

# Mise en place du modèle STREAM sur les bassins de la Vesle et de la Renarde

Xavier Morvan<sup>1</sup>, Oumarou Malam Issa<sup>1</sup>, Jean François Desprats<sup>2</sup>, Olivier Cerdan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> : Université de Reims Champagne-Ardenne, GEGENA-EA 3795, CREA, 2 Espl. R. Garros 51100 Reims

<sup>2</sup> :BRGM, ARN, 3, av. C. Guillemin, B.P. 6009, 45060 Orléans Cedex 2, France

1.	Introduction .....	1
2.	Modèle STREAM.....	2
2.1.	Présentation générale.....	2
2.2.	Analyse et paramétrisation des processus à l'échelle de la parcelle.....	3
2.3.	Intégration des processus à l'échelle du bassin versant.....	4
3.	Bassin versant de la Vesle .....	4
3.1.	Présentation du bassin versant.....	4
3.2.	Transfert du modèle STREAM au contexte du bassin versant de la Vesle .....	6
3.3.	Données nécessaires .....	7
3.3.1	Données hydrologiques et climatiques .....	7
3.3.2	Simulation de pluie sur la vigne .....	8
3.4.	Résultats .....	9
3.5.	Modélisation.....	10
4.	Conclusion et perspectives .....	10
5.	Bibliographie.....	11

## 1. Introduction

Cette étude s'inscrit dans le contexte de la contamination des eaux superficielles et souterraines. Dans son rapport sur l'état de l'environnement en France - Edition 2006, l'Institut Français de l'Environnement précise que les apports diffus d'origine agricole, nitrates et pesticides, polluent de façon significative une grande partie des cours d'eau et des nappes (IFEN, 2006). De plus, les teneurs en métaux lourds dans les cours d'eau montrent que la qualité du milieu s'est améliorée sur l'ensemble du territoire depuis une trentaine d'années même si le suivi dans la plupart des cours d'eau est très insuffisant, et même si cette qualité reste très moyenne : 70 % des points de mesure affichent une qualité moyenne à mauvaise (IFEN, 2006). Ces résultats montrent la nécessité d'étudier les comportements de ces polluants dans l'environnement.

L'étude du transfert de polluants du sol vers les eaux superficielles et souterraines nécessite la prise en compte de différentes composantes du cycle de l'eau, l'eau étant le principal facteur permettant le transport des polluants dans le milieu. Il est donc nécessaire d'étudier en même temps que le lessivage des polluants, les mécanismes du ruissellement et de l'érosion diffuse (Andrieux et al., 1998 ; Lecomte, 1999 ; Lecomte et al., 2001), l'infiltration de l'eau dans le sol (Dousset et al., 1995 ; Morvan, 2004) ainsi que les mécanismes de recharge et de décharge des nappes souterraines (Baran, 1996 ; Garmouma, 1996 ; Lecomte et al., 2001 ; Morvan et al., 2006).

L'objectif de cette étude est de déterminer l'influence du ruissellement et de l'érosion des sols dans différents sous bassins versants de la Seine : celui de la Vesle (Marne, 51) et celui de la Renarde (Essonne, 91), sur le transfert de solutés jusqu'à la rivière. Pour répondre à cette question, le modèle STREAM (Sealing and Transfert by Runoff and Erosion in relation with Agricultural Managment) a été sélectionné (Lecomte, 1999 ; Cerdan et al., 2001). Il s'agit d'un modèle qui fonctionne à l'échelle du bassin versant et de l'événement pluvieux.

Les principales difficultés et questions scientifiques de l'adaptation de STREAM aux bassins versants sélectionnés sont relatives à la disponibilité des données et à l'établissement de règles de

décisions adéquates pour estimer le partage entre le ruissellement et l'infiltration lors des événements pluvieux. Les phénomènes de battance n'étant pas le facteur dominant de la réponse érosive des sols du bassin de la Vesle, nous devons établir des règles de décision spécifiques au contexte d'étude. Celles-ci se baseront sur les mesures de capacité d'infiltration et la recherche de déterminants pertinents de la variabilité spatiale de l'infiltrabilité des sols.

Les résultats présentés dans cette étude ont été exclusivement acquis sur le bassin versant de la Vesle. Il s'agit d'une première étape avant la mise en place de STREAM sur le bassin versant de la Renarde. Dans un premier temps, des mesures d'infiltration sur le terrain sous simulations de pluies ont été nécessaires au calage de ces règles de décision. Puis, dans un deuxième temps, pour extrapoler ces résultats à l'ensemble du bassin versant de la Vesle, il a été nécessaire (i) de développer des fonctions de pédotransfert sur la base des mesures de paramètres physiques (ii) d'intégrer la variation des états de surface et (iii) de prendre en compte les pratiques culturales. Des simulations de pluies ont également été utilisées pour estimer la quantité de terre érodée dans les différentes classes hydrologiques et déterminer les pluies d'imbibition. L'ensemble de ces résultats a permis une définition et une hiérarchisation du terrain en unités hydrologiques homogènes sur lesquelles s'est basée la modélisation du flux d'eau et des particules érodées.

## **2. Modèle STREAM**

### **2.1. Présentation générale**

Le modèle STREAM (Sealing and Transfert by Runoff and Erosion in relation with Agricultural Managment) est un modèle spatialisé non dynamique de type expert développé à l'INRA d'Orléans (Lecomte, 1999 ; Cerdan et al., 2001).

Défini, calé et validé en Normandie pour étudier les phénomènes d'érosion et de ruissellement hortonien sur les sols limoneux agricoles, STREAM est un modèle qui s'appuie sur une connaissance des mécanismes élémentaires de genèse du ruissellement. Les principales caractéristiques de ce modèle sont la prise en compte des états de surface (typologie des croûtes, couvert végétal et rugosité) dans les processus d'infiltration et de ruissellement et des motifs agraires dans les processus de circulation de l'eau de ruissellement (Figure 1).

Le modèle STREAM a été élaboré en se fondant sur les connaissances actuelles des mécanismes de l'érosion. Le parti pris a été de se concentrer sur les processus dominants afin d'éviter les problèmes liés à la sur-paramétrisation d'une part et de rendre le modèle potentiellement utilisable par les acteurs locaux d'autre part.

Le modèle dont les échelles spatiales et temporelles sont le bassin versant et l'évènement pluvieux est structuré en quatre modules interdépendants décrivant respectivement, le réseau d'écoulement (Souchère et al., 1998), le ruissellement (Cerdan et al., 2002c), l'érosion diffuse (Cerdan et al., 2002a) et l'érosion linéaire (Souchère et al., 2003). La démarche suivie pour l'élaboration de ces modules est identique : l'identification et la paramétrisation des facteurs dominants à l'échelle locale sur la base de résultats expérimentaux, puis à l'échelle du bassin versant en prenant en compte les paramètres propres à ce niveau d'investigation. Une telle démarche a été possible grâce à l'existence d'une importante base de données de références regroupant des expérimentations au laboratoire et au champ depuis l'échelle du  $\frac{1}{4}$  de m<sup>2</sup> jusqu'à l'échelle du bassin versant (Cerdan et al., 2002b).

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

Il prend en compte des paramètres physiques du milieu (relief, sol, végétation) et des paramètres météorologiques:

- la pente dérivée du Modèle Numérique de Terrain ;

- la cartographie de l'occupation du sol ;
- la répartition des sols ;
- l'infiltrabilité de la surface (absence ou non de croûte de battance) ;
- la rugosité du sol ;
- le sens du travail du sol ;
- les motifs agraires ;
- la hauteur de l'évènement pluvieux, avec une hypothèse de répartition spatiale homogène sur l'ensemble du bassin versant ;
- l'occurrence et la hauteur des antécédents pluvieux sur le bassin.

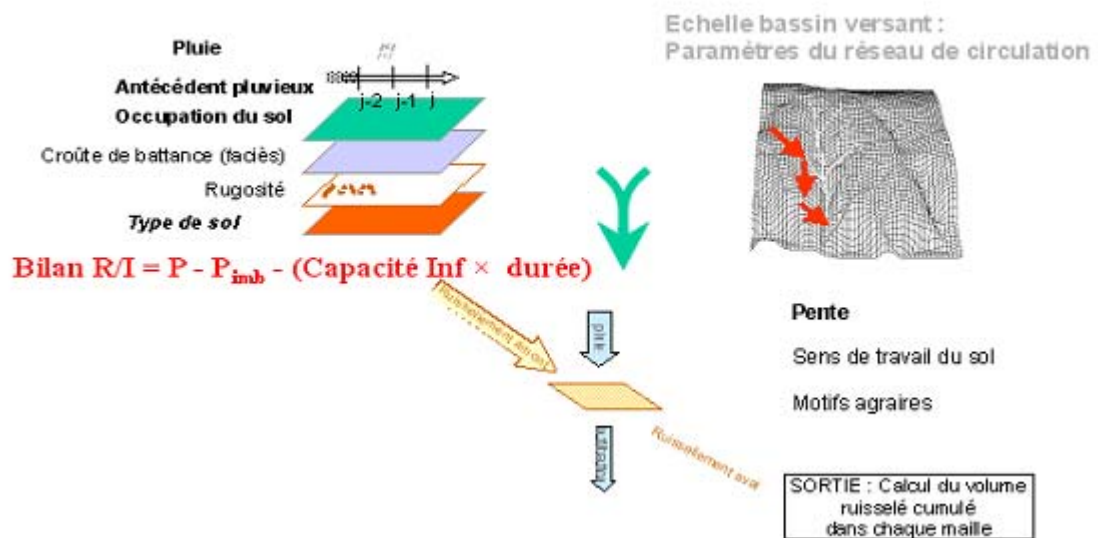


Figure 1: Principe général du modèle STREAM

## 2.2. Analyse et paramétrisation des processus à l'échelle de la parcelle

Pour une grande partie des sols à texture limoneuse de faible stabilité structurale, le ruissellement et l'érosion résultent de la diminution de l'infiltrabilité. Ce phénomène est consécutif à la dégradation structurale de la surface des sols, c'est à dire la formation de croûtes de battance par désagrégation des mottes de terre sous l'action des pluies. La capacité d'infiltration peut, dans certains cas, être réduite jusqu'à des valeurs de quelques mm/h. En territoire agricole s'ajoute l'influence du couvert végétal et de la rugosité, modifiée par les techniques culturales (Le Bissonnais et al., 2005). Sur la base de nombreux travaux expérimentaux réalisés sous pluie simulée ou en condition naturelle, l'importance de ces trois facteurs sur le ruissellement et l'érosion a été évaluée.

Dans le but de formaliser les processus de ruissellement ou d'érosion, une table typologique, à même de décrire l'influence de ces trois facteurs simultanément sur l'infiltrabilité, la concentration potentielle en sédiment du ruissellement, l'érosivité du flux et la cohésion de la surface du sol a été établie (Cerdan et al, 2002a; Le Bissonnais et al, 2005).

Pour décrire les conditions d'infiltrabilité, l'importance de rendre compte de l'état hydrique initial a également été démontrée. Ce quatrième facteur a été intégré sous la forme d'un indice des pluies antécédentes.

Sur la base de références expérimentales, une capacité d'infiltration potentielle a pu être associée à chaque combinaison de ces facteurs. Cinq classes ont été définies qui s'étalent de 2 mm/h pour une surface nue complètement dégradée à 50 mm/h pour une surface fraîchement travaillée ou une prairie (Cerdan et al., 2002c).

Les typologies élaborées peuvent se résumer à une hiérarchisation des combinaisons de facteurs. Elles permettent de caractériser des situations en fonction de leur impact sur le mécanisme étudié. Elles ont l'avantage d'intégrer non seulement des lois bien quantifiées mais aussi des résultats expérimentaux ou d'observation acquis à l'échelle locale (bac – parcelle). Elles permettent, en outre, de tenir compte de manière simple des interactions entre facteurs; l'effet d'un paramètre pouvant être amplifié ou, au contraire, inhibé en fonction du degré d'expression des autres. Par exemple, la rugosité de surface du sol aura un effet très différent sur la concentration potentielle en sédiments, selon le développement et le taux de couverture du couvert végétal (Cerdan et al., 2002a). La validité de ces typologies est limitée aux zones cultivées de la ceinture loessique du nord de l'Europe, par contre la démarche reste transposable à tout contexte.

### **2.3. Intégration des processus à l'échelle du bassin versant**

Les typologies présentées précédemment sont utilisées pour établir la modélisation spatialisée à l'échelle du bassin versant.

Pour bâtir cette spatialisation, la première étape est le calcul du réseau de circulation des écoulements. Pour faciliter la prise en compte des caractéristiques topographiques et la visualisation des résultats, le modèle est bien sûr intégré dans le logiciel de Système d'Information Géographique (SIG) ArcGIS.

Pour la simulation de la hauteur d'eau ruisselée en tout point du bassin versant, une fonction calcule l'accumulation des flux en permettant à chaque pixel de pouvoir infiltrer la pluie « directe » et en plus, la totalité ou une partie du ruissellement provenant des zones situées en amont du point considéré (Cerdan et al., 2002c).

Une première évaluation des modules de ruissellement et d'érosion diffuse à l'aide de données provenant de bassins versants expérimentaux, a démontré la capacité de cette approche à reproduire les valeurs mesurées avec satisfaction (Cerdan et al. 2002c; 2002b).

Bien que STREAM ait été développé pour l'étude du ruissellement sur des sols limoneux en zone agricole, il a déjà été testé avec succès sur des bassins versants de type méditerranéen et forestier, ceux du Gardon d'Anduze (Ayrat et al., 2003 ; Desprats et al, 2005) et sur plusieurs petits bassins versants de Haute-Corse (Caballero et al, 2007).

## **3. Bassin versant de la Vesle**

Les modèles spatialisés représentent des outils privilégiés pour la compréhension des pollutions diffuses liées au ruissellement (Lecomte, 1999). Cependant leur utilisation nécessite la connaissance des propriétés hydriques et hydrodynamiques des sols qui, le plus souvent, sont obtenues à partir de mesures ponctuelles (Léonard et Andrieux, 1998 ; King et al., 2003). Il se pose alors le problème de la spatialisation des données ponctuelles qui doit tenir compte de leur variabilité.

La démarche adoptée dans le cadre de nos travaux dans le bassin versant de la Vesle comprend la mesure in situ des capacités d'infiltration sur différents types de sols et de mode d'occupation du sol. Cette démarche se rapproche de la méthode de spatialisation des données hydriques dite « méthode hybride » qui combine l'utilisation de la carte pédologique et les mesures sur des sites ponctuels (Lagacherie et Voltz, 2000).

### **3.1. Présentation du bassin versant**

La Vesle est un affluent de l'Aisne, qui se jette ensuite dans l'Oise avant de rejoindre la Seine. Le bassin versant de la Vesle est situé à environ une centaine de kilomètres au nord est de Paris. C'est un bassin versant qui est essentiellement agricole et sa surface est de 1475 km<sup>2</sup> (Figure 2). Ce bassin contient la ville de Reims. Or le modèle STREAM n'a pas été conçu pour simuler le ruissellement et l'érosion dans les zones urbaines. Afin de ne pas prendre en compte la partie urbanisée que représente

l'agglomération rémoise, le cadre de cette étude a été limité à la partie amont du bassin versant de la Vesle à partir de la ville de Reims, c'est-à-dire la partie est du bassin versant. Cette partie du bassin versant a une surface de 660 km<sup>2</sup>.

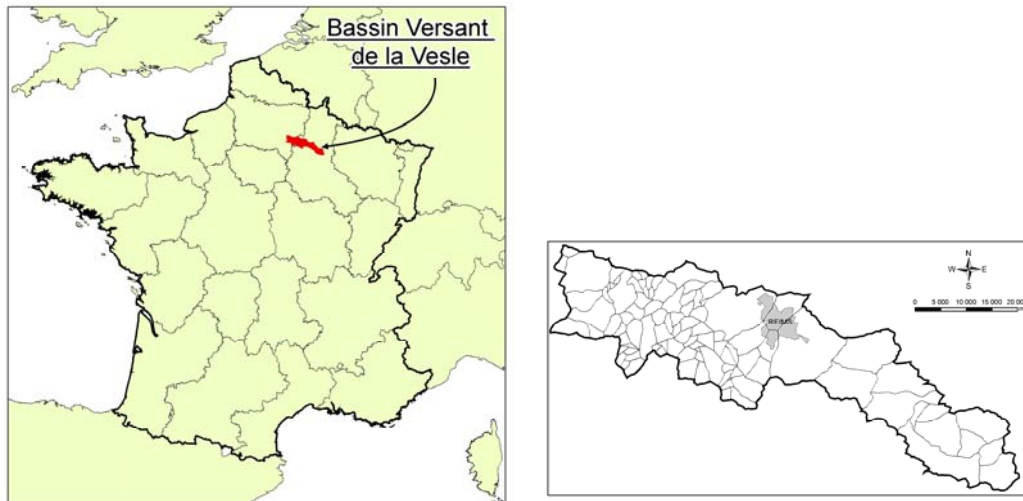


Figure 2 : Le bassin versant de la Vesle.

Ce bassin versant est essentiellement constitué de terres arables (marron), le vignoble (magenta) étant localisé et concentré sur les coteaux (Figure 3). Le vignoble devient dominant sur des sous bassins versants qui constitueront des unités élémentaires pour la modélisation (Figure 4).

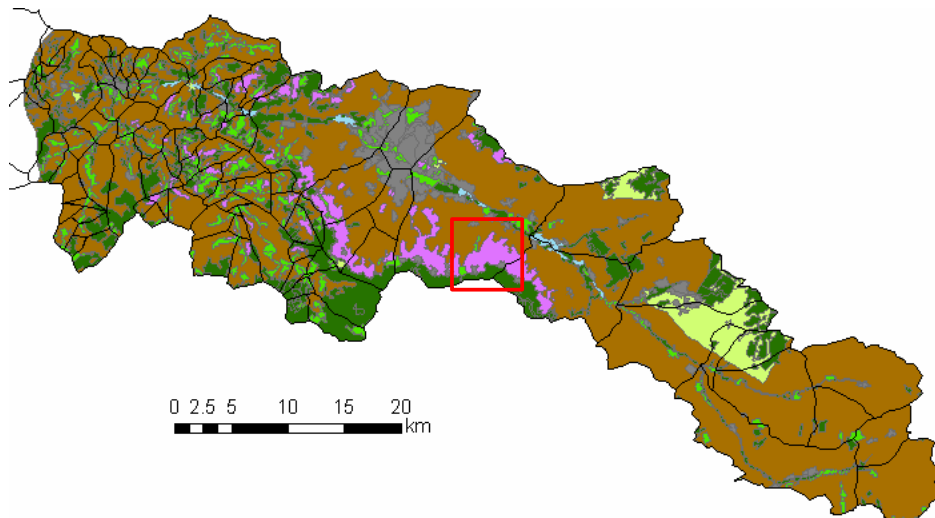


Figure 3 : mode d'occupation du sol sur le bassin versant de la Vesle d'après Corine Land Cover

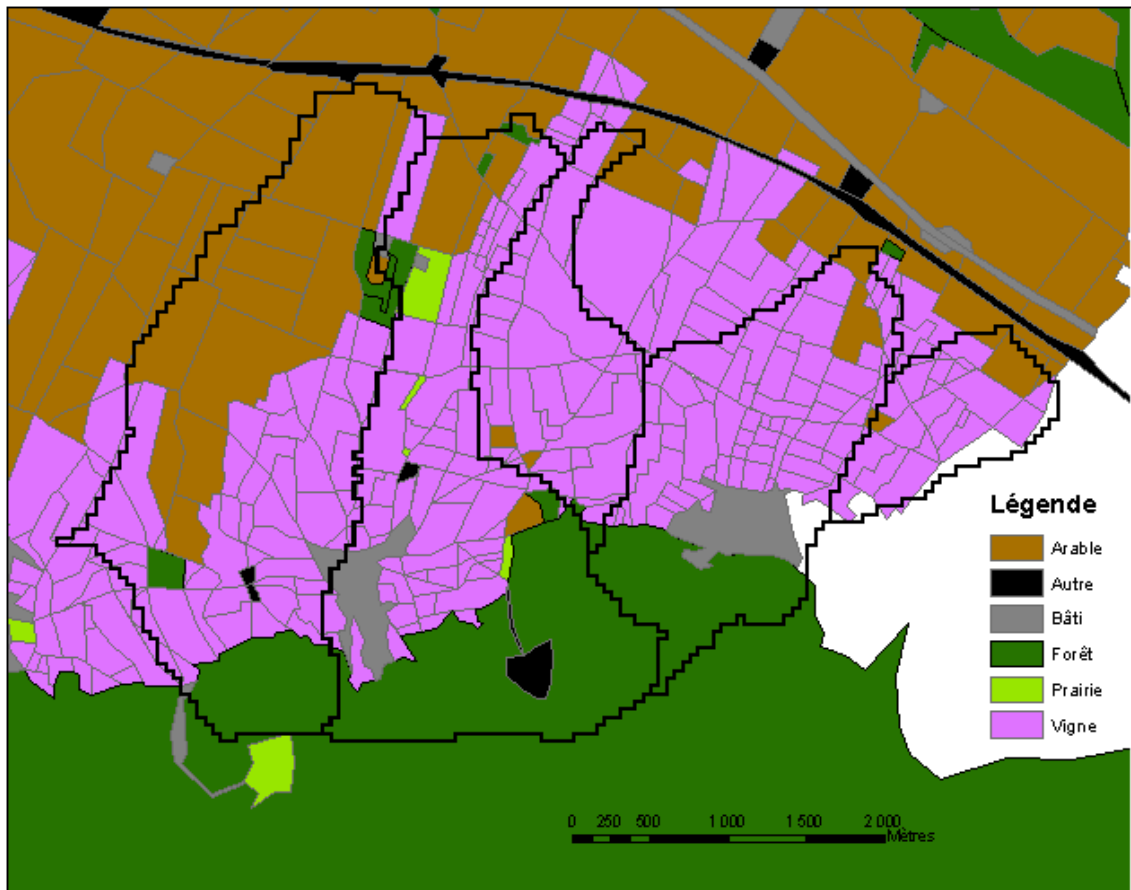


Figure 4 : Localisation de bassins viticoles au sud du bassin versant de la Vesle (agrandissement du carré rouge de la figure 2)

Les 5 sous bassins versants identifiés sont situés dans la partie sud du bassin versant de la Vesle sur la Montagne de Reims. Ils ont une surface comprise entre 98 et 516 hectares et sont représentatifs d'unités viticoles, les vignes représentant de 43% (BV1) à 96% (BV3) de leur surface.

### 3.2. Transfert du modèle STREAM au contexte du bassin versant de la Vesle

Pour envisager le transfert du modèle dans le contexte champenois, il faut reprendre à la base les hypothèses fortes du modèle et les limites de transposabilité dans ce contexte.

Le modèle simule un ruissellement de type hortonien : le ruissellement se produit lorsque l'intensité de la pluie dépasse la capacité d'infiltration du sol.

Dans le contexte du vignoble Champenois, on peut émettre l'hypothèse que l'infiltration est assez rapidement limitée. En effet, l'absence presque systématique de travail du sol sur les vignes (sauf les jeunes plantations) tend à rendre les sols peu perméables même si l'épandage d'une couche d'écorce vise à limiter le ruissellement. Une approche du type ruissellement hortonien peut donc représenter une première approximation en attendant que des expérimentations mettant en évidence le cheminement des écoulements le long des versants (i.e. expérience de traçage) soient réalisées. La variation de rugosité induite par les pratiques agricoles est peu importante sur le vignoble du fait de l'absence de labour. Ce paramètre devra toutefois être pris en compte sur les terres cultivées en céréales.

Par ailleurs, les valeurs de perméabilité et d'érodibilité proposées doivent être étalonnées par rapport à différentes mesures précises d'un point de vue quantitatif.

### 3.3. Données nécessaires

#### 3.3.1 Données hydrologiques et climatiques

Des données journalières de débit de la Vesle ont été acquises par l'intermédiaire de la DIREN en différents points de la rivière (Figure 5).

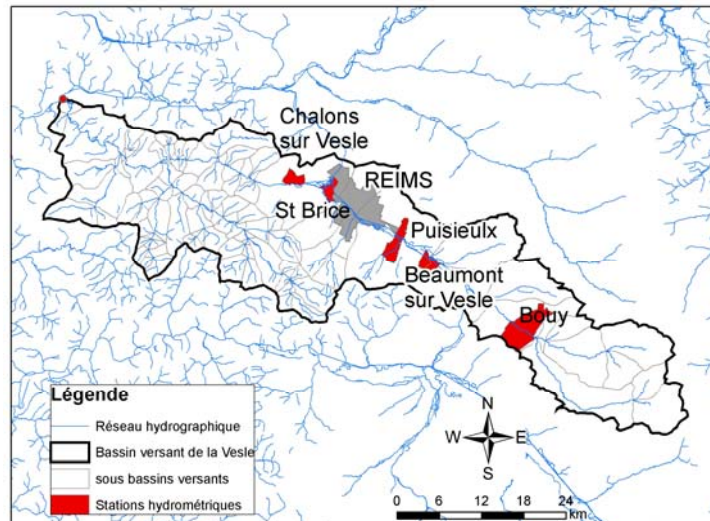


Figure 5 : Emplacement des stations hydrométriques

Les valeurs de débits dans les différentes stations hydrométriques sont présentées sur la Figure 6. En aval de la ville de Reims, les débits de la Vesle sont perturbés, les débits sont variables. Cette variabilité est probablement due aux rejets des eaux de l'agglomération rémoise. Cette variabilité non naturelle rend difficile l'analyse des mesures réalisées en aval de Reims. En amont, en revanche, les débits semblent moins variables. A partir de la station hydrométrique de Puisieulx, les chroniques sont plus stables. Elles semblent plus caractéristiques de l'évolution naturelle des débits de la rivière. Cette plus faible variabilité des débits en amont de la ville de Reims conforte le choix de réaliser cette étude en amont de la zone fortement urbanisée que représente l'agglomération rémoise.

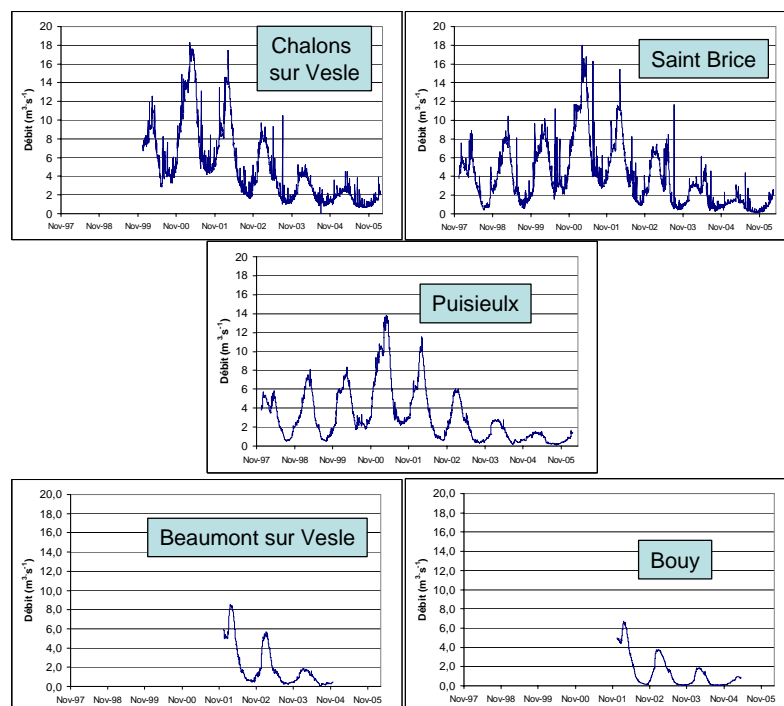


Figure 6 : Chronique temporelle des débits de la Vesle



Des données météorologiques (pluie et évapotranspiration potentielle, ETP) ont également été acquises par l'intermédiaire du comité interprofessionnel du vin de Champagne (CIVC). Les stations météorologiques sélectionnées sont celles situées dans le bassin versant de la Vesle (Figure 7). Le pas de temps de mesure est de 1 heure pour les données de hauteurs de pluie et les données sont journalières en ce qui concerne l'ETP.

A la station de Mailly Champagne, pendant la période de 2000 à 2007, la hauteur d'eau maximale mesurée pendant une journée est de 54 mm le 6 juillet 2001 et l'intensité maximale mesurée pendant cette période a été de 29,8 mm/h le 20 août 2002.

Ces données nous ont permis de mieux connaître le contexte climatique de la zone d'étude. Elles nous ont également permis de connaître l'ordre de grandeur des intensités de pluie de la région, ordres de grandeurs nécessaires pour réaliser des expérimentations de simulations de pluie et pour estimer les quantités d'eau ruisselées.

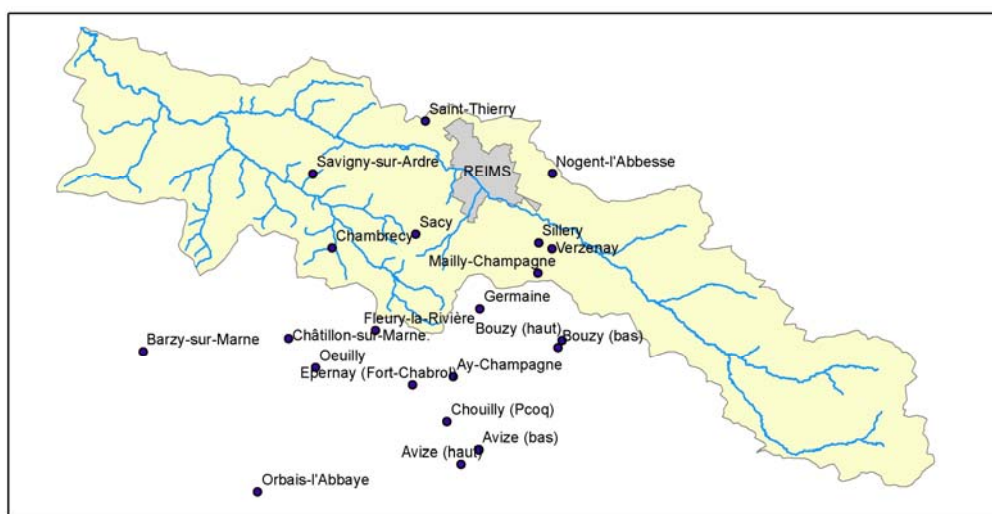


Figure 7 - Emplacement des stations météorologiques

### 3.3.2 Simulation de pluie sur la vigne

Les variations de ruissellement sur différentes parcelles de vignes ont été étudiées lors de campagnes de simulation de pluies (Figure 8).

L'expérimentation mise en place a consisté à placer à 2m du sol le simulateur de pluie et à simuler un évènement pluvieux avec l'eau de pluie sur des parcelles carrées de sol de 50 cm de côté. Afin de protéger l'expérimentation de l'impact du vent, le dispositif expérimental a été recouvert d'une bâche plastique. Pour vérifier l'homogénéité de l'intensité de la pluie simulée, 4 béciers ont été placés à côté de la parcelle de sol et prélevés à intervalles réguliers.

De plus, au cours de ces simulations de pluie, des échantillons d'eau ruisselés ont été prélevés à intervalles réguliers à l'exutoire de la parcelle de sol jusqu'à ce qu'on arrive à un seuil. Les pas de temps de mesure étaient de 15mn lorsque le ruissellement était modéré, et de 2 minutes de collecte d'eau de ruissellement toutes les 5 minutes lorsqu'il était important.



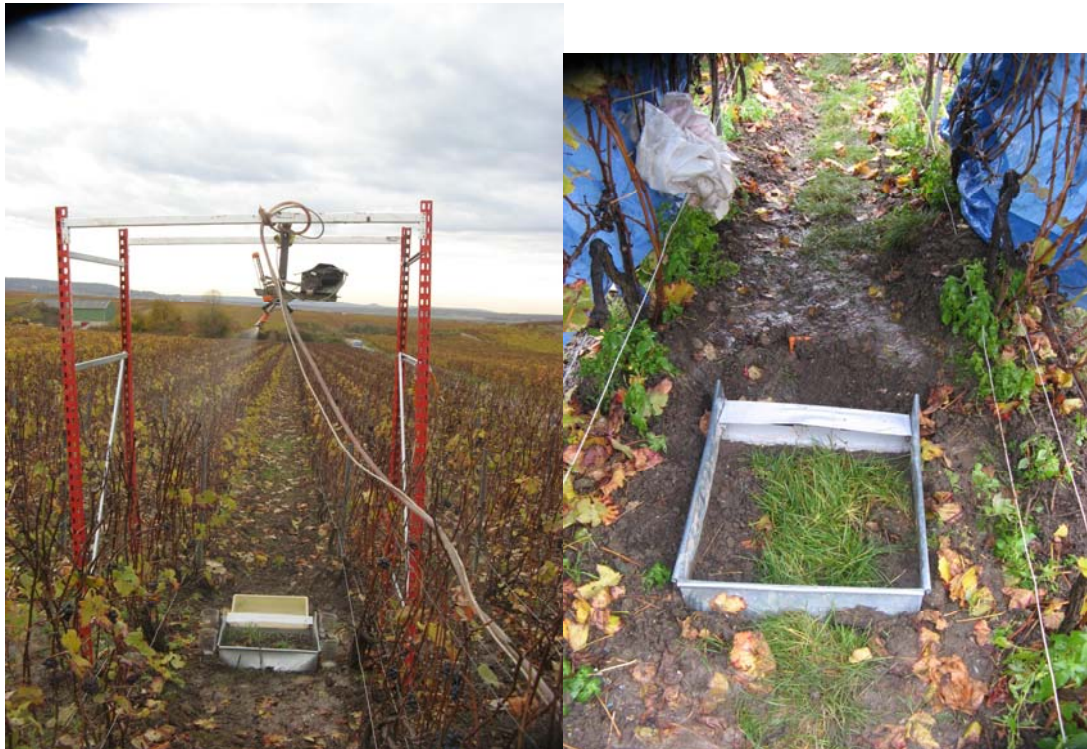


Figure 8 - Simulation de pluie sur les parcelles de vigne

### 3.4. Résultats

Les premières expérimentations ont été réalisées sur des parcelles viticoles avec des pratiques culturales contrastées (Tableau 1).

Tableau 1 : Simulations de pluie – premiers résultats

Essai	Pratique culturale	Intensité pluie	Coefficient de ruissellement
1	Inter-rang désherbé / travail bord du rang -décavaillonnage - pente faible à nulle	25 mm/h	4,10%
2	Inter-rang avec peu herbe (20%) - pente moyenne	29 mm/h	1,60%
3	Inter-rang enherbé (60%) - pente nulle à très faible	19,8 mm/h	5,3% (palier non atteint)
4	Inter-rang désherbé. Ni herbe ni écorce - pente nulle à très faible	23,9 mm/h	86,60%
5	Inter-rang désherbé. Ecorce - pente nulle à très faible - décavaillonnage donc travaillé sur le bord, tassé au milieu	49,5 mm/h	3,20%
6	Inter-rang enherbé (90%) - pente nulle à très faible	54,6 mm/h	1,20%

Les résultats des premières expérimentations qui sont encore en cours actuellement démontrent l'impact des pratiques culturales sur le ruissellement (travail ou non travail du sol). Les sols qui n'ont jamais été travaillés, uniquement désherbés sont très compacts, le ruissellement y débute vite et devient très important (Coefficient de ruissellement de 86% lors de l'essai n°4). Sur la base d'observations macroscopiques, l'activité biologique est faible, aucun vers de terre n'a d'ailleurs été observé.

Afin de structurer le sol et limiter le ruissellement, de nombreux viticulteurs apportent des morceaux d'écorces sur leurs parcelles. Une expérimentation a été réalisée sur ce type de parcelle (essai n°1 et 5). Le sol de cette parcelle de vigne est travaillé, ce travail consiste en un décauillonnage, c'est-à-dire en un passage d'une griffe sur le bord des ceps de vignes afin de couper les racines latérales et forcer la vigne à chercher l'eau en profondeur. Ce travail ameublisse le sol qui devient plus perméable. L'activité biologique est plus importante que dans le sol précédent. Lors de ces 2 essais, le ruissellement mesuré est plus faible. Le coefficient de ruissellement (CR) est de 4.1% et de 3.2% pour les essais 1 et 5 respectivement..

Enfin les premières mesures faites sur vignes enherbées montrent des résultats contrastés qui nécessiteront des tests complémentaires. Lors des essais 2 et 6, le CR est très faible (1,2% et 1,6% respectivement) et un palier semble être atteint à cette valeur. En revanche lors de l'essai 3, un CR très important a été atteint. La valeur moyenne du CR était de 5% avec une dernière valeur mesurée à 16%. Aucun palier n'a été atteint pour cet essai. Ce résultat doit être validé par des mesures complémentaires proches de ce premier site, les deux autres mesures réalisées dans un contexte proche étant très différentes (CR égal à 1,2 et 1,6 %).

### **3.5. Modélisation**

Pour une première approche, les paramètres de perméabilité du modèle STREAM ont été déterminés en fonction du mode d'occupation du sol (terres arables, prairie, vignes, forêt, zones bâties).

Les autres paramètres requis par STREAM tels que la rugosité qu'on pourrait associer en zone de vignoble à l'orientation des rangs ne sont pas actuellement collectés et disponibles. Ils peuvent être extraits d'imagerie très haute résolution telle que les données Quickbird visibles sur GoogleEarth.

D'après les premières estimations obtenues, il apparaît nécessaire d'étudier plus précisément le comportement des sols sur vignes, apparemment très différent selon les techniques culturales employées.

## **4. Conclusion et perspectives**

L'adaptation de STREAM au bassin versant de la Vesle nécessite l'établissement de règles de décisions adéquates pour estimer le partage entre le ruissellement et l'infiltration lors des événements pluvieux. Les phénomènes de battance n'étant pas le facteur dominant de la réponse érosive des sols du bassin de la Vesle, des règles de décision spécifiques à ce contexte d'étude doivent être établies. Celles-ci sont basées sur des mesures de capacité d'infiltration et de ruissellement in situ lors de simulations de pluie sur différents types de sol et de mode d'occupation de sol. Ces mesures ont permis d'établir certaines règles de décision en fonction du mode d'occupation du sol.

Afin de pouvoir modéliser correctement le ruissellement superficiel et l'érosion du sol sur le bassin versant de la Vesle et ses sous bassins versants, ces règles de décision doivent être améliorées et validées par des mesures complémentaires. Il est ainsi prévu i) de mesurer l'infiltrabilité des sols sur des unités pédo-paysagères viticoles et non viticoles (cultures et prairies), ii) de cartographier les bandes enherbées et les fossés/rigoles pour la modélisation STREAM, iii) d'intégrer des mesures de débits à l'exutoire d'un sous bassin versant, et iv) d'extraire depuis des données de télédétection à haute résolution l'orientation des rangs de vigne.

L'ensemble de ces résultats permettra une définition et une hiérarchisation du terrain en unités hydrologiques homogènes sur lesquelles se basera la modélisation du flux d'eau et de particules érodées.

Par ailleurs, dans le bassin versant de la Renarde, sous bassin versant de l'Orge, le même type d'approche que celle réalisée sur le bassin versant de la Vesle pourrait être effectuée.

Cette approche consisterait à définir des zones homogènes de fonctionnement hydrologique. Toutefois, contrairement aux sols des parcelles viticoles du bassin versant de la Vesle, les sols du bassin versant de la Renarde sont des sols battants pour lesquels les capacités d'infiltration sont

contrôlées par les états de surface. L'utilisation de STREAM nécessite donc l'observation des états de surface et la mesure des capacités d'infiltration.

De plus l'utilisation du modèle nécessite l'acquisition d'un MNT, celui de l'IGN par exemple dont la résolution est de 50 m, d'un découpage du bassin versant de préférence en fonction de type de sols ou, à la rigueur, d'un découpage parcellaire dans le but d'attribuer des capacités d'infiltration à chaque entité, et de données météorologiques avec un pas de temps le plus fin possible (de 5min à 1h) dans le but de connaître le contexte climatique du bassin.

Des mesures de débits à l'exutoire du bassin permettraient de vérifier la pertinence des paramètres entrés dans le modèle en comparant les volumes d'eau mesurés et estimés par le modèle. Ces mesures nous permettraient également de caler ces paramètres afin que les sorties du modèle soient le plus proche des débits mesurés.

## 5. Bibliographie

- Ayral P.A., Desprats J.F., Bressand F., Pinel D., Sauvagnargues-Lesage S., King C., Dorfliger N., 2003. Intégration de la variabilité spatiale de l'infiltration des sols dans un modèle de prévision des crues opérationnel : Alhtair - Zone test du bassin versant du Gardon d'Anduze – Bulletin SFPT
- Baran N., 1996, Transit de l'isoproturon et de l'atrazine dans un système hydrologique karstique de la craie (Gâtinais-France) : de la station hydrologique expérimentale à l'échelle du système. Thèse de l'Université d'Orléans. 350 p.
- Caballero Y., Desprats J.F., Cerdan O., 2007 - Evaluation des apports sédimentaires au golfe de Valinco en provenance des bassins versants du Taravo, Baracci et Rizzanese. Rapport final. BRGM/RP-55483-FR.
- Cerdan O, Souchère V, Lecomte V, Couturier A, Le Bissonnais Y. 2001. Incorporating soil surface crusting processes in an expert-based runoff and erosion model STREAM (Sealing Transfer Runoff Erosion Agricultural Modification). *Catena* 46: 189–205.
- Cerdan O., Le Bissonnais Y., Couturier A., Saby N., 2002a. Modelling interrill erosion in small cultivated catchments. *Hydrological Processes*, 16 (16), 3215-3226.
- Cerdan O., Le Bissonnais Y., Souchère V., Martin P., Lecomte V., 2002b. Sediment concentration in interrill flow: interactions between soil surface conditions, vegetation and rainfall. *Earth Surface Processes and Landforms*, 27 (2), 193-205.
- Cerdan O., Souchère V., Lecomte V., Couturier A., Le Bissonnais Y., 2002c. Incorporating soil surface crusting processes in an expert-based runoff model : STREAM (Sealing and Transfer by Runoff and Erosion related to Agricultural Management). *Catena*, 46, 189-205.
- Desprats J.F., Baran N., Cerdan O., King C., Petelet E., Thierry D. Appui aux actions SCHAPI - Gardon d'Anduze, Avène, Touch, Somme. Rapport "annuel" Année 3 (Avril 2005 - Décembre 2005). BRGM/RP-54240-FR.
- Dousset, S., Mouvet, C., Schiavon, M., 1995. Leaching of atrazine and some of its metabolites in undisturbed field lysimeters of three soil types. *Chemosphere* 30, 511–524.
- Garmouma M., 1996, Transferts d'herbicides (triazines et phénylurées) et de produits de dégradation dans le bassin versant de la Marne. Thèse de doctorat de l'université Paris VI,
- IFEN, 2006. Rapport sur l'état de l'environnement en France - Edition 2006. Etat des lieux de l'environnement en France et de son évolution. Les synthèses de l'IFEN. 504 pp.
- King D., Bruand A., Cousin I. and Hollis J., 2003 - Rôle des propriétés physiques des sols et de leur variabilité spatiale sur les flux d'eau. *Etude et Gestion des Sols* 10 (4) : pp. 287-297.
- Lagacherie P. e M. Voltz., 2000. Predicting soil properties over a region using sample information from a mapped reference area and digital elevation data: a conditional approach. *Geoderma* 97: 187-208.
- Le Bissonnais Y., O. Cerdan, V. Lecomte, H. Benkhadra, V. Souchère and P. Martin, 2005. Variability of soil surface characteristics influencing runoff and interrill erosion, *Catena* 62 (2005), pp. 111–124.

- 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 de doctorat de l'Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts, Spécialité Science de l'Eau, 212 pp. annexes.
- Lecomte V., E. Barriuso, L.-M. Bresson, C. Koch and Y. Le Bissonnais, 2001. Soil surface structure effect on isoproturon and diflufenican loss in runoff, *J. Environ. Qual.* 30 (2001), pp. 2113–2119.
- Leonard J. and P. Andrieux, 1998. Infiltration characteristics of soils in Mediterranean vineyards in Southern France, *Catena* 32, pp. 209–223.
- Morvan X., 2004. Influence de la variabilité spatiale de différentes caractéristiques du milieu aux échelles de la parcelle expérimentale et du bassin versant hydrogéologique sur la contamination d'un aquifère sableux par les phytosanitaires. Thèse de doctorat, Université d'Orléans. 526 pp.
- Morvan X, Mouvet C, Baran N, Gutierrez A, 2006. Pesticides in the groundwater of a spring draining a sandy aquifer: temporal variability of concentrations and fluxes. *J Contam Hydrol*; 87 (3-4): 176-190.
- Souchère V., King D., Daroussin J., Papy F., Capillon A., 1998. Effect of tillage on runoff directions : consequences on runoff contributing area within agricultural catchments. *Journal of Hydrology*, 206, 256-267.
- 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.