

AIDE À LA DÉCISION DANS UNE PROBLÉMATIQUE DE CONSERVATION DES EAUX ET DES SOLS

Par **MOHAMED RACHED BOUSSEMA** - École nationale d'ingénieurs de Tunis, Laboratoire de télédétection et systèmes d'information à référence spatiale, Tunisie

KHÉLIFA ALAYA - Ministère de l'Agriculture, Direction de la Conservation des Eaux et des Sols, Tunisie.

JEAN-JACQUES CHEVALLIER et **KEITH P.B. THOMSON** - Université Laval, Centre de recherche en géomatique, Québec, Canada

RÉSUMÉ

La présente contribution présente un projet de recherche subventionné par le CRDI (Canada) et expose les méthodes de développement d'un système d'aide à la décision à référence spatiale dans le domaine de la conservation des ressources en eau et en sol en Tunisie. En effet, la gestion de ces ressources est un processus fort complexe qui implique plusieurs catégories d'intervenants et divers types d'interventions, et dépend d'une multitude de facteurs à la fois physiques et socio-économiques à intégrer afin d'atteindre les objectifs en matière de conservation des eaux et du sol. Le développement s'est basé sur la technique du double prototypage. Un prototype rapide a permis de lever les plus grands facteurs d'incertitudes relatifs au projet et en particulier la mise au point du modèle conceptuel des données. Un prototype évolutif est en cours de réalisation et devrait aboutir à la réalisation par étapes du système futur. Des simulations sur des scénarios possibles d'aménagements CES ont été réalisés à l'aide du prototype rapide. Les données de base sont les images satellitaires (SPOT du 26 février 1991 et Landsat TM du 2 juin 1987), les diverses cartographies, les photographies aériennes et les données socio-économiques.

INTRODUCTION

Le projet de coopération, d'une durée de trois ans (1992-1994) et intitulé «Système d'information à référence spatiale (SIRS) basé sur des données de télédétection pour la conservation des eaux et des sols (Tunisie)» est un projet de recherche conjoint entre le

Laboratoire de Télédétection et Systèmes d'Information à Référence Spatiale (LTSIRS) de l'École Nationale d'Ingénieurs de Tunis (ENIT) et l'Université Laval à Québec (Canada), en collaboration avec la Direction de la Conservation des Eaux et des Sols (DCES) du Ministère de l'Agriculture. Ce projet est subventionné par le Centre de Recherche pour le Développement International (CRDI) du Canada (Boussema et al., 1992).

◆ OBJECTIFS

Ce projet vise à développer le potentiel des SIRS et de la télédétection pour l'étude des problèmes liés à la dégradation des ressources naturelles (sols, eaux, végétation, etc.) en Tunisie et établir une méthodologie d'utilisation de ces données et techniques en vue de préserver ces ressources.

L'utilisation conjointe des techniques SIRS et de télédétection permet d'améliorer l'identification de sites potentiels d'érosion hydrique dans le bassin versant du Merguellil.

◆ DONNÉES DE BASE

La région d'étude correspond au bassin versant du Merguellil situé en Tunisie centrale et couvre environ 154 000 ha (fig. 1). Cette région est caractérisée par un climat semi-aride avec des précipitations entre 200 et 400 mm/an, répartie entre 40 et 70 jours, sous la forme de pluies parfois très violentes.

Le tableau 1 donne les différentes données utilisées. Chacun des thèmes recueillis a fait l'objet d'une couverture spécifique dans Arc/Info.

Fig. 1 - Limites des sous-bassins versants du Merguellil

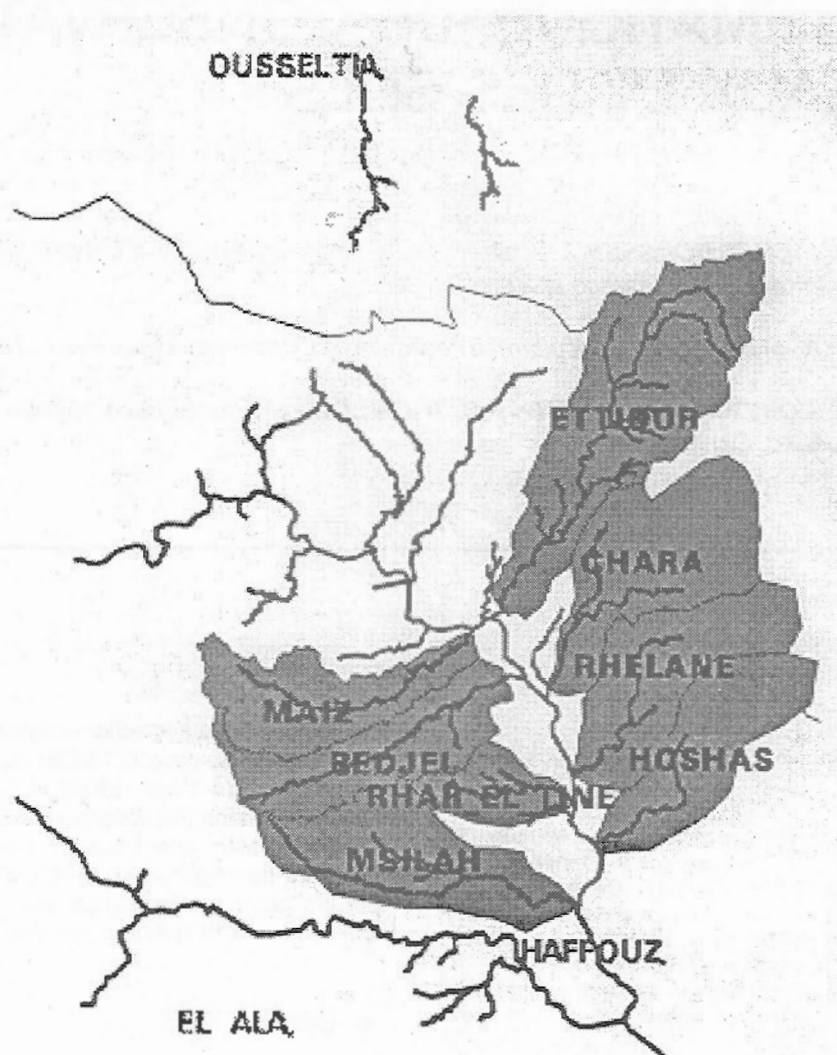


Tableau 1 : Données de base

| Données de base | Échelle | Date |
|-------------------------|-----------|-----------------|
| Carte topographique | 1:50 000 | 1957 |
| Carte pédologique | 1:500 000 | 1973 |
| Photographies aériennes | 1:80 000 | 1985 |
| | 1:20 000 | 1988 |
| Images Landsat TM | | 6 juin 1987 |
| Images SPOT-IRV | | 26 février 1991 |
| Carte d'érosion | 1:200 000 | 1978 |

◆ MÉTHODE

La première étape du projet s'est concrétisée par le développement d'un prototype rapide du système à réaliser. Cet outil a été présenté en novembre 1992 aux différents intervenants.

La deuxième étape se déroule selon la méthode du prototypage évolutif à partir de l'évaluation du prototype rapide.

■ Modèle Conceptuel des données (MCD)

L'inventaire de la documentation s'est traduit par la mise au point d'un modèle de données comprenant un modèle conceptuel de données (MCD) et un dictionnaire de données. Cette étape est essentielle dans un projet impliquant le développement d'un système d'information à référence spatiale. Un MCD est une représentation graphique de toutes les entités spatiales composant la base de données, ainsi que leurs attributs et relations permettant, entre autre, au concepteur et à l'utilisateur du

système de mieux dialoguer. Le MCD est indépendant de la technologie utilisée pour le développement du système. Le langage utilisé pour la modélisation est celui du formalisme Entité-Relation.

■ Méthode de planification proposée

Le système d'aide à la décision comporte deux niveaux successifs de décision. La première étape consiste à fixer les priorités d'aménagement du bassin versant par la délimitation de zones jugées prioritaires faces aux problèmes de l'érosion. La détermination des zones prioritaires est basée sur une méthode dite paramétrique permettant de hiérarchiser les différents paramètres à l'origine de l'érosion hydrique. La figure 2 présente les facteurs sélectionnés pour déterminer les zones prioritaires d'intervention. Chaque nouvelle couche cartographique est réalisée par la combinaison spatiale de différentes couches d'information dans le SIG. Une reclassification est réalisée en associant un poids, fonction du potentiel érosif, à chaque attribut descriptif des couches impliquées dans l'analyse (tableaux 2, 3 et 4).

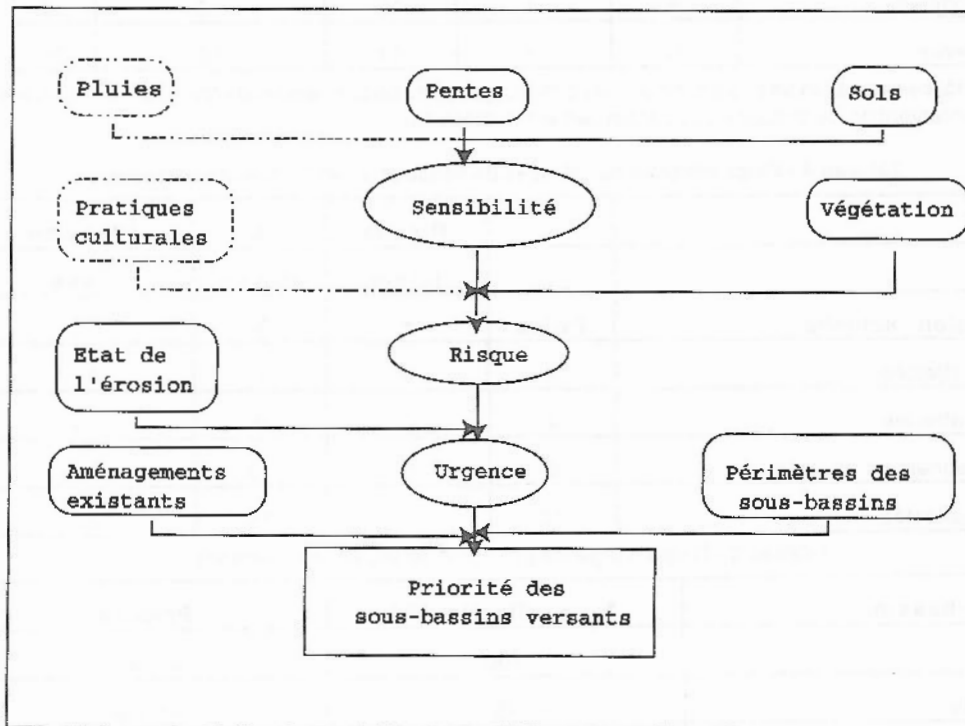


Figure 2 - Détermination des priorités d'aménagement

Ainsi, le tableau 2 a permis de produire une carte de sensibilité du sol à l'érosion par l'utilisation conjointe de la carte pédologique et de la carte des zones de pente. Les

différents seuils ont été déterminés par les ingénieurs de la DCES et par un pédologue spécialiste des problèmes d'érosion.

Tableau 2 - Poids attribués aux classes de type de sol et aux classes de pente

| Pente | | < 5% | 5-10% | 10-20% | >20% |
|---------------------------------------------------------------|-------|------|-------|--------|------|
| Type de sol | Poids | 1 | 4 | 8 | 10 |
| Sols d'apport fluviatile | 10 | 11 | 14 | 18 | 20 |
| Sols d'apport modaux sur sable éolien | 9 | 10 | 13 | 17 | 19 |
| Sols calcimorphes, lithosols et/ou réguosols | 5 | 6 | 9 | 13 | 15 |
| Sols calcimorphes et sols rouges méditerranéens | 3 | 4 | 7 | 11 | 13 |
| Sols calcimorphes et sols vertiques - grès | 4 | 5 | 8 | 12 | 14 |
| Sols calcimorphes et sols vertiques - sable, argile | 5 | 6 | 9 | 13 | 15 |
| Sols calcimorphes et sols vertiques - marnes | 4 | 5 | 8 | 12 | 14 |
| Sols calcimorphes et sols vertiques - marnes et calcaires | 4 | 5 | 8 | 12 | 14 |
| Sols calcimorphes et sols vertiques - marnes, argiles et grès | 4 | 5 | 8 | 12 | 14 |
| Sols bruns et brun-rouges | 6 | 7 | 10 | 14 | 16 |

Tableau 3 - Poids attribués aux classes de sensibilité et à l'indice de végétation

| | | Indice | de | végétation | |
|-------------|-------|--------|-------|------------|-----|
| | | élevé | moyen | bas | nul |
| Sensibilité | Poids | 1 | 4 | 8 | 10 |
| négligeable | 1 | 2 | 5 | 9 | 11 |
| faible | 4 | 5 | 8 | 12 | 14 |
| modérée | 8 | 9 | 12 | 16 | 18 |
| élevée | 10 | 11 | 14 | 18 | 20 |

Le produit final de cette analyse se traduit par une carte d'urgence du bassin versant du Marguail qui a servi à établir la priorité d'intervention de chaque sous-bassin versant (tableau 5).

Tableau 4 - Poids attribués aux classes de risque et à l'état actuel de l'érosion

| | | Risque | à | l'érosion |
|----------------------|-------|--------|-------|-----------|
| | | faible | moyen | élevé |
| Érosion actuelle | Poids | 1 | 5 | 10 |
| non affectée | 2 | 3 | 7 | 12 |
| peu affectée | 4 | 5 | 9 | 14 |
| moyennement affectée | 8 | 9 | 13 | 18 |
| très affectée | 10 | 11 | 15 | 20 |

Tableau 5 - Degré d'urgence pour chaque sous-bassin versant

| Sous-bassin | Terre affectée (%) | Priorité |
|--------------|--------------------|----------|
| Ma'z | 100 | élevée |
| Radjella | 75 | élevée |
| Eltiour | 50 | moyenne |
| Msilah | 70 | moyenne |
| Rhar el Tine | 0 | basse |
| Haffouz | 10 | basse |
| Hoshas | 90 | élevée |
| Chara | 60 | moyenne |

L'étape suivante consiste en l'établissement de plans d'aménagement des versants et des cours d'eau. Ces deux types d'aménagement ont été volontairement distingués car ils impliquent des prises de décision et des phénomènes différents. En effet, l'aménagement des versants s'effectue sur une zone prioritaire d'intervention délimitée lors de la première étape et oblige l'ingénieur à sélectionner la technique la plus appropriée suivant les caractéristiques physiques, sociales et économiques de la région. L'aménagement des cours d'eau, quant à lui, consiste à rechercher la meilleure localisation pour un ouvrage type qui servira à la recharge de la nappe, à la création de points d'eau, etc. La combinaison de ces deux types d'aménagement conduit à la création d'étapes qui, ordonnées dans le temps, serviront à la construction de scénarios d'aménagement qui seront évalués selon des critères de nature diverse.

■ Utilisation de la télédétection

La télédétection, de par ces images satellitaires a été mise à contribution en deux endroits particuliers dans la méthode. Tout d'abord, l'indice de végétation extrait des images Landsat-TM joue le rôle d'un indicateur régional de la couverture végétale au sol permettant d'établir les secteurs prioritaires d'intervention contre l'érosion. La combinaison spatiale des images satellites HRV de SPOT, TM de Landsat avec les informations de pente permet la cartographie de l'occupation du sol à l'échelle de chaque sous-bassin versant.

La correction géométrique des images satellitaires a été réalisée au Centre canadien de télédétection par le logiciel SRIT (Toutin et Lemieux, 1991). Elle a bénéficié d'un levé GPS de 23 points, à l'aide d'un récepteur PRONAV GPS 100 ayant une précision interne de l'ordre de 30 à 50 mètres, en novembre 1992.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Le prototype rapide fut présenté aux futurs utilisateurs sous la forme d'une simulation. Une bonne validation et compréhension du prototype et de ses objectifs est nécessaire.

Dans le cadre de ce projet, les problèmes d'intégration de données multi-sources ont été concrètement abordés et des solutions concrètes ont été proposées pour servir les besoins de la DCES. La méthodologie employée permet une analyse systématique et une évaluation intégrée de l'ensemble du territoire considéré.

L'identification des zones prioritaires permet aux ingénieurs de bien cibler les priorités d'intervention. Cette première phase ne donne pas de solution toute bien dessinée, elle ne fait que guider les ingénieurs vers les régions critiques (Pouliot et al., 1993). La deuxième phase de la méthode procure aux gestionnaires un outil de planification flexible et soumise à des variantes contrôlées par l'utilisateur (scénarios). L'approche proposée n'impose pas de structure rigide, elle permet d'adapter les méthodes d'intervention de la DCES aux nouvelles technologies disponibles sur le marché tout en y ajoutant des concepts nouveaux. Les premiers résultats indiquent que les images satellitaires bien géoréférencées sont la base cartographique par excellence pour l'intégration de données multi-sources.

REMERCIEMENTS

L'ENIT et l'Université Laval tiennent à remercier le CRDI pour son support financier.

Références

- BOUSSEMA M. R., S. RAÏS, A. KALLALA, J.-J. CHEVALLIER, K.P.B. THOMSON et J. POULIOT, 1992. Système d'information à référence spatiale basé sur des données de télédétection pour la conservation des eaux et des sols (cas du bassin versant de l'oued Merguellil en Tunisie). Actes de la Conférence canadienne sur les SIG, Ottawa, 24-26 mars, pp 868-876.
- POULIOT J., K.P.B. THOMSON, J.-J. CHEVALLIER et M. R. BOUSSEMA, 1993. Utilisation des données satellites comme aide à l'identification des zones à haut risque d'érosion. 16e Symposium canadien sur la télédétection, Sherbrooke, Juin, pp 515-520.
- TOUTIN TH. et J.P. LEMIEUX, 1991. Le système de rectification des images en télédétection. Journal canadien de télédétection, Vol. 17, N°. 4, pp 349-350.