

MODELISATION ET CARTOGRAPHIE DES RISQUES DE L'EROSION HYDRIQUE: CAS DU BASSIN VERSANT DE L'OUED LARBAË, MAROC

Abdelhamid Sadiki¹, Haytam Mesrar, Ali Faleh et Jamal Chaaouan

Université Sidi Med B. Abdallah, Fès (Maroc)

RESUMEN

La estimación de la erosión hídrica es común en las directivas PAP/CAR basadas sobre tres aproximaciones, una predictiva, una descriptiva y una de integración que permite jerarquizar la cuenca vertiente del río Larbaa situado al norte de Taza, en parcelas en función del peligro de degradación erosiva y de las tendencias relativas.

La aproximación predictiva utiliza la cartografía y el análisis espacial de factores naturales (pendiente, cobertura vegetal y litología) así como el tratamiento de las tablas de datos al aplicar los algoritmos que automatizan los procesos suministrados por las informaciones sobre el estado actual de la degradación de suelos y sobre los factores causantes de esta degradación.

La aproximación descriptiva basada sobre el inventario y la cartografía de las formas reales de erosión han mostrado que la pérdida de suelo se manifiesta por diferentes procesos de erosión hídrica.

La aproximación de la integración resultante de la superposición de la cartografía predictiva y descriptiva ha permitido demostrar la coincidencia de ciertos estados muy degradados con formas de erosión particulares y otros estados más estables con formas de erosión menores donde decididamente las zonas son estables. Ello muestra también las tendencias agravantes para ciertas zonas donde hay regresión de la degradación

Palabras clave: erosión hídrica, PAC/CAR, SIG, factores causantes, estados erosivos, tendencias.

MODELLING AND MAPPING OF WATER EROSION RISK: THE CASE OF WATERSHED OF THE WADI LARBAË, MOROCCO

RÉSUMÉ

L'estimation de l'érosion hydrique au moyen des directives PAP/CAR basées sur trois approches, une prédictive, une descriptive et une d'intégration a permis d'hierarchiser le bassin versant de l'oued Larbaa situé au nord de Taza, en parcelles en fonction du degré du risque érosif et des tendances relatives.

Fecha de recepción: 2 de marzo de 2012. Fecha de aceptación: 23 de noviembre de 2012.

1 Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, B. P. 1796 Fès-Alas Maroc. Sadiki_a@yahoo.fr mesrarhsqe@gmail.com falehali2001@yahoo.fr

L'approche prédictive utilise la cartographie et l'analyse spatiale des facteurs naturels (pente, couvert végétal et lithologie) ainsi que le traitement des tables de données en appliquant des algorithmes qui automatisent le processus fournit des informations sur l'état actuel de la dégradation des sols et sur les facteurs causaux de cette dégradation.

L'approche descriptive basée sur l'inventaire et la cartographie des formes réelles de l'érosion a montré que la perte en sol se manifeste par différents processus de l'érosion hydrique.

L'approche d'intégration résultante de la superposition de la cartographie prédictive et descriptive a permis de montrer la coïncidence de certains états très dégradés avec des formes d'érosion spectaculaires et d'autres états plus stables avec des formes d'érosion mineurs ou carrément des zones stables. Elle montre aussi les tendances aggravantes pour certaines zones ou des tendances de régression de la dégradation pour d'autre.

Mots clés: érosion hydrique, PAP/CAR, SIG, facteurs causaux, états érosifs, tendances.

1. INTRODUCTION

L'érosion des sols est un risque qui pèse lourdement sur les sols marocains. Au cours des dernières décennies, ces milieux ont subi des dégradations importantes pour différentes raisons, des raisons liées au processus naturels de la dynamique de l'eau et d'autres au développement des populations et à la pression qu'elles ont exercé sur les ressources naturelles.

Ce fléau a de graves conséquences de différents points de vue, économique, humain et écologique. D'un point de vue économique, les pertes sont importantes et sont estimées en milliards de DH. Ces pertes sont dues aux dégradations des infrastructures routières, des ouvrages d'art et de la productivité des terrains agricoles de pâturage ou forestier. Du côté humain la situation dans le monde rural est catastrophique et très inquiétante. On assiste à appauvrissement persistant des populations, ce qui provoque leur exode vers les villes ou vers l'étranger. D'un point de vue écologique, on assiste à la dégradation des milieux qui s'exprime par la diminution de la diversité biologique et de la productivité forestière.

Ces composantes économique, humaine et environnementale sont intimement liées, et un déséquilibre au sein d'une seule composante peut entraîner la défection de tout le système. Le but de l'étude est de mettre en confrontation le comportement des facteurs qui contrôlent l'érosion hydrique du sol avec l'état de dégradation actuel pour prédire les tendances évolutives et pouvoir apporter les corrections nécessaires afin de lutter efficacement contre ce fléau.

2. AIRE D'ETUDE

Le bassin versant de l'oued Larbaa. Est façonné dans le Prérif oriental sur une superficie d'environ 267.3 km². Il s'inscrit dans un contexte morphostructural marqué par la prédominance d'un substrat essentiellement marneux et marno-gréseux du Crétacé et de la fin du Tertiaire, tendre et friable qui constitue un terrain de prédilection pour l'érosion hydrique (Tribak, 2000).

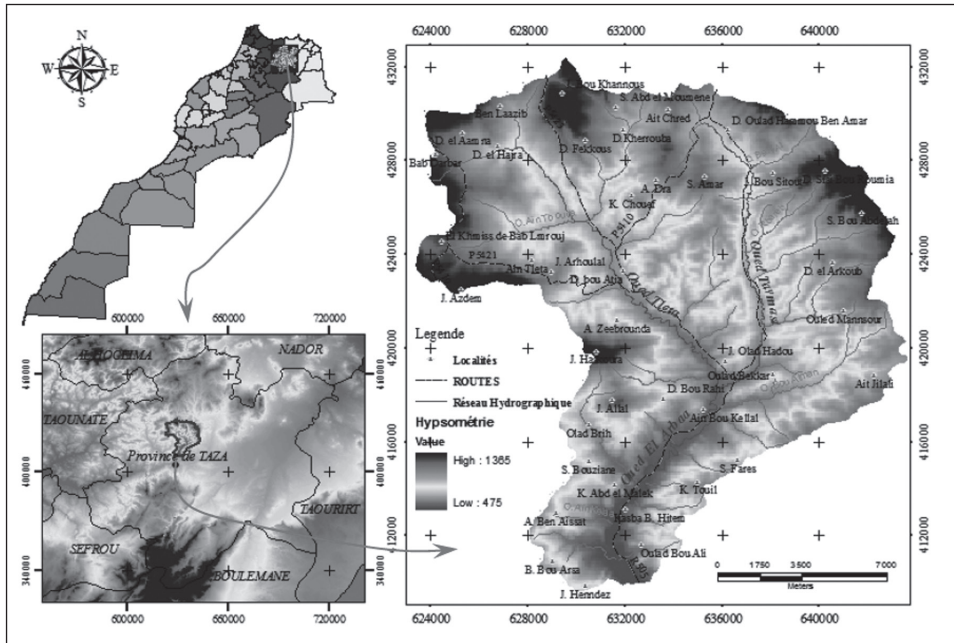


FIGURE 1. Situation et hypsométrie de la zone d'études

Morphologiquement, les parties amont du bassin montrent des crêtes montagneuses dont l'altitude atteint 1300 m, les pentes y sont fortes et dépassent souvent 25%. Vers le Sud dominant des basses montagnes ainsi que des collines offrant un relief aéré et des pentes moins accusées. L'exutoire du terrain d'étude est à 475 m. Le profil du cours d'eau dépasse 800 m/Km et montre beaucoup d'irrégularités.

Le bassin de l'Oued Larbâa évolue dans un contexte climatique méditerranéen semi-aride, de pluviométrie très variable dans le temps et dans l'espace. Les versants exposés aux perturbations océaniques d'ouest sont bien arrosés, tandis que ceux faisant face à l'est sont plus secs.

La moyenne annuelle des précipitations à la station de Taza est de 660 mm au sud du bassin versant. Elle n'est que de 394 mm à la station de Ain Boukallal, située au centre du bassin en position d'abri. Les grosses averses peuvent se manifester en hiver, comme en automne ou au printemps. Elles sont souvent concentrées en quelques jours, voire en quelques heures seulement. Leurs valeurs quotidiennes peuvent dépasser 80 mm. La série pluviométrique obtenue à la station de Taza montre que les averses quotidiennes situées entre 33 et 76 mm correspondent à des périodes de retour allant respectivement de 2 à 5 ans. De même, des quantités situées entre 65 et 89 mm sont assez fréquentes, avec une récurrence de l'ordre de 10 ans (Taous 2004).

L'occupation des sols est représentée essentiellement par la céréaliculture, très peu d'arboriculture et une végétation naturelle sous forme de matorrals très dégradés sur des surfaces restreintes.

3. METHODOLOGIE

La démarche méthodologique fondamentale (PAP/CAR, 1998) consiste en 3 approches:

- L'approche prédictive: Elle se base sur la cartographie thématique des facteurs qui contrôlent l'érosion (lithologie, pente, occupation des sols et degré de recouvrement) pour déduire des unités homogènes des états érosifs et ainsi fournir un modèle de la cartographie des états de l'érosion.
- l'approche descriptive: C'est une cartographie de l'érosion réelle. Elle consiste à identifier, décrire et évaluer les processus actuels d'érosion sur le site, ainsi que les différents degrés d'exposition à la dégradation.
- L'approche d'intégration: dont le résultat principal est la carte finale des tendances de l'érosion, obtenue par la superposition et l'intégration de toutes les informations qualitatives issues des phases prédictive et descriptive et qui fournit les tendances de l'érosion en intégrant le degré de l'état érosif et l'intensité de la forme d'érosion.

4. RESULTATS ET DISCUSSIONS

4.1. Approche prédictive

La phase prédictive consiste principalement en un jeu de données spatialisées concernant la résistance des matériaux à l'arrachement et leur protection contre l'agressivité des pluies et du ruissellement.

a. Réalisation de la carte d'érodibilité

Le fait que, plus la pente est forte, plus les manteaux d'altération des roches sont rajeunis par l'érosion, est admis scientifiquement. L'érodibilité d'un sol exprime le potentiel d'un affleurement rocheux à fournir des éléments à l'érosion doit donc tenir compte de la vitesse d'altération et de la pente.

La carte de l'érodibilité (Fig. 2) est le résultat de la superposition de la carte des pentes et de la carte des lithofaciès selon leur friabilité. Les polygones résultant du produit croisé des deux tables sont classés selon une matrice pour hiérarchiser le terrain en fonction du degré d'érodibilité.

Le traitement et l'analyse des bases de données (Fig. 3) montrent que 80 % de la superficie du bassin ont une érodibilité moyenne, forte à extrêmes. La répartition de ces classes au niveau du bassin est inégale:

- dans la partie méridionale les classes d'érodibilité forte et extrême sont les plus rencontrées surtout la partie Est mais tout en allant vers l'Ouest le degré d'érodibilité diminue cela est due à la morphologie qui devient de plus en plus douce vers l'Ouest,
- au niveau de la partie médiane la classe d'érodibilité forte est très présente vu que la pente est forte et que les roches sont de faible résistance.

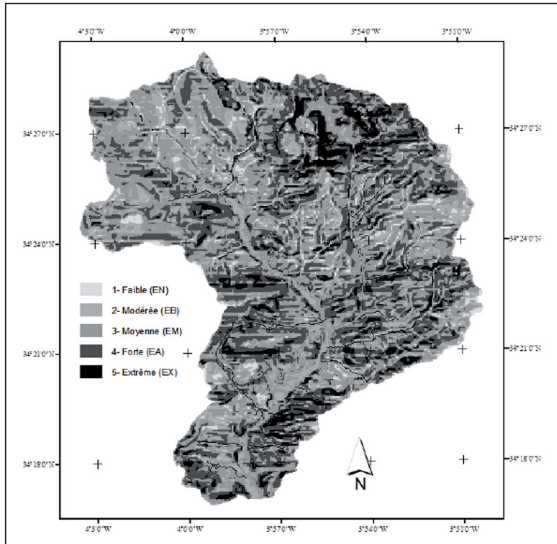


FIGURE 2. Carte d'érodibilité du bassin versant de l'oued Larbaa

L'érodibilité faible ne touche que 4% du bassin versant alors que l'érodibilité modérée intéresse environ 17%. Les deux classes sont surtout localisées dans les plaines alluviales et au niveau des zones protégées. Cette situation montre que le bassin versant de l'Oued Larbaa aura de graves répercussions à long terme si la qualité de la gestion de protection continue de telle sorte.

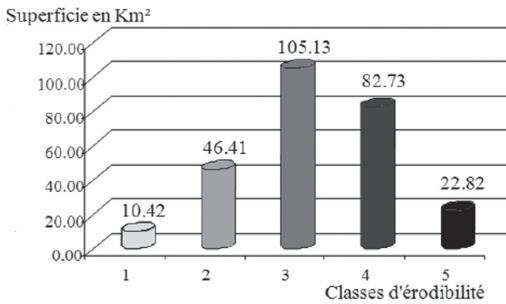


FIGURE 3. Répartition des classes d'érodibilité dans le bassin versant

L'objectif de cette carte est d'hierarchiser le bassin versant de l'Oued Larbaa selon le degré de protection que peut conférer le couvert végétal. L'utilité de cette étape s'avère nécessaire car elle permet d'une part de cerner le rôle du couvert végétal car les données de la carte d'occupation des sols ou de densité de recouvrement séparées peuvent parfois tromper, il y a des différences entre les arbres à feuilles pérennes et ceux à feuilles caducs, ou bien entre des occupations saisonnières et des occupations pérennes. Leur groupement permet de détecter les zones noires qui nécessitent une intervention rapide.

La répartition des classes de protection des sols (Fig. 5) montre que de point de vue couverture végétale, le bassin versant de l'oued Larbaa est très mal protégé. Plus de 90% de l'étendue du bassin versant montre une très faible protection. Les zones de protection très élevées ne dépassent pas (2%), elles sont rarement rencontrées et elles sont localisées dans la partie médiane et quelques surfaces très restreintes dans la partie aval.

La faible protection du bassin versant s'explique par une couverture végétale très dégradée. Dans la majeure partie du bassin versant, l'agriculture se limite à des céréali-

b. Réalisation de la carte de protection des sols

La protection du sol par le couvert végétal dépend de la nature de l'occupation des sols et de la densité de recouvrement. L'élaboration de la carte de degré de protection des sols (Fig. 4) est faite par la superposition de la carte d'occupation des sols et la carte de densité de recouvrement.

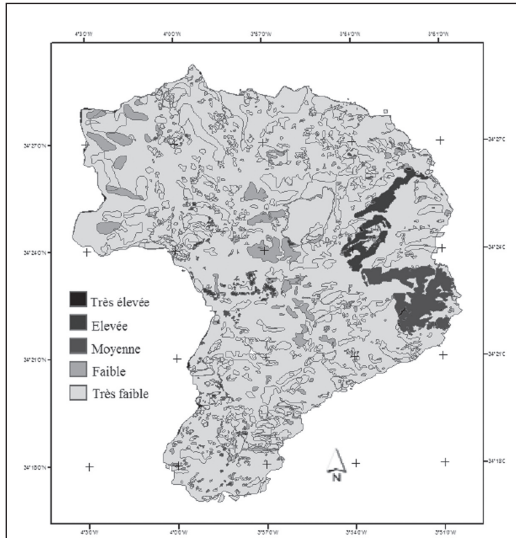


FIGURA 5. Répartition des classes de protection des sols en km²

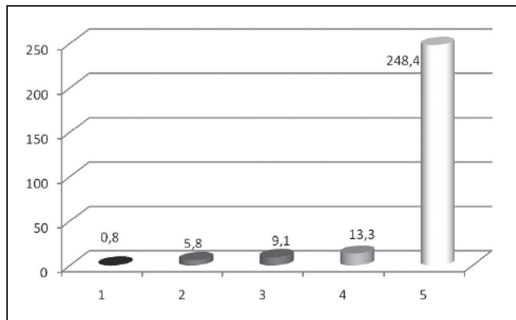


FIGURA 4. Carte de protection des sols

cultures «bour» dépendant des précipitations et de faible rendement. Elle ne protège le sol que très faiblement et sur une courte partie de l'année. Les surfaces d'arboriculture sont très restreintes à cause du manque d'eau pour l'irrigation, les arbres adaptés aux conditions du bassin sont surtout des amandiers et des oliviers aux feuilles de petite taille n'assurant qu'une faible protection. La végétation naturelle se limite à quelques matorrals dégradés de genévriers ou de thuya. De grandes superficies sont devenues stériles car elles sont affectées par un ravinement généralisé.

c. Carte des états érosifs

La carte des états érosifs (Fig. 6) est réalisée en superposant la table d'érodibilité et celle de la protection des sols, afin d'hierarchiser le bassin versant de l'oued Larbaa en unités selon le degré d'état érosif.

Le traitement et l'analyse de données (Fig. 7) montre que l'état érosif très élevé domine. Il affecte 53% de la surface totale. Cet état est étalé pratiquement sur tout le bassin versant. L'état d'érosion élevée touche 37%. Les classes des degrés très faible, faible et notable ne dépassent pas 10%, éparpillé sur le bassin et se situent surtout là où la protection est élevée.

En se basant sur les facteurs de l'érosion, le bassin versant de l'Oued Larbaa est très vulnérable à l'érosion. Cela est due au fait que tout ces facteurs agissent par leurs degrés les plus forts, que ce soit pour l'érodibilité ou la protection des sols. Cette situation n'est pas due seulement aux facteurs naturels, comme l'agressivité climatique, les pentes forte et la lithologie friable mais aussi à ceux humains qui ont aggravé ces facteur naturels par une gestion anarchique des besoins en ressources forestières sans tenir compte de la rupture d'équilibre que représente le prélèvements excessifs et par des pratiques agricoles inadéquates qui ne tiennent pas compte des processus de l'érosion.

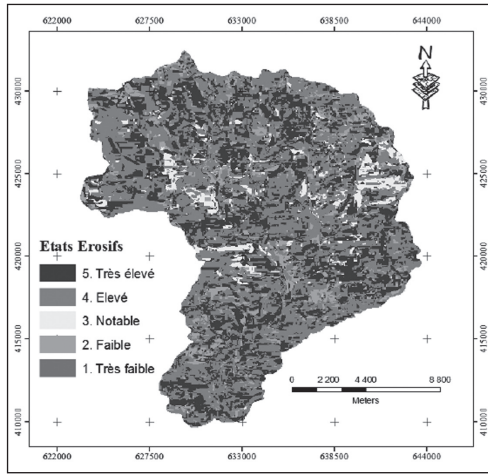


FIGURA 6. Carte des états érosifs

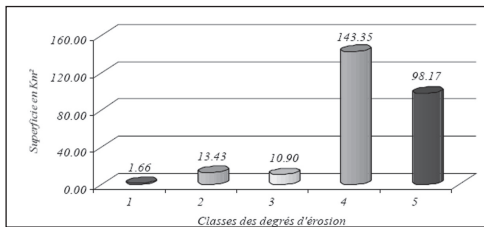


FIGURA 7. Répartition des états érosifs

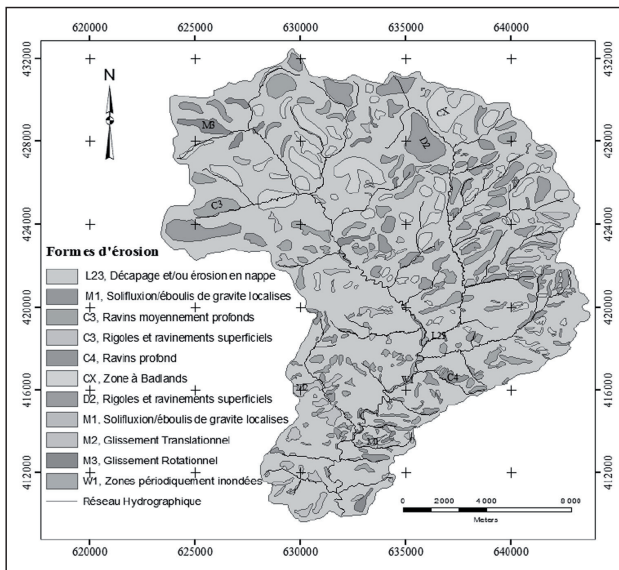


FIGURA 8. Carte des formes d'érosion

4.2. Approche descriptive

La carte des formes de l'érosion (Fig. 8) est réalisée à partir des observations de terrain et du navigateur satellitaire Google Earth, qui permet la digitalisation in-situ des formes de l'érosion. L'analyse de cette carte montre que les formes d'érosion ont cru et se sont multipliées, car dans la plupart des cas, les formes anciennes ont pris de l'ampleur, et de nouvelles formes ont pris naissance.

Le traitement et l'analyse de la base de données (Fig. 9) de la carte des formes d'érosion avec les codes descriptives des formes utilisées par les directives du PAP/CAR. Les lettres indiquent la forme d'érosion et les chiffres indiquent l'intensité de la forme d'érosion.

Le décapage et l'érosion en nappe (L) sont les plus apparentes avec une surface de couvrant 73,9 % du bassin versant. Le décapage et l'érosion en nappe représentent la forme la plus dangereuse vis-à-vis des sols. Elle appauvrit le sol de ses fractions fines et de ses particules nutritionnelles.

Les rigoles et ravines de faible profondeur (D) touchent 7,2% de la superficie, situées surtout dans la partie Est du bassin les ravins profonds et le zones a Bad lands couvre 14,1% de la surface total, ils sont situés généralement dans la partie Ouest. Le reste de l'étendue du bassin est affecté par des formes de solifluxion (M). Ces forme sont très localisées et ne dépassent pas 4,5%. Cette situation est liée surtout aux conditions climatiques et à l'exposition des versants.

FIGURA 9. Répartition des formes d'érosion

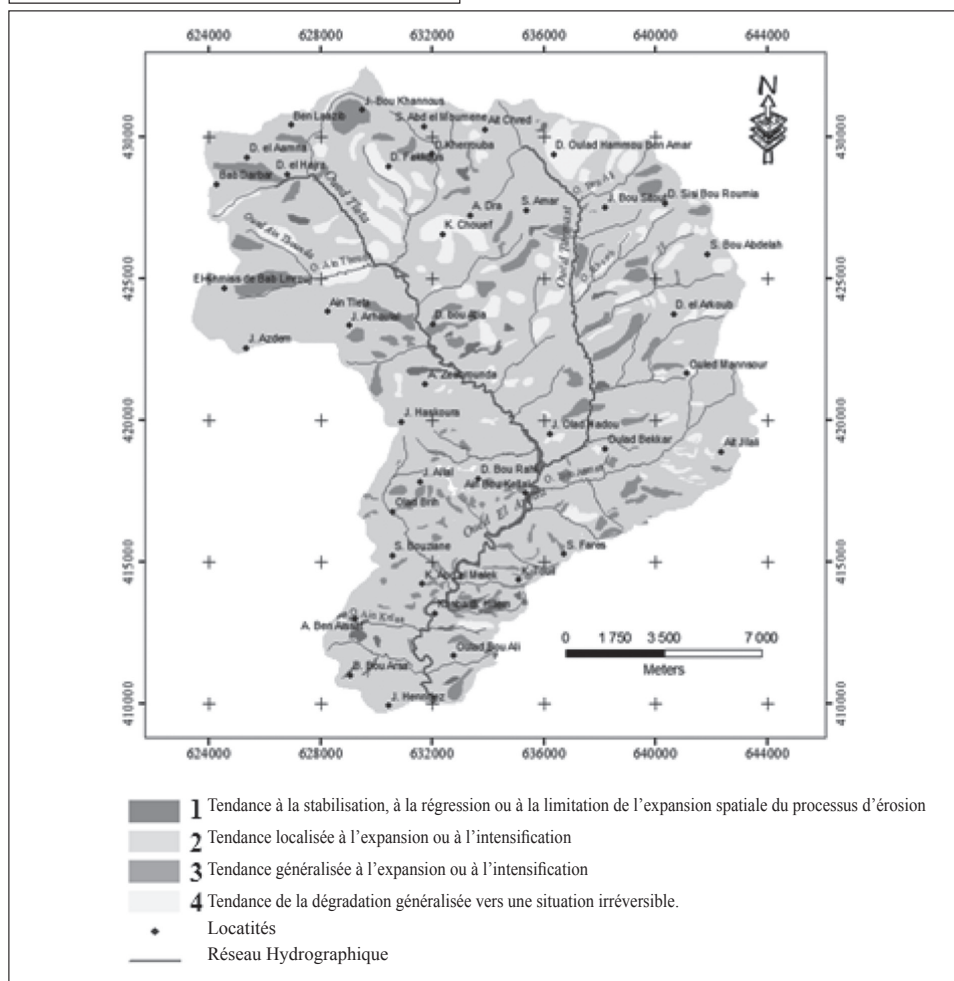
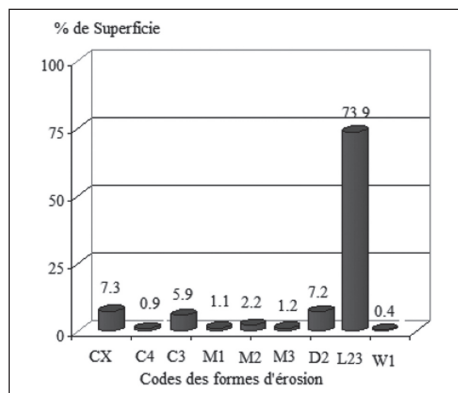


FIGURE 10. Les tendances érosives du bassin versant de l'oued Larbaa

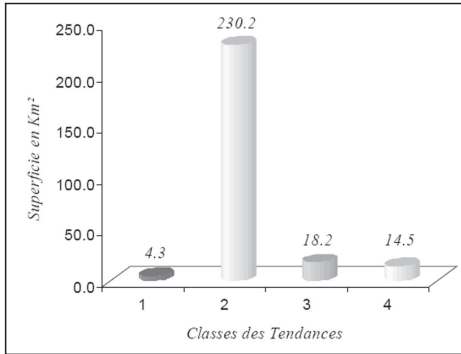


FIGURE 11. Répartition des tendances érosives dans le bassin versant

4.3. Approche d'intégration et détermination des tendances

Le produit de la phase d'intégration est la carte finale des tendances d'érosion (Fig. 10), obtenue grâce à la consolidation de toutes les données prédictives et descriptives. L'évaluation des tendances se fait par superposition de la table des états érosifs et celle des formes d'érosion. L'idée est de mettre en relation les états d'érosion basés sur le comportement des facteurs avec les formes d'érosion réelles pour déterminer les tendances. Ces dernières sont exprimées par un indice s'échelonnant de 1 à 4.

Le traitement et l'analyse de la base de données (Fig. 11) montre que 86% appartiennent à la classe 2, ce qui fait les tendances à l'expansion ou à l'intensification localisées concernent tout le bassin. La classe des tendances à la stabilisation et très faible (2%). Elle est présente dans la partie aval et dans quelques zones très restreintes en amont. Les classes des tendances généralisées vers des situations irréversibles arrivent à 12%, Elles sont situées en grande surface dans la partie Nord la où la pente est extrême, la lithologie et friable, et la protection est très faible.

CONCLUSION

La quasi-totalité des terrains du bassin versant de l'Oued Larbaa, ont subi des perturbations remarquables. La dégradation des ressources naturelles (perte en sol, dégradation du couvert végétale, diminution des ressources en eau...) est due non seulement à certains effets naturels, mais aussi aux différentes interventions de l'homme, en fonction de l'ampleur et de l'action des groupements humains sur ce milieu.

La cartographie et l'estimation de l'érosion hydrique au moyen des directives PAP/CAR basée sur les facteurs naturels (pente, couvert végétal et lithologie) a permis d'hierarchiser le bassin versant de l'oued Larbaa en parcelle en fonction du degré du risque érosif.

La carte de l'approche prédictive fournit des informations sur l'état actuel de la dégradation des sols en se basant sur les degrés d'influence des différents facteurs qui contrôlent l'érosion hydrique. La carte fait ressortir cinq états, 1.66% des terrains présentent une faible prédisposition à l'érosion hydrique, l'érosion notable représente 13.43%, 10.9% pour les terrains à érosion moyenne, Les états d'érosion élevées et extrêmes représentent 53% et 21% respectivement.

L'approche descriptive a montré que cette dégradation se manifeste par différents processus de l'érosion hydrique. On assiste à une perte de sol de différentes manières:

L'érosion en nappe et le décapage. C'est une érosion qui est inaperçue mais qui est la plus dangereuse car elle emporte les particules nutritives essentielles pour le développement de la végétation (73.86%).

L'érosion en rigole et ravines qui si elles apparaissent en automne dans les sols labourés après chaque averse importante sont effacées par les labours (plus 7.24%) mais si elles apparaissent sur des terrains non exploitables évoluent généralement en formes plus importantes.

L'érosion en ravins se fait au dépend des terrains de culture et peuvent évoluer en ravinement généralisé (5.89%)

La superposition de la cartographie prédictive et descriptive a permis de montrer les tendances globales de l'évolution superficielle des sols du bassin versant de l'Oued Larbaa ainsi on a pu faire sortir la coïncidence de certains états très dégradés avec des formes d'érosion spectaculaires et d'autres états plus stables avec des formes d'érosion mineurs ou carrément des zones stables. Elle montre aussi les tendances aggravantes pour la majorité de l'étendue du bassin versant (98%) et des tendances de régression de la dégradation pour une faible surface (2%).

Devant les menaces de dégradation qui pèsent sur les ressources naturelles et l'infrastructure du bassin versant et par conséquent sur la qualité de vie des habitants de point de vue économique et social, il s'avère urgent d'intervenir pour lutter contre l'érosion selon une approche globale et novatrice qui permettra de concilier entre les besoins importants d'une population, qui ne cessent de s'accroître et les potentialités limitées des ressources naturelles qui s'appauvrissent du fait de leur surexploitation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- PAP/CAR (1998): Directives pour la cartographie et la mesure des processus d'érosion hydrique dans les zones côtières méditerranéennes. PAP-8/PP/GL.1. Split, *Centre d'activités régionales pour le Programme d'actions prioritaires* (PAM/PNUE), en collaboration avec la FAO, pp. XII+72.
- MESRAR, H. (2010): Application des directives du PAP/CAR et des outils SIG pour l'évaluation de l'érosion hydrique et la définition des facteurs causaux dans le bassin versant de l'oued Amzaz/ *Mémoire de Master*, Faculté des Sciences et Techniques de Fès.
- SADIKI, A.; FALEH, A.; NAVAS, A.; BOUHLASSA, S. (2009): Using magnetic susceptibility to assess soil degradation in the Eastern Rif, Morocco (p n/a). *Earth surface process and Landforms*, Published Online: Nov 13 2009 8:52 AM DOI: 10.1002/esp.1891.
- TAOUS, A.; AKDIM, B.; LAAOUANE, M. ET TRIBAK, A. (2004): Impacts des cônes latéraux sur le fonctionnement hydrodynamique et morphosédimentaire actuel des fonds de vallées pré-rifaines: cas de l'Oued Larbâa (Maroc), *Revue de géographie alpine*, Volume 92, Numéro 92-1, pp. 17-28.
- TRIBAK, A. 2000: L'érosion hydrique en moyenne montagne du Pré-rif oriental (Maroc): étude des agents et des processus d'érosion dans une zone de marnes tertiaires. *Thèse de Doctorat d'Etat*, Univ. Chouaïb Doukkali, El Jadida, 351 pp.