

Scientific registration no : 1693

Symposium no : 17

Presentation : poster

## **Le suivi de l'érosion au Burkina Faso - Utilisation d'un modèle cartographique.**

**GUILLOBEZ Serge** (1), **LOMPO François** (2), **DE NONI Georges** (3).

(1) CIRAD - BP 5032 - 34032 Montpellier Cedex 01 – France

(2) I.N.E.R.A. 01 BP 476 Ouagadougou 01- Burkina Faso

(3) ORSTOM - BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 01 - France.

Le modèle cartographique proposé fournit aux décideurs un aperçu qualitatif de l'érosion liée à l'eau au niveau d'un pays : le Burkina Faso. Les paramètres de la formule de Wischmeier ont permis de sélectionner les données et les cartes qui les visualisent. Le **document cartographique de base** a été établi à partir de cartes : pédologique (susceptibilité des sols à l'érosion), administrative (données statistiques), usages et occupation du sol (données spatialisées); ces cartes, après numérisation en mode vecteur, ont été croisées sous ARC/INFO; certains contours ont été simplifiés. La carte dite des **zones équiprobématiques**, est constituée de polygones qui délimitent des secteurs présentant des caractéristiques identiques en ce qui concerne le milieu agricole burkinabè. La concaténation ayant conservé les informations relatives aux cartes de base; l'établissement de la **base des données** renseignant les polygones en tient compte (érodabilité des sols, usage des sols,...). Les polygones ont été renseignés directement en ce qui concerne l'agressivité des pluies. Les données humaines constituent la dimension temporelle du modèle, elles ont été limitées pour 1985 à la densité de population et à la charge en animaux. Un classement hiérarchisé et codé a été utilisé pour chaque paramètre. La **modélisation** est effectuée dans le domaine des *attributs*. L'année 1985 a servi à étalonner une formule simple, additionnant après pondération les valeurs de classes des paramètres; l'indice obtenu (érosion liée à l'eau) est seuillé en classes. Une carte de la dégradation des terres au Burkina Faso et la connaissance des problèmes d'érosion affectant le pays ont été utiles pour l'étalonnage. Un essai de projection pour 1995 a été testé en fonction des données statistiques qui évoluent dans le temps (population et cheptel); un paramètre supplémentaire : la *réponse* des paysans, expliquée par le pourcentage de superficies ayant des aménagements anti-érosifs, doit être pris en compte. Ce nouveau paramètre nécessite un calibrage et une validation sur le terrain. Ce modèle cartographique a pour vocation principale de présenter aux décideurs, sous forme *cartographique à un instant t, un état qualitatif de l'érosion liée à l'eau* au niveau d'un pays.

Mots clés : érosion, modèle, cartographie, Burkina Faso

Scientific registration no : 1693  
Symposium no : 17  
Presentation : poster

## **Le suivi de l'érosion au Burkina Faso - Utilisation d'un modèle cartographique.**

### **Erosion monitoring in Burkina Faso - Using a cartographic model**

**GUILLOBEZ Serge** (1), **LOMPO François** (2), **DE NONI Georges** (3).

- (1) CIRAD - BP 5032 - 34032 Montpellier Cedex 01 – France  
(2) IN.E.R.A. 01 BP 476 Ouagadougou 01- Burkina Faso  
(3) ORSTOM - BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 01 - France.

#### **I Introduction :**

La qualité des terres et plus particulièrement l'érosion des sols est une préoccupation importante aussi bien pour le producteur que pour les décideurs. Ceux-ci recherchent des informations datées, un suivi qualitatif de l'érosion dans l'espace et le temps, à un nouveau national. Pour répondre à cette demande un modèle cartographique a été conçu; il concerne le Burkina Faso, pays sahélien et soudanien d'Afrique de l'Ouest. Pour ce faire, il est nécessaire de sélectionner les principaux facteurs de l'érosion, d'utiliser des données cartographiques qui permettent de les visualiser et d'établir un modèle calculant un indice d'érosion.

La formule de Wischmeier (1960 ) est mondialement citée pour l'étude des pertes en terre, bien qu'elle ait été mise au point au niveau de la parcelle, elle est utilisée pour de plus vastes espaces. Elle ne semble pas applicable en domaine soudanien en sol battant (Guillobez et al., 1992, Bep et al. 1996). Il a été montré par ces auteurs que le travail du sol (labour et sarclages) favorisait la perte en terre. Par contre, les paramètres ou facteurs utilisés par Wischmeier sont pertinents :

- l'agressivité des pluies (facteur R),
- l'érodibilité des sols (facteur K),
- la couverture du sol,
- l'utilisation par l'homme du milieu.

#### **II Carte de base :**

Le document cartographique de base a été établi après étude des cartes suivantes :

- climatiques pour l'agressivité des pluies,
- pédologiques pour l'érodibilité des sols à l'érosion hydrique,
- administratives,

- d'occupation du sol,
- des usages (utilisation par l'homme du milieu et la couverture du sol).

Ces cartes représentent les paramètres sélectionnés. Les critères de choix ont été : le format A4 (échelle de 1/5.000.000 environ), un maximum d'une dizaine d'unités cartographiques.

Du fait du gradient climatique nord-sud qui prévaut au Burkina Faso, l'agressivité des pluies (R) est, en première approximation, une fonction de la latitude :

$$R = a - b \cdot \text{Lat} \quad (\text{Roose, 1980; Guillobez, 1992}).$$

Au niveau des sols, on a utilisé un document **pédologique** simple (Somé et al., 1992) représentant les grands types de pédogenèses. Il a été établi à partir de l'esquisse physiographique au 1/1.000.000 Guillobez (1985); ce dernier s'est inspiré des travaux de cartographie systématique de l'ORSTOM (1/500.000, 1968 et 1969).

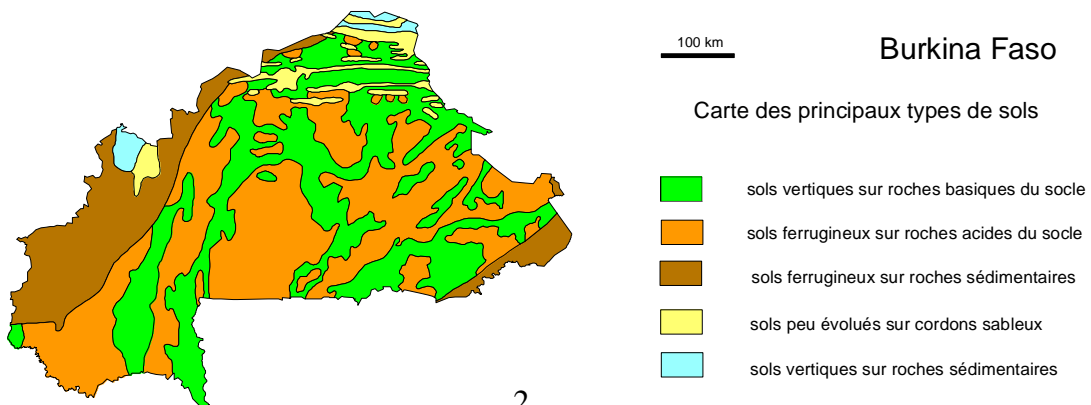
Beaucoup de données concernant l'homme sont des statistiques au niveau de la **province** (unité administrative majeure au Burkina); malheureusement les limites administratives suivent rarement les activités humaines : leur utilisation exclusive provoque un biais important. Pour limiter les imprécisions dues à ce type de données, des cartes des **usages** (libre ou limité) et de **l'occupation du sol** établie par analyse visuelle d'images satellites LANDSAT, aux environs de 1980 (Somé et al., 1992) ont été retenues.

Grâce à l'amabilité de l'Institut Géographique Burkinabè (IGB), nous avons pu utiliser leurs données numériques (échelle de conception : 1/1.000.000). Toutes les cartes ont été numérisées avec ce contour des frontières (mode vecteur). Dans un deuxième temps elles ont été croisées en utilisant la fonction *union* du logiciel ARC/INFO. Il s'agit des cartes suivantes :

- carte des provinces, 30 provinces en 1995.

- carte pédologique (5 unités) :

- carte des usages (4 unités) : libre, parcs nationaux, forêts classées, réserves



naturelles.

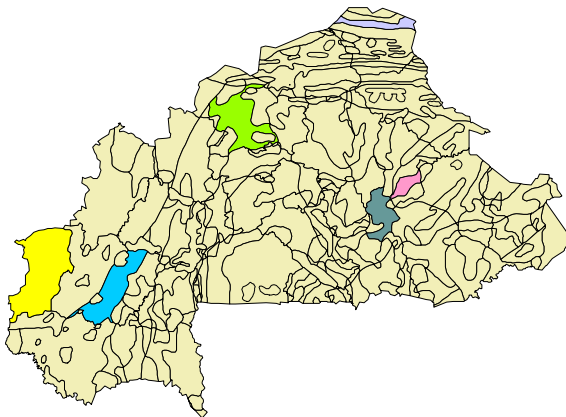
- carte d'occupation du sol (4 unités) : élevage et intensité de l'agriculture à trois niveaux.

La carte obtenue après croisement, comprenait près de 400 polygones, elle a été simplifiée en éliminant d'abord les polygones trop petits; puis, en supprimant des contours selon les priorités suivantes :

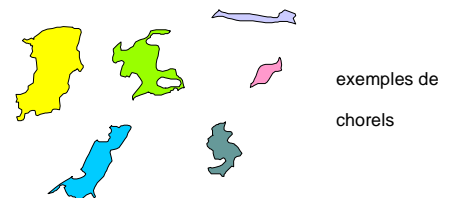
usages > provinces > sols > occupation

A l'intérieur des zones à usage réservé toutes les autres limites ont été supprimées. Quand deux contours étaient très voisins, celui qui correspondait à la plus grande priorité a été maintenu.

Cette nouvelle carte est un *puzzle* constitué de polygones jointifs présentant des caractéristiques équiprobématiques en ce qui concerne : les conditions climatiques, les types de sol, l'utilisation qu'en fait l'homme. On appellera celle-ci **carte des zones équiprobématiques**. Elle ne constitue qu'une seule couche au niveau informatique, les polygones s'apparentent aux pixels du mode image, par analogie nous les appellerons : *chorel*@ de *chor* radical grec : étendue, espace, contrée, pays (Brunet et al; 1992) et *el* : élémentaire.



Carte des zones équiprobématiques



exemples de chorels

### III Base de données :

L'union faite sous ARC/INFO (jointure graphique) conserve les indications relatives aux cartes thématiques de base (numérotation). La table attributaire d'origine comprend en ligne, les polygones et en colonne, les quatre types de données représentés par un numéro. Cette table doit être complétée selon les thématiques choisies. Les polygones ont été renseignés directement en fonction de la variation de **l'agressivité des pluies**. Le codage en 7 classes hiérarchisées a été effectué en utilisant une carte représentant ces niveaux d'agressivité des pluies.

La **susceptibilité des sols à l'érosion** (pluviale et hydrique) est une donnée globale qui prend en compte la battance; elle est établie à partir des numéros de types de

sols. Les cinq types de sols ont été codés et notés en 4 classes croissantes: 1 pour les sols sableux, 3 et 4 pour les sols ferrugineux ( roches sédimentaires, roches du socle) et 5 pour les types de sols vertiques. Cette notation a tenu compte des résultats obtenus en parcelle de Wischmeier (facteur K : Roose, 1974 et 1980 ; Piot et Millogo, 1981).

**L'usage des sols** a été codé en deux classes : usage libre (1) ou réservé (0).

**L'emprise agricole** est une donnée issue de documents statistiques au niveau de la province; 7 classes croissantes ont été retenues.

**L'occupation du sol** a été estimée après étude visuelle d'images satellites. Les 4 classes ont été notées : 1 (élevage dominant), de 2 à 4 en fonction de l'intensité du développement agricole.

Les paramètres qui caractérisent les influences liés à **l'homme** et dont l'évolution est rapide dans le temps sont des données statistiques, au niveau de la province.

**La densité de population** a été calculée avec les résultats du recensement de 1985 (INSD, 1989); pour 1995 une estimation a été utilisée. Ces valeurs ont été codées en 9 classes, selon une échelle croissante (incrément : 10 habitants au km<sup>5</sup>).

**La charge en animaux** sous la forme UBT/km<sup>5</sup> (Unité Bovins Tropicaux). Cette donnée a été calculée à l'aide de statistiques fournies par la Direction des Statistiques Agro-Pastorales du Burkina (DSAP) pour les années 1985 et 1995, pour les bovins et les petits ruminants (formule proposée par Boudet et Rivière, 1968). L'échelle de transformation entre les UBT/km<sup>5</sup> a été établie avec un pas d'incrément de 5. Parmi les données caractérisant le rôle de l'homme, sa *réaction* à l'ampleur de l'érosion, n'a pu être prise en compte que pour 1995, faute de donnée en 1985.

Tout cette partie du travail a été effectuée avec le logiciel Mapinfo. Les tables attributaires ont été établies par grand type de paramètre. Le renseignement de la base liée à la carte a été fait par jointure à partir des attributs thématiques.

#### **IV Modélisation de l'érosion :**

Celle-ci est effectuée dans la base de donnée qui contient comme *individus* les chorels (polygones) et comme *variables* des données, qualitatives ou quantitatives, codées. La modélisation a été effectuée avec le logiciel Winstat du CIRAD dont les différentes fonctions (calculs, conditions) se sont avérées pratiques. Le modèle a été élaboré avec pour référence l'année 1985 (recensement général de la population, statistiques sur l'élevage au niveau provincial : DSAP, 1996). Pour décrire l'état du milieu à cette date, une carte de dégradation des terres au Burkina Faso (Somé et al., 1992) transformée en cartes de l'érosion (7 classes), a été utilisée. Elle a permis le renseignement des chorels par simple superposition visuelle des polygones de la carte de base et de celle-ci.

La démarche utilisée s'inspire de l'analyse multicritère (croisement des informations). La formulation est à la fois empirique et stochastique. Sous Winstat, des nuages de points entre la variable dégradation (état du milieu) et les différentes variables ayant un rôle explicatif de l'érosion ont été étudiés. Les valeurs des classes ont été transformées en *indices* vis-à-vis de

l'érosion. La variable usage a conservé un codage binaire : 0 (usage réserve) et 1 (usage libre).

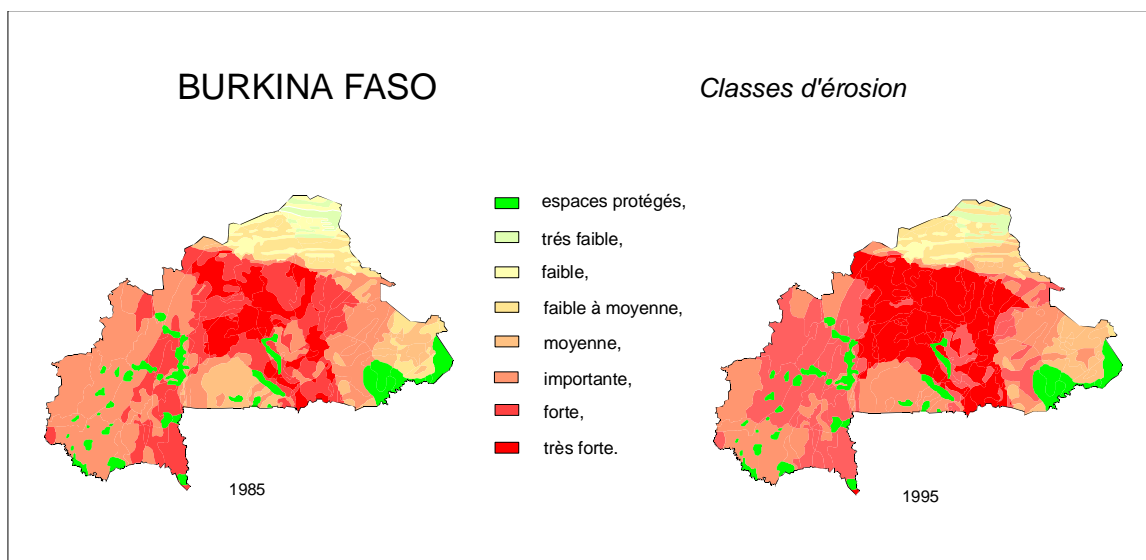
Chaque *indice* doit être additionné après pondération. Une régression linéaire multiple a été utilisée afin d'obtenir de premiers coefficients; puis un premier indice d'érosion, qui a été seuillé. Le nouveau tableau de données a été transféré sous Mapinfo; ce logiciel a permis de visualiser les cartes des classes d'érosion. La connaissance des problèmes d'érosion au Burkina a orienté les modifications des poids, cette opération a été effectuée plusieurs fois.

$$\text{Indice d'érosivité} = \sum(a_i \text{Ind}_i)$$

avec :  $a_i$  = poids et  $\text{Ind}_i$  = indice d'érosion du paramètre  $i$

Le résultat est ensuite multiplié par la variable usage (valeurs prises 0 ou 1). L'indice final obtenu est alors seuillé afin d'être transformé en sept classes croissantes, plus une classe concernant les espaces protégés. Pour l'année 1985, les problèmes d'érosion sont surtout développés dans la partie centrale du pays (plateau central) et dans la province du Yatenga, ces régions sont très peuplées et les sols y sont fragiles.

La projection pour 1995 montre une augmentation importante des zones où l'érosion est forte; en liaison avec la croissance démographique et le développement de l'élevage. Ce résultat apparaît néanmoins exagéré. Dans de nombreuses provinces, des actions concrètes de lutte contre l'érosion hydrique ont été entreprises, sous l'influence conjointe des pouvoirs publics, des bailleurs de fonds et grâce aux ONG. Des aménagements anti-érosifs, sous forme de diguettes en terre ou cordons de pierre, ont été implantés. Afin de tenir compte de cette **réponse** du monde rural une nouvelle variable a pu être proposée : Ale pourcentage de superficies cultivées ayant des aménagements anti-érosif@. Cette variable doit être transformée en indice (négatif) vis-à-vis de l'érosion. En l'absence d'un état des lieux pour 1995, sa part réductrice dans le calcul de l'indice d'érosion, n'a pas été estimée.



**V Conclusion :**

Ce modèle a été développé dans un but exploratoire. La validation reste insuffisante en ce qui concerne la prise en compte des paramètres liés à l'homme; dont l'utilisation nécessite une évaluation coûteuse sur le terrain. La demande est importante, elle émane des bailleurs de fonds au niveau international. Ce modèle cartographique peut aider à la mise en place d'une méthodologie sur les indicateurs de qualité des terres (initiative de la Banque Mondiale : programme LQI), ce qui nécessitera des améliorations. Il est nécessaire d'intégrer au niveau des polygones les informations statistiques issues d'enquêtes afin de suivre la dynamique agricole; la pression exercée par l'agriculture sur son milieu et sa réponse éventuelle aux variations d'état de celui-ci. La mise en place d'une méthodologie simple et rapide d'étude de l'état du milieu est également une exigence, ceci peut être réalisé lors d'études au niveau national par l'utilisation de données satellites à faible résolution et en utilisant des méthodes de diagnostic fines. Les observations détaillées, seront effectuées en des emplacements représentatifs, choisis en fonction par exemple des résultats d'une modélisation comme celle qui vient d'être présentée, effectuée à Adires d'expert@.

#### BIBLIOGRAPHIE :

- Bep B., Zahonero P., Boli Z., Roose E., 1996. Evolution des états de surface et influence sur le ruissellement et l'érosion des sols ferrugineux tropicaux sableux du nord Cameroun soumis à diverses techniques culturales. In Bull. Réseau Erosion n **6 ORSTOM**, Montpellier : 59-77.
- Boudet G., Rivière R., 1968. Emploi pratique des analyses fourragères pour l'appréciation des pâturages tropicaux. Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux. Vol 21,n **2 : 227-266**.
- Brunet R., Ferros R., Thery H., 1992. Les mots de la géographie, dictionnaire critique. La Documentation française, Paris, 518p.
- Collet C., 1992. Systèmes d'information géographique en mode image. Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne, 186p.
- DSAP. 1996. Enquête nationale de statistiques agricoles. Min. de l'Agri. et des Res. Anim., Ouagadougou, 100p.
- Guillobez S., 1985. Milieux naturels du Burkina Faso. IRAT, Montpellier, carte au 1/1.000.000.
- Guillobez S., 1992. Caractères climatiques influençant la dégradation et l'érosion des sols au Burkina Faso. CIRAD-CA , INERA, 14p.
- Guillobez S., Zougmore R., Kaboré B., 1995. L'érosion en Afrique soudanienne, confrontation des points de vue des chercheurs et des paysans. Cas du Burkina. In; Proceedings of the scope workshop, 15-19 nov. 1993. Dakar, Sénégal. @Sustainable land management in Africa semi-arid and subhumid regions. F. Ganry and B. Campbell Editors. CIRAD, Montpellier : 203-212.
- INSD, 1989. Recensement général de la population - 1985. Ministère du plan, Ouagadougou, 329p.
- Legros J.P., 1996. Cartographies des sols. De l'analyse spatiale à la gestion des territoires. Presses polytechniques et universitaires romandes. Lausanne, 321p.
- ORSTOM, 1968, 1969. Etude pédologique de la Haute Volta. 5 cartes au 1/5.00.000.
- Piot J., Millogo E., 1980. Rapport de synthèse de six années d'étude du ruissellement et de l'érosion à Linoghin. CIRAD-CTFT, Nogent sur Marne : 47p.

Roose E., 1980. Dynamique actuelle des sols ferrallitiques et ferrugineux tropicaux d'Afrique Occidentale. Etude expérimentale des transferts hydrologiques et biologiques de matières sous végétation naturelles ou cultivées. Thèse Univ. d'Orléans, 587p.

Roose E., Arrivets J., Poulain F., 1974. Etude du ruissellement du drainage et de l'érosion sur deux sols ferrugineux de la région centre de Haute Volta. Bilan de trois années d'observations à la station de Saria. ORSTOM, IRAT.

Somé L., Taonda J.B., Guillobez S., 1992. Le milieu physique du Burkina Faso et ses contraintes. Comité Technique National de Recherches Agricoles. INERA, 16p.

Wischmeier W.H., Smith D.D., 1960. An universal soil-loss estimating equation to guide conservation farm planning. 7th Intern. Congr. Soil Science, I.: 418-425.

Mots clés : érosion, modèle, cartographie, Burkina Faso

Keys words : erosion, model, cartography, Burkina Faso