

## **Modélisation de l'aléa érosion pour une région méditerranéenne française. Essais aux échelles du 1/1.000.000 et du 1/250.000 et comparaison**

**Antoni V., Thorette J., Zaidi N., Le Bissonnais Y., Laroche B., Le Bas C., Barthès S., Daroussin J., Arrouays D.**

*IFEN, 5 route d'Olivet - BP 16105 - 45061 ORLEANS CEDEX, France,  
Veronique.Antoni@ifen.fr*

*IFEN, 5 route d'Olivet - BP 16105 - 45061 ORLEANS CEDEX, France,  
Jacques.Thorette@ifen.fr*

*INRA, Unité INFOSOL, 2163 Avenue de la Pomme de Pin - BP 20619 ARDON - 45166  
OLIVET CEDEX, France.*

*INRA, LISAH Campus AGRO - 2 place Viala - 34060 MONTPELLIER Cedex 1, France,  
lebisson@ensam.inra.fr*

*INRA, Unité INFOSOL, 2163 Avenue de la Pomme de Pin - BP 20619 ARDON - 45166  
OLIVET CEDEX, France, Bertrand.Laroche@orleans.inra.fr*

*INRA, Unité INFOSOL, 2163 Avenue de la Pomme de Pin - BP 20619 ARDON - 45166  
OLIVET CEDEX, France, Christine.Le-Bas@orleans.inra.fr*

*Chambre Régionale d'Agriculture du Languedoc-Roussillon, Mas de Saporta, CS 30012,  
34875 Lattes, France, ecocomsig@languedocroussillon.chambagri.fr*

*INRA, Unité Science du Sol, 2163 Avenue de la Pomme de Pin - BP 20619 ARDON - 45166  
OLIVET CEDEX, France, Joel.Daroussin@orleans.inra.fr*

*INRA, Unité INFOSOL, 2163 Avenue de la Pomme de Pin - BP 20619 ARDON - 45166  
OLIVET CEDEX, France, Dominique.Arrouays@orleans.inra.fr*

### **Abstract**

Soil erosion is a major process in soil degradation. In order to protect the soil resource, it is therefore essential to apprehend the erosion risk. It has been modelled beforehand for the whole of France with the France Geographical Soil Database (BDSol-1M) on a 1:1 million scale. Modelling Erosion risk at regional scale was never applied to Mediterranean areas before as done in this study which focuses on the Languedoc-Roussillon region. We applied a hierarchical model within a Geographical Information System, to perform soil erosion risk mapping. The model combines several parameters, in order of their importance: land use, soil crusting, slope, soil erodibility and rainfall erosivity. Soil crusting and soil erodibility factors are assessed through pedotransfer rules applied to two soil databases: the France Geographical Soil Database (BDSol-1M) on a 1:1 million scale and the Languedoc-Roussillon soil database (BDSol-250) on a 1:250,000 scale. The aim of the study is to understand how the erosion risk modelling can be influenced by the semantic and geographic accuracy of the initial data input to the model.

**Keywords** : *erosion, risk, hierarchical model, pedotransfer rules, soil crusting, soil erodibility, texture, mapping, Geographical Information System, Digital Elevation Model, soil database, Mediterranean area.*

### **Introduction**

L'érosion est un des processus majeurs de la dégradation des sols, identifié comme l'une des huit menaces à prendre en compte dans la stratégie thématique pour la protection des sols en Europe (COM(2002) 179 final, 2002; Van-Camp et al., 2004). En France, le décret d'application n°2005-117 de la loi du 30 juillet 2003 (n°2003-699) prévoit des mesures de lutte contre l'érosion des sols et la nécessité de « réaliser un zonage des risques d'érosion » sous la responsabilité des préfets. Cette étude a pour but de tester la faisabilité d'une délimitation des zones à risques pour répondre aux demandes des préfets de départements, sous réserve de disposer de données pédologiques suffisamment précises. L'aléa érosion a déjà été modélisé en France à différentes échelles : France entière au 1/1.000.000 (Le Bissonnais et al., 1998, 2001, 2002), régionale en Haute-Normandie au 1/50.000 (Souadi et al., 2000), départementale dans l'Aisne au 1/25.000 (Le Bissonnais et al., 2004). Dans ce contexte, nous avons modélisé l'aléa érosion à une échelle moyenne. Notre étude porte sur la région du Languedoc-Roussillon, d'une part parce qu'elle est couverte par un Référentiel Régional Pédologique

au 1/250.000 et d'autre part car la modélisation de l'aléa érosion à l'échelle régionale n'a pas encore été étudiée en climat méditerranéen. L'objectif de cette étude est de comprendre comment la modélisation de l'aléa érosion est influencée par la précision sémantique et géographique des données initiales intégrées dans le modèle, en comparant les deux modélisations au 1/1.000.000 et au 1/250.000 sur la région Languedoc-Roussillon.

## Matériels et méthodes

Un modèle hiérarchique a été appliqué à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG), pour cartographier l'aléa érosion des sols. Il combine différents paramètres, par ordre d'importance (Fig. 1) : occupation du sol, battance des sols, pente, érodibilité des sols, érosivité des pluies (hauteur et intensité) (Le Bissonnais et al., 1998, 2002).

Les trois facteurs extrinsèques aux sols (occupation du sol, pente, érosivité des pluies), sont déterminés à partir des bases de données suivantes : CORINE Land Cover 1990 ou 2000 à l'échelle du 1/100.000 pour l'occupation du sol, MNT IGN (Modèle Numérique de Terrain de l'Institut Géographique National) au pas de 250m ou MNT SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) au pas de 90m pour la pente, et données Météo-France Aurhély au pas de 5km pour l'intensité et la hauteur des pluies.

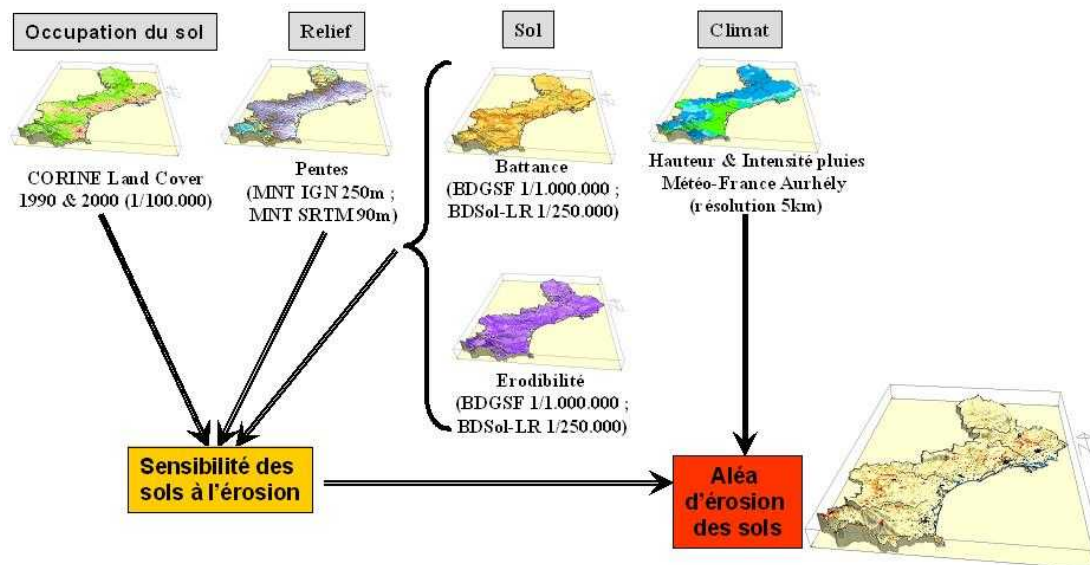


Fig. 1. Présentation du modèle et des informations géographiques utilisées pour estimer et cartographier l'aléa érosion des sols en Languedoc-Roussillon.

Les deux facteurs intrinsèques aux sols (battance et érodibilité des sols), sont établis à partir de paramètres issus des bases de données pédologiques par des règles de pédotransfert (Daroussin et King, 1996). La battance définit la sensibilité des sols à la formation d'une croûte superficielle qui colmate la surface du sol et réduit l'infiltration des précipitations. L'érodibilité détermine la sensibilité d'un sol à l'arrachement et au transport des particules qui le composent sous l'action des gouttes de pluies et/ou de l'écoulement (Le Bissonnais, 2005). Deux bases de données pédologiques de précisions géométrique et sémantique différentes, ont été utilisées pour déterminer les facteurs de battance et d'érodibilité : la Base de Données Géographiques des Sols de France (BDSol-1M) à l'échelle du 1/1.000.000 et la Base de Données des Sols du Languedoc-Roussillon (BDSol-250) à l'échelle du 1/250.000. La structure de ces deux bases associe des Unités Cartographiques de Sols (UCS) décrites par leur géométrie (polygones) à une ou plusieurs Unités Typologiques de Sols (UTS), décrites par leur mode d'agencement et le pourcentage de surface qu'elles occupent au sein de l'UCS (Jamagne et al., 1995). Les UTS sont elles-mêmes décrites par des strates. Elles représentent la variabilité spatiale latérale et verticale des paramètres du sol et sont définies par les valeurs minimales, maximales et modales des variables qualitatives (descriptives) et quantitatives (données analytiques physico-chimiques). Seules les valeurs modales des strates de surface susceptibles de subir les manifestations érosives (Le Bissonnais et al, 2005) ont été prises en compte dans cette étude.

Les règles de pédotransfert appliquées à la BDSol-1M et définies dans des études préalables ont été adaptées pour tenir compte de la meilleure précision sémantique de la BDSol-250 et des spécificités des types de sol sous climat méditerranéen avant d'être appliquées à cette dernière base de données. La règle de pédotransfert de base est établie non plus à partir des classes de texture, mais à partir des données texturales numériques des strates projetées dans des triangles de battance et d'érodibilité établis pour cette étude (Fig. 2).

Les classes de battance et d'érodibilité ainsi obtenues sont ensuite améliorées et complétées par des règles de pédotransfert supplémentaires prenant en compte le taux d'argile, le taux de pierrosité, la teneur en matières

organiques et en fer. En effet, des taux d'éléments grossiers conséquents forment des obstacles au ruissellement, favorisant l'infiltration et diminuant l'érosion. D'autre part, sous climat méditerranéen, des sols riches en matières organiques et en fer sont moins sujets à la formation d'une croûte de battance et à l'érodibilité (Singer et Le Bissonnais, 1998). L'étude de la distribution de ces différents paramètres a permis de retenir les seuils suivants : 10% et 50% pour le taux de pierrosité, 2% et 5 % pour la teneur en matières organiques et 3% pour la teneur en fer. Les classes de battance et d'érodibilité calculées pour chaque strate sont ensuite intégrées par UCS en retenant la classe dominante (Le Bissonnais et al., 2004).

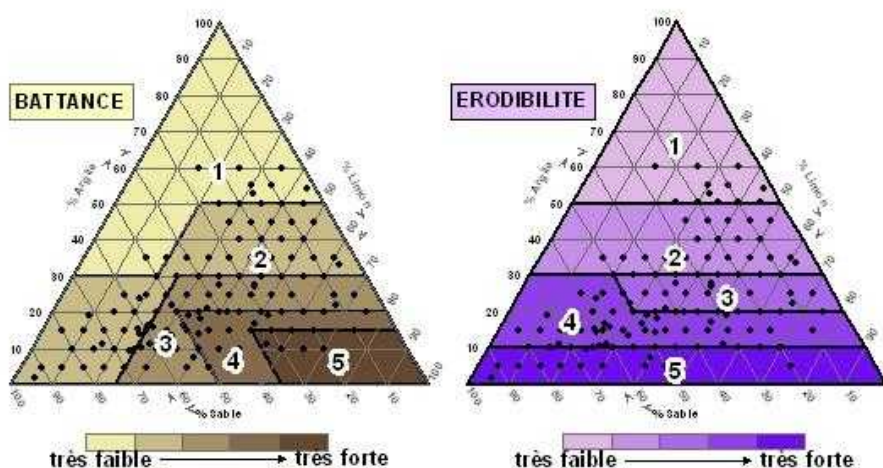


Fig. 2. Règle de pédotransfert de base obtenue par projection des données texturales des strates dans les triangles de battance et d'érodibilité établis pour la région Languedoc-Roussillon. Les triangles sont redécoupés en 5 classes de sensibilité : 1 = très faible, 2= faible, 3= moyenne, 4=forte, 5= très forte.

Différentes modélisations de l'aléa érosion sont réalisées en faisant varier les facteurs suivants : occupation du sol (CORINE Land Cover 1990 et 2000), la pente (MNT IGN 250m et MNT SRTM 90m) et la précision pédologique sémantique et géographique (BDSol-1M et BDSol-250). Les paramètres de battance et d'érodibilité estimés par règles de pédotransfert à partir de la BDSol-1M d'une part et de la BDSol-250 d'autre part, sont également comparés. Le poids des précisions géographiques et sémantiques est analysé selon les combinaisons suivantes :

- précision sémantique de la BDSol-1M et précision géographique de la BDSol-250,
- précision sémantique de la BDSol-250 et précision géographique de la BDSol-1M.

Le poids des règles de pédotransfert est étudié en appliquant les règles établies pour la BDSol-1M à la BDSol-250. A l'inverse, les règles de pédotransfert établies pour la BDSol-250 ne peuvent pas être appliquées à la BDSol-1M car la précision sémantique de cette dernière n'est pas suffisante. Enfin, une analyse de sensibilité du modèle est réalisée pour analyser le poids des différents paramètres d'entrée du modèle et les hiérarchiser.

## Résultats et discussion

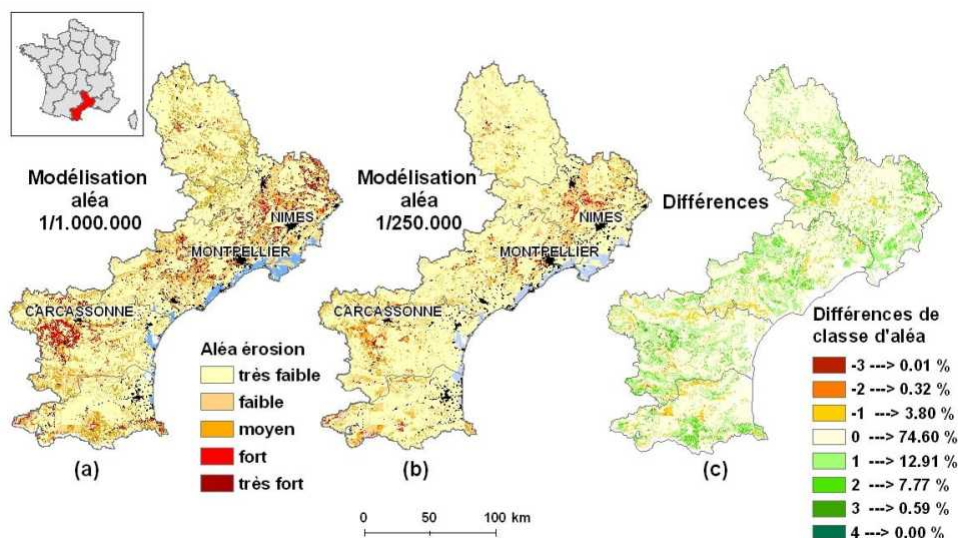


Fig. 3. Cartes résultant de la modélisation de l'aléa érosion au 1/1.000.000 (a) et au 1/250.000 (b) et carte des différences entre les deux modélisations (c). Les données ont été intégrées par pixel de 250 x 250m.

Parmi les résultats obtenus, la comparaison classe par classe de l'aléa érosion modélisé à partir de

l'occupation du sol de 2000, du MNT à 250m de résolution et respectivement de la BDSol-1M (Fig. 3a) et de la BDSol-250 (Fig. 3b), montre que pour près d'un quart de la région du Languedoc-Roussillon les classes d'aléa sont différentes.

Pour essayer de quantifier plus finement la différence entre les 2 modélisations, la différence de classe d'aléa érosion entre les deux modélisations est calculée pour chaque pixel de 250m des cartographies résultantes (Fig. 3c).

La carte 3c représente : en beige tous les pixels qui ont la même classe d'aléa dans les 2 modélisations, soit pour 74,6% de la surface du Languedoc-Roussillon ; dans les tons oranges rouges tous les pixels ayant une classe d'aléa plus faible dans la modélisation au 1/1.000.000, soit pour 4,13% ; et dans les tons verts les pixels pour lesquels les classes d'aléa sont plus élevées dans la modélisation au 1/1.000.000, soit pour 21,27%. A ce stade de l'étude il n'est pas encore possible d'attribuer ces résultats à une surestimation de l'aléa érosion modélisé au 1/1.000.000 ou à une sous-estimation de l'aléa érosion modélisé au 1/250.000 par rapport à la réalité.

La comparaison des paramètres d'entrée sensibilité à la battance et sensibilité à l'érodibilité, estimés dans les modélisations utilisant BDSol-1M et BDSol-250, montre une nette différence : 83,7% des pixels sont affectés de classes de battance différentes et 80,4% des pixels sont affectés de classes d'érodibilité différentes. Les analyses de sensibilité du modèle, du poids des précisions géométriques, sémantiques et des règles de pédotransfert devraient permettre de conclure quant au comportement des deux modélisations.

## Conclusions et perspectives

Cette étude a permis de modéliser l'aléa érosion en contexte méditerranéen en adaptant des règles de pédotransfert déjà établies pour d'autres études à la qualité sémantique et géographique de la base de données des sols du Languedoc-Roussillon au 1/250.000, ainsi qu'au contexte méditerranéen de cette nouvelle étude. Les résultats mettent en évidence une certaine cohérence avec la modélisation réalisée préalablement au 1/1.000.000.

Toutefois, dans la méthode de modélisation actuelle, seules la classe dominante de sensibilité à la battance et la classe dominante de sensibilité à l'érodibilité sont affectées à chaque UCS, au risque de générer des combinaisons inexistantes dans la réalité. Conserver toutes les combinaisons possibles par UCS des classes de sensibilité à la battance et à l'érodibilité, devrait permettre, *in fine*, d'être plus précis dans la détermination de l'aléa érosion des sols par UCS. D'autre part, pour compléter cette analyse, une validation terrain sur un petit bassin versant dont le système érosif est bien connu est envisagée, appuyée par une photo-interprétation.

## Références bibliographiques

- COM(2002) 179 final, 2002. Communication de la commission au conseil, au parlement européen, au comité économique et social et au comité des régions : Vers une stratégie thématique pour la protection des sols. 39p.
- Daroussin J. et King D., 1996. A pedotransfer rules database to interpret the soil Geographical Database of Europe for environmental purposes. In: The use of pedotransfer in soil hydrology research in Europe. Workshop proceedings. Orléans, France. 10-12 octobre 1996, pp. 25-40.
- Jamagne M., Hardy R., King D., Bornand M., 1995. La base de données géographique des sols de France. Etude et Gestion des Sols, 2, 3, 1995, pages 153-172.
- Le Bissonnais Y., Daroussin J., Jamagne M., Lambert J.-J., Le Bas C., King D., Cerdan O., Léonard J., Bresson L.-M., Jones R.J.A., 2005. Pan-European soil crusting and erodibility assessment from the European Soil Geographical Database using pedotransfer rules. Advances in Environmental Monitoring and Modelling, Vol.2 No. 1 (2005) pp.1-15.
- Le Bissonnais, Y., Dubreuil, N., Daroussin, J., Gorce, M., 2004. Modélisation et cartographie de l'aléa d'érosion des sols à l'échelle régionale. Etude et Gestion des Sols, Volume 11,3, 2004, p.307-321
- Le Bissonnais, Y., Montier, C., Jamagne, M., Daroussin, J., King, D. 2001. Mapping erosion risk for cultivated soil in France. Catena 46 (2001) 207-220.
- Le Bissonnais, Y., King, D., Daroussin, J., Thorette, J. et Céline Montier. 1998. Cartographie de l'aléa « Erosion des sols » en France. Etudes et travaux : INRA Orléans -IFEN p.63.
- Le Bissonnais Y., Thorette J., Bardet C., Daroussin J., 2002. L'érosion hydrique des sols en France. INRA Orléans - IFEN p.108.
- Singer M.J., Le Bissonnais Y., 1998. Importance of surface sealing in the erosion of some soils from a Mediterranean climate. Geomorphology 24 (1998) 79-85.
- Souadi T., King C., Bourguignon A., Maurizot P., Denis L., Le Bissonnais Y., Souchère V., Lecour A., 2000. Cartographie Régionale de l'aléa érosion des sols en région Haute-Normandie. BRGM – INRA, Rapport BRGM.
- Van-Camp L., Bujarrabal, B., Gentile, A-R., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal, C. and Selvaradjou, S-K., (2004). Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil

Protection. EUR 21319 EN/2, 872pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.