban Planning* 51, 177-189.
- Westhoek, H.J., van den Berg, M., Bakkes, J.A., 2006.** Scenario development to explore the future of Europe's rural areas. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 114, 7-20.
- Williams, J.R., Jones, C.A. and Dyke, P.T., 1984.** A modelling approach to determining the relationship between erosion and soil productivity. *Transactions of ASAE*, 27, 129-144.
- Z**ahm F., 2003. Méthodes de diagnostic des exploitations agricoles et indicateurs: panorama et cas particuliers appliqués à l'évaluation des pratiques phytosanitaires. *Ingénierie*, 33 pages 13-34.

Annexes

Liste des annexes

Annexe 1 Agriculture et agroalimentaire en Seine-Maritime : Chiffres clés des filières en 2007.....	232
Annexe 2 Liste des processus	259
Annexe 3 Liste des hypothèses par famille	277
Annexe 4 Récits des microscénarios par famille	285
Annexe 5 Récits des scénarios globaux.....	319
Annexe 6 Détermination du nombre de configurations à évaluer.....	331
Annexe 7 Vision de l'avenir des agriculteurs	333
Annexe 8 Proportions de chaque classe de capacité d'infiltration des différentes configurations.....	337
Annexe 9 Exploitations du bassin versant de La Chapelle-sur-Dun.....	341
Annexe 10 Principales mesures du Bilan de Santé de la PAC.....	343

Annexe 1 Agriculture et agroalimentaire en Seine-Maritime : Chiffres clés des filières en 2007

(source : Chambre d'Agriculture de Seine-Maritime)

Filière grandes cultures (céréales et oléo-protéagineux)

Les chiffres clés

Eléments de contexte :

Désengagement de la gestion des marchés de l'Union Européenne et 15 ans de réformes de la Politique Agricole Commune

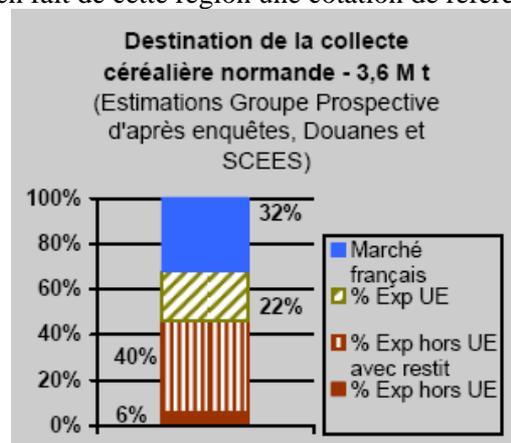
- Arrêt de l'intervention sur les oléagineux ;
- Baisse des prix et hausse des critères qualité réduisent l'intérêt du dispositif de l'intervention en céréales ;
- une aide compensatrice partiellement découplée ;
- remise en cause de la jachère.

Libéralisation du commerce mondial et négociations à l'Organisation Mondiale du Commerce

- vers la fin des restitutions à l'exportation ;
- augmentation prévisible des importations (baisse des droits de douanes) ;
- baisse des soutiens internes.

Sensibilité de la collecte céréalière normande :

Si la Normandie ne constitue pas un grand bassin céréalier, avec 6 % de la collecte française, l'importance du port de Rouen fait de cette région une cotation de référence.

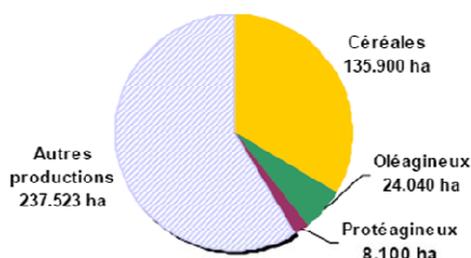


68 % de la collecte céréalière normande est destinée à l'exportation, dont 40 % bénéficient des restitutions à l'exportation. Principaux clients : l'Afrique du Nord (Algérie en particulier).

En 2006, le produit « Grandes cultures » compte pour **19 % du produit agricole départemental** (Source : CA76). Avec 168.040 ha ensemencés en céréales, oléagineux et protéagineux, les grandes cultures occupent **41 % de la SAU départementale**, au 2nd rang derrière les surfaces fourragères (194.900 ha). La production départementale satisfait à 700% la consommation de céréales et oléagineux³⁹.

³⁹ Le taux d'autosuffisance en Seine-Maritime est le rapport entre production et consommation (estimée à partir des données FAO et INSEE).

Part des Grandes Cultures dans l'assolement de Seine-Maritime en 2006 (Source : CA76)



Utilisations des céréales en Normandie (Estimations Groupe Prospective d'après ONIC, 2003) :	
Production	4,3 Mt
Débouchés en Europe (France incluse)	
- Alimentation humaine	0,6 Mt
- Alimentation animale	1,9 Mt
Exportation sur pays tiers	1,8 Mt

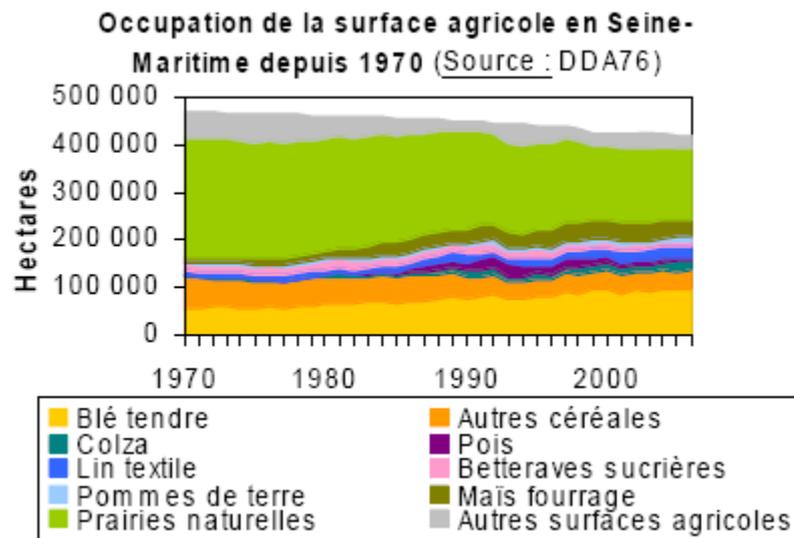
Les surfaces en oléagineux se répartissent entre deux marchés : l'alimentaire (pour 10.110 ha) et le non alimentaire (13.930 ha, dont 80 % sont produits sur des terres en jachère). Sur les 23.460 ha de jachère, 12.020 ha sont cultivés et à peine 580 sont implantées volontairement. Le taux de protéines des blés atteint en moyenne 11,5 % (Source : CA76, ONIGC, 2006). **100% des oléagineux et 30 % des céréales produits en Normandie sont valorisés localement** (Données SAIPOL et Estimations Groupe Prospective d'après ONIC, 2003).

Les grandes tendances

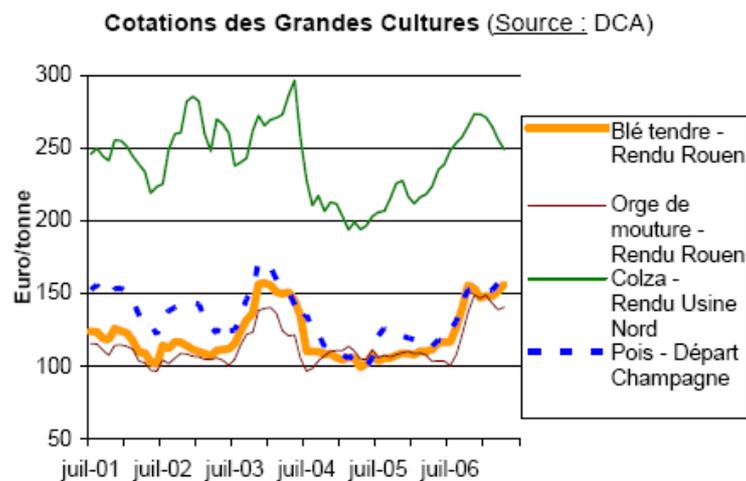
Eléments de contexte :

- **Une éthanolerie en Seine-Maritime** : prévue pour entrer en production en 2007, l'unité de production d'éthanol de Lillebonne totalise 152.500 tonnes d'agrément, l'équivalent de 540.000 tonnes de blé. **En 2010, la capacité de l'usine devrait atteindre 230.000 tonnes. Elle mobilisera alors 820.000 tonnes de blé (soit l'équivalent de la production de la Seine-Maritime) et générera 300.000 tonnes de drèches pour l'alimentation animale.**
- **L'activité de trituration de Diester® poursuit sa croissance : à partir de 2008, 1.200.000 tonnes de colza seront triturées annuellement à l'usine SAIPOL de Grand-Couronne (800.000 tonnes aujourd'hui). A terme, l'usine produira 250.000 tonnes d'ester-carburant supplémentaires, soit un total de 510.000 tonnes et 615.000 t de tourteaux de colza.**
- **L'usine de trituration de Dieppe sur le créneau des filières courtes.**
- **Malterie SOUFFLET** : un groupe de dimension internationale.
- Cap Seine et Noriap investissent dans l'entreprise Syral, **4^{ème} producteur européen de glucose et ingrédient sucrant issu de l'amidon.**
- Le développement du trafic des conteneurs est une opportunité supplémentaire pour développer les exportations (en particulier vers l'Asie). **ARVALIS** investit dans une nouvelle station de recherche, inaugurée en 2006 à Ecardenville-la-Campagne (Eure), pour travailler au renforcement de la qualité et de la compétitivité des productions agricoles locales.

La proximité de grands centres urbains (Rouen, Le Havre, Paris) et l'industrialisation de la vallée de la Seine obligent à un partage des terres et a pour première conséquence la diminution des surfaces dédiées à l'agriculture. Se sont ainsi près de **1.400 ha de SAU (soit 0,3 %) qui, chaque année, sont dévolus à d'autres utilisations.** Cette évolution se fait en particulier au détriment des surfaces en herbe, la simplification des itinéraires techniques culturaux et les nouvelles opportunités sur les marchés énergétiques favorisent les cultures de blé tendre et de colza, au détriment notamment du pois.



Les marchés des produits végétaux sont également fortement ouverts sur le marché mondial et en lien direct avec les événements climatiques et géopolitiques internationaux. Ainsi, on se souviendra de la campagne 2002 : exceptionnelle en volume, mais grandement contrariée par la concurrence des pays de la Mer Noire sur nos marchés traditionnels.



Développer la transformation et la création de valeur ajoutée sur le territoire permettrait de limiter ce risque.

Filière Betterave

Les chiffres clés

Éléments de contexte :

Désengagement de la gestion des marchés de l'Union Européenne et Réforme de l'OCM Sucre en 2006

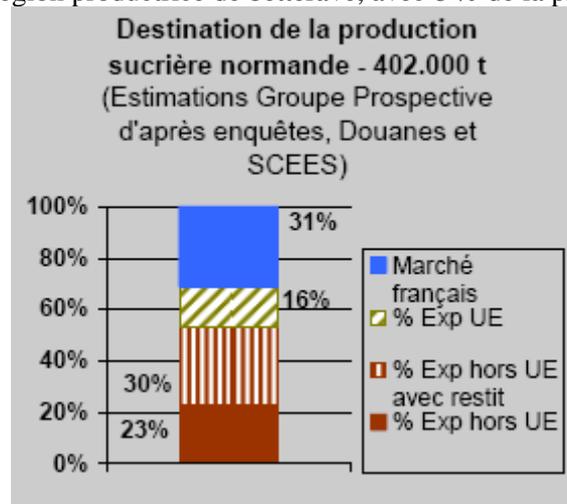
- baisse des prix d'intervention ;
- une aide compensatrice découplée ;
- retrait annuel des quotas ;
- une aide à la restructuration ;
- introduction du sucre industriel : à destination des industries chimiques et de la production d'éthanol (exclu des quotas).

Libéralisation du commerce mondial et négociations à l'Organisation Mondiale du Commerce

- vers la fin de l'exportation (des suites de la perte du panel sucre et de la fin des restitutions à l'exportation) ;
- augmentation prévisible des importations (baisse des droits de douanes : à 0 d'ici 2009) ;
- baisse des soutiens internes.

Sensibilité de la production sucrière normande :

La Normandie est la 5^{ème} région productrice de betterave, avec 8 % de la production nationale.



Situation avant 2006 : 69 % de la production sucrière normande est destinée à l'exportation, dont 30 % avec des restitutions hors de l'Union Européenne. Aujourd'hui, il n'y a plus de sucre hors quotas exporté.

En 2006, les betteraves contribuent à hauteur de **2,5 % au produit agricole départemental** (*Source* : CA 76). La production départementale satisfait à 236%, la consommation de sucra⁴⁰.

Les surfaces atteignent 8.900 ha (*Source* : CGB), dont 0,9% de betteraves éthanol

Trois sucreries transforment en sucre les betteraves produites en Seine-Maritime :

1. **Fontaine-le-Dun** (Groupe de la Vermandoise), Seine-Maritime ;
2. **Etrépagny** (Groupe Saint Louis Sucre), Eure ;
3. **Abbeville** (Groupe Tereos), Somme.

⁴⁰ Le taux d'autosuffisance en Seine-Maritime est le rapport entre production et consommation (estimée à partir des données FAO et INSEE).

Quelques repères quantitatifs et qualitatifs en 2006 (*Source : CGB*) :

- **Rendement à 16° : 85T/ha**, soit 8T/ha de plus par rapport à la moyenne française ;
- **Richesse en sucre : 17,8°** en moyenne sur 10 ans ;
- **Tare-terre : 13,5 %** à Fontaine-le-Dun et **11 %** à Etrépagny

Structure de la production 2006-2007 (*Source : CGB*) :

	Fontaine-le-Dun	Etrépagny	Abbeville
Nb total de planteurs	1.566	1.157	1.760
Nb de planteurs en 76	1.566 (93 %)	55 (3 %)	60 (4 %)
Surface en betterave sucrière 76 (ha)	8.133 ha	295 ha	305 ha
Surface/planteur	5,2 ha	5,4 ha	5,1 ha
Volume de betterave à 16° transformé en 2006 (tonnes)	691.300	1.250.000	625.000
Prod. Sucre de l'usine (1000 tonnes)	90 - 110	200	80 - 100
Quota sucre de l'usine (1000 tonnes)	90	170	95
Surface betterave éthanol 76 (ha)	-	27	54
Surface/planteur	-	0,5 ha	0,9 ha
Tonnage betterave éthanol à 16° (tonnes)	-	2.160	4.400

La Seine-Maritime contribue à hauteur de 750.000 tonnes de betteraves à 16°, dont près de 93% sont produites à Fontaine-le-Dun. 80 ha de betteraves éthanol sont cultivées sur le département, soit près de 6.500 tonnes à 16°. La SIDEFO a produit pour la campagne 2006-2007 24.290 tonnes de pulpes sèches et 32.834 tonnes de pulpes surpressées.

Les grandes tendances

Eléments de contexte :

- **Fermeture de la sucrerie de Colleville** en 2003.
- **De nouveaux contrats en betterave** : avec la fin du sucre C, Saint Louis propose à la fois des contrats non alimentaires (éthanol, alcool, industrie chimique) et des quotas additionnels (moyennant une participation financière des planteurs). Fontaine-le-Dun a également acheté en 2007 des sucres non alimentaires à destination des industries chimiques et a attribué des quotas additionnels gratuits.
- **Südzucker ferme 2 usines** en Allemagne.

RISQUES

- **Le plan de restructuration engagé avec la réforme de l'OCM Sucre suffira-t-il à désengorger le marché ?**
- Les betteraviers français seront-ils contraints de diminuer leur production ?
- Déshydratation : quel coût énergétique ?
- Diminution de la production de Matière Première : quelles conséquences à moyen terme ?
- Diminution du prix du sucre.
- La production de Seine-Maritime est dépendante des décisions des groupes possédants les sucreries.
- Une mauvaise image du sucre véhiculée par les médias.

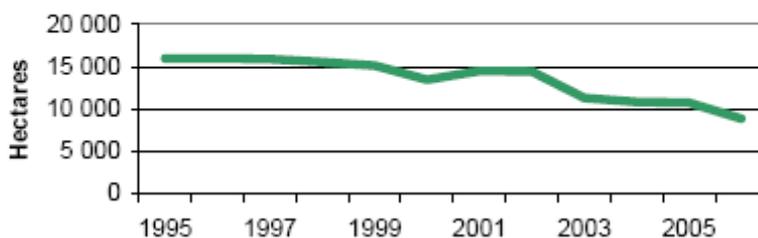
OPPORTUNITES

➤ Développement des biocarburants et de nouveaux débouchés : réelles opportunités ?

Diminution de la consommation apparente de sucre en France, mais une plus forte augmentation de la consommation de sucres cachés (boissons, plats préparés...).

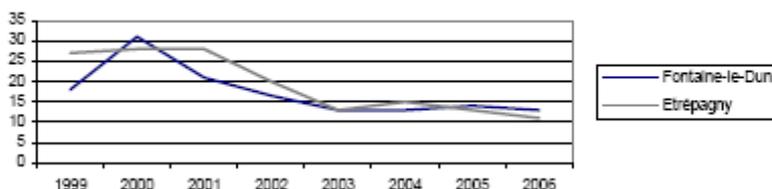
La surface de betterave a chuté de près de 50% en 10 ans. La fermeture du site de Colleville en 2003 et l'arrêt des exports de sucre C ont pesé sur cette baisse.

Evolution des surfaces de betterave en Seine-Maritime
(Source : CGB)



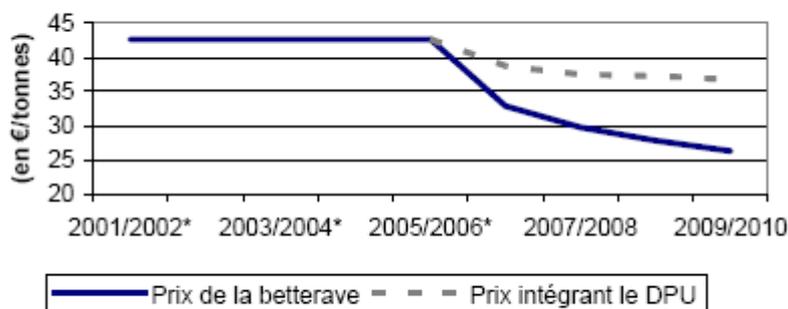
En parallèle, les efforts de la profession (en communication) et les nombreux investissements des opérateurs dans les aires de stockage et les bandes de roulement ont largement participé à la réduction de la tare-terre et à l'amélioration de la sécurité routière lors des chargements.

Evolution de la tare-terre (Source : CGB)



Par contre, la dernière réforme du régime a ouvert la voie à un désengagement de l'Union Européenne qui devrait se traduire par une nette diminution du prix octroyé au sucre.

Evolution du prix de la betterave sous quota (Source : CGB)



* Prix net de cotisation A+B



Filière Lin

Les chiffres clés

Eléments de contexte :

La Seine-Maritime : 1^{er} département français ;

La Normandie : 1^{ère} région au monde

Un secteur textile en crise et un soutien de l'Union Européenne

- Les teillages constituent le premier maillon industriel de la filière linière et le seul encore présent localement (disparition des peigneurs, filateurs, tisseurs et tricoteurs) ;

- une aide à la production de fibre ;

- une aide à la transformation.

Libéralisation du commerce mondial : des opportunités et des dangers

- Démocratisation de l'utilisation du lin dans l'habillement, par la baisse des coûts de production ;

- Augmentation de la production de lin ;

- **La Chine**, concentrant la fabrication mondiale de vêtements, **est le premier client : pour plus de 80 % de la production** ;

- **Concurrence** avec d'autres producteurs (Belgique, Egypte, Chine, Canada, Brésil...) ;

→ Nécessité de garder une longueur d'avance.

Repères

En surfaces, la Chine est le 1^{er} producteur mondial devant l'ex-URSS, mais la qualité et le rendement sont moindres qu'en Europe de l'Ouest.

La France se place au 1^{er} rang mondial des producteurs de lin teillé, malgré son 3^{ème} rang en surfaces.

En 2006, le produit lin compte pour **6 % du produit agricole départemental** (*Source : CA76*).

23.750 ha (dont 5.703 ha de semences) étaient ensemencés en lin textile, pour une production en fibre équivalente à près de 27.000 tonnes de fibres, soit 30 % de la production française.

En Seine-Maritime, la filière s'organise autour de :

- **5 teilleurs** : 3 coopératives (Terre de lin, AGY Lin, coopérative du Vert Galant) et 2 privés (Linière de Bosc Nouvel et Teillage Beillet) ;

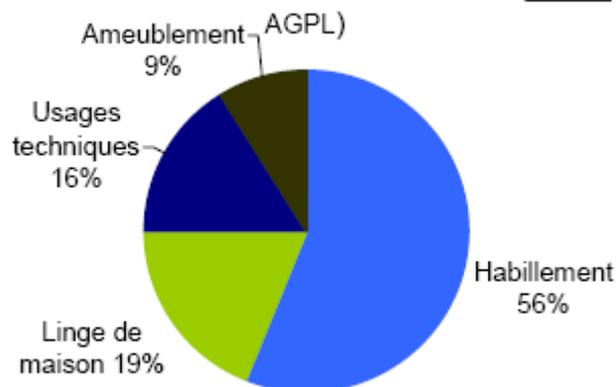
- **3 groupements de commercialisation** : COM LIN, les Etablissements DEVOLDERE et VIVALIN ;

- **4 industriels** : Techni'Lin (qui a transformé en 2005 l'équivalent de 4.000 tonnes de fibre, dont 50 % étaient destinés à des équipementiers automobiles), Linex Industrie SA (panneaux), DE SUTER Frères et Dehondt Industrie ;

- **1 laboratoire de pathologie** du lin à Fontaine-Cany.

Malgré une nette prédominance du non textile dans la valorisation locale de la fibre de lin, les trois quarts des débouchés concernent encore l'habillement et le linge de maison.

Utilisations de la fibre de lin en 2005 (Source: [AGPL](#))



Les fibres teillées en Normandie sont reconnues pour leurs qualités intrinsèques, qui sont : leur longueur, leur finesse, leur résistance, leur couleur et leur facilité à être travaillées.

Les grandes tendances

Éléments de contexte :

La coopérative de teillage de Goderville et la Centrale linière cauchoise fusionnent : la nouvelle entité, **AGY Lin**, regroupe 400 producteurs pour 6.500 ha de lin. Elle emploie près de 120 salariés, sur les deux sites.

Ce rapprochement a notamment pour objet : la mise en commun et l'optimisation de l'utilisation du matériel.

Création de COM-LIN : 3 coopératives linières de Haute-Normandie (Terre de Lin, AGY Lin et la coopérative du Neubourg) s'unissent en 2006 autour d'une union régionale de commercialisation, par la mise en place d'une classification unique du lin teillé.

COM-LIN représente environ 30 % des surfaces en lin en France et 20 % de l'offre mondiale pour 90 % de la production linière. Son unique client : la Chine.

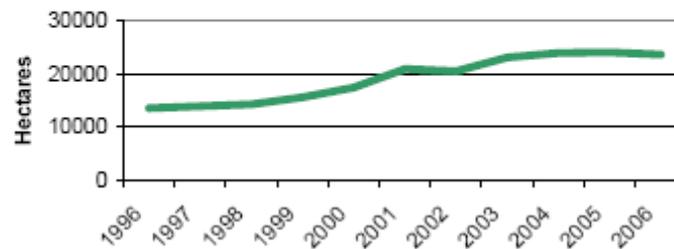
TECHNI'LIN double sa production, afin de répondre à une demande croissante de l'industrie automobile en fibres de lin non tissé, **et diversifie ses débouchés** dans l'emballage et l'ameublement. *Créée en 1995 par la Coopérative linière de Cagny (Calvados) et la Centrale linière cauchoise (Seine Maritime), la société Techni'Lin (Seine-Maritime) a pour objectif de diversifier, en dehors de l'industrie de l'habillement, les débouchés du lin.*

L'ITL inaugure une nouvelle station de recherche en 2006 à Ecardenville-la-Campagne (Eure). En collaboration avec Arvalis, elle travaillera au renforcement de la qualité et de la compétitivité des productions agricoles locales.

Un projet d'IGP : « Lin des Hauts de France ».

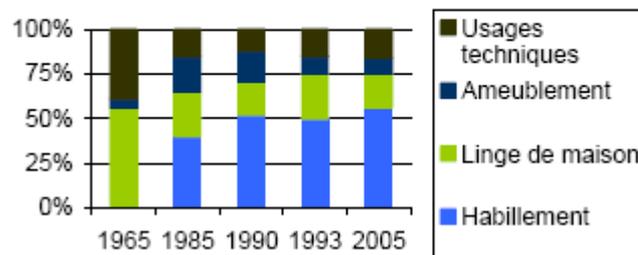
Suivant l'augmentation de la demande mondiale en fibres naturelles, **la culture du lin s'est développée au cours des 10 dernières années pour atteindre un palier à 24.000 ha** (soit une hausse de 75 % des surfaces en 10 ans).

Evolution des surfaces ensemencées en lin en Seine-Maritime (Source : DDA 76)



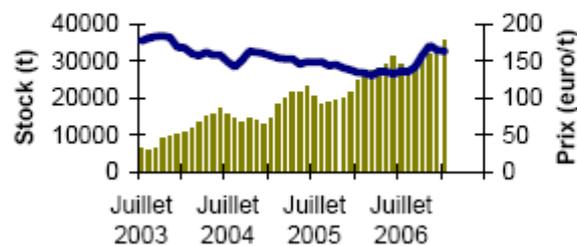
Les actions de promotion et le travail de recherche et développement réalisés par l'interprofession linière sur les qualités intrinsèques de la fibre de lin ont contribué à offrir de nouvelles opportunités.

Utilisations du lin (Source : AGPL)



Malheureusement, le développement de la filière a sollicité un tel engouement que l'augmentation de production s'est en partie faite au détriment de la qualité. Et, alors que notre principal client (la Chine) prenait plus de poids sur le marché, des difficultés de commercialisation ont engendré une hausse des stocks, et une baisse des prix.

Lin teillé : Evolution des stocks et des prix (Source : CIPALIN)



Filière Energie

Les chiffres clés

Eléments de contexte :

Contexte général

- 2003/05 : 3^{ème} crise énergétique.
- « L'homme est très vraisemblablement responsable du réchauffement climatique » (IPCC, 2007).
- Quels carburants pour demain ?
- Appoint électrique d'origine fossile à remplacer.
- Amélioration permanente des performances énergétiques (en France : depuis 1990, - 0,7 %/an d'intensité énergétique).

Plan biocarburant

En France = 10 % d'incorporation (d'ici 2015)

- Objectif : lever la pression sur les ressources pétrolières ;
- Tous les pays du monde concernés veulent leur biocarburant ;
- Niveau d'incorporation en 2006 : 1,2 % PCI (dans l'essence et le gazole) ;
- En Seine-Maritime : construction d'une usine d'éthanol et extension d'une usine d'ester d'huile.

Objectif européen : **21 % d'électricité d'origine renouvelable** en 2010

En France, niveau : 10,2 % en 2006

- à 91 % d'origine hydraulique
- 3,4 % d'origine éolienne : en forte croissance (+ 120 %)
- à 5,5 % d'origine thermique : en baisse (- 0,7 %)

Plan biocombustible

+ 50 % (+ 5 MTEP) de chaleur d'origine renouvelable en 2010

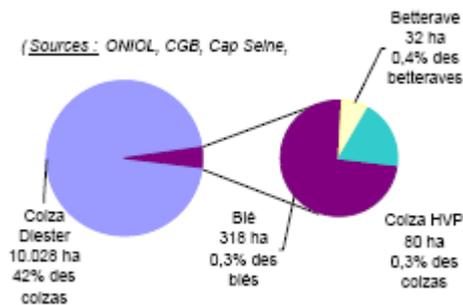
- Le bois : un potentiel formidable
 - Co-génération (déchêts, effluents, appels d'offre CRE, etc.)
 - Gisements de co-produits et nouvelles productions agricoles à exploiter
 - Objectifs de l'ADEME et de la Région Haute Normandie : 10 chaudières, 40.000 tonnes de bois
- Objectifs de **réduction des gaz à effet de serre**, d'ici 2012, par rapport aux émissions de 1990 :

- groupe de Kyoto : - 5,5 %
- Europe : - 8 %
- France : engagée à ne pas augmenter ses émissions.

AGROCARBURANTS - 10.458 ha

Trois sites de production :

1. Diester industries à Grand-Couronne : 260 Kt d'ester d'huile produits (*Source : PROLEA*) ;
2. Ouest-ETBE à Gonfreville ;
3. Presses à huile végétale pure : deux mobiles et une fixe (*Source : FDCUMA76*).



BIOMASSE COMBUSTIBLE

Deux chaufferies collectives (à Dieppe : 350 tonnes d'anas de lin et à Jumièges : 120 tonnes de plaquettes de chêne) en fonctionnement dans le 76, et une dizaine en projets sur la région (Source : Biomasse Normandie).

Une unité de co-génération en fonctionnement (CRE-1), à la Chapelle d'Arblay – 150.000 tonnes d'issus de bois et une seconde en projet (CRE-2) à Alizay (27) – 200.000 tonnes de déchets de bois.

Un Centre de Valorisation des Déchets à Fresnoy-Folny : transformation du méthane en électricité.

Entre **30 et 50 chaudières polycombustibles** (dont 2 unités horticoles).

50 % des pavillons équipés de chauffage d'appoint au bois bûche.

EOLIEN

16 MW (2 parcs) en fonctionnement, 24 MW construits, 162 MW autorisés, 245 MW en projet – (Source : ADEME).

HYDRAULIQUE

Une vingtaine de moulins et microcentrales (de 2,5 à 50 kW) ; un potentiel de développement limité (Source : ADEME).

SOLAIRE

Installations solaires et amélioration de la conception des pavillons : 100 000 tep économisées en Haute Normandie.

Le nombre d'installations solaires thermiques double chaque année (789 m² de capteurs en 2006) ; très peu de photovoltaïque (Source : ADEME).

GEOOTHERMIE

Développement de pompes à chaleur sur capteurs enterrés.

Les grandes tendances

Eléments de contexte :

AGROCARBURANTS

Agréments de défiscalisations : en augmentation régulière pour les esters d'huile jusqu'en 2005, puis « explosion » à partir de 2006 pour l'ester d'huile et l'éthanol.

Institution de la **Taxe Globale sur les Activités Polluantes** (2005).

Ester de colza :

- Des caractéristiques proches de celles du gazole en Europe ;
- **Sans concurrent** sur les marchés européens.

- **Pression des Grandes et Moyennes Surfaces** pour une incorporation rapide dans les essences et lancement de la commercialisation de l'E 85.

- Ethanol de canne à sucre brésilien moins cher à l'import, mais en quantités limitées, pour l'instant.

- Huile Végétale Pure (HVP) : **Défiscalisation totale** pour l'usage agricole (2005), possibilité de vente aux professionnels des secteurs de l'agriculture et de la pêche (2006), expérimentation possible par les collectivités (2007).

BIOCOMBUSTIBLES (Haute-Normandie et France)

- 1^{er} programme national « bois énergie » 1994-1999 : 11 régions concernées, la Haute-Normandie est exclue.

- 2nd programme 2000-2006 : amélioration des performances des chaudières et autres installations, crédits d'impôts pour les chaudières individuelles, promotion de l'installation de chaudières collectives et industrielles.

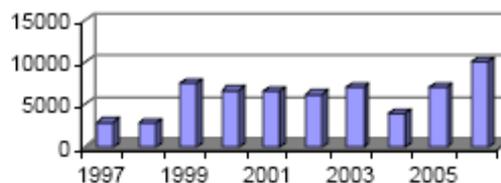
Augmentation du prix de l'énergie, de l'immobilier et de la construction : **les particuliers s'équipent en chauffage électrique et investissent dans l'appoint au bois.**

TVA à 5,5 % : moindre dépendance aux pour les chaufferies collectives au bois.

AGROCARBURANTS

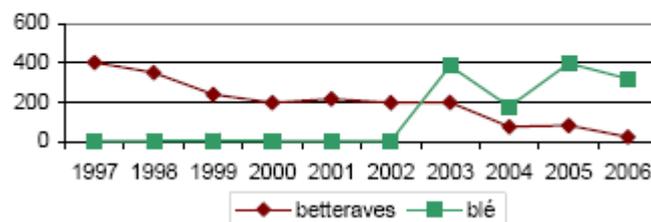
Les surfaces en colza décollent en 1999 (+ 170 % par rapport à 1998), puis stagnent jusqu'en 2005 (la baisse des surfaces en 2004 est la conséquence de la diminution du taux de jachère). En 2006, on observe à nouveau une augmentation de 3.000 ha (+ 41 %).

Evolution des surfaces en colza diester sur le département (en ha)
(Source : ONIOL, Agreste)



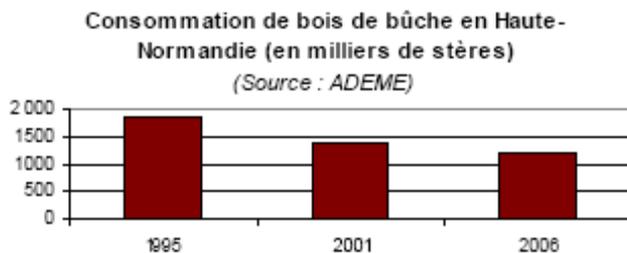
Depuis 10 ans, les surfaces en betterave éthanol n'ont cessé de se réduire, pour être progressivement remplacées, à partir de 2003, par du blé éthanol.

Evolution des surfaces en blé et betteraves pour la production d'éthanol en Seine-Maritime (en ha)
(Source : ONIOL)

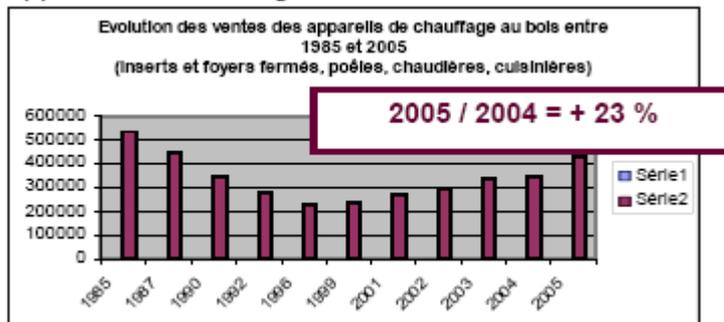


BIOCOMBUSTIBLES (Haute-Normandie et France)

En 10 ans, on note une baisse de la consommation de bois de bûche de 35 %, en conséquence, entre autres, du vieillissement des utilisateurs.



Par contre, on assiste à une reprise de la vente d'appareils de chauffage au bois.



Filière Lait

Les chiffres clés

Éléments de contexte :

Désengagement de la gestion des marchés de l'Union Européenne et Réforme de la Politique Agricole Commune en 2003

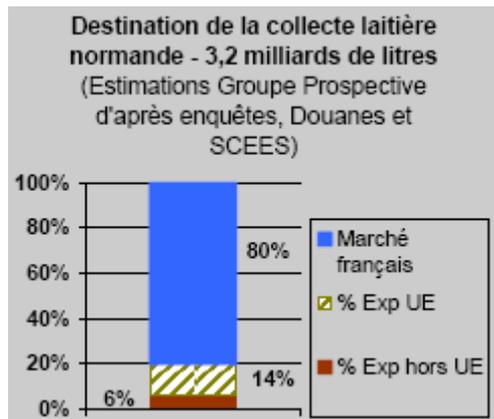
- baisse des prix d'intervention sur le beurre et la poudre de lait écrémé ;
- diminution des volumes disponibles à l'intervention ;
- une aide compensatrice dé耦plée ;
- hausse des références laitières ;
- une remise en cause des quotas laitiers au-delà de 2015.

Libéralisation du commerce mondial et négociations à l'Organisation Mondiale du Commerce

- vers la fin des restitutions à l'exportation ;
- augmentation prévisible des importations (baisse des droits de douanes) ;
- baisse des soutiens internes.

Sensibilité de la production laitière normande

La Normandie constitue un des principaux bassins laitiers français, avec 14 % de la collecte nationale.*



20 % de la collecte laitière normande est destinée à l'exportation, dont 14 % dans l'Union Européenne et 6 % vers les pays tiers.

En 2006, le produit laitier compte pour **21 % du produit agricole départemental** (Source : CA76). Le quota départemental atteint 596 millions de litres, pour une production de **581 millions de tonnes** (soit 2,2 % de la production nationale), satisfaisant à 145 % les besoins de consommation de produits laitiers⁴¹. Une seule production AOC est présente sur le territoire : le **Neufchâtel**, 1.420 tonnes produits en 2006 par 24 producteurs fermiers, 4 artisans et 2 laiteries (Source : Syndicat de Neufchâtel AOC)

Quelques repères structurels 2006 (Source : DDA 76) :

2.556 exploitations laitières

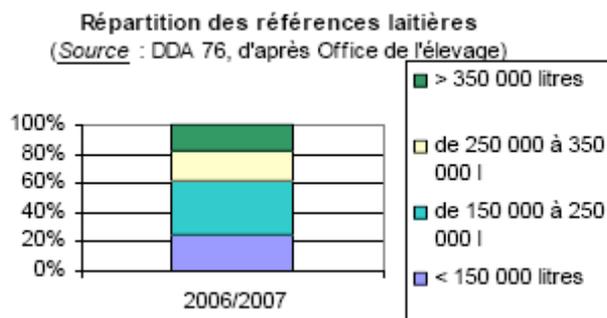
111.000 vaches laitières (43 par exploitation en moyenne)

⁴¹ * Le taux d'autosuffisance en Seine-Maritime est le rapport entre production et consommation (estimée à partir des données FAO et INSEE). (Source : CRAN.)

Quota moyen : 233.246 litres

Prix du lait TQC 2006 à MG/MP moyen : 286,6 €/1.000 L (Source : CRIL).

37 % des élevages laitiers disposent d'un quota compris en 150.000 et 250.000 L.



Qualité du lait en 2006 (Source : Labilait) :

Taux Butyreux : 41,2

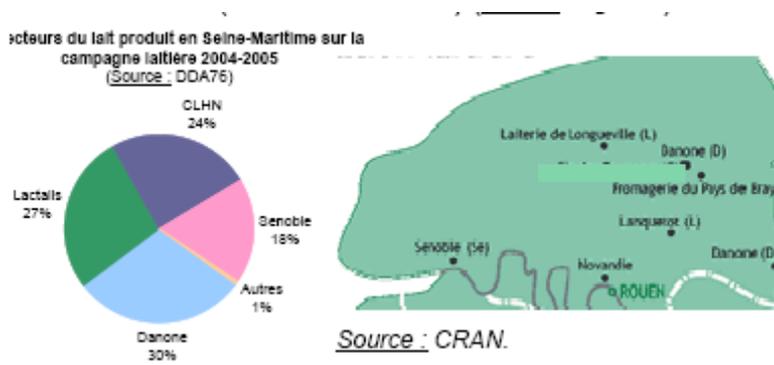
Taux Protéique : 33,4

68,5% des producteurs < 250.000 cellules

95,1% des producteurs < 50.000 germes

68,3% des producteurs < 1000 spores butyriques

98 % du lait produit en Seine-Maritime sur la campagne 2004-2005 est collecté par 4 entreprises, mais seulement 50 % est transformé localement, pour : 224.202 tonnes en yaourts et desserts lactés, 115.503 tonnes en fromages et 96.000 tonnes en produits intermédiaires (lait et crème vrac) (Source : Agreste).



Les grandes tendances

Éléments de contexte :

Danone regroupe ses deux sites de production et investit 45 M€ en Seine-Maritime pour devenir le plus important site Danone d'Europe, en volume collecté (300 millions de litres de lait, soit la collecte actuelle réalisée pour les usines de Neufchâtel et Ferrières-en-Bray).

Programmé pour être opérationnel en 2009, le plan de production prévoit la transformation de 215.000 tonnes de produits frais par an, soit 25 % de production supplémentaire (si on compare à la production actuelle dans les deux usines).

La fromagerie Graindorge (14) a pris une participation majoritaire dans la fromagerie du Pays de Bray, élargissant ainsi son plateau comprenant déjà 3 autres fromages AOC normands.

Lactalis et Nestlé s'associent pour créer Lactalis Nestlé Produits Frais.

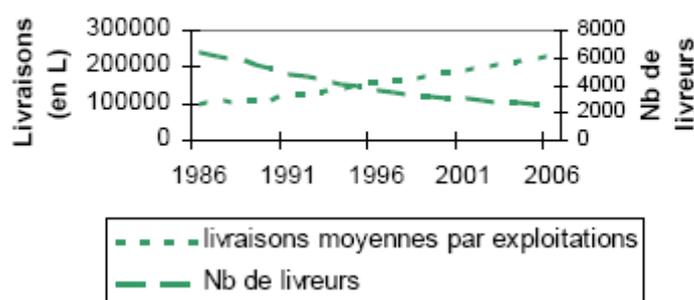
Lactalis ferme la laiterie de Longueville-sur-Scie.

NOVANDIE : une nouvelle usine à Chartres (capacité : 200.000 tonnes).

Senoble : sur le marché des marques distributeurs.
PMBE : 20 millions d'euros engagés dans le cadre du CPER 2007-2013.
Société Civile Laitière : régie par le décret du 16 novembre 2005, elle permet le regroupement des sites de production de lait.
Mise en place des ACAL professionnelles en 2006.
Yaourts et desserts lactés : une consommation en hausse, alors que les entreprises départementales sont positionnées sur ces créneaux.

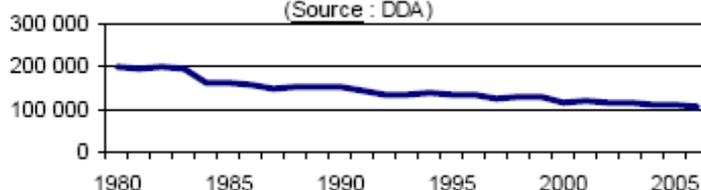
En 2006, le nombre de livreurs est de 2.556, soit une diminution de près de 70 % en 20 ans.

Evolution du nombre de livreurs et la quantité moyenne livrée (Source : DDA)



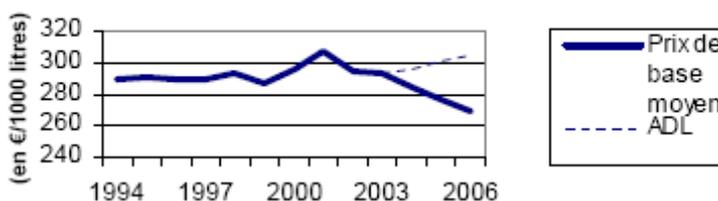
A l'inverse, en parallèle, la livraison moyenne par exploitation a bénéficié d'une forte augmentation pour atteindre 233.000 litres (soit 265 % de hausse), malgré une baisse continue du cheptel (- 45 %).

Evolution du nombre de vaches laitières (Source : DDA)



La réforme de la PAC de 2003 a engagé une baisse du prix du lait (- 8 % entre 2003 et 2006, hors Aide Directe Laitière⁴²).

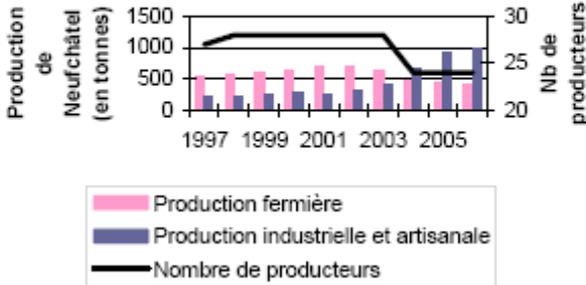
Evolution du prix de base moyen pondéré du lait (Source : CRIL)



Avec 1.400 tonnes de Neufchâtel, la production double en 10 ans au profit de la production industrielle.

⁴² * A partir de 2006, l'Aide Directe Laitière est totalement découplée : son impact sur le prix du lait est donc volontairement présenté séparément dans le graphique ci-dessus.

Evolution de la production de Neufchâtel (Source : Syndicat de Neufchâtel AOC)



Filière Viande bovine

Les chiffres clés

Eléments de contexte :

Désengagement de la gestion des marchés de l'Union Européenne et Réformes de la Politique Agricole Commune en 1999 et 2003

- arrêt de l'intervention ;

- des options de découplage des aides pouvant conduire à des avantages compétitifs entre membres de l'Union Européenne, et donc à terme à une « renationalisation » de la PAC ;

- un découplage partiel des aides en France ;

- des contraintes sanitaires et réglementaires (élevages et abattoirs)

Libéralisation du commerce mondial et négociations à l'Organisation Mondiale du Commerce

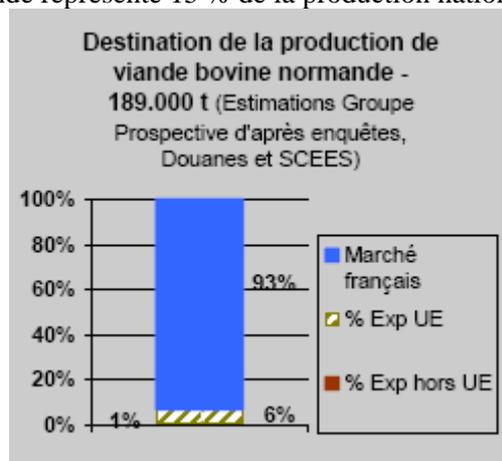
- vers la fin des restitutions à l'exportation ;

- augmentation prévisible des importations ;

- baisse des soutiens internes.

Sensibilité de la production de viande bovine normande

La production bovine normande représente 15 % de la production nationale.



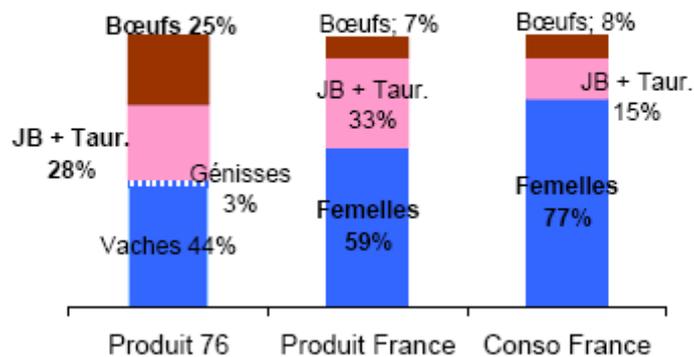
Le marché national demeure le principal débouché de la production bovine normande.

En 2006, le produit viande bovine compte pour **18 % du produit agricole départemental** (Source : CA76).

La production départementale atteint **39.000 tonnes de viande**, satisfaisant à 162 % les besoins locaux de consommation⁴³. Toutefois, on remarquera un sensible déséquilibre dans notre offre de viande : à 53 % en provenance du troupeau mâle, alors que le marché français demande à 77 % de la viande de vache.

⁴³ * Le taux d'autosuffisance en Seine-Maritime est le rapport entre production et consommation (estimée à partir des données FAO et INSEE).

Origine de la viande produite et consommée en 2006 (Source : Institut de l'Elevage, EDE76)



Quelques repères structurels (Sources : DDA 76 et Agreste) :

- 2.200 exploitations allaitantes (dont 1.400 professionnelles)
- 46.500 vaches allaitantes (soit 33 VA/exploitation professionnelle), dont 30% détenues par des éleveurs laitiers
- Pour **34.940 PMTVA** (2007, dont 40 % de génisses)
- 53.800 bœufs
- 19.000 jeunes bovins

La filière s'organise avec : 3 **organisations de producteurs** (ADPA, Prénor/Prévert, Cobévial) et une vingtaine de **marchands de bestiaux**.

Deux marchés aux bestiaux se tiennent sur les sites de :

- Forges-les-Eaux : 400-500 gros bovins pour la boucherie et 80-150 bovins d'élevage par semaine ;
- et Neufchâtel : 50 veaux par semaine.

Trois abattoirs sont localisés en Seine-Maritime :

- Forges-les-Eaux - Groupe Bigard (9.000 t) ;
- Cany-Barville - Groupe Weber & Ricoeur (5.000 t) ;
- Le Trait (3.000 t).

Hors département, trois autres abattoirs abattent également des animaux produits localement :

- Formerie (60) - Groupe Alliance ;
- Le Neubourg (27) - Groupe SOCOPA ;
- Gacé (61) - Groupe SOCOPA.

Filières qualité : 3 labels rouges, 2 certifications de conformité produit, 1 marque collective, 1 AOC en cours, 3 autres filières dont filière biologique.

Les grandes tendances

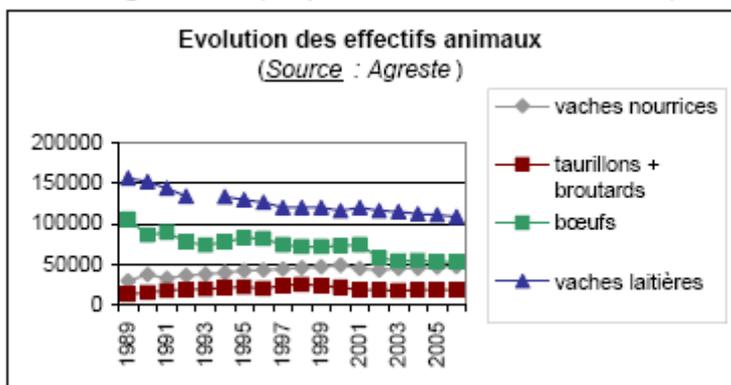
Éléments de contexte :

De fortes restructurations en aval de la filière :

- Fermeture de l'abattoir de Bolbec en octobre 2006 ;
- Reprise de l'activité de l'abattoir de Forges-les-Eaux par le Groupe Bigard en novembre 2006 ;
- SOCOPA Le Neubourg investit et conforte son atelier ;
- Formerie : l'abattoir double sa capacité de production.

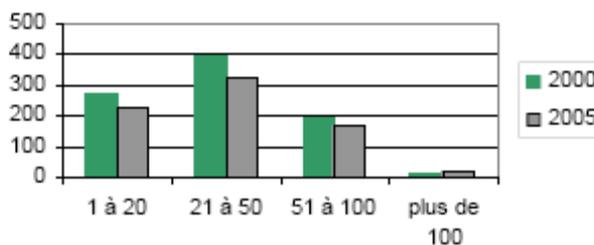
- **Prénor** : le plus grand centre d'allotement de la région Haute-Normandie avec 800 bêtes regroupées chaque semaine pour la boucherie et l'élevage.
 - **Tourville-la-Rivière** : fermeture du marché aux bestiaux fin 2006, et arrêt de la cotation nationale et européenne (dernière cotation officielle relevée en Haute-Normandie) ;
 - **PMPOA** : Echéances des travaux en 2009.
 - **PMBE** : plus de 20 millions d'euros octroyés dans le cadre du CPER 2007-2013 pour le maintien de l'élevage et la modernisation de bâtiments.
 - Les filières qualité conservent leur place sur le marché mais ne se développent pas selon les objectifs attendus.
 - Procédure de reconnaissance de l'AOC « le Bringé » se poursuit.
- La baisse de la consommation de produits carnés renforce le besoin de segmentation des marchés et incite à la **recherche de nouveaux débouchés**. La croissance de la demande en jeunes bovins sur les marchés Hallal et européen (Allemagne, Grèce) est remarquable.

Si le cheptel bovin de Seine-Maritime a subi une baisse d'1/4 de ces effectifs en 17 ans, elle est différente selon les catégories d'animaux. Ainsi, la baisse est particulièrement marquée en bœufs (- 50 %) et moindre en vaches laitières (- 30 %), alors que les effectifs en vaches allaitantes et en jeunes bovins augmentent (respectivement + 58% et + 40%).

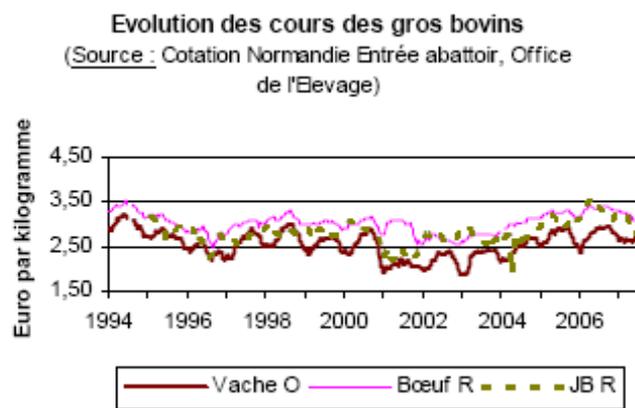


Entre 2000 et 2005, le nombre total d'élevages allaitants diminue de près de 20 %. Dans le même temps, on assiste à des changements dans la structuration des élevages, au profit des plus de 50 vaches allaitantes.

Evolution des structures d'élevages allaitants (Source : DDA 76)



Après avoir atteint leurs niveaux les plus bas avec la crise de l'ESB, les prix de la viande retrouvent leur niveau du début des années 1990.



Malheureusement, le niveau élevé des prix freine la consommation de viande.

Filière Agriculture Biologique

Les chiffres clés

Eléments de contexte :

Une nouvelle Loi d'Orientation Agricole

2 dispositions concernent l'agriculture biologique. Une seule s'applique : le **crédit d'impôt pour les exploitations** dont au moins 40 % des recettes proviennent d'activités liées à l'agriculture biologique, valable jusqu'à fin 2008.

Un plan d'action européen en matière d'alimentation et d'agriculture biologique visant à :

- Assurer le développement du marché par l'information du consommateur ;
- Accroître l'efficacité de l'aide publique ;
- Améliorer et renforcer les normes communautaires.

Un cahier des charges européen appliqué de façon particulièrement restrictive en France pour les productions animales.

Un projet de cahier des charges biologique européen.

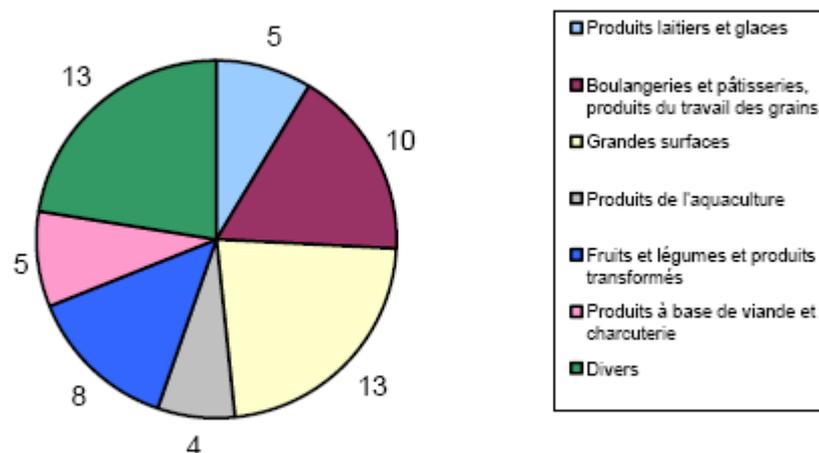
Quelques repères en France en 2005 :

11.402 exploitations biologiques occupent 560.838 ha, soit 2 % de la SAU nationale.

La France est au 5^{ème} rang des pays européens, derrière l'Italie, l'Allemagne, l'Espagne et le Royaume-Uni. 4.995 opérateurs (industries agro-alimentaires, industries d'aliments du bétail...) sont certifiés Agriculture Biologique.

En 2007, on recense **43 exploitations biologiques ou en conversion** sur le département (0,9% des exploitations du département) (*Source : GRAB HN*). En 2005, elles occupaient une surface de 1.788 ha dont 49 ha en conversion (**0,4% de la SAU**). *Avec l'Île de France, la Haute-Normandie est dans les dernières régions françaises en nombre d'exploitations et surfaces dédiées à l'agriculture biologique.* 45 transformateurs sont présents sur le département, ainsi que 5 importateurs (dont 2 pour le café, 1 pour les jus de fruits et légumes) (*Source : Agence bio*). Le graphique suivant montre la répartition des transformateurs par secteurs de produits :

Répartition des transformateurs seino-marins par secteur de produits (*Source : Agence bio*)



Les grandes surfaces sont intégrées à ce graphique car elles possèdent des unités de transformation (boulangerie notamment).

Répartition de la production (Source : Agence bio) :

* Production végétales

	Surface (2005)	Nombre d'exploitations (2007)
Cultures fourragères	1.291 ha (dont 900 ha de STH)	24
Céréales	243 ha	18
Fruits	68 ha	11
Légumes	60 ha	8
Protéagineux	36 ha	9

* Productions animales

	Effectifs (2005)	Nombre d'exploitations (2007)
Bovins lait	863	11
Bovins viande	217	7
Brebis viande	321	5
Caprins	118	2

Les grandes tendances

Éléments de contexte :

Consommation française : en progression de 10 % par an depuis 10 ans.

4 français sur 10 consomment des produits biologiques au moins une fois par mois.

Succès des magasins bio spécialisés.

La Seine-Maritime, un bassin de consommation important : le marché de la consommation biologique est estimé à une trentaine de millions d'euros.

Danone investit dans une usine bio.

Lactalis développe sa gamme de produits bio.

Financement

➤ **Des difficultés à pérenniser.**

➤ **Aucune aide au maintien ou à la conversion en 2007.**

Les financeurs se repositionneront en 2008.

➤ **CPER 2007-2013** : un financement estimé entre 30 et 40.000 €par an.

➤ **Crédit d'impôt** plafonné à 2.000 €pour tous les exploitants biologiques.

➤ **Réactualisation du Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux** : l'agriculture biologique est proposée comme un moyen de protéger la ressource dans les bassins d'alimentation de captage, au même titre que l'enherbement ou l'élevage extensif.

En s'appuyant sur des études du marché alimentaire, on peut estimer la valeur de la consommation en produits issus de l'agriculture biologique à près de 30 millions d'euros en Seine-Maritime (confère tableau ci-dessous). Même si, à vu d'expert, on peut estimer que le

marché biologique est moins développé localement que dans le reste de la France, on prend l'hypothèse d'une égale répartition sur le territoire français.

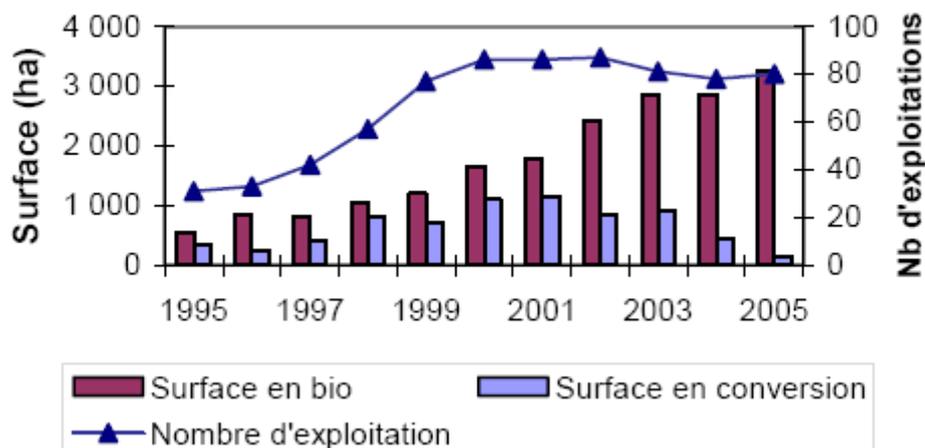
Millions d'euros	Bio*	Non Bio**	Part du bio
Valeur totale de la consommation	30	3.800	0.8%
Fruits et Légumes	4,8	380	1,3 %
Produits laitiers	4,5	494	0,9 %
Pain	3,6	418	0,9 %
Viandes	3,3	456	0,7 %

* Selon la CRAN, le marché alimentaire bio en France est d'environ 1,6 milliards d'euros, les fruits et légumes participant à hauteur de 16 %, les produits laitiers 15 %, le pain 12 % et la viande 11 %.

** Selon le Groupe Prospective, le marché alimentaire français s'élevait à 190 milliards d'euros en 2003, les fruits et légumes représentant 10 % des dépenses, les produits laitiers 13 %, le pain 11 % et les viandes 12 %.

En Haute-Normandie, le nombre d'exploitations conduites en agriculture biologique a été multiplié par 2,5 entre 1995 et 2000. Ces années de forte croissance correspondent à un contexte national privilégié : Contrats Territoriaux d'Exploitation, crises de l'ESB. Depuis, ce chiffre stagne. Les surfaces converties sont passées de 550 ha en 1995 à 3.700 ha en 2003. Elles stagnent depuis, en conséquence d'une réduction des surfaces en conversion.

Evolution des surfaces et des exploitations bio en Haute-Normandie (Source : Agence bio)



2005	Bio	Non Bio	Part du bio
Fruits et Légumes (ha)	128	2.363	5,4 %
Lait (1000 litres)	2.000	598.000	0,33 %
Céréales (tonnes)	982	1.060.000	0,09 %
Viande bovine et ovine (tonnes)	170*	40.000	0,42 %

* Issue de vaches allaitantes, vaches laitières et brebis viande.

Sources : Agence bio, CA76.

Annexe 2 Liste des processus

N° d'ordre	Processus/Variable d'état
Population/démographie	
Population mondiale	
1	La part de la population mondiale occupée par les pays en développement continue à augmenter
Population française	
2	La population de moins de 50 ans restera relativement stable, en France, d'ici 2020
3	La population âgée de plus de 60 ans s'accroît fortement
Population familiale agricole	
4	La population familiale agricole en Seine-Maritime suit l'évolution nationale et est en forte diminution
Population active agricole	
5	La population active agricole (travailleurs salariés et non salariés) est en nette diminution <i>Commentaire : la commission européenne prévoit 6 millions d'agriculteurs en moins dans l'Union Européenne d'ici 7 ans, dont 2 millions chez les 15 « anciens » états membres</i>
Population rurale	
6	L'espace rural voit sa population augmenter plus rapidement que celle de l'espace urbain
7	Les familles auraient tendance à s'installer plus à l'écart des agglomérations urbaines
Salariés	
8	Les actifs familiaux dans les exploitations professionnelles assurent toujours la majeure partie du travail, mais la main d'œuvre salariée non familiale occupe une part croissante
9	Le recours aux salariés saisonniers progresse <i>Commentaire : un transfert s'effectue, des exploitants vers le salariat permanent et du salariat permanent vers le salariat saisonnier</i>
Pluriactivité	
10	La pluriactivité progresse quelque peu depuis 2000, surtout pour les exploitants de grandes cultures où elle atteignait le niveau le plus élevé mais aussi pour les éleveurs laitiers où son niveau était le plus bas <i>Commentaire : les exploitants ne prennent plus le fait d'avoir une autre activité comme étant un échec de leur activité d'agriculteur</i>
Urbanisation	
11	Les terres agricoles destinées à l'artificialisation augmentent et de plus en plus de terres quittent l'usage agricole pour les logements, les infrastructures ou les zones d'activités
12	La tendance récente est à une déconcentration des centres-villes avec une augmentation de population en zones périurbaines (périurbanisation)
13	L'artificialisation a des conséquences sur le volume de production de l'agriculture et le potentiel agricole diminue plus vite que la perte de surfaces car ce sont les meilleures terres qui sortent du domaine agricole
14	L'influence de plus en plus importante des achats par les non agriculteurs, à des fins d'urbanisation et de loisirs, augmente la valeur vénale des terres agricoles
15	Les surfaces mises en vente représentent une part de plus en plus faible de la surface agricole
16	Il y a un ralentissement de la demande de terres agricoles qui se conjugue avec un rétrécissement de l'offre
17	La nouvelle Loi de d'Orientation Agricole (publiée début 2006) insiste sur la protection et la valorisation de l'espace agricole et forestier et l'agriculture figure parmi les volets à prendre en compte dans l'établissement des schémas de cohérence territoriale (SCOT) et plans locaux d'urbanisme (PLU).
Comportements et attentes des consommateurs	

Modes de consommation	
18	La consommation alimentaire se tourne vers davantage de restauration hors domicile, davantage de plats transformés, davantage de produits élaborés
19	Le consommateur prend davantage en compte le mode de production des produits <i>Commentaire : bien-être des animaux et respect de l'environnement sont de plus en plus pris en compte dans les comportements alimentaires</i>
20	La qualité sanitaire des produits alimentaires, le goût et l'image sont de plus en plus pris en compte dans les comportements alimentaires
21	Les produits biologiques s'ancrent dans le mode de consommation alimentaire
22	La tendance à la baisse de la part du budget des ménages consacré à l'alimentation devrait se poursuivre
Consommation de produits laitiers	
23	L'augmentation du revenu, de la population et la modification du régime alimentaire dans les pays émergents entraîne une progression de la consommation de viande et de lait <i>Commentaire : plus la croissance économique sera élevée, plus l'évolution sera favorable aux produits laitiers</i>
24	La consommation de beurre et de lait décline et continuera à décliner, même s'il n'y a pas d'effondrement
25	La crème, le fromage frais (fromage blanc) et les desserts lactés ont les faveurs du consommateur européen et la poursuite de cette croissance est à prévoir <i>Commentaire : l'influence des recommandations nutrition-santé ne semble pas déstabiliser le secteur des produits laitiers normands</i>
26	Emmené par le camembert au lait cru, l'ensemble des AOC normandes recule depuis l'année 2000
Consommation de viande	
27	Au-delà des crises ponctuelles affectant telle ou telle viande de façon en général transitoire, ces crises pourraient renforcer le plafonnement global de la consommation carnée sur le long terme
28	La progression de la consommation totale de viande se ralentit et il y a une baisse tendancielle de la consommation individuelle de viande bovine au profit des viandes de porcs et de volailles
29	Dans l'esprit du consommateur, la viande bovine a une position ambivalente et il faut la consommer avec modération <i>Commentaire : un développement des recommandations santé pourrait être un facteur de réduction de la consommation</i>
30	La viande bovine souffre d'un déficit de renouvellement, de créativité, dans un contexte d'offre de nouveautés abondantes
31	L'origine des viandes, à laquelle le consommateur est très attaché lorsqu'il s'agit d'un produit frais, est un critère qui est moins important dans les circuits de restauration et pour l'élaboration (brochettes, carpaccio, plats cuisinés...)
32	Le vieillissement de la population, s'il accroît le nombre de consommateurs, peut à terme être une cause de réduction des volumes de viande bovine consommés <i>Commentaire : la consommation de viande bovine s'accroît avec l'âge puis diminue sensiblement à partir de 65 ans</i>
33	Depuis une dizaine d'années, la consommation de porc est relativement stable
34	La consommation de viande de porc est surtout une consommation de produits transformés
35	La consommation de viande de volaille augmente avec l'âge jusque vers 50-60 ans puis recule ensuite toutes les générations suivant la même évolution à l'identique
36	La volaille pourrait aussi faire valoir son caractère diététique du fait de sa faible teneur en lipides
Consommation en huiles	
37	Dans le monde, depuis les années 1960, la consommation d'huiles végétales par habitant progresse et la consommation globale d'huiles végétales devrait encore progresser en France et en Europe
38	Il y a une montée en gamme vers des huiles plus élaborées avec un caractère nutritionnel (Oméga 3) ou avec des spécificités gustatives

Consommation de Pomme de Terre	
39	Dans l'hexagone, les ventes de pommes de terre stagnent <i>Commentaire : en France, depuis plusieurs années, la consommation totale de pommes de terre régresse et s'inscrit véritablement dans une tendance de fond observée depuis 10 ans</i>
40	Sous l'influence de l'évolution du mode de vie (développement du travail des femmes, de la restauration hors domicile), la demande en légumes et pommes de terre a évolué. <i>Commentaire : ils sont passés de matière première brute vendue en l'état, à des produits de plus en plus élaborés</i>
Revenu	
41	La rémunération de l'activité agricole repose de plus en plus sur des prix alignés sur les cours mondiaux (complétés par une aide fixe appelée DPU) et la part des aides non liées à la production dans le revenu des agriculteurs progresse <i>Commentaire : les soutiens aux prix diminuent avec le découplage et la modulation des aides</i>
42	Les variations de revenu sont de plus en plus importantes
43	Les charges des exploitations augmentent en Seine-Maritime, notamment les consommations très dépendantes des cours du pétrole comme l'énergie et les engrais
44	Les agriculteurs recherchent une sécurité pour palier la fluctuation des prix des matières premières agricoles (marché à terme, assurance-récolte, contractualisation...)
45	Depuis 2000, le revenu par actif baisse, toutes orientations confondues, mais l'année 2006 marque une rupture par rapport aux dernières années <i>Commentaire : le revenu des exploitations de grandes cultures est en forte augmentation en 2006, après plusieurs années consécutives de baisse</i>
46	La dépendance des exploitations SCOP vis-à-vis du soutien public (subventions européennes et/ou françaises) est forte <i>Commentaire : les aides européennes constituent au moins 80% du revenu des agriculteurs les plus performants bénéficiant de la PAC</i>
47	Les agriculteurs cherchent de plus en plus à optimiser leurs assolements en fonction du résultat économique <i>Commentaire : les choix des agriculteurs, en termes de production et de pratiques, sont majoritairement guidés par une logique économique</i>
48	De plus en plus de contrats sont proposés aux agriculteurs <i>Commentaire : notamment pour les cultures destinées à la production de produits énergétiques, de chaleur ou d'électricité (les coopératives proposent des contrats bioéthanol de cinq ans pour le blé éthanol et de 1 an pour le colza diester)</i>
Croissance économique	
49	Une croissance économique soutenue est à prévoir pour la période à venir dans presque toutes les régions du monde <i>Commentaire : elle sera plus importante pour les pays en développement et en voie de développement que pour l'UE à 15, les Etats-Unis et le Japon</i>
Prix de l'énergie	
50	Le prix du pétrole augmente et devient directeur des prix agricoles
51	L'augmentation du cours du pétrole a une influence positive sur les quantités de biocarburants produites et consommées
Elargissement de l'Union Européenne	
52	L'élargissement de l'Union Européenne pourrait entraîner la délocalisation d'industries agro-alimentaires (IAA), qui chercheront ailleurs leurs fournisseurs agricoles et des bassins de production de la filière qui leurs sont associés
53	L'élargissement de l'Union Européenne vers les Pays d'Europe Centrale et Orientale (PECO), Chypre et Malte, est à la fois susceptible de modifier la place de l'Union Européenne sur le marché mondial et d'engendrer un niveau de concurrence intracommunautaire accru <i>Commentaire : les productions des Pays de l'Est bénéficient désormais des aides de l'Union européenne</i>
54	L'agrandissement du Marché communautaire et la progression du niveau de vie dans les PECO offre des opportunités en termes de marché mais aussi d'investissements pour les entreprises

	normandes
55	Le renforcement de la compétitivité de la région, rendu nécessaire par le développement de la concurrence des nouveaux pays, pourrait être un nouvel accélérateur de la réduction des effectifs agricoles et de l'agrandissement des exploitations en Normandie
56	Certaines filières, comme celles des légumes industriels (pommes de terre), sont déjà soumis à la libre-concurrence et pourraient pâtir de l'arrivée des pays de l'Est dans l'Europe
Marchés	
57	Les cours mondiaux des matières premières agricoles (lait, céréales, sucre, huiles, protéagineux, pomme de terre, viande) devraient restés orientés à la hausse face à des besoins croissants (pays en développement) et au développement de nouveaux débouchés (biocarburants)
58	La volatilité des marchés sera accrue et une place centrale sera donnée au marché <i>Commentaire : les prix européens vont s'aligner sur les prix mondiaux</i>
59	La hausse des cours pourrait inciter les agriculteurs à remettre en cause les contrats de vente signés avec leurs coopératives sur la base de prix souvent inférieurs <i>Commentaire : l'augmentation du blé risque de déstabiliser les filières colza et le risque est de ne pas avoir suffisamment de matière pour approvisionner les filières</i>
Filière lait	
60	La production dans les pays émergents augmente <i>Commentaire : la collecte de lait de vache dans le monde progresse</i>
61	Les échanges mondiaux de lait et dérivés s'accroissent mais la part de l'UE diminue régulièrement <i>Commentaire : l'UE tient sa place sur les marchés internationaux pour les fromages</i>
62	Une hausse continue des prix du lait placerait les groupes agroalimentaires dans une situation délicate car ils rencontreraient des difficultés d'approvisionnement
63	La hausse du prix du lait pourrait encourager certains agriculteurs à poursuivre leur production laitière <i>Commentaire : la remontée du prix du lait, que l'on constate partout en Europe, est le meilleur signal pour remotiver les producteurs.</i>
Filière viande porcine	
64	Peu concerné par l'intervention publique, l'élevage porcin est soumis à d'amples mouvements cycliques de production et de prix
Filière sucre	
65	Les betteraves éthanol sont beaucoup moins rentables que les betteraves sucrières mais les prix devraient s'ajuster au cours du temps du fait de la baisse des prix assurés et de la hausse possible du prix de vente de l'éthanol, si le cours du pétrole augmente
Filière Lin	
66	La production de lin bénéficie d'une accalmie sur le marché
Filière Biologique	
67	Depuis 1995, le marché alimentaire biologique en France progresse de près de 10 % par an
Alimentation animale	
68	La flambée des cours pourrait inciter les opérateurs de l'alimentation animale à chercher d'autres sources de protéines et d'énergie comme les PSC (produits de substitution des céréales)
69	Face à la flambée des coûts de l'alimentation animale, les intégrateurs pourraient freiner les mises en place de veaux et ainsi provoquer une hausse des prix de la viande
Organisation Mondiale du Commerce	
Filière Lait	
70	La baisse des restitutions et l'abaissement de la préférence communautaire affecteraient certains débouchés normands en production laitière <i>Commentaire : le beurre et les fromages seraient exposés à des importations et les exportations de lait concentré diminueraient</i>
Filière viande bovine	
71	L'abaissement des droits de douanes augmenterait les volumes de viande importés en provenance des pays d'Amérique du Sud

	<i>Commentaire : cela entraînerait une baisse de la production de viande bovine européenne et une baisse des cours moyens</i>
Politiques européennes	
Régulation de la production	
72	L'Union européenne (UE) est en train de faire un premier pas vers la disparition de la jachère obligatoire avec la suppression de la jachère obligatoire pour l'année 2008
73	La valeur des productions agricoles devient de plus en plus dépendante des marchés <i>Commentaire : la spéculation devient très présente et les emblavements se font beaucoup plus en fonction des cours des marchés</i>
74	Il est très vraisemblable que d'ici 5 à 10 ans, la subsidiarité sera plus grande au niveau régional et national, Bruxelles n'intervenant que sur les grandes lignes <i>Commentaire : la PAC de demain sera centrée sur les aides découplées, avec le moins possible d'intervention publique en matière de gestion des marchés (quotas, intervention, restitutions, aides à la consommation...)</i>
75	La commission européenne prévoit la fin des quotas laitiers pour 2015
76	Les ministres de l'agriculture des 27 ont décidé de supprimer progressivement d'ici 2009 les achats publics européens de maïs <i>Commentaire : cette décision enclenche un processus qui s'étendra au blé et à l'orge</i>
PAC	
77	Les soutiens européens au secteur laitier diminuent <i>Commentaire : l'UE n'exclut pas une mise à zéro des restitutions en beurre en 2007</i>
78	Le principe de découplage va contribuer à diminuer les écarts de primes entre les productions <i>Commentaire : les exploitants vont être incités à actualiser leurs logiques d'exploitation, notamment pour intégrer les évolutions que connaîtra la « hiérarchie économique » des productions</i>
79	La mise en place du découplage devrait mettre en lien direct production et marché. <i>Commentaire : les agriculteurs seront alors incités à produire non plus en fonction des soutiens mais plutôt en fonction des signaux du marché, cela permet aux agriculteurs d'optimiser leurs choix de production en fonction des opportunités du marché</i>
80	Le nouveau contexte agricole (production mondiale en baisse, demande en hausse, stocks mondiaux au plus bas, envolée des cours des matières premières), remet en cause, au moins temporairement, les principes de la politique agricole européenne <i>Commentaire : la flambée des prix internationaux de la poudre de lait permet d'exporter sans aides et vont dans le sens d'une suppression des aides à la production</i>
81	La commission européenne veut réduire l'aide aux cultures énergétiques <i>Commentaire : la filière des oléo-protéagineux juge cette aide indispensable pour motiver la culture du colza, dont les surfaces semées pour 2008 sont en baisse de 5%, flambée du blé oblige</i>
82	La réglementation concernant le bien-être animal se durcit avec des contraintes concernant le bien-être animal incluses en 2007 dans la conditionnalité
83	L'UE procéderait en 2008/2009 à une révision globale du budget européen et l'après 2009 sera marqué par une diminution des aides
Conditionnalité	
84	Le maintien des pâturages permanents est une conditionnalité qui concerne fortement l'agriculture de Seine-Maritime dont le ratio PP/SAU est de 30 à 45% mais il n'y a pas d'obligation a priori de maintien des Prairies Permanentes (sauf décision ultérieure de la France) <i>Commentaire : en 2007, il n'y a pour l'instant pas d'obligation de demande préalable d'autorisation pour le retournement des Prairies Permanentes</i>
85	L'exigence de maintien des prairies permanentes et le découplage des aides au maïs fourrage donnent des signes positifs pour la prairie <i>Commentaire : le découplage des aides SCOP rééquilibre le choix entre les rations à dominante fourrages et les rations à dominante intrants et la part de chacun de ces aliments dans la ration pourrait évoluer</i>

Biocarburants	
86	Deux directives communautaires de 2003 incitent au développement des biocarburants <i>Commentaire : la directive sur la promotion des biocarburants donne les objectifs à atteindre en matière d'incorporation des biocarburants dans les carburants destinés au transport routier (2% en 2005 et 5,75% en 2010) et la directive sur la taxation de l'énergie qui autorise les Etats Membres à prendre des mesures de réduction fiscale en faveur des biocarburants relativement au régime fiscal général auquel sont soumis les carburants pétroliers</i>
Développement rural	
87	La réforme de la PAC 2003 avait de grandes ambitions en matière de développement rural mais le débat budgétaire (perspectives financières 2007-2013) a réduit considérablement les moyens financiers consacrés au développement rural
88	La Commissaire européenne à l'agriculture envisage d'accroître la modulation obligatoire (dégressivité de l'aide perçue) à l'occasion du bilan de santé de 2008 <i>Commentaire : les aides environnementales ne vont pas toutes aux exploitants mais aussi aux collectivités locales (modulation) ; au début les agriculteurs pensaient récupérer des aides en accédant à des programmes agri-environnementaux mais ce n'est pas le cas</i>
Réforme sucre	
89	La commission européenne veut rendre plus attractif le plan de restructuration du secteur sucrier dans l'Union et même les pays les plus compétitifs vont devoir faire un effort <i>Commentaire : certains planteurs pourraient décider d'arrêter cette culture, ce qui réduira d'autant la baisse de quota pour les planteurs dont la compétitivité peut s'accommoder des nouvelles conditions économiques de la filière.</i>
Politiques nationales	
Filière Lait	
90	Des pistes sont ébauchées pour assouplir la politique laitière d'ici 2015 <i>Commentaire : augmentation progressive et successive des références, assouplissement progressif des pénalités pour dépassement, relèvement des quotas des producteurs et des entreprises qui vendent leurs produits sans soutien européen, et mobilité ou échange de quotas entre états membres</i>
91	Le nouvel accord national interprofessionnel (janvier 2006) a permis de fixer les nouvelles modalités d'évolution du prix du lait payé à la production qui devrait permettre de donner une certaine lisibilité aux acteurs de la filière et pérenniser l'ensemble de la collecte française dans le cadre de la recommandation nationale <i>Commentaire : début 2007, après 5 années de baisse consécutives du prix du lait, les recommandations ont été revues à la hausse ; cette première évolution positive apporte de la sérénité à la filière qui a subi de profonds bouleversements au cours des dernières années</i>
92	Les coopératives laitières réfléchissent à l'après-quota <i>Commentaire : maîtrise des volumes qui mette la production en adéquation avec les marchés, prix en correspondance avec les valorisations et les marchés, nouveau système de régulation reposant sur le contrat entreprise-production (contractualisation), encadrement interprofessionnel de ces contrats, se déclinant par bassin de production</i>
93	Les aides laitières sont reconduites pour la campagne 2007-2008 <i>Commentaire : un arrêté du 30 juillet dernier a reconduit, pour la campagne 2007-2008, le dispositif d'indemnité à l'abandon total ou partiel de la production laitière</i>
LOA	
94	La dernière LOA votée publiée en 2006 introduit des dispositions innovantes telles que le bail cessible, le fonds agricole, le statut du conjoint exploitant, un système de crédit transmission pour faciliter les reprises d'exploitations ou encore le crédit remplacement pour les congés
95	La loi d'orientation agricole fixe des objectifs de taux d'incorporation de biocarburants dans les produits pétroliers : 5,75% fin 2008, 7% fin 2010 et 10% fin 2015 <i>Commentaire : pour atteindre l'objectif d'incorporation de biocarburants fixé par le gouvernement, 300 000 ha de blé, 50 000 ha de maïs et 50 000 ha de betteraves seront mobilisés dès 2010</i>

96	L'Etat favorise la production de biocarburants grâce à des incitations fiscales <i>Commentaire : défiscalisation partielle des taxes pétrolières aux industriels producteurs de biocarburants (attribuée, par appels d'offres, sous forme de « volumes agréés » aux sites industriels), incitation fiscale constituée par une TGAP supplémentaire pour les distributeurs de carburants qui incorporent moins que le taux minimal (3% en 2007, 7% en 2010)</i>
97	La loi accorde une reconnaissance partielle de l'huile végétale pure (HVP) et les agriculteurs producteurs de graines d'oléagineux peuvent utiliser l'HVP comme carburant <i>Commentaire : ils pourront également vendre l'HVP comme carburant agricole à d'autres agriculteurs ou aux navires de pêches professionnels</i>
98	La loi d'orientation sur l'énergie a fixé pour la France des objectifs d'utilisation des énergies renouvelables et l'agriculture pourrait être amenée à dédier à la production d'énergie des biocombustibles (paille, anas, rémanents de haies, effluents animaux) <i>Commentaire : la mise en place de ces nouvelles filières est favorisée par les crédits d'impôts à l'achat de chaudières privées utilisant de la biomasse, et par les appels d'offre biogaz et biomasse de l'Etat</i>
PAC	
99	Le couplage de la PMTVA va consolider son rôle de fournisseur d'animaux d'élevage <i>Commentaire : le couplage de la PMTVA et de la prime à l'abattage pour les veaux (au contraire des autres bovins) est en principe un choix stabilisant la situation actuelle en production bovine</i>
100	L'abandon de la PSBM et le découplage important de la PAB « Gros bovins » ne sont pas favorables à une reprise de la production de mâles <i>Commentaire : la marge dégagée par les ateliers d'engraissement devient beaucoup moins intéressante avec le découplage et on doit s'attendre à une fermeture des ateliers de taurillons qui pourrait être remplacés par des troupeaux allaitants</i>
101	La réglementation environnementale devient de plus en plus exigeante <i>Commentaire : conditionnalité des aides PAC, arrêté Phyto de septembre 2006...</i>
Développement rural	
102	En 2007, les mesures agro-environnementales seront désormais territorialisées au lieu d'être nationales. Seuls les agriculteurs exploitant des terres dans ces zones d'action prioritaires pourront contracter une MAE. <i>Commentaire : au premier rang des mesures du programme de développement rural hexagonal (PDRH) se trouvent l'indemnité compensatoire de handicaps naturels (ICHN), les mesures agro-environnementales (MAE), l'installation des jeunes et la modernisation des exploitations (plan de modernisation des bâtiments d'élevage et plan végétal pour l'environnement)</i>
103	Au sein du nouveau plan de développement rural, l'agriculture biologique a une place plus importante que dans le précédent (aide à la conversion, aide au maintien dans onze régions françaises de l'hexagone)
Directive Nitrates	
104	La modernisation des bâtiments d'élevage et la mise en conformité environnementale (PMPOA) se poursuit en 2007 et pourrait accélérer la restructuration laitière <i>Commentaire : les éleveurs de plus de 50 ans, sans successeur, pourraient arrêter la production laitière sous l'effet combiné du découplage des aides et de la mise en conformité</i>
Plan de Prévention des Risques	
105	Les PPR peuvent avoir des conséquences fortes en matière d'urbanisme, notamment dans les zones inondables ; dans les zones directement exposées au risque le PPR peut interdire tout type de construction
Politiques locales	
Réforme Sucre	
106	« L'initiative planteurs » donne la possibilité aux planteurs de betteraves de renoncer à tout ou partie de leur droit de livraison de betteraves
Directive Nitrates	
107	Le troisième programme d'action de la Directive Nitrates (2004) prend fin cette année (2007), et l'élaboration du quatrième programme d'action est en cours

	<i>Commentaire : la liste de captages DUP pourrait être complétée par d'autres captages dans le cadre du 4ème programme</i>
108	En ce qui concerne l'atelier lait, au 31/12/09, tous les élevages du département devront être aux normes s'ils veulent continuer à produire du lait <i>Commentaire : 500 exploitations professionnelles n'ont pas donné suite au PMPOA</i>
109	Pour les autres systèmes, la mise en conformité est un élément de fragilisation de l'atelier viande. <i>Commentaire : cela sera d'autant plus difficile que les structures viandes présentent une faible rentabilité du capital. Il existe cependant une solution pour limiter le coût de la mise aux normes : l'éleveur peut choisir de maîtriser ses effluents d'élevage en réduisant sa production de viande</i>
Politique départementale	
110	La politique agricole est orientée pour la période 2006-2008 autour de 4 axes prioritaires : l'emploi, l'élevage, les filières courtes et l'environnement <i>Commentaire : promotion des métiers de l'agriculture, appui à l'installation des jeunes agriculteurs, soutien au secteur des filières de production de qualité et de productions fermières, aides aux investissements liés à l'herbe notamment, participation au PMPOA, appui aux filières locales, aide aux agriculteurs</i>
111	Le maintien de l'élevage et de la vocation laitière est une priorité forte pour le département <i>Commentaire : des financements sont investis pour l'emploi dans le domaine de l'élevage (remplacement...) et la priorité est donnée aux agriculteurs qui réalisent une mise aux normes et qui ont moins de 200 000 litres de lait (compléments de quotas)</i>
112	Le programme d'aménagement foncier se met en place et sur la période 2009-12, l'axe foncier sera important <i>Commentaire : remembrement ou opération d'aménagement foncier ayant pour objet la mise en valeur et l'amélioration des conditions d'exploitation des propriétés agricoles, la mise en place de mesures compensatoires à la réalisation de projets routiers, l'aménagement du territoire communal, les échanges amiables de terres agricoles et les travaux connexes (chemins d'accès, clôtures, plantations, aménagements hydrauliques...)</i>
113	La région Haute-Normandie a initié un réseau de fermes pilotes (dont deux en Seine-Maritime) sur la technique du séchage du foin en grange avec l'appui d'un financement important <i>Commentaire : cette technique permettrait de substituer l'herbe au maïs.</i>
Politique de l'Eau	
114	Le 9 ^{ème} programme (2007-2012) de l'Agence de l'eau Seine-Normandie se caractérise par une plus grande territorialisation des mesures d'aides (bordures de rivières, périmètres de protection de captage, secteurs sensibles (ZAR)) et les actions préventives sont privilégiées
115	Dans le cadre de la révision du SDAGE actuellement en cours sur le Bassin Seine-Normandie, l'agriculture biologique est proposée comme moyen de protéger la ressource dans les bassins d'alimentation de captage, au même titre que l'enherbement ou l'élevage extensif
116	Dans son 9 ^{ème} programme l'agence de l'eau s'est désengagée sur le financement de l'aide aux semences en intercultures <i>Commentaire : l'effet de la diminution des aides pourrait avoir un impact sur les surfaces implantées en cultures intermédiaires</i>
Contrats agri-environnementaux	
117	La moitié des CTE/CAD du département se terminaient au 31 août 2007 et sont remplacés par des MATER (investissements moindres) <i>Commentaire : les contrats agri-environnementaux contractés concernaient les couvertures des sols nus en hiver, la plantation de haies et l'entretien du bocage, la gestion extensive des surfaces en herbe, la conversion de terres arables en prairies et la modification du travail du sol pour lutter contre l'érosion</i>
Pays	
118	Des actions agricoles sont prévues par les Contrat de Pays <i>Commentaire : maintien des prairies, commercialisation et promotion des AOC et produits du terroir, création d'ateliers de diversification et de vente à la ferme, projets de diversification,</i>

	<i>développement des filières locales</i>
Filières de production	
Filière Lait	
119	Les outils industriels présents en Seine-Maritime sont bien implantés et se développent <i>Commentaire : Lactalis collecte du lait pour le lait de consommation, Danone investit avec le rapprochement de deux usines qui va donner naissance à « Danone Pays de Bray », second site Danone le plus important en Europe, avec une capacité de production annuelle de 215 000 tonnes contre 170 000 tonnes actuellement, Senoble a les capacités pour se développer</i>
120	La production de lait sur le bassin bénéficie de la consommation de l'agglomération parisienne <i>Commentaire : la proximité d'un grand bassin de consommation caractérisé par un pouvoir d'achat supérieur à la moyenne nationale et par sa grande taille est un atout pour les entreprises du secteur viande bovine</i>
121	L'excellente image qualitative de la part des consommateurs dont jouit la Normandie et la présence de plusieurs AOC laitières et fromagères en Normandie, renforce et préserve la transformation du lait <i>Commentaire : les usines normandes consacrent 56% de leur activité à des produits bénéficiant d'une bonne valeur ajoutée et à l'avenir prometteur (desserts, fromages, crème, beurres de marque, spécialités fromagères AOC normandes)</i>
122	Après deux années de forte sous-réalisation la filière française appelle à produire davantage <i>Commentaire : les laiteries ne font pas leurs quotas, elles donnent des rallonges de lait, c'est-à-dire des allocations provisoires (juillet et février)</i>
123	Le repli de la collecte a des conséquences sur le marché des produits laitiers, dont celui du beurre <i>Commentaire : le manque de matière première va entraîner une plus grande concurrence entre les différentes fabrications, au profit, a priori, des produits à haute valeur ajoutée</i>
124	La production de la Haute-Normandie a le taux de matière grasse le plus faible, ce qui est un avantage certain aujourd'hui, dans la mesure où les marchés s'orientent vers des produits laitiers allégés
125	Les outils industriels de transformation ont besoin de lait de proximité et les industriels seront enclins à faire des contrats avec les producteurs pour garantir leur approvisionnement
Filière viande bovine	
126	Le potentiel d'abattage et de transformation s'amenuise et la production de viande est exportée pour être transformée entraînant des coûts de transport importants <i>Commentaire : l'abattoir de viande bovine de Bolbec (76) ferme ses portes et l'abattoir de Forges les Eaux (76) est repris par le groupe breton Bigard, spécialisé dans la transformation de viandes de bœuf, de porc, de veau et de mouton</i>
127	Le marché national demeure le principal débouché des productions bovine, porcine et avicole normandes
128	La viande bovine normande présente une offre diversifiée, atomisée mais dense <i>Commentaire : on y trouve de tout, à tous les prix, ce qui permet aux outils de répondre le mieux possible aux besoins du marché (restauration haut de gamme, collectivité, produits élaborés à bonne valeur ajoutée)</i>
129	Par rapport aux problématiques d'importation, l'origine des viandes, à laquelle le consommateur est très attaché lorsqu'il s'agit d'un produit frais, est un critère qui est moins important dans les circuits de restauration et pour l'élaboration (brochettes, carpaccio, plats cuisinés...).
130	Les crises sanitaires à répétition incitent les opérateurs à diversifier leurs sources d'approvisionnement <i>Commentaire : les viandes normandes ont toute capacité à prendre une place dans ces créneaux porteurs.</i>
Filière viande porcine	
131	Agrial et Cap Seine souhaitent développer la filière porc en Haute-Normandie <i>Commentaire : les deux coopératives veulent recruter de nouveaux éleveurs afin de maintenir et développer la production porcine en Haute-Normandie</i>

Filière volaille	
132	Les entreprises normandes de volailles sont confiantes dans leurs atouts commerciaux, elles estiment que leurs produits bénéficient d'une bonne réputation. <i>Commentaire : le développement des normes sanitaires et de cahiers des charges de plus en plus complexes permettront aux entreprises européennes de conserver leurs parts de marché.</i>
Filières céréales	
133	L'organisation du secteur des céréales, en particulier du blé, est en cours de restructuration sur sa partie aval (coopératives et négociants) <i>Commentaire : il y a une concentration des structures de collecte en fonction des opportunités d'optimisation des coûts de transport et de valorisation de la production (Nor Agro et Agro-Picardie fusionnent et neuf coopératives agricoles de Haute-Normandie, Picardie et Ile de France (dont Cap Seine-76, Noriap-80, Calq-27, Sevépi-27) se sont regroupées au sein de l'Union Terres de France)</i>
134	Les organismes collecteurs de la région adaptent leurs stratégies au débouché export permis par la proximité du port de Rouen, premier port européen exportateur de céréales, ainsi que des ports du Havre et de Caen. <i>Commentaire : la Normandie produit essentiellement du blé destiné à l'exportation et à la consommation animale</i>
Filière Lin textile	
135	Les teilleurs français se regroupent pour commercialiser leur production et ainsi proposer une offre regroupée à l'opérateur principal que sont les filatures chinoises <i>Commentaire : une union régionale de commercialisation du lin est créée en Haute-Normandie et trois coopératives linières (Coopérative de teillage du Neubourg - 27, Agy lin et Terre de Lin - 76) se sont regroupées (Com-lin)</i>
136	La production départementale a acquis une réputation mondiale du fait de sa grande qualité et est particulièrement recherchée par les opérateurs en raison de sa qualité <i>Commentaire : la qualité des lins est un élément clef des campagnes de commercialisation à venir</i>
137	Les coopératives de teillage s'agrandissent et se regroupent <i>Commentaire : la coopérative de teillage du plateau de Neubourg s'agrandit et la coopérative de teillage de Goderville (76) et la Centrale linière cauchoise (76) ont fusionné (AGY Lin) (mise en commun et optimisation de l'utilisation du matériel)</i>
138	La profession va apprendre à réguler sa production <i>Commentaire : l'essor des surfaces en lin appelle les professionnels de la filière à demander une maîtrise, voire une réduction des surfaces cultivées afin d'éviter toute surproduction et constitution de stocks trop conséquents, ce qui déstabiliserait le marché, entraînant une baisse des prix</i>
139	Depuis 1995, le lin connaît un fort essor, notamment grâce aux actions de promotion de la filière au niveau de l'habillement de luxe en France mais aussi grâce à la demande à l'export de lin teillé vers la Chine.
140	La recherche est active avec la construction récente d'une station commune de recherche appliquée regroupant les instituts techniques agricoles Arvalis et ITL (Institut Technique du Lin), avec acquisition de références techniques à Ecardenville la Campagne (27), au cœur du bassin de la production linière et céréalière
141	Les nouveaux débouchés se diversifient et se développent (emballages, ameublement, panneaux agglomérés, renforts de portières de voiture ...) <i>Commentaire : la direction de Linéo envisage de ramener l'activité de la société en Normandie ; la société Techni Lin (76) vient de doubler sa capacité de production pour répondre aux nouveaux débouchés</i>
Filière lin oléagineux	
142	La farine de lin peut également servir à la fabrication de pain ; une baguette normande à la farine de lin est produite par cinq artisans meuniers normands (dont certains à Brachy en Haute-Normandie). <i>Commentaire : ils ont lancé, sous la marque Cybèle, une baguette à base de farine de lin riche</i>

	<i>en Oméga 3.</i>
143	Une filière d'utilisation en alimentation animale des graines de lin est en train de se mettre en place, à l'échelle nationale <i>Commentaire : portée par l'association Bleu-Blanc-Cœur, elle a pour mission de promouvoir et de contrôler la qualité des produits alimentaires issus de la filière lin</i>
Filière Protéagineux	
144	L'interprofession veut relancer la production et face à la baisse des surfaces, la filière met les bouchées doubles pour combattre les idées reçues et remotiver les producteurs <i>Commentaire : l'Unip mobilise la filière pour juguler la chute des surfaces en pois et relancer la culture en insistant notamment sur ses atouts.</i>
Filière Blé éthanol	
145	L'usine de blé éthanol de Lillebonne développe sa production <i>Commentaire : le site de Lillebonne transformera à terme 840 000 tonnes de blé pour produire 300 000 m³ de bio-éthanol et 300 000 tonnes de drèches. Une seconde tranche de 80 000 tonnes d'éthanol est prévue pour 2010</i>
146	La part des cultures de blé et de betteraves dans les valorisations non alimentaires reste modeste en Haute-Normandie, environ 2 000 ha. <i>Commentaire : aujourd'hui, sur les 246 000 ha de blé cultivés en Haute-Normandie, à peine 300 ha sont produits à cette fin.</i>
147	La collecte de blé se réoriente par rapport au nouveau débouché éthanol <i>Commentaire : les contrats éthanol établis avec la coopérative Cap Seine en Haute-Normandie augmentent (0 tonne en 2006 à 12 725 tonnes en 2007 en Seine-Maritime)</i>
Filière colza diester	
148	L'usine de diester de Grand Couronne augmente sa capacité de traitement des graines oléagineuses <i>Commentaire : la capacité de traitement devrait augmenter de plus de 30 % d'ici 2009, soit une hausse de production de 125 000 hectares de colza</i>
149	La production reste le maillon faible de la filière <i>Commentaire : les rendements ne sont pas au rendez-vous en raison d'un manque de protection phytosanitaire et de soutien technique des producteurs</i>
150	Peu de tourteaux de colza sont utilisés dans l'alimentation animale suite au développement des cultures énergétiques <i>Commentaire : les tourteaux de colza sont peu appréciés des éleveurs, et il n'est pas possible de le substituer au tourteau de soja du jour au lendemain dans les rations alimentaires</i>
151	L'efficacité des agroc carburants est remise en question au moment même où les usines françaises entrent peu à peu en production <i>Commentaire : mise en doute de leur efficacité environnementale, effets néfastes sur les cours des matières premières...</i>
Filières Cultures dédiées	
152	La Haute-Normandie possède un gisement brut annuel considérable de coproduits (anas de lin, excédents de pailles de céréales, rémanents issus des haies et autres boisements agricoles, pailles de colza, poussières de céréales, grains déclassés ...)
153	L'essor des agroc carburants incite à l'implantation de nouvelles cultures spécifiques à la fabrication d'énergie (cultures ligneuses vivaces) comme le miscanthus, notamment sur de petites surfaces en herbe <i>Commentaire : un projet de développement du miscanthus est en cours dans le département de l'Eure, en Haute-Normandie, il est porté par l'UCDV-SAVN qui possède une usine de déshydratation de la Luzerne à Saussay.</i>
Filière Pomme de terre	
154	Le groupe coopératif Lunor (76) poursuit sa croissance (innovation, marché 5 ^e gamme, nouveau centre de conditionnement) <i>Commentaire : Lunor en écoule 1/3 des pommes de terre de consommation produites en Seine-Maritime</i>
155	L'interprofession de la pomme de terre (CNIPT) est certaine que la filière peut, en se

	renouvelant et en innovant à nouveau, relancer la consommation
156	Conscient de l'importance de l'export pour soutenir la production, le CNIPT entend anticiper et élargir les marchés de la filière et la stratégie est de conquérir dès aujourd'hui de nouvelles positions <i>Commentaire : sur les pays nordiques, ou sur des marchés émergents, comme la Russie,</i>
157	Les industriels ont voulu maintenir, voire accroître leur taux de contractualisation <i>Commentaire : la part des surfaces sous contrat est faible et le poids des producteurs vendeurs est resté important, notamment dans le Pays de Caux</i>
Filière betteraves sucrières	
158	Les perspectives avec la réforme et le plan de restructuration avec une baisse du quota sucre en Europe continue d'inquiéter la profession et les marges de manœuvre sont étroites
159	La Société Vermandoise d'Industrie (SVI) à laquelle appartient la sucrerie de Fontaine Le Dun ne croit pas au débouché éthanol, alors que le groupe Saint Louis (Etrepagny) et Tereos (Abbeville) ont compensé la baisse des surfaces par des contrats de betteraves éthanol
160	La concentration se poursuit dans le secteur sucrier français <i>Commentaire : suite à la fusion de Tereos et de SDHF, il reste exactement douze sociétés sucrières en France, constituées en neuf groupes, qui exploitent trente sucreries</i>
Filières courtes	
161	La transformation fermière est en forte progression et les démarches individuelles de valorisation (vente directe, transformation à la ferme, marchés) concernent un plus grand nombre d'exploitations <i>Commentaire : plusieurs producteurs laitiers s'interrogent sur la possibilité de créer de la valeur ajoutée par la vente de produits laitiers fermiers ou fromages affinés et les types de circuits sont variés</i>
162	Les agriculteurs sont de plus en plus sensibles aux évolutions des cours du pétrole et aux exigences environnementales et de nombreux projets émergent sur les valorisations non alimentaires des produits agricoles et sur l'utilisation énergétique de la biomasse (bois énergie, huile de colza "carburant" à la ferme, miscanthus, cubage de haies, pailles, séchage en grange...) <i>Commentaire : plusieurs CUMA sont notamment porteuses de démarches collectives pour la mise en place de filières "huile carburant à la ferme"</i>
Nouvelles techniques	
163	Afin de relancer le pois, la recherche reste active concernant l'Aphanomyces <i>Commentaire : les producteurs pourront bientôt planter des variétés partiellement résistantes ou tolérantes dans les parcelles faiblement infestées en combinant tous les moyens de lutte disponibles (traitements de semence, date de semis, rotation longue...)</i>
164	Les techniques de micro-barrages en culture de pomme de terre ont été présentées aux agriculteurs
165	L'implantation d'une culture intermédiaire avant lin est possible et envisageable
166	Des projets d'activité sylvicoles pourraient émerger au sein des exploitations (reboisement)
167	Des essais de semis de maïs sous mulch et des pratiques de semis de Ray Grass sous maïs pourraient être une piste intéressante pour limiter les problèmes de ruissellement tout en assurant un développement correct de la culture
Installation-Transmission	
Installation	
168	Le nombre d'exploitations diminue mais le taux de remplacement s'est amélioré <i>Commentaire : en Normandie il y a un manque d'exploitations offertes au RDI par rapport au nombre de jeunes candidats à l'installation et ce malgré un nombre de cédants potentiels en augmentation (avec l'arrivée à l'âge de la retraite de la génération née après guerre)</i>
169	La Normandie reste une région à forte pression foncière où la concurrence entre installation et agrandissement est forte <i>Commentaire : seule la moitié des terres libérées chaque année sert à l'installation (agrandissement des exploitations existantes, agrandissement des zones urbaines, touristiques ou de loisirs)</i>

170	Le GAEC reste la formule sociétaire la plus utilisée <i>Commentaire : comme en 2005, cette année ce sont 70% des installations aidées qui se sont réalisées sous forme sociétaires</i>
171	Les freins principaux à l'installation sont plus liés aux difficultés foncières <i>Commentaire : l'augmentation de la surface agricole utile (SAU) au moment de l'installation aggrave la pression foncière et limite les installations par manque de terre</i>
172	L'investissement nécessaire pour s'installer est de plus en plus important
173	Il y a une stabilisation de la baisse du nombre de départs et de la baisse du nombre d'installations par an
174	La production laitière est la production principale des bénéficiaires des aides à l'installation <i>Commentaire : une installation en production laitière coûte plus cher que la moyenne en Normandie</i>
Transmission	
175	La retraite reste la première cause de cessation d'activité, la part de reconversion professionnelle se maintient et cette tendance se confirme durablement
176	On constate toujours une faible mobilité géographique des candidats qui cherchent principalement à s'installer dans leur département d'origine
177	La plupart des agriculteurs ayant des éventuels successeurs doubles actifs choisissent d'arrêter le lait ou de le produire dans une autre exploitation (arrêt Balman) <i>Commentaire : si le successeur est un double actif, le lait ne sera pas repris ou au travers d'un arrêt Balman</i>
178	Les exploitations proposées au RDI sont en forte majorité en production laitière
179	Le nombre de départs dans les années à venir pourra être affecté de manière significative par l'augmentation de l'âge moyen de départ à la retraite dû à l'allongement de la durée de carrière
180	Toujours aussi peu d'exploitations sont disponibles au sein des répertoires avec en face une demande qui ne décroît pas et qui se diversifie de plus en plus tant sur le projet que sur l'origine des candidats
Aménagement foncier	
181	Les plantations de haies progressent, notamment dans le Pays de Caux (problèmes d'érosion)
182	Le regroupement foncier et les échanges à l'amiables sont plus que jamais à l'ordre du jour et il y a une progression des échanges de parcelles entre exploitants
Caractéristiques des exploitations	
Exploitations bovin-viande	
183	L'orientation bovin viande déjà peu présente, voit le nombre d'exploitations privilégiant cette spécialisation fondre d'1/4 en 3 ans <i>Commentaire : les abandons d'élevage bovin concernent principalement les élevages de moins de 50 bovins</i>
184	En Seine-Maritime, on constate un transfert d'effectifs (stable avec en tout 50 000 têtes) vers les élevages non professionnels
185	Les effectifs allaitants se stabilisent et la baisse est marquée pour les bœufs (-36%) et moindre en vaches laitières (-12%) et jeunes bovins (-10%)
186	L'effectif d'animaux mâles à l'engraissement est en régression sensible, traduisant les difficultés structurelles que traverse cette production <i>Commentaire : il va y avoir une pénurie d'engraissement et des questions se posent à moyen terme sur le maintien des outils d'abattage un peu partout dans la région grand ouest</i>
187	Certains exploitants ayant des vaches allaitantes choisissent de réduire leurs surfaces en herbe pour pouvoir implanter du blé et ainsi garder le même cheptel en augmentant les intrants alimentaires
Exploitations bovin-lait	
188	Les exploitations laitières se restructurent à un rythme élevé (succès des ACAL et des Transferts Spécifiques sans Terre) <i>Commentaire : le nombre d'exploitations laitières a fortement régressé en l'espace de trente ans avec une surface et une production par exploitation largement supérieures</i>
189	Pour les producteurs situés en zone vulnérable, la question de la mise aux normes et de choix de

	modernisation des bâtiments est au centre des préoccupations et les plus motivés expriment une « soif » de quota et sont prêts à produire plus si la redistribution des quotas libérés le leur permet
190	Il y a une restructuration accélérée pour les exploitations non professionnelles
191	La tendance des dernières campagnes est à une sous-réalisation du quota <i>Commentaire : cette tendance est la résultante de la diminution du cheptel laitier et des cessations d'activité laitière</i>
192	Le tissu d'éleveurs se disperse et les éleveurs laitiers n'ont pas l'occasion de se rencontrer
193	Le troupeau laitier reste dans une tendance baissière
194	Les agriculteurs en fin de carrière qui décident d'arrêter le lait auraient tendance à trouver une solution temporaire avec la viande bovine pour combler les pertes de revenus dues à l'arrêt du lait
195	Certains agriculteurs décident d'arrêter le lait sur leur exploitation et passent par d'autres fermes pour produire le lait (SCL ou arrêts Balman) et font de la viande
196	Les cas où il y a le plus de disparitions de l'activité laitière depuis 1 an, sont les cas où on conjugue la mise aux normes à faire, avec un départ à la retraite (manque de main d'œuvre pour la traite)
197	Certains agriculteurs auraient prévu une surcapacité non négligeable de leurs bâtiments d'élevage par rapport aux quotas dont ils disposent aujourd'hui. <i>Commentaire : la surcapacité départementale n'est pas chiffrée, mais elle traduit bien le fait que les éleveurs souhaitent agrandir leur atelier laitier.</i>
198	La restructuration des élevages et l'agrandissement des troupeaux laitiers pourraient conforter l'évolution vers un plus grand recours aux fourrages stockés et au maïs fourrage <i>Commentaire : l'intensification représente une sécurité (stocks de fourrages, d'ensilage de maïs, d'herbe)</i>
Exploitations porcines	
199	Le système porcin en Seine-Maritime présente un assolement actuel marqué par une baisse de la production fourragère
Exploitations en polyculture-élevage	
200	Pour la Haute-Normandie, la croissance des structures pousse au maintien des systèmes mixtes grandes cultures et herbivores <i>Commentaire : la part des exploitations mixtes (élevage et culture) augmente dans la région</i>
Exploitations en agriculture biologique	
201	Le nombre d'agriculteurs biologiques est stable (80 en Haute-Normandie)
Spécialisation des exploitations	
202	Il y a un renforcement de la spécialisation des productions
203	Le nombre d'exploitations en productions de blé et en orge perd de ses effectifs
204	La pomme de terre comme les légumes frais montrent un nombre de producteurs constants
205	Le nombre de producteurs de maïs grain et celui du lin textile sont en nette augmentation
Conditions de vie	
206	Il y a un renforcement des attentes en termes d'amélioration de la qualité de vie, qui induit une demande de solutions toujours croissante : regroupement, recours au salariat, sous-traitance, simplification des pratiques, automatisation... <i>Commentaire : le temps de travail, la qualité de vie font pression sur le maintien du lait (contraintes administratives, environnementales, pour le bien-être animal)</i>
207	La fonction de l'agriculteur évolue <i>Commentaire : savoir transformer, acheter et vendre devient aussi important, sinon plus, que savoir produire</i>
Nombre d'exploitations	
208	Le nombre d'exploitations agricoles diminue dans les communes haut-normandes
209	La taille des exploitations et le nombre de grandes exploitations augmentent <i>Commentaire : on constate des reprises d'exploitations par des agriculteurs déjà établis et donc les exploitations continuent à s'agrandir</i>
Taille des exploitations	

210	L'agrandissement s'accompagne d'une concentration du foncier et le parcellaire s'agrandit avec les remembrements qui ont eu lieu depuis 20 ans
Statuts juridiques	
211	Les statuts juridiques des exploitations évoluent et les formes sociétaires (EARL) connaissent un fort essor et les exploitations individuelles perdent du terrain <i>Commentaire : les exploitations sociétaires, trois fois plus grandes que les exploitations individuelles, offrent naturellement une appréciable réduction des charges</i>
Main d'œuvre et emploi agricole	
212	Il y a une baisse de l'emploi agricole et la main d'œuvre occupée dans les exploitations haut-normandes diminue avec le nombre d'exploitation
213	Le niveau de formation initiale des agriculteurs progresse
Population	
214	La population des chefs d'exploitations et co-exploitants vieillit
215	La pyramide des âges des exploitants se creuse dans la catégorie des plus jeunes, illustrant le problème du renouvellement des générations <i>Commentaire : l'importance de la contribution des retraités à l'emploi agricole de la Haute-Normandie cache la faiblesse des emplois d'aides familiaux jeunes</i>
Prix des terres	
216	En Haute-Normandie, le prix des terres est l'un des plus élevés de France, comparable à celui de l'Île-de-France et de la Picardie
Équipement matériel	
217	L'équipement en matériel en Seine-Maritime est important et les charges de mécanisation représentent un poste qui pourrait être diminué
Cultures	
STH	
218	Le nombre d'hectares labouré augmente au détriment des surfaces en herbe
219	Les exploitations non professionnelles jouent un rôle non négligeable dans le maintien de l'herbe
220	La SAU diminue du fait de la régression des prairies naturelles au profit de terrains à construire
221	Les prairies se positionnent de plus en plus près des bâtiments et du corps de ferme
Cultures d'hiver	
222	La sole des cultures d'hiver est en progression (blé, colza) au détriment des cultures de printemps (pois)
Céréales	
223	Les surfaces en blé n'augmentent plus et se maintiennent autour de 98 000 ha depuis trois ans
224	Les surfaces en céréales secondaires (orge, maïs grain) diminuent, laissant place aux cultures énergétiques
Simplification des assolements	
225	Les assolements se simplifient avec l'augmentation des superficies à travailler sans progression de main d'œuvre <i>Commentaire : en termes de resserrement des rotations, la tendance lourde quel que soit le système de culture, est un resserrement des rotations sur les cultures qui sont les plus rentables à l'année et une rationalisation des assolements</i>
226	On se dirige vers une vision des assolements annuelle plutôt que pluriannuelle
Protéagineux	
227	Les surfaces en pois sont en très forte baisse ces dernières années notamment à cause des variations de rendements et de l'aphanomyces
228	Le pois tend à être remplacé par la féverole qui se développe depuis deux ans
229	Le pois a tendance à être plus présent chez les éleveurs
Cultures industrielles	
230	Les surfaces en lin sont à leur plus haut niveau mais il y a peu de variations depuis 2004 <i>Commentaire : il y a des limites de surfaces pour le lin et un palier a été atteint qui devrait subsister quelques années</i>

231	Il y a de plus en plus de lin dans les fermes d'élevage
232	Le lin oléagineux est peu présent dans le Pays de Caux
233	Les surfaces en colza alimentaire se stabilisent et les colzas non alimentaires (érucique+ester d'huile) progressent
234	Les surfaces en pomme de terre (plants, fécule, pomme de terre de consommation) sont en augmentation
235	La diminution rapide des surfaces en betteraves est stoppée en 2007
Jachères	
236	Le colza non alimentaire est surtout produit sur les jachères industrielles mais une part de plus en plus importante de colza diester est produit hors jachère (surfaces alimentaires et surfaces ACE)
237	Les surfaces en jachères sont remises en cultures <i>Commentaire : le blé y est implanté en priorité</i>
Maïs	
238	Le maïs ensilage augmente <i>Commentaire : en conséquence d'un léger recul du cheptel et d'un agrandissement des élevages de ruminants</i>
239	La part de maïs grain dans les exploitations sans élevage augmente
Cultures intermédiaires	
240	La moutarde arrive en tête des cultures intermédiaires cultivées mais il y a aussi de l'avoine, du trèfle, de la vesce, de la phacélie et du ray grass chez les éleveurs <i>Commentaire : les agriculteurs s'interrogent sur le risque d'intégrer de la moutarde dans des rotations où le colza est déjà présent</i>
241	Il y a de plus en plus de couverts hivernaux et la mobilisation des agriculteurs à l'implantation d'intercultures est croissante
Successions	
242	Il est fréquent de trouver un colza entre deux blés (moins vrai pour les éleveurs)
243	Le maïs grain supporte assez bien des fréquences de retour élevées sur la même parcelle et les monocultures sont régulières
244	Il y a un respect dans le département de la diversité des cultures et d'une certaine rotation et les agriculteurs font traditionnellement peu de blé sur blé
245	La culture de la pomme de terre présente une très grande souplesse du point de vue de son insertion dans les successions culturales
246	Le colza est souvent placé en tête d'assolement avant céréales, au sein des rotations traditionnelles colza-blé-orge, de rotations plus courtes (colza-blé), voire plus longues dans les régions d'élevage où les rotations intègrent la culture de maïs
247	L'obstacle à une accélération de la progression du colza est agronomique : il ne peut être semé qu'au gré d'un assolement triennal, sans quoi les risques de maladies se multiplient
248	Le pois est souvent suivi d'un blé ou de toute culture exigeante en azote
Itinéraires techniques	
249	Les tracteurs sont de plus en plus gros et les machines agricoles de plus en plus lourdes
250	Le travail du sol se fait de manière de plus en plus fine
251	Les exploitants ont tendance à mettre moins de fumier et enlèvent les pailles
252	Les techniques culturales simplifiées se développent dans les grandes exploitations notamment dans les zones mixtes à potentiel plutôt moyen (Pays de Bray, Entre Bray et Picardie) <i>Commentaire : elles progressent moins dans les limons profonds du Pays de Caux (non labour occasionnel)</i>
253	En Haute-Normandie il y a une perte du savoir faire de la gestion technique de la culture de l'herbe <i>Commentaire : notamment dans le pays de Bray où l'élevage est présent</i>
254	Les exploitants utilisant des techniques culturales simplifiées sèment des cultures intermédiaires pour la structure du sol <i>Commentaire : une réflexion plus profonde s'engage alors sur le choix des espèces et sur leur destruction</i>

Annexe 3 Liste des hypothèses par famille

Liste des hypothèses de la Famille de Microscénarios 1 : « L'agriculture face à l'évolution du monde rural ». Les hypothèses motrices sont en bleu.

POL3	<p>En Seine-Maritime, la réglementation environnementale concernant la protection de la ressource en eau devient de plus en plus exigeante (mise en place de zones soumises à de fortes contraintes environnementales en Seine-Maritime (zonages érosion, interdiction d'épandage de phytos...))</p> <p>Commentaire : l'usage des terres agricoles s'en voit modifié (restriction de l'usage des produits phytos, délocalisation de certaines cultures) ; la réglementation locale sur l'usage des pesticides par exemple se durcit (réduction de leur usage de 50% d'ici 2020, soit 30% en 2015)</p> <p><i>Contre-hypothèse : le niveau d'exigence de la réglementation locale sur l'eau se maintient au niveau actuel</i></p>
USE1	<p>Les terres agricoles sont de plus en plus vulnérables à l'urbanisation et l'artificialisation des terres agricoles s'accroît à un rythme de plus en plus soutenu (au-delà de 1400 ha/an)</p> <p>Commentaire : la SAU diminue du fait de la réduction des terres à usage agricole et de la régression des prairies naturelles au profit de terrains à construire (bâtiments, routes...) et l'aménagement du territoire se fait au détriment des espaces agricoles</p> <p><i>Contre-hypothèse : l'artificialisation des terres agricoles se maintient au rythme actuel de 1400 ha par an</i></p>
TOU1	<p>L'agritourisme (hébergement, restauration ou autre activité récréative à la ferme) est une activité qui se développe dans le département</p> <p>Commentaire : des partenariats se développent entre les agriculteurs et les autres acteurs locaux (gestion environnementale, animation locale, agro-tourisme...); le réseau Bienvenue à la ferme (vente directe de produits agricoles) se développe</p> <p><i>Contre-hypothèse : le réseau agritouristique seineo-marin ne se développe pas</i></p> <p><i>Commentaire : le marché est de plus en plus concurrencé par les régions voisines</i></p>
SOC1	<p>Les habitants en milieu rural sont de plus en plus sensibles aux externalités négatives de l'activité agricole (difficultés de voisinage, d'acceptabilité...)</p> <p><i>Contre-hypothèse : la population en milieu rural et l'activité agricole cohabitent sans difficultés majeures et génèrent des externalités positives (vente directe, visites à la ferme, fermes découvertes, fermes pédagogiques...)</i></p>
SOC2	<p>La population en milieu rural continue d'augmenter de manière soutenue en Seine-Maritime</p> <p><i>Contre-hypothèse : la population des espaces ruraux de Seine-Maritime se maintient</i></p>
AGB1	<p>Le développement de filières de production, de transformation et de commercialisation de produits issus de l'agriculture biologique reste marginal dans le département</p> <p>Commentaire : les aides financières au maintien et à la conversion restent faibles</p> <p><i>Contre-hypothèse : de véritables perspectives locales se dessinent pour l'agriculture biologique locale et le développement de filières de production, de transformation et de commercialisation est très fort</i></p> <p><i>Commentaire : grâce à la mise en place par les filières locales existantes de circuits de transformation et de commercialisation des produits agricoles issus de l'agriculture biologique ; la vente de légumes ou autres produits biologiques par système de paniers pré-payés (type AMAP) se développent autour des agglomérations, ce développement est soutenu par le plan quinquennal de développement de l'Agriculture biologique (2007-12) qui a pour objectif d'atteindre 6% de la SAU française en bio en 2012 et 20% en 2020.</i></p>
PRA5	<p>L'implantation d'une interculture (culture intermédiaire) avant une culture de printemps prend de l'importance et devient une pratique courante</p> <p>Commentaire : la baisse des subventions en faveur des cultures intermédiaires au niveau local n'affecte pas les surfaces en cultures intermédiaires</p> <p><i>Contre-hypothèse : l'implantation d'une interculture (culture intermédiaire) avant une culture</i></p>

	<i>de printemps se pratique de moins en moins</i> <i>Commentaire : la baisse des subventions en faveur des cultures intermédiaires au niveau local entraîne une diminution des surfaces en cultures intermédiaires (couverts hivernaux)</i>
PRA6	Les agriculteurs intègrent dans leurs pratiques de plus en plus de techniques culturales permettant de limiter le ruissellement telles que les microbarrages dans les sillons de pomme de terre, la houe rotative, le binage mécanique... <i>Contre-hypothèse : les agriculteurs se désintéressent des techniques culturales permettant de limiter le ruissellement</i>

Liste des hypothèses de la Famille de Microscénarios 2 : «Quelle place pour les bassins de production locaux ?». Les hypothèses motrices sont en bleu.

POL 1	La réglementation environnementale européenne, nationale et locale devient de plus en plus exigeante <i>Commentaire : les mesures de développement rural en faveur de l'environnement (MAE...) sont renforcées (création de nouveaux dispositifs...); la réglementation européenne exige une autorisation pour le retournement des prairies permanentes et le retournement des prairies devient réglementé par l'UE</i> <i>Contre-hypothèse : les exigences des réglementations environnementales européennes, nationales et locales restent au niveau actuel</i> <i>Commentaire : la réglementation européenne continue de permettre le libre retournement des prairies permanentes par exemple</i>
POL 4	L'obligation de mettre en jachère 10% des surfaces, imposée par l'UE, est levée <i>Commentaire : les jachères peuvent être remises en culture.</i> <i>Contre-hypothèse : l'UE maintient la jachère obligatoire au-delà de la campagne 2008</i>
POL 8	Le plan de restructuration engagé avec la réforme de l'OCM Sucre ne suffit pas à désengorger le marché et la restructuration du secteur sucrier se poursuit <i>Commentaire : les betteraviers français sont contraints de diminuer leur production</i> <i>Contre-hypothèse : la restructuration du secteur sucrier se termine et les arrêts de production stoppent</i>
POL 9	Les négociations à l'OMC aboutissent à un accord statuant sur une libéralisation accrue du commerce mondial <i>Commentaire : cela se traduit par la fin des restitutions à l'exportation, l'augmentation des importations par la baisse des droits de douanes, la baisse des soutiens internes pour le secteur bovin viande, bovin lait, betteravier, et grandes cultures</i> <i>Contre-hypothèse : le prochain accord à l'OMC n'entame pas le caractère protectionniste du marché européen</i>
PRA 2	Les agriculteurs cherchent de plus en plus à optimiser leurs assolements en fonction du résultat économique et établissent leurs assolements en privilégiant une vision annuelle des cultures en fonction des opportunités offertes par le marché <i>Commentaire : les cultures à forte marge brute sont donc favorisées (lin, pomme de terre, betterave sucrière) ; par exemple les producteurs de lin et de pommes de terre font preuve d'une grande réactivité leur permettant de s'adapter au contexte, en modifiant notamment leur rotation en fonction des opportunités du marché</i> <i>Contre-hypothèse : les aspects environnementaux deviennent des facteurs clés dans le choix des assolements et les choix des productions agricoles restent proches des rotations traditionnelles privilégiant une vision pluriannuelle des cultures</i>
PRA 3	La diversité des cultures diminue dans les assolements <i>Contre-hypothèse : la diversité des cultures augmente dans les assolements</i> <i>Commentaire : sous l'effet par exemple du développement de l'agriculture biologique, de la vente directe et du durcissement de la réglementation sur l'usage des pesticides</i>
PRO 2	Les surfaces en cultures énergétiques (blé éthanol, colza diester) augmentent <i>Commentaire : cette évolution est la conséquence de la simplification des itinéraires techniques culturaux et des nouvelles opportunités sur les marchés énergétiques</i>

	<p><i>Contre-hypothèse : les surfaces en cultures énergétiques (blé éthanol, colza diester) baissent</i></p> <p><i>Commentaire : cette évolution est liée à la fin de la jachère, conjuguée à la concurrence très forte du blé par rapport au colza ; ainsi, les agriculteurs remettent notamment en cause les contrats de vente signés avec leurs coopératives</i></p>
PRO 4	<p>Le pois (de printemps) disparaît des assolements</p> <p><i>Contre-hypothèse : les pois (de printemps) réintègrent progressivement les assolements</i></p>
PRO 5	<p>Les surfaces en lin textile ont atteint un palier et la production continue de plafonner au niveau actuel (24 000 ha)</p> <p><i>Contre-hypothèse : la culture du lin textile continue à se développer au-delà du palier actuel</i></p> <p><i>Commentaire : cette augmentation pourrait se faire au détriment de la qualité</i></p>
PRO 6	<p>Les jachères en herbe sont de plus en plus remplacées par des jachères énergétiques (colza ...)</p> <p><i>Contre-hypothèse : les surfaces en jachère herbe se maintiennent</i></p> <p><i>Commentaire : la plupart de ces jachères sont situées sur des terres médiocres, à faible potentiel</i></p>
PRO 7	<p>La culture de betteraves se maintient en Seine-Maritime</p> <p>Commentaire : la présence de terres saines et des assolements appropriés, la bonne technicité des planteurs, un rendement sucre à l'hectare parmi les plus productifs de France, la proximité d'un important bassin de consommation, d'unités industrielles agro-alimentaires consommatrices et de 2 grands ports d'exportation sont des atouts indéniables</p> <p><i>Contre-hypothèse : la culture de betteraves disparaît du paysage seino-marin</i></p> <p><i>Commentaire : l'absence de distillerie locale travaillant les betteraves permettant la production d'éthanol, une forte consommation d'énergie dans la transformation, et une forte densité de population sur l'ensemble du territoire gênée par une activité saisonnière et intensive telle que la production sucrière entravent le maintien de la filière</i></p>
PRO 8	<p>Après s'être maintenues pendant quelques années, les surfaces en blé augmentent</p> <p><i>Contre-hypothèse : les surfaces en blé ont atteint un palier et se maintiennent au niveau actuel</i></p>
PRO 9	<p>Les céréales secondaires (orge, maïs grain) voient leurs surfaces diminuer de manière constante</p> <p><i>Contre-hypothèse : les surfaces en céréales secondaires augmentent</i></p>
PRO 10	<p>Les surfaces en colza progressent</p> <p><i>Contre-hypothèse : les surfaces en colza stoppent leur progression</i></p>
PRO 11	<p>Les surfaces en pomme de terre (plants, féculé, pomme de terre de consommation) augmentent</p> <p><i>Contre-hypothèse : les surfaces en pomme de terre se maintiennent à leur niveau actuel</i></p>
PRO 13	<p>D'autres bassins de production (betteraves sucrières, pomme de terre, lin) se développent (en France ou en Europe) et entrent en concurrence avec les productions locales de betteraves sucrières, lin ou pomme de terre</p> <p><i>Contre-hypothèse : le département de la Seine-Maritime reste un bassin de production privilégié pour la culture du lin, de la pomme de terre et de la betterave sucrière en raison de conditions pédoclimatiques favorables à ces cultures</i></p>
ENE 1	<p>Le prix du pétrole continue de grimper (au-delà de 100 \$ le baril)</p> <p><i>Contre-hypothèse : Le prix du pétrole se maintient aux alentours de 70 \$ le baril</i></p>
ENE 2	<p>Les agrocarburants de première génération (blé, colza...) continuent d'être considérés comme une option efficace parmi les énergies renouvelables</p> <p>Commentaire : cela se traduit par le maintien de l'Aide aux Cultures Énergétiques (ACE) par la Commission Européenne, des taux d'incorporation des biocarburants dans l'essence et dans le gazole croissants, des agréments de production et de défiscalisation pour les esters d'huile et d'éthanol...</p> <p><i>Contre-hypothèse : l'utilisation des agrocarburants et leurs chaînes de productions locales sont remises en cause</i></p> <p><i>Commentaire : notamment en raison d'une efficacité environnementale mise en doute, des effets néfastes sur les cours des matières premières et du manque de compétitivité des agrocarburants produits sur le territoire et la suppression de l'Aide aux Cultures Énergétiques par Bruxelles</i></p>
IAA1	<p>Le groupe coopératif Lunor (Luneray) spécialisé dans la préparation de légumes précuits conditionnés sous vide, et particulièrement dans la transformation de Pomme de Terre, poursuit sa croissance et renforce son outil de production</p> <p>Commentaire : Lunor est le principal outil de transformation de Pomme de Terre en Seine-</p>

	<p>Maritime</p> <p><i>Contre-hypothèse : le groupe coopératif Lunor maintient sa capacité de transformation au niveau actuel</i></p>
IAA3	<p>L'usine d'éthanol de blé de Lillebonne augmente ses capacités de production</p> <p>Commentaire : avec la génération de drèches pour l'alimentation animale</p> <p><i>Contre hypothèse : l'usine de blé éthanol de Lillebonne cesse sa production</i></p>
IAA4	<p>L'usine d'ester d'huile (Diester) de Grand-Couronne augmente ses capacités de production</p> <p>Commentaire : avec la génération de tourteaux de colza pour l'alimentation animale</p> <p><i>Contre-hypothèse : l'usine de diester de Grand-Couronne stoppe sa production de Diester</i></p>
IAA6	<p>La Société Vermandoise d'Industrie (SVI) à laquelle appartient la sucrerie de Fontaine Le Dun, dernier bastion de l'industrie sucrière locale, ne se lance pas dans la restructuration et maintient son outil industriel</p> <p>Commentaire : grâce notamment à de nouveaux contrats non alimentaires (sucres non alimentaires à destination des industries chimiques) ou à l'attribution de quotas additionnels</p> <p><i>Contre-hypothèse : la Société Vermandoise d'Industrie ferme son outil industriel à Fontaine-Le-Dun suite à la poursuite du plan de restructuration (arrêts de production) engagé avec la réforme de l'OCM sucre</i></p> <p><i>Commentaire : l'industrie sucrière française est contrainte à diminuer sa production</i></p>
DEM 2	<p>Les débouchés pour le pois s'amenuisent</p> <p><i>Contre-hypothèse : les débouchés se développent pour la filière du pois protéagineux (alimentation animale, export...)</i></p>
DEM 3	<p>Le débouché brasserie se développe pour l'orge de printemps</p> <p><i>Contre-hypothèse : le débouché brasserie reste limité et compromet la culture de l'orge</i></p>
DEM 4	<p>Les débouchés locaux, nationaux, et internationaux (export) pour la pomme de terre se développent</p> <p><i>Contre-hypothèse : les opportunités de débouchés à l'export pour la production locale de pomme de terre diminuent</i></p>
DEM 5	<p>La filière lin textile développe et diversifie ses débouchés en termes de marché (Chine) et/ou de produits (emballages, ameublement, panneaux agglomérés, renforts de portières de voiture...)</p> <p>Commentaire : la société Techni'Lin (Seine-Maritime) a pour objectif de diversifier, en dehors de l'industrie de l'habillement, les débouchés du lin</p> <p><i>Contre-hypothèse : les principaux débouchés de la production locale de lin textile restent l'habillement et le linge de maison</i></p> <p><i>Commentaire : on assiste à un développement de la production et de l'outil industriel</i></p>
EXP 7	<p>La location annuelle de parcelles, pour une grande partie par des producteurs âgés, se développe fortement</p> <p>Commentaire : La location annuelle de parcelles par des exploitants âgés ou ne cultivant pas ou peu de pomme de terre et de lin permet de développer les cultures de lin et de pomme de terre</p> <p><i>Contre-hypothèse : la location de parcelles par les exploitants âgés est une pratique qui se perd</i></p>
PRA 4	<p>Le développement des techniques culturales simplifiées est faible et reste cantonné aux zones mixtes à potentiel plutôt moyen (Pays de Bray, Entre Bray et Picardie)</p> <p><i>Contre-hypothèse : les techniques culturales simplifiées connaissent un fort développement en Seine-Maritime autant dans les zones mixtes que dans les limons profonds du Pays de Caux</i></p>
PRO 5	<p>Les surfaces en lin textile ont atteint un palier et la production continue de plafonner au niveau actuel (24 000 ha)</p> <p><i>Contre-hypothèse : la culture du lin textile continue à se développer au-delà du palier actuel</i></p> <p><i>Commentaire : cette augmentation pourrait se faire au détriment de la qualité</i></p>

Liste des hypothèses de la Famille de Microscénarios 3 : «Quel avenir pour l'élevage local ?».
Les hypothèses motrices sont en bleu.

POL2	<p>La politique laitière s'assouplit pour permettre aux producteurs de lait de produire plus et préparer la transition vers la suppression des quotas laitiers en 2015</p> <p>Commentaire : cela se traduit par une augmentation progressive et successive des références laitières (augmentation de +2% pour 2008-9), un assouplissement progressif des pénalités pour dépassement, un relèvement des quotas des producteurs et des entreprises qui vendent leurs produits sans soutien européen, et une mobilité ou un échange de quotas entre états membres ; les coopératives laitières réfléchissent à l'après-quotas avec la mise en place d'un nouveau système de régulation reposant sur le contrat entreprise-production (contractualisation), et un encadrement interprofessionnel de ces contrats</p> <p><i>Contre-hypothèse : la Commission Européenne ne met pas en place de politique particulière en vue de l'expiration du système de quotas au 31 mars 2015.</i></p>
POL 5	<p>Le soutien financier de la PAC aux productions agricoles et les outils de régulation des marchés disparaissent</p> <p>Commentaire : le désengagement de l'Union Européenne dans la gestion des marchés se traduit notamment par le découplage total des aides à la production agricole, la suppression de l'intervention et la suppression des droits de douanes pour les importations de céréales ; le découplage total des aides du premier pilier (en particulier celui de la PMTVA) aurait un impact significatif sur la répartition territoriale des élevages et entraînerait une spécialisation des systèmes de production</p> <p><i>Contre-hypothèse : la France trouve une manière pour préserver des outils de régulation des marchés et de continuer à soutenir l'agriculture</i></p> <p><i>Commentaire : les outils de régulation seraient remplacés par de nouveaux mécanismes de stabilisation, de gestion de crise, de prévention et d'assurance et l'agriculture soutenue en conservant par exemple des mesures agro-environnementales, des aides à la production de qualité, les aides du second pilier</i></p>
POL6	<p>Les soutiens du premier pilier de la PAC sont réorientés vers la gestion des risques et vers certains systèmes de production spécifiques (ovins, agriculture biologique, lait en zones fragiles, et l'herbe)</p> <p>Commentaire : les aides du premier pilier sont orientées vers le financement de l'assurance récolte, vers les surfaces en pâturages permanents (prime à l'herbe sur toutes les surfaces en herbe), vers les systèmes en agriculture biologique, ainsi que vers des aides en faveur de l'élevage ovin</p> <p><i>Contre hypothèse : les soutiens du premier pilier de la PAC restent orientés vers le soutien des prix agricoles et des marchés</i></p>
POL7	<p>Le taux de modulation obligatoire augmente (de 2% par an pour atteindre 13% en 2013)</p> <p>Commentaire : l'augmentation du taux de modulation obligatoire et l'harmonisation des aides (DPU) entraîne une baisse des soutiens agricoles et donc du revenu des exploitants agricoles</p> <p><i>Contre-hypothèse : le taux de modulation obligatoire est maintenu à son niveau actuel (réduction de 5% des paiements directs)</i></p>
PRA1	<p>Les exploitations d'élevage laitier intensifient leurs systèmes de production</p> <p>Commentaire : par souci de sécurité, l'alimentation des troupeaux se base davantage sur des stocks de fourrages (ensilage de maïs, ensilage d'herbe, foin)</p> <p><i>Contre-hypothèse : les exploitations d'élevage laitier s'orientent vers une l'extensification de leurs systèmes de production</i></p> <p><i>Commentaire : l'alimentation des troupeaux laitiers se basent davantage sur des fourrages pâturés</i></p>
USE2	<p>Le nombre d'hectares labouré continue d'augmenter</p> <p>Commentaire : cette évolution a lieu en lien notamment avec l'arrêt des ateliers lait sur certaines exploitations en polyculture-élevage, l'agrandissement des exploitations et le prix des céréales et elle se fait notamment au détriment des surfaces en herbe ou en jachère</p> <p><i>Contre-hypothèse : les surfaces en labour se maintiennent</i></p>

MAR1	<p>A long terme, les cours mondiaux des matières premières agricoles se maintiennent à un niveau plus élevé que la décennie passée et sont plus volatils</p> <p>Commentaire : cette hausse des prix agricoles dure face aux besoins alimentaires des pays émergents et à la perspective d'une population mondiale en croissance ; cette hausse se répercute sur le prix des aliments du bétail</p> <p><i>Contre-hypothèse : les cours mondiaux des matières premières agricoles chutent pour retrouver leur niveau historique de la fin du XX^{ème} siècle</i></p> <p><i>Commentaire : 2007, voir 2008 font figure d'années exceptionnelles, de parenthèse dans l'histoire des marchés agricoles</i></p>
PRO1	<p>Les surfaces en herbe se maintiennent au niveau actuel</p> <p>Commentaire : l'amélioration de la rentabilité économique et la valorisation des systèmes utilisateurs d'herbe confortent les systèmes d'élevage bovin viande ; des encouragements locaux en termes de communication, de développement et de formation des agriculteurs sur la gestion technique de l'herbe génèrent une dynamique de la culture de l'herbe</p> <p><i>Contre-hypothèse : les surfaces en herbe continuent de diminuer</i></p> <p><i>Commentaire : ces surfaces sont menacées notamment par la faible rentabilité économique des surfaces consacrées à l'élevage bovin et sont fortement impactées par l'urbanisation des terres ; le potentiel agronomique des terres du département, une conjoncture en grandes cultures assez favorable, des difficultés à embaucher de la main d'œuvre qualifiée sur des activités d'élevage poussent les agriculteurs à simplifier leurs activités et à investir dans les productions végétales</i></p>
PRO3	<p>La production de viande bovine locale se maintient</p> <p>Commentaire : notamment grâce à la bonne tenue des cours du marché de la viande rouge qui encouragent les engraisseurs de jeunes bovins à poursuivre l'engraissement ainsi qu'à l'image forte de la Normandie bovine (traditions, savoir-faire), à la proximité d'importants bassins de consommation (région parisienne, Rouen, Le Havre), la mise aux normes des bâtiments d'élevage et la disposition locale en coproduits pour l'alimentation animale (pulpes, tourteaux, drêches)</p> <p><i>Contre-hypothèse : la production de viande bovine locale est mise à mal et diminue (avec l'augmentation de la concurrence entre l'engraissement de bovins et la culture de céréales pour la vente)</i></p> <p><i>Commentaire : par des cycles de prix de plus en plus marqués, des problèmes sanitaires difficilement maîtrisables, un manque de main d'œuvre et des difficultés à trouver une main d'œuvre qualifiée, des charges de structure élevées et des transmissions de plus en plus lourdes et risquées et le fort potentiel agronomique qui conduit à une concurrence accrue avec les autres productions</i></p>
PRO12	<p>Les surfaces en maïs ensilage augmentent de manière constante</p> <p>Commentaire : comme conséquence d'un léger recul du cheptel et d'un agrandissement des élevages de ruminants</p> <p><i>Contre-hypothèse : les surfaces en maïs ensilage déclinent</i></p>
SOC3	<p>La population active agricole (travailleurs salariés et non salariés), y compris le nombre d'éleveurs, diminue fortement en Seine-Maritime</p> <p>Commentaire : la classe du papy boom arrive à la retraite et la profession ne parvient pas à prévoir le remplacement des départs</p> <p><i>Contre-hypothèse : la population active agricole se maintient en Seine-Maritime</i></p>
IAA2	<p>Les outils industriels locaux pour la transformation du lait s'implantent durablement et accroissent leur développement</p> <p>Commentaire : des entreprises de transformation laitière investissent dans le département (Danone, Lactalis, Senoble...)</p> <p><i>Contre-hypothèse : les outils industriels de l'industrie laitière désertent la Seine-Maritime</i></p> <p><i>Commentaire : un prix du lait plus élevé que dans les autres régions pousse les industriels laitiers à se détourner de la région et les industriels laitiers délocalisent leurs outils vers des lieux de production où les coûts de production sont plus faibles avec de moindres contraintes environnementales (Europe de l'Est)</i></p>
IAA5	<p>La transformation locale des produits agricoles et la création de valeur ajoutée sur le territoire</p>

	<p>se développent</p> <p>Commentaire : des outils de communication se développent sur la valorisation des produits normands (Gourmandie...)</p> <p><i>Contre-hypothèse : les produits agricoles locaux sont de moins en moins transformés et valorisés sur le territoire</i></p> <p><i>Commentaire : la part des produits agricoles transformés localement reste faible d'où une perte de valeur ajoutée pour le département</i></p>
IAA7	<p>Le potentiel local d'abattage bovin s'affaiblit et le taux déjà faible de transformation de viande bovine produite localement diminue encore plus</p> <p><i>Contre-hypothèse : en Seine-Maritime, le potentiel local d'abattage bovin se maintient au niveau actuel</i></p>
CHA1	<p>La présence d'un lobby chasse influe sur le maintien des bandes enherbées et des cultures intermédiaires en Seine-Maritime</p> <p><i>Contre-hypothèse : l'influence des chasseurs pèse de manière négligeable sur le maintien des bandes enherbées et des cultures intermédiaires en Seine-Maritime</i></p>
DEM1	<p>La demande en matières végétales locales et coproduits locaux pour l'alimentation animale (pois, féverole, drêches, tourteaux, pulpes) augmente</p> <p><i>Contre-hypothèse : l'alimentation animale ne représente pas un débouché significatif pour les productions locales de matières végétales et de coproduits</i></p>
DEM6	<p>La consommation de fromage et de produits laitiers frais reste le principal moteur de la production laitière de l'UE, contrairement à la consommation de beurre qui continue à reculer</p> <p>Commentaire : la transformation du lait s'oriente de plus en plus vers la production de fromages</p> <p><i>Contre-hypothèse : la consommation de produits laitiers en général diminue (fromages, produits laitiers frais, beurre...)</i></p>
EXP1	<p>Les exploitations agricoles deviennent de plus en plus grandes</p> <p>Commentaire : sous l'influence de la libéralisation des marchés agricoles mondiaux qui pousse à une concurrence accrue entre les producteurs et les systèmes de production, la surface moyenne des exploitations augmente</p> <p><i>Contre-hypothèse : la surface des exploitations agricoles se maintient au niveau actuel</i></p>
EXP2	<p>Les exploitations laitières se spécialisent de plus en plus</p> <p>Commentaire : dans le but notamment de limiter les contraintes liées aux conditions de travail (traîtes), la spécialisation permet de réduire la charge de travail de l'éleveur laitier</p> <p><i>Contre-hypothèse : le caractère polyculteur-éleveur de l'élevage laitier subsiste</i></p>
EXP5	<p>Les exploitations laitières se restructurent et le nombre d'exploitations laitières diminue</p> <p>Commentaire : cela se traduit par la réussite de la mise en place des Aides à la Cessation d'Activité Laitière professionnelles en 2006 (66 dossiers pour 8 800 T en Seine-Maritime) et de la mise en place des Transferts Spécifiques sans Terre (509 producteurs ont eu entre 5 000 et 14 000 litres en Seine-Maritime)</p> <p><i>Contre-hypothèse : la restructuration des exploitations laitières ralentit et le nombre d'exploitations laitières se maintient</i></p>
EXP6	<p>La taille des parcelles des exploitations agricoles continue de s'agrandir</p> <p>Commentaire : en lien notamment avec la forte diminution de la population active agricole du département</p> <p><i>Contre-hypothèse : la taille des parcelles des exploitations agricoles se maintient</i></p>
EXP9	<p>En Seine-Maritime, les agriculteurs développent d'autres formes de gestion de leur exploitation comme le regroupement, le recours au salariat, entre autres, pour améliorer leur qualité de vie</p> <p><i>Contre hypothèse : le recours à d'autres formes de gestion des exploitations ne s'accroît pas</i></p>
EXP10	<p>L'organisation des territoires d'exploitation s'étend sur de plus grands territoires</p> <p>Commentaire : avec la présence de plus en plus importante de grands blocs de parcelles pouvant être distants de plusieurs dizaines de kilomètres</p> <p><i>Contre-hypothèse : les territoires d'exploitation restent peu étendus</i></p>

Légende des codes :

POL : Politiques

PRA : Pratiques agricoles

USE : Usages de l'espace

TOU : Tourisme

MAR : Marchés

PRO : Production Agricole

ENE : Energie

SOC : Société

IAA : Industries Agro-alimentaires

AGB : Agriculture Biologique

CHA : Chasse

DEM : Demande

EXP : Exploitations agricoles

Annexe 4 Récits des microscénarios par famille

Les hypothèses sont indiquées entre parenthèses lorsqu'elles sont appelées à intervenir dans le déroulement du récit.

Famille de Microscénarios 1 : « L'agriculture face à l'évolution du monde rural »

Microscénario 1.1. : Une nouvelle image de l'agriculture

Les habitants des pôles urbains sont de plus en plus attirés par une vie à la campagne, et **l'exode urbain augmente**, les populations des communes rurales s'accroissent et les familles s'installent de plus en plus à l'écart des agglomérations urbaines (SOC2). La densité de population dans les zones rurales devient de plus en plus importante et **l'activité agricole est de plus en plus contrainte**.

De plus, le nombre d'habitants au km² au sein du département de Seine-Maritime ne cesse d'augmenter, et poussés par le développement économique, les projets d'urbanisme (axes routiers, zones industrielles et commerciales, lotissements...) se multiplient, et les besoins en foncier ne cessent d'augmenter notamment au détriment de l'activité agricole (USE1). Plus on se rapproche de la périphérie des grands centres urbains (Rouen, Le Havre, Dieppe), et moins le tissu des exploitations agricoles est homogène. La réalisation des grandes infrastructures routières dans le département conduit à la restructuration des zones agricoles traversées.

Le morcellement parcellaire s'accroît ainsi que **l'artificialisation et l'urbanisation des terres agricoles** (USE1). La cohabitation entre l'activité agricole et les nouveaux résidents des campagnes devient de plus en plus difficile (SOC1) et la population rurale accepte difficilement les nuisances engendrées par l'activité agricole (odeurs, épandages, difficultés de voisinage, coulées boueuses,...) ; la qualité de l'eau est menacée par les coulées boueuses qui entraînent la turbidité de la nappe de craie et rendent régulièrement l'eau potable impropre à la consommation. Ainsi, l'acceptabilité sociétale de l'agriculture est de plus en plus difficile (SOC1). Ces difficultés de voisinage et d'acceptabilité ajoutées aux aménagements urbains pèsent sur l'équilibre des exploitations.

En raison de la faible valeur des terres agricoles, l'activité agricole résiste mal à la pression foncière qui s'exerce autour des pôles urbains, ce qui amplifie ses difficultés structurelles (parcellisation et surcoûts d'exploitation, comportements spéculatifs), ainsi l'urbanisation croissante des territoires ruraux devient un facteur de risque pour la pérennité de l'activité agricole (USE1). Les terres agricoles sont de plus en plus vulnérables et l'agriculture perd du terrain ; l'activité agricole se retrouve ainsi confrontée d'une part à une concurrence en terme d'occupation du territoire (diminution des surfaces agricoles), et d'autre part à un éparpillement (problème du mitage) (USE1).

Cette acceptation difficile de l'activité agricole par les populations rurales et l'emprise de plus en plus importante de l'urbanisation sur les terres agricoles incitent les **agriculteurs à adapter leurs pratiques** (intercultures, techniques permettant de limiter le ruissellement...) sous l'effet d'une réglementation plus stricte (POL3) ou à **réorienter leur mode de production (agriculture biologique)** (AGB1).

Ces changements peuvent être volontaires ou imposés. Certains agriculteurs souhaitent donner une nouvelle image de l'agriculture, plus respectueuse de l'environnement. Dans ce cas, les changements effectués volontairement par les agriculteurs leur permettent (avec l'aide des OPA et des collectivités locales) de mieux communiquer auprès du grand public et de « redorer » l'image de leur activité (en généralisant des pratiques telles que l'implantation de cultures intermédiaires qui permet d'afficher une image plus positive vis-à-vis du grand public). Ils renouent ainsi un lien avec les populations locales. Ces agriculteurs peuvent même décider de convertir leur système de production en système biologique (AGB1).

Dans les autres exploitations, les changements sont réalisés en application des réglementations environnementales plus strictes concernant la ressource en eau (POL3) ; deux orientations fortes sont affichées par rapport à cet enjeu majeur : le maintien des surfaces en herbe en particulier dans les zones les plus érosives (ruptures de pente, fonds de talweg, fortes pentes) et la modification des pratiques culturales.

Les espaces naturels sont l'objet d'une demande croissante du public et d'une préoccupation plus importante des élus. Les réglementations évoluent (POL3), notamment sous la pression exercée par les néoruraux. Les orientations d'aménagement sont définies pour préserver l'activité agricole mais aussi les ressources naturelles, telles que l'eau (POL3). Ainsi, de plus en plus de zones agricoles sont soumises à des réglementations pour protéger la ressource en eau, et certaines activités agricoles sont très réglementées voire interdites, en particulier celles qui nuisent à la qualité des eaux : des zones sont remises en herbe ou maintenues en herbe avec des pratiques extensives (limite de fertilisation à 60uN, pas de traitement phytosanitaire, chargement limité à 1,4 UGB/ha), et un accompagnement dans la conduite des cultures et des épandages d'effluents (RSH, analyses d'effluents et CIPAN plus fréquents) a lieu (POL3).

Une nouvelle réglementation soutient et encourage l'agriculture biologique (AGB1), qui est également plébiscitée par les néoruraux. Les consommateurs locaux considèrent qu'elle contribue à la protection de l'environnement (AGB1). Le nombre d'exploitations agricoles en agriculture biologique ou en conversion augmente, ainsi que les surfaces agricoles en conversion. Les transformateurs et importateurs de produits biologiques présents dans le département deviennent plus nombreux.

Ce développement est notamment permis par un soutien financier public, grâce à des aides au maintien et à la conversion. Par exemple, l'agriculture biologique est proposée comme un moyen de protéger la ressource dans les bassins d'alimentation de captage dans les SDAGE. La filière des produits bio s'organise. Les GAB se développent pour permettre à la filière de se structurer. Ainsi, une plate-forme de commercialisation locale est créée et les groupements d'approvisionnement et de commercialisation se consolident et se développent. Le marché bio se développe localement. La consommation et la production de produits issus de l'agriculture biologique augmentent en Seine-Maritime. Les industries présentes dans le département développent leur gamme de produits biologiques (Danone, Lactalis...) et les industriels, dont l'intérêt pour les produits biologiques s'accroît, investissent sur le marché des produits bio (lait, lin...). Les formes de commercialisation sont diverses : marchés bio, AMAP livrées par des producteurs bio, magasins de producteurs, magasins spécialisés et restaurants bio. La demande de la restauration collective pour les produits biologiques augmente également. Cette demande de produits bio en croissance est ainsi assurée grâce aux producteurs bio locaux.

Le développement de l'agriculture biologique permet de lutter contre l'érosion par le maintien des surfaces en herbe, elle permet également de préserver la santé publique et d'améliorer la qualité des eaux grâce à l'absence d'utilisation de produits phytosanitaires et d'engrais chimiques. L'agriculture donne une meilleure image d'elle-même par l'intermédiaire de l'agriculture biologique, par le développement de systèmes économes en énergie (caractère extensif de la conduite en agriculture biologique) et de pratiques respectueuses de l'environnement (AGB1, PRA6, PRA5).

Les agriculteurs qui pratiquent l'agriculture biologique recréent le lien avec le grand public grâce à des manifestations comme : le printemps bio, le salon E Caux Bio à Yvetot, les bons repas de l'agriculture durable, les marchés bio... Le développement de la vente directe crée et maintient un lien avec les populations locales. L'agriculture bio est fortement demandeuse en main d'œuvre et le développement de ce mode de conduite permet d'embaucher les néoruraux.

La **dynamique rurale** est maintenue par le développement de l'agriculture biologique (AGB1) et de l'agritourisme (TOU1) pour participer à la conservation du patrimoine et à la préservation de l'environnement.

Micro scénario 1.2. : Cohabitation de la population rurale avec l'activité agricole

Dans les pôles urbains, les départs excèdent les arrivées et les communes du rural isolé connaissent une augmentation de leurs arrivées (SOC2). Ainsi, le taux d'urbanisation augmente, et la déconcentration des centres-villes s'accroît avec une augmentation de population en zones

périurbaines (SOC2). Depuis 2000, dans un contexte général de croissance de la construction, liée notamment à la baisse de la taille des ménages, la pression périurbaine augmente et l'étalement de l'urbanisation s'exerce de plus en plus loin des centres d'agglomérations.

En conséquence, les terres agricoles sont de plus en plus vulnérables à l'urbanisation et l'artificialisation de celles-ci s'accroît à un rythme de plus en plus soutenu (USE1).

Cependant, **la population rurale augmentant** (SOC2), et par là même **l'urbanisation des terres agricoles** (USE1), une réglementation environnementale plus stricte concernant la ressource en eau (pollution des eaux, lutte contre le ruissellement) et l'urbanisation est mise en place (encadrement de l'urbanisation) car l'urbanisation croissante des terres agricoles accentue la vulnérabilité du territoire agricole au ruissellement.

L'urbanisation des terres agricoles prenant de plus en plus d'ampleur avec pour conséquences des effets néfastes sur la ressource en eau (pollution des eaux, coulées boueuses...), les réglementations concernant la protection de la ressource en eau deviennent de plus en plus exigeantes (POL3). Ainsi cette réglementation plus exigeante visera au maintien d'une activité agricole durable, car celle-ci conditionne l'entretien du patrimoine naturel, la protection des paysages et, dans une certaine mesure, la mise en œuvre de moyens de gestion efficaces pour juguler les phénomènes de ruissellement.

Cette réglementation concerne d'une part le développement de l'urbanisation ; afin de préserver la qualité des paysages des espaces naturels majeurs, la construction sera préférentiellement localisée à l'intérieur de l'urbanisation existante ; à défaut, elle devra se faire par extension d'ampleur limitée en continuité de l'urbanisation existante. En dehors de ces cas, les seules constructions admises seront les bâtiments nécessaires soit aux activités agricoles, soit à la valorisation touristique des espaces correspondants, ainsi que les constructions incompatibles avec le voisinage des espaces urbanisés. Pourra également être autorisée la reconversion du patrimoine existant à des fins résidentielles, touristiques, artisanales ou de service, éventuellement accompagnée d'extensions d'ampleur limitée et bien insérées dans l'environnement. De plus, les structures paysagères caractéristiques de ces espaces doivent être préservées, dans le pays de Caux, il s'agit des haies d'arbres entourant les bâtiments d'habitation et d'exploitation agricoles, constituants des « clos-masures ».

La nouvelle réglementation concerne également, la protection des ressources aquatiques ; ainsi, de plus en plus de zones agricoles sont réglementées pour protéger la ressource en eau, et certaines activités agricoles sont très réglementées voire interdites, en particulier celles qui nuisent à la qualité des eaux (des zones sont remise en herbe ou maintenues en herbe avec des pratiques extensives (limite de fertilisation à 60uN, pas de traitement phyto, chargement limité à 1,4 UGB/ha) et accompagnement dans la conduite des cultures et des épandages d'effluents (RSH, analyses d'effluents et CIPAN plus fréquents)(POL3).

D'autre part, cette **réglementation environnementale** concerne les pratiques agricoles permettant de limiter le ruissellement, en adaptant les équipements (pneus basse pression, houe rotative, bineuse, déchaumeuse à soc, semoirs d'interculture, effaceurs de roue, semoirs à maïs en bandes fraisées, crosskillettes en localisé, semoir de ray-grass sous couvert de maïs...) et les pratiques culturelles associées (PRA6)...

Deux orientations fortes sont affichées par rapport à cet enjeu majeur : le maintien des surfaces en herbe en particulier dans les zones les plus érosives (ruptures de pente, fonds de talweg, fortes pentes) et la modification des pratiques culturelles ; cette modification des pratiques passe très largement par l'introduction de cultures permettant la couverture des sols en hiver. S'ajoutent à la modification des pratiques culturelles, la mise en place de talus et fossés bien positionnés par rapport aux axes de ruissellement dont l'objet principal est d'écarter les cures et de protéger ainsi les zones habitées par l'inondation de prairies ou même de cultures.

Ainsi un grand nombre de pratiques agricoles deviennent obligatoires ; par exemple, la reconversion de terres arables en herbages extensifs ou en prairies temporaires (bandes enherbées tournantes), la couverture des sols à l'automne (piège à nitrates ou lutte contre l'érosion) avec des espèces telles que la moutarde, la navette, le radis fourrager, la phacélie, le seigle, l'avoine, le trèfle, le ray grass. Les surfaces résiduelles maximales en sol nu l'hiver est fixé pour être inférieure à 10% de la SAU. L'implantation de ray grass sous maïs est également obligatoire, ainsi que le semis de maïs en bande fraisée (semis de maïs dans de l'herbe déjà implantée), le maintien des repousses de colza pour

piéger les nitrates (dans le cas d'une succession colza-céréales d'hiver), l'emplacement de la jachère PAC sera réglementé pour être placé de manière pertinente sur les fourrières aval des cultures à risques, les fonds de talwegs, les bordures de cours d'eau, points d'eau, bétouilles, les périmètres de captage, les bordures de parcelles amont de route ou d'habitations, , modifier les techniques de lutte phytosanitaire pour une lutte raisonnée sur l'ensemble des terres de cultures de l'exploitation (fiches de visite de parcelles, contrôle des pulvérisateurs, inscription de chaque intervention...), adapter la fertilisation en fonction d'analyses de sols et gestion de la fertilisation azotée minérale sur toutes les cultures de l'exploitation, gestion de la fertilisation minérale et des effluents d'élevage sur toutes les prairies de l'exploitation, travail du sol raisonné (céréales...).

Ainsi, il n'y a **pas de grands bouleversements dans l'orientation des systèmes de culture**, mais chaque système adapte ces pratiques pour parer au mieux les conséquences négatives (coulées boueuses notamment) de l'urbanisation croissante des terres agricoles, et en cas d'urbanisation nouvelle, d'aménagement foncier agricole ou d'infrastructures de transport, le projet de paysagement tire le meilleur parti des éléments à conserver et propose les compléments nécessaires à une bonne intégration paysagère.

En conséquence, la population en milieu rural et l'activité agricole cohabitent sans difficultés majeures (SOC1) et les deux activités (agriculture et habitations rurales) cohabitent générant même des externalités positives telles que le **tourisme vert et l'agritourisme** (TOU1); en effet, par exemple, la mise en place d'une politique d'aide permettant la régénération des haies et des autres éléments paysagers caractéristiques permet de développer la mise en valeur touristique de ces territoires.

Micro scénario 1.3. : Des agriculteurs proactifs, acteurs du développement du monde rural

La croissance des populations se réalisent principalement dans les aires urbaines des agglomérations et en moindre proportions dans les communes périurbaines mais très peu dans les communes rurales (SOC2). Ainsi, l'urbanisation s'étale beaucoup moins en dehors des grandes agglomérations ; conséquence d'un regain d'attractivité des tissus urbains centraux (USE1). On assiste à une meilleure attractivité des pôles urbains régionaux (Rouen, Le Havre, Caen) avec le développement d'activités tertiaires et d'axes transversaux dépassant la polarité de l'agglomération parisienne permettant de freiner l'étalement sur les franges rurales (USE1).

La **pression de l'urbanisation sur les terres agricoles ralentit** (USE1) car la population rurale n'augmente pas (SOC2), très peu de nouveaux habitants investissent les campagnes ; seuls les agriculteurs font vivre les territoires ruraux. Cependant, les citadins sont attirés par les séjours à la campagne (weekend, vacances) et certains agriculteurs développent l'**agritourisme** (TOU1). Le tourisme de pleine nature en s'appuyant sur le potentiel de l'arrière pays prend tout son essor (TOU1). Cependant, les agriculteurs et les populations rurales sont de plus en plus sensibles externalités négatives de l'activité agricole et à la dégradation de l'environnement et des ressources naturelles comme par exemple la diminution du potentiel de production des sols dû à l'érosion des terres agricoles, ou à l'affaiblissement du taux de matière organique... (SOC1), un autre exemple est la qualité de l'eau qui est menacée par les coulées boueuses qui entraînent la turbidité de la nappe de craie et rendent régulièrement impropre à la consommation l'eau potable (par la pollution des cours d'eau due aux apports des massifs de matières en suspension). La dégradation de la qualité des eaux (turbidité) et l'érosion des terres atteignent des proportions préoccupantes. Ainsi, les conséquences pour certaines catégories d'acteurs (les agriculteurs) ne sont pas acceptables et il y a un **engagement volontaire de la profession** dans la restauration des fonctions environnementales de l'agriculture et une volonté locale des agriculteurs d'engager des actions fortes et efficaces en faveur des fonctionnalités environnementale de leur activité.

Dans ce contexte, les **habitants des campagnes (ici les agriculteurs) sont de plus en plus sensibles aux conséquences néfastes que peut avoir leur activité sur l'environnement** ; ainsi, la maîtrise des ruissellements et la lutte contre l'érosion des sols, la qualité de l'eau devient un enjeu prioritaire pour les agriculteurs (SOC1) et ils prennent conscience qu'il faut intervenir pour maintenir le potentiel agricole local et améliorer la qualité de l'eau. Par exemple, beaucoup d'agriculteurs décident de

réduire les pesticides car ils voient leur utilisation comme une contrainte et un risque vis-à-vis de leur propre santé et de l'environnement, sans compter le coût important de ces produits. L'atteinte de cet objectif passe par la lutte contre l'érosion des sols et le développement d'une « agriculture raisonnée » adaptant l'utilisation d'intrants aux besoins réels des plants.

Les agriculteurs font également pression pour qu'une réglementation soit imposée de la même façon à toutes les exploitations agricoles pour préserver la ressource en eau et empêcher les pollutions (bandes enherbées, intercultures...) et ainsi mettre à leur disposition des moyens (financiers) nécessaires à des actions de restauration (POL3). Les agriculteurs peuvent intégrer ces contraintes à leur activité économique dans la mesure où certains mécanismes d'indemnisation sont mis en place. Des indicateurs tels qu'érosion ou taux de matière organique se dégagent pour développer une réglementation visant à maintenir la qualité des sols. Les zones à risques vis-à-vis de l'érosion sont recensées et des plans d'action sont établis (POL3). Le programme d'action comprend des mesures relatives à la couverture végétale du sol, permanente ou temporaire et au travail du sol, la gestion des résidus de culture ou aux apports de matière organique favorisant l'infiltration de l'eau et limitant le ruissellement. Par exemple, pour maintenir les taux de matière organique à des niveaux corrects, l'enfouissement des résidus de culture est fortement incité (l'enlèvement des pailles est restreint), ainsi que l'épandage de fumier. Les agriculteurs assurent des apports réguliers de matière organique (résidus, effluents, cultures intermédiaires) à leurs terres, ce qui permet de maintenir le taux de matière organique à un taux optimal.

Ainsi, de manière volontaire et/ou par le biais d'une **réglementation plus stricte**, les agriculteurs mettent en place des pratiques plus respectueuses pour protéger la ressource (sol) telles que des techniques limitant le ruissellement (PRA6), ou des intercultures (PRA5), d'autres décident de **convertir leur exploitation en agriculture biologique** (AGB1), créant par là même des AMAP pour lesquelles les citoyens viennent participer aux travaux de manière ponctuelle (le weekend), et ainsi favorisant l'agritourisme (TOU1).

Particulièrement sensibles au taux de matière organique qui diminue dangereusement (et par là même accentue l'érosion des terres), les agriculteurs se mobilisent pour adopter des techniques permettant de maintenir un taux de mo correct. Des agriculteurs par exemple adoptent la technique du labour superficiel dit « agronomique » qui se répand, et qui consiste à retourner le sol superficiellement (10 à 15 cm) avec une charrue adaptée. Cette technique permet de moins diluer la matière organique qu'avec un labour classique. De même, sur les chantiers de récolte travaillés, les résidus de récolte sont mélangés à la terre pour permettre une bonne décomposition de la matière organique. De plus, des expérimentations sont en cours sur différentes techniques visant à améliorer la stabilité structurale du sol en favorisant la concentration de la matière organique en surface. Toujours dans le but de maintenir le taux de mo, les agriculteurs contribuent fortement au recyclage des déchets industriels et urbains et ainsi utilisent les déchets générés par les agglomérations urbaines ; des partenariats se créent entre les agriculteurs et les producteurs de déchets. Les exploitants agricoles gèrent de plus en plus les déchets organiques non agricoles ; le volume total des déchets épandus sur le département augmente et les épandages concernent de plus en plus de terres labourables. Par exemple, les déchets issus des « sous-produits de papeteries » et des « boues et sous-produits d'industries chimiques » ainsi que les volumes de boues urbaines épandues augmentent également. Les coproduits aux mains des agriculteurs (rémanents bocagers, de bosquets et de vergers) permettent d'en utiliser une grande partie pour du compostage (de déchets verts), et les plates-formes de compostage se multiplient et se développent.

Les populations urbaines s'intéressent à ces nouvelles activités agricoles, ils viennent visiter les plates-formes de compostage. Les populations reconnaissent le service rendu par la profession agricole (TOU1).

Ainsi, l'agriculture intègre la filière « déchets » et obtient des conditions économiques plus favorables. De plus, le compostage des déchets verts est une solution alternative aux filières onéreuses actuellement utilisées et le co-compostage des déchets organiques et ligneux produits dans les régions agricoles est un débouché de plus en plus exploité.

Micro scénario 1.4. : Vers un désintérêt de la société pour le monde rural

Les campagnes attirent de moins en moins les populations urbaines (SOC2), autant pour ce qui est de l'habitation (moindre urbanisation) que du tourisme. La **population rurale est en baisse**, et **l'urbanisation des espaces ruraux stagne** (USE1); les exploitants continuent leur activité et peu de contacts se créent avec le reste de la population. A titre d'exemple, les exploitations sont majoritairement par des fils ou filles d'agriculteurs originaires de la région.

L'espace rural perd de sa dynamique, car les populations urbaines s'intéressent peu à l'activité agricole (SOC1) en général et sont peu curieuses de savoir ce qui s'y passe. Compte-tenu du peu d'intérêt porté aux espaces ruraux par les populations urbaines, l'agritourisme seino-marin ne se développe pas et le marché est de plus en plus concurrencé par les régions voisines (TOU1).

Le développement des territoires agricoles perd de l'allure/entraîne et les projets de développement agricole diminuent, les partenariats entre les agriculteurs et les autres acteurs locaux (gestion environnementale, animation locales, agro-tourisme...) se font moins nombreux, de même que les actions de communication avec les élus locaux. Par exemple, les projets de Pays et de territoires partagés n'aboutissent pas. Les exploitants agricoles ne proposent pas et n'innovent pas dans les modes de gestion des territoires (agritourisme, nouveaux étiers de la ruralité...) (TOU1). Ils ne sont pas non plus acteurs dans les structures de développement des territoires (projets de territoires, initiatives locales, ouverture aux autres acteurs, communication de proximité, événementiels...). De la même manière, l'agriculture biologique perd du terrain (AGB1), aucune exploitation agricole ne se convertit au mode d'agriculture biologique et les exploitations déjà converties en agriculture biologique ont des difficultés à se maintenir du fait du manque de filières de distribution et de transformation. Etant donné le dépeuplement des espaces ruraux, le développement de l'activité agricole ne pose pas de problèmes particuliers et les agriculteurs ne prêtent pas d'attention particulière aux conséquences, notamment environnementales, de leurs pratiques. Ainsi, la **réglementation environnementale concernant la ressource en eau n'évolue pas** (POL3) et les pratiques alternatives proposées (de type CAD, CTE...) sont de moins en moins soutenues financièrement et politiquement et ne sont ainsi plus adoptées par les exploitants. Certaines **aides financières sont supprimées** tel le remboursement des semences pour les intercultures et les agriculteurs abandonnent cette pratique (PRA5). Les pratiques agricoles restent classiques et traditionnelles et n'intègrent pas de pratiques permettant de préserver la ressource en eau (PRA6). Car **aucune contrainte réglementaire** n'est définie et personne ne se plaint (ni agriculteurs, ni population locale qui est peu nombreuse).

Ainsi, **le développement économique est reconnu comme une priorité**, qui prime sur la protection de l'environnement. La protection des milieux n'est pas une priorité. L'agriculture n'est pas un acteur dynamique des territoires et ne permet pas d'accompagner les démarches environnementales telles que la préservation des eaux, la gestion raisonnée des intrants, ou la lutte contre l'érosion... (PRA5, PRA6).

Titre de la famille de microscénarios : «Quelle place pour les bassins de production locaux ?»

Micro scénario 2.1. : Un territoire à vocation « énergétique »

- **Les négociations à l'OMC aboutissent à un accord statuant sur une libéralisation accrue du commerce mondial...**

(le deuxième moteur démarre, +POL9)

Les négociations à l'OMC aboutissent à un accord statuant sur une **libéralisation accrue du commerce mondial** (POL9), l'agriculture devient ainsi un secteur de plus en plus libéralisé et les frontières commerciales de l'UE s'ouvrent. Cela se traduit par la fin des restitutions à l'exportation, l'augmentation des importations, la baisse des droits de douanes, et la baisse des soutiens internes pour le secteur bovin viande, bovin lait, betteravier, et grandes cultures. Cette libéralisation des marchés (POL9) ouvre à la concurrence les productions locales et les risques de délocalisation des bassins de production sont importants (PRO13), et ne favorise pas le développement de grands bassins agricoles

de production et de transformation des produits agricoles. Les effets négatifs d'un accord sur l'agriculture et l'agroalimentaire sont inégalement répartis entre produits et secteurs agricoles, d'autant plus élevés que le bien bénéficie de restitutions à l'exportation et, surtout, d'une protection à l'importation importante⁴⁴.

Pour la filière sucrière, la libéralisation du commerce mondial se traduit par la fin des exportations (des suites de la perte du panel sucre et de la fin des restitutions à l'exportation), l'augmentation des importations (baisse des droits de douanes) et la baisse des soutiens internes. En conséquence, la production de sucre locale se trouve confrontée à la concurrence de la production de sucre en provenance des pays ACP, de l'Inde, de Cuba et du Brésil. La production locale de betterave sucrière perd sa compétitivité face à la production de sucre à partir de canne à sucre des pays du sud et la culture de betterave sucrière locale disparaît (PRO7), entraînant la **délocalisation de la production betteravière locale** dans d'autres zones où leur transformation en éthanol est possible. La disparition de la betterave sucrière dans le paysage seino-marin se réalise notamment au profit des cultures énergétiques (colza, blé) mais également au profit du pois de printemps qui remplace la betterave dans les assolements.

La libéralisation des échanges permet également à la culture de blé de se développer (PRO10), avec l'augmentation de la demande mondiale en céréales. En effet, au niveau de la filière céréales, cette libéralisation des marchés, favorise la culture du blé (PRO8) ; la Normandie ne constitue pas un grand bassin céréalier⁴⁵ mais l'importance et la proximité du port de Rouen lui permet de conforter ses exportations⁴⁶. De plus, dans ce contexte de développement des biocarburants, avec l'éthanolerie (Lillebonne) et l'ensemble des IAA, 100% du blé seino-marin est transformé sur place.

La libéralisation des échanges concerne peu la filière pomme de terre qui constitue une des seules productions qui n'est pas régulée par une Organisation Commune de Marchés ou par une politique agricole spécifique ; les prix sont ainsi dépendants de la fluctuation des cours. Pour la production de pomme de terre, l'ouverture à l'international permet d'acquérir de nouveaux marchés, et les **débouchés locaux, nationaux, et internationaux (export) pour la pomme de terre se développent** (DEM4). L'accroissement de ces débouchés permet au groupe coopératif Lunor (Luneray) spécialisé dans la préparation de légumes précuits conditionnés sous vide, et particulièrement dans la transformation de Pomme de Terre, de développer sa croissance et de renforcer son outil de production (IAA1) et ainsi de conforter la culture locale de pomme de terre (PRO11) en profitant de la qualité locale. A noter que le développement de cette culture permet de conforter la place du blé dans les assolements (PRO8) car le blé est le principal précédent de la pomme de terre dans les successions culturales. De la même manière l'expansion locale de la pomme de terre permise par de nouveaux débouchés (DEM4), incitent les agriculteurs à profiter de l'opportunité, quitte à limiter les délais de retour agronomique et à augmenter les risques de parasitisme (PRA2). Enfin, la délocalisation de la production betteravière permet également à la pomme de terre de gagner des hectares dans les assolements, la betterave étant également une culture de printemps, la concurrence est moindre avec sa disparition (PRO7).

Enfin, la culture linière nécessite un coût de main d'œuvre non concurrentiel sur le plan international⁴⁷, cette culture est donc fortement handicapée dans un contexte de marchés libéralisés (POL9), mais la filière se maintient notamment grâce à la diversification de ses débouchés en termes de marché (Chine) et/ou de produits (emballages, ameublement, panneaux agglomérés, renforts de portières de voiture...). Le développement de ces nouveaux débouchés est renforcé et soutenu par la mise en place d'une réglementation environnementale européenne, nationale et locale plus exigeante (POL1) qui promeut le développement des biomatériaux (à partir de la fibre de lin par exemple). La culture du lin textile présente des avantages environnementaux ; cette culture présente un bon bilan énergétique⁴⁸ mais le coût énergétique de la culture est important (ENE1). Dans un contexte où les

⁴⁴ Guyomard et al., 2007

⁴⁵ 6% de la collecte française en 2007

⁴⁶ 68% de la collecte céréalière normande est destinée à l'exportation en 2007

⁴⁷ À l'origine de la désindustrialisation de la profession linière européenne

⁴⁸ Au champ, la consommation d'énergie est très faible, lors de la culture il y a très peu de rejet de phosphates ou de nitrates et l'agriculteur utilise très peu d'engrais azotés car, dans le cas contraire, il risque que la culture verse, de même pour les pesticides

réglementations environnementales se durcissent (POL1), **la culture du lin est d'autant plus confortée**, la nouvelle réglementation environnementale favorisant le développement des biomatériaux (à partir du lin par exemple) (DEM5). Pour la même raison (prix de l'énergie), les agriculteurs se doivent de raisonner au mieux leurs rotations pour économiser l'azote et le fuel (ENE1), et les aspects environnementaux deviennent des facteurs clés dans le choix des assolements et les choix des productions agricoles restent proches des rotations traditionnelles privilégiant une vision pluriannuelle des cultures (PRA2). Cette prise en compte des aspects environnementaux dans la constitution des assolements entraîne un repli de la location de parcelles par les exploitants âgés ou ne cultivant pas ou peu de pomme de terre et de lin (EXP7), les surfaces en lin textile atteignent ainsi un palier et la production locale plafonne (PRO5).

Parallèlement, cette libéralisation accrue du commerce mondial (POL9), supprime toute forme de régulation permise par les politiques agricoles, de cette manière **l'obligation de mettre en jachère 10% des surfaces, imposée par l'UE, est levée** (POL4) et les jachères peuvent être remises en culture, ce qui permet de conforter la place et le **développement des cultures énergétiques** dans les assolements (PRO2) tel que le colza (PRO10) et le blé (PRO8) mais la libération de ces surfaces permet également l'implantation et le développement d'autres cultures telles que la pomme de terre (PRO11) sur les meilleures terres.

➤ **Le prix du pétrole continue de grimper (au-delà de 100 \$ le baril)...**
(le premier moteur démarre, +ENE1)

Un prix du pétrole en augmentation continue (au-delà de 100\$ le baril) (ENE1) « légitime » un **soutien aux agrocarburants de première génération** (diester, bioéthanol...), qui continuent d'être considérés comme une option efficace parmi les énergies renouvelables (ENE2) ; cela se traduit par le maintien de l'Aide aux Cultures Énergétiques (ACE) par la Commission Européenne, des taux d'incorporation des biocarburants dans l'essence et dans le gazole croissants, des agréments de production et de défiscalisation pour les esters d'huile et d'éthanol...

La France a fixé des objectifs nationaux d'incorporation des biocarburants plus ambitieux (7% en 2010) que ceux de la directive communautaire de 2003 sur les biocarburants (5,75% en 2010). Face à la hausse de prix des carburants fossiles et à la nécessité de trouver des solutions énergétiques durables, le gouvernement aide la production de biocarburants.

Ainsi, dans le cas du biodiesel, l'augmentation de la demande communautaire d'huile de colza est satisfaite par un accroissement de la production domestique de graines de colza et des importations communautaires d'huile de colza. En effet, sans un considérable développement de sa production domestique de graines oléagineuses (colza), l'UE-25 ne pourra satisfaire son besoin en huiles végétales à des fins énergétiques sans un recours accru aux importations de graines d'oléagineux, d'huiles végétales, voire de biodiesel.

Dans le cas de l'éthanol, l'augmentation de la demande communautaire de blé et de sucre est satisfaite par un accroissement de la production domestique de blé et de betteraves à sucre et une diminution des exportations communautaires de blé et de sucre (Guyomard *et al.*, 2007).

Dans l'objectif de répondre à la demande énergétique et face à la nécessité de fournir des produits différenciés pour réduire la pression de la concurrence mondiale, de nouveaux systèmes de culture autour du non alimentaire se mettent en place à des fins énergétiques ou pour l'élaboration de biomatériaux (à partir du lin par exemple).

La promotion des biocarburants par les pouvoirs publics (ENE2) permet de maintenir leur production entraînant ainsi un accroissement des capacités de production des usines d'éthanol de blé de Lillebonne et de celle d'ester d'huile de Grand-Couronne (IAA3, IAA4). Le développement de la production de l'usine de Diester et de celle de bioéthanol (IAA4) entraîne le remplacement des dernières jachères en herbe par des jachères énergétiques (colza et blé) (PRO6), et la diminution des surfaces en céréales secondaires (orge, maïs grain) (PRO9) au profit des cultures énergétiques (PRO2). Le développement de ces deux usines conduit alors à l'augmentation des surfaces en cultures énergétiques (blé éthanol, colza diester) (PRO2), qui par ailleurs permet de rendre disponible les coproduits de la fabrication de biocarburants qui peuvent être utilisés en substitution d'autres ingrédients de l'alimentation animale. Ainsi, augmentations des rendements et des surfaces emblavées se combinent pour satisfaire les besoins additionnels en céréales et en huiles végétales requis par le

développement des biocarburants tout en satisfaisant l'augmentation des usages alimentaires (Guyomard *et al.*, 2007).

Les surfaces agricoles se répartissent principalement entre cultures dédiées à la production de biocarburants de première génération et cultures dédiées à la production de biomatériaux. D'autres usines de production de biocarburants se créent et se développent, favorisées par le renchérissement du prix du pétrole. Une filière non alimentaire innovante se développe également, qui est celle du colza érucique ; l'Union de Coopératives POLLEN (qui regroupe Capseine, Sévépi et Interface), basée à Rouen, est le 1er producteur français de colza érucique ; Pollen est également leader européen sur ce marché. Le colza érucique revient en force pour répondre au besoin des industries en tant que lubrifiants pour l'industrie (biolubrifiants), additifs carburant, huiles de coupe pour l'industrie aéronautique... et en tant que bases pour l'industrie chimique (solvants, détergents, plastifiants, tensioactifs, adoucisseurs textiles, produits cosmétiques, adjuvants...). Une nouvelle usine de biocarburants à partir de graisses animales du groupe Saria Industries France, spécialisé dans le traitement des sous-produits de la viande, se développe au Havre.

Cependant, la flambée du prix du pétrole (ENE1) et le maintien et renforcement des soutiens aux agrocarburants de première génération (ENE2) permet, de la même manière que pour les biocarburants à base d'huiles végétales ou d'éthanol de blé (IAA3, IAA4), de **développer la production de biocarburants à base d'éthanol issu de la betterave à sucre**, ce qui permet de renforcer le débouché éthanol des usines positionnées sur ce créneau (usine du Groupe Saint Louis Sucre à Etrepagny dans l'Eure et celle du Groupe Tereos à Abbeville dans la Somme) contrairement à l'usine du groupe la Vermandoise à Fontaine-Le-Dun en Seine-Maritime qui ne fait pas le choix d'investir dans la production d'éthanol à partir de betterave sucrière.⁴⁹ Ce dernier bastion de l'industrie sucrière locale non présent sur ce débouché est alors mis en difficulté, d'autant plus dans un contexte de libéralisation du commerce mondial, qui se traduit par l'augmentation des importations (baisse des droits de douanes) et la baisse des soutiens internes. Cette mise en difficulté de la production betteravière locale, tout du moins en ce qui concerne le débouché éthanol entraîne la délocalisation de la production betteravière locale (PRO13) dans d'autres zones où leur transformation en éthanol est possible (PRO13), dans le sud du bassin parisien par exemple. La diminution de la betterave sucrière dans les assolements se réalise notamment au profit de la culture de colza (PRO10) et de celle de blé (PRO8), dans ce contexte de soutiens publics aux cultures énergétiques (ENE2), mais également au profit du pois de printemps (PRO4) qui remplace la betterave dans les assolements, et de celle de pomme de terre (PRO11).

Les agriculteurs sont de plus en plus sensibles aux évolutions des cours du pétrole et aux exigences environnementales. Le renchérissement de l'énergie conduit les exploitations agricoles à chercher une certaine autonomie énergétique (à partir de l'utilisation des déchets de l'agriculture par exemple) ; les producteurs cherchent à réduire les charges sur l'exploitation et diminuer les dépenses énergétiques des exploitations agricoles est un moyen pour sécuriser le revenu agricole. De plus, l'ouverture des marchés entraînant une baisse de revenus des exploitants, les producteurs cherchent à réduire les charges sur l'exploitation. Au niveau des exploitations agricoles, l'ouverture des marchés entraîne une baisse du revenu des exploitants mais le développement des biocarburants a un impact positif sur la valeur ajoutée du secteur agricole (notamment pour les grandes cultures céréales et oléagineux) et la hausse du prix de l'énergie (et des produits dérivés du pétrole) fragilise l'économie des exploitations.

Dans la région, de nombreuses initiatives sont prises afin de réduire la facture énergétique et améliorer l'autonomie énergétique des exploitations agricoles d'une part en développant les techniques culturales simplifiées (PRA4), soutenues par un prix du fioul rédhitoire (ENE1). Ainsi, les **techniques culturales simplifiées trouvent leur place et se développent**; ces techniques sont notamment adoptées par des exploitants qui ont de grandes surfaces et des cultures peu exigeantes en travail du sol. Les TCS permettent de répartir différemment le travail sur l'année, ce sont en général

⁴⁹ La compétitivité relative de l'éthanol communautaire produit à partir de ressources végétales domestiques sera d'autant plus réduite que, (i) le prix mondial du baril de pétrole et le prix mondial du bioéthanol (en dollars) sont faibles, (ii) l'euro est fort vis-à-vis du dollar, (iii) les droits de douanes sur les importations communautaires de bioéthanol sont faibles (Guyomard *et al.*, 2007).

des exploitants qui ont de grandes surfaces, l'agrandissement des exploitations allant probablement de pair dans ce scénario. Le développement des cultures énergétiques (PRO2) dans les assolements (au détriment notamment des céréales secondaires) entraîne une moindre diversité des cultures dans les assolements (PRA3) ce qui peut être favorable au développement des techniques culturales simplifiées (PRA4). D'autre part, les agriculteurs cherchent davantage à optimiser leurs marges en optimisant de plus en plus leurs assolements en fonction du résultat économique ; ainsi, ils établissent leurs assolements en privilégiant une vision annuelle des cultures en fonction des opportunités offertes par le marché (PRA2). **Les cultures à forte marge brute sont donc favorisées (pomme de terre)** ; par exemple les producteurs de pomme de terre font preuve d'une grande réactivité leur permettant de s'adapter au contexte, en modifiant notamment leur rotation en fonction des opportunités du marché.

Toujours dans l'objectif d'une réduction des coûts, les exploitants agricoles sont à la recherche d'une meilleure efficacité énergétique ; ainsi, le prix élevé du fioul permet aux **protéagineux (pois, féverole) de réintégrer les assolements** (avec un prix de l'engrais azoté aligné sur celui du pétrole, si celui-ci augmente les protéagineux peuvent valoriser leur rôle de légumineuse dans les rotations et ainsi réduire les factures d'engrais azotés⁵⁰).

D'autre part, la production d'énergies renouvelables sur les exploitations se développe avec pour objectif d'améliorer l'autonomie énergétique des exploitations. Ainsi, la filière normande de production d'énergies renouvelables en exploitations agricoles la plus développée (celle des biocarburants (HVP en filière courte et biodiesel/bioéthanol en filière longue)) se développe. Par ailleurs, des projets émergent sur les valorisations non alimentaires des produits agricoles et sur l'utilisation énergétique de la biomasse (mise en place de réseaux d'essais pour des cultures dédiées, mise en œuvre d'une politique bois énergie, expérimentations HVP, étude régionale méthanisation...)

La filière huile Végétale Pure se développe et les achats d'équipements de trituration (presses) à la ferme s'accroissent (achats collectifs à travers les CUMA). Certains agriculteurs choisissent de diversifier leurs activités à travers des projets d'unités de méthanisation à la ferme à partir d'effluents agricoles, de déchets et de sous-produits de l'industrie mobilisables sur la région. D'autres sources de biomasse sont utilisées en tant que combustible pour la création de chaleur renouvelable : le lin, la paille...⁵¹ En Seine-Maritime, plusieurs CUMA investissent dans des unités fixes ou semi-mobiles de pressage de graines de colza et de filtration d'huile végétale pure, la filière se fiabilise grâce à la multiplication de références. Outre la valorisation de l'huile comme biocarburant agricole ou comme biocombustible, les éleveurs valorisent le tourteau issu du pressage des graines dans l'alimentation de leurs animaux. La rentabilité économique de ces filières est permise par la bonne tenue des cours de graines et du prix du fioul.

Micro scénario 2.2. : Un territoire qui perd de sa valeur ajoutée

➤ **Les négociations à l'OMC aboutissent à un accord statuant sur une libéralisation accrue du commerce mondial...**

(le deuxième moteur démarre, +POL9)

De nouveaux accords à l'OMC mettent en place un **système de libéralisme accru**. Cet accord inclus notamment la suppression des subventions à l'exportation et un engagement à réduire le soutien

⁵⁰ Ne nécessitant aucun apport d'engrais azotés, les protéagineux réduisent également les apports sur la culture qui suit. Ce sont de 20 à plus de 50 unités d'azote qui peuvent être économisées, en fonction de l'année et du type de sol, sur un blé de pois par rapport à un blé de blé.

⁵¹ La loi d'orientation agricole fixe des objectifs de taux d'incorporation de biocarburants dans les produits pétroliers : 5,75 % fin 2008, 7 % fin 2010 et 10 % fin 2015. Parallèlement, elle accorde une reconnaissance partielle de l'huile végétale pure (HVP). Depuis début 2006, les agriculteurs producteurs de graines d'oléagineux peuvent utiliser l'HVP comme carburant agricole (ceci est réservé exclusivement aux exploitants ayant produit les graines dont l'huile est issue, par pressage direct sur leur exploitation ou en dehors de celle-ci, comme par l'intermédiaire d'une CUMA). Depuis 2007, les agriculteurs producteurs de graines d'oléagineux peuvent également vendre l'HVP comme carburant agricole à d'autres agriculteurs (n'ayant pas produit les graines) ou pour les navires de pêche professionnels (Chambre Régionale d'Agriculture de Normandie)

interne ayant des effets de distorsion sur les échanges. Ce nouveau système est caractérisé d'une part, par une facilitation de l'accès au marché grâce à une suppression des droits de douanes qui permettent l'entrée de certains produits sur le marché intérieur entrant ainsi en concurrence avec les produits nationaux et régionaux. D'autre part, ce système se caractérise également par l'absence de restitutions qui ne permettent plus aux produits européens d'être compétitifs sur le marché mondial et le prix européen s'aligne sur le prix mondial. Enfin, il n'y a plus de soutiens internes par les prix d'intervention (POL9). Cette nouvelle donne économique déstabilise certains produits par l'entrée d'importations du reste du monde mais certains produits ont des capacités fortes d'exportation et d'importants avantages en termes de qualité de terres, de produits, et même de coûts dans certains cas. Cette libéralisation a pour conséquence une **délocalisation de certains bassins de production (betteraves sucrières)** qui se développent ailleurs en Europe ou en dehors (PRO13) et la confortation d'autres bassins qui trouvent un moyen d'assoir leur présence (pomme de terre).

Il en est ainsi au niveau de la filière betteravière, ce nouveau contexte entraîne la fin des exportations (des suites de la perte du panel sucre et de la fin des restitutions à l'exportation), l'augmentation des importations due à la baisse des droits de douanes et la suppression des soutiens internes. Cette libéralisation a pour conséquence la délocalisation du bassin de production betteravier local qui se développe ailleurs en Europe ou en dehors ; Le bassin de production local est fragilisé par l'absence d'une diversification des débouchés du fait de l'abandon de la production de biocarburants (éthanol de betterave). De plus, le plan de restructuration engagé avec la réforme de l'OCM Sucre ne suffit pas à désengorger le marché et la restructuration du secteur sucrier se poursuit (POL8), en conséquence les betteraviers français sont contraints de diminuer leur production (PRO7), ce qui entraîne la diminution de la diversité des cultures dans les assolements (PRA3).

Au niveau de la filière céréales, cette libéralisation des marchés, **favorise la culture du blé** (PRO8) ; la Normandie ne constitue pas un grand bassin céréalier⁵² mais l'importance et la proximité du port de Rouen lui permet de confirmer ses exportations⁵³.

Au niveau de la filière protéagineux, l'entrée de nouveaux produits à bas prix, tels que le soja, sur le marché intérieur **concurrence la production locale de protéagineux (pois, féverole)** entraînant la disparition de cette culture sur le territoire (PRO4).

Au niveau de la filière légumière, cette plus grande ouverture aux marchés permet d'accéder à **de nouveaux débouchés internationaux (export) pour la pomme de terre** (DEM4), le développement de cette culture (PRO11) se faisant notamment au détriment de celle de pois (PRO4). Le développement de cette culture est également permis par la location annuelle de parcelles, pour une grande partie par des producteurs âgés qui se développe fortement (EXP7). L'extension du bassin de production de la pomme de terre ne permet pas aux techniques culturales simplifiées de se développer car c'est une culture nécessitant un travail du sol important (PRA4).

D'autre part, une plus grande connexion au marché mondial (libéralisation des productions agricoles) se traduit par une recherche d'optimisation des assolements en fonction du résultat économique et les agriculteurs établissent leurs assolements en privilégiant une vision annuelle des cultures en fonction des opportunités offertes par le marché, ainsi les cultures à forte marge brute sont favorisées (pomme de terre) ; par exemple les producteurs de pommes de terre font preuve d'une grande réactivité leur permettant de s'adapter au contexte, en modifiant notamment leur rotation en fonction des opportunités du marché. L'aspect économique et rentabilité est le principal objectif des exploitants, ainsi peu d'économies sont faites sur les intrants, le fioul et les rotations (diminution de la diversité des cultures, absence du pois) beaucoup moins gérées sur le long terme. C'est la quantité qui est privilégiée à défaut de la qualité du produit.

D'autre part, dans ce contexte de prix élevé de l'énergie (ENE1), le département de la Seine-Maritime reste un bassin de production privilégié pour la culture du lin et de la pomme de terre en raison de conditions pédoclimatiques favorables à ces cultures (PRO13) et grâce au développement des consommations de proximité, limitant ainsi les coûts de transport.

Ce maintien des bassins de production locaux (PRO13) permet ainsi à la **filiale lin textile de se pérenniser et de diversifier ses débouchés** en termes de marché (Chine) et/ou de produits

⁵² 6% de la collecte française en 2007

⁵³ 68% de la collecte céréalière normande est destinée à l'exportation en 2007

(emballages, ameublement, panneaux agglomérés, renforts de portières de voiture...) (DEM5), permettant ainsi à la culture de lin de se maintenir (PRO5) ce qui paraît difficilement conciliable avec un abandon de la pratique de location de parcelles entre exploitants (EXP7). A noter que le maintien de cette culture permet de conforter la place du blé dans les assolements (PRO8) car le blé est le principal précédent du lin dans les successions culturales.

Le bassin de production de pomme de terre et de légumes industriels, structuré autour d'unités de transformation (Lunor) par le biais des contrats de production, est menacé par des risques de délocalisation des unités de transformation. En effet, ces cultures sont soumises aux aléas du marché, et sont concurrencées par les pays du Sud de l'Europe (Espagne, Italie), la Grande-Bretagne, la Belgique, l'Allemagne et l'Est de l'Europe et de la Russie pour les légumes. La pomme de terre (pomme de terre de conservation et plants) est une culture dont les coûts de production sont particulièrement élevés (matériel spécifique, coût de main d'œuvre et des plants de pomme de terre...) en regard avec les quantités produites par hectare. Ainsi, les grands groupes (Lunor) délocalisent leurs outils industriels et la part des surfaces sous contrat disparaît et les producteurs abandonnent la production de pomme de terre ou commercialisent leur production directement auprès des centrales d'achat de la grande distribution. Ainsi, la part des volumes exportés progresse, notamment sur le marché du frais (pomme de terre non transformées).

Enfin, ce contexte libéral ne permet plus aux états membres de l'UE et donc la France de mettre en place des outils de régulation des marchés, et la **jachère est alors supprimée** et n'a plus lieu d'être (POL4). Ces surfaces libérées peuvent ainsi être cultivées indifféremment par diverses cultures, mais dans ce contexte de disparition des cultures énergétiques (ENE1), ces surfaces sont implantées en blé, pomme de terre ou lin pour les terres à meilleure potentiel.

➤ **Le prix du pétrole se maintient aux alentours de 70 \$ le baril**
(le premier moteur ne démarre pas, -ENE1)

Dans un contexte où le coût de l'énergie se maintient, les coûts de transport restent stables et l'agriculture et les activités industrielles locales ne sont pas pénalisées, dans leur performance et leur compétitivité, par le prix de l'énergie. Cependant, dans un contexte de libéralisme accru, de moins en moins d'entreprises locales sont indépendantes ; de nombreuses grandes entreprises ont des établissements implantés en Seine-Maritime (Lactalis, Danone et SODIAAL pour le secteur laitier, SOCOPA pour la viande bovine...) mais les centres de décision sont de plus en plus localisés hors du territoire d'implantation des établissements de production, et il y a de plus en plus de restructurations ou de rachats d'entreprises locales, et les filières sont de plus en plus dépendantes de stratégies qui dépassent le cadre local (restructuration, fermeture de sites, rachats d'entreprises).

Le contexte énergétique ne favorise pas le développement de cultures à destination du non alimentaire pour des biocarburants de première génération ni pour l'élaboration de biomatériaux ; le pétrole reste à la base de la chimie du carbone. En conséquence, les utilisations industrielles de produits agricoles et de déchets à des fins non alimentaires (production d'énergie, de biocarburants...) ne se développent pas en Seine-Maritime. Cette baisse du prix de l'énergie (ENE1) ne joue pas en faveur du développement des biocarburants et l'utilisation des agrocarburants et leurs chaînes de productions locales sont remises en cause. Tout ceci dans un contexte où des experts⁵⁴ et l'opinion publique se font de plus en plus critiques face à cette filière, où le gouvernement prend ses distances et où les pétroliers ne sont pas forcément favorables à la production d'un produit substituable à une essence déjà produite, en trop grande quantité en Europe, par rapport à nos besoins.

Ainsi, cela ne joue pas en faveur d'un maintien des soutiens publics aux biocarburants (-ENE2), et se traduit au niveau européen par la suppression de l'Aide aux Cultures Énergétiques par la Commission Européenne, et au niveau national par des taux d'incorporation des biocarburants dans l'essence et dans le gazole stables, des volumes agréés pour défiscalisation en baisse, des agréments de

⁵⁴ un rapport récent (2007) de l'OCDE conclut que les limites de développement des agrocarburants devraient être revues, la priorité devrait être donnée à la recherche sur les biocarburants de deuxième génération, les études sur l'impact environnemental et le bilan énergétique des agrocarburants devraient être revues, il faudrait arrêter de soutenir les agrocarburants alors qu'il existe bien d'autres solutions d'économie d'énergie fossile moins mises en avant

production également et les taux de défiscalisation accordés sont revus à la baisse. On assiste ainsi à un retrait partiel du soutien gouvernemental dans le développement des biocarburants (la compétitivité des biocarburants ne permet pas de se passer du soutien de l'état). Le retrait du soutien gouvernemental dans le développement des agrocarburants de première génération (suppression ou diminution des subventions et des défiscalisations nationales) menace la filière locale. La résultante de cette affaiblissement de la production de biocarburants est une **baisse des emblavements en cultures énergétiques (blé éthanol et colza diester)**. Les usines locales de productions de biocarburants (Grand Couronne et Lillebonne) tournent au ralenti, l'usine d'éthanol de Lillebonne se trouve en très grande difficulté d'approvisionnement, contrairement à celle de diester qui continue sa production (mais sans augmentation), compte tenu du fait qu'elle produit aussi bien de l'huile alimentaire que des biocarburants (débouchés alimentaire et énergétique). La remise en question des agrocarburants permet une moindre concurrence entre les surfaces et ne concurrencent plus directement les cultures alimentaires.

La résultante de cette affaiblissement de la production de biocarburants est une baisse des emblavements en cultures énergétiques (blé éthanol et colza diester) (PRO2, PRO10, OPRO8). Ainsi, les jachères en herbe sont de moins en moins implantées en cultures énergétiques (PRO6). Cette diminution du colza en particulier permet aux céréales secondaires de retrouver une place dans les assolements (PRO9).

Cette libération de surfaces par le colza diester permet également à la pomme de terre de gagner des hectares (PRO11). Ce développement est conforté par un faible coût de l'énergie (ENE1) car la pomme de terre est une culture coûteuse en énergie (intrants, fioul). L'extension du bassin de production de cette culture va passer par la pratique accrue de la location annuelle de parcelles, pour une grande partie par des producteurs âgés, qui se développe fortement (EXP7).

Dans ce contexte d'affaiblissement des biocarburants, il est en de même pour la production d'éthanol à partir de betteraves sucrières, ainsi le débouché éthanol des industries sucrières n'a plus lieu d'être, on assiste donc à une **diminution de la production pour les industries sucrières possédant un débouché éthanol (Etrepagny, Abbeville)**.

Avec un prix du fioul accessible, les agriculteurs ne sont pas à la recherche de gains d'énergie (azote, engrais, fioul) et le **pois et les protéagineux ne sont pas favorisés** (PRO4) pour cette raison. Au niveau des pratiques, les agriculteurs cherchent de plus en plus à optimiser leurs assolements en fonction du résultat économique et établissent leurs assolements en privilégiant une vision annuelle des cultures en fonction des opportunités offertes par le marché (PRA2), l'aspect environnemental et notamment économies d'énergie n'est plus une priorité. L'aspect économique et rentabilité est le principal objectif des exploitants, peu d'économies sont faites sur les intrants, le fioul et les rotations (diminution de la diversité des cultures (PRA3), absence du pois (PRO4)) beaucoup moins gérées sur le long terme. Au niveau des techniques culturales, **un prix du fioul abordable n'incite pas les agriculteurs à envisager une généralisation des TCS**, ils n'hésitent pas à effectuer plusieurs passages (déchaumages) sur les parcelles si cela est nécessaire (PRA4).

Micro scénario 2.3. : Un territoire agro-non alimentaire

➤ **Le prix du pétrole continue de grimper (au-delà de 100 \$ le baril)...**
(le premier moteur démarre, +ENE1)

Un prix de l'énergie en constante augmentation (ENE1) incite les pouvoirs publics à poursuivre la promotion et le soutenir aux biocarburants et à leur production⁵⁵ (ENE2). Face à la hausse de prix des carburants fossiles et à la nécessité de trouver des solutions énergétiques durables, le gouvernement aide la production de biocarburants. De cette manière, les objectifs de

⁵⁵ la compétitivité relative de l'éthanol communautaire par exemple, produit à partir de ressources végétales domestiques sera d'autant plus réduite que, (i) le prix mondial du baril de pétrole et le prix mondial du bioéthanol (en dollars) sont faibles, (ii) l'euro est fort vis-à-vis du dollar, (iii) les droits de douanes sur les importations communautaires de bioéthanol sont faibles (Guyomard et al., 2007).

développements des biocarburants (éthanol, diester) sont maintenus avec pour objectif de contribuer à la lutte contre le changement climatique et à la réduction de l'indépendance énergétique. A ce titre, les objectifs d'incorporation de biocarburants sont maintenus tant au niveau français (7 % en 2010) qu'européen (10 % en 2020).

Pour satisfaire les besoins additionnels en céréales pour la fabrication d'éthanol et en colza pour la fabrication de biodiesel, les **surfaces en blé et colza augmentent**; et ceci pour atteindre les objectifs fixés par la politique communautaire de promotion des biocarburants en matière d'incorporation des biocarburants dans les carburants destinés au transport routier (2% en 2005 et 5,75% en 2010). La France a fixé des objectifs nationaux d'incorporation des biocarburants plus ambitieux (7% en 2010) que ceux de la directive communautaire de 2003 sur les biocarburants (5,75% en 2010). En effet, sans un considérable développement de sa production domestique de graines oléagineuses (colza), l'UE-25 ne pourra satisfaire son besoin en huiles végétales à des fins énergétiques sans un recours accru aux importations de graines d'oléagineux, d'huiles végétales, voire de biodiesel. Ainsi, augmentations des rendements et des surfaces emblavées se combinent pour satisfaire les besoins additionnels en céréales et en huiles végétales requis par le développement des biocarburants tout en satisfaisant l'augmentation des usages alimentaires. (Guyomard *et al.*, 2007).

Ainsi, dans le cas du biodiesel, l'augmentation de la demande d'huile de colza est satisfaite par un accroissement de la production domestique de graines de colza.

Dans le cas de l'éthanol, l'augmentation de la demande de blé et de sucre est satisfaite par un accroissement de la production domestique de blé et de betteraves à sucre et une diminution des exportations communautaires de blé et de sucre.

Ainsi les industries locales telles que l'usine de blé éthanol de Lillebonne et celle de colza diester de Grand couronne accroissent leur production (IAA3, IAA4) confortant ainsi la place du blé (éthanol) (PRO8) et du colza (diester) (PRO10) dans les assolements, et les surfaces en cultures énergétiques augmentent (PRO2). De la même manière l'industrie de transformation d'éthanol de betterave se développe et l'industrie sucrière locale est préservée notamment celle possédant un débouché éthanol (POL8). Ce développement des cultures énergétiques va notamment se réaliser par l'implantation de cultures énergétiques sur les jachères (PRO6). Le développement des cultures énergétiques va augmenter la disponibilité de coproduits issus de leur fabrication utilisable dans l'alimentation animale.

D'autre part, les exploitations voient augmenter leurs charges de manière importante avec un prix de l'énergie relativement élevé ; les producteurs vont être amenés à rechercher une indépendance énergétique et à faire des économies d'énergie (fioul, intrants, azote...). Cette quête vers plus d'autonomie va se traduire notamment par **l'adoption d'un travail du sol simplifié pour certains agriculteurs** (réduction du nombre de passages, moins de déchaumages, semis direct) (PRA4), par la **réapparition des protéagineux (pois, féverole)** (PRO4)), un respect des rotations traditionnelles (PRA2) pour éviter tout risque de maladies et donc d'utilisation de produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, pesticides).

En parallèle de la filière colza Diester, la filière colza érucique est une autre filière non alimentaire qui se développe ; l'Union de Coopératives POLLEN (qui regroupe Capseine, Sévépi et Interface), basée à Rouen, est le 1er producteur français de colza érucique ; Pollen est également leader européen sur ce marché. Le colza érucique est revenu en force en France dans les années 1990 pour répondre au besoin des industries en tant que lubrifiants pour l'industrie (biolubrifiants), additifs carburant, huiles de coupe pour l'industrie aéronautique... et en tant que bases pour l'industrie chimique : solvants, détergents, plastifiants, tensioactifs, adoucisseurs textiles, produits cosmétiques, adjuvants...

D'autre part, la production d'énergies renouvelables sur les exploitations se développe avec pour objectif d'améliorer l'autonomie énergétique des exploitations. Les agriculteurs sont de plus en plus sensibles aux évolutions des cours du pétrole et aux exigences environnementales. Dans le département, de nombreuses initiatives sont prises afin de réduire la facture énergétique et améliorer l'autonomie énergétique des exploitations agricoles. Par ailleurs, des projets émergent sur les valorisations non alimentaires des produits agricoles et sur l'utilisation énergétique de la biomasse (mise en place de réseaux d'essais pour des cultures dédiées, mise en œuvre d'une politique bois

énergie, expérimentations HVP, étude régionale méthanisation...)⁵⁶. Ainsi, la filière huile Végétale Pure se développe et les achats d'équipements de trituration (presses) à la ferme s'accroissent (achats collectifs à travers les CUMA ou individuels). En Seine-Maritime, plusieurs CUMA ont investi dans des unités fixes ou semi-mobiles de pressage de graines de colza et de filtration d'huile végétale pure. Plusieurs expériences sont en cours afin de produire des références et fiabiliser la filière. Outre la valorisation de l'huile comme biocarburant agricole ou comme biocombustible, les éleveurs peuvent valoriser le tourteau issu du pressage des graines dans l'alimentation de leurs animaux. La rentabilité économique de ces filières dépendra de l'évolution des cours de graines et du prix du fioul.

Certains agriculteurs choisissent de diversifier leurs activités à travers des projets d'unités de méthanisation à la ferme à partir d'effluents agricoles, de déchets et de sous-produits de l'industrie mobilisables sur la région. D'autres sources de biomasse sont utilisées en tant que combustible pour la création de chaleur renouvelable : le lin, la paille...

Parallèlement, le renchérissement du prix de l'énergie a une influence négative sur les activités économiques, en particulier à travers l'augmentation du coût du transport routier qui devient de plus en plus cher. Cette augmentation du coût de l'énergie et du coût du transport rejait fortement sur la compétitivité économique des entreprises agricoles et agroalimentaires locales. Cette augmentation du prix de l'énergie et, par conséquent, du transport routier encourage, dans certains cas et pour certains produits, l'installation des industries près des sites de consommation de leurs produits. Ainsi, la sucrerie La Société Vermandoise d'Industrie (SVI) concentre sa production betteravière autour de l'usine.

➤ **Les négociations à l'OMC n'aboutissent pas à de nouveaux accords et le caractère protectionniste du marché européen est préservé...**

(le deuxième moteur ne démarre pas, +POL9)

L'agriculture en Europe et dans le monde continue à être protégée. Il n'y a pas de remise en cause des protections aux échanges ni des soutiens à la production. Les restitutions aux exportations et les barrières non tarifaires continuent à réguler les échanges. Les accords bilatéraux entre pays ne se développent pas. En Europe, la PAC reste un axe fort du budget de la commission européenne.

La protection du marché européen ou tout du moins la préservation des droits de douanes et des soutiens aux prix (POL9) permet de maintenir les bassins de productions locaux en les préservant d'éventuelles concurrences extérieures (PRO13).

Ainsi, les industries locales de transformation de produits agricoles, coopératives ou non, ne s'engagent pas dans un processus d'internationalisation ou dans une logique d'expansion. Les implantations à l'étranger (UE ou monde) ou l'ouverture aux capitaux étrangers restent anecdotiques (PRO13). Les principaux bassins de production (pomme de terre, lin, betterave sucrière) sont préservés ; en conséquence les industries de transformation de ces produits sont également maintenues.

Dans ce contexte de protection des marchés, l'UE favorise le développement de grands bassins agricoles de production et de transformation de ses produits. La politique repose entre autres sur l'accroissement de secteurs qui ont un potentiel économique : la production et la transformation d'agroressources (biocarburants...). Les perspectives de débouchés "non alimentaires" s'élargissent et leur intérêt est croissant. Les secteurs concernés sont nombreux : biomolécules / agrochimie, biomatériaux ou bioénergies, tous produits à partir de matières premières agricoles diverses (céréales, oléagineux, betteraves, lin, pommes de terre...). L'utilisation de matières premières renouvelables d'origine agricole pour la fabrication de bioproduits dans les domaines de l'énergie, de la chimie, des

⁵⁶ La loi d'orientation agricole fixe des objectifs de taux d'incorporation de biocarburants dans les produits pétroliers : 5,75 % fin 2008, 7 % fin 2010 et 10 % fin 2015. Parallèlement, elle accorde une reconnaissance partielle de l'huile végétale pure (HVP). Depuis début 2006, les agriculteurs producteurs de graines d'oléagineux peuvent utiliser l'HVP comme carburant agricole (ceci est réservé exclusivement aux exploitants ayant produit les graines dont l'huile est issue, par pressage direct sur leur exploitation ou en dehors de celle-ci, comme par l'intermédiaire d'une CUMA). Depuis 2007, les agriculteurs producteurs de graines d'oléagineux peuvent également vendre l'HVP comme carburant agricole à d'autres agriculteurs (n'ayant pas produit les graines) ou pour les navires de pêche professionnels (Chambre Régionale d'Agriculture de Normandie).

matériaux correspond à une double nécessité : offrir une alternative aux ressources fossiles et répondre aux intérêts environnementaux actuels (lutte contre l'effet de serre, réduction des pollutions).

Dès lors, la **production betteravière locale (POL8) se maintient**, d'autant plus que la réforme du secteur sucrier a privilégié les pays compétitifs et la France redevient le leader européen avec 1/4 de la production⁵⁷. D'autres pays européens ont complètement abandonné cette production⁵⁸(POL8). Ainsi, le plan de restructuration engagé avec la réforme de l'OCM sucre suffit à désengorger le marché et la restructuration du secteur sucrier se termine, stoppant ainsi les arrêts de production. De cette manière, La Société Vermandoise d'Industrie (SVI) à laquelle appartient la sucrerie de Fontaine Le Dun, dernier bastion de l'industrie sucrière locale, ne se lance pas dans la restructuration et maintient son outil industriel (IAA6) permettant ainsi à la betterave sucrière de se maintenir dans le paysage seino-marin (PRO7). A noter que dans ce contexte, la betterave et le colza peuvent entrer en concurrence dans les assolements (PRO2), d'autant plus qu'il existe des problèmes de désherbage de colza dans les betteraves.

Conjointement, l'industrie de transformation locale de la pomme de terre développe ses capacités de production et le groupe coopératif Lunor (Lunera) spécialisé dans la préparation de légumes précuits conditionnés sous vide, et particulièrement dans la transformation de Pomme de Terre, poursuit sa croissance et renforce son outil de production (IAA1) et la **culture de pomme de terre se développe** (PRO11). Pour permettre ce développement, La location annuelle de parcelles, pour une grande partie par des producteurs âgés est une pratique qui se développe fortement (EXP7). Ces échanges de parcelles permettent aux agriculteurs d'optimiser leurs assolements en fonction du résultat économique, les exploitants essaient de baser leurs assolements sur les cultures les plus rentables (marge brute/ha) et/ou sous contrats telles que la pomme de terre, le lin ou la betterave sucrière (PRA2).L'augmentation des coûts de transport entraîne la concentration de la production de la culture de pomme de terre.

Enfin, **la filière lin textile se développe** (PRO5) même au détriment de la qualité, et les surfaces se maintiennent (PRO5), mais la diversification des débouchés (DEM5) permet de trouver de nouveaux débouchés en termes de consommations. Dans un contexte de prix de l'énergie élevée et de réglementations environnementales plus strictes (POL1) (réduction des produits phytosanitaires...), le lin a une carte à jouer. Le maintien et le développement de ces cultures se fait notamment au détriment du blé (PRO8) et des céréales secondaires (PRO9).

En termes de techniques culturales, le **développement de techniques culturales simplifiées (TCS)** se répand par soucis d'économie énergétique mais en priorité dans les exploitations céréalières car les cultures telles que la pomme de terre, le lin ou la betterave nécessitent un travail du sol et un état structural du sol soigné. (PRA4).

Cette gamme variée de cultures industrielles permet de maintenir la diversité des assolements (PRA3), et la présence de cultures variées au sein des assolements obligent les agriculteurs à avoir une vision pluriannuelle des rotations, en effet certaines cultures telles que le lin nécessitent un délai de retour important (5-6 ans).

Une régulation des marchés toujours présente permet notamment de réguler la production et donc d'éviter toute surproduction grâce notamment au **maintien de la jachère obligatoire**, une partie des terres agricoles est ainsi maintenue en gel (industriel ou non) (POL4). Ces surfaces restent donc réservées à l'implantation de cultures énergétiques ou sont en herbe (PRO2, PRO6).

Micro scénario 2.4. : Un territoire fort de sa diversité

➤ **Le prix du pétrole se maintient aux alentours de 70 \$ le baril**
(le premier moteur ne démarre pas, -ENE1)

Une **chute du prix de l'énergie** (ENE1) entraîne la remise en cause des chaînes de production des biocarburants de première génération (ENE2) renforcé par des critiques de plus en plus vives sur

⁵⁷ 2e producteur mondial de sucre de betterave et 10e tous sucres confondus en 2007

⁵⁸ Rappelons que l'objectif de la CEE suite à la réforme de l'OMC sucre est de produire 6 MT de sucre en moins à l'horizon 2010

les impacts environnementaux des biocarburants (agrocarburants). Cela ne joue pas en faveur d'un maintien des soutiens publics aux biocarburants (ENE2), et se traduit au niveau européen par la suppression de l'Aide aux Cultures Energétiques par la Commission Européenne, et au niveau national par des taux d'incorporation des biocarburants dans l'essence et dans le gazole et des volumes agréés pour défiscalisation en baisse, des agréments de production également et les taux de défiscalisation accordés sont revus à la baisse. On assiste ainsi à un retrait partiel du soutien gouvernemental dans le développement des biocarburants, or la compétitivité des biocarburants ne permet pas de se passer du soutien de l'état.

Ce retrait des soutiens publics en faveur des biocarburants remet en cause l'utilisation des agrocarburants et leurs chaînes de productions locales sont fortement fragilisées. En conséquence, les usines locales de productions de biocarburants (Grand Couronne et Lillebonne) tournent au ralenti (-IAA3, -IAA4), l'usine d'éthanol de Lillebonne se voit dans l'obligation de fermer son outil de production, contrairement à celle de diester qui continue sa production (mais sans augmentation), compte tenu du fait qu'elle produit aussi bien de l'huile alimentaire que des biocarburants (débouchés alimentaire et énergétique).

C'est donc toute la filière qui est en déclin, et les **surfaces en cultures énergétiques déclinent** de manière drastique (PRO2). En conséquence, les jachères auparavant implantées en cultures énergétiques ne le sont plus et sont pour la majorité remises en herbe (PRO6). La diminution du colza permet également aux céréales secondaires (orge, maïs grain..) de reconquérir des surfaces (PRO9).

D'autre part, dans ce contexte de remise en cause des filières biocarburants (ENE2), il en est de même pour l'éthanol issu de la betterave sucrière, et les industries sucrières possédant des débouchés (IAA6) sur ce créneau remettent en cause leur production (POL8), entraînant ainsi une diminution des emblavements de betterave sucrière (PRO7) destinées à ce débouché (sucreries d'Abbeville dans la Somme et d'Etrepagny dans l'Eure).

Par ailleurs, ce maintien du prix de l'énergie et, par conséquent, du transport routier ne contribue pas à favoriser, au moins dans certains cas, l'installation des industries près des sites de consommation de leurs produits. Elles s'installent plutôt près des sites de production de matières premières, ce qui aurait comme effet un accroissement de l'installation en Seine-Maritime de certaines industries agroalimentaires à haute valeur ajoutée ou productrices de produits. La stabilité des coûts de transport routier ne décourage pas ces installations. Ainsi, les entreprises déjà installées ne sont pas tentées de partir puisque les coûts de production se stabilisent et de nouvelles entreprises à haute valeur ajoutée sont attirées pour venir s'installer en Seine-Maritime.

➤ **Les négociations à l'OMC n'aboutissent pas à de nouveaux accords et le caractère protectionniste du marché européen est préservé...**

(le deuxième moteur ne démarre pas, +POL9)

L'agriculture en Europe continue à recevoir des aides à la production et des subventions à l'exportation qui se stabilisent autour des niveaux actuels (2007). Il n'y a donc ni remise en cause des aides (découplées ou à la production), ni des aides soumises à éco conditionnalité. Les restitutions aux exportations et les barrières tarifaires et non tarifaires continuent à réguler les échanges. Les accords bilatéraux entre pays ne se développent guère.

En l'absence de libéralisation du commerce des produits agricoles (POL9), le marché européen est préservé d'éventuelles concurrences de produits importés sur le marché intérieur. Ce maintien d'une certaine protection douanière et de soutiens à la production permet à l'agriculture française et européenne de rester autonome. Ainsi, l'agriculture et ses débouchés se recentrent alors sur le marché intérieur européen.

Dans ce contexte de protectionnisme économique, les produits extérieurs n'entrent pas massivement dans l'UE, ce qui avantage les filières locales de production, et en particulier celles peu différenciées en qualité ou très peu transformées (lin, céréales et oléoprotéagineux) affectées jusqu'alors par la concurrence étrangère.

Cette protection du marché intérieur européen limite en premier lieu les risques de délocalisation et permet, en deuxième lieu, aux industries locales de transformation des produits agricoles de maintenir leurs centres de décision localement. Ainsi, c'est le cas pour la production sucrière qui, dans le département, reste dépendante des décisions des groupes possédants les sucreries

(SAFBA). En conséquence, les arrêts de production dans le domaine de la production sucrière étant suffisants dans les autres états membres de l'UE, suite à la réforme de l'OCM sucre (POL8), **la Société Vermandoise d'Industrie (SVI) choisit de maintenir son outil industriel et la production sucrière locale est préservée (IAA6)** et donc la culture betteravière (PRO7), permettant de garder une diversité de cultures dans les assolements (PRA3). Le département conserve donc une multitude de petites/moyennes industries locales qui permettent à certaines productions de s'ouvrir à de nouveaux débouchés ; c'est le cas pour la betterave qui bénéficie de contrats non alimentaires (sucres UNA) (alcool, industrie chimique) grâce à la proximité d'unités industrielles agro-alimentaires consommatrices proches. L'usine de Fontaine Le Dun achète ainsi des contrats sucres non alimentaires à destination des industries chimiques. Ces nouveaux débouchés constituent une réelle opportunité pour la filière et permettent à la betterave sucrière de reconquérir des surfaces notamment au détriment de celles en colza (PRO2, PRO10).

En conséquence, les bassins locaux de production sont préservés (PRO13) pour répondre à une demande majoritairement nationale et européenne (DEM4). Au niveau de la filière légumière, cette plus grande ouverture aux marchés permet d'accéder à de **nouveaux débouchés internationaux (export) pour la pomme de terre** permettant ainsi au débouché export de se développer.

Il en est de même pour la **filiale du lin textile qui conserve son bassin de production** seinomarin en raison de conditions pédoclimatiques favorables à cette culture et la culture du lin se maintient (PRO5). La filière se maintient notamment grâce à la diversification de ses débouchés en termes de marché (Chine) et/ou de produits (emballages, ameublement, panneaux agglomérés, renforts de portières de voiture...).

Le développement de ces cultures industrielles risque de se faire notamment au détriment de céréales comme le blé (PRO8). La présence d'une diversité importante de cultures dans les assolements ((PRA3) oblige les producteurs à raisonner leurs rotations en tenant compte des aspects agronomiques et environnementaux au détriment d'une logique purement économique (PRA2), d'autant plus qu'une politique environnementale exigeante (POL1) soutient ces pratiques.

Dans un contexte de régulation des marchés et donc de la production agricole (POL9), les **surfaces en jachères sont préservées** (POL4) mais la possibilité d'y implanter des cultures industrielles ne se justifie plus étant donné l'abandon des soutiens aux cultures énergétiques (ENE2) et aux biocarburants de première génération. En conséquence, les surfaces en cultures énergétiques (colza diester, blé éthanol (PRO8, PRO10)) diminuent (en particulier sur les surfaces en jachères industrielles) (PRO2), les jachères retrouvent ainsi leur fonction initiale (limiter la surproduction agricole) et sont de plus en plus réimplantées en herbe (PRO6).

Titre de la famille de microscénarios : «Quel avenir pour l'élevage local ?»

Microscénario 3.1. : Jouer la carte de l'autonomie alimentaire

- **La France trouve une manière pour préserver des outils de régulation des marchés et de continuer à soutenir l'agriculture...**

(le moteur POL5 ne démarre pas)

La France trouve une manière pour préserver des outils de régulation des marchés et ainsi continuer à soutenir la production agricole (POL5), de cette manière le **système de quotas laitiers est maintenu** (POL2) limitant l'extension du système « intensif » (PRA1) et par là même l'augmentation des surfaces en maïs ensilage (PRO12), l'agrandissement des exploitations (EXP1) et la spécialisation des exploitations (EXP2); ce choix politique permet ainsi de **stopper le phénomène de restructuration des exploitations et leur nombre est maintenu** (EXP5).

Ce renversement de tendance est encouragé et soutenu par une **réorientation des soutiens du premier pilier de la PAC**, la production laitière est reconnue pour sa faculté d'aménagement du territoire, vers la gestion des risques et vers certains systèmes de production spécifiques (ovins, agriculture bio, lait en zones fragiles, herbe...) (POL6), ce qui renforce l'orientation des exploitations d'élevage laitier vers une extensification de leurs systèmes de production (PRA1) grâce au soutien financier à l'herbe (aides, primes).

Les surfaces en herbe sont alors protégées ainsi que les productions animales (POL6) (vaches allaitantes, bœufs...) (PRO3, PRO1) permettant de les valoriser. Les aides aux structures fragiles profitent donc à de petites exploitations et la population active agricole se maintient (SOC3).

Ainsi, les exploitations laitières se tournent vers des modifications de leurs systèmes fourragers notamment à travers une **augmentation de l'herbe pâturée par les vaches laitières** au détriment du maïs et / ou plus d'herbe dans les rations hivernales des vaches laitières, ainsi les surfaces en herbe et les prairies (temporaires) augmentent (PRO1). Les éleveurs s'orientent alors vers une désintensification fourragère de leur système.⁵⁹

Pour les élevages allaitants, le maintien des aides couplées pour certaines productions (PMTVA par exemple) permet de pérenniser l'élevage bovin et donc la production de viande bovine locale (PRO3).

➤ **A long terme, les cours mondiaux des matières premières agricoles se maintiennent à un niveau plus élevé que la décennie passée et sont plus volatils...**
(le moteur MAR1 démarre)

Parallèlement, le prix des matières premières (MAR1) étant sur une pente haussière, **les éleveurs vont davantage rechercher l'autonomie alimentaire** ; plusieurs options s'ouvrent à eux, soit grâce à la valorisation des céréales et protéagineux de l'exploitation, soit par le développement des prairies temporaires, ou encore par l'utilisation de tourteaux fermiers (colza).

Ainsi, les cours des céréales vont conduire à une adaptation de la complémentation du troupeau de vaches laitières. Les pistes évoquées reposent sur l'utilisation plus importante de coproduits, une introduction plus importante de l'ensilage d'herbe ou de légumineuses, et une gestion plus rigoureuse de la complémentation.

Cette nouvelle donne économique a deux conséquences majeures : (1) les éleveurs s'orientent vers la recherche d'une plus grande autonomie alimentaire, notamment en consommant davantage les aliments produits sur l'exploitation (DEM1) mais (2) la tentation est grande de mettre en cultures certaines surfaces en herbe et ainsi de vendre des céréales à un prix attractif (MAR1).

(1) Ainsi, cette recherche vers l'autonomie alimentaire concerne notamment la place du maïs et de l'herbe dans le système fourrager des vaches laitières ou encore la place respective de la pâture et des fourrages conservés dans l'alimentation des animaux. En effet, la flambée des cours des céréales (MAR1) est peu favorable aux élevages intensifs⁶⁰, en particulier ceux qui utilisent dans leurs rations animales un part importante de concentrés achetés, et les exploitations laitières vont rechercher plus d'autonomie alimentaire en s'orientant vers une désintensification fourragère de leurs systèmes de production (PRA1), et l'alimentation des troupeaux laitiers se basent davantage sur l'herbe récoltée ou ensilée (PRO1), ceci dans un souci de diminuer les coûts alimentaires⁶¹.

Dans ce contexte, la recherche d'une meilleure autonomie alimentaire va se réaliser grâce à :

Concentrés : céréales produites à la ferme

⁵⁹ Deux stratégies sont possibles et peuvent être conduites de manière simultanée: réduction des périodes de distribution de fourrages en augmentant les surfaces et les durées de pâturage ou modification de la nature de la ration hivernale en incorporant plus d'herbe. La culture de celle-ci se faisant au détriment des surfaces en maïs et des cultures de vente. Pour pouvoir réaliser ces adaptations à surface constante, il est nécessaire de réduire des ateliers, soit en diminuant voire supprimant l'activité de viande bovine réalisée en marge de l'atelier lait, soit en réduisant la surface de culture de vente et de maïs au profit de production d'herbe.

⁶⁰ Le coût des aliments du bétail augmente avec la proportion de maïs dans la surface fourragère (l'Eure Agricole, 8-12-08)

⁶¹ Les économies sont de quatre ordres :

- le remplacement de surface en maïs fourrage au profit d'herbe
- la réduction de la fertilisation des surfaces en herbe
- la diminution des surfaces fourragères récoltées grâce à l'allongement des périodes de pâturage
- et la réduction de la consommation de concentrés

Pour réduire les achats de concentrés achetés à l'extérieur (en particulier les éleveurs qui utilisent peu leurs céréales et qui sont particulièrement dépendants pour les matières azotées (en particulier les systèmes où la part du maïs est élevée)), les éleveurs laitiers⁶² améliorent leur autonomie alimentaire en utilisant davantage les céréales produites sur l'exploitation (blé).

Un système fourrager basé sur l'herbe

Dans le même objectif, les producteurs laitiers modifient leur système fourrager en diminuant la part du maïs ensilage (PRO12) au profit de l'herbe pâturée et/ou récoltée (PRO1) (plus de pâturage pour les vaches laitières, enrubannage).

De plus une meilleure valorisation des prairies peut éventuellement diminuer de manière considérable voire même remplacer la ration d'ensilage de maïs notamment durant l'été, ce qui permettrait de faire des économies sur les coûts de la Surface Fourragère Principale.

Coproduits : les tourteaux de colza

De la même manière, l'augmentation des prix des matières premières (MAR1) utilisées dans l'alimentation animale (céréales, maïs, graines de soja...) augmente les coûts de production du lait et de la viande et les charges au sein des exploitations agricoles, notamment au sein des exploitations en élevage qui ont une faible autonomie fourragère et qui utilisent des concentrés achetés à l'extérieur, les éleveurs se tournent alors davantage vers d'autres matières végétales (DEM1).

En conséquence, la demande en matières végétales locales et coproduits locaux (pois, féverole, drêches, tourteaux, pulpes...) augmente (DEM1) pour satisfaire l'alimentation des troupeaux laitiers.

Cet intérêt pour les matières végétales locales et les coproduits locaux (DEM1) permet d'intégrer de manière plus importante les coproduits issus des biocarburants (tourteaux de colza notamment) dans les rations alimentaires des troupeaux.

Ainsi, les tourteaux de colza remplacent le tourteau de soja en production laitière et en engraissement, et les pulpes (sèches ou surpressées) permettent de remplacer le fourrage et une partie du concentré (la pulpe ne peut pas se substituer en totalité au concentré)⁶³.

Dans un contexte de cours élevés (MAR1), la proximité d'usines produisant des coproduits de biocarburants est une opportunité pour l'élevage bovin, d'autant plus que le tourteau de colza est un produit déjà connu des éleveurs.

Parallèlement, la disponibilité de matière végétales locales et de coproduits à moindre coûts permet à l'activité d'élevage de se maintenir. En effet, la production de vaches allaitantes et/ou de taurillons est régulièrement associée à la production laitière⁶⁴.

Cette incorporation de coproduits dans l'alimentation des bovins permet notamment de réduire les coûts de production de la viande (les taurillons sont nourris avec des aliments énergétiques dont une partie provient de l'exploitation : céréales, sous-produits...).

(2) le risque de voir disparaître un nombre croissant de surfaces en herbe, en conséquence d'un maintien à long terme de cours élevés des matières premières agricoles, encourage les pouvoirs publics (Commission européenne notamment) à augmenter (POL7) le taux de modulation (basculement des aides du premier pilier vers le deuxième) ; ainsi, le deuxième pilier est abondé par la modulation et une partie des aides à la production permet de financer des mesures liées au développement durable, ce qui renforce les soutiens aux petites structures (EXP1, EXP10) et aux

⁶² Les systèmes d'élevage laitiers sont en général peu autonomes au niveau de l'utilisation des concentrés et dépendent d'achats extérieurs.

⁶³ Le tourteau de colza remplace avantageusement le tourteau de soja en production laitière et en engraissement. La pulpe de betteraves déshydratée peut remplacer la totalité des céréales introduites dans concentré pour les vaches laitières. Sur des rations à base d'ensilage d'herbe, le remplacement d'un concentré « céréales » par un concentré pulpes ne modifie pas la production laitière. La pulpe de betteraves surpressée est un complément fourrager énergétique pour la production laitière et l'engraissement.

⁶⁴ En 2005 environ 30% des exploitations laitières associent à leur production laitière une production de bœufs et/ou de vaches allaitantes destinée à valoriser les surfaces en herbe des exploitations. La région Haute-Normandie est celle où ce ratio est le moins élevé avec seulement 15% à 20% d'exploitations laitières spécialisées.

systèmes herbagers. Pour les éleveurs, les soutiens publics du type second pilier représentent à la fois une reconnaissance collective pour une fonction environnementale et sociale réelle et, un moyen de préserver un niveau de revenu.

Le nouveau contexte (POL6, MAR1) a des répercussions sur l'élevage bovin ; **la production de viande (bœuf, vaches allaitantes) des exploitations laitières garde tout son intérêt** car elle permet de valoriser les surfaces en herbe non utilisées par le troupeau laitier (PRO3). Dans les systèmes à dominante élevage avec une part d'herbe relativement importante, la production de bœufs est généralement la mieux adaptée pour valoriser les prairies excédentaires d'autant plus que la réorientation des aides (POL6) soutien la viande à l'herbe, cette production est ainsi encouragée. Pour ce qui est de la place des taurillons au sein des exploitations laitières, ils ont tendance à disparaître car ils sont engrainés avec du maïs et des céréales (lesquelles seront plutôt vendues), l'arrêt de la production des taurillons se traduit par une substitution de la surface en maïs ensilage par des pois ou des céréales selon l'assolement. En conséquence, cette hausse de production de viande bovine (PRO3) renforce les maillons intermédiaires (abattoirs, grossistes, chevilles...) ; les restructurations en aval de la filière sont limitées et le potentiel local d'abattage bovin et les abattoirs localisés en Seine-Maritime (Forges-Les-Eaux, Cany-Barville, Le Trait) sont maintenus (IAA7), ainsi le taux de viande bovine produite abattue en Seine-Maritime se maintient.

Ainsi, les exploitations d'élevage laitier s'orientent vers une extensification de leurs systèmes de production (PRA1) grâce au soutien financier à l'herbe (aides, primes) (POL6) notamment à travers une augmentation de l'herbe pâturée par les vaches laitières au détriment du maïs et / ou plus d'herbe dans les rations hivernales des vaches laitières, ainsi les surfaces en herbe et les prairies augmentent (PRO1). De plus, les surfaces en labour n'augmentent pas car l'augmentation de ces surfaces se faisant en premier lieu au détriment des prairies, si les prairies sont conservées, la tendance est au maintien du nombre d'hectares labouré (USE2). Cette nouvelle donne va conforter les exploitations laitières sur le territoire et ainsi conserver le caractère polyculteur-éleveur des élevages laitier (EXP2), et par là même la production de viande bovine locale se maintient (PRO3) notamment celle issue des vaches de réforme.

➤ **Les outils industriels locaux pour la transformation du lait s'implantent durablement et accroissent leur développement...**

(le moteur IAA2 démarre)

L'augmentation de la part d'herbe dans les rations des vaches laitières va se faire notamment au détriment des surfaces en maïs ensilage (PRO12). Ce changement de pratiques est encouragé par l'implantation durable des outils industriels locaux pour la transformation du lait qui accroissent leur développement et investissent dans le département (IAA2).

La **présence d'outils de transformation du lait qui ont besoin de lait de proximité** est un élément rassurant pour les producteurs de lait. Ces industries proposent des contrats avec certains cahiers des charges pour valoriser des produits laitiers normands avec une haute valeur ajoutée (lait d'herbe,...) (DEM6). Cette évolution vers un système herbager est intéressant car il s'appuie sur une démarche visant une valorisation supplémentaire des produits issus des exploitations (AOC avec rémunération de modes de production particuliers, agriculture bio...) ou une rémunération particulière pérenne au titre de la multifonctionnalité (POL6).

Cette nouvelle orientation des systèmes laitiers avec un recours à plus d'herbe pâturée va donc être confortée par une demande accrue des industriels (IAA2, DEM6) pour du lait issu de pratiques basée sur une utilisation renforcée du pâturage. En conséquence, la transformation locale des produits agricoles laitiers et la création de valeur ajoutée sur le territoire se développent (IAA5), d'où un gain de valeur ajoutée pour le département de la Seine-Maritime.

En effet, dans ce contexte, les éleveurs laitiers sont à la recherche de plus values (produits AOC, produits riches en oméga 3⁶⁵) pour augmenter de manière sensible leur revenu disponible ; la

⁶⁵ Les AOC (camembert au lait cru, crème et beurre) imposent une proportion minimum de Normandes et un système plutôt herbager ; pour livrer un lait naturellement riche en oméga 3, l'alimentation est un des moyens de

transformation fromagère par exemple sur tout ou partie de la production laitière (IAA5), dans les structures disposant de disponibilité de main d'œuvre. Cette transformation est permise par le développement de marchés locaux porteurs (IAA5), et la présence de centre urbains de proximité (Rouen..).

Cette réaffirmation du caractère laitier local notamment à travers un soutien à des structures fragiles (les aides aux systèmes laitiers maintiennent les systèmes mixtes), permet de stopper la restructuration des exploitations laitières et leur nombre se maintient (EXP5), l'importance de la valeur ajoutée dégagée par unité produite permet de maintenir un plus grand nombre de producteurs (SOC3), ce qui permet également de maintenir une population active agricole en Seine-Maritime (SOC3). Le maintien du nombre d'exploitations (EXP5) et de leurs surfaces (EXP10) n'engage pas les exploitants à se regrouper en de nouvelles exploitations sociétaires (EXP9), ce qui permet ainsi à la population active agricole de se maintenir (SOC3). Le fait que le nombre d'exploitants se maintienne ne nécessite pas un gain d'économies d'échelle (pas d'agrandissement des parcelles (EXP6)), la main d'œuvre est suffisante pour travailler de petites parcelles agricoles (EXP6), ce qui joue en faveur de l'activité de chasse locale (les limites de parcelles comme les bandes enherbées, les haies, les talus, permettent au gibier de s'abriter) (CHA1).

A noter que ces évolutions de systèmes impacte principalement les assolements ; ainsi la surface fourragère est modifiée avec une surface plus importante dévolue aux prairies et une diminution des surfaces en maïs (et en céréales ?). Ainsi, la surface des exploitations agricoles se maintient (EXP1) et les territoires des exploitations agricoles restent peu étendus (EXP10).

Cette extensification des systèmes, permise par des soutiens publics (POL6), la présence d'industriels laitiers demandeurs (IAA2) et une consommation de produits laitiers frais soutenue (DEM6) va ainsi accroître les surfaces en herbe (PRO1) au détriment des surfaces en maïs (PR012), et l'ensilage d'herbe sera privilégié au détriment de l'ensilage de maïs. Cette recherche d'autonomie fourragère est soutenue par l'augmentation des cours des matières premières de plus en plus volatils dont les producteurs souhaiteraient s'affranchir (MAR1). Ainsi, une meilleure valorisation des prairies permet de diminuer de manière considérable voire remplacer la ration d'ensilage de maïs notamment durant l'été, ce qui permet de faire des économies sur les coûts de la SFP⁶⁶.

Cette extensification des pratiques (PRA1) est également soutenue par la consommation de fromages et de produits laitiers frais qui reste le principal moteur de la production laitière de l'UE, contrairement à la consommation de beurre qui continue à reculer (DEM6). La consommation européenne de produits laitiers est dynamique, on assiste à un engouement européen, en particulier venant de pays comme l'Allemagne, le Royaume-Uni, les Pays scandinaves, et les pays de l'est qui connaissent une hausse de leur revenus, favorable aux achats de produits laitiers.

Ainsi, la transformation locale de lait s'oriente de plus en plus vers la production de produits laitiers à forte valeur ajoutée tels que les desserts et yaourts, fromages frais, crème... cette consommation en hausse des yaourts et desserts lactés est une opportunité pour les entreprises départementales car elles se positionnent sur ces créneaux (les usines normandes consacrent 56% en 2005 de leur activité à des produits bénéficiant d'une bonne valeur ajoutée). C'est le cas des desserts, des fromages, de la crème et des beurres de marque. Ainsi, la Haute-Normandie représente une région laitière d'avenir compte tenu des entreprises présentes et de la bonne valorisation de la production par les produits frais (IAA2).

modifier le profil en acides gras du lait : il est recommandé d'apporter de l'herbe, de la graine de lin voire, avec une moindre efficacité, du colza.

⁶⁶ Produire moins de maïs par UGB entraîne une diminution des coûts des intrants (semences, engrais, fuel, phyto) et donc une diminution des coûts de la SFP.

Microscénario 3.2. : La production de jeunes bovins gagne du terrain

➤ **La France trouve une manière pour préserver des outils de régulation des marchés et de continuer à soutenir l'agriculture...**

(le moteur POL5 ne démarre pas)

La France trouve une manière pour préserver des outils de régulation des marchés et de continuer à soutenir l'agriculture (POL5) dans le but de défendre l'organisation de la production laitière européenne, et les outils de régulation des marchés ne sont pas remis en cause, par exemple les quotas laitiers pour la filière lait (POL2). Le **maintien d'un système de gestion de la production** permet de stabiliser le revenu des producteurs et de cette manière le **nombre d'exploitations laitières se maintient** (EXP5).

Ce maintien des soutiens permet également de maintenir les systèmes de production en place (PRA1) dans leur diversité (systèmes avec plus ou moins d'herbe dans leur système fourrager) (PRO1) et une place de l'herbe variable dans les systèmes laitiers. De cette manière, la **production de viande bovine est maintenue** (dont celle issue des vaches de réformes) (PRO3) permettant ainsi de fournir et donc de maintenir les outils industriels d'abattage (IAA7). Ainsi, les systèmes de production évoluent peu et peu de spécialisation sont observées (EXP2), les exploitations en polyculture-élevage conservent leur caractère.

Parallèlement, **les soutiens du premier pilier de la PAC sont réorientés vers la gestion des risques et vers certains systèmes de production spécifiques** (ovins, agriculture bio, lait en zones fragiles, herbe...) (POL6). En conséquence, certains systèmes de production réajustent leur système fourrager (PRO3, PRO12) ; les exploitations d'élevage laitier s'orientent vers une extensification de leurs systèmes de production (PRA1) grâce au soutien financier à l'herbe (aides, primes) notamment à travers une augmentation de l'herbe pâturée par les vaches laitières au détriment du maïs et / ou plus d'herbe dans les rations hivernales des vaches laitières, ainsi les surfaces en herbe et les prairies augmentent (PRO1). En conséquence, les surfaces en labour n'augmentent pas car l'augmentation de ces surfaces se faisant en premier lieu au détriment des prairies, si les prairies sont conservées, la tendance est à un maintien du nombre d'hectares labouré (USE2).

En ce qui concerne les territoires d'exploitation, la **surface des exploitations agricoles se maintient** (EXP1) et les territoires des exploitations agricoles restent peu étendus (EXP10), cela est notamment permis par la réorientation des soutiens publics aux petites structures (POL6) mais également au maintien de la population active agricole et notamment des éleveurs (SOC3).

Conjointement, ce maintien des structures existantes et de leur territoire n'entraîne pas une augmentation de la taille des parcelles agricoles (EXP6) car le nombre d'hectares labourés n'augmente pas (USE2) et les surface en herbe sont conservées (PRO1). De plus, ce maintien de la taille des parcelles agricoles (EXP6) permet de conserver une activité de chasse et le maintien de bandes enherbées ou la mise en place de jachères faune sauvage, pour lesquelles les chasseurs se mobilisent pour permettre un abri au gibier (CHA1).

La réorientation des soutiens (POL6) va ainsi permettre aux éleveurs d'augmenter la part d'herbe (PRO1) dans les rations des vaches laitières, cela va se réaliser notamment au détriment des surfaces en maïs ensilage (PRO12). A noter que cette évolution vers des systèmes plus basés sur le pâturage des prairies est possible car il n'y a pas de changement notable dans la politique laitière européenne et nationale ; la politique de quotas restent en vigueur (POL2).

➤ **Les cours mondiaux des matières premières agricoles chutent pour retrouver leur niveau historique de la fin du XX^{ème} siècle...**

(le moteur MAR1 ne démarre pas)

Les marchés mondiaux des matières premières agricoles retrouvent une pente descendante (MAR1), et cette baisse se répercute dans la fabrication d'aliments et le prix de l'aliment et des concentrés nécessaires pour l'alimentation des animaux retrouvent un prix abordable.

Ce nouvel équilibre des marchés ne pousse pas à une production accrue de lait notamment et les systèmes de quotas laitiers sont maintenus (POL2). Cette régulation de la production permet de

maintenir le caractère polyculteur-éleveur des élevages laitiers (EXP2), ainsi que le nombre d'exploitations (EXP5) et le nombre de producteurs (SOC3). La filière laitière locale est donc pérennisée (IAA2).

Un système fourrager basé sur maïs/herbe

En revanche, un prix des céréales moins attractif amoindrit l'attractivité des systèmes de grandes cultures par rapport aux systèmes d'élevage, et les surfaces en prairies ne semblent pas menacées ou tout du moins relativement moins que dans un contexte où les cours seraient élevées (scénario1), c'est ainsi que le nombre d'hectares labouré n'augmente pas (USE2). Le fait que les surfaces en herbe ne soient pas directement menacées ne milite pas en faveur d'une réorientation des soutiens de la PAC vers des systèmes fragiles (POL6). Ainsi, les systèmes de grandes cultures sont moins attractifs et la place de l'élevage est conforté et par la même les surface en herbe (PRO1) et la production locale de viande bovine (PRO3).

Cette production de viande bovine est maintenue notamment par les vaches de réforme (PRO3) issues du cheptel de vaches laitières qui se maintient, mais également par les ateliers taurillons qui se trouvent conforté par un prix des céréales et donc des concentrés devenus attractif (MAR1).

Concentrés : achats extérieurs

Un coût de l'aliment redevenu abordable (MAR1), l'autonomie alimentaire des élevages n'est plus un objectif à atteindre,

Coproduits : les tourteaux de soja

et les éleveurs sont moins demandeurs de matières végétales ou de coproduits locaux tels que les tourteaux de colza... (DEM1) ; l'alimentation animale ne représente pas un débouché significatif pour les productions locales de matières végétales et de coproduits (DEM1).

➤ **Les outils industriels locaux pour la transformation du lait s'implantent durablement et accroissent leur développement...**

(le moteur IAA2 démarre)

Les outils industriels de transformation du lait s'implantent de manière durable, et ces industries accroissent leur développement et investissent dans le département (IAA2). Ces outils de transformation sont alors enclins à collecter la production des exploitants locaux pour garantir un approvisionnement aux usines ; la présence d'outils de transformation du lait qui ont besoin de lait de proximité est un élément rassurant pour les producteurs de lait et ainsi renforcent le maintien des exploitations laitières (EXP5).

Cependant, l'orientation (intensification versus extensification du système fourrager) des systèmes de production est dictée par la stratégie des IAA (PRA1).

Sans cahier des charges spécifiques, la tendance est à une augmentation de la part de maïs fourrage dans les rations alimentaires des vaches laitières (PRO12). Pour répondre à la demande des industriels, les exploitations vont avoir tendance à se spécialiser (EXP2), et ainsi perdre leur caractère de polyculture élevage. Les exploitations laitières intensifient leurs systèmes de production (PRA1), en augmentant notamment la part du maïs fourrage dans l'assolement fourrager (PRO12) au détriment des surfaces en herbe (PRO1).

Dans le cas où les industriels imposent un cahier des charges spécifique où la logique privilégiée est celle de produits avec le renforcement des démarcations de qualité, l'éleveur est encouragé à produire des « produits terroirs » (AOC, label, agriculture biologique, qualité terroir...). Les exploitations laitières adaptent leurs systèmes de production, vers des systèmes plus extensifs (PRA1), qui au travers de la production de « lait d'herbe » est un signe de qualité permettant de mettre en valeur des produits à forte valeur ajoutée (lait aux omégas 3⁶⁷). Ainsi, la mise en place d'un cahier des charges par l'industriel oblige les producteurs à accorder un part plus importante à l'herbe dans

⁶⁷ Par rapport aux laits des régimes hivernaux, les laits issus du pâturage sont nettement moins riches en acides gras moyens et saturés et sont en revanche plus riches en acides gras longs et insaturés et en particulier en oméga-3 et CLA. L'apport d'ensilage de maïs au pâturage tend à réduire la qualité nutritionnelle des laits.

l'alimentation des vaches laitières, soit par plus d'herbe dans les rations hivernales des vaches laitières, soit en augmentant l'herbe pâturée par les vaches laitières au détriment du maïs en été. Une des conséquences de cette pratique va être un moindre recours à la part de maïs dans la surface fourragère principale (SFP), en effet, les surfaces en maïs ensilage (PRO12) diminuent au profit des surfaces en prairies permanentes ou temporaires (PRO1) (si les parcelles sont suffisamment regroupées pour le permettre + main d'œuvre), ainsi les surfaces en labour se maintiennent (USE2). Cette demande de l'industriel permet de développer la transformation locale des produits agricoles et la création de valeur ajoutée sur le territoire (IAA5).

Ce maintien de la densité laitière permet de limiter le nombre d'hectares labouré (USE2) notamment au détriment des surfaces en herbe, qui seront ainsi conservées (PRO1). Le maintien de l'activité laitière permet de même de conserver la production et la transformation locales de lait et de viande bovine (IAA5), qui est une activité souvent complémentaire de l'atelier lait (PRO3) et permettre en conséquence de maintenir les outils en aval de la filière (abattoirs...) (IAA7).

Microscénario 3.3. : La prairie normande menacée

➤ **Le soutien financier de la PAC aux productions agricoles et les outils de régulation des marchés disparaissent...**

(le moteur POL5 démarre)

Les soutiens financiers de la PAC aux productions agricoles et les outils de régulation des marchés disparaissent, les marchés permettant de rémunérer durablement la production sans soutien (MAR1). Le désengagement de l'Union Européenne dans la gestion des marchés se traduit notamment par le découplage total des aides à la production agricole (premier pilier), la suppression de l'intervention et la suppression des droits de douanes pour les importations de céréales (POL5).

Ainsi la **politique laitière s'assouplit** pour permettre aux producteurs de lait de produire plus et de préparer la transition vers la suppression des quotas laitiers en 2015 (POL2). La politique européenne se libéralise, avec l'annonce de la fin des quotas et de la plupart des autres outils de régulation de marché (restitutions à l'exportation, aides à l'écoulement, stockage privé...). On assiste donc à une libération progressive des quotas, consécutive à laquelle des fluctuations de plus en plus fortes et imprévisibles du prix du lait sont observées.

Avec la libération du marché, la volatilité des prix du lait et des matières premières est de mise. Les agriculteurs doivent être attentifs et réactifs à l'évolution du marché. Il faut coller aux cours mondiaux, ce qui représente un défi. Ceux qui ne sont pas de vrais gestionnaires, à la pointe de la modernité, sont malmenés par le système.

Une solution qui permet de répondre à ces deux changements (suppression des quotas et fluctuations des marchés) est une contractualisation entre les producteurs et les laiteries. Ces contrats portent sur les volumes à livrer, la durée et le prix d'achat. La libéralisation des droits à produire incite les industriels laitiers à contrôler l'offre grâce à la souscription de contrats avec les producteurs laitiers (IAA2).

L'augmentation des quotas laitiers entraîne l'accélération de la restructuration (EXP5) des exploitations agricoles et l'intensification de la production par animal (PRA1). La suppression des quotas laitiers génère une **restructuration des exploitations à un rythme plus soutenu**, un développement important des structures de grande dimension et l'augmentation du nombre d'exploitations de grande taille. L'**agrandissement des exploitations laitières** se fait notamment au détriment des petites exploitations (EXP5), et le **nombre d'exploitations laitières diminue** (EXP5).

Pour répondre à la hausse des quotas et à la demande des industriels locaux pour la transformation du lait qui choisissent de s'implanter durablement (IAA2) (Danone, Lactalis, Senoble...), les exploitations laitières intensifient leurs systèmes de production (PRA1), en augmentant notamment la part du maïs fourrage dans l'assolement fourrager (PRO12) au détriment des surfaces en herbe (PRO1). Le quota supplémentaire apporte un supplément de revenu significatif qui rémunère le travail supplémentaire, et permet aux exploitations d'acquérir du foncier et de s'agrandir (EXP1), notamment par le biais de nouvelles formes sociétaires (EXP9).

Ainsi, on assiste à une accélération de la restructuration des exploitations agricoles et à une intensification des systèmes de production (PRA1). Le phénomène de restructuration des exploitations (EXP1, EXP2) déjà observé ces dernières années, s'accélère dans les exploitations. L'agrandissement des exploitations (EXP1) s'accompagne également d'un agrandissement des troupeaux afin de devenir plus compétitif. Cette restructuration passe par une réduction du morcellement parcellaire des exploitations et l'organisation des territoires d'exploitation s'étend (EXP10); cela permet un gain de temps et d'argent en limitant les déplacements d'une parcelle à l'autre. Ce regroupement de terres va se faire de lui-même par le rachat des terres des exploitations en cessation d'activité (EXP1). En effet, la tendance actuelle ne s'inverse pas : le nombre d'exploitant diminue d'année en année (EXP5) et par conséquent la taille des exploitations augmente (EXP1) ce qui va de paire avec le « remembrement naturel ». De plus, l'attribution de quotas supplémentaires permet de moderniser l'outil de production (robotisation de la traite par exemple) et ainsi d'améliorer les conditions de travail de l'éleveur laitier (contention, robotisation des salles de traite, congés éleveurs...), renforçant ainsi la spécialisation des élevages laitiers (au détriment de la viande), les fermes possèdent de moins en moins d'atelier complémentaire de production de viande (EXP2). On assiste ainsi à un repli notable de l'engraissement de taurillons à côté du lait ; dans un contexte de redistribution de lait et de découplage de la production des aides relatives à l'engraissement, cette tendance se poursuit.

Ainsi, la robotisation⁶⁸ est un remède au manque de main d'œuvre ; les quotas supplémentaires (POL2) conjugués à l'augmentation de la taille des exploitations (EXP1), une capacité de production (mises aux normes réalisées et place supplémentaires dans les bâtiments) et un troupeau suffisamment grand permettent d'investir dans un robot de traite. Une autre solution est l'association de producteurs laitiers sous forme de GAEC ou autre forme sociétaire (EXP9), cette association entraînant un regroupement de terres. Le nombre d'UTH plus important sur une exploitation permet une spécialisation des associés. L'élevage étant par définition une production astreignante, la force de travail plus importante sur l'exploitation permet aussi de pouvoir prendre des jours de congés.

➤ **A long terme, les cours mondiaux des matières premières agricoles se maintiennent à un niveau plus élevé que la décennie passée et sont plus volatils...**
(le moteur MAR1 démarre)

L'Union Européenne accorde des rallonges de quotas supplémentaires chaque année (POL6) et les prix des matières premières et intrants (céréales, aliment, engrais, fuel, paille) connaissent une hausse importante (MAR1).

Face à ce nouveau contexte, les producteurs laitiers s'adaptent et revoient certains points de la gestion de leur exploitation. Les éleveurs sont ainsi amenés à modifier leur système de production de façon durable.

Concentrés : céréales produites à la ferme

Les éleveurs vont rechercher une certaine **autonomie alimentaire** en utilisant davantage les céréales produites sur l'exploitation (blé) qui seront d'autant plus favorisées car ces mêmes exploitants seront tentés de vendre ces céréales à des cours attractifs (MAR1). Ainsi, les surfaces auparavant en prairies temporaires pourraient être remplacées par des céréales (PRO1). Le nombre d'hectares labouré va donc augmenter (USE2) au détriment des surfaces auparavant en herbe (PRO1), pour y implanter notamment des céréales pour lesquelles les cours sont très attractifs (MAR1). Certaines prairies temporaires passent en culture étant donné les prix de vente actuels élevés des céréales (MAR1).

⁶⁸ La robotisation peut être un remède au manque de main d'œuvre mais il faut pouvoir investir dans un robot de traite et surtout avoir une taille d'exploitation suffisante, une capacité de production et un troupeau suffisamment grand.

Un système fourrager basé sur maïs/herbe

Cette conjoncture va ainsi entraîner des adaptations des systèmes de production selon les exploitations. En effet, les exploitations qui vont bénéficier d'une rallonge de quotas (POL2), vont baser leur système fourrager sur davantage de maïs ensilage (PRO12) pour permettre de produire la quantité de lait supplémentaire, et les céréales produites sur l'exploitation (blé) seront privilégiés à des achats extérieurs de concentrés. La mise en pâtures estivale n'est pas systématique, et même si c'est le cas, rares sont les éleveurs qui ferment leur silo de maïs l'été quand leurs vaches pâturent. Cette tendance est accentuée par la demande en lait, qui amène certains éleveurs à augmenter leur ration en maïs.

Coproduits : les tourteaux de colza

D'autre part, cette flambée des cours (MAR1) incite les exploitants à recourir à des coproduits locaux issus notamment de la production de biocarburants ou d'huiles alimentaires (DEM2). En effet, l'alimentation animale se base principalement sur l'incorporation de coproduits issus des biocarburants (tourteaux de colza et drêches de blé) ; on assiste ainsi à une substitution du tourteau de soja par les coproduits des biocarburants (tourteaux de colza, drêches de blé) dans le secteur de l'alimentation animale.

Les coproduits des biocarburants présentent pour les ruminants un intérêt alimentaire certain. Le tourteau de colza a fait ses preuves. Les coproduits trouveront leur place ; ils permettent une réduction du coût alimentaire, une régularité d'approvisionnement et de valeurs alimentaires, une sécurité sanitaire garantie et une utilisation simple au quotidien.

Ainsi, les fabricants d'aliments pour animaux sont les mieux placés pour valoriser ces coproduits. En effet, de par leur composition nutritionnelle, les tourteaux de colza entrent en concurrence avec les tourteaux de soja dans les formules d'aliments pour ruminants. Les tourteaux de colza viennent donc en partie se substituer aux tourteaux de soja, dont les importations reculent de manière importante⁶⁹.

De plus, cette augmentation de la production laitière par exploitation va entraîner une spécialisation des exploitations (EXP2) et ainsi avoir des répercussions sur l'atelier viande des exploitations laitières (PRO3). Par exemple, nombre d'entre elles vont supprimer leur atelier taurillon pour vendre les céréales produites sur la ferme. La production locale de viande bovine va ainsi diminuer (PRO3), tout du moins celle issue du troupeau allaitant.

➤ **Les outils industriels locaux pour la transformation du lait s'implantent durablement et accroissent leur développement...**

(le moteur IAA2 démarre)

Dans ce nouveau contexte réglementaire, **les outils industriels locaux pour la transformation du lait choisissent de s'implanter durablement** et accroissent leur développement (IAA2), des entreprises de transformation laitière investissent dans le département (Danone, Lactalis, Senoble...). La présence de nombreuses laiteries qui collectent en seine maritime assure un débouché pour le lait collecté.

En fonction d'un cahier des charges spécifique, les systèmes fourragers des exploitations laitières évoluent (PRA1). Le maintien des producteurs laitiers permet de limiter la remise en culture

⁶⁹ La qualité nutritionnelle des drêches de blé est intermédiaire entre celle des tourteaux de soja et de colza, il en est de même pour leur prix. Les drêches de blé représentent une matière première intermédiaire en alimentation animale du fait de leur teneur en protéines élevée. De par leur composition chimique elles remplacent essentiellement une partie du tourteau de soja et du blé. Les drêches de blé sont sources à la fois de fibres, de protéines et de minéraux. Leur disponibilité en lysine est toutefois limitante. Leur substitution aux tourteaux de soja ne peut être que partielle. Elles conviennent particulièrement bien aux VL et aux BV. Elles se substituent à un mélange de matières protéiques pour 2/3 (t de soja) et de matières énergétiques pour 1/3 (pulpes de betteraves). Ces coproduits peuvent remplacer des ressources : le tourteau de colza est un bon remplaçant du tourteau de soja, la drêche de blé peut remplacer céréales. Ces coproduits sont utilisables par les ruminants et même parfois avantageusement, pour ce qui concerne la composition du lait

de surfaces en herbe (USE2) et donc les surfaces en herbe (PRO1). Ce maintien des élevages laitiers permet de pérenniser la production de viande bovine (PRO3).

Parallèlement au développement de l'élevage laitier, les outils locaux pour la transformation de viande bovine sont ainsi approvisionnés (notamment grâce aux vaches de réforme) et maintenus (abattoirs...) (IAA7). Cependant, on observe un repli régulier de l'élevage bovin en zone mixte, car les exploitations laitières ont tendance à se spécialiser (EXP2) et à s'agrandir (EXP1). L'agrandissement des exploitations rend l'atelier d'élevage plus fragile.

Avec l'agrandissement des tailles d'exploitation (EXP1), les entreprises laitières gagnent en coût de collecte, la production se concentrant sur des sites de moins en moins nombreux (EXP10). Ainsi, la restructuration entraîne un regroupement des exploitations laitières.

Pour les exploitations laitières, l'élevage herbivore qui constitue généralement un complément d'activité et de revenu, à côté de l'atelier lait, est délaissé (PRO3, EXP2), la production de viande bovine locale est assurée par les vaches de réforme au détriment des bœufs (et des taurillons).

Ce scénario va se décliner différemment selon la situation de l'exploitation agricole :

- si l'exploitation garde sa surface constante et ne peut investir:

Les volumes supplémentaires intéressent particulièrement les éleveurs disposant de places libres dans leurs bâtiments pour les vaches laitières. Cette évolution nécessite d'intensifier les surfaces dans les élevages spécialisés, et dans les élevages diversifiés de reconvertir vers les vaches laitières des surfaces en cultures de vente ou des surfaces fourragères destinées à des ateliers viande (jeunes bovins, bœufs). Ce scénario va intéresser prioritairement les exploitations laitières de grandes dimensions qui se sont mises aux normes en anticipant des augmentations de droits à produire et qui pourraient ainsi se « respécialiser » en production laitière. Plus largement ces accroissements pourraient bénéficier également à des exploitations agricoles de dimensions moyennes qui ont quelques places disponibles dans les bâtiments existants ou qui peuvent réallouer des capacités de logement au cheptel laitier.

Le supplément de lait vient ici remplacer un atelier de bœufs. Ainsi, cette adaptation peut être mise en œuvre grâce à des places vacantes en bâtiments et/ou peu une augmentation raisonnée du lait par vache. A surface constante, le lait supplémentaire serait produit au détriment de productions existantes sur l'exploitation : céréales ou atelier d'engraissement. Ce type d'adaptation aurait pour effet de renforcer la spécialisation des systèmes laitiers.

- si l'exploitation peut s'agrandir mais ne peut investir :

Plus favorable à l'éleveur que celui d'attribution de quotas sans terre où la production de lait supplémentaire vient se substituer à une autre production. L'éleveur bénéficie de l'aide dé耦plée sur les surfaces nouvelles et le lait supplémentaire vient s'ajouter aux productions déjà présentes. Ces agrandissements posent le problème des surfaces obligatoires en herbe, parfois éloignées du siège de l'exploitation agricole et dont la valorisation pourrait être faible à nulle. Ce déficit de gestion de ces surfaces viendrait automatiquement pénaliser l'intérêt de l'agrandissement.

Microscénario 3.4. : Spécialisation des élevages laitiers

➤ Le soutien financier de la PAC aux productions agricoles et les outils de régulation des marchés disparaissent...

(le moteur POL5 démarre)

Dans un contexte où les soutiens financiers de la PAC aux productions agricoles et les outils de régulation des marchés disparaissent (POL5); le désengagement de l'Union Européenne dans la gestion des marchés se traduit notamment par le découplage total des aides à la production agricole, la suppression de l'intervention et la suppression des droits de douanes pour les importations de céréales ; le **découplage total des aides du premier pilier** (en particulier celui de la PMTVA) a un impact significatif sur la répartition territoriale des élevages et entraîne une spécialisation des systèmes de production (EXP2), entraînant une baisse de la production de viande bovine (PRO3) issue des ateliers complémentaires de la production laitière.

En conséquence, d'une part, les aides au développement rural (deuxième pilier) sont également abandonnées et ne permettent plus de soutenir les systèmes herbagers (POL6) par exemple.

D'autre part, pour répondre à la hausse de la consommation des produits laitiers frais, la **politique laitière est assouplie** (POL2) pour permettre aux producteurs de lait de produire plus et ainsi de répondre à une demande soutenue (cela se traduit par une augmentation progressive et successive des références laitières (augmentation de +2% pour 2008-9)). Cette possibilité de produire davantage de lait, va se traduire par des évolutions au niveau des exploitations laitières, avec notamment une **intensification des systèmes de production** (PRA1). En effet, par souci de sécurité, l'alimentation des troupeaux se base davantage sur des stocks de fourrages (ensilage de maïs). Une des conséquences de cette pratique va être un plus grand recours à la part de maïs dans la surface fourragère principale (SFP) et donc une augmentation des surfaces en maïs ensilage (PRO12), entraînant par là même une augmentation des surfaces en labour (USE2) notamment au détriment des surfaces en herbe (PRO1) ou en jachère.

➤ **Les outils industriels locaux pour la transformation du lait s'implantent durablement et accroissent leur développement...**

(le moteur IAA2 démarre)

Dans ce nouveau contexte réglementaire, **les outils industriels locaux pour la transformation du lait choisissent de s'implanter durablement** et accroissent leur développement (IAA2), des entreprises de transformation laitière investissent dans le département (Danone, Lactalis, Senoble...) permettant de maintenir et de développer les élevages laitiers. Ce maintien des outils industriels permet de pérenniser la filière laitière locale et ainsi de conserver les surfaces en herbe (PRO1) valorisé par l'élevage en limitant la remise en culture de surface en prairies (USE2).

Selon les cahiers des charges des industriels, les systèmes de production vont s'engager dans une intensification ou une conduite plus extensive de leur système fourrager (PRA1).

Un système fourrager basé sur maïs

Pour le secteur de l'élevage laitier, sur le plan des systèmes de production, les systèmes intensifs sont privilégiés. La production locale de lait va alors se baser sur une utilisation accrue du maïs ensilage (PRO12) par soucis de sécurité et une intensification des systèmes de production (PRA1). Ainsi, la part de maïs dans la surface fourragère augmente (PRO12), on assiste au remplacement des prairies par du maïs et/ou des cultures de vente (PRO1). La part de maïs dans l'assolement fourrager augmente et se substitue à l'ensilage d'herbe ou du foin, le maïs reste pour les éleveurs le pivot du système d'alimentation des vaches.

Ce type d'adaptation a pour effet de renforcer la **spécialisation des systèmes laitiers** (EXP2), et a des conséquences sur la production de viande bovine locale (PRO3). Les outils locaux pour la transformation de viande bovine sont ainsi approvisionnés (vaches de réforme, vaches allaitantes...) et maintenus (abattoirs...) (IAA7).

Le phénomène de **restructuration des exploitations laitières** (EXP5) s'accélère dans les exploitations, avec un nombre d'éleveurs sur le déclin (SOC3) ; de grandes structures laitières se créent, caractérisées par un collectif de travail important (plusieurs personnes). Les pratiques associées à ces grandes structures est une recherche de simplification ou d'automatisation d'un certain nombre de tâches. Ceci en particulier sur le volet alimentation des vaches et des veaux (ration complète, automatisation de la distribution...), la traite (dépose automatique, barrière « poussante »...), l'hygiène du bâtiment (paillage, raclage...). En effet, au manque de vocations s'ajoute une nécessité d'agrandir les troupeaux afin de devenir plus compétitif. Cette restructuration passe par une réduction du morcellement parcellaire des exploitations ; cela permet un gain de temps et d'argent en limitant les déplacements d'une parcelle à l'autre. Ce regroupement de terres va se faire de lui-même par le rachat des terres des exploitations en cessation d'activité. Le nombre d'exploitant diminue d'année en année et par conséquent la taille des exploitations augmente ce qui va de paire avec le « remembrement naturel ».

Ainsi, on assiste à un agrandissement des tailles d'exploitation (EXP1), ce qui permet aux entreprises laitières de gagner en coût de collecte, la production se concentrant sur des sites de moins en moins nombreux.

- **Les cours mondiaux des matières premières agricoles chutent pour retrouver leur niveau historique de la fin du XX^{ème} siècle...**

(le moteur MAR1 ne démarre pas)

Concentrés : achats extérieurs

Conjointement, les prix des matières premières agricoles ont chuté pour retrouver leur niveau historique de la fin du XX^{ème} siècle (MAR1) et permet de fournir une alimentation animale à moindre coûts et ainsi de baisser les coûts de production de la viande et du lait. La tenue de cette conjoncture permet de conforter cette logique d'intensification laitière où la part de maïs dans la Surface Fourragère Principale et la consommation de concentrés est importante.

Coproduits : les tourteaux de soja

Ainsi, le recours aux coproduits locaux ou aux matières végétales locales est moindre (DEM1) et l'alimentation animale des ruminants (troupeaux laitiers) se base principalement sur les tourteaux de soja (DEM1). En effet, l'alimentation animale se base principalement sur le blé et les tourteaux de soja (DEM1), étant donné les prix relativement bas des cours, l'alimentation animale est à moindre coût. De plus, des prix en céréales peu encourageant n'incitent pas les agriculteurs à retourner leurs surfaces en herbe (USE2), celles-ci sont donc conservées (PRO1). La production de viande bovine complémentaire des ateliers lait est favorisée car les céréales (MAR1) peuvent être valorisées plutôt dans l'alimentation des taurillons (PRO3), entraînant une conservation du caractère polyculture-éleveur des exploitations (EXP2). Cependant, nombre d'exploitations subissent le contre coup de prix bas et certains producteurs abandonnent l'activité (SOC3) ou les installations se font moins nombreuses, moins de repreneurs.

Microscénario 3.5. : Délocalisation de la production laitière

- **Les outils industriels locaux pour la transformation du lait désertent la Seine-Maritime...**

(le moteur IAA2 ne démarre pas)

Les outils industriels de l'industrie laitière désertent la Seine-Maritime (un prix du lait plus élevé que dans les autres régions pousse les industriels laitiers à se détourner de la région et les industriels laitiers délocalisent leurs outils vers des lieux de production où les coûts de production sont plus faibles avec de moindres contraintes environnementales (Europe de l'Est)) (IAA2). L'industrie laitière locale est donc un secteur qui se désertifie et les laiteries sont contraintes de stopper leur collecte, en laissant les éleveurs sans alternative pour continuer à produire du lait.

En conséquence le nombre d'exploitations laitières diminue (EXP5) ; les exploitations laitières se voient dans l'obligation d'arrêter leur atelier lait, entraînant une augmentation des surfaces labourées (USE2) (celles pouvant être remises en culture) car les surfaces en herbe auparavant utilisées pour les bovins laitiers diminuent (PRO1), notamment les surfaces en herbe non obligatoires.

En conséquence, les systèmes de production sont réorientés et les exploitations laitières s'orientent alors vers d'autres productions telles que les grandes cultures ou les vaches allaitantes pour valoriser les surfaces en herbe obligatoires. On assiste ainsi à une baisse de la production locale de viande bovine (PRO3) (IAA7) issue des vaches de réforme, des génisses laitières ou des bœufs laitiers (due à la baisse du cheptel laitier) ainsi qu'à une baisse des surfaces en maïs ensilage (PRO12) (celles ayant servies à alimenter les troupeaux laitiers). Les exploitations se spécialisent dans l'élevage allaitant ou la production de céréales (EXP2). Le repli de l'élevage laitier amoindrit les débouchés pour les matières végétales locales et les coproduits (DEM1). Ainsi, les produits agricoles locaux (produits laitiers) sont de moins en moins transformés et valorisés sur le territoire et la part des produits

agricoles transformés localement reste faible d'où une perte de valeur ajoutée pour le département (IAA5).

➤ **La France trouve une manière pour préserver des outils de régulation des marchés et de continuer à soutenir l'agriculture...**

(le moteur POL5 ne démarre pas)

Parallèlement, la France trouve une manière pour préserver des outils de régulation des marchés et de continuer à soutenir l'agriculture (POL5) et les outils de régulation sont remplacés par de nouveaux mécanismes de stabilisation, de gestion de crise, de prévention et d'assurance et l'agriculture reste soutenue en conservant par exemple des mesures agro-environnementales, des aides à la production de qualité, les aides du second pilier.

Cependant, les soutiens du premier pilier de la PAC sont réorientés vers la gestion des risques et vers certains systèmes de production spécifiques (ovins, agriculture biologique, lait en zones fragiles, et l'herbe) (POL6) et les aides du premier pilier sont orientées vers le financement de l'assurance récolte, vers les surfaces en pâturages permanents (prime à l'herbe sur toutes les surfaces en herbe), vers les systèmes en agriculture biologique, ainsi que vers des aides en faveur de l'élevage ovin.

Cela permet de soutenir le cheptel allaitant local et de valoriser les surfaces en herbe obligatoire. Dans la majorité des exploitations en polyculture-élevage, l'atelier allaitant prend le pas sur l'atelier lait qui disparaît faute de débouchés (IAA2). La production laitière est abandonnée au profit d'un troupeau de vaches allaitantes avec vente de broutards par exemple. La revente du troupeau laitier permet sans problème la capitalisation en vaches allaitantes. Le système d'arrivé étant fortement spécialisé en viande, la conjoncture du prix des broutards a un impact important sur le résultat économique.

Cette évolution était auparavant envisagée dans des cas particuliers ; par des producteurs laitiers proches de la retraite, sans successeur, et/ou confronté à la mise aux normes, et désirant arrêter de traire, ou pas des producteurs ayant des problèmes de santé, ou désirant se libérer de la contrainte de la traite. Dans ce contexte cette orientation des systèmes est adoptée par un grand nombre d'exploitants, ce qui permet de maintenir la production locale de viande bovine essentiellement issue d'un cheptel allaitant (PRO3).

Dans ces systèmes, l'alimentation est exclusivement fondée sur l'herbe (PRO1). Les surfaces en maïs auparavant cultivés pour l'alimentation des laitières sont maintenant valorisées par des céréales. Ces mêmes céréales sont intéressantes car elles peuvent être vendues à un prix attractif permis par des cours de matières premières sensiblement élevés (MAR1).

Microscénario 3.6. : L'élevage local en danger

➤ **Les outils industriels locaux pour la transformation du lait désertent la Seine-Maritime...**

(le moteur IAA2 ne démarre pas)

La demande des ménages européens en produits laitiers (lait, beurre, crème mais également fromages et produits frais comme les yaourts et les desserts lactés) diminue (DEM6); le marché normand étant très européenisé⁷⁰, le fléchissement des achats des consommateurs sur les produits laitiers touchent directement la Haute-Normandie (désaffection des jeunes générations pour les produits laitiers, naissance d'un mouvement anti-lait, politique nutritionnelle forte (plan national nutrition santé), influence des recommandations nutrition-santé...).

De plus, dans une tendance à l'eupéanisation de plus en plus forte des produits alimentaires, le Camembert et ses consorts ne tirent pas leur épingle du jeu et les fabricants de camembert reculent chaque année un peu plus. Cela contribue à faire reculer la Normandie pour la place de région leader

⁷⁰ 30% de la production normande vendue hors des frontières régionale en 2005

en fabrication de fromages par les voisins bretons et ligériens. L'image extrêmement positive de la Normandie chez les consommateurs ne suffit plus, et cette image ne s'est pas renforcée au-delà des seules Appellation d'Origine (qui à elles quatre, ne représentent que 12% des fromages à pâtes molles normands). Emmené par le camembert au lait cru, l'ensemble des AOC normandes reculent.

Ainsi, les industries locales de transformation laitière ont des difficultés à écouler leurs produits sur le marché européen, et les débouchés des élevages laitiers sont de plus en plus incertains et le secteur est fragilisé. Ce tassement de la consommation met en difficulté les industries de transformation laitière locales et par là même fragilise les débouchés des exploitations laitières locales. Certaines industries de transformation laitière se délocalisent (en France ou dans l'Union Européenne (Pologne, Hongrie, République Tchèque)) (IAA2), vers des bassins de production où le lait est moins cher. Les outils industriels de l'industrie laitière désertent la Seine-Maritime (un prix du lait plus élevé que dans les autres régions pousse les industriels laitiers à se détourner de la région et les industriels laitiers délocalisent leurs outils vers des lieux de production où les coûts de production sont plus faibles avec de moindres contraintes environnementales (Europe de l'Est)) (IAA2).

Ainsi, le départ de certains outils de transformation du lait expose les éleveurs à un risque d'abandon de collecte (d'autant plus si les élevages sont éloignés des outils industriels) entraînant une moindre transformation du lait produit localement ce qui menace la filière laitière locale toute entière.

En conséquence, les élevages spécialisés lait sont les plus menacés (EXP5), contrairement aux systèmes bovin viande ou lait/viande qui se maintiennent grâce à leur atelier de viande bovine (ceux qui possèdent un atelier bovin viande survive grâce à ce deuxième atelier).

Moins les vaches laitières sont nombreuses, moins la viande coproduit du lait est importante et plus la place laissée au troupeau allaitant pour satisfaire quantitativement les besoins en viande est grande. L'abandon de la production de lait, dans les zones à faible densité laitière, par certaines exploitations va ainsi pouvoir se faire au profit des grandes cultures et/ou des vaches allaitantes. La production de viande bovine permet de valoriser les prairies temporaires et permanentes par les vaches allaitantes et les bœufs. La production du troupeau allaitant compense en partie le repli du cheptel laitier.

Dans ce contexte, l'élevage bovin est favorisé (PRO3) notamment l'engraissement ; selon l'orientation initiale des exploitations les évolutions vont diverger quelque peu. Les systèmes d'élevage naisseurs-engraisseurs de taurillons sont surtout pratiqués par les exploitations de grande dimension, avec des perspectives de succession mieux assurées et un recours plus fréquent à la main d'œuvre salariée). Ainsi, les taurillons sont nourris avec des aliments énergétiques dont une partie provient de l'exploitation : céréales, sous-produits...

Au sein des exploitations de grandes cultures ayant un atelier secondaire de vaches allaitantes, le système d'élevage le plus pratiqué (naisseur vendeur de broutard) est aussi le plus simple, ce qui permet de limiter le temps consacré à cet atelier. Ce système permet de valoriser les surfaces en herbe des exploitations non valorisables autrement.

La hausse de production, et notamment de l'engraissement des mâles conduit à renforcer les maillons intermédiaires (abattoirs, grossistes, chevilles...) (IAA7) dans une région où la densité d'élevage se maintient voire augmente. L'amélioration de la technicité des ateliers viande et la gestion de coûts de production permet de maintenir l'élevage bovin.

➤ **La France trouve une manière pour préserver des outils de régulation des marchés et de continuer à soutenir l'agriculture...**

(le moteur POL5 ne démarre pas)

La subsistance des élevages bovins viande est conforté par un maintien de la PAC et la préservation des outils de régulation des marchés et de soutiens financiers aux productions (POL5). En effet, la filière bovin viande est protégée par la PAC ; il n'y a pas de découplage de la PMTVA, ni de la prime à l'abattage pour les veaux, choix stabilisant pour la production. Les systèmes allaitants bénéficient de la prime de maintien du troupeau de vaches allaitantes (PMTVA). En parallèle au maintien des aides directes issues de la PAC, une partie du premier pilier est transférée vers le deuxième pilier en faveur d'aides au développement rural (complément « extensification » pour les éleveurs bovins par exemple) (POL6).

De plus, les cours des céréales n'étant pas très attractifs (MAR1), les éleveurs ne sont pas poussés à retourner leurs surfaces en herbe ; on assiste donc à un développement de ces systèmes de production extensifs et orientés vers une logique d'occupation du territoire qui peuvent par ailleurs bénéficier d'aides spécifiques, telles que des aides au maintien des surfaces en herbe ou des aides pour la lutte contre la déprise des terres (POL6).

La filière bovin viande est donc protégée par la PAC ; la prime au maintien du troupeau des vaches allaitantes (PMTVA) conserve le rôle régulateur majeur du marché de la viande bovine et les éleveurs détenant des vaches allaitantes et bénéficiant de la PMTVA couplée à 100% confirment la tendance au maintien du cheptel, voire à une légère progression de ce dernier. En conséquence, la part de cette production, mineure en quantité en comparaison du créneau occupé par les vaches laitières de réforme, se voit renforcée (PRO3).

La fragilisation des élevages laitiers affaiblit les outils de transformation de viande bovine produite localement (abattoirs) (IAA7), cependant le potentiel d'abattage et de transformation local se maintient grâce à l'approvisionnement en viande bovine issue des élevages allaitants et les opérateurs se maintiennent et investissent en SM, le taux de viande transformé localement augmente (IAA5). La viande produite sur le territoire en système allaitant est transformée au sein d'ateliers d'abattage et de découpe locaux (IAA7).

Annexe 5 Récits des scénarios globaux

Scénario global A

Une désertification des campagnes

Avec le renchérissement du prix du transport routier (pétrole), les **campagnes sont de moins en moins attractives** et peu de nouveaux habitants décident de s'y installer; la **population rurale est en baisse**, et **l'urbanisation des espaces ruraux stagne**; les exploitants continuent leur activité dans l'indifférence du reste de la population. Les agriculteurs ne prêtent pas d'attention particulière à leurs pratiques ni aux conséquences qu'elles pourraient avoir, d'ailleurs personne ne s'en plaint. Dans un contexte de tensions sur les prix des produits agricoles et agroalimentaires, la **tentation de valoriser un maximum de terres** et d'augmenter les productions par unité de surface sont fortes : les **pressions sur l'environnement et les ressources naturelles ont tendance à s'accroître**⁷¹. Ainsi, la réglementation concernant la ressource en eau n'évolue pas, et les pratiques culturelles évoluent peu. Les pratiques agricoles restent classiques et traditionnelles et n'intègrent pas de techniques permettant de préserver la ressource en eau, car aucune contrainte réglementaire, ni soutien financier ne sont imposés ou définis. Ainsi, le comportement et les arbitrages des acteurs locaux ne permettent pas d'améliorer la situation environnementale, il conduit à une dégradation progressive des fonctions environnementales et de certaines fonctions socio-économiques de l'activité agricole (agritourisme). Les campagnes attirent de moins en moins les populations urbaines, autant pour ce qui est de l'habitation (moindre urbanisation) que du tourisme. **La population rurale est en baisse, et l'urbanisation des espaces ruraux stagne**; les exploitants continuent leur activité et peu de contacts se créent avec le reste de la population. A titre d'exemple, les exploitations sont majoritairement par des fils ou filles d'agriculteurs originaires de la région. L'espace rural perd de sa dynamique, car les populations urbaines s'intéressent peu à l'activité agricole en général et sont peu curieuses de savoir ce qui s'y passe. Compte-tenu du peu d'intérêt porté aux espaces ruraux par les populations urbaines, l'agritourisme seino-marin ne se développe pas et le marché est de plus en plus concurrencé par les régions voisines. Le développement des territoires agricoles perd de l'allure/entrain et les projets de développement agricole diminuent, les partenariats entre les agriculteurs et les autres acteurs locaux (gestion environnementale, animation locales, agrotourisme...) se font moins nombreux, de même que les actions de communication avec les élus locaux. Par exemple, les projets de Pays et de territoires partagés n'aboutissent pas. Les exploitants agricoles ne proposent pas et n'innovent pas dans les modes de gestion des territoires (agritourisme, nouveaux étiers de la ruralité...). Ils ne sont pas non plus acteurs dans les structures de développement des territoires (projets de territoires, initiatives locales, ouverture aux autres acteurs, communication de proximité, événementiels...). De la même manière, **l'agriculture biologique déjà peu présente perd du terrain**, aucune exploitation agricole ne se convertit au mode d'agriculture biologique et les exploitations déjà converties en agriculture biologique ont des difficultés à se maintenir du fait du manque de filières de distribution et de transformation. Etant donné le dépeuplement des espaces ruraux, le développement de l'activité agricole ne pose pas de problèmes particuliers et les agriculteurs ne prêtent pas d'attention particulière aux conséquences, notamment environnementales, de leurs pratiques. Ainsi, la réglementation environnementale concernant la ressource en eau n'évolue pas et les pratiques alternatives proposées (de type CAD, CTE...) sont de moins en

⁷¹ Guyomard et al., 2007

moins soutenues financièrement et politiquement et ne sont ainsi plus adoptées par les exploitants. Certaines aides financières sont supprimées tel le remboursement des semences pour les intercultures et les agriculteurs abandonnent cette pratique. L'implantation d'une interculture, qui nécessite un passage supplémentaire sur les parcelles, est également remise en cause par un prix du fioul rédhibitoire. De la même manière, les exploitants limitent au maximum le nombre de passages des engins agricoles sur les parcelles (moins de déchaumages). Ainsi, **les pratiques agricoles restent classiques et traditionnelles et n'intègrent pas de pratiques permettant de préserver la ressource en eau.** Car aucune contrainte réglementaires n'est définie et personne ne se plaint (ni agriculteurs, ni population locale qui est peu nombreuse). Ainsi, le développement économique est reconnu comme une priorité, qui prime sur la protection de l'environnement. La protection des milieux n'est pas une priorité. L'agriculture n'est pas un acteur dynamique des territoires et ne permet pas d'accompagner les démarches environnementales telles que la préservation des eaux, la gestion raisonnée des intrants, ou la lutte contre l'érosion... (microscénario 1.4.)

Le développement des biocarburants remis en cause

Dans un contexte de baisse du prix du pétrole, la compétitivité des biocarburants de première génération diminue et leur développement est remis en cause. Ceci dans un contexte où des experts et l'opinion publique se font de plus en plus critiques face à cette filière, où le gouvernement prend ses distances et où les pétroliers ne sont pas forcément favorables à la production d'un produit substituable à une essence déjà produite, en trop grande quantité en Europe, par rapport aux besoins. Cela se traduit par la suppression des soutiens publics aux biocarburants⁷², et se manifeste au niveau européen par la suppression de l'Aide aux Cultures Energétiques par la Commission Européenne, et au niveau national par des taux d'incorporation des biocarburants dans l'essence et dans le gazole stables, des volumes agréés pour défiscalisation en baisse, des agréments de production également et les taux de défiscalisation accordés sont revus à la baisse. On assiste ainsi à un retrait partiel du soutien gouvernemental dans le développement des biocarburants⁷³. Le retrait des soutiens publics aux agrocarburants de première génération menace la filière locale. Ce contexte ne favorise pas le développement de cultures à destination du non alimentaire pour les biocarburants de première génération et l'utilisation des agrocarburants et leurs chaînes de productions locales sont remises en cause. Les usines locales de productions de biocarburants (Grand Couronne et Lillebonne) tournent au ralenti, entraînant une baisse des surfaces en colza diester et blé éthanol. L'usine d'éthanol de Lillebonne se trouve en très grande difficulté d'approvisionnement, contrairement à celle de diester qui continue sa production (mais sans augmentation), compte tenu du fait qu'elle produit aussi bien de l'huile alimentaire que des biocarburants (débouchés alimentaire et énergétique). La résultante de cette affaiblissement de la production de biocarburants est une baisse des emblavements en cultures énergétiques (blé éthanol et colza diester). Cette diminution du colza diester en particulier permet aux céréales secondaires de retrouver une place dans les assolements car la disparition des biocarburants ne fournit plus de coproduits issus de leurs fabrication (tourteaux de colza, drêches de blé) (microscénario 2.2.)

Une région très orientée vers les grandes cultures : un assolement céréalier majoritaire

⁷² Le développement des filières biocarburants est étroitement lié à des décisions politiques. La filière des biocarburants est très encadrée, les volumes agréés, soumis à une défiscalisation, sont régulés par les Pouvoirs publics qui délivrent des autorisations de production aux usines candidates, suivant une procédure d'appels d'offre (source : Chambre Régionale d'Agriculture de Normandie).

⁷³ la compétitivité des biocarburants ne permet pas de se passer du soutien de l'état

Dans un contexte où les marchés sont progressivement libéralisés, d'une concurrence accrue et d'une moindre régulation (PAC), avec en toile de fond économique (croissance européenne et mondiale) une situation morose, la concurrence internationale sur les productions agricoles de masse domine. Dans ce contexte la filière céréales est soumise aux fluctuations mondiales du marché. Avec la suppression des prix d'intervention, le prix des céréales européennes s'alignent sur le prix mondial, toute variation de celui-ci se répercute en Europe. La concurrence internationale est un facteur de rupture primordial : l'Europe choisit de s'y lancer davantage (en particulier en céréales : l'Europe « grenier à blé »). L'agriculture locale réagit à ce contexte par une stratégie d'agrandissement et d'intensification des productions de masse afin de rester compétitive et d'assumer la seule fonction de production. Les céréales surtout se développent. Au niveau de la filière céréales, cette libéralisation des marchés, favorise la culture du blé ; la Normandie ne constitue pas un grand bassin céréalier⁷⁴ mais l'importance et la proximité du port de Rouen lui permet de conforter et développer ses exportations⁷⁵. Ce contexte libéral ne permet plus aux états membres de l'UE et donc la France de mettre en place des outils de régulation des marchés, la jachère n'a plus lieu d'être et est alors supprimée. Ces surfaces libérées permettent d'assoier la place du blé dans les assolements. Les agriculteurs augmentent les niveaux d'intrants pour augmenter la productivité afin de compenser la perte de revenu résultant de la baisse tendancielle des prix. Les normes de qualité sur les eaux sont établies par le niveau européen et seraient progressivement resserrées. La conjugaison de normes très strictes sur la qualité des eaux et de l'intensification généralisée des productions conduit à ce que la très grande majorité du territoire n'atteigne pas les objectifs de qualité fixés par la directive cadre. Les agriculteurs et les pouvoirs publics développent alors des initiatives « correctrices ». L'agriculture de précision connaît un essor certain sur les grandes plaines céréalières du bassin, les démarches volontaristes de diagnostics et de conseils à l'échelle de petits bassins versants se développent, mais ne sont pas généralisées. L'état réagit par des mesures successives d'interdiction des molécules les plus incriminées, mais celles-ci sont remplacées rapidement par l'industrie chimique.

Une plus grande connexion au marché mondial se traduit par une recherche d'optimisation des assolements en fonction du résultat économique et les agriculteurs établissent leurs assolements en privilégiant une vision annuelle des cultures en fonction des opportunités offertes par le marché. Dans une majorité d'exploitations, les rotations deviennent essentiellement triennales (colza-blé-blé, colza-blé-orge ou colza-blé-blé-orge) et la proportion de blés se succédant à eux-mêmes est en progression (blé sur blé). On assiste à une homogénéisation de la production agricole avec un accroissement des productions déjà majoritaires (céréales et oléoprotéagineux) et l'abandon d'activités plus fragiles. En conséquence, une partie de l'activité polyculture-élevage (petites exploitations) disparaît du territoire au profit d'une activité de grandes cultures (céréales et oléoprotéagineux). La surface des cultures intensives continue de progresser, la suppression des jachères permet une augmentation de la sole de blé et les surfaces de colza augmentent (microscénario 2.2.).

Lin et Pomme de terre, des cultures marginalisées

Dans un contexte de crise économique (prix du pétrole en baisse), un produit de luxe tel que le lin est en difficulté, cette tendance se répercute sur la sole de lin textile qui retrouve des surfaces plus « raisonnables ». De plus, l'interprofession exprime sa volonté de réduire les emblavements qui s'explique par la situation d'un marché « en souffrance ». Les surfaces en pomme de terre, particulièrement celles en contrat avec l'industriel Lunor subissent une

⁷⁴ 6% de la collecte française en 2007

⁷⁵ 68% de la collecte céréalière normande est destinée à l'exportation en 2007

baisse du fait de la baisse du pouvoir d'achat des consommateurs dans ce contexte économique tendu (microscénario 2.2.)

Huiles : une consommation à la hausse⁷⁶ et qui progresse : le colza tiré par la demande alimentaire

La consommation d'huiles végétales en France, comme dans l'UE progresse⁷⁷. En France, les surfaces d'oléagineux à mobiliser pour assurer la production de graines à usage alimentaire se maintiennent et augmente légèrement avec la hausse de la consommation d'huiles végétales. En l'absence du débouché énergétique, le colza se maintient, tiré par une demande alimentaire en hausse (microscénario 2.2.).

Le pois continue sa chute

Le découplage total de l'aide aux grandes cultures et du complément aux protéagineux a des conséquences sur la production locale de protéagineux. Pour les protéagineux, le découplage accentue la baisse des emblavements. En conséquence, les collecteurs ne disposent plus de volumes suffisants pour satisfaire le marché. Le recul des protéagineux conduit à un raccourcissement des rotations, avec une perte du bénéfice sur l'azote et accroît la pression phytosanitaire dans certains systèmes⁷⁸. De plus, l'entrée de nouveaux produits à bas prix, tels que le soja, sur le marché intérieur concurrence la production locale de protéagineux (pois, féverole) entraînant la disparition de cette culture sur le territoire (microscénario 2.2.).

Une moindre gestion des marchés : vers une plus grande connexion au prix mondial

Le système de libéralisme accru est caractérisé d'une part, par une facilitation de l'accès au marché grâce à une suppression des droits de douanes qui permettent l'entrée de certains produits sur le marché intérieur entrant ainsi en concurrence avec les produits nationaux et régionaux, et d'autre part par l'absence de restitutions qui ne permettent plus aux produits européens d'être compétitifs sur le marché mondial et le prix européen s'aligne sur le prix mondial. Enfin, il n'y a plus de soutiens internes par les prix d'intervention. Cette nouvelle donne économique déstabilise certains produits par l'entrée d'importations du reste du monde. Cet accord multilatéral a un impact négatif sur le secteur agricole et agroalimentaire qui se caractérise par la contraction des exportations (céréales, sucre) et d'une augmentation des importations (viande bovine). Cet effet négatif sur le secteur agricole local (effets de marché sur les volumes offerts et les prix perçus) affectent particulièrement les filières fortement subventionnées à l'exportation telles que le **sucre, la viande et le lait**⁷⁹ (microscénario 2.2.).

⁷⁶ Dans le monde, depuis les années 1960, la consommation d'huiles végétales par habitant progresse. En 2002, la ration moyenne des Français comportait 18kg d'huiles végétales. Aux USA, la consommation d'huiles végétales est 20 à 30% plus fortes. En France, cette portion pourrait monter à 20kg en 2020, si on suit la projection brute observée depuis 1992 (source : Les enjeux pour le colza en Normandie, Groupe Prospective, Chambre Régionale d'Agriculture de Normandie)

⁷⁷ Dans les foyers modestes, les huiles végétales d'entrée de gamme constituent une source d'approvisionnement en matières grasses moins onéreuses que les matières grasses animales (beurre ou crème). Les foyers plus aisés n'achètent pas plus d'huile végétale mais en consomment davantage de manière masquée, en tant qu'ingrédient dans le spalts cuisinés. De plus, il y a une montée en gamme vers des huiles plus élaborées avec un caractère nutritionnel (oméga 3) ou avec des spécificités gustatives. (Source : Les enjeux pour le colza en Normandie, Groupe Prospective, Chambre Régionale d'Agriculture de Normandie)

⁷⁸ Source : Bilan de santé de la PAC, Opportunités et risques du découplage en Normandie, juin 2008, Chambre d'Agriculture de l'Eure

⁷⁹ Guyomard et al., 2007

La fin de la rente sucrière

Le désengagement de la gestion des marchés de l'Union Européenne et la réforme de l'OCM sucre en 2006⁸⁰ et la libéralisation du commerce mondial (accord à l'Organisation Mondiale du Commerce)⁸¹ affaiblit l'industrie sucrière locale. Le plan de restructuration engagé avec la réforme de l'OCM Sucre ne suffit pas à désengorger le marché et la restructuration du secteur sucrier se poursuit ; les betteraviers français sont contraints de diminuer leur production. Cette poursuite de la réforme de l'OCM sucre (mi 2006) conduit à une libéralisation partielle du marché de la betterave industrielle, s'ensuit une baisse du niveau garanti des prix et une montée en puissance de la concurrence des pays d'Europe centrale et orientale. La part de la production transformée est dépendante de la stratégie des filières aval, et de l'élargissement de l'UE. La concurrence des pays d'Europe centrale et orientale constitue un risque majeur de délocalisation à la fois des outils de transformation et des bassins de production de la filière qui leur sont associés. Cette libéralisation a pour conséquence une délocalisation de certains bassins de production (betteraves sucrières) qui se développent ailleurs en Europe ou en dehors. Au-delà de la concurrence des pays de l'UE, la betterave n'étant plus protégée par des dispositions européennes, est fortement concurrencée sur le produit sucre par la canne à sucre, beaucoup plus compétitive. Cet affaiblissement de la filière sucrière locale est d'autant plus fort que dans un contexte de remise en cause des biocarburants de première génération, les débouchés biocarburants (production d'éthanol) ne représentent plus une opportunité. Le débouché éthanol des industries sucrières n'a plus lieu d'être, on assiste donc à une diminution de la production pour les industries sucrières possédant un débouché éthanol (Etrepagny, Abbeville). En conséquence, la production de betterave sucrière locale disparaît du paysage local, entraînant une diminution de la sole betteravière en Seine-Maritime et donc une moindre diversité des cultures dans les assolements et des rotations plus courtes. La disparition des assolements de la betterave conforte l'augmentation de la population rurale car une forte densité de population sur l'ensemble du territoire pouvait être gênée par une activité saisonnière et intensive telle que la production sucrière (microscénario 2.2.).

Un secteur textile en crise : une demande pour le lin textile en baisse

Dans un contexte de crise économique (prix du pétrole en baisse), un produit de luxe tel que le lin est en difficulté. L'ouverture des frontières économiques entraîne également une concurrence accrue avec d'autres pays producteurs tels que la Belgique, l'Egypte, la Chine, le Canada ou le Brésil. Cette évolution se répercute sur la sole de lin textile qui retrouve des surfaces plus « raisonnables »⁸². Cette tendance se renforce avec la disparition des soutiens de l'UE pour ce secteur (suppression de l'aide à la production de fibre, et de l'aide à la transformation) ; le découplage d'aides versées directement à la transformation et soumises à contingents, au travers d'une revalorisation des DPU concerne le lin, la luzerne et les pommes de terre féculées en Normandie. Le découplage des aides versées à la production engendre un recul du prix payé au producteur. De ce fait, le rapport entre les marges est modifié et une perte de rentabilité de la culture vis-à-vis du blé en résulte et suscite un désintérêt pour cette

⁸⁰ baisse des prix d'intervention, aide compensatrice découplée, retrait annuel des quotas, aide à la restructuration (source : Chambre d'Agriculture de la Seine-Maritime)

⁸¹ Fin de l'exportation (des suites de la perte du panel sucre et de la fin des restitutions à l'exportation), augmentation des importations (baisse des droits de douanes : à 0 d'ici 2009), baisse des soutiens internes (source : Chambre d'Agriculture de la Seine-Maritime)

⁸² Suivant l'augmentation de la demande mondiale en fibres naturelles, la culture du lin s'est développée au cours des 10 dernières années pour atteindre un palier à 24000ha (soit une hausse de 75% des surfaces en 10 ans) source : Chambre d'Agriculture de la Seine-Maritime

production⁸³. Dans ce contexte, l'aval de la filière (teillages) qui constituent le premier maillon industriel de la filière linière se regroupe et leur nombre diminue (baisse des coûts de production), entraînant une baisse du nombre de producteurs de lin. De plus, l'interprofession exprime sa volonté de réduire les emblavements pour ne pas déséquilibrer le marché et préserver la qualité des fibres, qui s'explique par la situation d'un marché « en souffrance »⁸⁴ (crise économique) (microscénario 2.2.).

Moins de contractualisation pour les pommes de terre

La pomme de terre est une des seules productions totalement libéralisées ; une libéralisation accrue des échanges n'a pas de conséquences sur le marché libre (export ou vente directe). La majorité des pommes de terre est commercialisée à l'état brut, via les grandes surfaces ou les marchés locaux. Ce débouché tend à se développer avec l'augmentation de la population en milieu rural demandeuse de produits de proximité et dans un contexte où le pouvoir d'achat des consommateurs est en berne. Le développement de cette culture est permis par la location annuelle de parcelles, pour une grande partie par des producteurs âgés qui se développent fortement. L'extension du bassin de production de la pomme de terre ne permet pas aux techniques culturales simplifiées de se développer car c'est une culture nécessitant un travail du sol important. Ce développement est conforté par un faible coût de l'énergie car la pomme de terre est une culture coûteuse en énergie (intrants, fioul). En revanche, une partie de la production en pomme de terre régie par des contrats (annuels) avec l'industriel Lunor (Luneray) subissent une baisse des surfaces contractualisées du fait de la baisse du pouvoir d'achat des consommateurs dans ce contexte économique tendu (moins d'achat de produits de 4^{ème} gamme produit par l'industriel) (microscénario 2.2.).

Une diversité de cultures qui s'amointrie

Au niveau des exploitations agricoles, la résultante de cet affaiblissement de la production de biocarburants et d'une concurrence accrue est une baisse de la diversité des cultures ; la betterave disparaît des assolements, le lin est beaucoup moins présent (sur les secteurs les plus éloignés des teilleurs) de même que la Pomme de Terre (surfaces contractualisées avec l'industrie Lunor). Le pois continue son déclin au profit du colza (alimentaire). Avec un prix du fioul accessible, les agriculteurs ne sont pas à la recherche de gains d'énergie (azote, engrais, fioul) et les protéagineux ne sont pas favorisés pour cette raison. Au niveau des pratiques, les agriculteurs cherchent de plus en plus à optimiser leurs assolements en fonction du résultat économique et établissent leurs assolements en privilégiant une vision annuelle des cultures en fonction des opportunités offertes par le marché, l'aspect environnemental et notamment économies d'énergie n'est plus une priorité. L'aspect économique et rentabilité est le principal objectif des exploitants, peu d'économies sont faites sur les intrants, le fioul et les rotations (diminution de la diversité des cultures, absence du pois) beaucoup moins gérées sur le long terme. Au niveau des techniques culturales, un prix du fioul abordable n'incite pas les agriculteurs à envisager une généralisation des TCS, ils n'hésitent pas à effectuer plusieurs passages (déchaumages) sur les parcelles si cela est nécessaire (microscénario 2.2.).

⁸³ Source : Bilan de santé de la PAC, Opportunités et risques du découplage en Normandie, juin 2008, Chambre d'Agriculture de l'Eure

⁸⁴ Le développement de la filière a sollicité un tel engouement que l'augmentation de production s'est en partie faite au détriment de la qualité. Et, alors que le principal client (chine) prenait plus de poids sur le marché, des difficultés de commercialisation ont engendré une hausse des stocks, et une baisse des prix (Chambre d'Agriculture de la Seine-Maritime)

Délocalisation de la production laitière

Un fléchissement des achats des consommateurs des produits laitiers (lait, beurre, crème, fromages et produits frais) conjugué à un prix du lait plus élevé que dans les autres régions pousse certains industriels laitiers à se détourner de la Seine-Maritime et à délocaliser leurs outils de transformation vers des bassins de production où le lait et les coûts de production sont plus faibles et/ou avec de moindres contraintes environnementales (en France ou dans l'Union Européenne (Pologne, Hongrie, République Tchèque Europe de l'Est)). Le départ de certains outils de transformation du lait expose les éleveurs au risque d'abandon de collecte et entraîne une diminution de la transformation du lait produit localement ce qui menace la filière locale dans sa globalité. L'industrie laitière locale est un secteur qui se fragilise et certaines laiteries sont contraintes de stopper leur collecte, en laissant les éleveurs laitiers sans autre alternative. Les systèmes spécialisés lait sont en grande difficulté et on assiste à des conversions d'exploitations bovin lait en bovin viande (systèmes naisseurs, systèmes naisseurs-engraisseurs de taurillons, naisseurs-engraisseurs de bœufs). Le cheptel départemental se spécialise (bœufs, VA, génisses, jeunes bovins) avec une progression du cheptel allaitant et une baisse conséquente du troupeau laitier ; la viande bovine produite localement est issue principalement d'atelier bovin viande. Le nombre d'exploitations laitières diminue et les exploitations se réorientent vers d'autres productions telles que la production de viande bovine (troupeau allaitant naisseur et/ou engraisseur selon la tenue des marchés). Dans la majorité des exploitations en polyculture-élevage, l'atelier allaitant prend le pas sur l'atelier lait qui disparaît faute de débouchés. Dans ce contexte cette orientation des systèmes est adoptée par un grand nombre d'exploitants, ce qui permet de maintenir la production locale de viande bovine essentiellement issue du cheptel allaitant. La fragilisation des élevages laitiers affaiblit les outils de transformation de viande bovine produite localement (abattoirs), cependant le potentiel d'abattage et de transformation local se maintient grâce à l'approvisionnement en viande bovine issue des élevages allaitants et la viande produite sur le territoire en système allaitant est transformée au sein d'ateliers d'abattage et de découpe locaux (microscénario 3.5.)

Scénario global B**Concilier la pérennité de l'activité agricole et les projets d'urbanisation**

L'agriculture en zone périurbaine se développe et la cohabitation avec les autres usages du territoire est facilitée et sa multifonctionnalité (économique, sociale, gestion de l'espace, maîtrise du paysage..) valorisée. Cela se réalise à travers le soutien de projets de diversification, le développement des filières locales de transformation et de commercialisation et des activités d'accueil et de loisirs en milieu rural : l'agriculture valorise sa proximité avec un grand pôle urbain ; pour créer des richesses et emplois mais aussi développer des systèmes de production moins consommateurs d'espaces des activités en relation directe avec les besoins des habitants (à ce titre elle doit être un acteur du projet touristique). Cette cohabitation se réalise également en accompagnant les agriculteurs pour la mise aux normes des bâtiments d'élevage, à la fois pour maintenir cette activité et pour mieux l'intégrer dans le tissu périurbain, car le traitement durable de la problématique du ruissellement passe notamment par le maintien de l'élevage et des prairies naturelles attenantes. De plus, les agriculteurs sont préparés à la qualification de leur exploitation (agriculture raisonnée, maîtrise des impacts environnementaux...) ; au regard des enjeux liés au maintien d'une agriculture performante, les agriculteurs sont ainsi préparés aux exigences futures des marchés. Les échanges entre agriculteurs et les habitants ruraux et urbains sont facilités, par le développement d'actions de communication et d'information, qui participera à une meilleure intégration des activités agricoles. Des actions sont menées pour répondre aux

besoins fonciers du développement urbain sans déstabiliser l'activité agricole : l'un des enjeux généraux du territoire est d'organiser une utilisation équilibrée de son espace permettant de répondre aux différentes attentes de ses habitants (politique de l'habitat, politique de développement économique...). Enfin, cette coexistence s'accomplit en soutenant les projets de restauration ou d'intégration paysagère du bâti et en encourageant le maintien des éléments du patrimoine paysager ; en tant que gestionnaire d'une partie non négligeable de l'espace, l'agriculture participe à la construction du paysage et de l'identité du pays et à son attractivité générale⁸⁵. Un dispositif de restructuration et de compensation financière gagne à accompagner la mise en œuvre des projets d'urbanisation, ceci en vue de préserver l'activité agricole. Il se justifie au regard d'une demande croissante, notamment des collectivités pour développer des activités et des équipements, et d'une raréfaction de l'offre. Il apparaît nécessaire pour le maintien d'un tissu agricole à proximité de l'agglomération, notamment les élevages et leurs prairies, dont on a pu mesurer les enjeux (gestion du ruissellement, gestion du cadre de vie). Les dispositions à mettre en place permettent d'observer finement la nature et l'importance des emprises et d'apporter une souplesse au marché foncier en créant une réserve foncière agricole. Seule une réserve foncière à proximité (dans le périmètre du pays) permet de répondre ensuite aux besoins de compensation. Compte tenu des disponibilités foncières actuelles, cela nécessite d'accompagner des mutations totales d'exploitation ou de se porter acquéreur au moment des cessations d'activité. Ce dispositif permet aussi aux collectivités d'avoir une maîtrise foncière sur les zones les plus sensibles au ruissellement. Des dispositions permettent aux collectivités de répondre aux enjeux des déplacements sur l'agglomération en intégrant les déplacements agricoles, en particulier dans le cas des élevages⁸⁶ (microscénario 1.2.).

Une campagne attractive

Dans les pôles urbains, les départs excèdent les arrivées et les communes du rural isolé connaissent une augmentation de leurs arrivées. Ainsi, le taux d'urbanisation augmente, et la déconcentration des centres-villes s'accroît avec une augmentation de population en zones périurbaines. Depuis 2000, dans un contexte général de croissance de la construction, liée notamment à la baisse de la taille des ménages, la pression périurbaine augmente et l'étalement de l'urbanisation s'exerce de plus en plus loin des centres d'agglomérations. En conséquence, les terres agricoles sont de plus en plus vulnérables à l'urbanisation et l'artificialisation de celles-ci s'accroît à un rythme de plus en plus soutenu (microscénario 1.2.).

Diminution de la surface agricole utile (SAU) totale

Chaque année, la surface consacrée à l'agriculture se réduit et les surfaces agricoles tendent à diminuer et les terres agricoles sont de plus en plus vulnérables à l'urbanisation et l'artificialisation des terres agricoles s'accroît à un rythme de plus en plus soutenu. Le département perd tous les ans plus de 1.400 ha de SAU (soit 0,3 %) (terres agricoles non bâties dont la destination quitte la production agricole pour des usages d'infrastructures publiques, la construction de résidences privées ou de zones d'activités). Cette artificialisation n'est pas sans conséquence sur le volume de production de l'agriculture. En effet, le potentiel agricole local diminue plus vite que la perte de surfaces car ce sont les meilleures terres qui sortent prioritairement du domaine agricole (notamment les terres de plaine, en zone périurbaine, à fort potentiel agronomique). Ces terres perdent leur fonction agricole de façon quasi irrémédiable, leur remise en culture est inenvisageable. Cependant, la population rurale augmentant, et par là même l'urbanisation des terres agricoles, une réglementation

⁸⁵ Projet de pays « Le Havre Pointe de Caux Estuaire », Charte de développement du pays

⁸⁶ Projet de pays « Le Havre Pointe de Caux Estuaire », Charte de développement du pays

environnementale plus stricte concernant la ressource en eau (pollution des eaux, lutte contre le ruissellement) et l'urbanisation est mise en place (encadrement de l'urbanisation) car l'urbanisation croissante des terres agricoles accentue la vulnérabilité du territoire agricole au ruissellement (microscénario 1.2.).

Une politique d'urbanisation encadrée

Les logiques d'urbanisation liées à l'arrivée de nouveaux habitants dans les campagnes avec des constructions transforment le paysage (zones de lotissement, autoroute) et conduisent à une demande de réorganisation de l'espace au profit des nouveaux habitants (chemins en bord de rivières, réutilisation de bâtiments agricoles...). Dans le but de limiter la perte de terres agricoles au profit des infrastructures routières ou commerciales et de l'habitat, Les chambres d'agriculture et les communautés d'agglomération mettent en place des « Charte des territoires ruraux et périurbains » pour intégrer le développement économique et urbain dans un projet de développement durable, en redonnant toute sa place à l'agriculture. La charte pose le cadre d'une relation équilibrée entre l'agriculture et le monde périurbain. Elle définit quatre thématiques autour desquelles vont se structurer des actions telles que Garantir des espaces agricoles pour pérenniser les exploitations, Contribuer à l'amélioration de l'environnement, Conforter le rôle économique de l'agriculture et favoriser la diversification de l'activité et Développer les relations et améliorer la connaissance mutuelle des milieux agricoles et urbains. L'urbanisation des terres agricoles prenant de plus en plus d'ampleur avec pour conséquences des effets néfastes sur la ressource en eau (pollution des eaux, coulées boueuses...), les réglementations concernant la protection de la ressource en eau deviennent de plus en plus exigeantes. Ainsi cette réglementation plus exigeante visera au maintien d'une activité agricole durable, car celle-ci conditionne l'entretien du patrimoine naturel, la protection des paysages et, dans une certaine mesure, la mise en œuvre de moyens de gestion efficaces pour juguler les phénomènes de ruissellement. Cette réglementation concerne d'une part le développement de l'urbanisation ; afin de préserver la qualité des paysages des espaces naturels majeurs, la construction sera préférentiellement localisée à l'intérieur de l'urbanisation existante ; à défaut, elle devra se faire par extension d'ampleur limitée en continuité de l'urbanisation existante. En dehors de ces cas, les seules constructions admises seront les bâtiments nécessaires soit aux activités agricoles, soit à la valorisation touristique des espaces correspondants, ainsi que les constructions incompatibles avec le voisinage des espaces urbanisés. Pourra également être autorisée la reconversion du patrimoine existant à des fins résidentielles, touristiques, artisanales ou de service, éventuellement accompagnée d'extensions d'ampleur limitée et bien insérées dans l'environnement. De plus, les structures paysagères caractéristiques de ces espaces doivent être préservées, dans le pays de Caux, il s'agit des haies d'arbres entourant les bâtiments d'habitation et d'exploitation agricoles, constituants des « clos-masures » (microscénario 1.2.).

Une réglementation environnementale plus stricte

La nouvelle réglementation concerne également, la protection des ressources aquatiques ; ainsi, de plus en plus de zones agricoles sont réglementées pour protéger la ressource en eau, et certaines activités agricoles sont très réglementées voire interdites, en particulier celles qui nuisent à la qualité des eaux (des zones sont remise en herbe ou maintenues en herbe avec des pratiques extensives (limite de fertilisation à 60uN, pas de traitement phyto, chargement limité à 1,4 UGB/ha) et accompagnement dans la conduite des cultures et des épandages d'effluents (RSH, analyses d'effluents et CIPAN plus fréquents). D'autre part, cette réglementation environnementale concerne les pratiques agricoles permettant de limiter le ruissellement, en adaptant les équipements (pneus basse pression,

houe rotative, bineuse, déchaumeuse à soc, semoirs d'interculture, effaceurs de roue, semoirs à maïs en bandes fraisées, crossskillettes en localisé, semoir de ray-grass sous couvert de maïs...) et les pratiques culturales associées... Deux orientations fortes sont affichées par rapport à cet enjeu majeur : le maintien des surfaces en herbe en particulier dans les zones les plus érosives (ruptures de pente, fonds de talweg, fortes pentes) et la modification des pratiques culturales ; cette modification des pratiques passe très largement par l'introduction de cultures permettant la couverture des sols en hiver. S'ajoutent à la modification des pratiques culturales, la mise en place de talus et fossés bien positionnés par rapport aux axes de ruissellement dont l'objet principal est d'écrêter les cures et de protéger ainsi les zones habitées par l'inondation de prairies ou même de cultures. Ainsi un grand nombre de pratiques agricoles deviennent obligatoires ; par exemple, certains produits phytosanitaires sont interdits (comme l'a été l'atrazine) et l'usage d'herbicides (sur le maïs par exemple) est restreint, le binage devient alors une solution alternative (l'achat de bineuses par les CUMA se développe). De la même manière, deviennent obligatoires la reconversion de terres arables en herbages extensifs ou en prairies temporaires (bandes enherbées tournantes), la couverture des sols à l'automne (piège à nitrates ou lutte contre l'érosion) avec des espèces telles que la moutarde, la navette, le radis fourrager, la phacélie, le seigle, l'avoine, le trèfle, le ray grass. Les surfaces résiduelles maximales en sol nu l'hiver est fixé pour être inférieure à 10% de la SAU. L'implantation de ray grass sous maïs est également obligatoire, ainsi que le semis de maïs en bande fraisée (semis de maïs dans de l'herbe déjà implantée), le maintien des repousses de colza pour piéger les nitrates (dans le cas d'une succession colza-céréales d'hiver), l'emplacement de la jachère PAC sera réglementé pour être placé de manière pertinente sur les fourrières aval des cultures à risques, les fonds de talwegs, les bordures de cours d'eau, points d'eau, bétoires, les périmètres de captage, les bordures de parcelles amont de route ou d'habitations, , modifier les techniques de lutte phytosanitaire pour une lutte raisonnée sur l'ensemble des terres de cultures de l'exploitation (fiches de visite de parcelles, contrôle des pulvérisateurs, inscription de chaque intervention...), adapter la fertilisation en fonction d'analyses de sols et gestion de la fertilisation azotée minérale sur toutes les cultures de l'exploitation, gestion de la fertilisation minérale et des effluents d'élevage sur toutes les prairies de l'exploitation, travail du sol raisonné (céréales...). Ainsi, il n'y a pas de grands bouleversements dans l'orientation des systèmes de culture, mais chaque système adapte ces pratiques pour parer au mieux les conséquences négatives (coulées boueuses notamment) de l'urbanisation croissante des terres agricoles, et en cas d'urbanisation nouvelle, d'aménagement foncier agricole ou d'infrastructures de transport, le projet de paysagement tire le meilleur parti des éléments à conserver et propose les compléments nécessaires à une bonne intégration paysagère. En conséquence, la population en milieu rural et l'activité agricole cohabitent sans difficultés majeures et les deux activités (agriculture et habitations rurales) cohabitent générant même des externalités positives telles que le tourisme vert et l'agritourisme ; en effet, par exemple, la mise en place d'une politique d'aide permettant la régénération des haies et des autres éléments paysagers caractéristiques permet de développer la mise en valeur touristique de ces territoires.(microscénario 1.2.)

Pour les microscénarios 2.2. et 3.5. se conférer au Scénario global A.

Scénario global C

Les outils de transformation laitière s'implantent localement

La proximité d'un important bassin de consommation (région parisienne), une densité d'éleveurs maillant tout le territoire du département, une densité de production raisonnable qui ne pose pas de problèmes de surfaces d'excédents structurels, la fin d'un programme

ambitieux de mise aux normes des bâtiments d'élevage qui a incité les éleveurs à se positionner vis-à-vis de leur avenir permet aux entreprises de transformation (Danone) d'investir et de se développer dans le département. Ainsi, les outils industriels locaux pour la transformation du lait choisissent de s'implanter durablement et accroissent leur développement ; des entreprises de transformation laitière investissent dans le département (Danone, Lactalis, Senoble...) permettant de maintenir et de développer les élevages laitiers. Ce maintien des outils industriels permet de pérenniser la filière laitière locale. La présence et le développement des industries de transformation laitières, qui bénéficient notamment de la consommation de l'agglomération parisienne, renforce et préserve la transformation du lait (microscénario 3.4.).

La logique d'intensification laitière domine

Pour répondre à une consommation européenne de fromages et de produits laitiers frais en hausse, la politique laitière s'assouplit pour permettre aux producteurs de lait de produire plus et ainsi répondre à une demande soutenue (cela se traduit par une augmentation progressive et successive des références laitières (augmentation de +2% pour 2008-9). Cette possibilité de produire davantage de lait, se traduit par des évolutions au niveau des exploitations laitières, avec notamment une intensification des systèmes de production. La logique d'intensification laitière est dominante, la part de maïs dans la SFP et la consommation de concentrés est plus importante. Etant donné la plus faible disponibilité de coproduits issus de la production de biocarburants et des prix stables des matières premières (alimentation animale), le recours aux coproduits locaux ou aux matières végétales locales est moindre. L'alimentation animale des ruminants (troupeaux laitiers) se base principalement sur les tourteaux de soja. De plus, l'origine des concentrés est très liée au type de rations distribuées ; les élevages qui utilisent beaucoup de maïs fourrage achètent les aliments concentrés du commerce et fabriquent secondairement leurs concentrés ; ils achètent soit des matières premières, soit directement des concentrés du commerce⁸⁷. Enfin, la suppression des droits de douanes permet aux importations (soja) d'entrer à des prix intéressants (microscénario 3.4.).

La production laitière se restructure : moins d'exploitations mais plus grandes

La suppression des quotas laitiers individuels permet l'accélération de la restructuration des exploitations agricoles et l'intensification de la production par animal. Le phénomène de restructuration des exploitations laitières s'accélère et le nombre d'éleveurs décline; le nombre d'exploitations subit le contre coup de prix bas⁸⁸ et certains producteurs abandonnent l'activité ou les installations se font moins nombreuses, moins de repreneurs. En effet, au manque de vocations s'ajoute une nécessité d'agrandir les troupeaux afin de devenir plus compétitif. Cette restructuration passe par une réduction du morcellement parcellaire des exploitations ; cela permet un gain de temps et d'argent en limitant les déplacements d'une parcelle à l'autre. Ce regroupement de terres va se faire de lui-même par le rachat des terres des exploitations en cessation d'activité. Le nombre d'exploitant diminue d'année en année et par conséquent la taille des exploitations augmente ce qui va de paire avec le « remembrement naturel ». La disparition des petites exploitations laitières, dont la rentabilité⁸⁹ est de plus en plus difficile à établir s'accélère. De grandes structures laitières se créent, caractérisées par

⁸⁷ Fonctionnement et performances techniques des grandes structures laitières, Institut de l'élevage, septembre 2006

⁸⁸ En cas de baisse de 10% du prix du lait payé au producteur, le nb d'exploitations laitières pérennes pourrait passer de 110 000 en 2004 à 75000 en 2010. Ce phénomène pourrait s'accroître si la baisse du prix du lait est encore plus marquée (Perrot *et al*, 2004).

⁸⁹ La baisse du prix du lait (qui n'est plus compensée intégralement par l'aide directe) réduit la rentabilité des exploitations laitières, et en priorité celle des plus petites.

un collectif de travail important (plusieurs personnes). Les pratiques associées à ces grandes structures correspondent à une recherche de simplification ou d'automatisation d'un certain nombre de tâches. Ceci en particulier sur le volet alimentation des vaches et des veaux (ration complète, automatisation de la distribution...), la traite (dépose automatique, barrière « poussante »...), l'hygiène du bâtiment (paillage, raclage...). Ces exploitations se caractérisent par un collectif de travail important : 5 personnes en moyenne. Il s'agit principalement d'associés, le complément étant assuré par des salariés. Ainsi, on assiste à un agrandissement des tailles d'exploitation, ce qui permet aux entreprises laitières de gagner en coût de collecte, la production se concentrant sur des sites de moins en moins nombreux (microscénario 3.4.).

Un système fourrager basé sur le maïs

Ces mêmes industries privilégient les exploitations les plus compétitives et capable de fournir du lait de manière régulière (tout au long de l'année). Par souci de sécurité, l'alimentation des troupeaux se base davantage sur des stocks de fourrages (ensilage de maïs). Une des conséquences de cette pratique va être un plus grand recours à la part de maïs dans la surface fourragère principale (SFP) et donc une augmentation des surfaces en maïs ensilage, entraînant une augmentation des surfaces en labour notamment au détriment des surfaces en herbe ou en jachère. La part de maïs dans la surface fourragère augmente et les prairies sont remplacées par du maïs et/ou des cultures de vente. La part de maïs dans l'assolement fourrager augmente et se substitue à l'ensilage d'herbe ou du foin, le maïs reste pour les éleveurs le pivot du système d'alimentation des vaches. Le maïs ensilage est une culture « facile », une voie de simplification pour beaucoup d'éleveurs, la trajectoire de production est bien définie, et les rendements moyens augmentent régulièrement témoignant des progrès de la sélection et de la maîtrise technique des éleveurs. Ce type d'adaptation a pour effet de renforcer la spécialisation des systèmes laitiers, et a des conséquences sur la production de viande bovine locale ; les ateliers complémentaires de viande bovine disparaissent. Pas contre, dans les exploitations bovin viande, l'engraissement n'est pas remise en cause (microscénario 3.4.). Pour les microscénarios 1.4. et 2.2. se conférer au scénario global A.

Scénario global D

Se conférer aux scénarios globaux B et C.

Annexe 6 Détermination du nombre de configurations à évaluer

Afin de tenir compte de la variabilité engendrée par les multiples possibilités d'allocation des cultures aux parcelles à l'échelle de l'exploitation et donc à l'échelle du bassin versant, 50 configurations de bassin versant ont été simulées à partir des sorties du modèle LandFACTS. Le ruissellement à l'exutoire du bassin versant de ces 50 configurations a été simulé et évalué à l'aide du modèle STREAM.

L'effet du nombre de configurations considérées pour le calcul du risque de ruissellement a été estimé par tirage successif avec remise de 5 à 100 valeurs de ruissellement simulé. La moyenne de ruissellement de chacun de ces tirages a ensuite été calculée.

Puis, la variance de la moyenne de chacun de ces tirages a été calculée et est représentée sur la Figure IV-18. Nous observons que lorsque la taille de l'échantillon (nombre de tirage) atteint 50 et plus, la variance de la moyenne est faible et ne diminue plus, cela même pour des tailles d'échantillons plus grands. C'est donc cette valeur qui a été retenue pour estimer le risque de ruissellement à l'échelle du bassin versant.

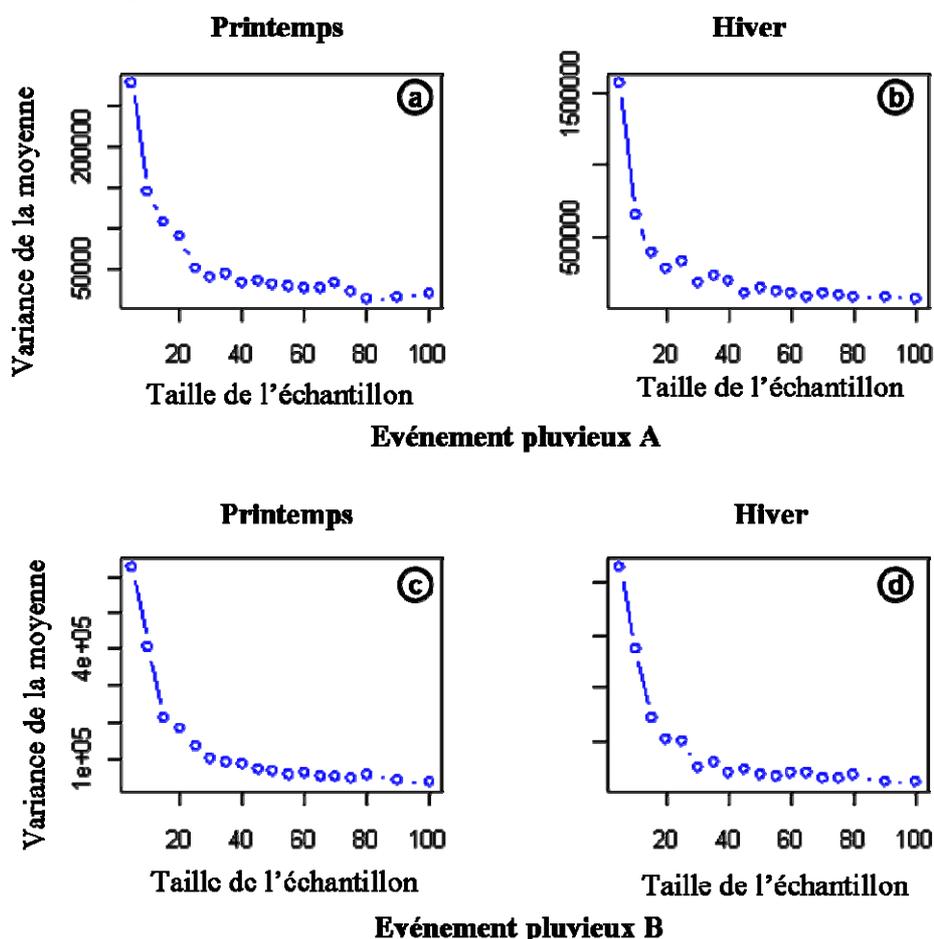


Figure IV-18: Valeurs de la variance de la valeur moyenne de ruissellement pour des échantillons de 5 à 100 configurations pour des tirages effectués parmi un pool de 50 simulations

- (a) pour un événement pluvieux intense au printemps, (b) pour un événement pluvieux intense en hiver,
 (c) pour un événement pluvieux modéré au printemps et (d) pour un événement pluvieux modéré en hiver

Pour la situation 2007 de référence, les valeurs de ruissellement estimées à partir des 50 configurations ont été comparées aux valeurs « minimum » et « maximum » de

ruissellement. Ces valeurs « minimum » et « maximum » de ruissellement correspondent au ruissellement produit par les configurations « minimum » et « maximum ». Ces configurations « minimum » et « maximum » ont été constituées respectivement en considérant pour chaque exploitation, l'allocation qui présentait soit la plus grande surface présentant une faible capacité d'infiltration (configuration « minimale »), soit la plus grande surface présentant une grande capacité d'infiltration (configuration « maximale »), à l'intérieur du bassin versant.

La Figure IV-19 représente les valeurs de ruissellement simulées par le modèle STREAM pour les 50 configurations avec en rouge et en bleu les valeurs de ruissellement des configurations « minimum » et « maximum ».

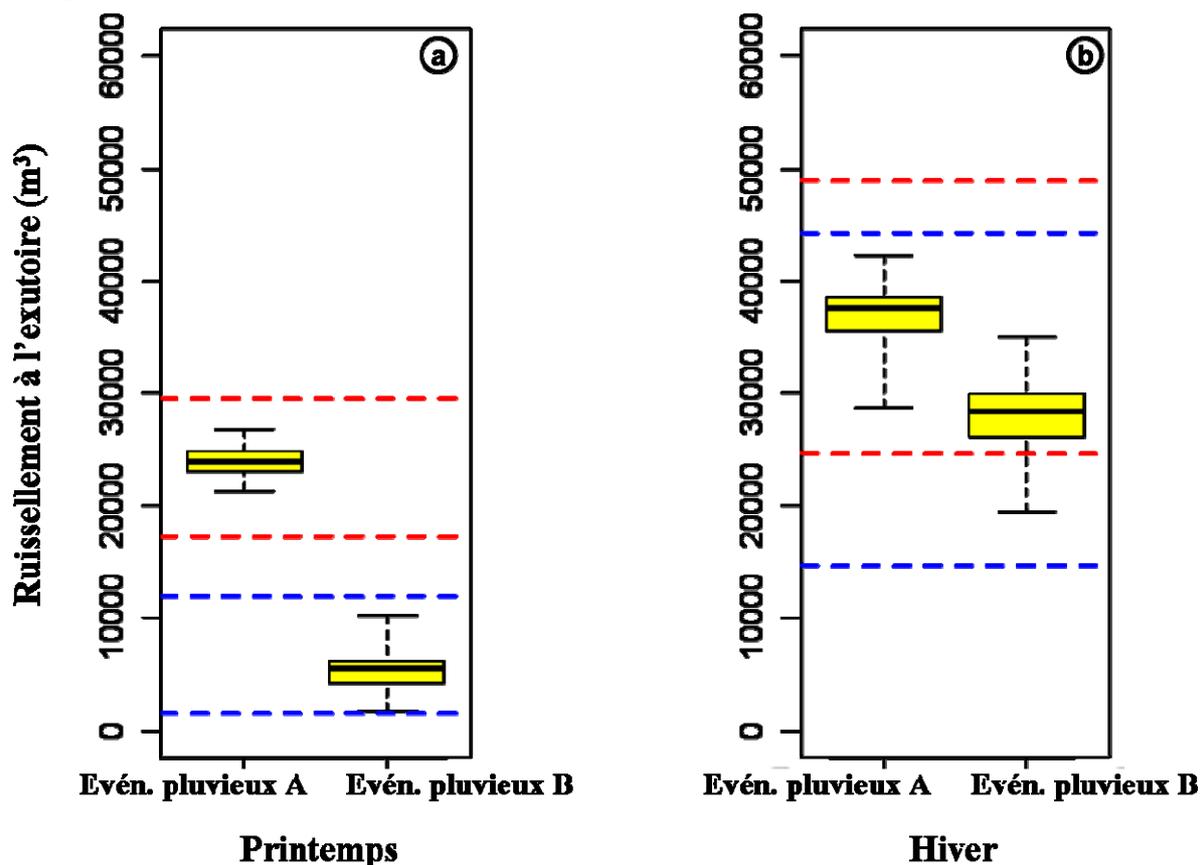


Figure IV-19: Ruissellement à l'exutoire du bassin versant pour la situation 2007 de référence pour deux événements pluvieux au printemps (a) et en hiver (b) ; les lignes bleues et rouges correspondent aux configurations « minimale » et « maximale »

Nous observons que les volumes de ruissellement produit par les 50 configurations simulées sont compris dans l'intervalle des volumes de ruissellement produit par les configurations « minimale » et « maximale ». Nous notons que parmi les 50 configurations évaluées la configuration « minimale » a été simulée pour l'événement pluvieux B au printemps, cette configuration « minimale » était donc comprise dans le pool des 50 configurations évaluées.

Annexe 7 Vision de l'avenir des agriculteurs

Ainsi, nous avons questionné les agriculteurs sur l'**urbanisation du territoire rural** et la **dynamique rurale (tourisme vert...)** (microscénario 1.2. et microscénario 1.4.):

En premier lieu, une **pression foncière non négligeable** (i.e. conflits avec la SAFER, construction d'un nouveau tronçon d'autoroute, de lotissements) est ressentie par plusieurs agriculteurs, entraînant une **conversion des terres agricoles (à bon potentiel) à des fins de constructions**. Cette pression foncière a des conséquences diverses pour certains exploitants telles que des remembrements parcellaires, voir des projets d'expatriation pour d'autres. Cependant, certains envisagent de tirer parti de cette urbanisation par la **présence en augmentation de néoruraux** (vente directe). Cette volonté se traduit par un **développement du tourisme vert**. Un nombre non négligeable d'exploitants ont exprimé le souhait de s'ouvrir vers l'extérieur et/ou de diversifier leur activité en se lançant dans le développement de gîtes ruraux, de chambres d'hôtes...

Ces réponses nous permettent de vérifier les caractéristiques du microscénario « Les surfaces agricoles diminuent », « Urbanisation du territoire rural ». Cependant, nous notons qu'un nombre non négligeable d'agriculteurs (13 agriculteurs) souhaite profiter de ce flux d'habitants à travers le développement de nouvelles activités de diversification sur leurs exploitations telles que l'ouverture de gîtes ruraux, de chambres d'hôtes, de salles de réception, le développement de l'accueil à la ferme du public ou d'activités pédagogiques ou encore de la vente directe à la ferme.

Concernant une stabilisation de l'urbanisation rurale, ce serait effectivement le cas selon certains avec l'**augmentation du prix de l'essence**, pour les autres ils ne se sentent pas concernés par l'urbanisation car **pas situés dans une zone à forte pression foncière** (exploitations isolées, ou en zones non constructibles). De plus, il existe plusieurs **freins au développement du tourisme vert** ; en premier lieu pour des **raisons de temps à consacrer** à ces nouvelles activités dont les agriculteurs ne disposent pas, des raisons économiques sont également soulevées (**investissement financier important**), enfin pour une partie des agriculteurs ils ne sont tout simplement **pas personnellement intéressés** par une telle démarche (pas la fibre commerciale, pas la patience...).

Nous pouvons ainsi comparer les hypothèses et le récit du microscénario 1.4. avec les réponses collectées auprès des agriculteurs. Nous notons que certains agriculteurs ne sont effectivement pas directement menacés par l'urbanisation de leurs terres agricoles (c'est le cas pour 4 agriculteurs). Ces agriculteurs ne sont pas concernés car leur exploitation est excentrée par rapport aux villages ruraux ou dans des zones rurales peu denses. De plus, nous notons qu'un nombre non négligeable d'agriculteurs (9 agriculteurs) ne s'imaginent pas développer sur leurs exploitations des activités liées au tourisme rural et cela pour diverses raisons (manque de temps, investissement sur le long-terme, manque main d'œuvre supplémentaire, pas sens de l'accueil).

Nous avons également questionné les agriculteurs sur la **suppression des jachères** et la **délocalisation du bassin de production betteravier** (microscénario 2.2.):

Si les jachères sont supprimées, pour une majorité d'agriculteurs (9 agriculteurs) ces **surfaces se maintiendraient en colza (industriel ou alimentaire)**, à condition que les cours restent rémunérateurs. Pour un plus petit nombre d'exploitants (1 agriculteur) ces surfaces seraient **cultivées pour d'autres cultures**. Dans l'hypothèse d'une délocalisation du bassin de production betteravier local, les surfaces en betteraves sucrières seraient remplacées par diverses cultures telles que des **légumes** (pomme de terre) (2 agriculteurs), **des céréales** (blé, escourgeon) ou des **oléagineux** (colza) (2 agriculteurs).

Nous pouvons ainsi comparer les hypothèses et le récit du microscénario 2.2. avec les réponses collectées auprès des agriculteurs. Nous notons que dans le cadre d'une éventuelle suppression des jachères, la majorité des agriculteurs (9 agriculteurs) conserveraient ces surfaces en colza (diester ou alimentaire) sous conditions que les prix (marchés) restent rémunérateurs. Tandis que seulement un seul agriculteur remplacerait ces surfaces par d'autres cultures que le colza. Ainsi, cette observation ne va pas dans le sens d'un déclin des cultures énergétiques (colza diester, betterave et blé éthanol) du microscénario 2.2. Cependant, les agriculteurs soulignent bien que ces surfaces resteraient en colza à condition que les prix restent rémunérateurs, ce qui laisse la possibilité à d'autres comportements si cela se réalise (et selon la combinaison des microscénarios entre eux, car l'hypothèse sur les cours des marchés est dans la famille 3). Concernant une hypothétique délocalisation du bassin de production betteravier, on note que la betterave sucrière serait remplacée par diverses cultures telles que des légumes (pomme de terre, carottes), du blé, de l'escourgeon, du colza et du lin.

Nous avons également questionné les exploitants sur **les cours des matières premières, la suppression des quotas laitiers** et sur **la délocalisation des industries laitières** (microscénario 3.4. et microscénario 3.5.) :

Sous l'hypothèse de cours mondiaux des matières premières agricoles en baisse, certains exploitants soulignent que des projets d'énergies renouvelables basés sur des productions végétales pourraient s'avérer intéressants (1 agriculteur), de plus il semble que les cultures sous contrat (assurance de revenu) soient plébiscitées (1 agriculteur). Enfin pour les éleveurs bovins, ce contexte redonne un intérêt aux ateliers d'engraissement (taurillons) (1 agriculteur). Si les aides de la PAC sont supprimées (et ainsi les quotas levés), il semble y avoir une large de gamme de réponses, de l'arrêt de la production laitière (2 agriculteurs), à l'extensification jusqu'à l'intensification et à la spécialisation de la production (6 agriculteurs), en passant par aucun changement (3 agriculteurs). Mais les éleveurs laitiers pour la plupart se **spécialiseraient dans la production laitière** pour augmenter leur production. Pour les éleveurs bovins, ils soulignent qu'ils devront se tenir beaucoup plus informé sur l'évolution des marchés pour adapter leur production et ils insistent sur le maintien d'un revenu qui passerait par une suppression d'une activité sur l'exploitation, ou un travail à l'extérieur de l'exploitation.

Nous pouvons ainsi comparer les hypothèses et le récit du microscénario 3.4. avec les réponses collectées auprès des agriculteurs. Nous notons que dans l'hypothèse d'une baisse des cours des matières premières agricoles, les projets d'énergies renouvelables seraient plus attractifs (chaudière à céréales, méthaniseur), le blé éthanol présenterait un regain d'intérêt, le colza aurait tendance à être remplacé par du pois et/ou de la féverole. Enfin pour les éleveurs bovins, les taurillons présenteraient un regain d'intérêt. Ces différents aspects ne permettent pas de vérifier les caractéristiques du microscénario 3.4. car les réponses des agriculteurs sous cette hypothèse porte principalement sur les cultures (blé éthanol, colza, pois, féverole). Un élément intéressant concernant l'élevage bovin porte sur la reprise de l'activité

d'engraissement (taurillons) dans ce contexte. Il est intéressant de noter qu'ici on a un élément de réponse supplémentaire concernant l'éventuelle suppression des jachères (microscénario 2.2.) qui confirment les réponses du microscénario 2.2. (suppression des jachères). Dans l'hypothèse où les cours des matières premières resteraient bas conjugués à une disparition des jachères, ces surfaces seraient alors moins implantées en colza et plutôt en blé, ce qui va dans le sens des caractéristiques du microscénario 2.2. Dans l'éventualité d'une suppression des outils de régulation (suppression des quotas laitiers), une majorité d'agriculteurs se spécialiseraient dans la production laitière et augmenteraient leur production de lait (6 agriculteurs).

Dans l'hypothèse d'une hausse des cours des matières premières agricoles, il semble que les agriculteurs soient plus réticents à louer leurs parcelles à d'autres exploitants (pomme de terre) (1 agriculteur), qu'ils trouvent moins d'intérêt aux cultures sous contrat (1 agriculteur) et que cela remette en cause la rentabilité de projets d'énergies renouvelables basés sur des productions végétales (1 agriculteur). Plus spécifiquement pour les éleveurs, les productions animales perdraient de leur intérêt (prix de l'aliment cher) (3 agriculteurs) d'autant plus si le prix de la viande reste inchangé ou diminue et ils se dirigeraient vers une stratégie d'incorporation de sous produits dans les rations animales. Si les outils industriels laitiers venaient à délocaliser leur production, les deux réponses principales seraient soit **d'arrêter la production laitière** (2 agriculteurs), **de faire collecter son lait par des entreprises plus lointaines** (5 agriculteurs) ou alors de **développer la transformation à la ferme** (1 agriculteur) et la vente directe pour commercialiser le lait produit.

Nous pouvons ainsi comparer les hypothèses et le récit du microscénario 3.5. avec les réponses collectées auprès des agriculteurs. Nous notons que dans l'hypothèse d'une hausse durable des prix des matières premières agricoles, certaines pratiques se révèlent moins attractives telles que les projets énergies renouvelables, la production de viande (prix aliments trop élevés par rapport prix viande), la location terres pour pomme de terre, le blé éthanol. Par contre d'autres pratiques deviennent plus intéressantes telles que l'utilisation de sous produits dans l'alimentation animale, la culture du colza. De la même manière que pour le microscénario précédent, ces réponses ne permettent pas de confirmer les caractéristiques du microscénario 3.5., les réponses portant en majeure partie sur les cultures. Cependant, concernant l'élevage, les productions animales perdraient de leur intérêt (prix de l'aliment cher) et certains se dirigeraient vers une stratégie d'incorporation de sous produits dans les rations animales. Dans l'hypothèse d'une délocalisation de l'industrie laitière locale, une partie des agriculteurs interrogés stopperaient leur production laitière, d'autres développeraient la vente directe.

Annexe 8 Proportions de chaque classe de capacité d'infiltration des différentes configurations

Les configurations présentant les mêmes proportions de capacité d'infiltration sont indiquées en jaune.

Tableau IV-10: Proportions des différentes classes de capacité d'infiltration selon la configuration spatiale en Décembre

Hiver		2007 (a)	2007 (b)	2007 (c)	2007 (d)	2007 (e)	2007 (f)	2007 (g)	2007 (h)	2007 (i)	2007 (j)
	2 mm/h	0.39	0.34	0.40	0.40	0.39	0.36	0.47	0.47	0.40	0.39
	5 mm/h	0.25	0.19	0.20	0.25	0.23	0.24	0.21	0.20	0.22	0.26
	10 mm/h	0.14	0.24	0.18	0.13	0.16	0.18	0.10	0.11	0.16	0.12
	20 mm/h	0.20	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
	50 mm/h	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
ruiss. exutoire	Event A	33215	28645	37463	36116	37143	36981	42155	41306	38328	35976
	Event B	20529	19478	30280	27457	28419	26559	35003	31845	31665	24621

Hiver		2007 (k)	2007 (l)	2007 (m)	2007 (n)	2007 (o)	2007 (p)	2007 (q)	2007 (r)	2007 (s)	2007 (t)
	2 mm/h	0.42	0.40	0.39	0.43	0.44	0.43	0.42	0.50	0.39	0.37
	5 mm/h	0.25	0.23	0.30	0.23	0.22	0.25	0.20	0.18	0.28	0.23
	10 mm/h	0.11	0.16	0.09	0.12	0.12	0.10	0.16	0.10	0.10	0.18
	20 mm/h	0.21	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21	0.20	0.21	0.20
	50 mm/h	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
ruiss. exutoire	Event A	37798	35413	39346	40448	38210	40201	36383	39822	36582	34704
	Event B	27779	25416	28125	30557	29007	31423	28173	32485	26211	24745

Hiver		2007 (u)	2007 (v)	2007 (w)	2007 (x)	2007 (y)	2007 (z)	2007 (a')	2007 (b')	2007 (c')	2007 (d')
	2 mm/h	0.40	0.45	0.43	0.41	0.38	0.37	0.45	0.45	0.45	0.35
	5 mm/h	0.21	0.23	0.18	0.26	0.20	0.27	0.21	0.21	0.21	0.28
	10 mm/h	0.17	0.09	0.16	0.11	0.19	0.13	0.12	0.11	0.12	0.14
	20 mm/h	0.20	0.20	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21
	50 mm/h	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
ruiss. exutoire	Event A	38445	40510	37783	35539	38157	38227	38089	39228	38128	36002
	Event B	29834	32863	28604	23842	30648	29560	29063	32079	28566	26111

Hiver		2007 (e')	2007 (f')	2007 (g')	2007 (h')	2007 (i')	2007 (j')	2007 (k')	2007 (l')	2007 (m')	2007 (n')
	2 mm/h	0.34	0.46	0.45	0.42	0.44	0.41	0.45	0.40	0.39	0.44
	5 mm/h	0.28	0.17	0.16	0.24	0.22	0.18	0.22	0.20	0.22	0.20
	10 mm/h	0.17	0.14	0.16	0.11	0.11	0.18	0.10	0.18	0.16	0.13
	20 mm/h	0.20	0.21	0.21	0.21	0.20	0.21	0.21	0.20	0.21	0.20
	50 mm/h	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
ruiss. exutoire	Event A	34360	37971	39847	38096	38810	35409	38250	36899	36196	39080
	Event B	26071	28416	33832	28159	28935	27105	28854	29214	28209	29143

		B									
Hiver		2007 (o')	2007 (p')	2007 (q')	2007 (r')	2007 (s')	2007 (t')	2007 (u')	2007 (v')	2007 (w')	2007 (x')
	2 mm/h	0.39	0.33	0.40	0.38	0.35	0.40	0.42	0.47	0.40	0.35
	5 mm/h	0.24	0.21	0.19	0.26	0.26	0.25	0.22	0.18	0.22	0.29
	10 mm/h	0.14	0.23	0.19	0.13	0.15	0.13	0.14	0.12	0.15	0.12
	20 mm/h	0.21	0.21	0.20	0.21	0.21	0.20	0.20	0.21	0.21	0.21
	50 mm/h	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
ruiss. exutoire	Event A	33497	29522	35149	34004	37162	36981	38296	41169	35380	35316
	Event B	22560	20441	26315	25113	28446	26559	28487	33622	25495	24086

Tableau IV-11: Proportions des différentes classes de capacité d'infiltration selon la configuration spatiale en Mai

Printemps		2007 (a)	2007 (b)	2007 (c)	2007 (d)	2007 (e)	2007 (f)	2007 (g)	2007 (h)	2007 (i)	2007 (j)
	2 mm/h	0.08	0.13	0.10	0.05	0.09	0.09	0.06	0.06	0.08	0.05
	5 mm/h	0.59	0.55	0.60	0.62	0.61	0.55	0.67	0.65	0.60	0.64
	10 mm/h	0.11	0.08	0.08	0.12	0.08	0.14	0.05	0.07	0.10	0.09
	20 mm/h	0.22	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
ruiss. exutoire	Event A	24229	26756	25809	23419	25222	23795	24366	24848	24447	23626
	Event B	6542	9750	6049	5668	6145	5183	3067	4500	4385	4844

Printemps		2007 (k)	2007 (l)	2007 (m)	2007 (n)	2007 (o)	2007 (p)	2007 (q)	2007 (r)	2007 (s)	2007 (t)
	2 mm/h	0.02	0.09	0.02	0.08	0.07	0.04	0.07	0.04	0.05	0.10
	5 mm/h	0.66	0.61	0.67	0.60	0.63	0.65	0.59	0.67	0.66	0.59
	10 mm/h	0.09	0.09	0.09	0.10	0.09	0.10	0.11	0.07	0.06	0.09
	50 mm/h	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.23	0.22	0.23	0.22
ruiss. exutoire	Event A	21888	24024	22705	24468	24880	22024	23155	24698	24344	26428
	Event B	1578	5742	2499	5019	6595	2328	6824	5419	5817	9075

Printemps		2007 (u)	2007 (v)	2007 (w)	2007 (x)	2007 (y)	2007 (z)	2007 (a')	2007 (b')	2007 (c')	2007 (d')
	2 mm/h	0.09	0.03	0.10	0.07	0.12	0.06	0.05	0.04	0.07	0.08
	5 mm/h	0.60	0.64	0.57	0.61	0.56	0.65	0.63	0.69	0.62	0.59
	10 mm/h	0.10	0.11	0.11	0.10	0.09	0.07	0.09	0.04	0.07	0.09
	50 mm/h	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23
ruiss. exutoire	Event A	25658.7	21354.6	22364.9	22782.5	22624.3	23192.1	21646.3	24104.2	23677.5	23346.9
	Event B	5488.0	2069.5	5780.8	5865.2	4678.9	4330.9	3419.6	3748.1	5060.6	3280.6

Annexes

Printemps		2007 (e')	2007 (f')	2007 (g')	2007 (h')	2007 (i')	2007 (j')	2007 (k')	2007 (l')	2007 (m')	2007 (n')
2 mm/h		0.09	0.05	0.09	0.04	0.07	0.11	0.07	0.07	0.07	0.05
5 mm/h		0.61	0.65	0.61	0.63	0.59	0.57	0.61	0.60	0.61	0.63
10 mm/h		0.08	0.07	0.07	0.10	0.12	0.10	0.08	0.11	0.09	0.10
50 mm/h		0.22	0.23	0.23	0.23	0.22	0.23	0.23	0.22	0.23	0.22
ruiss. exutoire	Event A	25005	24519	24675	22006	23339	25294	23968	22901	25166	23957
	Event B	6604	5618	5606	2917	5909	7068	10261	3338	6180	5423

Printemps		2007 (o')	2007 (p')	2007 (q')	2007 (r')	2007 (s')	2007 (t')	2007 (u')	2007 (v')	2007 (w')	2007 (x')
2 mm/h		0.06	0.15	0.09	0.05	0.08	0.07	0.04	0.04	0.08	0.07
5 mm/h		0.62	0.53	0.60	0.63	0.57	0.62	0.68	0.67	0.59	0.59
10 mm/h		0.09	0.10	0.09	0.09	0.12	0.09	0.06	0.06	0.10	0.11
50 mm/h		0.23	0.23	0.22	0.23	0.23	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23
ruiss. exutoire	Event A	23806	26248	23651	23656	22831	24870	23932	23011	23287	22639
	Event B	5217	8908	5278	6515	4610	5417	4253	2397	4179	5324

Annexe 9 Exploitations du bassin versant de La Chapelle-sur-Dun

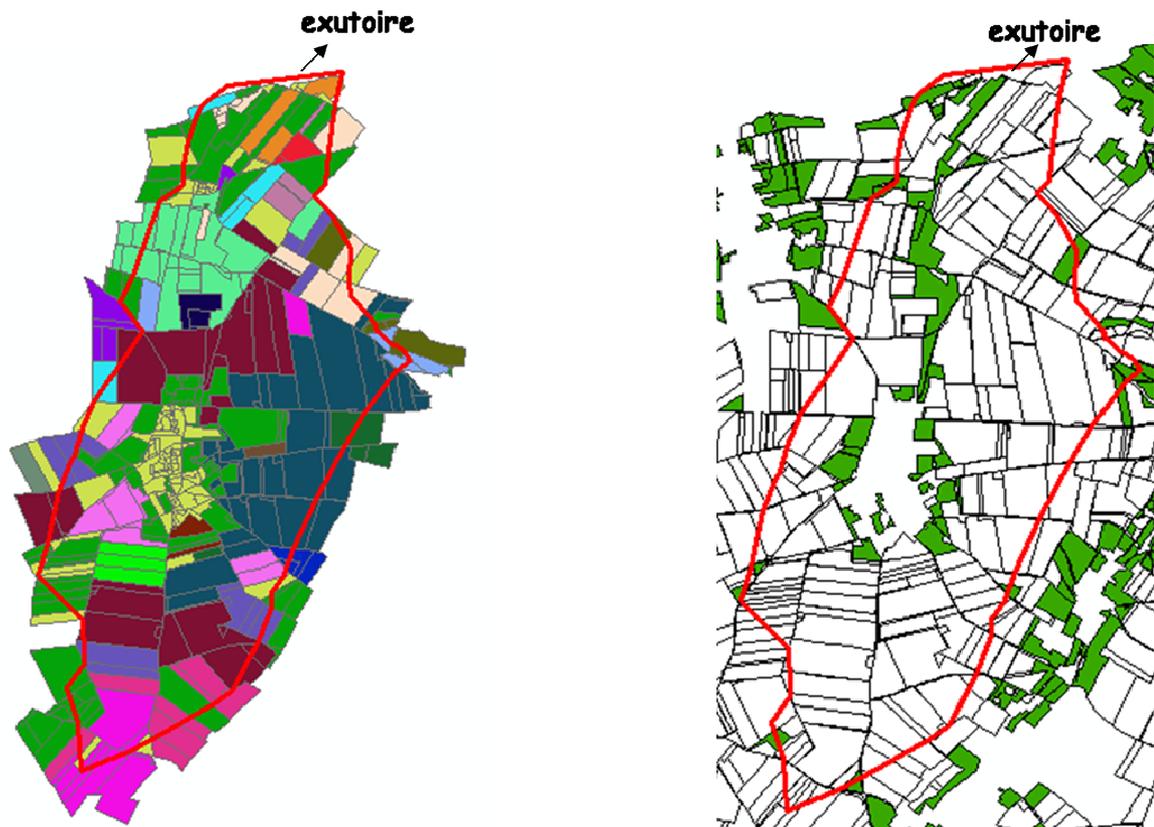


Figure IV-20: Parcellaire du bassin versant de La Chapelle-sur-Dun et localisation des surfaces en prairies

Les exploitations présentes sur le bassin versant sont individualisées par une couleur. Nous observons que les surfaces en prairies sont relativement faibles (Figure IV-20, à droite). Sur 27 exploitants (il y en a 45 qui occupent le bassin versant) seulement deux exploitants possèdent un troupeau laitier. Ces deux exploitants sont situés comme suit :

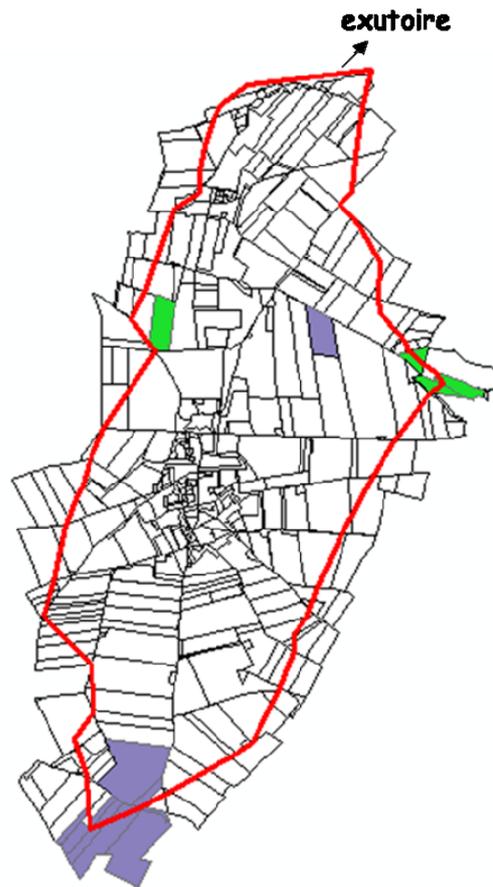


Figure IV-21: Localisation des deux exploitations laitières du bassin versant de La Chapelle-sur-Dun

Les autres exploitations sont en grandes cultures (cultures industrielles) ou en élevage allaitant. Ainsi, l'évaluation du scénario A et B sur ce bassin versant pourrait avoir de très faibles impacts étant donné la part relativement faible des prairies sur ce bassin versant et le faible nombre d'exploitations laitières. D'autant plus qu'apparemment les deux seules exploitations laitières existantes sur ce bassin apparemment ne possèdent pas de parcelles en prairies permanentes au sein du bassin.

Annexe 10 Principales mesures du Bilan de Santé de la PAC

Tout d'abord, en termes de **gestion des marchés laitiers et céréaliers** ; la sortie progressive des quotas laitiers jusqu'en 2015. La date officielle de fin des quotas est confirmée au 31 mars 2015. Augmentation des références laitières de 5 fois 1% de 2009 à 2013⁹⁰. De plus, l'obligation de jachère disparaît. Dès 2009, les DPU-jachère sont devenus des DPU normaux.

Ensuite, en termes de **découplage et de nouveaux soutiens**, les aides encore couplées devront être découplées⁹¹ et l'Article 68 permet, à partir de 2010, de prélever entre 0 et 10% sur les aides pour créer de nouvelles aides dites « spécifiques », encadrées par un règlement européen⁹².

En termes de **modulation et de développement rural**, la modulation passe de 5% à 10%.

De plus, dans le cadre du bilan de santé de la PAC, la **conditionnalité** a été modifiée principalement sur le domaine des BCAE. L'obligation de 3 % de couvert environnemental est remplacée par deux nouvelles règles : les bandes tampons (bandes enherbées ou boisées en bordure des cours d'eau) et le maintien des particularités topographiques⁹³. Par ailleurs, la France s'est engagée au maintien de ses surfaces en prairies. A partir de 2011, il faudra maintenir la surface globale de pâturages permanents (PN + PT > 5 ans) et déclarer au moins 50 % en prairie temporaire de moins de 5 ans (année de référence = la déclaration 2010).

Enfin, dans le cadre des mesures du 4^{ème} programme d'action de la Directive Nitrate⁹⁴ :

- la présence d'une bande enherbée pérenne, d'une largeur minimale de 5 mètres le long des cours d'eau.
- la couverture progressive des sols par une culture intermédiaire piège à nitrates (CIPAN) avant une culture semée au printemps devra, atteindre un taux de couverture égal à 100% en 2012.

A l'issue du 4^{ème} programme d'action au 31/12/2012, 100% des terres arables devront avoir été couvertes à l'automne :

⁹⁰ La Commission réexaminera la validité de ces hausses, au vu des marchés, fin 2010 et fin 2012.

⁹¹ Les aides encore couplées devront être découplées. Les aides COP et la prime à l'abattage (PAB) doivent être découplées obligatoirement. Les Etats-membres ont le choix de maintenir couplées les primes aux vaches allaitantes et aux brebis, s'ils avaient déjà fait ce choix en 2005-6 ou de les découpler partiellement ou totalement. Le gouvernement français a choisi de découpler totalement la prime à la brebis et 25% de la prime aux vaches allaitantes. Le découplage aura lieu en 2010. Il sera basé sur le « meilleure année » entre 2005 et 2008, déterminée à l'échelle de chaque exploitation.

⁹² L'Article 68 permet, à partir de 2010, de prélever entre 0 et 10% sur les aides pour créer de nouvelles aides dites « spécifiques », encadrées par un règlement européen. Ces aides sont couplées, c'est-à-dire conditionnées par la production de chaque année. Les nouveaux soutiens français sont financés par un prélèvement de 4,55% sur les DPU et la PMTVA, et la mobilisation de 90 millions d'euros de fonds inutilisés par la PAC en France. Ils représentent 473 millions d'aides spécifiques telles que l'aide à l'Assurance récolte climatique, l'aide de 1^{er} pilier à la reconversion en agriculture biologique, l'aide au maintien de l'agriculture biologique, l'aide au lait de montagne, l'aide aux protéagineux et nouvelles surfaces de légumineuses fourragères etc...

⁹³ Maintien des particularités topographiques (haies, mares...) : Tous les exploitants demandeurs d'aides disposant de surfaces sont concernés. Il faut planter ou maintenir, et entretenir des éléments du paysage jouxtant les parcelles, sur une « surface équivalente topographique » de 1% de la SAU 2010, 34% en 2011, et 5% en 2012. Les différentes particularités topographiques qui peuvent être retenues sont listées dans le tableau ci-après. A chacune de ces particularités est attribuée une valeur de « surface équivalente topographique » qui permet de s'assurer du respect de l'exigence de cette norme BCAE.

⁹⁴ Source : Arrêté Préfectorale (+ Annexes), Préfecture de la Seine-Maritime, DDEA, Juin 2009

Annexes

- soit par une culture d'hiver. Les cultures d'hiver sont les céréales d'hiver, le pois d'hiver, les féveroles d'hiver, le lin oléagineux, la jachère d'hiver et la prairie temporaire de moins de 5 ans implantée en hiver.
- soit par une culture intermédiaire pièges à nitrates.

Titre : Elaboration et évaluation environnementale de scénarios prospectifs d'occupations des sols à l'échelle locale : application au cas du ruissellement érosif dans le Pays de Caux, Haute-Normandie

Résumé

Depuis une trentaine d'années, les régions loessiques de Haute-Normandie connaissent une recrudescence des phénomènes érosifs qui occasionnent des dégâts sur le territoire agricole, mais également en aval de ce territoire où les dommages peuvent être considérables (coulées boueuses, problèmes de turbidité de l'eau potable, détérioration de la voirie). Cette recrudescence est en grande partie liée aux changements de l'occupation et de l'utilisation des sols, eux mêmes fortement dépendants de l'évolution du contexte politique et économique. Les changements d'occupation et d'utilisation des sols contribuent à une réorganisation des systèmes de culture qu'il s'agit non seulement d'identifier, mais également d'évaluer, afin d'en estimer les conséquences sur le ruissellement.

Le principal objectif de ce travail a été d'élaborer une démarche méthodologique générique permettant d'évaluer d'une part l'influence de l'évolution du contexte régional sur les changements d'occupation et d'utilisation des sols et d'autre part les conséquences de ces changements en termes de ruissellement à l'aide de modèles biophysiques. Cette démarche s'appuie sur la combinaison de scénarios prospectifs établis par la méthode SYSPHAMM avec un modèle décisionnel d'allocation des cultures aux parcelles (LandSFACTS) et de deux modèles biophysiques d'évaluation du ruissellement : l'un au niveau du bassin versant (STREAM) et l'autre au niveau des exploitations agricoles (DIAR). Appliquée au Pays de Caux (Seine-Maritime), notre démarche est illustrée à travers l'évaluation en termes de ruissellement de quatre scénarios, parmi ceux issus de la prospective, visant à évaluer l'impact potentiel du changement de contexte à moyen terme (2015) des modes d'usages des sols sur le ruissellement érosif.

D'un point de vue méthodologique, les résultats de ce travail mettent en avant l'importance de la spatialisation des scénarios prospectifs et de leur variabilité par rapport au risque de ruissellement érosif. En termes d'évolution des territoires, la disparition de l'élevage laitier par exemple entraînerait de lourdes conséquences en terme de volume de ruissellement produit à l'exutoire du bassin versant, mais potentiellement compensables par la mise en œuvre d'actions locales au sein des territoires agricoles.

L'analyse des impacts des scénarios sur le ruissellement a montré l'intérêt de ce type de démarche pour mettre en évidence des scénarios à risque en matière de ruissellement érosif et identifier des leviers d'actions pour une gestion durable du territoire. En outre, les scénarios constituent un outil de concertation pour faciliter le dialogue entre les acteurs locaux, en mettant à jour les interactions entre leurs champs de décision respectifs.

Mots clés : scénario, système de culture, ruissellement, modèle hydrologique (DIAR, STREAM), bassin versant, exploitation agricole

Abstract

For thirty years, the north-western European loess belt regions (Pays de Caux, France) experience a resurgence of water erosion causing damages to agricultural land, but also in the valleys downstream where damages can be considerable (muddy floods, turbidity of drinking water, roads deterioration). This increase is largely due to changes in land use and land cover, themselves being highly dependent on the changing political and economic context. Changes in land use and land cover contribute to a reorganization of cropping systems needing to be not only identified, but also assessed for their impacts on runoff.

The main objective of this study is to develop a generic methodological approach to assess on one hand the influence of the changing context on land use and land cover and on the other hand the consequences of these changes in terms of runoff using biophysical models. This approach is based on the combination of 2015 local land use change scenarios built by the method SYSPHAMM with a model of spatio-temporal allocation of crops to fields (LandSFACTS model) and two biophysical models for runoff assessment: one at the watershed level (STREAM) and the other at farm level (DIAR). Applied to the Pays de Caux (Seine-Maritime), our approach is illustrated through the evaluation in terms of runoff of four scenarios derived from prospective, to assess the potential impact of the change in medium-term context (2015) patterns of land use on runoff.

The methodology presented suggests that assessing local land use scenarios in terms of runoff requires taking into account crop allocation diversity allowed by farmers' decision rules. This requirement accounts for runoff variability at the watershed outlet since crop spatial distribution throughout the watershed, depending on farmers' specific decision rules (i.e. cropping systems), strongly conditions runoff phenomenon. Besides, choices regarding scenario implementation (quantification and spatialization) should to be made according to those cropping systems. In terms of development of territories, the demise of dairy farming for instance would entails major consequences in terms of runoff volume produced at the watershed outlet, but potentially mitigated by the implementation of local actions in agricultural lands.

The analysis of scenarios impacts on runoff showed the benefits of this type of approach to highlight the "scenarios at risk" on runoff and erosion and to identify levers for action for sustainable land management. In addition, the scenarios are a tool to facilitate consultation dialogue between local stakeholders, and encourage both local policy makers and local actors to actively discuss the future of land use in Upper Normandy.

Key words: scenario, cropping system, runoff, hydrological model (DIAR, STREAM), watershed, farm