

Les eaux dans un bassin versant

Comportement hydrodynamique et érosif des sols dans le bassin versant de l'Oued Jemaa (Maroc)

Abdelkader El GAROUANI¹, Abdelaziz MERZOUK², Raouf JABRANE¹, Mohamed Rached BOUSSEMA³

1. Laboratoire de Géologie des Ressources Naturelles et Environnement, Faculté des Sciences et Techniques de Fès (FST), Route d'Imouzzar, B.P. 2202, Fès, Maroc

téléphone (212) 55 60 29 53/60 96 34, télécopieur (212) 55 60 82 14, courriel : el_garouani@yahoo.fr

2. Laboratoire de Conservation des Eaux et du Sol, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV), Allal Al Fassi, B.P. 6202, Rabat, Maroc

téléphone/télécopieur: (212) 37 77 12 85, courriel : merzouk@mtds.com

3. Laboratoire de Télédétection et Système d'Information à Référence Spatiale, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis (ENIT), Tunis-Bévérdère, 1002, Tunisie

téléphone (216) 1 87 47 00, télécopieur (216) 1 87 27 29, courriel : Rached.Boussema@enit.rnu.tn

L'étude des risques de ruissellement et d'érosion sur un bassin versant exige une bonne compréhension du comportement hydrologique du sol et en particulier la capacité d'infiltration qui dépend de ses états de surface et des types de sols.

Le présent travail consiste en l'étude de l'infiltration dans le bassin versant de l'oued Jemaa au pré-Rif marocain (120 km²) en vue de simuler le comportement hydrologique des sols vis-à-vis de l'érosion hydrique notamment par la détermination sur le terrain des taux d'infiltration dans les sols sous différentes types occupation et la détermination des facteurs qui agissent sur la capacité d'infiltration. Dans cette expertise, nous avons procédé par :

- La réalisation de plusieurs tests d'infiltration en utilisant la méthode à double anneau de Müntz et échantillonnage des sols.
- L'analyse physico-chimique des sols échantillonnés (granulométrie, densité apparente, matière organique et teneur en eau, etc.).
- L'analyse multicritère de la sensibilité des sols au ruissellement pour mettre en évidence les différents paramètres contributifs au processus hydrologique du sol.

La mesure de l'infiltration en un point donné du bassin versant est une opération relativement aisée, mais la difficulté réside dans le fait de chercher l'infiltration qui caractérise l'ensemble du bassin, car celui-ci est très hétérogène du point de vue perméabilité. C'est pourquoi il faut faire beaucoup de mesures. Par ailleurs, si les mesures par simulateur de pluie présentent l'avantage d'être proches d'une pluie réelle, elles s'avèrent difficiles à mettre en œuvre dans un temps restreint sur un nombre relativement élevé de points. De ce fait, l'infiltromètre à double anneau (type Müntz) a été choisi dans un premier temps pour faire le nombre de mesures nécessaire. Il permet de déterminer l'infiltration de l'eau dans le sol de façon très locale (surface de 100 cm²) et devra être complété ultérieurement par des mesures avec un simulateur de pluie sur des sites judicieusement choisis à partir des résultats de cette étude.

Les facteurs qui gouvernent l'infiltration sont complexes et leurs interrelations sont peu connues. Nous nous sommes basés sur des analyses par régressions multiples pour identifier les facteurs qui agissent sur la capacité d'infiltration à savoir les paramètres du sol, le couvert végétal, la pente et l'occupation du sol. Ce dernier paramètre est obtenu à partir d'une image HRV de SPOT

qui a permis une cartographie à jour de l'occupation du sol sur la zone d'étude. La caractérisation climatique du bassin versant de l'oued Jemaa a montré qu'il jouit d'un climat favorable pour l'intensification des travaux agricoles. Du côté géologique la zone est constituée par des formations géologiques argilo marneuses avec des pointements gréseuses. Le réseau hydrographique est très développé à cause de la nature tendre des matériaux géologiques et de l'importance du ruissellement.

Les résultats de l'expérimentation mettent en évidence l'importance de la structure du sol sur les transferts d'eau. En effet, L'analyse des mesures de perméabilité faites sur le terrain montre une relation avec le type d'occupation des sols, le mode de travail des terres, les formations géologiques, et plus précisément les types des sols. Pour expliquer la variabilité spatiale des paramètres hydrologiques des sols, l'observation des caractéristiques des sols ainsi que le couvert végétal fournissent de bonnes réponses. La densité apparente, l'état de surface et la teneur en matière organique ont permis aussi d'expliquer la variation de l'infiltration. En effet, dans les parcelles soumises à un système de culture, la couche de sol travaillée joue un rôle particulièrement important dans le cycle de l'eau. Cette couche riche en matières organiques et micro-organismes, colonisée par le système racinaire du peuplement végétal cultivé favorise l'infiltration. Il apparaît aussi que le piétinement du bétail et la dégradation de la strate végétale modifient la structure du sol (fermeture des pores, tassement, etc.) en rendant plus aisé le ruissellement.

A la lumière de ces résultats, et en fonction de la perméabilité des différents types de sols étudiés, trois classes majeures de formations superficielles basées sur le regroupement des différentes formations géologiques et pédologiques ont été identifiées.

- sols perméables (sols modaux avec des taux d'infiltration supérieurs à 40 mm/h),
- sols moyennement perméables (sols modaux localement érodés ou vertiques avec des taux d'infiltration compris entre 30 et 40 mm/h),
- sols moins perméables (sols vertiques érodés avec affleurement local présentant des taux d'infiltration inférieurs à 18 mm/h).

En pratique, la méthode utilisée présente plusieurs avantages. Le matériel est facile à transporter ce qui permet d'effectuer les mesures rapidement. En plus, il nécessite une faible quantité d'eau par rapport aux simulateurs de pluie.

Cette méthode a permis d'obtenir des valeurs d'infiltration à l'équilibre qui peuvent être utilisées comme indice d'infiltration de l'eau des sols étudiés. Enfin, la lithologie marneuse du bassin versant étudié laisse suggérer une grande sensibilité à l'érosion hydrique, mais l'action érosive est autant plus accentuée que le sol est en jachère ou en parcours et n'est pas protégé par une couverture végétale permanente. La pratique de l'arboriculture, surtout sur les versants de forte pente, peut être un moyen efficace pour la conservation des sols de bassin versant de l'oued Jemaa.

Utilisation des données spatiales

Les données de télédétection utilisées dans ce travail sont : une image HRV de SPOT (prise le 02-10-1997) et deux images ASTER de TERRA (prises le 29-09-2002 et le 28-01-2003). Ces données sont traitées et analysées par le logiciel de traitement d'images ERDAS/Imagine.

Dans une première étape, ces images ont été géoréférencées selon la projection conique conforme de Lambert et calées selon le système de coordonnées de référence de la zone Merchich Nord (Système du nord du Maroc). Ces prétraitements géométriques ont permis l'intégration des images satellitales dans le SIG de la zone et d'effectuer les analyses requises. En plus, des opérations de rehaussement et de combinaison de canaux ont été réalisées pour améliorer la qualité visuelle des images et d'augmenter la séparabilité des classes thématiques en vue de la photo-interprétation. A partir des observations précédentes, nous avons réalisé une classification supervisée dans le but d'obtenir une carte d'occupation du sol à jour. Cinq classes d'occupation du sol sont identifiées dans le bassin versant pendant la période de prise de vue.

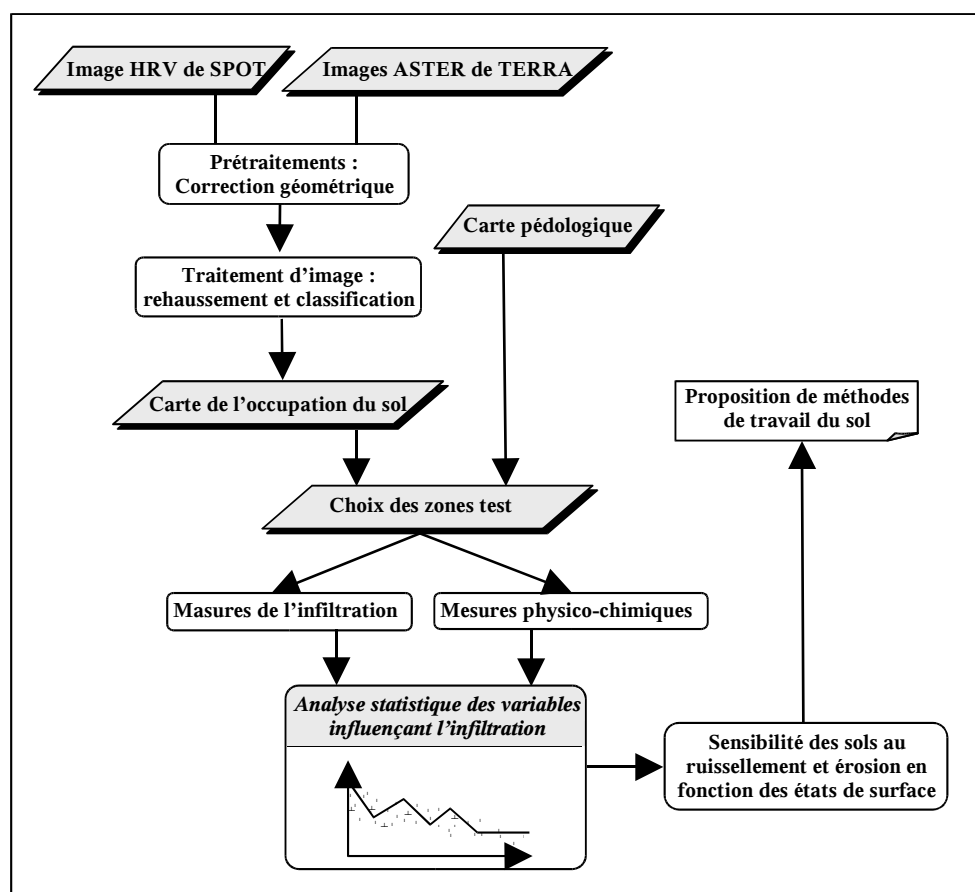


Figure 1 : Schéma de la démarche utilisée dans cette étude

Remerciement : Le présent travail a pu être mené grâce à l'appui financier de l'AUF (Réseau télédétection) sous forme d'une Action de Recherche en Réseau. A cet effet, nous présentons nos remerciements aux responsables de l'AUF.

Apports de l'imagerie satellitale à l'analyse des géorisques en Roumanie

André OZER, Abdelkader ABDELLAOUI, Ileana Georgeta PATRU et Mihai IELENICZ

Université de Liège

Université Paris 12

Université de Bucarest

courriel : ileanageorgeta@yahoo.com

Tremblements de terre, inondations, glissements de terrain érosion du sol, affectent de manière sensible plusieurs régions de la Roumanie. L'action de l'homme a amplifié de façon notable la manifestation de certains de ces risques notamment des glissements de terrain. Ceci est particulièrement visible dans la périphérie de **Breaza à 100 Km de la capitale Bucarest**.

Le territoire analysé se caractérise par une grande variété morphologique car il comporte une large zone collinaire subcarpatique avec des rangées longitudinales de collines qui correspondent aux anticlinaux, séparées par des dépressions provenant du modellement des synclinaux. Du point de vue structural les Subcarpatates correspondent autant aux unités plus externes du flisch crétacé et paléogène qu'à la partie interne de l'avant-fosse carpatique, caractérisée par la présence de plis diapirs. Elle comprend aussi à sa partie interne les plis valaques de type diapir et dont le flanc externe repose sur la plateforme moesienne.

La nature du sol, le relief, les précipitations induisent des phénomènes naturels de glissement à des échelles de temps les rendant peu visibles jusqu'à une époque relativement récente. Ce phénomène de glissement semble cependant s'accélérer de façon notable depuis 1995, cette date correspondant à la période d'extension rapide du village par la construction de maisons individuelles en nombre et en taille de plus en plus importants et à un processus de déforestation. Les glissements de terrain se développent sur les grès crétaciques qui se trouvent près de la gare de Breaza, les dépôts de Pucioasa représentés par les schistes argileux paléogènes qui ont provoqué les glissements de terrains vieux, réactivés. Les dépôts du miocène inférieur favorisent la production de glissements de terrain. Ils sont composés d'argiles, de marnes, de schistes argileux, des conglomérats. Les dépôts de terrasses sont formés de sables et de graviers quaternaires (65-75 m). **Les glissements de terrain affectent le front de la terrasse de Breaza.**

La zone étudiée présente un complexe de glissements de terrain. Les premières mesures pour stopper les glissements de terrain concernent la capture des sources dans le corps du glissement, l'élimination des zones humides, l'interdiction de construction de grandes maisons dont les fondations modifient l'écoulement des nappes fréatiques en particulier lors des périodes de fortes pluies et la réfection des vergers.

Notre projet de Recherche en Réseau de l'Agence Universitaire de la Francophonie accepté en 2003 concerne essentiellement un développement méthodologique utile à l'identification et à la délimitation des zones potentielles de risques. Dans une première phase, la zone de Breaza est choisie comme zone d'entraînement, le risque potentiel étant le phénomène de glissement de terrain. Dans une seconde phase nous avons choisi la zone de Buzau où les glissements de terrain sont accélérés par l'exploitation du pétrole, la déforestation et les tremblements de terre.

Références

- MIHAI I. and PATRU I. A 1997. A slope model for the Curvature Subcarpathians, Roumania, în revista Z. Geomorph N.F. Berlin-Stugart, 179-184.
- MIHAI I., PATRU I. and BOGDAN M. 1999. Some geomorphologic types of landsides in Romania, Transactions Japanese geomorphological union, vol. 20, n 3, în colaboare, 287-296
- MIHAI I., PATRU I. and GHINCEA M. 2003. Subcarpatii Romaniei, Editura Universitas, Bucarest.



Périmètre de travail
Vallée Prahova -
Breaza -Roumanie

Coordonés GPS in UTM 35

Long. 25° 67' 33''

Lat. 45° 18' 16''

Effet de l'intégration des critères morphologiques tridimensionnels dans les modèles d'érosion hydrique des sols : application à une région représentative du Liban

Rania BOU KHEIR¹, Jean-François DESPRATS², Michel-Claude GIRARD³ et Christine KING²

1. Conseil National de la Recherche Scientifique libanais/Centre National de Télédétection, BP 11-8281, Beyrouth, Liban.

Téléphone : +961 4 409 845/6, télécopieur : +961 4 409 847, courriel : rteled@inco.com.lb

2. Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), BP 6009, 3 avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans, France

téléphone : +33 2 38 64 33 92, télécopieur : +33 2 38 64 33 99, courriel : j.desprats@brgm.fr, c.king@brgm.fr

3. Institut National Agronomique Paris-Grignon, BP1 78850 Grignon, France.

Téléphone : +33 01 30 81 54 26, télécopieur : +33 01 30 81 52 70, courriel : michel-claude.girard@grignon.inra.fr

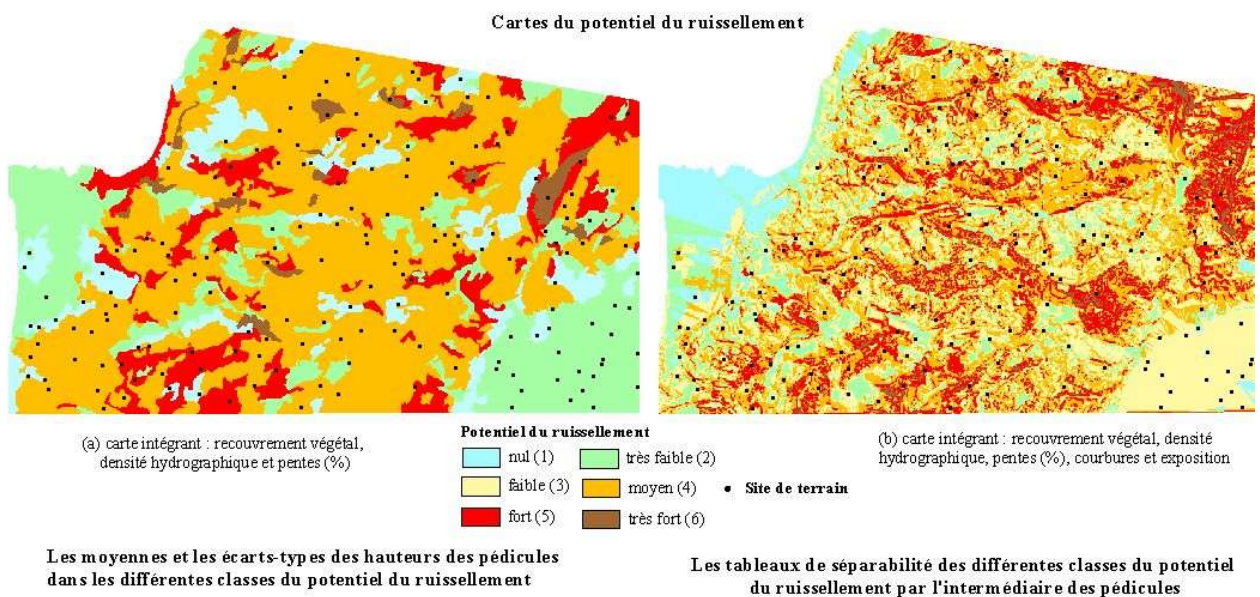
L'érosion hydrique des sols constitue un aspect majeur de la dégradation des paysages dans les environnements méditerranéens semi-humides à semi-arides. Son interprétation est fortement reliée à l'interprétation du bilan hydrique : l'érosion se développe lorsque les eaux de pluie, non retardées par le couvert végétal, ne s'infiltrent pas dans les sols et les roches sous-jacentes, ruissellent et circulent d'une manière différente selon la morphologie et emportent les particules de terre et les masses rocheuses, si celles-ci sont disponibles. En cas d'absence de ces dernières, les eaux de pluie aboutissent au pire à des inondations.

La cartographie des aléas d'érosion à un échelon régional sous SIG repose sur des modèles faisant appel à de nombreuses variables et composés de plusieurs phases. Au Liban, jusqu'à l'heure actuelle, les recherches traitant le problème d'érosion hydrique des sols sont très limitées. Un modèle a été établi par Bou Kheir en 2002 sur une région représentative du Liban qui se contente principalement des données existantes et qui est susceptible de fournir des résultats spatialisés. Ce modèle a permis d'élaborer une carte du potentiel du ruissellement qui représente une caractéristique propre du milieu, dépendante de la nature des terrains et indépendante des pressions climatique et humaine. Cette carte est issue de la combinaison du *recouvrement végétal* dérivé de la carte d'occupation du sol à l'échelle de 1/20000 faite à partir des images indiennes IRS à haute résolution (5 m) acquises en octobre 1998, de la *densité hydrographique* obtenue en traitant la carte des réseaux hydrographiques à l'échelle de 1/50000 suivant la classification structurale OASIS (Organisation et Analyse de la Structure des Informations Spatialisées) et des *pentés en %* extraites du modèle numérique de terrain (MNT) généré à partir des courbes de niveau à l'échelle de 1/50000.

Cette étude traite l'effet de l'intégration dans la carte du potentiel de ruissellement d'autres critères morphologiques tridimensionnels comme les *courbures des pentés* et l'*exposition des versants* dérivés à partir du MNT. En effet, les pentés concaves tendent à concentrer les eaux de ruissellement alors que les pentés convexes ont l'effet inverse et rendent donc les sols correspondants plus sujets à l'érosion. De même, les versants exposés à l'ouest (c'est-à-dire à la pluie) présentent une densité d'indice d'érosion supérieur à ceux exposés à l'est, toutes choses égales par ailleurs.

Les deux cartes du potentiel de ruissellement établies ont été comparées et validées par

l'intermédiaire d'un indicateur observé sur le terrain en 200 sites : les pédicules qui représentent des petites colonnes de terre demeurées en place sous des pierres qui les ont protégées, alors que la terre a été balayée tout autour par l'érosion. L'interprétation statistique confirme l'intérêt de la carte prenant en compte les critères morphologiques tridimensionnels : les écarts entre les moyennes des hauteurs des pédicules calculées pour les six unités de potentiel de ruissellement sont plus grands et leurs écarts-types sont plus petits ce qui atteste la meilleure discrimination des unités de ruissellement.



Méthodologie d'inventaire des aménagements de conservation des eaux et du sol des bassins versants se fondant sur des Systèmes d'Information Géographique (SIG) et des photographies aériennes

Noamene BACCARI¹, Mohamed Rached BOUSSEMA¹ et Mohamed habib SNANE²

1. Laboratoire de Télédétection et Systèmes d'Informations à Référence Spatiale, école Nationale d'Ingénieurs de Tunis, BP 37, 1002 Tunis-Belvédère, Tunisie

téléphone : 2161874700, télécopieur : 2161872729, courriel : noamene_b@yahoo.fr

2. Institut national agronomique de Tunisie, 43, avenue Charles Nicolle, 1082 Tunis, Tunisie

téléphone : 2161287110

La situation géographique de la Tunisie (Figure1) lui confère un climat diversifié, dominé par l'aridité au centre et au sud du pays. Les sols sont aussi très menacés par la dégradation. Pour surmonter ces handicaps naturels, la Tunisie a résolument opté pour une stratégie de gestion et de conservation des eaux et du sol favorisant le développement d'aménagements anti-érosifs adaptés à ces conditions particulières. Cependant, très peu d'études ont été menées sur l'efficacité de ces aménagements, à l'échelle du bassin versant, faute d'un outil méthodologique permettant d'analyser leur efficacité ainsi que d'informations fiables sur leur évolution. En Tunisie, les programmes d'inventaire et de cartographie des aménagements de bassin versant connaissent donc un retard considérable. Cette situation constitue pour plusieurs régions un frein aux projets de développement rural.

L'émergence de la géomatique, permet cependant d'aborder cette problématique avec de nouveaux outils d'analyse cartographique. Ainsi, dans cet article, nous développons une méthodologie d'inventaire et de cartographie des aménagements se fondant sur l'utilisation des photographies aériennes et des outils informatiques spécialisés dans le traitement d'image et la cartographie. Nous nous proposons en particulier d'inventorier les aménagements de conservation des eaux et du sol des bassins versants des oueds Ettiour et El Hjar et de les cartographier en lien avec la lithologie de leur substratum rocheux ou des formations meubles (Figure2). Ces deux bassins appartiennent au grand bassin versant de l'oued Merguellil dans la région du Kairouan.

À cet effet, une quinzaine de photographies aériennes de 1989 ont été numérisées. Elles ont été ensuite géoréférencées, puis orthorectifiées (Figure 3) dans le logiciel de traitement d'image ERDAS Imagine grâce aux coordonnées des repères de collimation, à la distance focale de l'objectif de l'appareil photographique, au choix de six points d'amer et à l'utilisation d'un modèle numérique d'altitude (MNA). Les orthoimages ainsi obtenues ont été assemblées sur écran en une seule image appelée orthomosaique (Figure 4). Cette orthomosaique, intégrée dans un SIG, a servi de source principale pour la numérisation à l'écran et l'élaboration des cartes des réseaux hydrographiques et des aménagements (Figure 5). Le SIG a permis la création d'une base de données contenant les caractéristiques physiques des bassins versants et les cartes thématiques, notamment celle des aménagements et celle des unités lithologiques. La superposition de ces deux cartes (Figure 6) met en évidence l'inadaptation ou l'adaptation d'aménagements aux réalités lithologiques.

Nous avons ainsi constaté, sur les bassins versants des oueds Ettiour et El Hjar en Tunisie centrale, qu'avant 1989 la majorité des aménagements en banquettes ⁽¹⁾ de terre et cordons en pierres ⁽²⁾ sèches effectués ne sont pas adaptés aux conditions pédologiques des sols argileux sur

marnes, très répandus dans cette région (BACCARI 2001). Ceci a contribué à la destruction et à l'inefficacité des aménagements réalisés en 1989 et dont nous avons fait l'inventaire en 2001. En fait, l'inventaire a été basé sur l'orthomosaïque des photographies aérienne de 1989 et le SIG d'une part et sur la réalité de terrain en 2001 d'autre part.

En ce qui concerne l'intégration des aménagements de CES dans l'objectif de mise en valeur agricole, une nette amélioration a été constatée avec le développement de la stratégie nationale mise en œuvre par la Direction de CES à la fin des années 1980, qui privilégie la démarche participative des agriculteurs locaux (Direction de CES 1990). Néanmoins, les techniques classiques de construction des banquettes de terre et des cordons en pierres sèches prédominent encore dans les aménagements de CES sur les terres agricoles du centre de la Tunisie, alors qu'il faudrait probablement les remplacer par les techniques douces des bandes enherbées et de semis direct. À l'exception de quelques plantations de consolidation des banquettes de terre, les techniques biologiques de CES sont en effet encore trop négligées.

Remerciements

Mes remerciements à Mr Habib FARHAT (D/CES) et Mr Jean-Marie LAMACHERE (IRD), qui ont mis à ma disposition certaines données nécessaires pour l'élaboration de cette étude.

Références

- BACCARI N. 2001. Méthodologie d'inventaire d'aménagement des bassins versants se basant sur les images aérospatiales. Mémoire de DEA, Université de Tunis, Tunis, 74 p.
- Direction de CES 1990. Aménagements des voies d'eau du bassin versant d'Oued Merguellil. Protection du barrage El Haoureb et alimentation de la nappe de Bou Hafna. Rapport du projet, Ministère de l'Agriculture de Tunisie, Tunis, 10 p.
- HEUSH B. 1986. Cinquante ans de banquettes de (DRS), CES en Afrique du nord un bilan. Cahier ORSTOM, série pédologique, vol. XVII, n° 2, p. 153-162.

⁽¹⁾ *Une banquette* : est une butte de terre de largeur réduite et constante (3 à 4 m) avec un fossé très évasé et un bourrelet amont. Installée sur un versant cultivé, elle a pour but d'intercepter les eaux de ruissellement et de limiter l'érosion (HEUSCH 1986).

⁽²⁾ *Cordons en pierres sèches* : il s'agit de structures variées et confectionnées principalement avec des pierres sèches, qui sont disposées les unes sur les autres formant des lignes superposées. Les cordons, ne sont pas cimentés et les matériaux qui les composent sont généralement des petits fragments de croûtes calcaires (Direction de CES 1990)

Les eaux dans un bassin versant

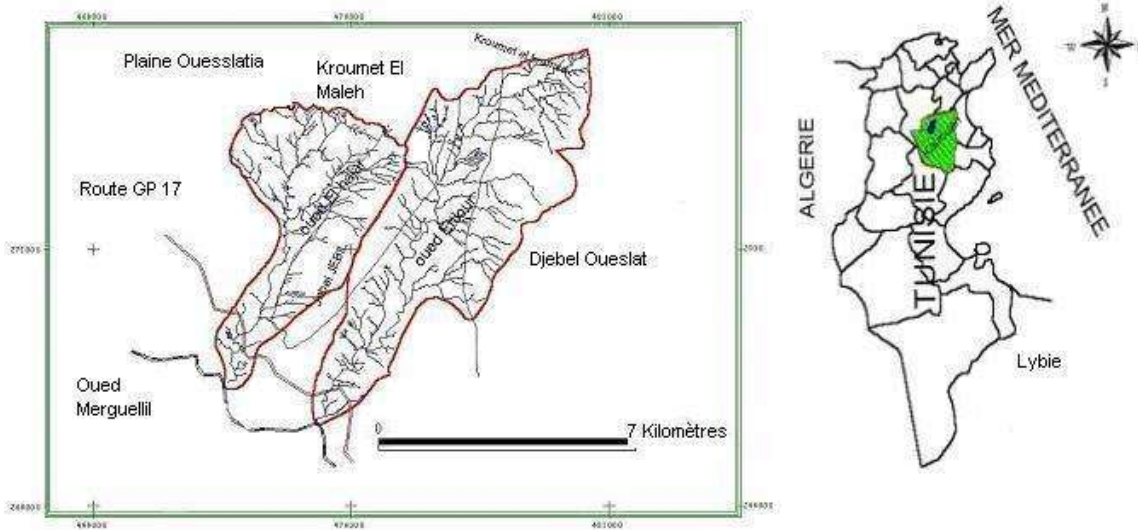


Figure 1 : carte de localisation de la zone d'étude

Légende :

- Zone d'étude
- Gouvernerat de Kairouan
- Limite de gouvernerat
- Oued El Hjar
- Oued Ettiou
- Route GP17
- Limite du bassin versant El Hjar
- Limite du bassin versant Ettiou
- Oued de Merguellil
- Limite de Djebel

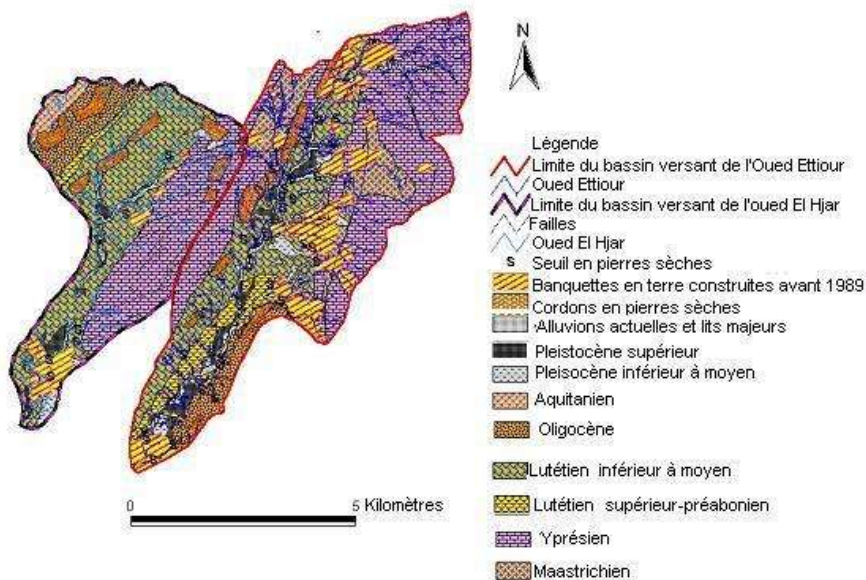


Figure2 : superposition de la carte des aménagements CES antérieur à 1989 sur la carte Géologique des bassins versants Ettiou Et El Hjar.

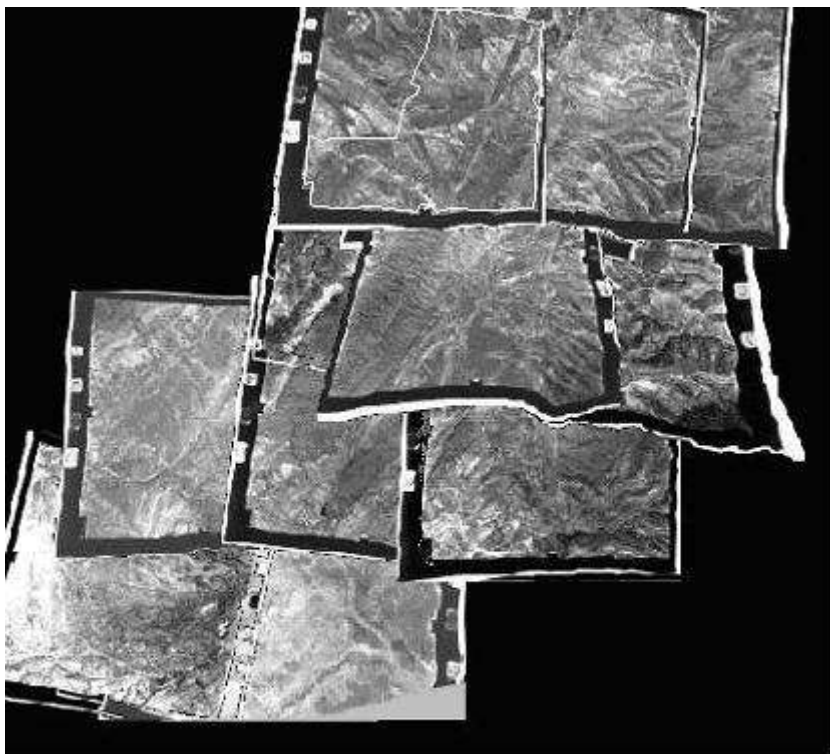


Figure 3: photographies aériennes géoréférencées et orthorectifiées sur écran

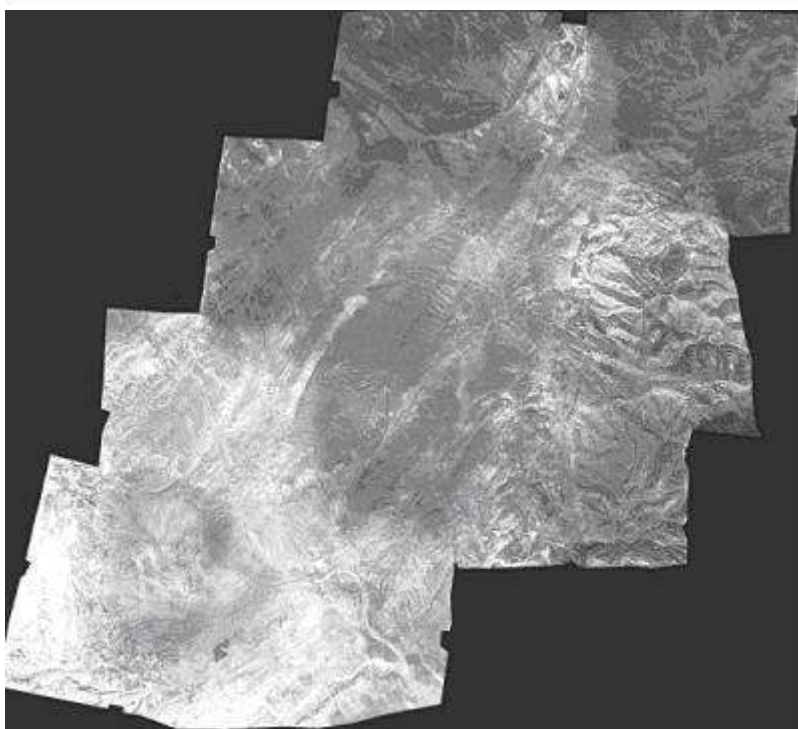


Figure 4 : Orthomosaïque des photographies aériennes obtenue après traitement

Les eaux dans un bassin versant

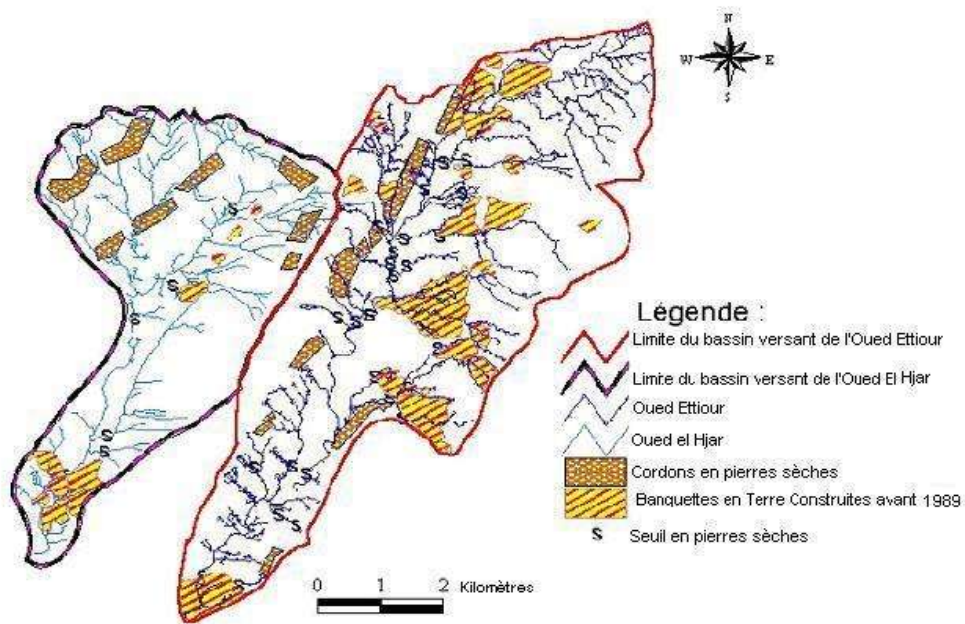


Figure 5 : carte des aménagements de CES construites avant 1989 sur les bassins versants des Oueds Ettiour et El Hjar

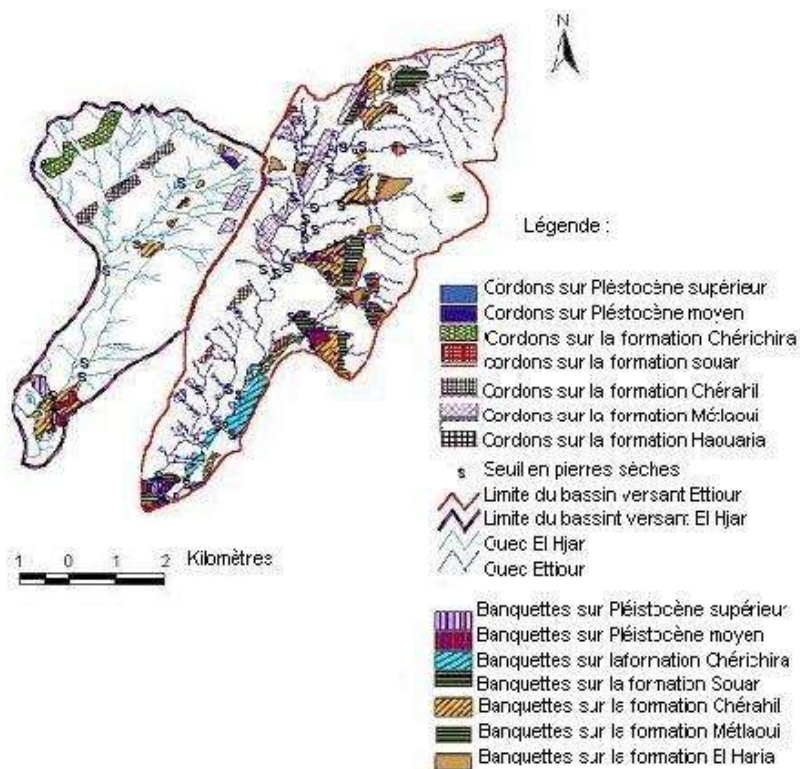


Figure 6 : carte des aménagements CES antérieure à 1989 par unité lithologique des deux bassins versants Ettiour et El Hjar.

Imageries HRS et protection des centrales hydroélectriques contre les phénomènes d'érosion de leur bassin versant

André Houssein

Ecole Supérieure Polytechnique, Université d'Antananarivo
courriel : ahoussein@syfed.refer.mg

Contexte et objectif

Les phénomènes d'érosion hydrique qui, à Madagascar, sont généralement les conséquences directes de la culture sur brûlis et des feux de brousse, entraînent d'énormes volumes de matériaux qui sont charriés à chaque période de pluie et provoquent l'ensablement de tout ce qui se trouve en aval.

Les centrales hydroélectriques subissent ainsi les effets néfastes de l'érosion hydrique, lesquels se traduisent par un engorgement du bassin de prise d'eau, la présence d'une quantité de sable non négligeable dans la galerie d'amenée et enfin, l'usure accélérée des pièces métalliques des turbines.

Dans la perspective de la conservation durable des centrales hydroélectriques, il s'agit alors de mettre en place les dispositifs destinés à arrêter les phénomènes d'ensablement. A cet effet, les approches modernes de la conservation et de la restauration des sols dans les zones à risques, considèrent l'aménagement anti-érosif des bassins versants par des interventions agronomiques et agrobiologiques appropriées, tout en mettant en œuvre la gestion participative des populations des terroirs.

Méthodologie

Les organismes de recherche oeuvrant à Madagascar pour la lutte contre l'érosion, utilisent l'équation universelle de WISCHMEIER qui s'écrit : $A = 2,24 R \times K \times LS \times C \times P^1$. Un abaque permet ainsi d'évaluer la susceptibilité des sols à l'érosion à partir de leurs caractéristiques physiques et des mesures relevées en parcelle. Toutefois, à l'échelle des bassins versants, les calculs deviennent laborieux et parfois inexacts, car ils se réfèrent à des données imprécises et désuètes fournies par la cartographie de base existante, généralement dressée à l'échelle du 1/100 000 et mise à jour pour 1974.

Grâce à notre accessibilité aux matériels modernes et aux documentations dont dispose l'Institut Géographique et Hydrographique National, notre partenaire professionnel, nous avons pu mettre en œuvre les technologies les plus modernes pour la détermination précise et rapide des différents paramètres de la formule de WISCHMEIER : imageries satellitales, SIG, GPS, stéréo-restitution photogrammétrique, orthophotographie, MNT multi-dates...

Résultats obtenus

Deux mémoires de fin d'études d'élèves ingénieurs topographes ont été réalisés à l'occasion de nos recherches, sur le site d'ALASORA, une commune rurale située à 12 km d'Antananarivo :

1) « *Méthodologie d'évaluation quantitative de l'intensité de l'érosion hydrique* »

Il s'agit d'un travail original sur l'évaluation des pertes en terre sur les bassins versants et dans

¹R : indice de pluie ou indice d'agressivité climatique, K : indice d'érodibilité, LS : L longueur de la pente et S la valeur de la pente en %, C : indices de culture, P : protection anti-érosive

les « lavaka » par utilisation de procédés photogrammétriques (orthophotographie et MNT), afin de bien définir l'altimétrie,

2) « *Création d'un logiciel de perte en terre* » qui a pour objet l'implémentation à l'aide d'un SIG de l'équation de WISCHMEIER. A cet effet, l'exploitation d'imageries satellitales a permis d'établir rapidement des cartes d'occupation du sol, lesquelles fournissent les valeurs qualitatives tels que les indices de culture (C) et de protection anti-érosive (P). Par ailleurs, le logiciel prend en compte l'indice d'érodibilité (K) par numérisation de l'abaque établi en 1971 par WISCHMEIER, JOHNSON et CROSS.

Depuis quelques mois, nous nous appliquons à utiliser ces outils d'abord pour la protection des grands ouvrages publics. Un mémoire de fin d'études du Cycle DESS-FONCIER de l'Ecole Supérieure Polytechnique, porte actuellement sur « *la protection de la centrale hydroélectrique d'ANDEKALEKA contre les phénomènes d'érosion hydrique* ». Ce travail portera davantage sur la détermination des causes anthropiques des phénomènes d'érosion. On verra ainsi que dans le domaine de l'aménagement du territoire, les approches modernes de la conservation des sols considèrent l'aménagement anti-érosif des bassins versants par des interventions agronomiques et agrobiologiques appropriées, tout en mettant en œuvre la gestion participative des populations des terroirs. Ce qui implique, en conséquence, la prise en compte de la sécurisation foncière, la protection de l'environnement ainsi que l'intéressement des paysans par des revenus conséquents.

Imageries satellitales à haute résolution stéréoscopique

Jusqu'à une date très récente (année 2002), seule la photogrammétrie était en mesure de fournir rapidement des MNT de précision fiable pour établir les cartes de pentes nécessaires à l'établissement des cartes de susceptibilité des sols à l'érosion. En effet, les imageries satellitales n'arrivaient qu'à des résolutions de 10 m en planimétrie et seulement d'un intérêt contemplatif pour ce qui était de l'altimétrie.

Actuellement, les imageries HRS permettent d'établir des MNT de qualité comparable à celle donnée par les photographies aériennes. Les conditions de rapidité et d'économie offertes par ces imageries HRS, devront inciter les pays ayant des retards de développement à rattraper comme Madagascar, à envisager autrement la conception des projets d'aménagement des bassins versants qui couvrent d'immenses surfaces.

Avec une résolution au sol de 2,50 m, les ortho-images obtenues par les imageries HRS sont pratiquement équivalentes à des cartes régulières au 1/10 000. La précision altimétrique est de l'ordre de 1,50 m pour la définition des MNT. Le coût est estimé à 34 €/par km² pour l'acquisition des couples nécessaires à la confection des MNT et des ortho-images.

Références

- MALVOS C., SARRAILH J.M. , BAILLY C. 1976. Etude de la susceptibilité à l'érosion des sols de Madagascar, Expérimentation en parcelles élémentaires. Rapport CENRADERU Madagascar, octobre 1976. 37p.
- L'environnement à Madagascar : Les sols. Office National pour l'Environnement 1997. 13p.
- FLEURY B.-ISTAR 1990. Utilisation topographique de l'imagerie SPOT. Revue XYZ N°43-44, 35-41
- Spot Image 2001: HRS sur SPOT 5, le relief en plus. Revue XYZ N°88, 63-66
- LAURORE L. 2003. Cartographie à grande échelle en zone interdite : l'alternative des satellites à haute résolution métrique. Revue XYZ N°95, 47-49.

Diagnostic de la dynamique des ressources hydriques de surface et des processus de « désertification » du lac d'Aleg et son bassin versant (Brakna, Mauritanie) par télédétection satellitale multidate

Aude Nuscia TAÏBI¹, Jean GASSANI², Ahmed Vall ELGHADI³², Aziz BALLOUCHE⁴, Gérard MOGUEDET², Mohamed Lemine Ould BABA³², Mohamed Ould JIDDOU³²

1. CARTA (UMR ESO 6590 du CNRS), Université d'Angers, 35 rue de la barre, 49000 Angers, France
courriel : nucia.taibi@univ-angers.fr

2. LSEA, Université d'Angers, 2 bvd Lavoisier, 49000 Angers, France

3. GREZOH, Université de Nouakchott, Faculté des sciences et techniques, B.P. 5026, Nouakchott, Mauritanie

4. GEOPHEN / LETG UMR 6554 CNRS, UFR Géographie Université de Caen Basse-Normandie BP 5186 F-14032 CAEN cedex, France

Le lac d'Aleg à écosystème fragile, localisé dans la région du Brakna (Mauritanie) en milieu sahélien, est soumis à des contraintes climatiques et anthropiques croissantes ces dernières décennies en liaison notamment avec une sécheresse sévère et des sédentarisation induites massives des anciens nomades. Ces pressions mettent en péril la pérennité de cette zone humide fondamentale pour les activités de cette région (agriculture de décrue, pâturage des prairies aquatiques, abreuvoir, ...) et sa richesse floristique et faunistique remarquable.

Le suivi diachronique sur plus de 45 ans (photographie aérienne de 1954, images SPOT panchromatique de 1991 et multispectrales de 1992 et 2000) de cette zone humide et de sa périphérie plus ou moins proche a permis de faire un inventaire des différents systèmes écologiques en présence, de comprendre leur fonctionnement saisonnier et interannuel et de mettre en évidence l'impact respectif des facteurs climatiques et anthropiques dans ces dynamiques d'évolution.

Si l'action de la sécheresse (1972-1997) a particulièrement affecté le couvert végétal de savane de la ceinture externe et les autres unités paysagères des alentours du lac, les ceintures internes de végétation de la cuvette lacustre sont relativement indépendantes de ces crises climatiques. Elles réagissent en fonction d'apports hydrologiques qui sont plutôt dépendants du régime climatique saisonnier.

Ceci étant, le suivi diachronique de la zone lacustre et sa périphérie avant, pendant et après la sécheresse à partir de la série d'images satellites multidates, a montré des localisations préférentielles de dégradation du couvert végétal et des sols, indiquant le rôle prépondérant de l'homme dans la dégradation du milieu, en corrélation avec la crise climatique.

La pérennité, voire l'extension, de certaines auréoles très localisées de dégradation en 2000, en saison sèche. Lors de 1991, année humide on observe une certaine régénération du couvert végétal, notamment sur les images panchromatiques à résolution plus fine (10 m). Ceci est un autre argument en faveur de la prépondérance du facteur humain dans le développement des auréoles devenu indépendant des variations climatiques.

Le suivi de l'évolution du milieu à partir des images satellites multidates n'a permis de localiser que les processus de dégradation les plus exacerbés entraînant une dénudation totale et parfois irréversible du sol. Il existe également une dégradation généralisée plus "diffuse" qui n'apparaît

pas à travers les images et le type de traitements utilisés mais qui est réelle, attestée notamment par les travaux de terrain, les témoignages d'éleveurs et l'analyse de la photographie aérienne de 1954. La savane sahélienne arborée des années 1950 était beaucoup plus dense et plus riche en biodiversité qu'aujourd'hui. La zone du lac d'Aleg a connu et connaît une forte régression de sa couverture végétale aussi bien sur le plan quantitatif que qualitatif.

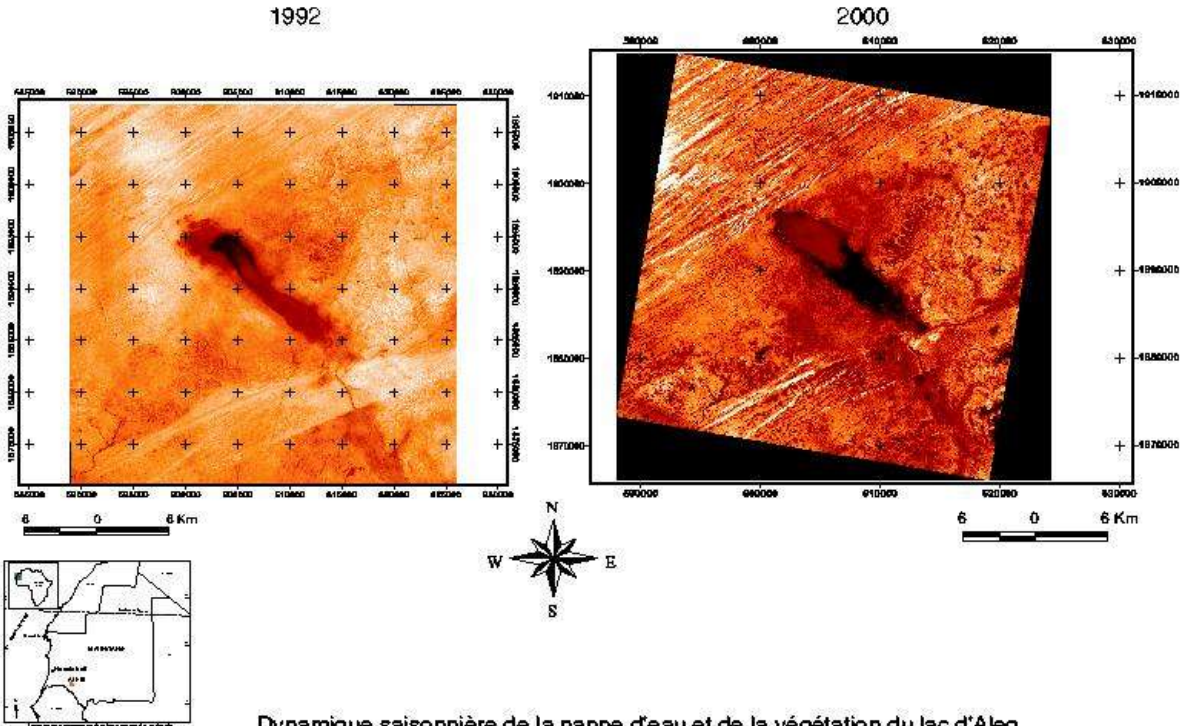
Références

- ELGHADI A.V., BALLOUCHE A. and MOGUEDET G. 2002. L'évolution de la couverture végétale des bassins des lacs d'aleg et de mâl (Brakna, Mauritanie). Diagnostic et stratégie de restauration. Atelier national sur les zones humides, Nouakchott.
- GASSANI J. 2003. Apport de la télédétection satellitaire à l'étude de la répartition et de la dynamique de la végétation d'une zone humide en milieu aride. Le lac d'Aleg (Brakna, Mauritanie), maîtrise, université d'Angers, 103 p.
- TAÏBI A.N. 1998. Le piémont sud du djebel Amour (atlas saharien, Algérie), apport de la télédétection satellitaire à l'étude d'un milieu en dégradation, doctorat nouveau régime, université Denis Diderot Paris 7, presses univ. du Septentrion, Lille, 310 p.
- VAN WETTEN J., CHEIKHNA OULD MBARE, BINSBERGEN M. et VAN SPANJE T. 1989. Les zones humides du sud de la Mauritanie, Rin, Leersum, Institut pour la gestion de la nature, Texel, Pays-Bas, 120 p.

Les eaux dans un bassin versant

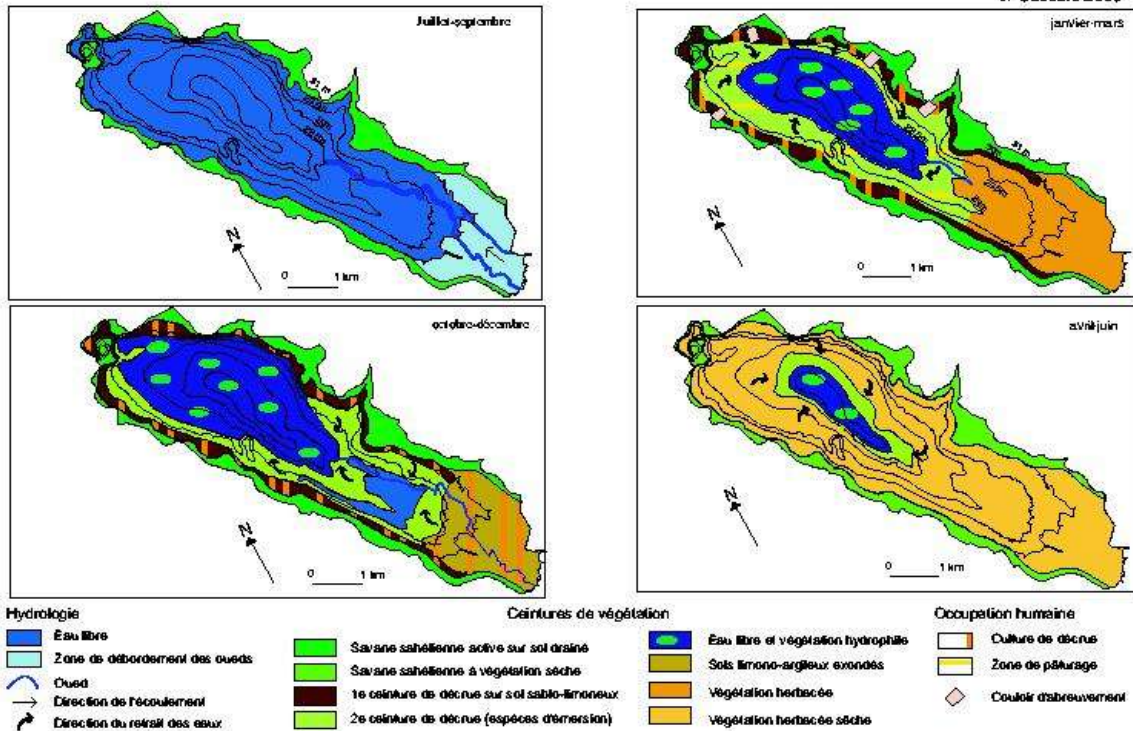
Indices de minéralisation ($R^2 + PIR^2$) des images SPOT XS du 27-09-1992 et SPOT Xi du 12-12-2000
(Images acquises dans le cadre du Programme Isis du Cnes n° 0207-350)

En blanc, zones de dégradation exacerbée (et nuages). En noir, eau libre ou avec végétation hydrophile (et ombre des nuages).
Rouge-orange, plus la teinte est foncée plus la zone est humide et caractérisée par une végétation dense (+ plateau cuirassé).



Dynamique saisonnière de la nappe d'eau et de la végétation du lac d'Aleg

J. Gassani 2003



Apport de la télédétection pour l'évaluation des risques d'érosion hydrique des sols dans le bassin versant de la rivière de menaloha (région est du lac Alaotra, Madagascar)

Mamy Andriamirija RAJAONARISON¹, Léa Jacqueline RAHARIJAONA RAHARISON²
et Ibrahim Ahmed KASSIM³

1. Département de géologie , Ecole supérieure polytechnique d'Antananarivo, BP 1500 Antananarivo, Madagascar

téléphone : 261 33 11 874 89

courriel: rija_mamy @ yahoo .fr

2. Département de géologie , Ecole supérieure polytechnique d'Antananarivo, BP 1500, Antananarivo, Madagascar

téléphone: 261 20 22 282 70, courriel : ljarahari @ syfed . refer .mg, djoïèzi-mohèli-comores, téléphone: 269 72 01 17, courriel : kassim_ibra@yahoo.fr

Madagascar est gravement touché par la déforestation qui est estimée à 111000 hectares par an entre 1950 et 1985. Elle est due essentiellement à la pratique de la culture itinérante sur brûlis (tavy) qui rend les sols très vulnérables à l'érosion hydrique. Les pertes en sols sont parfois supérieures à 250 tonnes par hectares par an.

Le bassin-versant de Menaloha qui fait partie des hautes terres du Centre-Est de Madagascar n'est pas épargné par ces phénomènes de défrichement par brûlis. Situé à l'est du lac alaotra, à 15 kilomètres de la ville d'Ambatondrazaka sur la route nationale 44, ce bassin occupe une superficie de 22,5 kilomètres carrés. Le lavaka , qui est la forme d'érosion la plus répandue dans le bassin, provoque en aval l'ensablement des cours d'eau, des parcelles rizicoles et des infrastructures routières et hydrauliques. L'objectif fondamental de ce travail vise à évaluer les risques d'érosion hydrique et ses conséquences sur la zone d'étude par l'intégration des facteurs au sein d'une analyse multi-critère du type « weighted linear combination » (wlc) du logiciel idrisi 32 : facteurs naturels (la topographie, l'occupation du sol, la géologie...) et anthropique. Cette méthode est basée sur la théorie de la logique floue par moyenne pondérée. Ont servi de base à cette étude: les couvertures HRV de Spot de 1986 et de 1996 et celles de landsat 7 ETM+ de 2000 ainsi que d'autres données exogènes comme la topographie, les données pluviométriques et socio-économiques. La classification dirigée par le maximum de vraisemblance des différentes images satellitales multitudes et multisources disponibles, a permis de suivre l'évolution temporelle de l'occupation du sol ainsi que celle du tavy. Elle montre l'influence des activités anthropiques sur l'érosion hydrique qui se manifeste par l'accroissement de la dégradation des sols suivant l'ampleur et l'extension diachronique du tavy. D'une part, l'identification des zones de lavaka actifs par l'intermédiaire de l'indice de brillance est utilisée pour la définition des poids associés à chaque paramètre et d'autre part, l'évaluation du degré d'influence des facteurs sur le phénomène de lavaka se fait par analyse des composantes principales. La carte des risques d'érosion obtenue classe qualitativement leur intensité en 3 catégories : fort, moyen et faible.

L'étude du risque d'ensablement nécessite une approche sélective pour identifier des unités spatiales aux conditions et aux régimes d'écoulements homogènes plus petites que le bassin versant. Les critères de sélection de ces unités reposent sur l'allure du réseau hydrographique et la topographie du cours d'eau principal. De cette manière, 5 zones hydrodynamiquement homogènes

ont été définies. Au niveau de chaque zone, le risque d'ensablement a été estimé en tenant compte de son régime hydrodynamique et du risque d'érosion en amont de son exutoire. La validation des résultats a été effectuée à partir des données de terrain et des photographies aériennes. Les résultats obtenus ont confirmé l'effet du tavy sur la dégradation des sols. L'apport de la télédétection est d'un intérêt capital pour l'évaluation des risques d'érosion et d'ensablement des rizières.

Références

- RABARIMANANA M.H., RAHARIJAONA RAHARISON L.J., CHOROWICZ J. 2003. Cartographie des lavaka par télédétection : analyse des facteurs et gestion des espaces ruraux à madagascar. *Revue de télédétection*, vol.3, no. 2-3-4, 105-130.
- RAHARIJAOANA L.J., RANDRIANARISON J. 1999. Facteurs géologiques et climatiques influençant l'érosion en lavaka et l'ensablement des rizières : cas du massif d'ambohitrandriampotsy au sud du lac alaotra madagascar. *african mountain development in a changing world. African mountain association (AMA)*, 159-172.
- RAJAONARISON M.A., RAHARIJAONA RAHARISON L.J., ANDRIAMIHAJA M.F. Et RALISON V. 2003. Evaluation des risques d'ensablement des rizières à l'aide d'un système d'information géographique. Colloque scientifique international sur le centenaire de l'académie malagasy des arts, des sciences et des lettres. sous presse.
- SANJAY K. Jain, GOEL M.K. 2002. Assessing the vulnerability to soil erosion of the ukai dam catchments using remote sensing and gis. *Hydrological sciences journal*, no.47, vol. 1, 31-40.
- SERWAN M.B. Baban, KAMARUZAMAN Wan Yusof 2001. Modelling soil erosion in tropical environments using remote sensing and geographical information systems. *Hydrological sciences journal*, no.46, vol. 2, 191-198.

Contribution de la Télédétection et du Système d'Information Géographique (SIG) à l'amélioration de la gestion des eaux de surface dans un bassin versant : cas du barrage de Mogtedo au Burkina Faso

Nourou Moucharaf PADONOU¹ et Pierre SARR²

1. Centre Régional de Télédétection de Ouagadougou (CRTO) 01 B.P 5975 Ouagadougou 01 Burkina Faso.

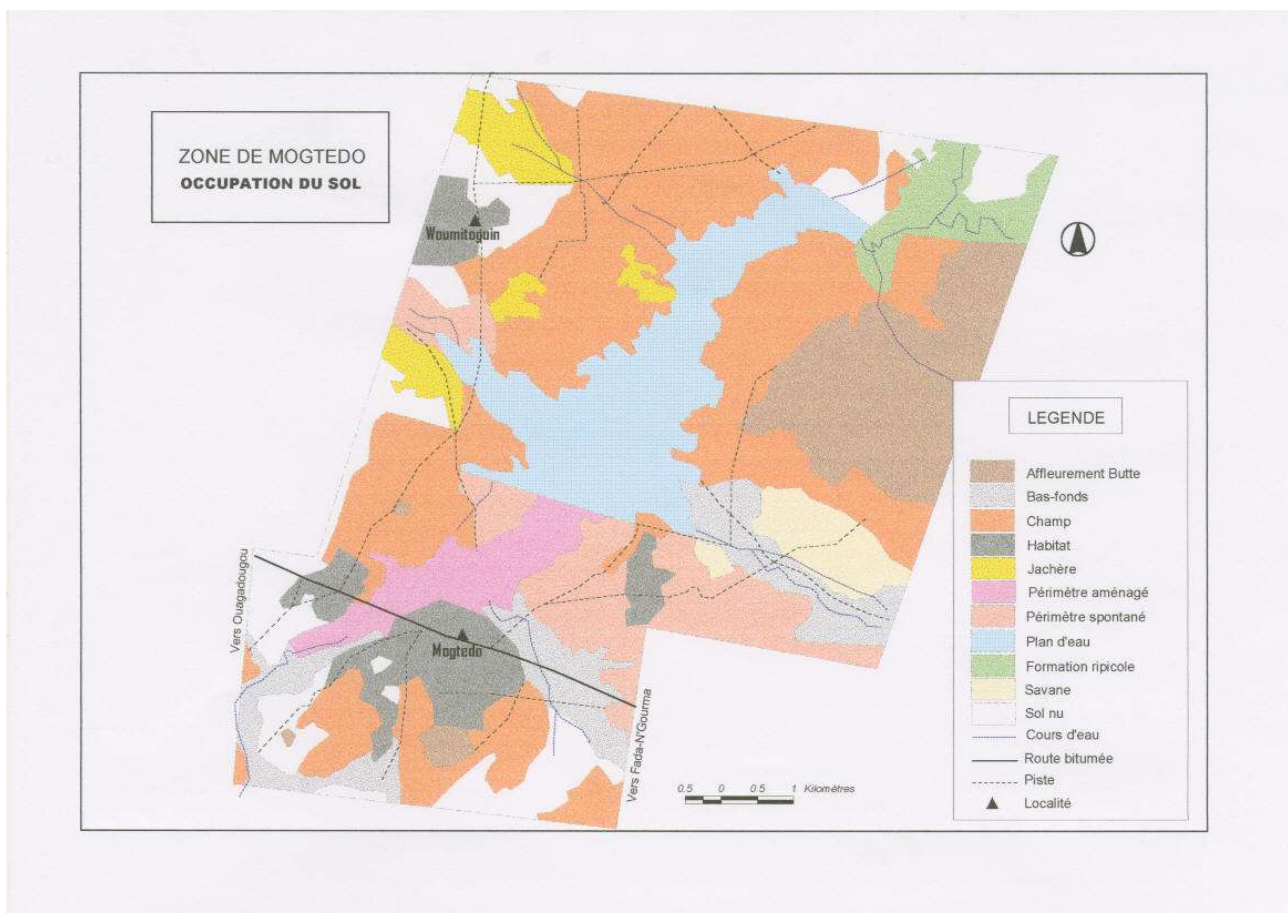
téléphone : 226 – 370570/649820, courriel : Pad_mouch@hotmail.com

2. Direction des Ressources Hydrauliques. Dakar Sénégal

L'eau constitue le facteur indispensable des écosystèmes caractérisés par plusieurs composantes biologiques ; sans cette ressource, il n'y a point de vie et de développement. La mauvaise répartition de la pluviométrie dans les pays sahéliens crée un déséquilibre dans la préservation de l'intégrité environnementale et la gestion durable des ressources naturelles. Sa mobilisation et sa gestion rationnelle sont donc incontournables sur les sites d'aménagement hydroagricole, d'où la nécessité et l'importance de maîtriser les informations relatives à sa dynamique et aux risques qu'elle engendre. L'objectif principal de la présente étude est donc d'élaborer une approche méthodologique et opérationnelle qui puisse permettre, à partir de la télédétection et du SIG, de maîtriser les informations spatiales et géoréférencées relatives aux caractéristiques morphodynamiques, morphologiques et hydrologiques d'une zone humide, pour une gestion rationnelle des eaux stockées pour l'irrigation. Pour illustrer cet objectif majeur de notre étude, nous avons choisi le bassin versant du barrage de Mogtedo. La zone est située à 80 km à l'Est de Ouagadougou dans la province du Ganzourgou. Elle couvre une superficie de 500 km². Le volume d'eau stockée au niveau du barrage est estimé à 6 500 000 m³. La connaissance des informations relatives à la localisation de la zone, à la mobilisation des eaux de surface du bassin versant susceptible d'être stockées, d'être conservées et d'être gérées, nous impose d'utiliser la télédétection et le SIG qui sont des outils appropriés pour répondre à notre problématique. L'approche utilisée est basée sur l'interprétation numérique des images Landsat de ETM à l'aide du logiciel Winship's 4, la photo-interprétation et les relevés de terrain. Elle comprend cinq étapes: 1) l'interprétation numérique des images Landsat de ETM de 1988 à 1999 pour le suivi inter-annuel du plan d'eau du barrage ; 2) la classification supervisée multidate par interprétation numérique des images de 1988 et 1999 pour l'évolution de l'occupation des terres et l'analyse de la dégradation du bassin versant et de l'envasement du barrage ; 3) l'évaluation des différentes surfaces en eau du barrage et le tracé de la courbe hauteur-débit ; 4) l'interprétation des photographies aériennes de 1981 et 1999 à l'échelle du 1/20000 pour le tracé des courbes hauteurs-volume et de dépôts solides dans le barrage ; 5) l'intégration des données de télédétection et de données connexes (pluviométrie, besoins en eau des cultures sur le périmètre irrigué, le volume d'eau stockée etc..) dans un logiciel de SIG ARC-VIEW, pour la mise en place d'un modèle numérique de terrain qui servirait à visualiser la dynamique de fonctionnement des ouvrages hydrauliques du barrage et des installations du périmètre irrigué. Les résultats obtenus, sous forme qualitative, à l'aide de documents cartographiques, des données chiffrées et des courbes, donnent un aperçu sur les variations morphologiques du plan d'eau du barrage et sur la dynamique des éléments d'occupation des terres du bassin versant et des parcelles installées régulièrement d'une part et de façon anarchique d'autre part sur la zone irriguée. Les cartes de l'occupation des terres sur 11 ans (1988 à 1999) ont permis d'analyser la dégradation du bassin versant dont l'ensemble

Les eaux dans un bassin versant

des terres occupées est passé de 6695 ha en 1988 à 8144 ha en 1999, soit un taux d'occupation en nette progression de 22%. L'observation des cartes et des courbes issues de la photo-interprétation a permis d'une part une analyse plus fine et complète des processus morphologiques du bassin versant et d'autre part de mieux apprécier l'impact des parcelles installées spontanément sur le périmètre irrigué. Cette étude a surtout montré d'une part, qu'à partir de la télédétection aérospatiale, il est possible d'appréhender les paramètres dynamiques de fonctionnement d'un barrage et de disposer d'un système de collecte rapide d'information permettant de connaître la situation des ressources en eau et les causes de dégradation du bassin versant; d'autre part, que l'intégration des informations issues de la télédétection et d'autres sources dans un SIG, pouvait permettre de mettre en place un mécanisme de gestion efficiente d'un périmètre hydroagricole dans un milieu sahélien et de prévoir d'éventuels catastrophes et déficits en eau.



Étude de la dégradation du sol par l'approche SAM et les indices spectraux à partir des données ASTER et Landsat ETM+ : cas d'un petit bassin du Rif marocain

Mohamed CHIKHAOUI¹, Ferdinand BONN¹, Abdelaziz MERZOUK², Mohammed ALAMI² et Patrick CLICHE¹

1. CARTEL, Université de Sherbrooke, 2500 boul. de l'université, Sherbrooke, Québec, Canada, J1K 2R1
téléphone : 1 (819) 821 8000 poste 2945, courriel: M.Chikhaoui@USherbrooke.ca

2. Laboratoire de conservation des eaux et du sol, Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II (IAV),
B.P. 6002, Rabat Institut, Rabat, Maroc
téléphone : 212 37 771285, courriel : merzouk@mtds.com

L'extension spectaculaire des processus d'érosion des sols, au Maroc, est un indicateur d'aspects inquiétants liés à la dégradation des sols. En effet, les changements intervenus dans les systèmes de production agricole, comme la mise en culture des zones en pentes et leur mécanisation inadaptée, la modification des rotations et des pratiques culturales, ont conduit à une dégradation des sols dans le Rif. Pour analyser son état et en évaluer les risques d'extension et d'aggravation, la télédétection s'avère un excellent outil. L'acquisition des données satellitales est aujourd'hui une technique courante. De même, la diversité des bandes spectrales disponibles et l'existence de nouveaux capteurs offrant de nouvelles possibilités d'acquisition et d'études du niveau de dégradation des sols facilitent davantage les analyses et l'interprétation.

L'étude des phénomènes de dégradation du sol par la télédétection est basée sur la compréhension et la caractérisation des propriétés spectrales de surface (BONN et ESCADAFAL 1996). Les indices spectraux sont souvent utilisés pour la cartographie de la dégradation des sols (ESCADAFAL et al. 1994, HADOUBANE et al. 2002). Une autre approche alternative est celle qui se base sur la similarité de deux spectres en mesurant l'écart angulaire entre ces derniers. Il s'agit de la méthode SAM (*Spectral Angle Mapping*) qui est basée sur un concept physique développée par KRUSE et al. (1993). La présente étude s'intéresse à caractériser l'état de dégradation des sols d'un petit bassin versant méditerranéen soumis à une forte activité anthropique en utilisant les données des capteurs Landsat ETM+, ASTER et des données spectroradiométriques du terrain. Le spectroradiomètre utilisé sur le terrain est de marque ASD (*Analytical Spectral Device*), de haute résolution spectrale. Il opère dans le visible, le proche infrarouge et *SIWR*, soient les longueurs d'onde allant de 350 à 2500 nm. Les mesures ont été effectuées dans le bassin expérimental de Saboun (720 ha) situé dans le Rif occidental du Maroc (Figure 1), et qui dispose d'une base de données pédologiques, hydrologiques et d'érosion (CHIKHAOUI 1998).

Les prétraitements ont été un préalable pour atteindre les objectifs assignés à notre étude. Nous avons procédé à une correction atmosphérique des données Landsat ETM+ du capteur Landsat ainsi qu'à une calibration des données ASTER. Nous avons effectué également une correction des images par rapport à la carte topographique au 1/ 50 000 couvrant la zone d'étude. Ensuite, nous avons appliqué une série d'indices spectraux décrivant la forme des spectres tels que l'indice de forme, l'indice de coloration, l'intensité et l'indice de brillance dans un premier temps aux données spectroradiométriques issues de l'ASD. Dans une seconde étape, nous avons appliqué les indices spectraux aux données images. La simulation des bandes ASTER et Landsat ETM+ est réalisée par la convolution des valeurs de la réponse spectrale des bandes du capteur ASTER et Landsat ETM+ avec les courbes de réflectance des échantillons du site étudié en utilisant le logiciel ENVI.

Le résultat obtenu montre que l'intégration des bandes 5 et 7 du capteur Landsat ETM+ dans le calcul des indices spectraux donne des résultats satisfaisants (Figure 2a). Par ailleurs, l'intégration des bandes 6 (2,185-2,225 μm) et 8 (2,295-2,365 μm) du capteur ASTER dans le calcul des indices spectraux apporte plus de précisions et décrit bien la réalité de terrain (Figure 2b).

L'application de la méthode SAM comme méthode de classification a permis d'obtenir une image d'angle θ pour chaque spectre de référence. À partir des images d'angle θ nous avons réalisé un seuillage afin d'attribuer à chaque pixel le thème qui y possède la valeur la plus faible de θ ; plus l'écart angulaire est petit, plus la similarité est importante. L'exécution de cette approche nécessite des spectres de référence. Pour ce faire, nous avons utilisé 9 signatures spectrales afin d'obtenir une modélisation optimale du terrain. Nous avons essayé de respecter une composition comprenant trois signatures spectrales représentant chaque état de développement du sol. Ce choix est basé essentiellement sur les observations effectuées sur le terrain et le résultat de la classification des données spectroradiométriques (CHIKHAOUI et al. 2001). D'une manière générale, nous avons constaté que les résultats obtenus par l'approche SAM sont globalement plus satisfaisants avec les données ASTER qu'avec celles du capteur Landsat ETM+ (Figure 3). Ce qui prouve que la méthode SAM est plus intéressante et fiable avec les données des capteurs à haute résolution spectrale ou des capteurs hyperspectraux. Par ailleurs, l'analyse de la répartition spatiale des états de dégradation des sols a permis de conclure que les deux approches définissent assez bien la classe des sols dégradés. Cela s'explique par le fait que la réponse spectrale de ce type de sol est invariante.

À la lumière des résultats obtenus, nous avons montré l'intérêt de l'utilisation du capteur ASTER dans l'étude du phénomène de dégradation des sols dans le bassin méditerranéen (nord du Maroc). L'avènement de ce capteur permet d'envisager une amélioration de l'étude des sols. En effet, ceux-ci présentent une forte dynamique spectrale dans le domaine de l'infrarouge. La correspondance entre les résultats obtenus par l'approche SAM et ceux de l'application des indices spectraux utilisant les bandes du domaine *SWIR* est globalement satisfaisante dans le sens où il représente assez bien la réalité de terrain et peut cependant varier selon le type de données satellitaires.

Références

- BONN F. and ESCADAFAL R. 1996. La télédétection appliquée aux sols. Chapitre 3 Précis de télédétection. Vol. 2 (Applications), F. Bonn, ed., PUQ/AUPELF.
- CHIKHAOUI M. 1998. Fonctionnement hydrologique et risques d'envasement du barrage Saboun. Mémoire de troisième cycle agronomie. IAV Hassan II, Rabat
- CHIKHAOUI M., BONN F., MERZOUK A., MEJJATI M. and CLICHE P. 2001. Diagnostic de l'état de dégradation du sol à partir de l'analyse statistique des données spectrales: cas d'un petit bassin du rif marocain. Symposium international - Faculté des Sciences, Marrakech 12-15 November.
- ESCADAFAL R., BELGHITH A. and BEN MOUSSA H. 1994. Indices spectraux pour la télédétection de la dégradation des milieux naturels en Tunisie aride. Proceedings of the 6th International Symposium on 'Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing', 17-24 Jan, 1994, Val d'Isère, France, CNES ESA publ.
- HABOUDANE D, BONN, F., ROYER A, SOMMER S. and MEHL W. 2002. Land degradation and erosion risk mapping by fusion of spectrally based information and digital geomorphometric attributes. Int. J. Remote Sensing. 18, 3795-3820.
- KRUSE F. A., LEFKOFF A. B., BOARDMAN J. W., HEIDEBRECHT K. B., SHAPIRO P. J. and GOETZ A. F. H. 1993. The spectral Image Processing System (SIPS)-Interactive Visualisation and Analysis of Imaging Spectrometer Data. Remote Sensing of Environment. 44, 145-163.



Figure 1. Zone d'étude: Bassin Saboun, Maroc

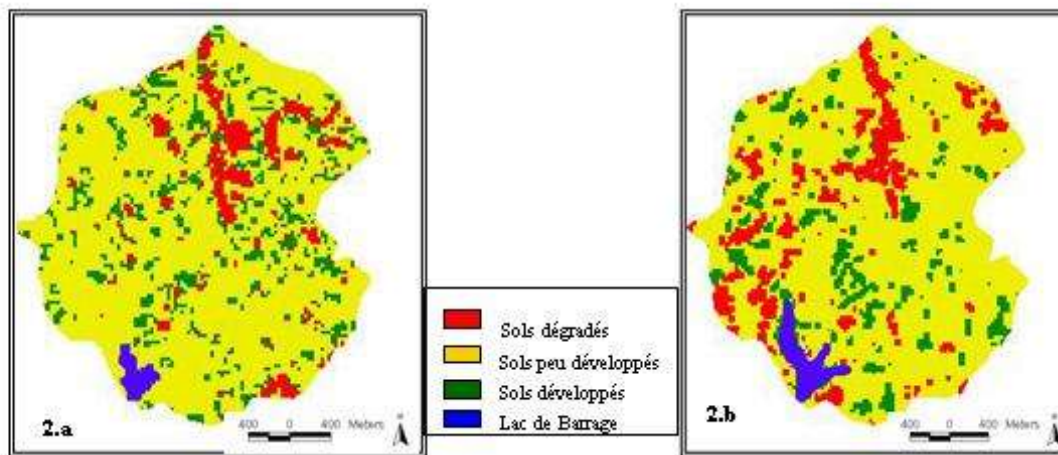


Figure 2. Carte des conditions de surface déterminées par les indices spectraux :
2.a Données ETM+. 2.b Données ASTER.

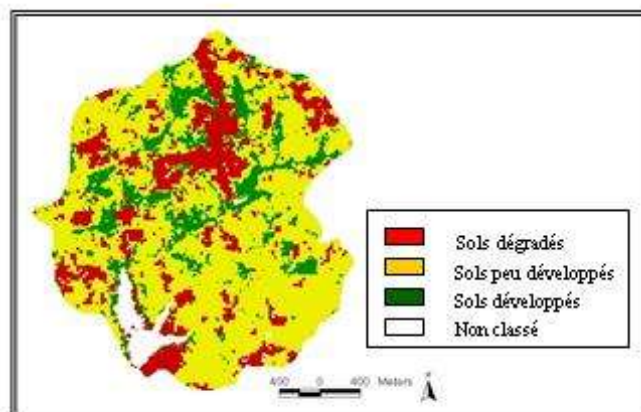


Figure 3. Carte des conditions de surface des sols obtenues par l'approche SAM en utilisant les données ASTER.

Contribution de la télédétection à l'étude de dynamique de la dégradation des sols et de la sédimentation du lac Péligre, Haïti

Régine LOUIS¹, Remy SIETCHIPPING² et Jude Pierre Marie BASQUIAT³

1. Université Quisqueya (Haïti)
2. University of West Indies (Jamaïque)
3. Université d'Etat d'Haïti (Haïti)

Le lac artificiel de Péligre, situé dans le département du centre, Haïti, fait partie d'un grand bassin hydrographique dont certains de ses embranchements partent de la République dominicaine (figure 1). La construction du barrage, qui a abouti à la formation de ce lac, a pris fin en 1956. Ce barrage s'est vu assigner trois principales missions : l'irrigation, le contrôle des inondations et la production d'énergie hydroélectrique. D'abord, ce lac artificiel devait jouer le rôle central dans l'irrigation de la *vallée de l'Artibonite*, qui constitue la principale zone de production de riz en Haïti. Ensuite, ce barrage devait également régler le niveau d'eau en aval du lac afin d'éviter les épisodes sévères d'inondation ou d'étiage. Enfin, sa dernière mission consistait à approvisionner et à couvrir 77% des besoins en énergie de Port-au-Prince et de ses environs. Aujourd'hui, le barrage ne remplit cette mission qu'à moins de 45%. L'une des conséquences les plus tangibles de la diminution de la potentialité énergétique de ce lac est le rationnement sévère du courant électrique que subit la capitale haïtienne qui n'est plus alimentée en électricité que trois à quatre heures par jour. Cinq décennies après la mise en service du barrage, sa capacité à assurer ses trois missions s'est progressivement affaiblie. Plusieurs facteurs peuvent être invoqués pour expliquer l'amenuisement de la performance du lac et du barrage.

Entre autres thèses jusqu'ici avancées figurent les motivations politiques et économiques, ainsi que la mauvaise gestion du terroir aussi bien par les populations environnantes que par les autorités en charge (FRENETTE *et al.* 1982, NAGEL 2001). L'observation du bassin versant suggère que la destruction des forêts, accompagnée de l'introduction de cultures sarclées sur de vastes étendues de terres montagneuses en amont du lac, aient largement entraîné une augmentation du ruissellement et une accélération des processus d'érosion. Ces facteurs auraient provoqué des problèmes de sédimentation qui à leur tour auraient conduit à une diminution progressive de la capacité de stockage du barrage. Il s'en serait suivi une diminution du potentiel de production d'électricité et d'irrigation rizicole en aval. Bien plus, l'expérience d'autres barrages de même nature suggère que leur vétusté et la diminution de l'infiltration au niveau de leur bassin versant respectif concourent à réduire le débit des cours d'eau (SHALASH 1982, LINDA *et al.* 1991, WASSON *et al.* 1998, LI *et al.* 2001, NAJMODDINI 2003). L'action conjuguée de ces problèmes expliquerait la maigre production de 10 à 15 mégawatts d'électricité par le barrage de Péligre en saison sèche. Ces aspects sont insuffisamment pris en compte dans les études et les stratégies d'amélioration du rendement du lac. Pourtant, les études récentes montrent que la situation va continuer à se détériorer si rien n'est fait pour relever le niveau de performance du barrage et du lac (KNOWLES *et al.* 1999).

Cet article se propose de montrer comment la télédétection peut contribuer à l'étude diachronique de l'évolution de la capacité du lac en relation avec la dynamique du couvert végétal et de l'utilisation du sol. Pour y parvenir, il a été utilisé des photographies aériennes (1964, 1978 et 2002) associées à une image Spot (2000) pour identifier, mesurer, actualiser et suivre les sources de la sédimentation du lac ainsi que de l'érosion sur le bassin versant (figure2). Les interprétations

visuelles et digitales ont été validées par les études antérieures et les vérifications sur le terrain (figure3).

La cartographie dynamique de la sédimentation et de l'érosion du bassin versant donne une indication claire et actualisée de la relation entre le dénuement des sols du bassin versant, l'érosion et la sédimentation du lac. L'étude a révélé que seulement 30% du bassin versant disposait d'une couverture végétale arborée et/ou arbustive en l'an 2000. Il a été possible d'évaluer la progression des bancs de sédiment au niveau du lac entre 1978 et 2000. En effet, de 29400 hectares à la construction du barrage, la progression des bancs de sédiment pouvait être observée sur 5,85% de cette superficie en 1978 et 13,40% en 2000. Plus pratiquement, il en découle que le potentiel et la capacité du Lac de Péligre ne peuvent être renforcés à long terme sans une prise en compte des mesures correctives en amont du lac. Ces mesures appellent une approche intégrée et visent spécifiquement l'érosion, le couvert végétal, les pratiques agricoles, les riverains du lac, et la gestion du terroir. Les résultats de cette étude montrent bien comment la haute résolution spatiale de photographies aériennes peut être intégrée à la résolution spectrale de Spot pour produire des données fiables et rapides sur les problèmes d'érosion et de sédimentation pour un bassin versant donné.

Références

- FRENETTE M., TOURNIER J.P. and NZAKIMUENA T.J. 1982. Case History of sedimentation at Péligre Dam, Haïti, *Canadian Journal of Civil Engineering* 9 (2), 206-223
- KNOWLES R. B., MARLEY B., BUCKALEW J. O. and ROEBUCK L. W. 1999. Water resources assessment of Haïti. *US Army Corps of Engineers*.
<http://www.sam.usace.army.mil/en/wra/Haiti/Haiti%20Water%20Resources%20Assessment%20English.pdf>. (Visité, Juillet 2003)
- LI G., TANG Z., YUE S., ZHUANG K. and WEI H. 2001. Sedimentation in the shear front off the yellow river mouth, *Continental shelf research* 21, 607-625.
- LINDA C., BONN F., POULIN A. and PESANT A. 1991. Utilisation de la télédétection pour l'évaluation des risques d'érosion hydrique en milieu rural, In P. Gagnon (Éd.) *Télédétection et Gestion* 7, 249-255
- MAITRA S. 2002. Environmental impact assessment for dam construction using gis/remote sensing, ESRI paper available: <http://gis.esri.com/library/userconf/proc01/professional/papers/pap1043/p1043.htm>
- NAGLE GN 2001. The contribution of agricultural erosion to reservoir sedimentation in the Dominican Republic, *Water Policy* 3 (6), 491-505
- NAJMODDINI N. 2003. Assessment of erosion and sediment yield processes, using remote sensing and GIS: A case study in Rose chai sub-catchment of Orumieh basin, W.Azabaijan, Iran, Master Thesis, 63p. http://www.itc.nl/library/Papers_2003/msc/wrem/nader_najmoddini.pdf
- SHALASH S. 1982. Effects of Sedimentation on the Storage Capacity of the High Aswan Dam Reservoir, *Hydrobiologia* 92, 623-639
- WASSON R.J., MAZARI R.K., STARR B. and CLIFTON G. 1998. The recent history of erosion and sedimentation on the Southern Australia: sediment flux dominated by channel incision, *Geomorphology* 24, 291-308

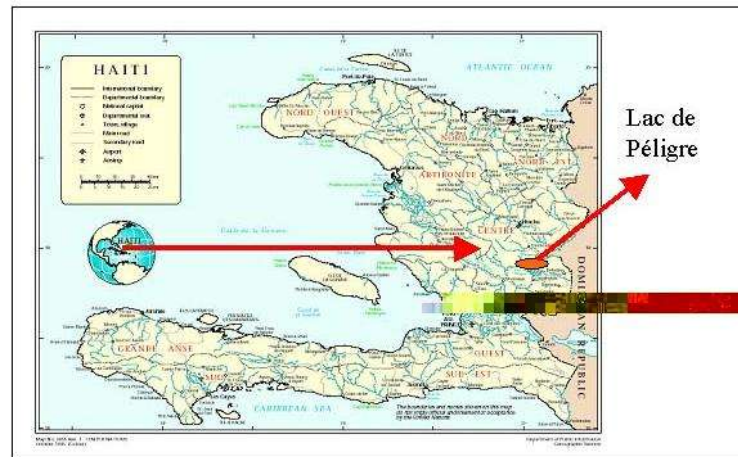


Figure 1: Localisation d'Haïti et du lac de Péligre

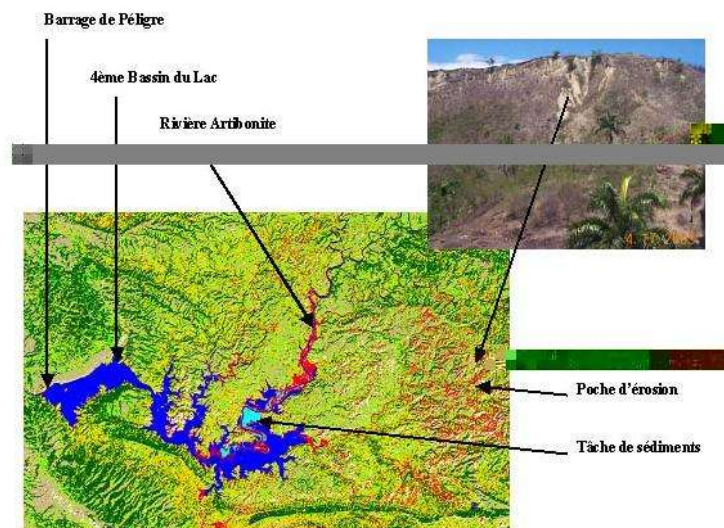


Figure 2. Vérification sur le terrain et identification des sources de sédimentation sur une image Spot

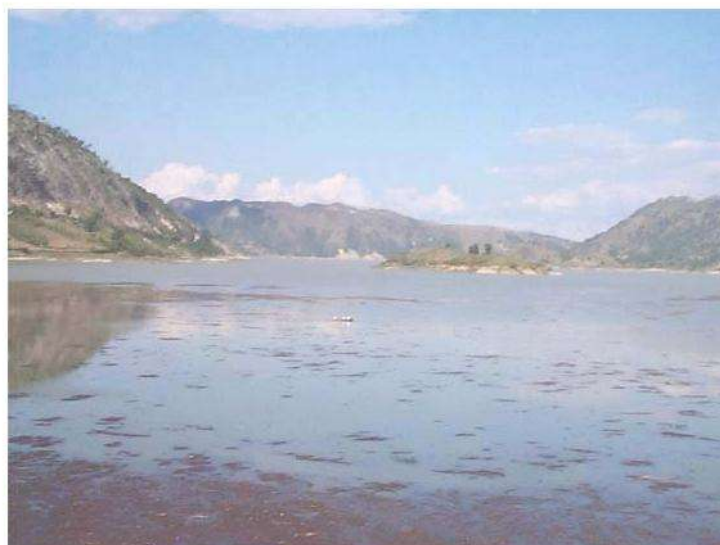


Figure 3: Accumulation de sédiments venant des versants dénudés en amont du barrage de Péligre.

Détection par l'imagerie satellitale de l'impact des barrages hydro-agricoles sur l'environnement biophysique du Delta du fleuve Sénégal

Landing MANE

Société Nationale d'Exploitation et d'Aménagement des terres du Delta et de la Vallée du Fleuve Sénégal (SAED) ; Route de Khor BP : 74 Saint-Louis / SENEGAL
courriel : lkmane@ifrance.com

A la suite de la péjoration climatique et de l'avènement des barrages hydro-agricoles, l'environnement biophysique de la vallée du fleuve Sénégal et particulièrement du Delta a connu des bouleversements multiples.

L'objectif principal de cette étude est de détecter les changements intervenus dans l'environnement biophysique du Delta du fleuve Sénégal après l'installation des barrages hydroagricoles.

Pour réaliser cette étude, l'accent a été mis sur le traitement numérique des images SPOT HRV de 1993, 1994 et 1998 accompagné d'un travail de terrain. Deux méthodes de détection du changement ont été utilisées : l'analyse en composante principale (ACP) et la différenciation (soustraction) d'images multi-temporelles (DIM). L'utilisation de la deuxième méthode est précédée d'une correction atmosphérique des images en se basant sur des surfaces inchangées détectées par la première méthode (ACP).

Suivant la méthode utilisée dans cette étude, la première composante (PC1) en cumulant la plus forte variance concentre l'essentiel des informations contenues dans les bandes d'origine. La deuxième composante (PC2) est supposée contenir des informations sur les changements survenus dans l'environnement biophysique. Concernant la troisième composante (PC3), en sus des informations sur les changements, elle véhicule aussi du « bruit », c'est-à-dire des informations généralement sans intérêt majeurs pour les objectifs de l'étude.

Concernant la différenciation d'images multi-temporelles, elle permet de détecter les changements. Dans la pratique, il s'agit de soustraire individuellement les bandes de l'image la plus récente de leur correspondant radiométrique dans l'image ancienne de référence. L'image résultante, contiendra des valeurs négatives et des valeurs positives. Les valeurs négatives représentent les objets ou surfaces dont les réflectances ont baissé entre les dates prises en compte, et les valeurs positives désignent les objets ou surface dont les réflectances ont augmenté.

Avant de réaliser la différenciation des images, au moins deux préalables doivent nécessairement être satisfaits :

- les images doivent être dans la même projection géographique pour être superposables au pixel près,
- les images doivent être dans le même référentiel atmosphérique.

L'étude a permis de suivre l'évolution de plusieurs phénomènes de modifications sur l'environnement, de localiser les zones à problèmes et de comprendre les causes de ces changements.

Les changements majeurs mis en évidence dans cette étude sont liés aux inondations, à la prolifération de la végétation aquatique, à la salinisation et à l'érosion des sols.

Les inondations permanentes dues au relèvement des eaux de surface dans le cadre de la gestion du barrage de Diama, ont favorisé l'envahissement des zones humides par une végétation aquatique (*Typha australis*) très abondante qui entrave certaines activités notamment l'accès direct aux eaux de surface par les populations riveraines de ces écosystèmes. De plus, ces végétations envahissantes se comportent parfois comme de véritables pièges à sédiments occasionnant un dysfonctionnement des axes hydrauliques par colmatage. Les surfaces affectées par la végétation aquatique envahissante atteignent 17 000 hectares.

Concernant la salinisation des terres agricoles, si son emprise est minorée dans les périmètres irrigués, grâce au drainage, par contre dans les parcelles non exploitées et dans les abords immédiats des aménagements hydroagricoles, les formations édaphiques subissent des dégradations relativement importantes à cause de la remontée des sels par capillarité.

Globalement, durant la période prise en compte dans l'étude, la salinisation très forte des sols atteint 8 397 hectares et la salinisation modérée et l'ensablement touchent 11 078 hectares.

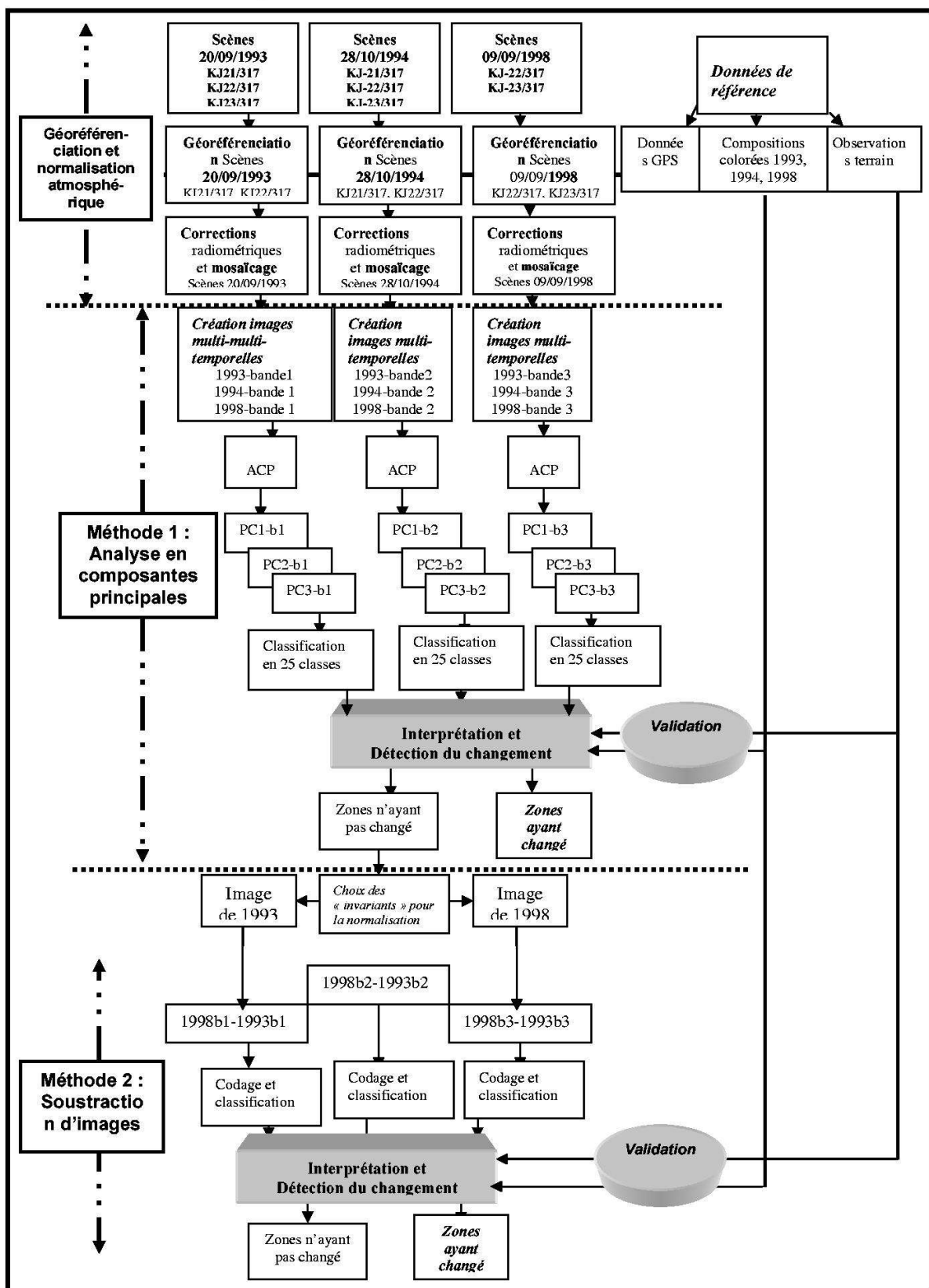
Cette dynamique négative peut à la longue occasionner une stérilisation irréversible d'un des supports essentiels de l'agriculture : le sol.

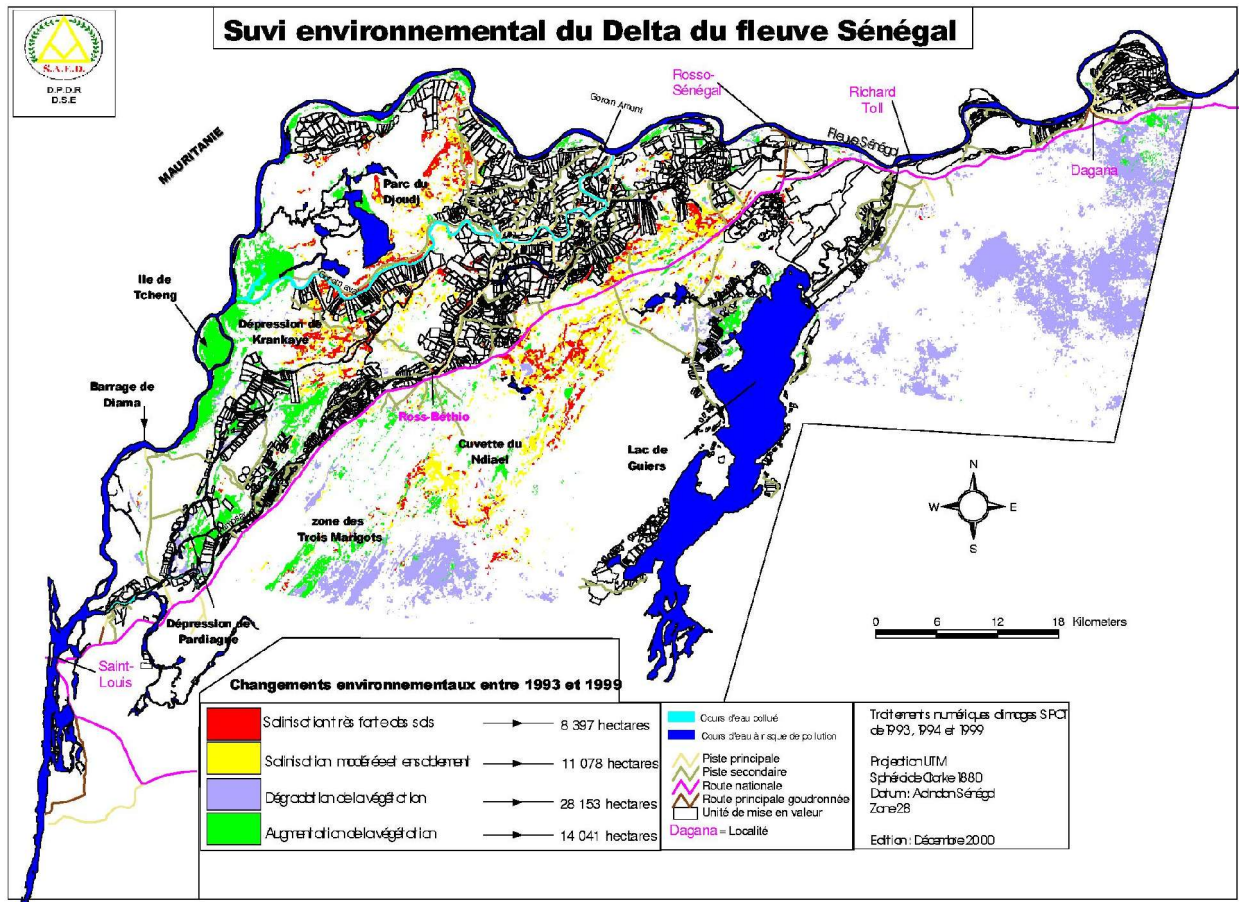
Par simplification, la dégradation des ressources naturelles du Delta du fleuve Sénégal se résume comme suit : salinisation – puis dégradation des sols – ensuite disparition du couvert végétal – et enfin ensablement suivi par intense érosion éolienne.

Références

- RICHARDS J.A. 1984. Thematic mapping from multitemporal images data using the principal components transformation. *Remote Sensing Environment*. 16: 35-45.
- GONG P. 1993. Change détection using principal component analysis and fuzzy set theory. *Canadien Journal of Remote Sensing*, 19 : 22-29
- LI X. and YEH A.G.O 1998. Principal Component analysis of stacked multi-temporal images for monitoring of rapid urban expansion in the Pearl River Delta. *International Journal of Remote Sensing*. 19 : 1501-1518

Méthodologie utilisée pour cette étude





Intégration d'indices dérivés du MNA et d'informations extraites des images satellitales pour l'identification des zones de susceptibilité à l'érosion hydrique

Driss HABOUDANE¹, Ferdinand BONN² et Alain ROYER²

1. Département des Sciences Humaines, Université du Québec à Chicoutimi (UQAC), 555 Boul. de l'Université, Chicoutimi, Québec, Canada, G7H 2B1, Tel : 1 (418) 545-5011 poste 5673, Fax : 1 (418) 545-5012, C.É : Driss_Haboudane@uqac.ca

2. Centre d'application et de recherche en télédétection (CARTEL), Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada, J1K 2R1

Dans le cadre de l'observation spatiale de l'environnement des écosystèmes arides et semi-arides, ce travail examine l'intérêt des techniques de télédétection et d'analyse du modèle numérique d'altitude (MNA) pour la caractérisation des phénomènes de dégradation. À cette fin, nous avons proposé une méthodologie orientée vers l'intégration des informations spectrales et géomorphométriques, s'appuyant sur des approches d'extraction de l'information bien adaptées aux caractéristiques spécifiques des milieux étudiés. Il s'agit de procédures d'intégration, paramétrique des informations spectrales et géomorphométriques en vue d'estimer la susceptibilité du territoire à la dégradation et à la désertification. Ces démarches ont permis d'accéder à des informations géo-écologiques importantes dont l'analyse et l'interprétation ont abouti à la cartographie des unités du paysage du bassin de la Guadalentin, situé au sud-est de l'Espagne, aux points de vue comportement hydrologique et susceptibilité aux processus d'érosion et de désertification.

Au niveau spectral, l'analyse par déconvolution spectrale présente l'avantage d'être quantitative et de fournir, en sortie, des produits thématiques factuels se prêtant aussi bien à une interprétation directe qu'à des procédures de recombinaisons ou d'intégration dans d'autres modèles. En ce qui concerne l'analyse hydrologique du MNA, la présente étude a mis en relief l'importance de l'utilisation combinée des attributs topographiques ponctuels et des indices hydrologiques contextuels pour la compréhension du comportement hydrologique des différentes unités du territoire. Cette approche doit son originalité à l'intégration d'informations locales et contextuelles telles qu'elles sont exprimées par les courbures, la pente et les aires contribuant à l'écoulement de surface. Ces variables sont des facteurs majeurs de contrôle de la direction et de l'intensité des processus hydrologiques et de pente. Comparée à la méthode basée sur l'analyse des courbures, la présente approche donne une meilleure identification des unités homogènes de réponse aux processus hydrologiques, lesquelles sont en cohérence avec les lois qui régissent les flux d'écoulement et les mouvements de matière sur les versants naturels.

Finalement, une analyse intégrée des informations géo-écologiques sur l'environnement étudié a été effectuée grâce à la définition d'unités homogènes déterminées à partir des données multispectrales des images TM, des attributs géomorphométriques du modèle numérique d'altitude, et à partir de la combinaison des deux sources de données. Ceci a conduit à déterminer l'état actuel de la fragilité de l'écosystème et à évaluer sa susceptibilité aux processus de dégradation et de désertification.

Les courbures horizontale K_h et verticale K_v sont des attributs topographiques qui décrivent la forme du terrain (concavité et convexité). Elles permettent d'évaluer l'influence de la topographie sur la direction et l'intensité de l'écoulement de surface. Les zones où K_h et K_v sont positives sont soumises aux phénomènes de détachement et de mobilisation de la matière; celles ayant des valeurs négatives de K_h et K_v sont le siège d'accumulations alors que celles où K_h et K_v sont de signes contraires ne constituent que des zones de transit de la matière (eau, sédiments, solutions). La détermination de ces variables topographiques à partir du MNA et l'application de cette approche ont abouti à la cartographie des zones propices à la mobilisation de la matière (dénudation), à son transport (transit) et à son dépôt (accumulation) pour le bassin de la Guadalentin (Figure 1). Sur cette figure, la dénudation (bleu) opère sur les flancs des montagnes, le transit (jaune) se fait le long des thalwegs et cours d'eau,

tandis que l'accumulation (orange) survient dans les plaines et les piémonts. Ces aires représentent des unités homogènes de réponse à la dynamique de l'écoulement et, donc, à son pouvoir érosif et à sa capacité de transport.

La classification non supervisée des courbures et des indices topographique IP et d'énergie d'eau IEE a permis de distinguer quatorze classes différentes (Figure 2). Les indices hydrologiques présentent l'avantage de combiner des informations locale et contextuelle par le biais de la pente et de l'aire contribuant à l'écoulement, respectivement. IEE exprime la force de l'écoulement et, donc, son potentiel érosif tandis que IP représente les conditions de drainage du sol. Le regroupement des résultats de la classification automatique en unités à comportements analogues au point de vue importance de l'écoulement de surface a été effectué par analyse de leurs caractéristiques moyennes, en particulier celles des variables IEE, courbure verticale et courbure horizontale (Figure 2). Nous avons, ainsi, défini cinq unités homogènes de réponse dynamique aux processus hydrologiques (Figure 2). Elles correspondent aux 5 groupes d'agressivité de l'écoulement de surface : très faible, faible, moyenne, élevée et très élevée.

Références

- BRABANT P., SIMONNEAUX V. et EGUE K. 1995. État actuel de dégradation des terres et de l'environnement au Togo déterminé à l'aide de la télédétection. Actes du Symposium International de AISS (groupes de travail RS et MD), Ouagadougou, Burkina Faso, 6 -10 Février 1995, 469-488.
- DEROIN J.-P., CHOROWICZ J., DEROIN T., DUTARTRE P., SCANVIC J.-Y. and SIMONI A. 1990. The landscape unit approach applied to geology, on SPOT images, in temperate climate zones using a test-area in the Cévennes (Massif Central, France). *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, n° 45, 382-403
- DYMOND J.R., DEROSE R.C. and HARMSWORTH G.R. 1995. Automated mapping of land components from digital elevation data. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 20, 131-137.
- HABOUDANE D., BONN F., ROYER A., SOMMER S. and MEHL W. 2002. Land degradation and erosion risk mapping by fusion of spectrally-based information and digital geomorphometric attributes. *International Journal of Remote Sensing*, 18, 3795-3820
- KOSMAS C. 1996. Development of methodology for defining and mapping environmentally sensitive areas to desertification. Minutes of the Second Plenary Meeting of MEADALUS III, Lorca, 17 to 21 October 1996, 61-62
- POULIOT J., THOMSON K.P.B., CHEVALLIER J.-J. and BOUSSEMA R.M. 1994. Integrated application of geomatic techniques in the context of agricultural anti-erosion management. *Canadian Journal of Remote Sensing*, vol. 20, n° 4, 419-425
- THORNES J.B., SHAO J.X., DIAZ E., ROLDAN A., McMAHON M. and HAWKES J.C. 1996. Testing the MADALUS hillslope model. *Catena*, n° 26, 137-160
- YOUNIS M.T. and MELIA J. 1992. Interpretation of Landsat TM images for mapping erosion susceptibility in the area of Murcia, SE Spain. Actes du Symposium International MARISY'92, Rabat, 8 - 9 Octobre 1992, 353-356

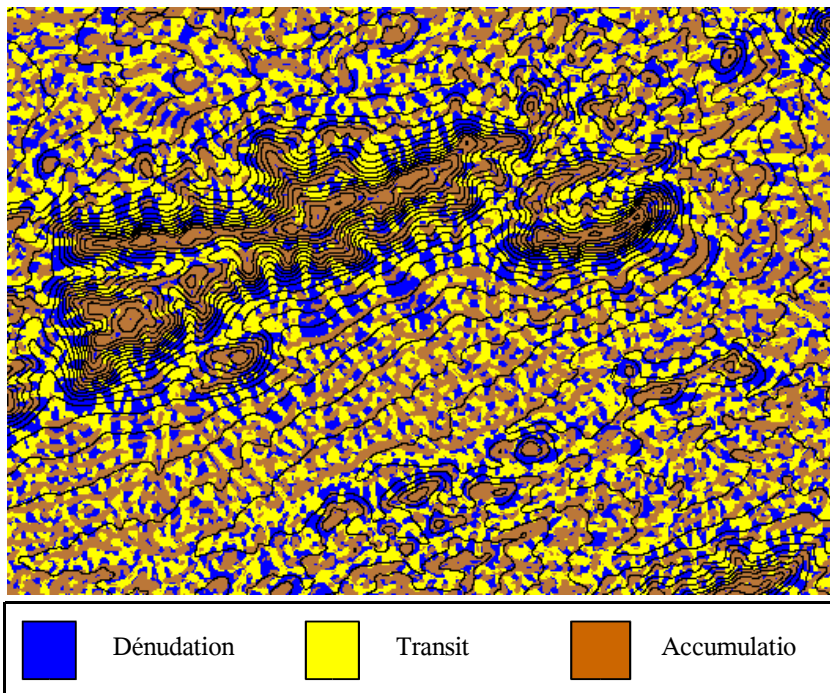


Figure 1. Sous-image, avec superposition des courbes de niveau, représentant la carte des zones potentielles de prélèvement, de transit et de dépôt de la matière par l'écoulement de surface

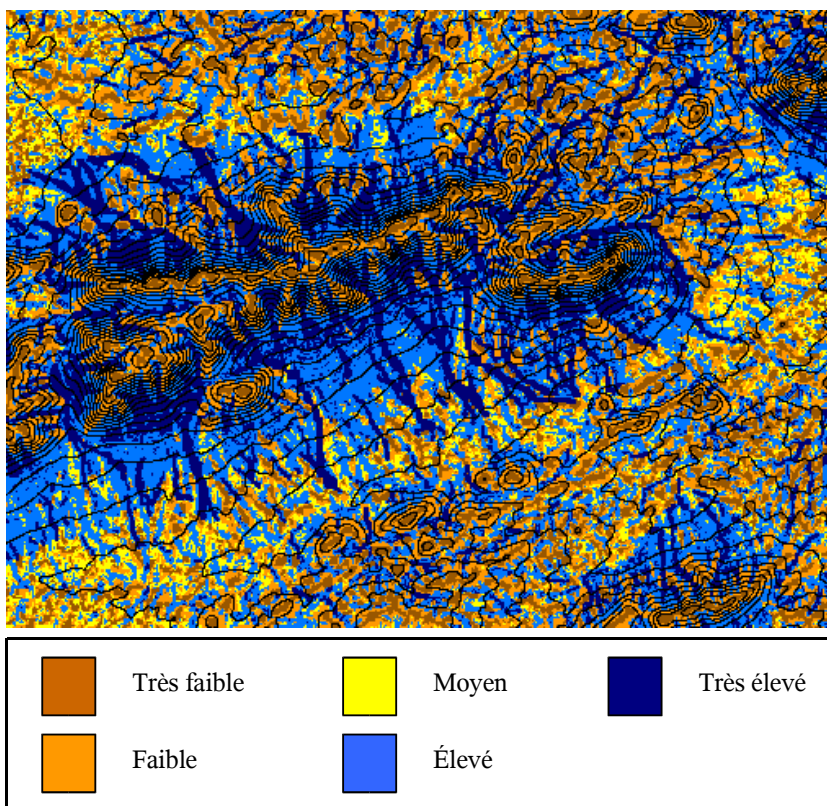


Figure 2. Sous-image, avec superposition des courbes de niveau, représentant les unités de réponse dynamique relative au potentiel d'agressivité de l'écoulement superficiel

Caractérisation de la glace d'une rivière moyenne à l'aide d'un système d'information géographique et des images du satellite RADARSAT

Ali EL BATTAY, Yves GAUTHIER, Marc PHILIPPIN et Monique BERNIER

INRS-ETE, 2800 Einstein, C.P. 7500, Ste-Foy (Qc) G1V 4C7

courriel : ali_elbattay@inrs-ete.quebec.ca

La complexité des mécanismes liés à la glace de rivière a fait en sorte que sa compréhension est toujours à ses débuts. En effet, L'importance que revêt ce phénomène est principalement due à ses répercussions en terme de sécurité publique et économique. En outre, les rivières sont des écosystèmes complexes dont la glace affecte, entre autres, le régime d'écoulement, la structure des berges et le transport des sédiments.

La présente étude a pour objectif principal de caractériser la glace de la rivière Saint-François (rivière de taille moyenne) en utilisant des images RADARSAT-1 mises en contexte morphologique à l'aide d'un SIG. L'introduction des caractéristiques de la rivière dans le processus d'analyse des images RADARSAT-1 (mode fin) permettra une meilleure valorisation des informations qu'elles contiennent.

La rivière Saint-François (Qc) est connue pour son historique de problèmes avec la glace de rivière. En 1989, 1000 personnes sont évacuées dans la région de Drummondville à cause des risques liés à la glace que manifestait la rivière Saint-François.

Dix-neuf images Radarsat-1 ont été acquises durant les hivers 2001-2002 et 2003. En parallèle, des campagnes de terrain ont été réalisées pour caractériser, d'une part la glace et de l'autre part la morphologie de la rivière. Dans le premier volet de cette étude, nous avons subdivisé le tronçon étudié selon des critères basés sur l'homogénéité et la cohérence des paramètres morphologiques (largeur, sinuosité, profondeur et pente générale). L'analyse de texture a été effectuée sur les images afin de déterminer les paramètres de texture qui font ressortir le plus d'informations sur le couvert de glace. Le deuxième volet de ce projet consistera à classifier les images RADARSAT-1 selon la méthode orientée objet qui intégrera les résultats du premier volet.

Dans notre présentation nous allons ainsi montrer les résultats de la subdivision en biefs homogènes et l'analyse de texture.

Méthodologie

La méthode de classification que nous utilisons est celle dite « orientée objet ». Cette méthode permet de classifier un pixel en tenant compte de son contexte- Objet- et les relations qui relient cet objet aux autres objets avoisinants. La figure 1 résume les liens envisagés entre les données SIG, RADARSAT-1 et leur intégration dans la méthode de classification

Résultats

La figure 2 (d) représente les résultats préliminaires de la subdivision morphologique de la rivière en biefs homogènes en se basant seulement sur la largeur, la profondeur et la sinuosité. Les biefs homogènes sont ceux présentés par la même couleur, une transition répétitives de plusieurs couleurs signifie un bief hétérogène.

L'analyse de texture (figure 3) a permis la discrimination de types de glace de rivière présentant des coefficients de rétrodiffusion similaires. C'est le cas de l'utilisation du paramètre de texture contraste vs 2^{ème} moment qui permet la séparation des classes eau libre, glace noire et neige humide (figure 3-a). De même l'utilisation des paramètres de texture moyenne et corrélation nous a permis de séparer les classes couvert de glace complet rugueux vs lisse et glace en mouvement (figure 3-b).

Références

- ARZANDEH S. et J. WANG 2002. Texture evaluation of RADARSAT imagery for wetland mapping. *Can. Journ. Of Rem. Sens.*, Vol.28, No.5, 653-666.
- BELTAOS S. 1995. River Ice Jams. Water Resource Publications, LLC. ISBN Number 0-918334-87-X, 372 p.
- LECONTE R., BRISSETTE F., et M. GALARNEAU 1998. Utilization of RADARSAT data for snow, ice jams and flood monitoring at the watershed scale : Final Report. ETS , Université du Québec, 84p.
- LECONTE R. et KLASSEN P.D. 1991. Lake and river ice investigations in northern Manitoba using airborne SAR imagery. *Artic*, 44, 1, 153-163.
- LECONTE R. et PULTZ T. J.1991. Evaluation of the potential of RADARSAT for flood mapping using simulated satellite SAR imagery. *Can. Journ. Of Rem. Sens.*, Vol.17, No.3, pp. 241-249.
- MELLOH R.A. et GATTO L.W. 1990. Interpretation of passive and active microwave imagery over snow-covered lakes and rivers near Fairbanks, Alaska. Proceedings of the Workshop on Application of Remote Sensing in Hydrology, Saskatoon, Saskatchewan, February 13-14, NHRI Symposium 5, 159-178.
- MICHEL B. et RAMSEIER 1971. Classification of river and lake ice. *Canadian Geotechnical Journal*, Vol. 8, No. 1, 36-45.
- ULABY F.T., MOORE R.K. and FUNG A.K. 1986. Microwave Remote Sensing, Active and passive: Vol. III, From Theory to Application. Artech House, Dedham, 1986, 2162 pages.
- ULABY F.T., MOORE R.K. and FUNG A.K. 1982. Microwave Remote Sensing, Active and passive: Vo2. I Radar Remote Sensing and Surface Scattering and Emission Theory. Addison-Wesley, ISBN 0-201-10760-0 (v. 2), 1064 p.
- ULABY F.T., MOORE R.K. and FUNG A.K. 1981. Microwave Remote Sensing, Active and passive: Vol. I Microwave Remote Sensing Fundamentals and Radiometry. Addison-Wesley, ISBN 0-201-10759-7 (v. 1), 456 p.

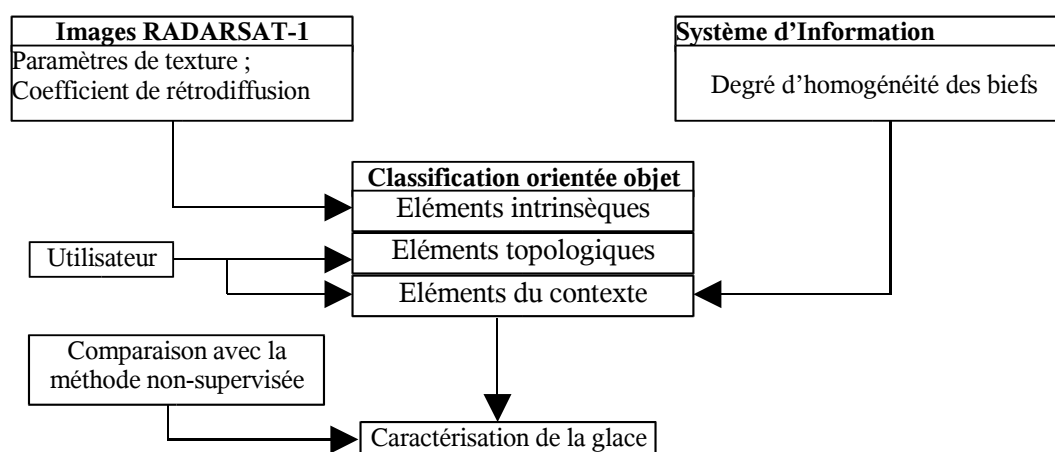


Figure 1. Principe général de la méthodologie utilisant la classification orientée objet

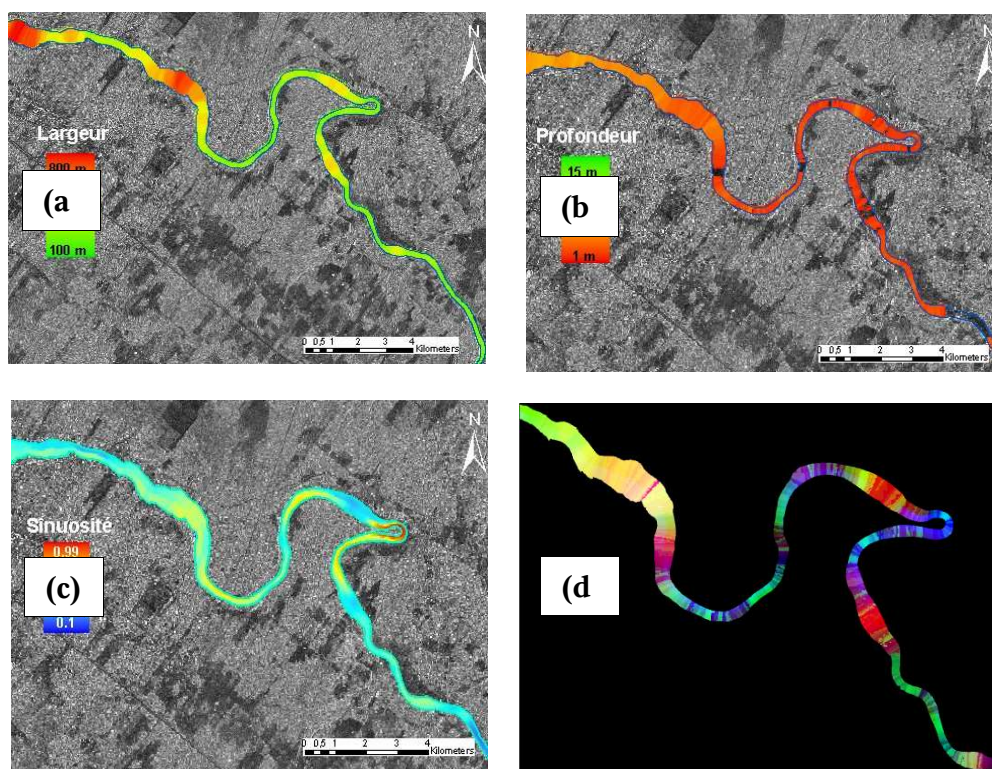
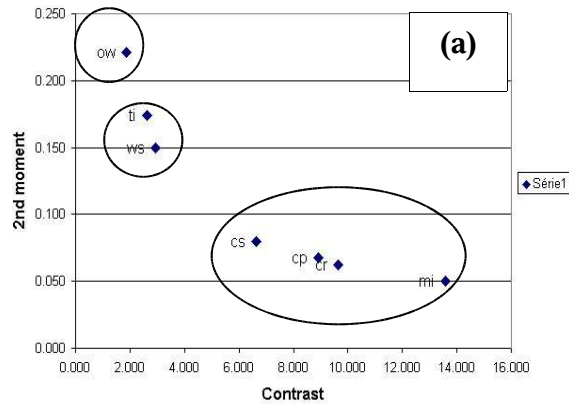


Figure 2. Caractérisation morphologique de la rivière Saint-François, (a) : largeur, (b) : profondeur, (c) : sinuosité et (d) : biefs homogènes.



- ow:** Eau libre
- ti:** Glace noire
- ws:** Neige humide
- cr:** Couvert de glace complet (rugeux)
- cs:** Couvert de glace complet (lisse)
- cp:** Couvert de glace complet (chemin rugeux)
- mi:** glace en mouvement

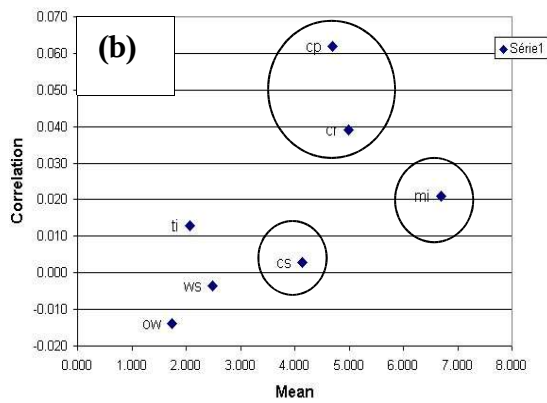


Figure 3 : analyse de texture (a) : Contraste Vs 2 ème Moment ; (b) : Moyenne Vs Corrélation

Approche multisources pour l'étude des mouvements de terrain dans le Rif occidental, Maroc

Majid MANSOUR ¹, Lahsen AIT BRAHIM ² et Faical SOSSEY ALAOUI ²

1. Institut National d'Aménagement et d'Urbanisme, Avenue Allal Fassi. Rabat-Instituts. Rabat, Maroc
téléphone : +212 37 77 16 24, télécopieur : +212 37 77 50 09, courriel : majidmansour@hotmail.com

2. Faculté des Sciences de Rabat, Département des Sciences de la Terre, Laboratoire Georisk, Avenue Ibn Battouta, B.P. 1014 Rabat - Agdal, Maroc
téléphone/télécopieur : +212 37 77 19 57, courriel : aitbrahi@fsr.ac.ma

Cette étude a pour objectif l'analyse et la cartographie des mouvements de terrain, par une approche multi-sources, au Sud Est de la ville de Chaouène, Rif occidental. Maroc.

Tous les mouvements ont été recensés, cartographiés et replacés dans leur contexte morpho dynamique et structural afin de comprendre le mécanisme générateur de cette dynamique (DEFFONTAINES 1991).

La base de donnée ainsi conçue, permet d'appréhender la dynamique du milieu et de hiérarchiser son évolution par la combinaison des différents facteurs.

À l'aide du logiciel Arc-Info, on a procédé à une analyse morphométrique à partir du modèle numérique de terrain (MNT) et de ses produits dérivés (DEFFONTAINES 1991).

Le premier groupe d'informations traitées concerne la morphologie et les documents associés. Par rapport à la carte topographique, nous avons constaté que la carte des pentes donne une meilleure appréciation des dénivelés du terrain naturel. Il en résulte un certain nombre de résultats concernant la relation entre la typologie des mouvements de terrain et les différentes classes de pentes.

Le deuxième groupe concerne les problèmes liés aux conditions climatiques. La carte des orientations de versants et d'ensoleillement est utilisée pour éviter aux nouveaux tracés les zones de verglas, là où les gelés sont fréquentes.

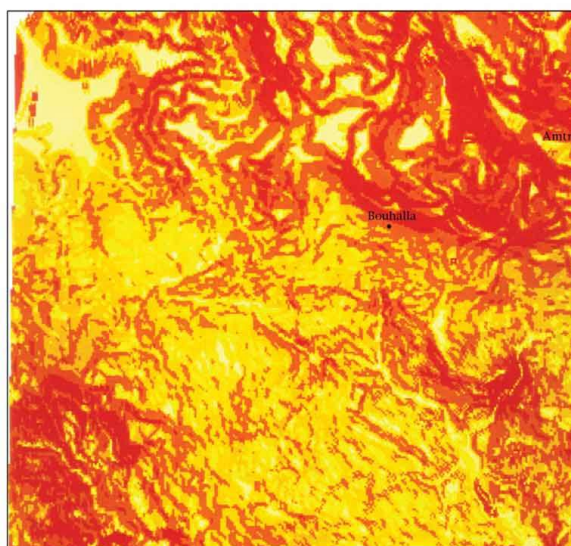
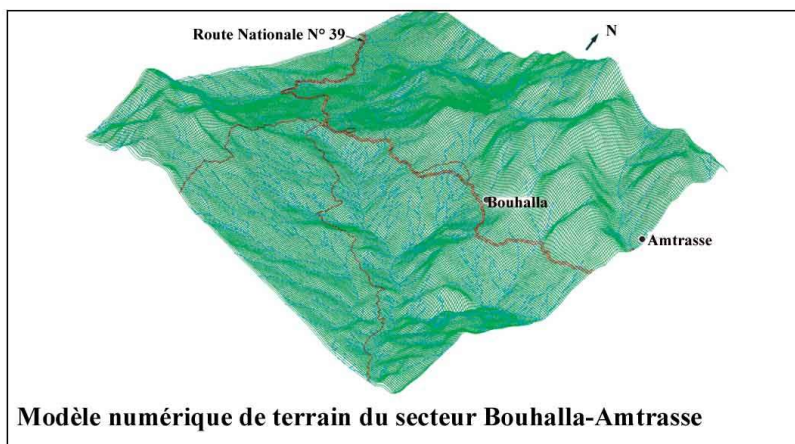
L'influence de l'orientation de versant sur les processus dynamiques est déterminée par le rôle des facteurs tels que l'ensoleillement et la situation par rapport aux vents dominants. Face à l'Ouest, les versants soumis aux vents humides, d'origine atlantique, paraissent livrés aux mouvements de masse et à la solifluxion, alors que les versants exposés vers l'Est, enregistrent surtout l'action de l'eau sous forme de ruissellement et de ravinement.

La contribution d'une analyse multisources à l'étude morphostructurale, couplant des images Radar ERS1-SAR, (18/08/1993 et 03/09/1993) et les analyses du terrain de la microfracturation AIT BRAHIM et *al.* (1990) a révélé que les désordres, observés au niveau de cette zone, s'inscrivent dans un contexte structural régional (MANSOUR et POTHERAT 1998). La fracturation s'ordonne autour de quelques familles d'accidents assez bien identifiées. L'intervention de la néotectonique du Tortonien à l'actuel est considérée comme l'un des facteurs clés de cette dynamique. Sur le plan structural, un faisceau de grandes failles orientées N60°-70°E, est actuellement sollicité par la contrainte tectonique régionale (σ_1) orientée N150°. Cette situation est favorable à la dislocation et au développement de mouvements de grande ampleur.

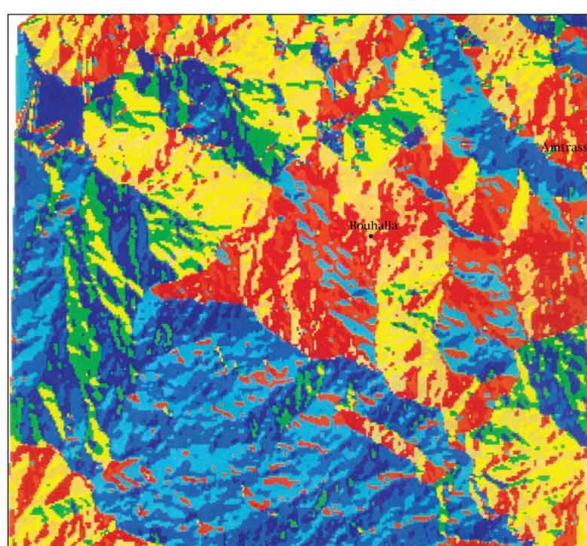
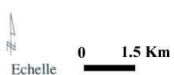
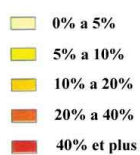
Cette démarche méthodologique combine des données différentes, à des échelles variées, incluant des images Radar, les photographies aériennes multi-dates, un modèle numérique de terrain et les traitements numériques dérivés, la carte d'exposition, de pente, de surface enveloppe et le contrôle au sol. L'approche multisources est l'outil incontournable pour l'identification et la localisation des morphostructures. Elle permet une meilleure appréhension de la relation morphologie de surface - dynamique de versants.

Références

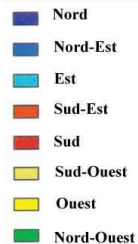
- AIT BRAHIM L., CHOTIN P., RAMDANI M. et TADILI B. 1990. Failles actives dans le Rif central et oriental (Maroc) - *c. R. Acad. Sci. Paris*, t. 310, série ii, pp. 1123-129
- DEFFONTAINES B. 1991. Développement d'une méthodologie d'analyse morphostructurale et morphonéotectonique; Analyse des surfaces enveloppes, du réseau hydrographique et des modèles numériques de terrain; Applications au Nord-Est de la France, (Thèse de Géologie structurale et de Télédétection, Univ. Paris VI, N°90-6), *Rapport Interne BRGM N°32005*, 194p.+ Annexe.
- MANSOUR M. 1998. Procesus géodynamiques et cartographie des mouvements de terrain dans la région de chaouène. Zone de Bouhalla-Amtrasse. Application à la confortation de la route principale n° 39. Rif occidental, Maroc. *Thèse de Doctorat de l'Université Paris VII*, 171 p + 2 cartes hors texts.
- MANSOUR M. et POTHERAT P. 1998. Photo-interprétation de la coulée de pierre d'Amtrasse. Commune de Chaouène. Rif occidental. Maroc. *17ème Réunion des Sciences de la Terre*. Brest 31 Mars - 3 Avril 1998.



Carte des pentes.



Carte des expositions de versants.



Type de mouvements	Mouvements dans les bassins					Mouvements dans dorsale	Exposition	Pente		Extension L en m	Fréquence %
	O. Maamaja	Bouhalla	Echebarine	O. Amtrasse	Oued Ouara			Valeurs moy.	Valeurs inf.		
Coulée boueuse	***	***	***		***		S. SO. O. SE	20°<	10°	> 500 m	15
Glissement		**	**		*		SO. S	22°	15°	2 Km	6
Solifluxion	***	***	***		**		SO.NO.S. SE	15°	5°		31
Ecroulement.Eboulement		*		***		***	SE. S	>30°	25°	100 m et plus	9
Eboulis			**	***		***	SE. S	>30°	25°	> 10 m	12
Coulée de pierres				***		**	S	30°	25°	> 1 Km	3
Ravinement	**	**	**	**	**		S. NO. NE	18°-20°	10°		14
Sapement des berges	*	*	**	**	**						9
Bad-lands					*		SO. O	20°	20°		1
											100%

Typologie des mouvements de terrain.

**** très fréquents *** fréquents ** moyennement fréquents * peu fréquents.