

SIG et imagerie Alsat-1 pour l'élaboration de la carte de sensibilité à l'érosion hydrique : cas du bassin versant d'Arzew (Algérie)

L. CHELLOUAI (1), A. DJILALI (1), M. FOUKRACHE (2)

(1) Centre National des Techniques Spatiales B.p 13. 31200 Arzew. ALGÉRIE

Tél. : 041-47-22-17 - Fax : 041 47 36 65 - Email : l_chellouai@yahoo.fr

(2) Faculté des sciences de la terre, de géographie et de l'aménagement du territoire.

Département des sciences de la terre, Université d'Es-Senia Oran Algérie.

ملخص: الانجراف المائي هو ظاهرة معقدة منتشرة في مناطق البحر الأبيض المتوسط. وبخاصة مناطق الشمال الجزائري فهي الأكثر تضررا من هذه الظاهرة و التي تهدد بشكل خطير الثروة المائية و الترابية. فهي تخضع لعدة عوامل منها الانحدار، التركيبة الصخرية، و الغطاء النباتي ... و لقد اختير حوض أرزيو -و الذي يتربع على مساحة تقدر ب 68 كلم²- لدراسة هذه الظاهرة. فالمنهج المتخذ لدراسة هذه الظاهرة يتمثل في إنجاز خرائط لعوامل مبينة لهذه الظاهرة و من جهة أخرى إنجاز الخريطة الملخصة لإبراز المناطق المهددة بالانجراف وفق أربعة أقسام، ثم مقارنتها مع الخريطة التي تبين الوضع الحالي لمناطق الانجراف. هذه المنهجية طبقت في إطار المنظومة الإعلامية الجغرافية، و التي استفادت من مرونة هذه التقنية في معالجة و تحليل المعطيات.

Résumé : L'érosion hydrique est un phénomène complexe très répandu en zone méditerranéenne. Le nord de l'Algérie est la zone la plus touchée par ce fléau qui menace gravement les potentialités en eau et en sol. L'érosion est soumise à de nombreux facteurs, parmi lesquels trois facteurs ont été retenus dans cette étude pour caractériser la sensibilité des sols à l'érosion : pente, lithologie et occupation du sol.

Pour valider l'approche méthodologique, nous avons retenu comme zone d'étude, le sous bassin versant d'Arzew, d'une superficie de 70 Km² environ. L'approche cartographique adoptée consistait à l'élaboration d'une carte de synthèse sur la sensibilité à l'érosion en intégrant des facteurs explicatifs à l'aide des techniques de Télédétection et des Systèmes d'Information Géographiques.

La comparaison de la carte de sensibilité à l'érosion avec la carte du processus d'érosion actuel a permis de mettre en évidence les potentialités des outils utilisés pour caractériser le phénomène « érosion » et la qualité de l'approche utilisée.

Mots clés : SIG, Imagerie Alsat-1, érosion.

Abstract : The erosion hydrique is a very widespread complex phenomenon in Mediterranean zone. The North of Algeria is the zone the most got with this plague which threatens seriously potentialities in

water and in ground. The erosion is subjected to numerous factors, among which three factors were held in this study to characterize the sensibility of grounds in the erosion : hillside, lithologie and activity of the ground.

To confirm methodological approach, we held as zone of study, under pond overturning of Arzew, a surface of 70 Km² about. Adopted cartographic approach consisted in the elaboration of a card of synthesis on the sensibility in the erosion by integrating factors explicatifs by means of the techniques of Remote detection and the Geographic Systems of Information.

The comparison of the card of sensibility to the erosion with the card of the current process of erosion allowed to put in evidence the potentialities of tools used to characterize phenomenon "erosion" and the quality of the used approach.

Keywords : GIS, Alsat-1 images, erosion.

1. Introduction

L'érosion a été le sujet et l'objet d'études nombreuses et variées à différentes échelles (régionale, locale et détaillée) [2,5,8,9]. Pour préparer, dans le cadre d'un SIG une carte numérique de sensibilité à l'érosion à l'échelle du 1/25000, nous avons élaboré les cartes paramétriques suivantes :

le modèle numérique du terrain, la carte des pentes, la carte hypsométrique, la carte hydrographique, la carte lithologique, la carte d'occupation du sol et La carte du processus d'érosion actuelle à l'aide de documents cartographiques, l'imagerie ALSAT-1 et les photographies aériennes.

La carte finale est obtenue par la combinaison des facteurs retenus selon cinq (5) classes de sensibilité. Cette représentation visualise de façon synoptique le phénomène et permet aux décideurs de localiser rapidement les zones d'intérêt prioritaires et d'apprécier leur importance.

Le travail entrepris dans le cadre de cette étude tente d'appliquer conjointement la technologie de visualisation cartographique, la flexibilité des systèmes d'information géographique et la télédétection.

1.1 Présentation de la Zone d'étude

Le bassin versant d'Arzew est un sous ensemble du grand bassin des côtières Oranais, couvrant une superficie d'environ 68.62 Km². Il est compris entre la latitude 35° 47' et 35° 53' Nord et la longitude entre 0° 2' et 0° 3' Ouest (cf. fig.1).

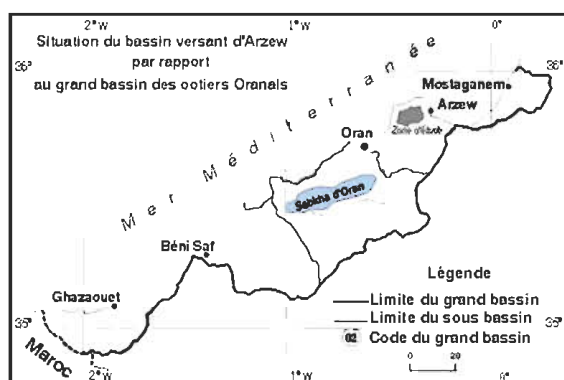


Fig. 1 Localisation géographique de la zone d'étude.

2. Démarche d'analyse de la sensibilité à l'érosion

La démarche adoptée est basée sur l'utilisation de la technique de superposition des couches.

Les cartes paramétriques utilisées dans l'analyse de la sensibilité ont été généralisées afin d'éviter le morcellement des objets géographiques lors des croisements de données. Le mosaïquage sous ERDAS des photographies aériennes et l'interprétation photographique, complétée sur le terrain nous a permis d'élaborer la dynamique actuelle et les facteurs de déclenchement de l'érosion.

La carte de synthèse finale est obtenue par superposition des cartes paramétriques, en associant un poids à chaque paramètre en fonction de son potentiel érosif, puis validée par comparaison avec la carte du processus actuel (cf. fig.2).

3. Caractéristiques morphométriques, physiques et climatiques

• Caractéristiques morphométriques

Les paramètres descriptifs de la géométrie du bassin versant d'Arzew sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Grandeurs morphométriques	
- Surface planimétrique:	68.62 Km ²
- Périmètre :	38.82 Km
- Indice de forme :	1,31
Rectangle équivalent :	
- Longueur :	14,74 Km
- Largeur :	4,66 Km
- Longueur du plus long talweg :	18,72 Km
- Plus grande longueur entre deux points de frontières:	11.96 Km
- Plus grande largeur perpendiculaire à la plus grande longueur:	7.33 Km
- Altitude maximale:	630 m
- Altitude minimale:	50 m
Hypsométrie : [tranche d'altitude en mètre]	
[500-630]=	5.49 Km ² , [400-500]= 4.40 Km ² ,
[300-400]=	10.65 Km ² ,
[250-300]=	8.45 Km ² , [200-250]=11.82 Km ² ,
[150-200]=	11.06 Km ² ,
[100-150]=	12.58 Km ² , [50-100]= 4.17 Km ²
- Médiane :	268 m
- Altitude moyenne :	288 m
- Indice de pente globale:	35 m/Km
- Dénivelée spécifique :	293 m
- Classe de relief (ORSTOM) :	R5 (relief assez fort)

• Caractéristiques physiques

- **Orographie et Morphologie :** le relief du bassin versant d'Arzew, se caractérise par trois unités morpho structurales : les monts d'Arzew, la dépression Miocène, et la plaine de Sidi ben Yebka.

- **Géologie :** le bassin versant est situé dans une zone constituée par un ensemble métamorphique composé par des calcschistes, schistes et localement par des lentilles calcaires du crétacé inférieur. Les calcaires se manifestent particulièrement en s'extrudant dans le Djebel Bou Arous et les montagnes grises donnant

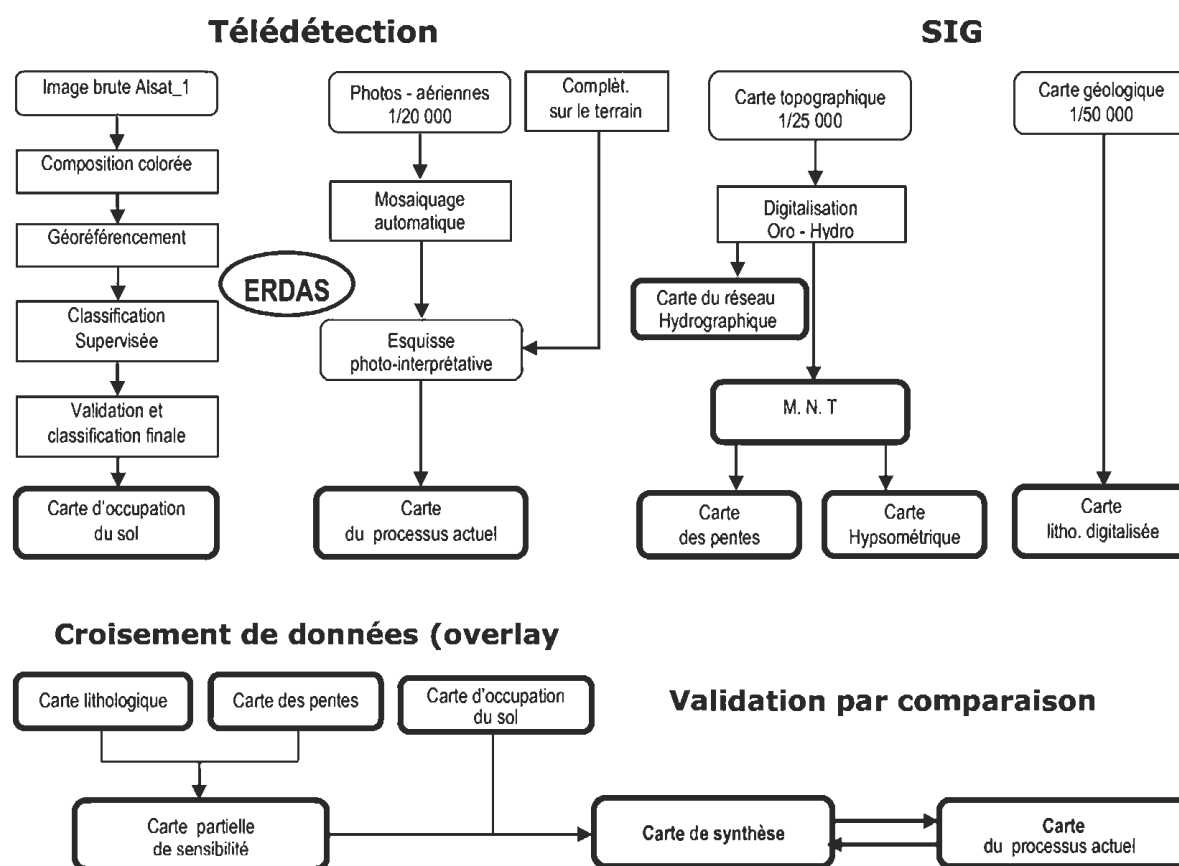


Fig. 2 Démarche d'analyse de la sensibilité.

lieu aux parties les plus élevées du bassin versant. La partie centrale du bassin versant est caractérisée par une lithologie dominée par des marnes grises du miocène supérieur post surrection. En aval du bassin versant, la plaine de Sidi ben Yebka est constituée des formations lithologiques polio quaternaires continentales, l'une gréseuse avec apparition de dalles calcaires, qui occupe 80% de la plaine et d'autre alluviale [6].

- **Couvert végétal** : la carte d'occupation du sol de la plaine de Sidi ben Yebka et la carte du parcellaire forestier (Conservation des Forêts d'Arzew), montrent que le bassin versant est couvert de quatre types de formation végétale : Forêt de Pin d'Alep, Maquis, Jeune reboisement et Zones de cultures annuelles.

• Caractéristiques climatiques

- **Régime climatique et thermique** : le bassin versant d'Arzew fait partie de la région du Nord Ouest méditerranéen, le régime du climat est semi aride.

- **Pluviométrie** : l'irrégularité et la variabilité sont deux aspects qui caractérisent la pluviométrie de ce bassin. La majeure partie de ce bassin reçoit en moyenne une pluviométrie annuelle comprise entre 240 et 360 mm et le nombre de jours de pluie par année varie de 60 à 100 jours. [4]

4. Elaboration des cartes paramétriques

Les cartes paramétriques ont été élaborées à partir des données issues de la carte topographique de base, de la carte géologique, des photographies aériennes, de l'imagerie spatiale et des observations sur le terrain.

• Cartes paramétriques topographiques

Les éléments topographiques : courbes de niveau, points cotés et réseau hydrographique sont extraits de la carte d'Arzew 5-6 à 1/25000.

• Réalisation du Modèle numérique de Terrain (MNT) et ses dérivées

La numérisation des courbes de niveau est réalisée sous l'outil Vertical Mapper, à partir des courbes de

niveau à 1/25 000, les points cotés sont utilisés pour le calcul résidu du Modèle Numérique du Terrain.

• Carte des pentes

La pente constitue un facteur important pour la détermination de la sensibilité à l'érosion du sol. Elle permet d'indiquer de manière significative le degré d'érosion. La mise en oeuvre du facteur pente nécessite non seulement une carte précise mais aussi à grande échelle (1/25 000 au minimum). Elle implique surtout un choix judicieux des ruptures des pentes acceptables.

Pour assurer une lecture sélective, on a procédé au regroupement de certaines classes tout en tenant compte des particularités de l'érosion hydrique. La classification obtenue permet de dégager cinq catégories de déclivité : très faible, faible, moyenne, forte et très forte.

Selon une étude comparative des cartes des pentes élaborées dans différentes études et travaux sur l'érosion, les seuils de pentes sont très diversifiés, néanmoins on a relevé les points suivants : en aval du bassin la pente varie de 0 à 5%, les pentes intermédiaires varient de 10 à 15 % et de 15 à 25%, les pentes fortes dépassent les 25 %, cf fig. 3.

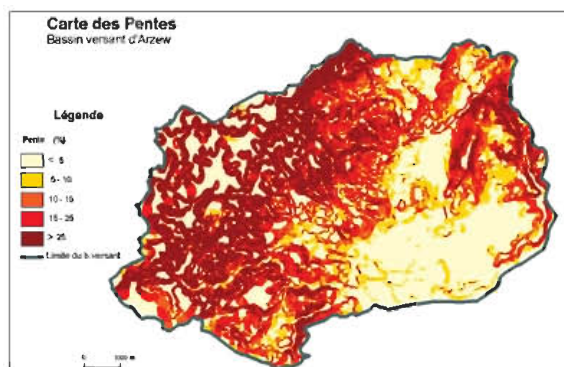


Fig. 3 Carte des pentes.

• Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est extrait de la carte topographique. Il permet de quantifier et de donner une idée sur les variations de l'écoulement à l'échelle du bassin. La distribution du chevelu hydrographique peut donner une indication sur la structure rocheuse de la région d'étude.

Pour le cas du bassin versant d'Arzew, le réseau hydrographique est bien développé en amont du bassin, ceci est en parfaite corrélation avec la roche existante (calcschiste et schiste), par contre en aval, le réseau est moins développé ce qui explique

l'existence d'une roche poreuse. Cette dernière est conforme avec la roche existante qui est composée d'alluvions, des sablo-marneux et des croûtes calcaires.

• Carte d'occupation du sol

La carte d'occupation du sol a été élaborée sur l'ensemble du bassin et afin de vérifier l'influence du type de culture sur l'érosion, on a procédé à la réalisation de trois cartes d'occupation du sol à des dates différentes (1963, 1983, 1997). Elles ont été réalisées, par interprétation visuelle à partir des documents suivants : carte topographique 1/25 000, type 1963, carte topographique 1/25 000, type 1983, photographies aériennes mission 1963/64, 1/25 000; mission 1983, 1/20 000, imagerie spatiale : scène Alsat-1 mai 2003, données issues du terrain et du service forestier de la conservation d'Arzew cf fig.4.

L'interprétation des photographies aériennes (1963, 1983), l'imagerie spatiale (27-5-2003) et l'enquête que nous avons effectuée sur le terrain, montrent qu'en 1963, la culture la plus dominante était le vignoble, puis la céréaliculture a remplacé le vignoble et représente 62% des terres consacrées aux cultures. Ceci représente une superficie de 1106.33 ha exposée à l'érosion.

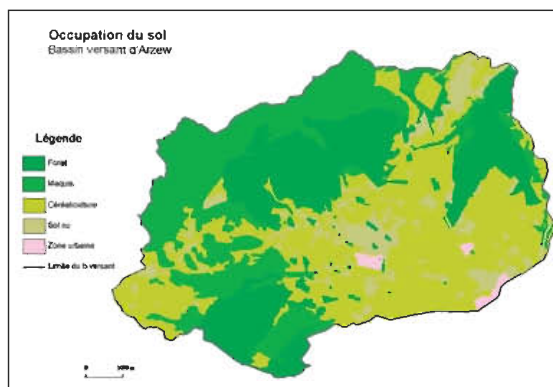


Fig. 4 Carte d'occupation du sol.

• Carte lithologique

L'esquisse interprétative est réalisée à partir de la carte géologique n° 127 à l'échelle du 1/50 000, puis digitalisée. Le plus important de ce paramètre est de dégager la relation lithologie-érodibilité. L'examen des résultats de données, montre que les formations dominantes (65.97% de la superficie du bassin) sont à composantes calcschistes et schistes, imperméables et résistantes à l'érosion. Les composantes marneuses sont semi perméables et peu résistantes, par contre, elles sont perméables et très

peu résistantes à l'érosion pour les alluvions du quaternaire. En conséquence, les composantes lithologiques les plus sensibles à l'érosion sont les formations arneuses et alluvionnaires cf fig 5.

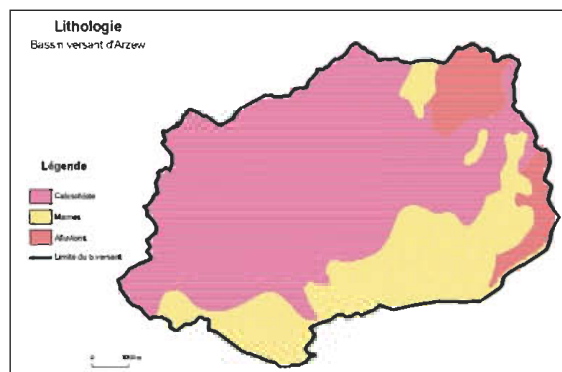


Fig. 5 Carte lithologique.

5. Processus d'érosion actuel

Les diverses formes prédominantes de l'érosion sont relevées des photographies aériennes et complétées sur le terrain (présence ou absence de pavage, densité, profondeur et largeur des incisions etc.). En s'inspirant de la classification de VOGT H.[8], six formes ont été retenues: ruissellement diffus localisé, ruissellement diffus généralisé, rigoles, ravineaux, ravins, ravinement généralisé (Bad-lands). Deux signes de type linéaire et surfacique ont été distingués sur la zone d'étude : les signes linéaires (vallons en berceau, vallon en V (actif et inactif) cf. fig.6 et ravinement généralisé), les signes de surface (décapage important, conséquence du ruissellement diffus).

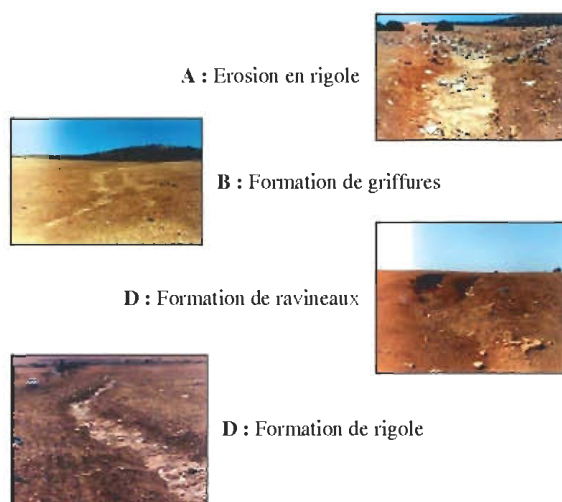


Fig. 6 Quelques photos d'érosion relevées en aval du bassin, (Arzew Algérie, sept. 2003).

6. Traitement et réalisation de la carte de synthèse

La classification et le croisement des informations ont été réalisés sous MapInfo. Cinq (5) niveaux de sensibilité sont retenus pour la carte de synthèse. Procédure adoptée :

- Etape 1 : Pondération des paramètres d'évaluation.
- Etape 2 : Croisement spatial par paire de données.
- Etape 3 : Synthétisation spatiale des résultats.
- Etape 4 : Validation des résultats.

• Pondération des paramètres d'évaluation

Comparaison par paires de la méthode AHP [8].

Tableau . Matrice originale.

	Lithologie	Pente	Occup. du sol
Lithologie	1,000	0,333	0,143
Pente	3,000	1,000	0,333
Occup. du sol	7,000	3,000	1,000
	11,000	4,333	1,476

Vecteur de priorité : [0.088 0.243 0.669]

Cohérence des jugements : λ max : 3,006,

IC : 0,003, RC : 0,006 < 0,10

RC : ratio de cohérence.

IC : indice de cohérence.

• Croisement spatial par paire de données

Le croisement de la couche lithologie et classe des pentes a permis d'aboutir à une carte d'évaluation partielle cf. figure. Afin d'éviter le morcellement excessif des unités géographiques, on a procédé à une généralisation cartographique puis classée selon cinq (5) niveaux de sensibilité.

• Synthétisation spatiale des résultats

La carte finale est obtenue par combinaison de la carte d'évaluation partielle et la carte d'occupation du sol. Le résultat obtenu a subi le même traitement que la première combinaison afin d'éliminer les petites surfaces nuisibles à la lecture de la carte cf. fig 7.

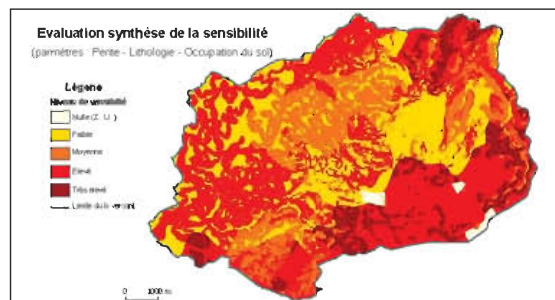


Fig. 7 Carte synthèse de sensibilité à l'érosion.

• validation des résultats

La comparaison de la carte de sensibilité à l'érosion avec la carte du processus d'érosion actuel a mis en évidence les ressemblances des zones érodées cf. fig 8.

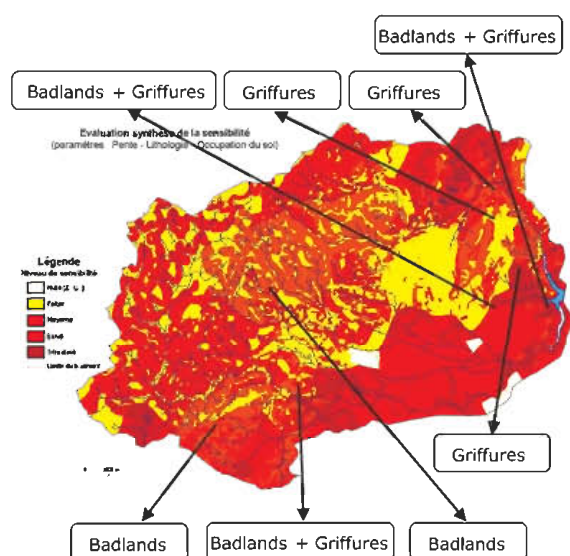


Fig. 8 Quelques formes d'érosion relevées du terrain.

7. Conclusion

La comparaison des deux cartes a donné un résultat satisfaisant par rapport au nombre de facteurs érosifs utilisés. Pour affiner cette étude, d'autres facteurs érosifs liés à la pluie, au sol et aux systèmes de culture peuvent être intégrés pour mieux comprendre ce phénomène. Ces documents cartographiques permettront aux décideurs ainsi qu'aux services concernés de localiser rapidement les zones d'intérêt prioritaire et d'apprécier leur importance afin de prendre les mesures conservatoires susceptibles de limiter la destruction du sol.

Cette étude montre la possibilité de mettre en œuvre une démarche cartographique à l'aide d'un SIG et de l'imagerie spatiale pour la réalisation de la carte de sensibilité à l'érosion hydrique. Grâce aux avantages de ces deux techniques, il serait possible d'élaborer une cartographie de sensibilité à l'érosion hydrique à des échelles variées (1/25000, 1/50000 et 1/200000) en intégrant les facteurs érosifs appropriés à chaque

niveau d'étude en simulant plusieurs scénarios et permettre de développer une action efficace de lutte contre l'érosion hydrique.

Références

- BOUSSEMA M. R., (1995) Aide à la décision dans une problématique de conservation des eaux et des sols. Symposium International "images satellites pour la cartographie et les systèmes d'informations géographiques" Pages : (13 17) - CFC (n° 142 143 Déc.94 / Mars 95).
- BOUSSEMA M. R., (1995) Apport de la télédétection à la gestion et aux aménagements des bassins versants. Symposium International "images satellites pour la cartographie et les systèmes d'informations géographiques" Page : (13 17) - CFC (n° 142 143 Déc.94 / Mars 95).
- CHIKH M., (1995) Modélisation hydrologique maillée d'un bassin versant topographique à l'aide d'un système d'information géographique. Application aux bassins versants du barrage d'Arzew (Algérie) et de Houfalise (Belgique). Thèse de Magistère, 1995 - CNTS Arzew.
- GOMER D., (1995). Ecoulement et érosion dans les petits bassins versants à sol marneux sous climat semi-aride Méditerranéen. Publication GTZ (Allemagne).
- GOMER D., (1990). Projet pilote d'aménagement intégré du bassin versant de l'Oued Mina. Séminaire d'évaluation, Sept. Oct. 1990.
- GOURINARD Y., Recherche sur la géologie du littoral oranais. 2. Epirogénèse et nivellement de l'Algérie 1958.
- ROOSE E., (1993) Erosion en nappe et ruissellement en montagne méditerranéenne Algérienne, réduction des risques et intensification de la production agricole par la GCES. Pages : 289-308. Cahier Orstom, série pédologie, vol. n° 2, 1993.
- Saaty, T. (1980). The Analytic Hierarchy Process, McGraw Hill, New York.
- VOGT H., (1986) Une méthode d'évaluation du processus physiographique appliquée à l'érosion hydrique des sols. Pages : (204-210). L'espace géographique, n° 3 1986.
- Y. LE BISSONNAIS, J. THORETTE, C. BARDET, J. DAROUSSIN (2002). l'érosion hydrique des sols en France. INRA, IFEN, novembre 2002.