

Cartographie De L'erosion Qualitative Des Sols Du Bassin Versant De L'aoudour (Rif-Maroc)

Siham Boukrim, PhD

Abderrahim Lahrach, PES

Abdelbasset Midaoui, PhD

Faiza Benjelloun, PH

Mohammed Benabdelhadi, PES

Laboratoire Géoressources et Environnement
Université sidi Mohamed Ben Abdellah, Maroc

Hamid Lahrach, PhD

Laboratoire Ressources Naturelles et Environnement
Université sidi Mohamed Ben Abdellah, Maroc

Abdel-Ali Chaouni, PES

Laboratoire Géoressources et Environnement
Université sidi Mohamed Ben Abdellah, Maroc

doi: 10.19044/esj.2016.v12n11p295 [URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n11p295](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2016.v12n11p295)

Abstract

The Aoudour watershed located in the northwest of Morocco and spreads over an area of approximately 1000 km², and occupying the northeastern part of the Ouergha basin contently experiencing the effects of severe water erosion caused by the interaction of several natural factors such as the amount and aggressiveness of rainfall, plenty of steep slopes, low vegetation density and also the dominance of friable land. The Aoudour watershed also undergoes a human action that makes it very vulnerable to environment erosion, the degradation of the vegetation cover in recent decades and also by poor farming techniques. PAP / RAC is a method of qualitative study of water erosion that can prioritize the surface of a watershed in separate units according to its vulnerability to erosion. The method consists of a descriptive and predictive mapping in relation to the identification; evaluation and integration of basic physical factors such as slope, lithology and / or soils and vegetation cover, with the aim of establish initial assumptions about the risk of erosion. The use of remote sensing and GIS tools enabled us creating and overlying of thematic maps, executing speedily the cartographic works and, processing of databases.

Keywords: PAP / RAC, Water Erosion, Aoudour Watershed

Résumé

Le bassin versant de l'Aoudour est situé au Nord ouest du Maroc et étalé sur une superficie d'environ 1000 km² en occupant la partie Nord-Est du bassin de l'Ouergha. Ce bassin connaît continuellement les effets de fortes érosions hydriques influencées par l'interaction de plusieurs facteurs naturels telles que la quantité et l'agressivité des précipitations, l'abondance de fortes pentes, la densité faible du couvert végétal et aussi la dominance de terrains friables. Le bassin versant de l'Aoudour a subi aussi l'action anthropique qui rend le milieu très vulnérable à l'érosion, par la dégradation du couvert végétal durant ces dernières décennies et aussi par les mauvaises techniques agricoles utilisées. La PAP/CAR est une méthode d'étude qualitative de l'érosion hydrique permettant d'hierarchiser la surface d'un bassin versant en unités distinctes selon la vulnérabilité à l'érosion. La méthode consiste en une cartographie descriptive et prédictive en relation avec l'identification, l'évaluation et l'intégration des facteurs physiques de base, tels que la pente, la lithologie et/ou les sols et le couvert végétal, dans le but d'établir des hypothèses de départ concernant le risque d'érosion. L'utilisation des outils de télédétection et du SIG nous a permis la réalisation et la superposition des cartes thématiques, la rapidité d'exécution des travaux cartographiques et, le traitement des bases de données.

Mots clés: PAP/CAR, érosion hydrique, Bassin versant Aoudour

Introduction

L'érosion hydrique des sols résulte de l'impact des eaux de pluies et de ruissellement sur le sol. Au Maroc comme partout dans le monde, ce phénomène est fonction de plusieurs facteurs physico-climatiques (les précipitations, la végétation, la lithologie, la topographie, l'érodibilité des sols...) et anthropiques (cultures sur les pentes, déboisement, construction de route et d'ouvrage d'art...).

Les effets de l'érosion hydrique sont importants et parfois catastrophiques sur l'environnement et l'économie. ils s'expriment sur le terrain par une diminution de la densité du couvert végétal, une perte en sol, une perte de la matière organique et de la capacité de rétention du sol, une minéralisation accrue du paysage, l'apparition d'entailles d'érosion actives et une salinisation progressive des terres irriguées.

A l'échelle locale, les conséquences de la dégradation des sols sur les paysans vont de la baisse de la fertilité des sols à l'évacuation des régions entières.

A- Présentation de la zone d'étude et de la méthodologie

Situation du cadre d'étude

Le bassin versant de l'Aoudour (fig.1) est encadré par les bassins versants des deux affluents de l'Ouergha: Oued Aoulay à l'Est et Oued Aoudiyar à l'extrémité ouest de l'Ouergha. Les conséquences de l'érosion hydrique sur ce bassin versant de l'Aoudour s'amplifient par la fragilité de ses terrains essentiellement marneux et la croissance démographique. Cette situation impose une analyse et une évaluation intégrées des phénomènes d'érosion.

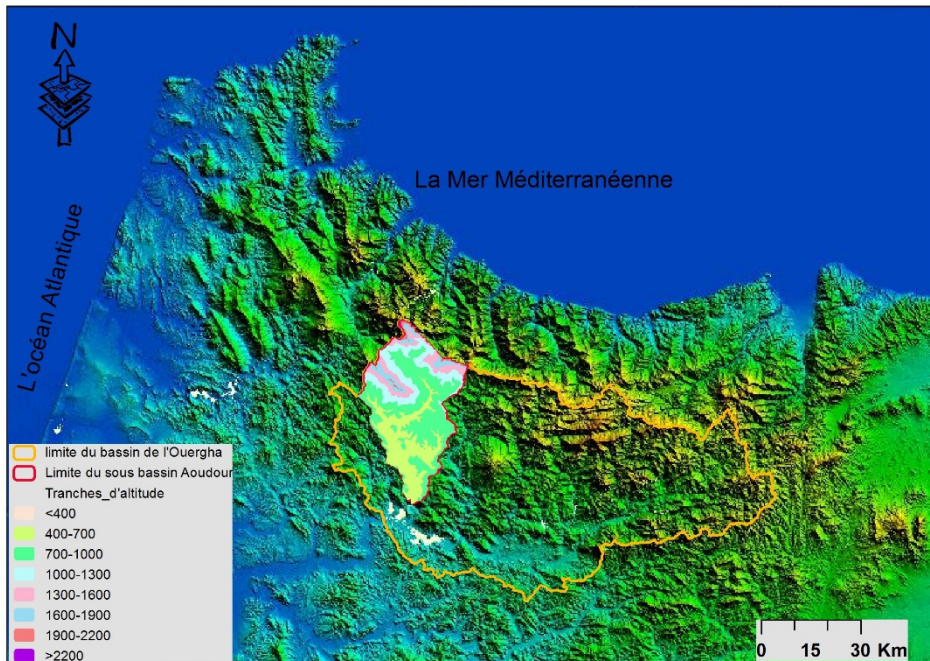


Figure.1 - Localisation du bassin versant de l'oued Aoudour

La méthodologie

L'approche PAP/CAR (PAP/CAR, 1998) vise à l'immédiat, de rendre disponible un outil méthodologique et une source d'information pour la mise en œuvre des projets et programmes de la gestion du contrôle de l'érosion, et à long terme, de contribuer à atténuer et mieux contrôler les processus d'érosion pour améliorer l'utilisation des terres, rationaliser l'exploitation des ressources en terres, et améliorer les conditions de vie et la sécurité alimentaire des populations.

La PAP/CAR est une méthode d'étude qualitative de l'érosion hydrique qui permet d'hiérarchiser la surface du bassin versant en unités distinctes selon la vulnérabilité à l'érosion et de déterminer les zones les plus fragiles potentiellement pourvoyeuses de sédiments.

La méthode consiste en une cartographie descriptive et prédictive consistant à l'identification, l'évaluation et l'intégration des facteurs influençant l'érosion hydrique tels que la pente, la lithologie et/ou les sols, le couvert végétal, la densité de recouvrement dont le but est d'établir des hypothèses de départ concernant le risque d'érosion.

La méthode consiste en une superposition d'abord d'un ensemble de cartes dont certaines sont une représentation de l'effet combiné de certains facteurs, c'est la phase prédictive. Elaborer ensuite la carte de l'érosion réelle, c'est la phase descriptive puis intégrer et valider les résultats en superposant les deux cartes obtenues.

B- Estimation de l'érosion hydrique par la méthode PAP/CAR

Approche prédictive

L'approche prédictive; consiste à identifier, évaluer et intégrer tous les paramètres fondamentaux, tels la physiographie (pentes), la lithologie et/ou les sols, le couvert végétal, dans le but de déterminer des hypothèses préliminaires concernant le risque d'érosion.

Elaboration de la carte d'érodibilité

La carte d'érodibilité présente la combinaison de la prédisposition d'un substrat à fournir du matériel meuble mobilisable pour l'érosion et le paramètre qui favorise son évacuation du profil à savoir le degré de la pente. Pour l'élaboration de la carte d'érodibilité, on commence par expliquer les étapes de réalisation de la carte des pentes puis, celle des lithofaciès. La superposition de ces dernières va constituer la carte d'érodibilité, qui est une combinaison des entités de chaque carte par des matrices qui permettent de combiner les valeurs de la carte des pentes et de la carte des lithofaciès pour faire sortir le degré d'érodibilité suivant les classes choisies.

a- Réalisation de la carte des pentes

Pour la réalisation de la carte des pentes (Fig. 2), on a utilisé le SIG pour découper le MNT du Maroc et pour classier les pentes suivant les classes désirées. A partir de l'analyse de la base de données de la carte des pentes, on a calculé les superficies relatives à chaque tranche. Les pentes au niveau du bassin versant de l'Aoudour, dans sa totalité, ne sont pas très importantes du fait de la dominance de la classe 3 à 12%, qui, à elle seule, occupe 70% de la superficie totale. Elle est éparpillée dans toute la zone avec une dominance au niveau amont du bassin. La classe 12 à 20% vient en deuxième rang en couvrant près de 20% de la superficie totale. Les pentes qui dépassent 20% sont très faiblement représentées, localement situées autour des sommets dans la partie amont du bassin versant.

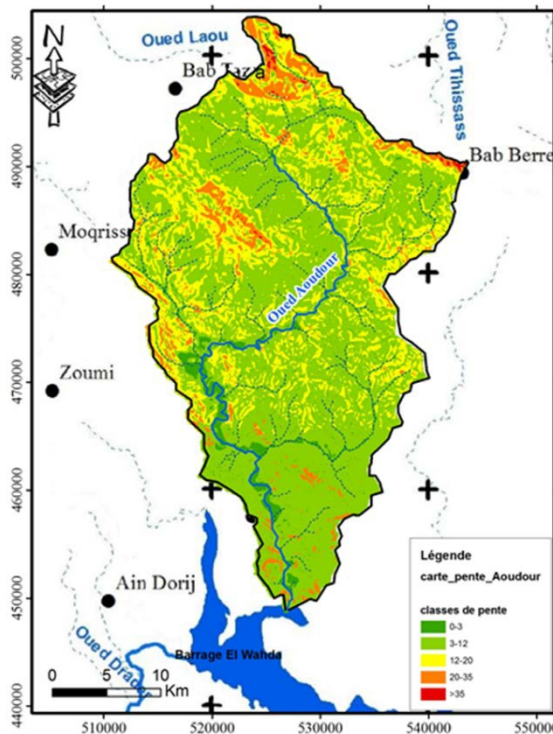


Figure.2 – carte des classes de pentes

b- Réalisation de la carte de lithofaciès

La carte de lithofaciès (fig.3), à travers une analyse minutieuse de couches géologiques (nature, résistance, association, ...), montre la répartition des terrains en fonction de leurs degrés de friabilité. Les différents affleurements ont été répartis en 5 classes et on a affecté un code à chaque degré de friabilité ; 1(a) pour les roches dures et progressivement 2(b), 3(c), 4(d) et 5(d) pour les roches de moins en moins dures. La carte de friabilité montre que la majeure partie du bassin, soit plus de 60%, est constituée par des roches ou sols cohésifs fracturés ou modérément altérés (2b) dispersés sur la totalité du bassin. Nous remarquons aussi une fréquence de 25% des sédiments ou sols meubles, non cohésifs et des matériaux détritiques (5e) notamment au milieu du bassin et dans les zones de faible à moyenne pente.

Les roches compactées ne se voit que timidement au Nord du bassin et à l'Ouest. Cependant, les roches ou les sols sédimentaires faiblement compactés et profondément altérés (les classes de lithofaciès 3c et 4d) ne se présentent qu'à l'aval du bassin sur 52 Km². La dominance des sols fracturés, des roches modérément altérées et des sédiments meubles augmente les potentialités érosives du bassin versant.

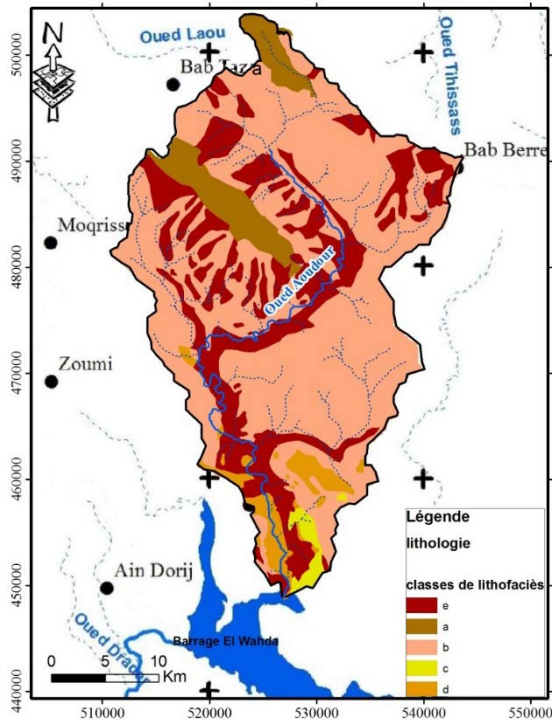


Figure.3 – carte des classes de friabilité

c- La carte d'érodibilité

La carte de degré d'érodibilité (fig.4) indique que l'érodibilité est toujours extrême lorsque la pente est forte et/ou le terrain est de faible résistance. Elle montre que presque 53% du bassin est d'érodibilité modérée à moyenne. On Remarque aussi une fréquence d'environ 45% des sols faiblement érodables couvrant 506 Km². Cependant, les sols d'érodibilité forte à extrême ne couvrent que 2% du bassin.

La carte d'érodibilité ainsi que la base de données de ses différentes classes montrent que le bassin versant est généralement d'érodibilité moyenne.

Cependant, la croissance du taux démographique, la dégradation du couvert végétal et le changement du climat ne peuvent qu'augmenter le degré d'érodibilité. En fait le terrain sera de plus en plus érodable notamment en absence d'une stratégie préventive et protectrice du bassin face à ces contraintes.

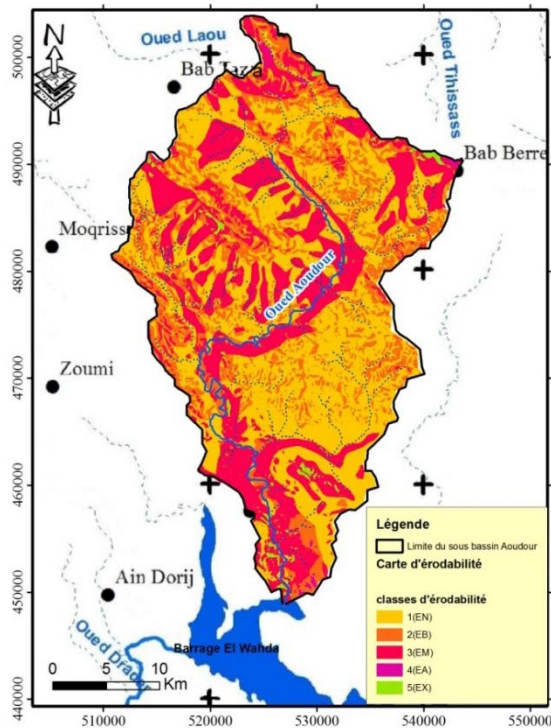


Figure.4 – carte des classes d'érodabilité

I.2. La carte de protection des sols

La carte de protection des sols est réalisée à partir de la superposition de la carte d'occupation des sols et celle des densités de recouvrement par le couvert végétal. En ce qui concerne la première, elle a pour objectif de diviser le terrain en polygones selon le type de couvert végétal (matorral clair ou dense, forêt, reboisement...) ou de culture (arboriculture, culture sèche, culture intensive ...). La seconde quant à elle, elle tient compte de la densité du couvert végétal et a pour objectif de corriger la carte d'occupation des sols.

a. La carte d'occupation des sols

La carte du couvert végétal et l'occupation des sols a été réalisée à partir du Plan d'Aménagement Anti-érosif du Bassin versant de l'Ouergha en amont du barrage Al Wahda (1994). La démarche commence par un calage de la carte et une délimitation de la zone d'étude après on digitalise les différents polygones selon le type de couvert végétal. La carte obtenue montre que 80% du terrain est occupé par des terrains cultivés et des arboricultures, la végétation de densité moyenne couvre 18,3% et la végétation dense est dispersée sur 1,7% .

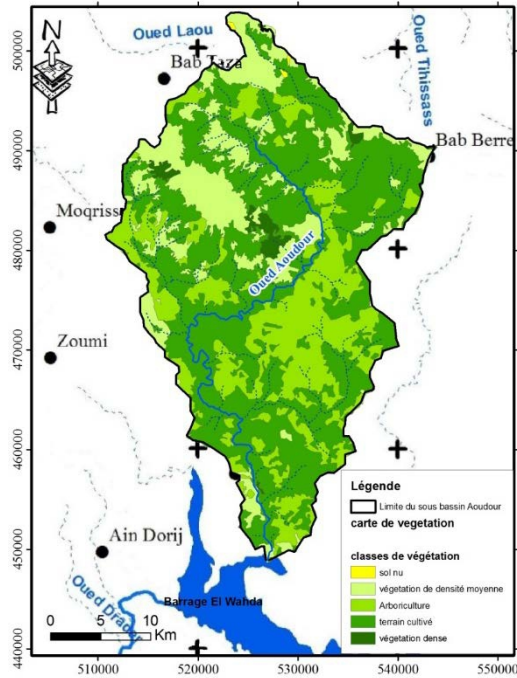


Figure.5 – carte des classes d’occupation du sol I

Critique et discussion : Pour vérifier cette carte, nous avons effectué une comparaison de cette carte du Plan d’Aménagement Anti-érosif du Bassin de l’Ouergha (1994), avec la situation actuelle (fig 6). Le résultat a été plus étonnant que l’attendu, marquant une énorme différence au bout de ces dernières vingt ans, avec une dégradation énorme du couvert végétal.

Pour réaliser une carte du couvert végétal plus réaliste (fig. 7), on a fait appel à la télédétection en traitant une image satellitaire Landsat (Janvier 2014) par le logiciel Erdas et en validant la carte par l’indice de Kappa (Cohen, 1960) calculé à partir de la matrice de confusion.

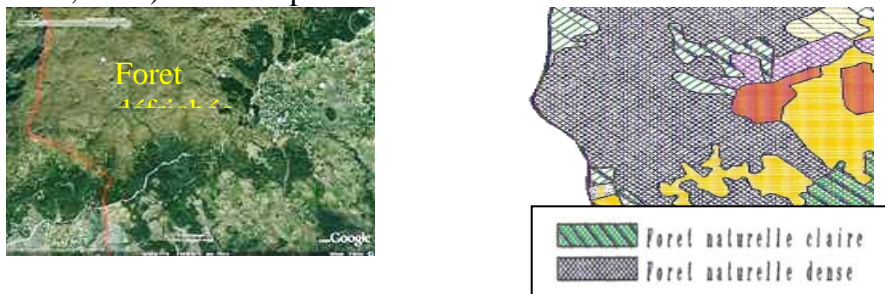


Image de Google earth

Carte AEFCS 1994

Figure 6: Comparaison entre image prise de Google earth en 2010 et la carte des eaux et forêt 1994

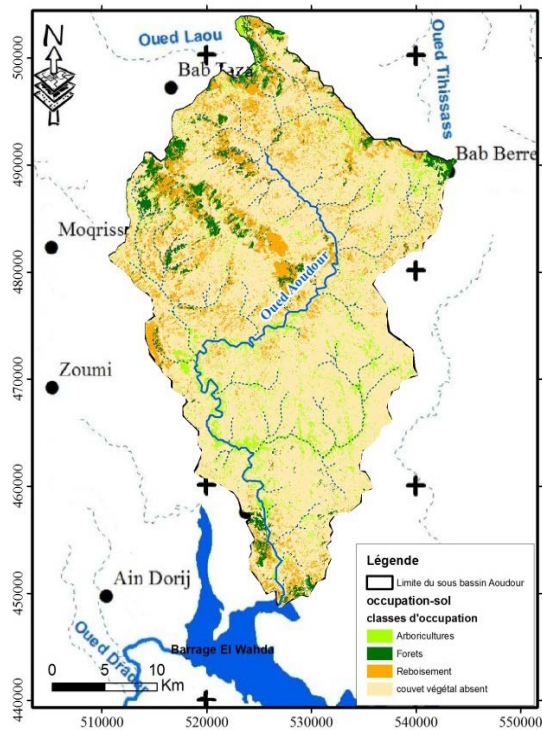


Figure 7 : Carte d'occupation des sols II (rectifiée).

La carte d'occupation des sols (fig. 7) montre que la végétation est très modeste, avec une très faible existence de forêt sur 5% de la superficie du bassin, des reboisements clairsemés à l'amont (surtout des oliviers). Cependant, on note bien une nette dominance des sols nus (terrains dépourvus de couvert végétal) sur la totalité du bassin.

b. La carte de densité de recouvrement

La carte de la densité de recouvrement (Fig.8) a été réalisée en se basant sur l'indice de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) est en traduisant chaque intervalle de NDVI par une classe de densité du couvert végétal en la régénérant sur ArcGIS. Le résultat est une cartographie du bassin versant de l'Aoudour en polygones selon la densité de recouvrement. L'idée ici, est d'une part de corriger la carte d'occupation des sols, d'autre part de tenir compte d'un facteur qui joue un rôle clé dans le maintien de la résistance des sols, car plus le couvert végétal est dense plus forte est la protection du sol et, plus faible est l'action des pluies. (Fig.8) montre que la classe fréquente est la classe de densité nulle avec 62 % de la superficie totale. Les classes 2 et 3 (densité très faible et densité faible) couvrent 38 % du bassin avec des surfaces de 340 Km² et 23 Km² respectivement. La classe la moins représentée est la classe 4 (densité moyenne) sur une superficie

moins de Km². On constate que la densité de végétation est très faible, avec densification surtout aux proximités des cours d'eau.

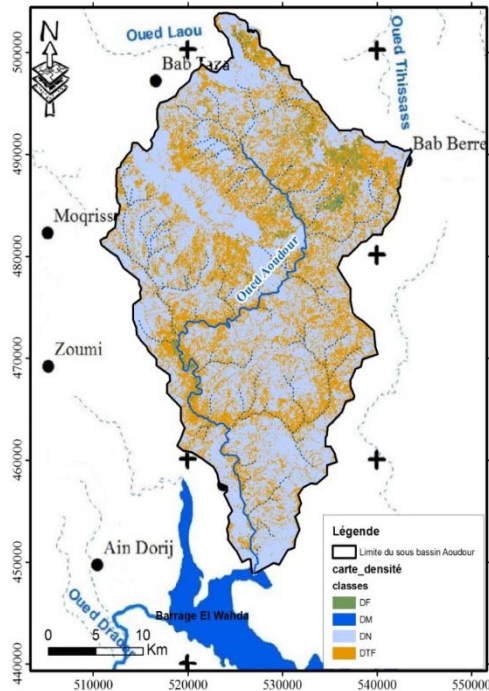


Figure.8 – carte de densité de recouvrement

c. La carte de protection des sols

L'objet de cette carte (fig.9) est d'hierarchiser le bassin de l'Oued Aoudour en polygones selon le degré de protection. La mission de cette étape est nécessaire pour déceler les zones à faible protection et par conséquent les zones noires qui nécessitent des interventions rapides par les différents aménagements aidant à immobiliser et stabiliser le sol tels que le reboisement. La répartition des classes de protection du sol (Fig. 9) montre que les zones sans protection se trouvent sur la majorité du bassin alors que les zones de protection moyenne sont rarement rencontrées dans la partie amont du bassin.

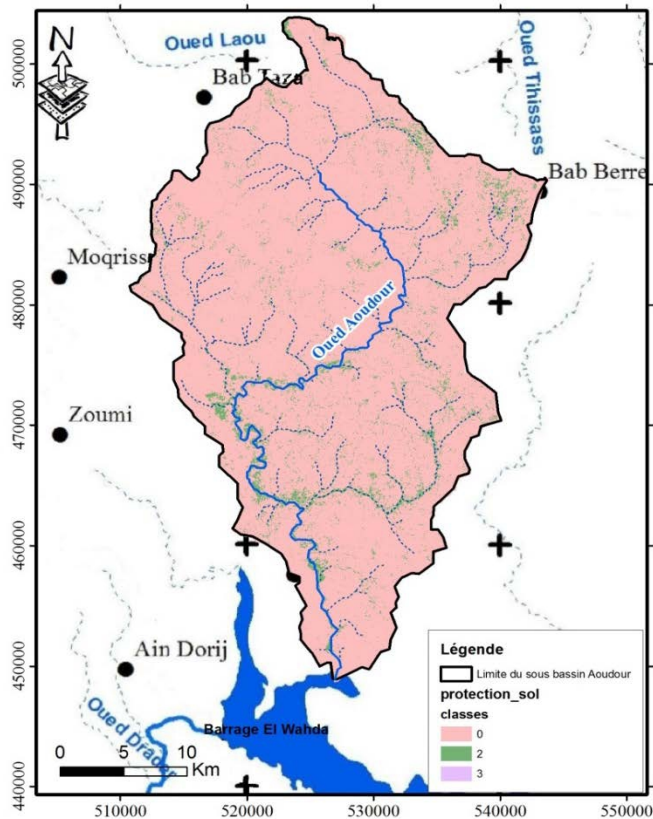


Figure.9 – carte de protection de sol

I.3. La carte des états érosifs

La carte des états érosifs (fig.10) est une carte de synthèse, obtenue par superposition des produits cartographiques précédents. La répartition de ces superficies sur la carte des états érosifs montre que les zones les plus érodées (érosion très élevée) se situent surtout dans la partie aval du bassin. Ailleurs l'érosion élevée suit le schéma que dessine le réseau hydrographique de l'oued Aoudour sur la totalité du bassin avec quelques spécificités spécialement dans les régions amont où l'érosion prend de l'ampleur d'un côté des oueds alors que de l'autre côté, elle est moins intense, cela est expliqué par les conditions in situ notamment la densité du couvert végétal, avec une densité plus forte sur la partie moins érodée. On remarque aussi que les zones de degré d'érosion notable sont dispersées sur tout le bassin en se coincidant avec les endroits où la pente est considérable (de 12 à 35%) et la lithologie est peu résistante; faiblement compactée et fortement altérée, aussi sur quelques endroits dans la partie amont où les sols sont cohésifs fracturés ou modérément altérés. Mais, en tenant en considération le facteur anthropique, on remarque que là où les populations vivent Correspondant aux zones d'érosion forte et élevée. Par ailleurs, l'érosion faible se révèle

dans des zones bien étendues sur environ 40% du bassin, notamment dans les parties plus couvertes et de plus faible pente. En ce qui concerne l'érosion très faible, ils se montrent dans des zones réduites sur des zones de végétation plus intense.

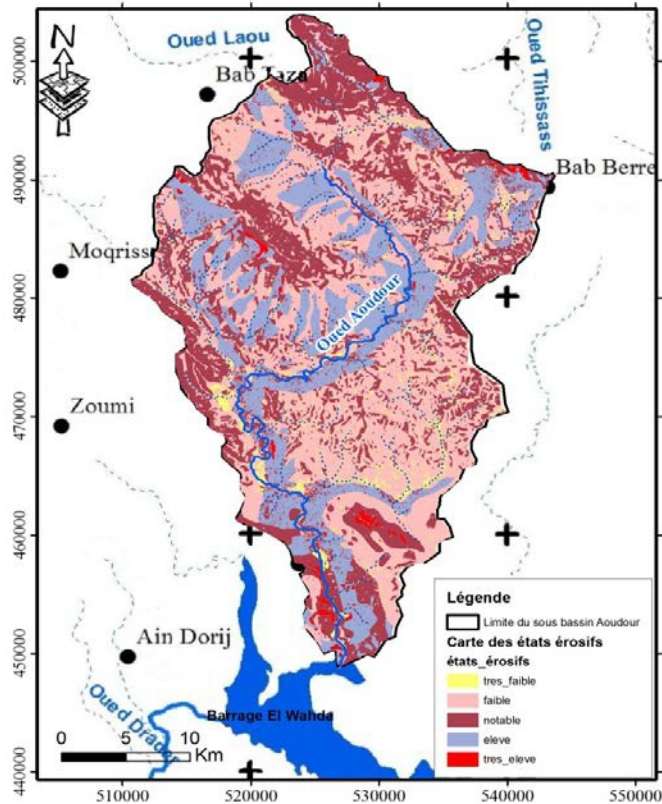


Figure 10 : La carte des états érosifs

II. Approche descriptive des formes d'érosion

Les processus d'érosion qui marquent le secteur d'étude sont très diversifiés et fortement liés aux types de sols. Leurs positions dans la topographie et à l'étage bioclimatique auquel ils appartiennent. Les écoulements d'eaux pluviales génèrent deux formes d'érosion dont la première est liée au ruissellement et à l'écoulement selon un mode concentré. L'autre est liée à l'infiltration où l'eau se répand de façon diffuse dans le sol. La dynamique des versants dépend donc de ces deux modes de cheminement de l'eau. Ces deux types de mécanismes peuvent jouer successivement ou conjointement dans le temps, sur une même surface.

La carte des formes de l'érosion (fig.11) est réalisée sur la base de la carte (AECF 1994) rectifiée. 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 plus d'ampleur. La répartition de ces formes dans

le bassin versant de l'Oued Aoudour montre que la forme des ravins profonds est la plus figurée sur 119 Km², suivie par la forme des rigoles et ravinements superficiels couvrant presque 50 Km². On constate que ces deux formes se présentent surtout près des cours d'eau, ce que peut être expliqué par la vulnérabilité du terrain et à l'action des cours d'eau et aux pratiques humaines.

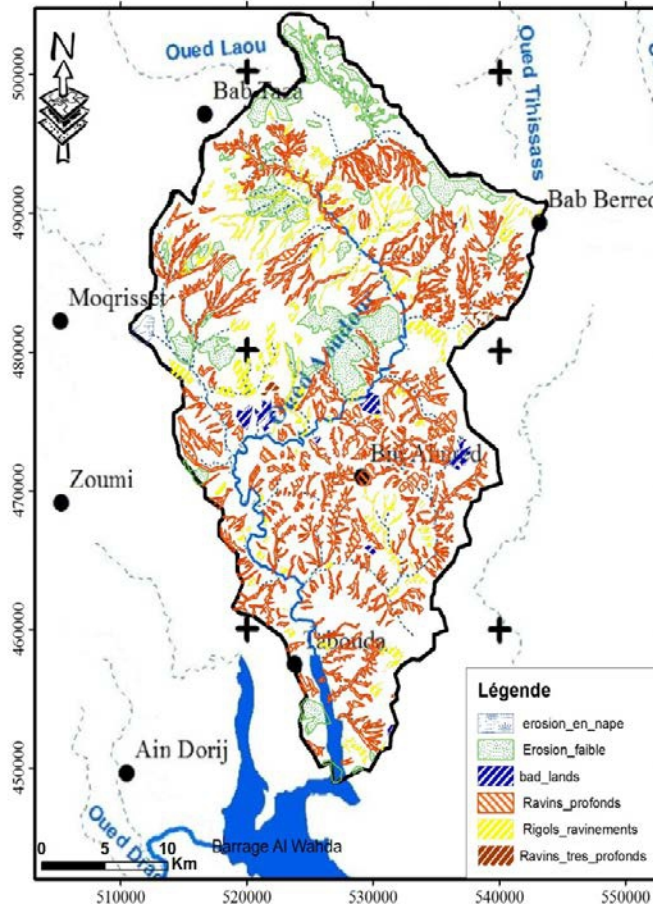


Figure 11: Carte des formes de l'érosion

III. Approche d'intégration : Réalisation de la carte consolidée d'érosion PAP/CAR

La carte consolidée d'érosion PAP/CAR est une carte qualitative qui combine les données des approches descriptives et prédictives et contient des informations complètes sur les différents aspects des phénomènes d'érosion. La carte (figure 12) a été réalisée par la superposition des cartes des états érosifs obtenues par la cartographie thématique et la carte des formes d'érosion obtenue par cartographie directe des formes d'érosion sur le terrain ou à partir des images satellites.

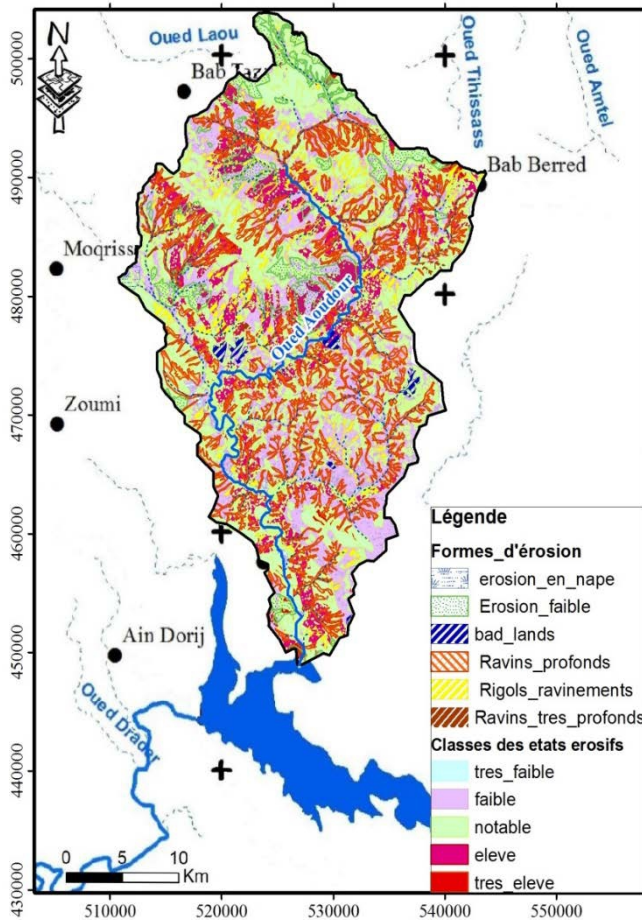


Figure 12: La carte consolidée d'érosion PAP/CAR

Cette carte montre que les ravins profonds, la forme la plus présentée au bassin versant de l'Aoudour (119 Km²), se présentent dispersément dans le bassin aux zones subissant un degré d'érosion notable à élevée. La présence de ces ravins profonds pourrait être liée à la pente forte. La carte montre aussi que la forme d'érosion rigoles et ravinement coïncident avec des zones d'érosion important. De plus, les bad-lands se concentrent dans la partie médiane du bassin aux zones d'érosion moyenne à élevée où la pente est importante. Les ravins très profonds ne se voient qu'aux quelques endroits de la partie médiane subissant une érosion notable. L'attachement des états prédictives aux descriptives confirme que la vulnérabilité du bassin versant de l'Aoudour à l'érosion est forte.

VI. Etude comparative de l'érosion dans le contexte du Rif

VI.1. Comparaison entre les résultat d'approche qualitative et quantitative

La composante de mesure correspond à des résultats quantitatifs de l'érosion par différentes méthodes (USLE de Wischmeier et Smith, le modèle sédimentologique...) pour appuyer les résultats du PAP/CAR. Le revenu de ces résultats est la comparaison relative des différentes zones et permet d'hierarchiser la gravité de l'érosion de plus faible au plus forte. La figure 13 montre les deux cartes de classes de l'érosion du bassin versant de l'Aoudour par deux méthodes ;l'une montre la répartition de ces classes selon DREFT (1994) et l'autre illustre les états érosifs que nous avons réalisés par la PAP/CAR.

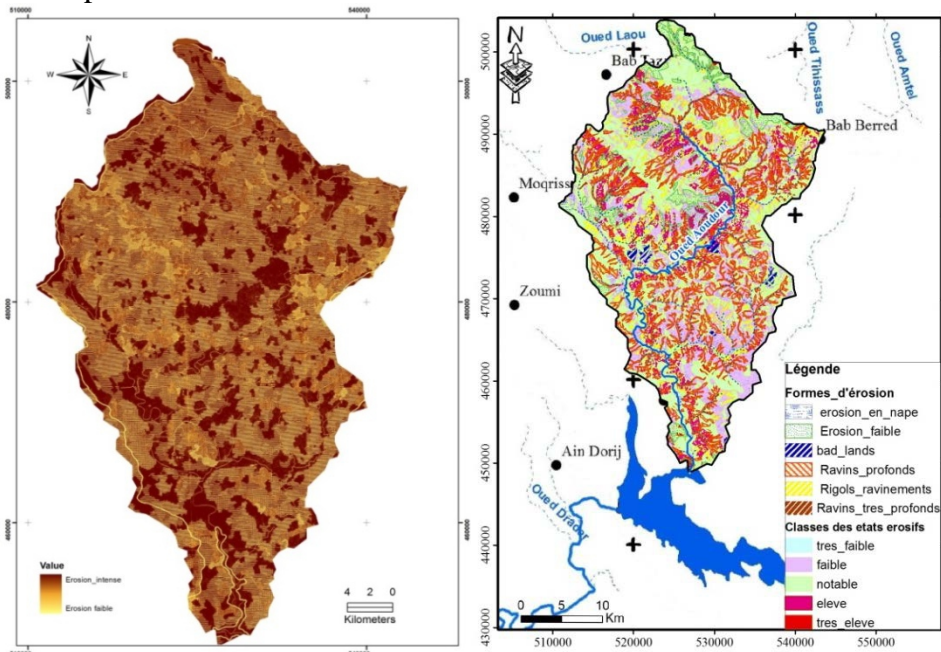


Figure 13: Comparaison entre la carte des états érosifs et la carte USLE

La comparaison des deux cartes a permis de tirer deux sortes de déduction : la première est qualitative concernant la confusion des zones à érosion intense avec les zones classifiées d'érosion élevée et très élevée par le PAP/CAR. La deuxième carte est plutôt quantitative quant aux zones qui n'ont plus le même degré d'érosion, par contre l'érosion a pris beaucoup plus d'ampleur en passant des degrés plus faibles aux degrés plus élevés (quelques zones sont marquées par des flèches).

De cette comparaison, on déduit que la situation de l'érosion dans le bassin versant de l'Aoudour confirme qu'elle n'est plus stagnante mais en intensification continue. L'aggravation de l'érosion peut être expliquée par plusieurs facteurs dont la dégradation de la couverture végétale qui joue un rôle primordial dans la stabilisation et la fixation du sol contre l'érosion. Cette dégradation est clairement observée lors de la comparaison de la carte

de végétation faite en 1994 avec celle de l'état actuel. Cette dégradation s'ajoute à l'agressivité des pluies et l'action anthropique pour rendre le sol plus érodable dans les zones de fortes pentes provoquant ainsi des pertes du terrain.

VI.2.Comparaison entre les résultats des approches qualitatives et quantitatives

L'objectif de ce paragraphe est de comparer les résultats de l'étude de l'érosion du bassin versant de l'Oued Aoudour avec d'autres études faites dans le bassin versant de l'Ouergha et au Rif afin de situer notre bassin dans le contexte global du Rif.

Comparaison quantitative :

Tableau 1: Quantification des pertes en terre aux différents bassins versants du Rif et Prérif.

Bassin versant	Localisation	Pertes en sol (t/ha/an)	Auteurs
Ouargha	Rif et Prérif central	98	A.E.F.C.S. (1995)
Merkat	Prérif central	77	Faleh (2003)
Bou Souab	Rif-Prérif-Avant pays	>23	Sadiki (2005)
L'Oued Tlata	Prérif oriental	50	El Garouani (2008)
Sahla	Rif central	10	Mastass (2008)

Comparaison qualitative :

Tableau 2: Comparaison qualitative de l'érosion aux différents bassins versants du Rif et Prérif.

Bassins versants	Descriptive	Prédictive
Aoudour: 1000 Km ² (Boukrim, 2014)	- 119 Km ² : ravins profonds, - 46 Km ² : rigoles et ravinements, - 12 Km ² : autres formes (badlands, ravins très profonds et en nappe)	- 31%: érosion notable, - 23%: érosion élevée et très élevée => 54% érosion notable à élevée - 46%: érosion faible et très faible.
Sra : 554 Km ² (Badaoui, 2011)	- 76% du bassin (423 Km ²) soumit d'érosion en nappe, - Ravins moyennement profonds (50,5 Km ²).	- 36% de superficie (198 Km ²): érosion moyenne, - 28% de la superficie (159 Km ²): érosion faible et très faible.
Amzaz : 387,2 Km ² (Mesrar, 2010)	- Ravins profonds (3135 ha), -Très fort décapage à Jbel Outka, - Badlands, ravinements et rigoles dans la partie aval.	- 62% de la superficie soumit à l'érosion élevée et très élevée, - <10% d'érosion faible.
Sahla: 116 Km ² (Mastass, 2008)	- 80% du bassin soumit à l'érosion faible en nappe, - <20% est sous érosion forte.	- 70% de la superficie soumit à l'érosion élevée et très élevée.

Conclusion

- Plus que la moitié du bassin versant de l'Aoudour (52%) est érodée notablement avec dominance des ravins profonds.

- Les facteurs primordiales régissant l'érosion hydrique au Rif sont particulièrement les terrains fortement pentés, les pluviométries intenses, la lithologie friable et les sols peu évolués et la couverture végétale dégradée.

- Les zones de degré d'érosion extrême (selon la PAP/CAR) coïncident avec des zones d'érosion élevée (selon l'USLE).

- La méthode PAP/CAR est bien adaptée aux conditions locales car elle tient compte même des petites parcelles et permet de gagner du temps et d'argent par la souplesse de ses directives.

References:

Badaoui O. (2011). Etude de l'érosion hydrique au bassin versant de Sra par la méthode de PAP/CAR, université Sidi Mohammed Ben Abdallah, Fès, 104 p.

Cohen, J., 1960. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement* 20, pp. 37-46.

El Garouani, A. (2007). Cartographie de l'utilisation du sol et de l'érosion nette à partir d'images satellitaires et du SIG Idrisi au nord-est du Maroc. Fès: Faculté des Sciences et Techniques, Fès.

Mastas H. (2008). Estimation de l'érosion potentielle par la méthode PAP/CAR et Quantification de l'érosion hydrique par l'équation universelle de pertes en sol (USLE) intégrée dans un SIG dans le bassin versant du barrage Sahla, Rif central, Maroc

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 la partie aval du bassin versant de l'Oued Amzaz. Université Sidi Mohammed Ben Abdallah, Fès, 115 p.

PAA., (1994) - Plan d'Aménagement Anti-érosif du Bassin versant de L'Ouergha en amont du barrage Al Wahda (1994).

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.

Sadiki A. (2005). Estimation des taux d'érosion et de l'état de dégradation des sols dans le bassin versant de Boussouab, Maroc nord oriental : Application du modèle empirique (USLE), de la technique du radio-isotope ^{137}Cs et de la susceptibilité magnétique. Oujda: Faculté des Sciences.