HAL open science

Evaluation de l'application du modèle STREAM à l'échelle d'un bassin versant au cours d'une année culturale sur le bassin de l'Austreberthe

Olivier Cerdan, Christophe Mercier, Véronique Souchère, Alain A. Couturier, Denis Ruelland

To cite this version:

Olivier Cerdan, Christophe Mercier, Véronique Souchère, Alain A. Couturier, Denis Ruelland. Evaluation de l'application du modèle STREAM à l'échelle d'un bassin versant au cours d'une année culturale sur le bassin de l'Austreberthe. Rapport d'activité 2005, Hydrologie et agriculture. 2006. hal-02824262

HAL Id: hal-02824262

https://hal.inrae.fr/hal-02824262v1

Submitted on 6 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Evaluation de l'application du modèle STREAM à l'échelle d'un bassin versant au cours d'une année culturale sur le bassin de l'Austreberthe

Olivier Cerdan[1], Christophe Mercier[1], Véronique Souchère[2], Alain Couturier[3], Denis Ruelland[4].

[1] bBRGM, B.P. 6009, 3 avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans, France. o.cerdan@brgm.fr

[2] *UMR SAD APT, BP 1, Thiverval Grignon 78850, France*

[3] *INRA, Unité de Science du Sol, BP 20619, Olivet Cedex 45166, France*

[4] *CNRS, UMR 5569 Place Eugène Bataillon - CC MSE F-34095 Montpellier Cedex 5*

1. Contexte et objectifs 1
2. Présentation des données disponibles 2
2.1. Données MES 3
2.1.1 Caractéristiques / Description / Source 3
2.1.2 Traitement / Analyse 3
2.2. Données pluviométriques 3
Caractéristiques / Description / Source 3
2.2.1 Sur le bassin de l'Austreberthe 3
2.3. Données optiques 5
3. Analyse des données 6
3.1. Relations débit/MES 6
3.2. Lois d'évolution du sol 7
4. Résultats et perspectives 11

1. Contexte et objectifs

Cette étude à pour objectif de poursuivre et valoriser les résultats obtenus en 2004 :

Le couplage du modèle RIVERSTRAHLER avec une interface SIG au sein de l'Applicatif SENEQUE a permis d'en moduler la résolution spatiale au gré des besoins de l'utilisateur, et éventuellement jusqu'au niveau des bassins versants élémentaires des cours d'eau permanents d'ordre 1. Il reste que cette maille est encore trop étendue pour répondre à certaines questions qui se posent dans les sites ateliers relativement à l'impact sur la qualité de l'eau de la spatialisation fine de certaines activités agricoles ou de certaines mesures paysagères qui pourraient être envisagées pour lutter contre la pollution diffuse. De même à cette échelle spatiale, la résolution temporelle (décadaire) du modèle RIVERSTRAHLER est inadaptée.

Il a donc été envisagé de construire sur le même modèle un outil de modélisation plus fin que SENEQUE/RIVERSTRAHLER, spécialement dédié à l'étude du lien entre la répartition spatiale fine des activités agricoles et les apports diffus aux eaux de surface. La résolution temporelle a été étendue à l'échelle journalière, et un couplage a été assuré avec le modèle STREAM, développé à l'INRA d'Orléans, qui calcule les flux de ruissellement et d'érosion, à l'échelle des événements pluvieux, compte tenu du relief (sur base d'un MNT à maille 50 m), du couvert végétal, et de l'état de surface des sols.

Le passage d'une modélisation du ruissellement et de l'érosion pour des événements pluvieux à l'échelle de petits bassins versants amonts à une modélisation du fonctionnement érosif sur une

année culturale pour un bassin versant de 215 km² (figure 1) a été effectué de manière opérationnelle sur un cas réel.

L'objectif pour l'année 2005 sera de simuler une nouvelle année culturale pour laquelle on dispose de mesure de matière en suspension à l'exutoire du bassin afin de calibrer et valider l'approche.

Les principaux blocages et enjeux scientifiques soulevés par cette modification, à savoir, la disponibilité des données d'entrée qui permettent de caractériser l'hétérogénéité spatiale parcellaire et intra parcellaire à l'échelle de grand bassin versant ainsi que la détermination des dynamiques temporelles d'évolution des états de surface au sein d'une saison culturale sont de nouveaux abordés.

- Les données de matière en suspension ont été fournies par le PIREN Seine et mises en forme par le BRGM.
- L'occupation du sol a été a été déduite d'images d'archives (SPOT, LANDSAT…) – complétées par les données CORINE 2000. Le BRGM s'est chargé de l'acquisition des images qui ont été traitées par D. Ruelland (CNRS-UMR 6590 ESO).
- Les macros SIG ont été adaptées et reprogrammée pour fonctionner sous Arcgis 9.

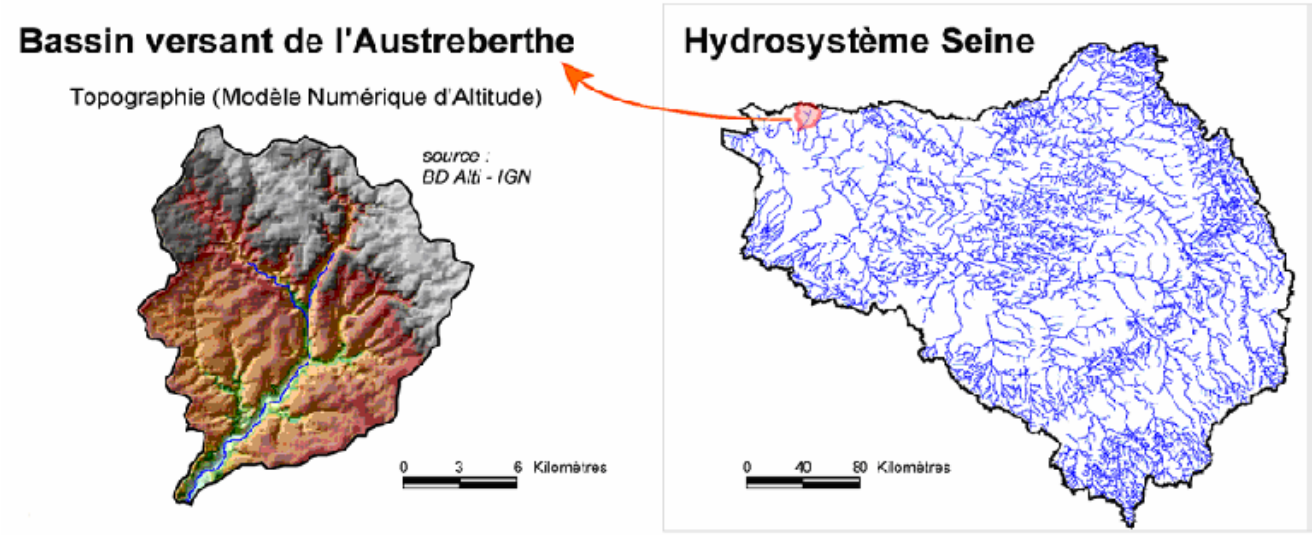


*Figure 1 : secteur d'étude (*Billen & Ruelland, 2005*)*

Ce site est intéressant car, d'une part, on a pu capitaliser un certain nombre de données au cours des deux années d'études et, d'autre part, le contexte érosif de ce bassin est similaire au contexte où les outils qui sont utilisés dans cette étude ont été élaborés.

Les données météorologiques (pluviométrie) concernant le bassin à proprement parlé sont rares mais de nombreuses données environnantes sont disponibles. Enfin, un jeu de données d'évaluation regroupant les matières en suspension et le débit à l'exutoire sont connus.

Sur le bassin, le réseau hydrographique utilisé dans le cadre de cette étude (extrait de la BD Carthage) a été décomposé en tronçons kilométriques. La zone contributive (BVE) de chaque tronçon a été calculée à partir d'un Modèle Numérique d'Altitude de l'IGN (BD Alti, résolution 50 m). La description de l'occupation du sol se réfère à un traitement d'images SPOT et Landsat, qui a permis d'identifier 7 classes : urbain, eau, forêts, cultures d'hiver, cultures de printemps précoces et cultures de printemps tardives. Cette description apporte une plus grande précision spatiale et typologique que la base Corine Land Cover usuellement mobilisée à l'échelle de la Seine.

2. Présentation des données disponibles

Pour déterminer les conditions initiales au début de la saison culturale, nous nous sommes basés sur plusieurs bases de données existantes :

- • Classification bidate spot complétée avec des données extraites de Corine Land Cover,
- • Une base de données INRA regroupant 1980 observations d'état de surface du sol
- acquises sur plusieurs sites du Pays de Caux entre 92 et 98.

Nous avons ensuite modélisé l'évolution des paramètres d'état de surface du sol à partir des références expérimentales acquises dans le cadre de campagne de terrain, d'expériences au laboratoire et d'enquêtes auprès des agriculteurs.

Les travaux envisagés dans le cadre de cette étude et s'inscrivant dans la continuité des travaux précédents consistent en une étude de sensibilité de l'apport de ce couplage entre STREAM et SENEQUE à l'aide de données de validation qui sont disponibles sur l'Austreberthe (MES).

2.1. Données MES

2.1.1 Caractéristiques / Description / Source

Ce sont des données fournies par Gilles BILLEN du PIREN SEINE. Elles se présentent sous forme d'un tableau Excel (nommé "2003_2-2_ChroniqDuclair_Lagnel_DB.xls") reprenant la date, la turbidité en NTU, la température en °C, le débit DIREN en m3/s, la hauteur en m et les Matières En Suspension en mg/L et ceci pour des données relevées toutes les 30 minutes.

Elles s'échelonnent du 14 décembre 2001 au 13 mai 2003 et définissent la période d'étude qui sera comprise entre ces dates.

2.1.2 Traitement / Analyse

Ces données sont confrontées aux données pluviométriques disponibles pour la même période afin de dégager des relations possibles entre pluviométrie, débit et MES à l'exutoire. Il est à noter qu'une lacune au niveau du fichier de données pour le mois de janvier 2002 nous a conduit à restreindre la période d'étude du **20 janvier 2002 au 13 mai 2003**.

2.2. Données pluviométriques

Caractéristiques / Description / Source

Sur un bassin versant comme celui de l'Austreberthe, les phénomènes d'érosion ont majoritairement lieu sur les parcelles agricoles au moment où les pluies sont les plus intenses et les sols peu couverts par la végétation.

La résolution spatiale et temporelle des données pluviométriques conditionne également la façon dont on peut estimer l'érosivité des événements d'une chronique de pluies. D'une part, le relief peut augmenter localement les hauteurs de précipitations, et d'autre part, la précision à laquelle on peut déterminer la durée et l'intensité d'une pluie augmente avec la fréquence des relevés pluviométriques.

Dans le cadre du projet, plusieurs jeux de données pluviométriques ont été acquis (figure 8) :

- les données horaires de la station de Bouville situé au cœur du bassin versant de l'Austreberthe.
- les données journalières SENEQUE pour l'ensemble du bassin versant.

Pour compléter ces données, des données des stations situées en dehors du bassin versant ont également été collectées :

- les données horaires de la station de Bourville située au Nord du bassin versant.
- les données journalières de la station de Jumièges (30 m d'altitude) située à l'aval du bassin,
- les données journalières de la station de Goupillières (150 m d'altitude) située à l'amont du bassin, juste de l'autre côté de la crête.

2.2.1 Sur le bassin de l'Austreberthe

> Données Bouville

Ce sont les seules données horaires (pluviomètre à auget) qui couvrent l'ensemble de la période d'études. Fournies par la DIREN de Haute Normandie[1]. Ce sont des données récoltées auprès du pluviographe automatisé de Bouville situé au cœur du bassin versant de l'Austreberthe (coordonnées (Lambert II Et) X=496314 Y=2508222 altitude approximative : 108 m). L'enregistrement commence le 17/12/2002 et se termine le 27/01/2004.

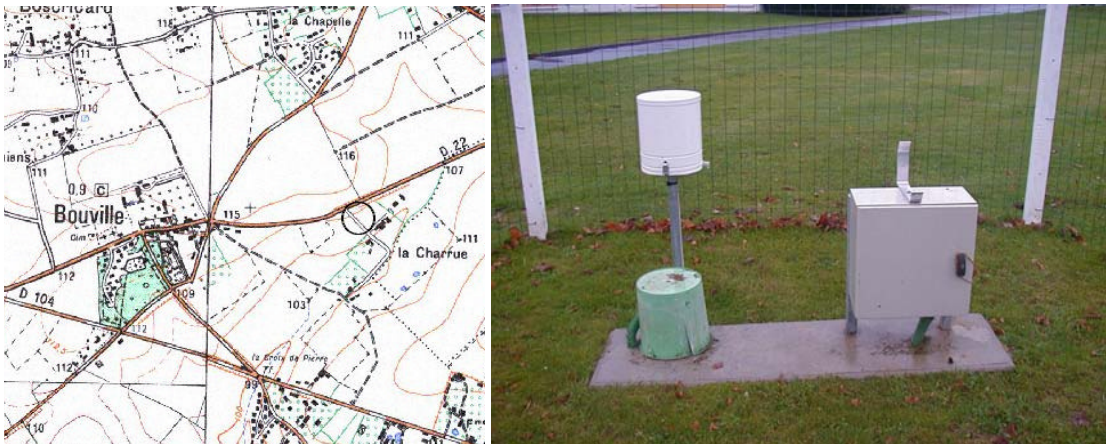


*Figure 2 : localisation et photographie du pluviographe de Bouville (*DIREN*)*

Le fichier correspondant est un fichier nommé "BVILpluvio0203.dat". La pluviométrie est enregistrée par pas de 0.2 mm pour chacun desquels une date de « basculement » est associée.

> Données SENEQUE

Fournies par Sylvain Théry du PIREN Seine. Ce sont des données pluviométriques extrapolées à chaque maille du bassin versant (celui ci étant discrétisé en 8 mailles de 64km² chacune) à partir de données Météo France journalières.

A chaque maille correspond donc une pluviométrie associée, répertorié dans un fichier nommé "m n° de maille.dbf". Pour le bassin de l'Austreberthe, chaque maille a des valeurs égales aux autres. Les données exploitées sont donc un de ces fichiers dans lequel chaque jour (du 14/12/2001 au 31/07/2002) est associé à une pluviométrie.

<u>Données complémentaires</u>

> Données Bourville

Fournies par Véronique Souchère, et l'AREAS[2]. Les données vont du 10/01/2002 au 11/01/2005 pour le second. Il s'agit de dates de basculement obtenus pour un pluviomètre à auget situé à Bourville. Chaque date correspond à une pluviométrie de 0.2 mm. Ces valeurs couvrent donc toute la période d'étude cependant, l'éloignement de ce pluviomètre le rend moins pertinent.

> Données Météo France

Ces données journalières concernant les stations de Jumièges et Goupillères concernant l'ensemble de la période d'étude ont été commandées par le BRGM à Météo France.

L'ensemble de ces données pluviométriques est présenté dans la figure 3.

---

1 Sophie Martinoni mail : sophie.martinoni@haute-normandie.environnement.gouv.fr tel : 02 32 81 35 92

2 Jean-Baptiste Richet / AREAS Association régionale pour l'Etude et l'Amélioration des Sols - 2, avenue Foch - 76460 Saint Valery en Caux / tél : +33 2 35 97 25 12 / fax : +33 2 35 97 25 73

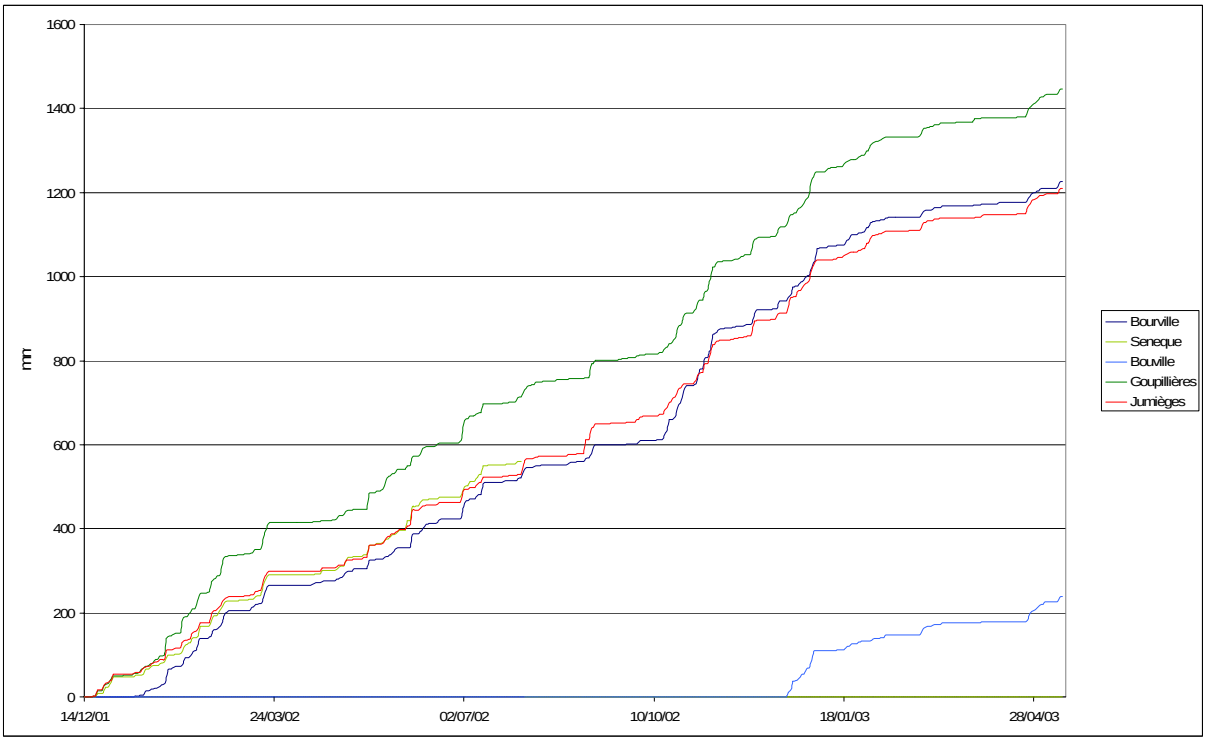


Figure 3 : cumul pluviométriques pour l'ensemble des sources

Nous avons également contacté le Syndicat Mixte de Bassin Versant qui s'occupe de l'Austreberthe et le syndicat intercommunal des rivières de l'Austreberthe et du Saffimbec, cela sans succès (données déjà en notre possession ou ne correspondant pas à notre fenêtre temporelle d'étude).

2.3. Données optiques

Les images satellites SPOT et LANDSAT ont été commandé par le BRGM. Denis Ruelland en a assuré le traitement, afin de pouvoir définir des classes d'occupations du sol similaires aux travaux précédents (Ruelland et al., 2004). Pour corroborer ces résultats d'analyse, des données de terrain ont également été collecté (Données PAC fournies par Véronique Souchère). Malheureusement ces données nous sont parvenues après traitement des images, par conséquent nous n'avons pu en tenir compte.

Le traitement des images a permis de définir les occupations des sols spatialisées pour les années 2002 et 2003. Ces données directement exploitables car fournies sous la forme de fichiers Grid d'Arc/Info (ocs2002_land et ocs2003_spot) recouvrent toutes les deux le rectangle d'inscription du bassin (proj. LII étendu).

La correspondance entre les occupations et les codes classes est la suivante :

- > 0 : NO DATAS
- > 1 : URBAIN
- > 2 : EAU
- > 3 : FORETS
- > 4 : ALLUVIONS (héritage de la classification 97 d'Anne Bourguignon)
- > 5 : PRAIRIES PERMANENTES
- > 6 : PRAIRIES TEMPORAIRES
- > 7 : CULTURES D'HIVER (blé, escourgeon, colza)
- > 8 : CULTURES DE PRINTEMPS PRECOCES (lin, pois)
- > 9 : CULTURES DE PRINTEMPS TARDIVES (maïs, betterave)

La typologie reprend les classes d'éléments considérés comme permaments retenus lors de la classification précédente pour l'année 1997 (source Corine Land Cover).

L'absence d'image image fin août rend la séparation entre les groupes de cultures et notamment 8 et 9 difficile.

Une distinction entre prairies permanentes et prairies temporaires a été effectué en comparant les prairies présentes sur la classification 1997 et celles de 2003.

3. Analyse des données

L'ensemble des données récoltées ont, quand cela était possible, été discrétisé avec les mêmes pas de temps (de 30 minutes comme les données MES ou de manière journalière) afin de pouvoir les comparer.

3.1. Relations débit/MES

Les données de débit et de MES ont été retravaillées pour avoir des données physiques exploitables. Le débit (m3/s) a été transformé en volume (m3) et les MES (mg/L) en érosion (kg).

Les données ayant certaines lacunes, au nous avons choisi de ne pas prendre en compte les données de décembre 02, janvier 02 et mai 03.

En comparant les volumes à l'exutoire à la perte en terre associée, pondérée par mois, sur l'ensemble de l'année, nous pouvons mettre en évidence un cycle annuel (figure 4 et 5) (qu'il faudrait confirmer avec des données sur une durée plus longue).

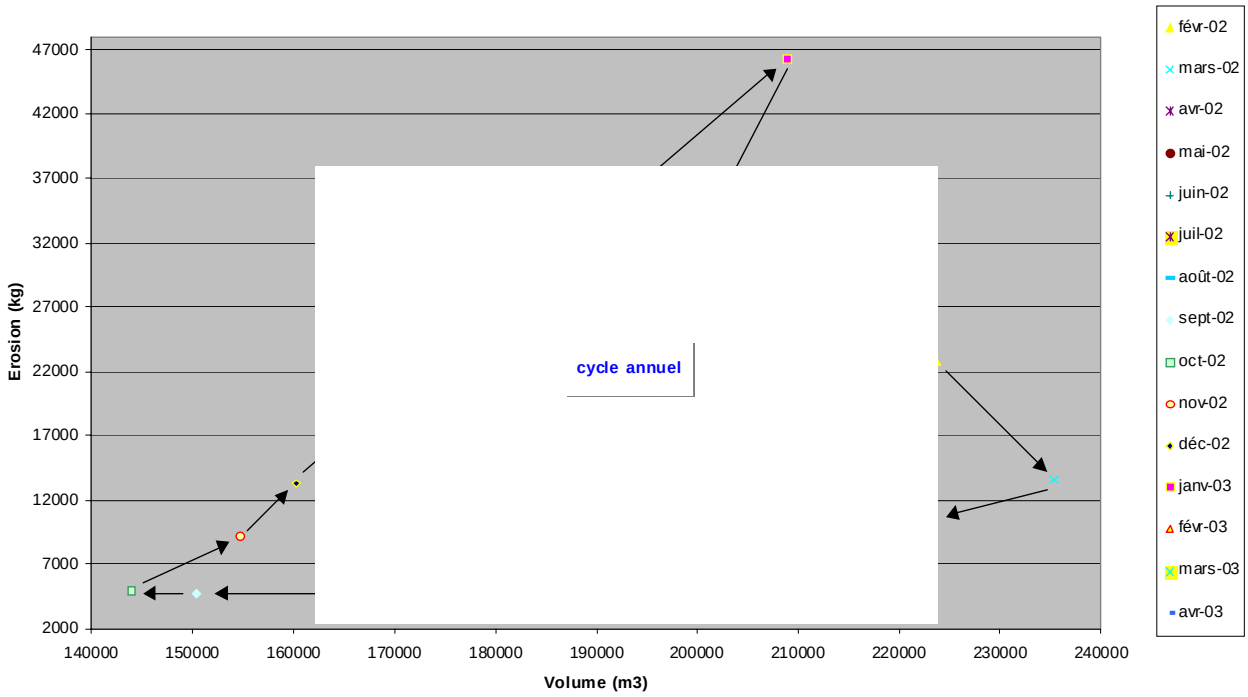


Figure 4 : volume VS érosion : cycle annuel

En considérant les données pluviométriques et en les confrontant à l'érosion, nous avons pu constater une forme de cycle annuel similaire avec, pour des pluies comparables, des pertes en terre plus importantes au printemps et en hiver comparé à l'été et l'automne.
Ces différences de réaction du bassin versant à l'érosion peuvent être associées à la différence de couverture végétale à ces différentes saisons. En effet, l'hiver est la saison la plus sensible car la végétation y est la moins présente.

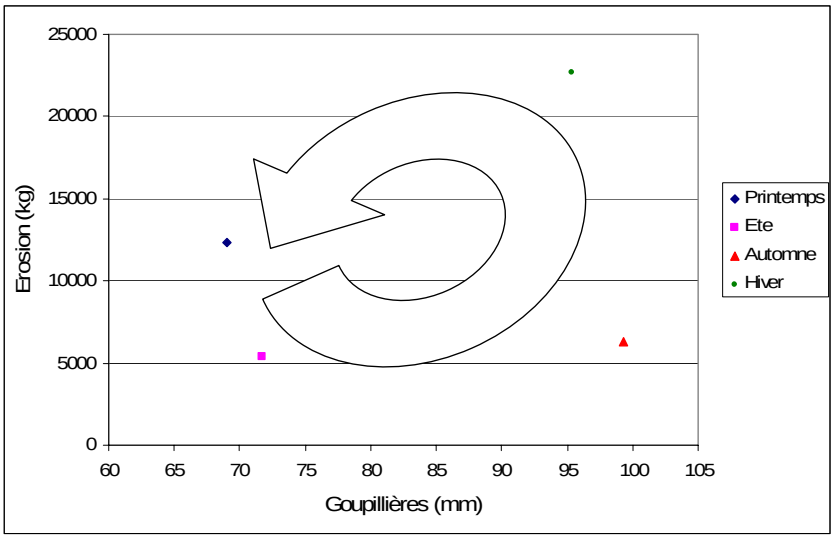


Figure 5 : érosion saisonnière comparée à la pluviométrie observée

3.2. Lois d'évolution du sol

Nous nous sommes servis de la base constituée par Luc Sorel afin de pouvoir prendre en compte l'évolution des sols au cours de l'année. Cette base regroupe 1980 observations et a pu être constituée à partir de différentes sources :

• Observations SADAPT Grignon : bassin de Blosseville et de Fongueusemarre sur les cycles culturaux 92/93, 93, 93/94.

• Observations Science du Sol, Orléans : bassin de Blosseville sur les cycles culturaux 95 et 97.

• Observations Science du Sol, Orléans : bassin de Bourville observé en 96/97, 97, 97/98, 98.

Elle permet, à partir d'un type de culture déterminé par l'analyse des données optiques, de fixer les différents paramètres que sont le faciès, la rugosité, la rugosité perpendiculaire au travail et la couverture végétale à tous moment du cycle cultural. Ces paramètres évoluent en effet avec la pluviométrie et le temps écoulé depuis le semis mais aussi les différents travaux agricoles (récolte, labours,…).

Ainsi pour le blé (qui représente les cultures d'hiver et assimilés) nous avons l'évolution suivante au cours d'une année culturale (figure 6) :

	mm	facies	rugot	rugopt		cv	jours	
labour		0	4	4		1		30-août
semis	*init*	*0*	*2*	*3*		*1*		8-oct
	28	1	2	3		2	144	
	38	1	2	2		3	189	
	47	1	1	2				
	115	12	1	2				
	163	12	1	1				
	225	2	1	1				
	245	2	0	0				
récolte		2	0	0		2		17-août

Figure 6 : différentes évolutions d'un sol sur lequel pousse du blé

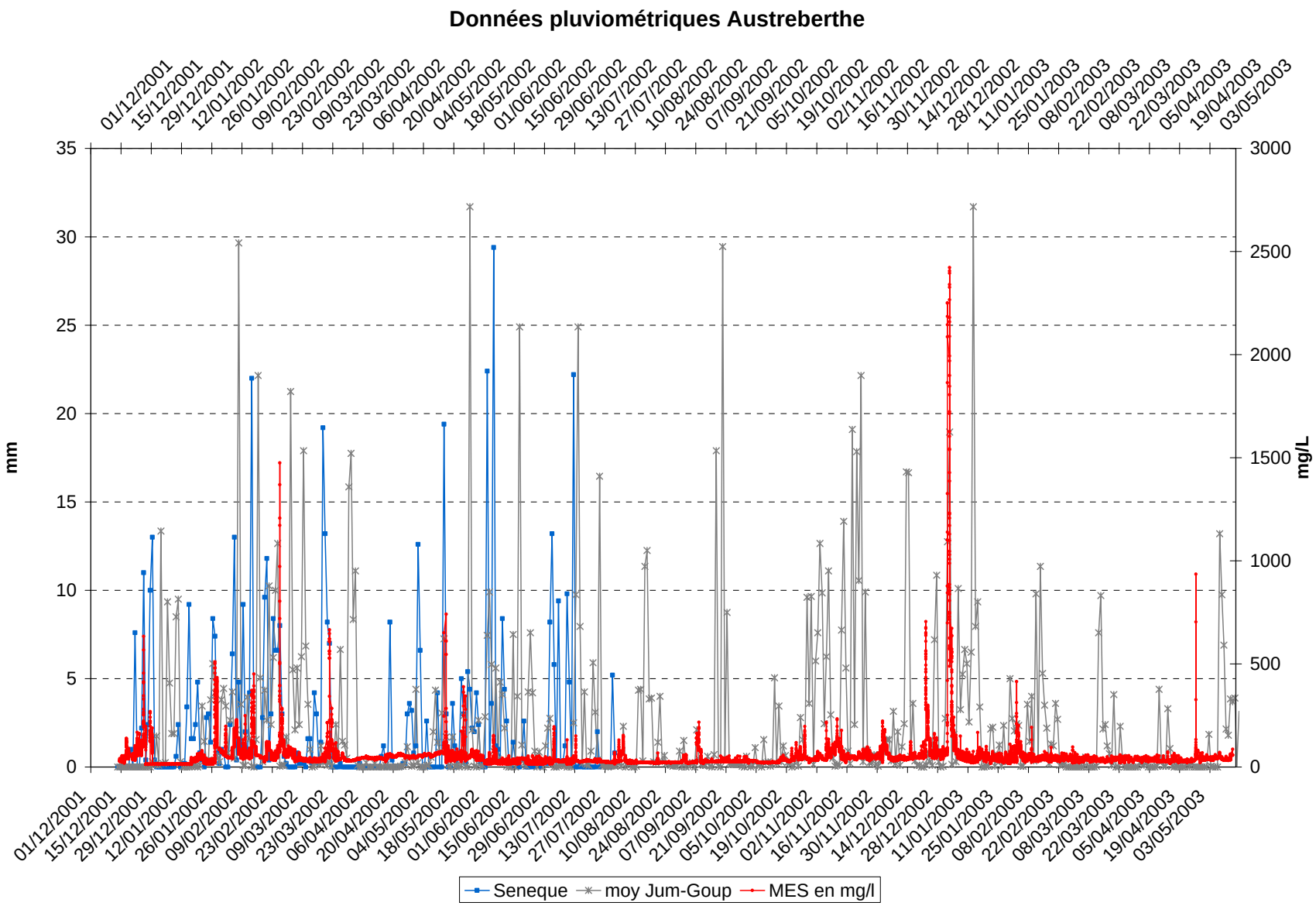
Cette évolution fixe les dates de basculement qui correspondent à un changement d'état de la surface du sol pour au moins un type de culture parmi celles de printemps précoces et tardives et celles d'hiver. Pour chacune de ces dates une simulation différente de STREAM est menée. Il est à noter que l'évolution de la couverture végétale est subordonnée uniquement à une certaine durée écoulée depuis le semis et les travaux agricoles. Les autres paramètres évoluent eux avec le cumul de pluie subie par la parcelle et bien évidemment encore une fois des travaux agricoles.

Une fois toutes les évolutions envisagées pour chaque type de cultures, nous pouvons définir l'ensemble des dates de basculement pour l'ensemble de la période d'étude (figure 7).

date de basculement	
20/01/02	03/08/02
30/01/02	26/08/02
28/02/02	16/10/02
14/03/02	21/10/02
18/03/02	25/10/02
13/04/02	11/11/02
28/04/02	04/12/02
13/05/02	02/01/03
21/05/02	02/02/03
28/05/02	01/03/03
10/06/02	25/04/03
02/07/02	27/04/03

Figure 7 : dates de basculement déterminées pour l'ensemble de la période d'étude

Pour chacune des dates de basculement, et à partir de l'occupation du sol déterminée par l'analyse des images satellite, on réalise un parcellaire qui regroupe également toutes les caractéristiques du sol. C'est ce parcellaire qui est utilisé pour les simulations dans STREAM.
De même, cet outil permet de prendre en compte pour chaque date de basculement, les paramètres liés à la pluviométrie (intensité maximale, indice des pluies antécédentes et durée efficace notamment) en interpolant les données de Jumièges et Goupillières pour la quantité de pluie (mm) et celles de Bourville (ou Bouville quand ces données sont disponibles) pour les paramètres cinétiques.


Données pluviométriques Austreberthe
mm
mg/L
35
30
25
20
15
10
5
0
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
01/12/2001
15/12/2001
29/12/2001
12/01/2002
26/01/2002
09/02/2002
23/02/2002
09/03/2002
23/03/2002
06/04/2002
20/04/2002
04/05/2002
18/05/2002
01/06/2002
15/06/2002
29/06/2002
13/07/2002
27/07/2002
10/08/2002
24/08/2002
07/09/2002
21/09/2002
05/10/2002
19/10/2002
02/11/2002
16/11/2002
30/11/2002
14/12/2002
28/12/2002
11/01/2003
25/01/2003
08/02/2003
22/02/2003
08/03/2003
22/03/2003
05/04/2003
19/04/2003
03/05/2003
Seneque
moy Jum-Goup
MES en mg/l

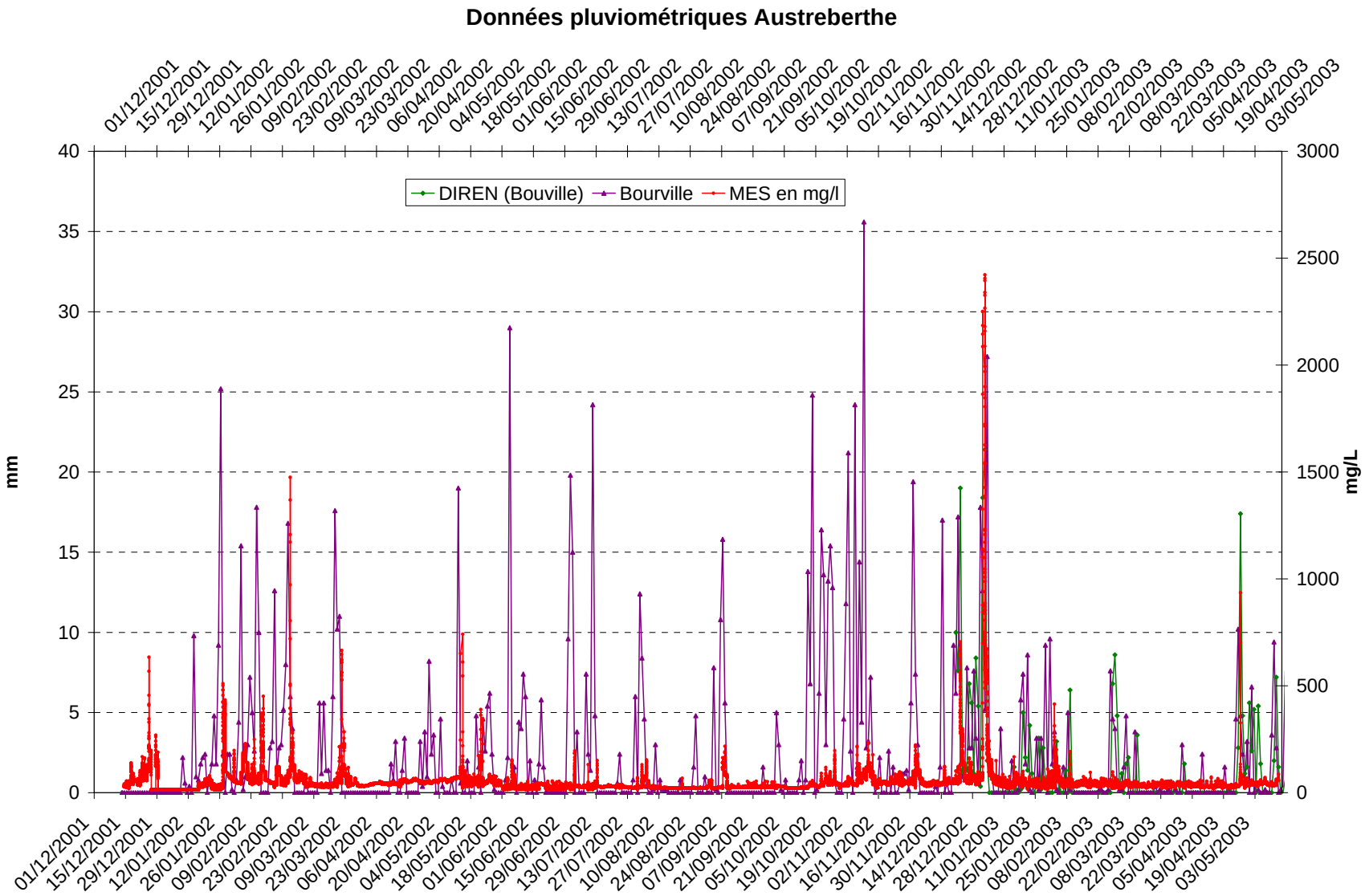


Figure 8 : données pluviométriques et MES du bassin versant de l'Austreberthe

4. Résultats et perspectives

Au cours de la période d'étude qui s'étale de décembre 2001 à mai 2003, une centaine d'événement pluvieux ont été identifiés et modélisés. Pour chaque tronçons kilométriques (figure 9), les valeurs de ruissellement et d'érosion ont été calculées et répertoriées dans un fichier d'échange afin d'être utilisés par l'applicatif SENECAM. Les simulations de SENECAM nous permettrons :

- tout d'abord d'évaluer l'apport relatif du couplage d'un modèle rivière à un modèle qui prend en compte l'hétérogénéité spatiales des versants dans la modélisation des flux à l'échelle d'un bassin versant cultivé (par rapport à l'utilisation de valeurs statistiques moyennes non distribuées) en comparant les différences entre les résultats obtenus avec SENEQUE et SENECAM.
- Enfin, d'évaluer de manière quantitative la pertinence des différentes hypothèses de modélisation formalisées au cours de cette étude notamment les règles d'évolution des caractéristiques de surface du sol en fonction de la pluie au cours d'une année culturale.

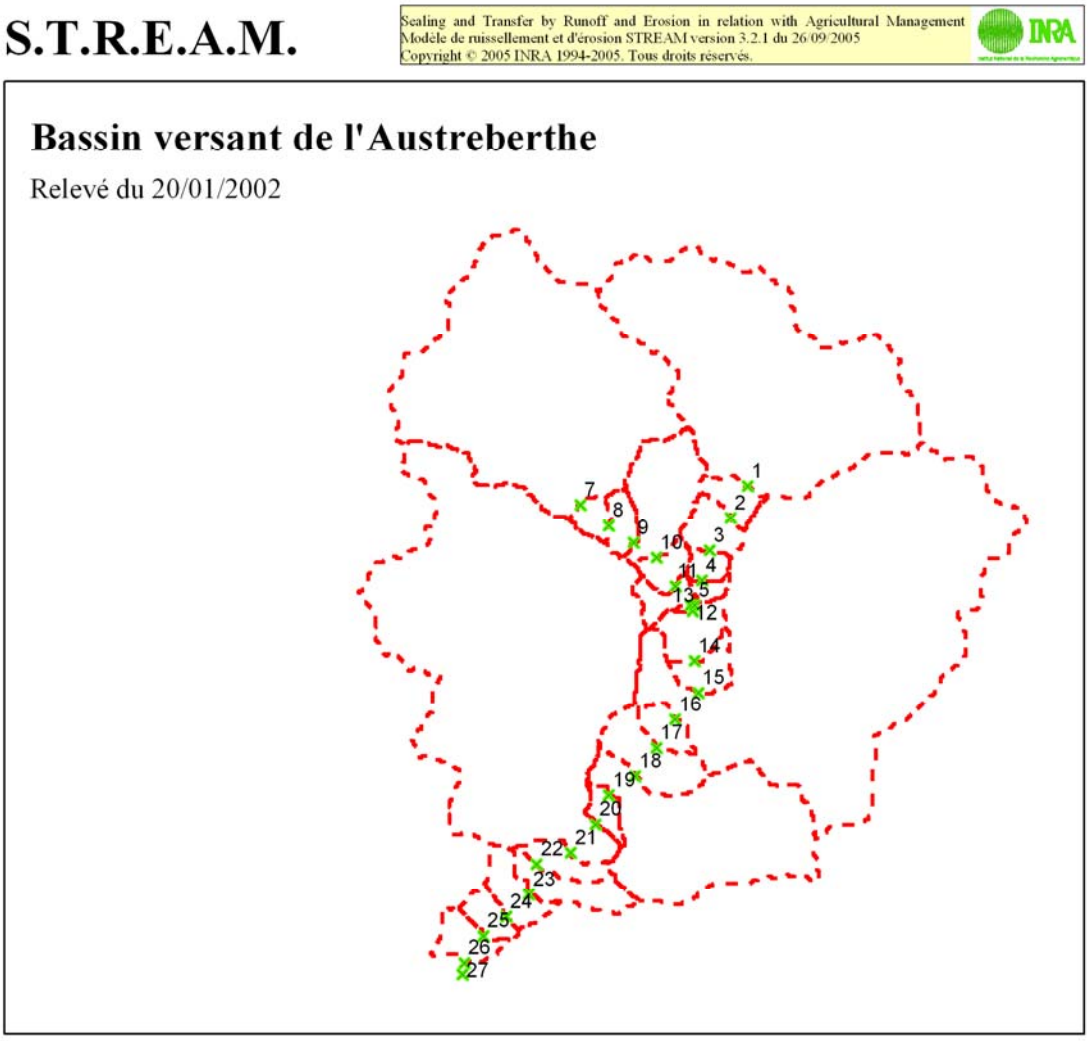


Figure 9 : découpage du réseau hydrologique en tronçons kilométriques pour lesquels les bilans de ruissellement et de perte en terre sont calculés.

Bibliographie

Cerdan O., Le Bissonnais Y., Couturier A., Saby N. 2002. Modelling interrill erosion in small cultivated catchments. *Hydrological Processes* 16 (16), 3215-3226.

Cerdan O., Le Bissonnais Y., Govers G., lecomte V., van Oost K., Couturier A., King C., Dubreuil N. 2004. Scale effect on runoff from experimental plots to catchments in agricultural areas in Normandy. *Journal of Hydrology* 299 (1-2), 4-14.

Cerdan O., Le Bissonnais Y., Souchère V., Couturier A., Bourennane H. 2002. Rill erosion on cultivated hillslopes during two extreme rainfall events in Normandy, France. *Soil & Tillage Research* 67 (1), 99-108.

Cerdan O., Le Bissonnais Y., Souchère V., Martin P., Lecomte V. 2002. Sediment concentration in interrill flow: interactions between soil surface conditions, vegetation and rainfall. *Earth Surface Processes & Landforms*, 27 (2), 193-205.

Cerdan O., Souchère V., Lecomte V., Couturier A., Le Bissonnais Y. 2002. Incorporating soil surface crusting processes in an expert-based runoff and erosion model STREAM (Sealing Transfer Runoff Erosion Agricultural Modification). *Catena* 46, 189-205.

Holah H., Baghdadi N., Zribi M., Bruand A., and King C., 2005. Potential of ASAR/ENVISAT for the characterisation of soil surface parameters over bare agricultural fields. *Remote Sensing of Environment*.

King C., Baghdadi N., Lecomte V., and Cerdan O., 2005. The application of remote sensing data to monitoring and modelling of soil erosion. *Catena*.

King C., Lecomte V., Le Bissonnais Y., Baghdadi N., Souchère V., and Cerdan O., 2005. Use of remote sensing data as alternative inputs in the «STREAM» runoff model. *Catena*.

Le Bissonnais Y., Cerdan O., Lecomte V., Benkhadra H., Souchère V., Martin P. 2005. Spatial and temporal variability of soil surface characteristics influencing infiltration, runoff and interrill erosion of cultivated fields. *Catena*.

Le Bissonnais Y., Lecomte V., Cerdan O. 2004. Grass strip effects on runoff and soil loss. *Agronomie* 24 (3), 129-136.

Ruelland D., Billen G. (2005). SENECAM : système intégré de modélisation du fonctionnement des cours d'eau de tête de bassin - faisabilité sur un bassin normand . Paris : Rapport PIREN-Seine 2003, CNRS, 14 p.

Ruelland D., Laurent F., Trebouet A. (2004). Spatialisation de successions culturales à partir d'images HRV(XS) de SPOT pour une intégration dans un modèle agro-hydrologique. Paris :

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

Souchère V., Sorel L., Couturier A., Le Bissonnais Y., Cerdan O 2005. Application du modèle STREAM à l'échelle d'un bassin versant au cours d'un cycle hydrologique. 24 p

Souchère V., Cerdan O., Ludwig B., Le Bissonnais Y., Couturier A., Papy F. 2003. Modelling ephemeral gully erosion in small cultivated catchments. *Catena* 50, 489-505.