

# Spatialisation de la sensibilité à l'érosion du bassin de la Blaise

Agnès Moquet<sup>1,2</sup>, Elisabeth Bienaimé<sup>2</sup>, Marc Benoît<sup>1</sup>, Catherine Mignolet<sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRA, Station de Recherche SAD, 662 avenue Louis Buffet, 88500 Mirecourt

[benoit@mirecourt.inra.fr](mailto:benoit@mirecourt.inra.fr)

<sup>2</sup> INRA, Equipe SIG, Centre de Recherche de Nancy, 54280 Champenoux

[bienaime@nancy.inra.fr](mailto:bienaime@nancy.inra.fr)

1.	Introduction .....	1
2.	Les données de l'étude .....	2
2.1.	Le MNT issu de la BD-Alti de l'IGN.....	2
2.2.	L'harmonisation des cartes géologiques .....	2
2.3.	Les cartes pédologiques : une variété de nomenclature et de qualité .....	3
3.	La sensibilité des sols au ruissellement .....	4
3.1.	Construction de la sensibilité des sols au ruissellement .....	4
3.1.1	L'indice topographique d'érosivité .....	4
3.1.2	La sensibilité des sols à la battance .....	4
3.1.3	L'occupation du sol .....	5
3.2.	Résultat : la carte de sensibilité des sols au ruissellement.....	5
4.	L'extrapolation des cartes pédologiques existantes .....	6
5.	Conclusion.....	8
6.	Remerciements .....	9
7.	Bibliographie.....	9

## 1. Introduction

Le bassin de la Blaise est choisi au sein du programme PIREN-Seine comme site-atelier visant à étudier le rôle des activités de polyculture-élevage dans les pollutions diffuses des ressources en eau superficielles. Parmi les causes possibles de pollution, figurent des interactions défavorables entre les conditions de milieu physique (conditions pédo-climatiques, topographie) et les pratiques d'utilisation du territoire des agriculteurs (organisation du territoire de leurs exploitations, localisation des couverts végétaux et des interventions techniques).

Afin de décrire les conditions de milieu du bassin de la Blaise, nous avons initié une étude visant à caractériser la diversité des sols du bassin. Les connaissances pédologiques n'étant pas exhaustives sur le territoire du bassin, cette étude poursuit deux objectifs principaux : (i) le premier consiste à évaluer, à partir d'informations cartographiques disponibles, la sensibilité des sols du bassin au ruissellement, en développant une démarche de calcul d'un indice d'aléa d'érosion ; (ii) le second objectif consiste à élargir les connaissances pédologiques sur le bassin, en mettant en œuvre des méthodes d'extrapolation des cartes pédologiques existantes.

Ce chapitre est ainsi divisé en trois parties. La première présente les différentes données mobilisées et les principaux traitements qui ont été réalisés en particulier pour les homogénéiser sur l'ensemble du bassin. La deuxième partie est centrée sur l'évaluation de la sensibilité des sols au ruissellement, sur les zones du bassin dont la couverture pédologique est disponible. Enfin, la troisième partie aborde une méthode d'extrapolation des cartes pédologiques existantes aux zones non renseignées du bassin de la Blaise.

## 2. Les données de l'étude

Les données sur lesquelles la caractérisation des sols du bassin de la Blaise a été réalisée ont été acquises auprès de divers organismes départementaux, régionaux et nationaux. Leur format, leur échelle et leur provenance sont détaillés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Récapitulatif des données collectées

Données	Format	Echelle	Provenance
Carte des sols DONESOL Saint-Dizier	vecteur	1/100 000	INRA Orléans
Carte des sols Saint-Dizier	papier	1/100 000	Chambre d'Agriculture 52
3 cartes des sols SAFE	Papier	1/25 000	Chambre d'agriculture 52
Esquisse pédologique Juzennecourt	papier	1/200 000	Chambre d'agriculture 52
BD – Ortho 52	numérique	5 m	INRA Nancy - SIG
BD Alti IGN	Raster	50m	INRA Nancy - SIG
Scan 25 Haute-Marne	Numérique	1/25 000	PIREN-Seine
CORINE Land Cover	Vecteur	1/50 000	INRA Nancy - SIG
BD Carthage	Vecteur		PIREN-Seine
Données communes	Vecteur		PIREN-Seine
Carte géologique d'Albinet	Vecteur	1/1 000 000	PIREN-Seine
Carte géologique de Chaumont	Papier	1/80 000	INRA Nancy
Carte géologique Wassy	Papier	1/80 000	INRA Nancy
7 dalles cartes géologiques	vecteur	1/50 000	BRGM
Parcellaire – extrait -	vecteur		INRA SAD Mirecourt

Certaines de ces données ont nécessité un travail de mise en forme, voire même de numérisation / digitalisation, et d'harmonisation avant d'être mobilisées dans le calcul d'indicateurs et la production de cartes. C'est le cas en particulier des données issues de la BD-Alti de l'IGN, des données géologiques et des données pédologiques. La chaîne de traitement simplifiée des données brutes est présentée dans la figure ci-après (Figure 1).

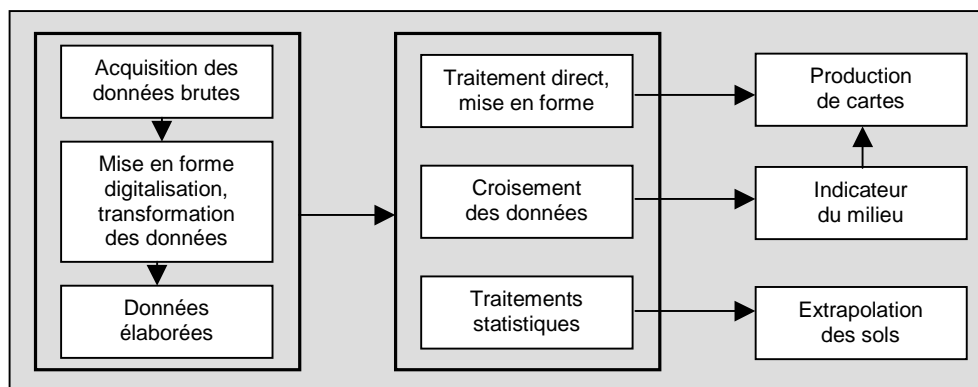


Figure 1 : Le traitement des données brutes

### 2.1. Le MNT issu de la BD-Alti de l'IGN

La BD-Alti a été produite à partir de la numérisation manuelle des courbes de niveau au 1:25000, puis calculée sur un pas de 50 m. L'équidistance entre les courbes de niveaux sur la zone étudiée étant de 5 m, nous estimons obtenir un MNT de bonne qualité pour cette étude. Cette donnée est essentielle car elle est la source de nombreuses données dérivées : pente, différents types d'indice, hydrologie...

### 2.2. L'harmonisation des cartes géologiques

La couverture géologique du bassin de la Blaise nous a été fournie par le BRGM sous forme de 7 dalles vecteurs non harmonisées. L'harmonisation des différentes dalles a consisté en l'homogénéisation des nomenclatures, dont l'hétérogénéité était surtout due à des différences

d'orthographe ou de terme (Figure 2). Il n'y avait par contre pas de grande discontinuité de nature de couche géologique entre les dalles, du fait de la relative simplicité de la géologie de la région, caractérisée par des couches sédimentaires avec une alternance marne – calcaire, et des reliefs de cuestas.

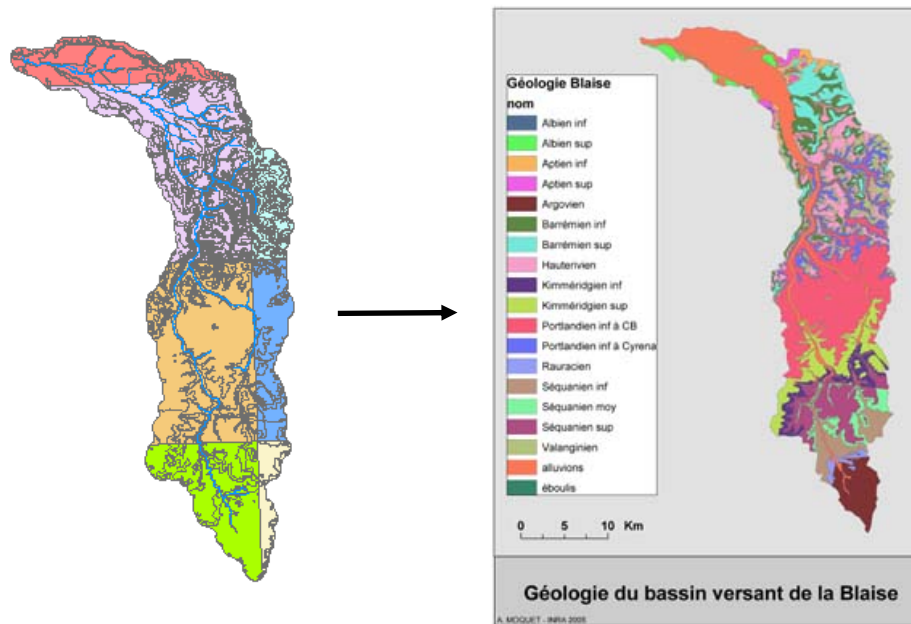
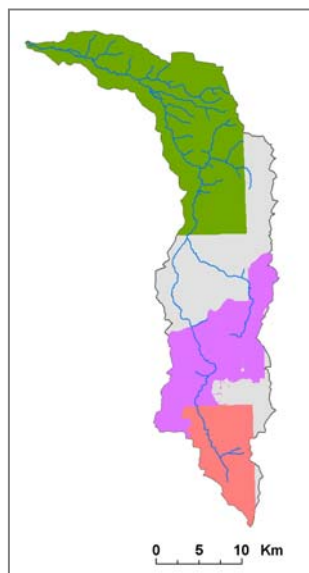


Figure 2 : Harmonisation de la carte géologique

### 2.3. Les cartes pédologiques : une variété de nomenclature et de qualité

Sur le bassin de la Blaise, trois types de cartes pédologiques sont disponibles à des échelles et avec des nomenclatures très variées (Figure 3) :



- la carte DONESOL de Saint Dizier (en vert) a été fournie sous convention par l'INRA d'Orléans. Cette Geodatabase comprend de nombreux attributs et indications sur les sols.
- des cartes pédologiques sur fond de Scan 25 (en violet) ont été fournies par la Chambre d'Agriculture de la Haute-Marne, sous format papier, ce qui a entraîné des opérations de numérisation (sous-traitance), géo-référencement (ArcView 8.3) et digitalisation des polygones de sols (ArcView 8.3). La légende était fournie par une carte de référence au 1:10000, sous format papier. L'ensemble de ces cartes pédologiques a été réalisé par la SAFE (Société d'Aménagement des Friches de l'Est) en 1988, lors d'une étude pour le zonage des sols sur calcaire et marnes du Kimméridgien dans l'Aube et la Haute-Marne.
- enfin, la zone tout au sud du bassin versant (en rouge) était également disponible au 1:100000 [Carte Juzennecourt, SAFE, 1967].

Figure 3 : Couverture pédologique du bassin de la Blaise

La couverture pédologique est ainsi disponible sur 73% de la surface du bassin : total renseigné = 442 km<sup>2</sup>, zone nord = 238 km<sup>2</sup>, zone centrale = 130 km<sup>2</sup>, zone sud = 84 km<sup>2</sup> (recouvrement zones sud et centrale = 10 km<sup>2</sup>).

### 3. La sensibilité des sols au ruissellement

Pour évaluer la sensibilité des sols au risque d'érosion via le ruissellement, nous avons choisi de mettre en œuvre une démarche inspirée des travaux de Le Bissonnais *et al.* (2002) et Dubreuil *et al.* (2003). Cette démarche prend en compte les données de pente, les occupations du sol et les caractéristiques de sol, là où les informations sont disponibles (Figure 4).

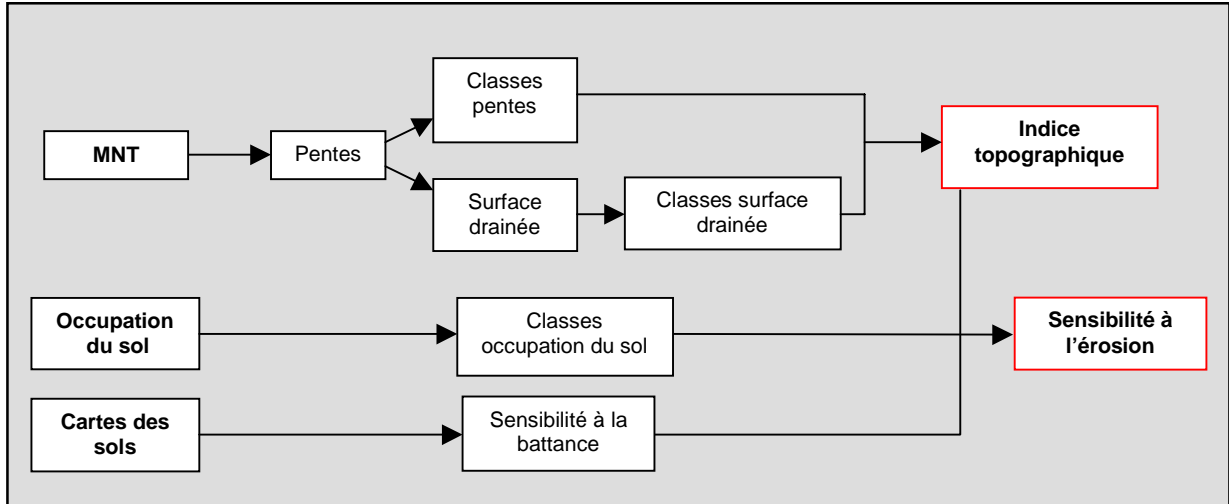
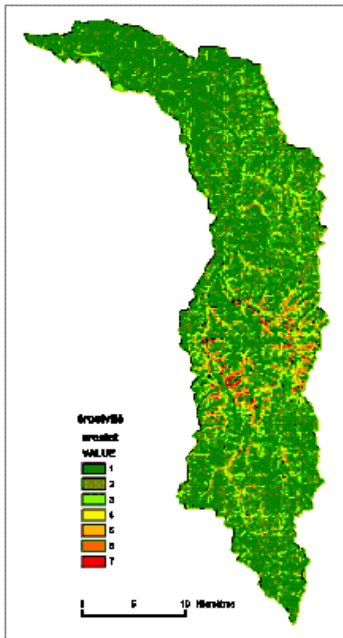


Figure 4 : Schéma de construction de la sensibilité au ruissellement

#### 3.1. Construction de la sensibilité des sols au ruissellement

##### 3.1.1 L'indice topographique d'érosivité



L'indice topographique est calculé à partir de la combinaison de la pente et de la surface drainée. Il représente un indicateur d'érosivité de l'écoulement. Pour chaque pixel, la pente est le facteur principal, plus ou moins aggravé par l'importance du flux d'eau qui le traverse. La pente est découpée en 6 classes, choisies en fonction de la bibliographie (Dubreuil *et al.*, 2003), et l'accumulation de flux en 3 classes (calculées sous ArcInfo) séparant des zones «Amont», «Intermédiaire» et «Thalweg».

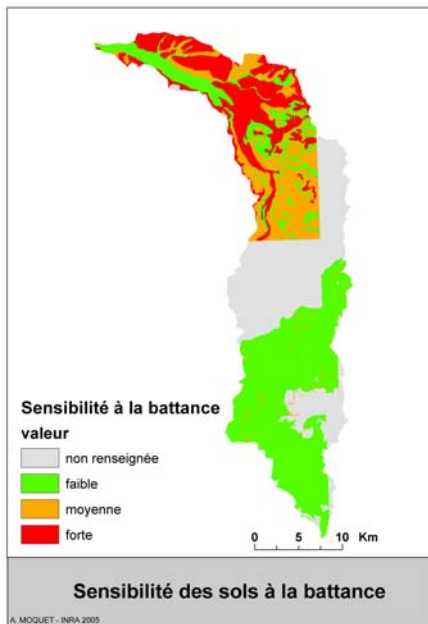
L'indice topographique obtenu est codé en 7 classes, la classe 7 représentant le ruissellement le plus érosif, couplant des pentes fortes et un flux d'eau important. Les forts indices sont localisés au milieu du bassin de la Blaise, dans les vallées les plus profondes creusées dans le calcaire (Portlandien), alors que les zones amont et aval du bassin présentent des valeurs d'indice plus faibles (Figure 5).

Figure 5 : Cartographie de l'indice topographique d'érosivité du ruissellement

##### 3.1.2 La sensibilité des sols à la battance

La sensibilité des sols à la battance est définie à partir de la texture des sols, et en particulier de leur teneur en argile et en limon. Nous l'avons évaluée de manière différente dans les trois zones couvertes par des cartes pédologiques (Figure 6). Dans la zone aval du bassin versant, couverte par la carte de Saint Dizier sous forme DONESOL, nous avons pris en compte la composition en argile et en limon de la première strate, sans considérer son épaisseur. Par ailleurs, une unité cartographique de sol

pouvant être composée de plusieurs types de sols, nous avons calculé une moyenne des teneurs en argile et limon pondérée par les pourcentages de chaque types de sols. Ces valeurs donnent une indication de structure (fine, moyenne et forte) qui, couplée à la nature du matériau d'origine, exprime une sensibilité à la battance (faible, moyenne et forte). Ces données ont été complétées par une estimation de la sensibilité à la battance à partir de la légende de la carte lorsque la première strate n'était pas renseignée dans la base DONESOL.



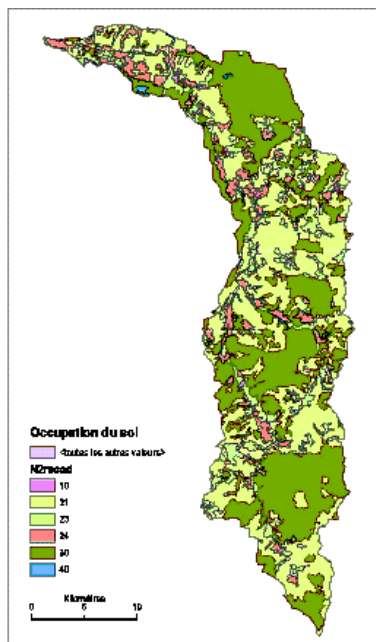
Dans la zone amont du bassin versant, les teneurs en limon et argile sont données par la carte pédologique de Juzennecourt, à partir de relevés ponctuels. Les valeurs des relevés étant assez homogènes pour un type de sol donné, nous les avons généralisées à l'ensemble du type de sol.

Enfin, dans la zone médiane, la sensibilité à la battance a été évaluée à dire d'expert, à partir de la légende détaillée de la carte pédologique. De manière générale, cette zone apparaît très peu sensible à la battance.

Figure 6 : Sensibilité des sols à la battance

La carte de sensibilité des sols à la battance a finalement été validée par François Contat, de la Chambre d'Agriculture de Haute-Marne, de manière à vérifier la cohérence des résultats sur le bassin et leur adéquation avec ce qui est généralement admis en termes de battance dans la région.

### 3.1.3 L'occupation du sol



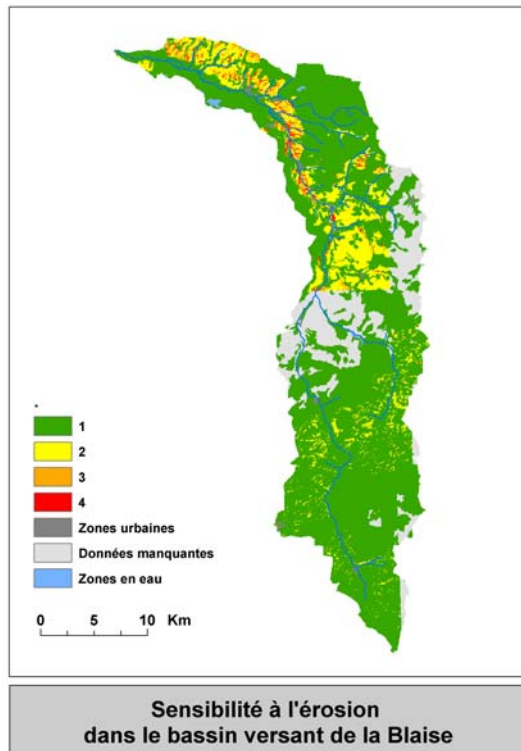
L'occupation du sol, donnée par la couverture CORINE Land Cover au format vecteur, a été recodée en 6 classes (Dubreuil, 2003) : les zones artificialisées, les terres arables, les prairies, les zones agricoles hétérogènes, les forêts et végétation arbustive, les zones humides et surfaces en eau (Figure 7).

Figure 7 : L'occupation du sol du bassin de la Blaise

## 3.2. Résultat : la carte de sensibilité des sols au ruissellement

La recombinaison des trois facteurs précédemment présentés (indice topographique d'érosivité, sensibilité des sols à la battance et occupation du sol) aboutit au calcul d'un indice d'aléa d'érosion. Elle est réalisée par passage de l'ensemble des couches sous format raster par pixel de 50

m. L'indice obtenu est codé selon 4 intensités d'aléa d'érosion (Figure 8). Il n'est pas renseigné sur certaines zones, en particulier en bordure de la carte pédologique de Saint Dizier.



Cette démarche a un caractère avant tout indicatif, avec l'objectif de constituer un premier diagnostic de la sensibilité des sols du bassin de la Blaise au ruissellement et à l'érosion. Elle permet ainsi de distinguer différentes zones de sensibilité : la moitié sud du bassin apparaît très peu sensible à l'érosion (valeur de sensibilité de 1, en vert), alors que la moitié aval, en dépit de pentes relativement faibles, présente des sensibilités plus contrastées, expliquées par des sensibilités à la battance élevées et une occupation du sol majoritairement classée en terres arables et zones agricoles hétérogènes.

Figure 8 : Cartographie de l'indice d'aléa d'érosion

D'autres paramètres, que nous n'avons pu prendre en compte dans le temps imparti, interviennent dans la sensibilité des sols à l'érosion : les précipitations, le taux de cailloux, l'épaisseur des sols et les pratiques culturales (labour, jachère...). En outre, il existe une autre forme de « battance » dans les zones à teneur en calcaire élevée, où la fermeture des sols favorise le ruissellement par dissolution/précipitation des carbonates après les précipitations, formant une croûte solide en surface qui s'apparente à la battance. Ce phénomène, assez difficile à quantifier, dépend fortement de la succession d'épisodes pluviométriques.

#### 4. L'extrapolation des cartes pédologiques existantes

Pour renseigner les caractéristiques des sols sur l'ensemble de la surface du bassin versant, nous avons développé une seconde démarche de valorisation des données disponibles visant à extrapoler les cartes pédologiques existantes aux zones non renseignées du bassin. Cette démarche est basée sur deux facteurs considérés comme les plus importants dans la morphogénèse des sols : la topographie et la géologie (Figure 9).

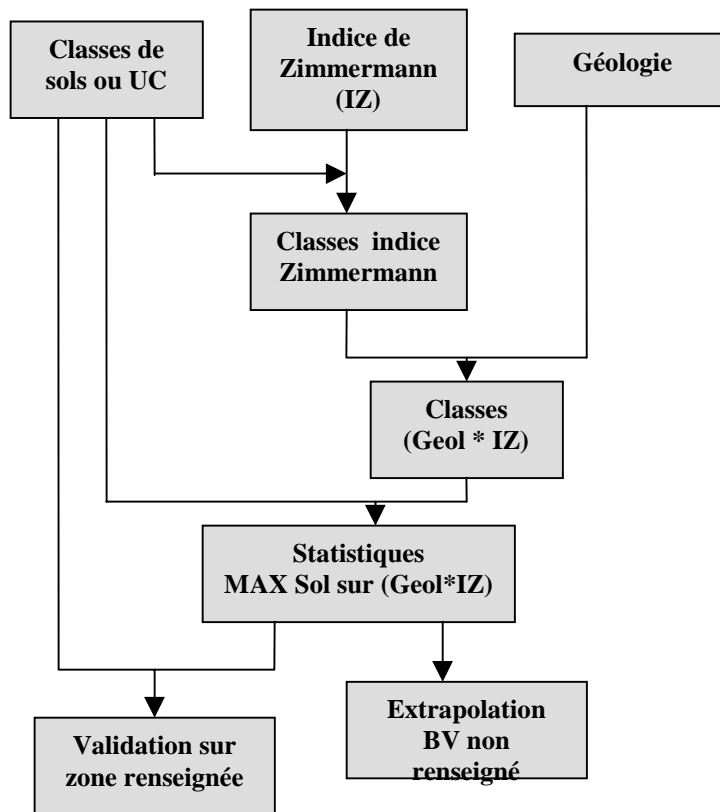


Figure 9 : Démarche d'extrapolation des cartes pédologiques existantes

La pente n'étant pas seule caractéristique de la topographie, nous avons mobilisé l'indice de Zimmermann qui est un indice de morphopaysage, basé sur des statistiques de voisinage en mode pixel mises en œuvre sous ArcInfo Workstation en AML (Figure 10). Cet indice couple des caractéristiques de pente et de topographie, selon un découpage en 5 classes : plateau, haut de versant, versant, bas de versant, vallée. Après recombinaison avec les caractéristiques géologiques du bassin, nous avons choisi de retenir l'unité cartographique de sol majoritaire pour chaque classe croisant la géologie et l'indice de Zimmermann, et d'extrapoler ainsi les unités cartographiques de sol sur les zones non renseignées du bassin versant (Figure 11).

Pour valider cette méthode, nous avons confronté les unités cartographiques de sol extrapolées avec les unités cartographiques de sol existantes sur les zones renseignées du bassin. En retenant l'unité cartographique de sol majoritaire pour chaque classe (Géol \* IZ), il s'avère que 50% de la surface du bassin à renseigner le sont correctement, car la méthode favorise les unités cartographiques les plus étendues, à l'inverse des unités de plus petite taille.

Une seconde démarche d'extrapolation, mobilisant des méthodes statistiques basées sur les arbres de classification, est actuellement en cours de test. Les arbres de classification sont des méthodes de segmentation dont le but est de fournir une prédiction d'une variable quantitative *a priori* inconnue sur un individu, un objet ou un lieu donné. Cette prédiction utilise d'autres variables connues, quantitatives ou qualitatives, supposées corrélées avec la variable recherchée (Lagacherie, 1992). Dans le cas présent, nous privilégions les variables connues explicatives de la genèse des sols : pentes, courbures et orientations (issues du MNT), morphopaysage (indice de Zimmermann), hydromorphie (indice de Beven), géologie, occupation du sol. Les analyses statistiques sont actuellement en cours, et ne sont donc pas présentées dans ce rapport.

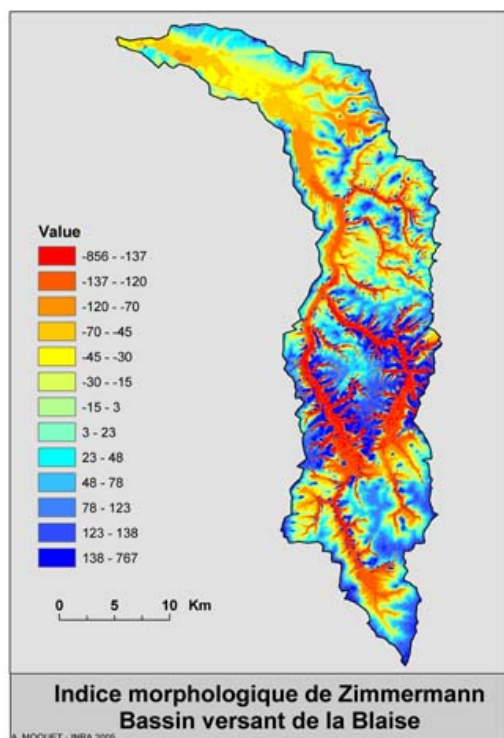


Figure 10 : Indice de morphopaysage de Zimmermann

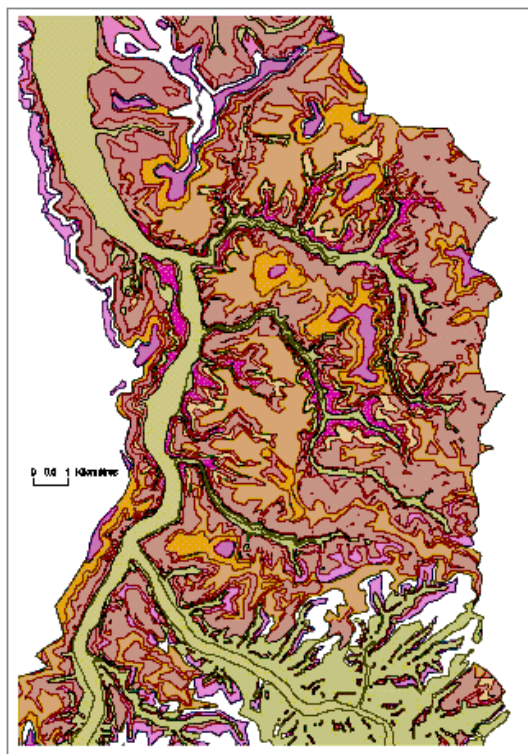


Figure 11 : Extrapolation de la couverture pédologique sur la zone médiane du bassin

## 5. Conclusion

Les méthodes présentées dans ce chapitre pour caractériser la diversité des sols du bassin de la Blaise sont avant tout exploratoires. A partir d'analyses cartographiques et spatiales relativement simples mobilisant différentes catégories d'informations existantes, elles visent à étendre la couverture pédologique du bassin et à fournir des premières indications sur la sensibilité du milieu au ruissellement, qui peut être accompagné d'érosion et par voie de conséquence source de pollution diffuse des eaux superficielles.

Ces méthodes demandent toutefois à être approfondies. Ainsi, l'évaluation de la sensibilité des sols au ruissellement pourrait être améliorée par la prise en compte de paramètres complémentaires à ceux que nous avons mobilisés, liés au climat (et en particulier à la pluviométrie), à des caractéristiques de sols (taux de cailloux, épaisseur) et aux pratiques culturales (types de travaux du sol avant implantation de la culture, importance des sols nus en hiver...). Concernant le taux de cailloux, nous nous sommes intéressés à la possibilité de cartographier « les terres à cailloux » (Agronomie Action Barrois Bourgogne, 1988) en les repérant par interprétation de photographies aériennes issues de la BD-Ortho de l'IGN. Mais, en raison des limites entre dalles et de l'hétérogénéité des prises de vue, cette cartographie s'est révélée difficile. Nous pouvons néanmoins nous demander si le repérage des « zones à cailloux » ne pourrait pas être réalisé par télédétection, à partir d'images satellitaires.

Pour renseigner les pratiques culturales, nous envisageons de coupler cette étude avec l'analyse de la diversité des pratiques agricoles présentée dans le chapitre précédent. A l'heure actuelle, à partir des enquêtes réalisées auprès de 21 agriculteurs du bassin, 435 parcelles sont renseignées en termes d'utilisation et de pratiques culturales (Figure 12). Le recoupement de ces données avec les différents facteurs de sensibilité du milieu (surface drainée en amont, pente et érosivité du ruissellement) montre en première analyse que ce sont les occupations du sol présentant le moins de risque d'érosion (bois, vergers, prairies) qui sont localisées dans les zones aux indices



élevés (pentes fortes et ruissellement érosif). La poursuite des enquêtes en exploitations prévue en 2005 nous amènera à préciser ces premiers résultats.

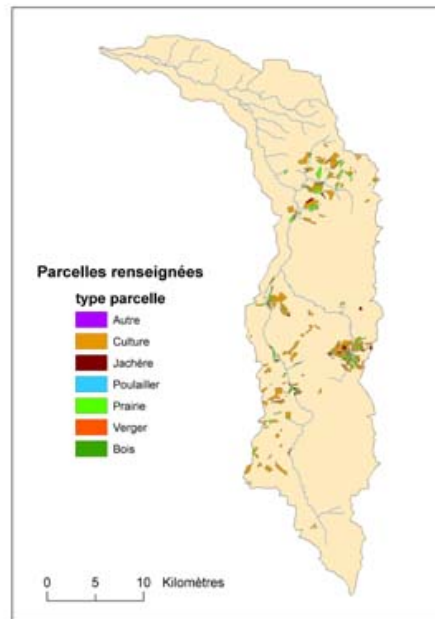


Figure 12 : Localisation des parcelles renseignées par enquête auprès des agriculteurs

Enfin, des analyses statistiques basées sur des arbres de classification seront conduites pour tenter d'améliorer la précision de l'extrapolation des cartes pédologiques existantes aux zones non renseignées du bassin de la Blaise.

## 6. Remerciements

De nombreuses personnes ont été sollicitées dans le cadre de cette étude, et nous tenons ici à les remercier : François Contat, tout d'abord, partenaire de ce projet via la Chambre d'Agriculture de Haute-Marne, Christian Piedallu de l'ENGREF de Nancy et Lionel Bargeot de l'IGCS Bourgogne pour leur conseil et support technique en géomatique, Jean-Marc Robbez-Masson pour la mise en œuvre des méthodes statistiques basées sur les arbres de classification. Nous avons par ailleurs bénéficié de discussions très intéressantes et enrichissantes avec Denis Baize, pédologue de l'INRA d'Orléans, et Philippe Lagacherie, pédologue et spécialiste des arbres de classification à l'INRA ENSAM.

## 7. Bibliographie

- Agronomie Action Barrois Bourgogne (1988). Les "terre à cailloux" des plateaux calcaires du Barrois et de Bourgogne. Typologie Agronomique, 60 p.
- Dubreuil N., Le Bissonnais Y., Daroussin J. (2003). Cartographie des risques d'érosion dans le département de l'Aisne. *Rapport technique de l'INRA*, juin 2003, 48 p.
- Lagacherie P. (1992). Formalisation des lois de distribution des sols pour automatiser la cartographie pédologique à partir d'un secteur pris comme référence – Cas de la petite région naturelle Moyenne Vallée de l'Hérault. *Thèse de l'Université de Montpellier*, 151 p + annexes.
- Le Bissonnais Y., Thorette J., Bardet C., Daroussin J. (2002). L'érosion hydrique des sols en France. *Rapport INRA / IFEN*. 106 p.
- Moquet A., 2005. Cartographie du ruissellement et des caractéristiques des sols du bassin versant de la Blaise (Haute-Marne). Mémoire de Mastère SILAT, Montpellier.