

ORIGINAL ARTICLE



CARTOGRAPHIE DE L'ÉROSION QUALITATIVE DES SOLS DU BASSIN VERSANT DE BEHT (MAROC)

CARTOGRAPHY OF THE QUALITATIVE EROSION OF THE SOILS OF THE BEHT WATERSHED (MOROCCO)

| Ferdaouss Lakhili¹ | Mohammed Benabdelhadi¹ | Abdel-Ali Chaouni¹ | Nouzha Bouderkha¹ | and | Abderrahim Lahrach¹ |

¹. Laboratoire de Géo-ressources et Environnement | Faculté des Sciences et Techniques | Université Sidi Mohammed Benabdallah | Fès | Maroc |

[Received | 14 April 2017]

[Accepted | 28 April 2017]

[Published 02 May 2017]

RESUME

Introduction : Le bassin versant de Beht se situe au sud-ouest du bassin du Sebou (nord ouest du Maroc) et s'étale sur une superficie d'environ 4400 km². **Objectifs :** Le présent travail a pour objectif d'évaluer d'une façon qualitative le degré d'érosion au niveau de ce bassin. **Méthodes :** Pour mener à bien ce travail nous allons utiliser la méthode PAP/CAR (Programme d'actions prioritaires centre d'activités régionales split, 1998) qui va nous permettre d'une part, d'avoir une idée sur le degré d'érosion qualitative dans la totalité du bassin de Beht et d'autre part, d'identifier les zones prioritaires à l'érosion dans ce bassin. **Résultats :** Nous avons commencé par une approche prédictive qui se base sur l'analyse des facteurs naturels (pente, couvert végétal et lithologie) et le traitement des bases de données ce qui a permis de réaliser la carte des états érosifs. Cette dernière montre que les classes les plus représentatives sont celles de l'érosion de type très faible à moyen avec près de 93%, alors que les classes d'érosion élevées ne dépassent pas les 7%. Pour l'approche descriptive, nous avons identifié et cartographié les différentes formes d'érosion (en nappe, en rigole et des ravinements) qui sont le plus souvent associées. Ces formes occupent dans l'ensemble une superficie d'environ 76% de la totalité du bassin versant, tandis que les terrains stables qu'on trouve dans la partie sud ouest et aval présentent environ 24% de superficie et coïncident avec des terrains à degré d'érosion très faible. La combinaison des deux approches précédentes par le biais de l'approche d'intégration nous a permis l'élaboration de la carte consolidée qui reflète la réalité de l'état de dégradation du sol et l'évolution future de l'érosion. Cette carte montre que les formes d'érosion combinées occupent la majorité du bassin mais se concentrent essentiellement dans la partie nord et coïncident avec les zones qui subissent un degré d'érosion de faible à élevé.

Conclusions : L'examen de cette carte permet de mettre en évidence des zones prioritaires à l'action de lutte contre l'érosion qui se trouvent essentiellement dans la partie médiane, sur les lits d'oued El Kell et oued Dkor à proximité de la ville de El khmiset. On les retrouve également sur Oued Ifrane.

Mots clés : Oued Beht, PAP/CAR, érosion hydrique, cartographie, SIG.

ABSTRACT

Background : The pond slope of the Beht is located at the South West of Sebou basin (North West of Morocco) and covers an area of approximately 4400 km². **Objectives :** The objectives of this paper is to qualitatively evaluate the degree of erosion in the pond. **Methods :** in order to carry out this study, the PAP/RAC approach (Priority Action Program / Regional Activity Center) (Split, 1998) has been, which will allow us, first, to assess the qualitative erosion level within the whole Beht pond and, secondly, to identify the zones highest erosion priority in the pond. **Results :** We started with a predictive approach based on the analysis of natural factors (slope, vegetal cover and lithology) and the processing of databases, which lead to erosion mapping. The latter revealed that the most representative classes are those of very low to medium erosion with approximately 93%, while the high erosion class does not go over 7%. For the descriptive approach, we identified and mapped the different types of erosion (in groundwater, in gutters and in gullies) that are most often associated. These types cover in total an area of approximately 76% of the total pond slope, meanwhile the stable terrain found in the South West and downstream part show approximately 24% of surface and coincide with terrains of very weak erosion degree. The combination of the two aforementioned approaches through the integration approach allowed us to develop the consolidated map, which reflects the real status of soil degradation and the future evolution of erosion. **Conclusions :** The study of this map allowed the identification of the priority zones in the fight against erosion, which is essentially found in the median part, on the bank of the Oued El Kell and Oued Dkor around the city of El Khmiset. We also found them on Oued Ifrane.

Key words: Beht pond, PAP/CAR, water erosion, mapping, GIS.

1. INTRODUCTION

L'érosion hydrique est une problématique particulièrement importante dans notre bassin versant de Beht, caractérisé par un climat méditerranéen semi aride ce qui favorise des pertes considérables en sol. Dans la partie amont du bassin, les phénomènes d'érosion hydrique sont accentués par les fortes pentes et la couverture végétale réduite du sol. Le barrage El kansera alimenté par ces zones subit donc un engorgement lié à l'apport important des produits de cette érosion ce qui

limite sa capacité et sa durée d'exploitation. Cela impose une analyse et une évaluation intégrées des phénomènes d'érosion. La cartographie d'érosion dans les zones affectées fournit une base à la conception et à la mise en œuvre des programmes de lutte antiérosive et de gestion des sols. Pour mener à bien ce travail nous allons utiliser la méthode PAP/CAR [1] qui va nous permettre d'une part, d'avoir une idée sur le degré d'érosion qualitative dans la totalité du bassin de Beht et d'autre part, d'identifier les zones prioritaires à l'érosion dans ce bassin.

2. METHODOLOGIE

L'approche PAP/CAR [1] est une méthode d'étude qualitative de l'érosion hydrique qui permet de hiérarchiser la surface du bassin versant en unités distinctes selon la vulnérabilité à l'érosion et de déterminer les zones les plus fragiles et donc potentiellement pourvoyeuses de sédiments. Cette méthode comporte trois approches : une prédictive, une descriptive et une d'intégration.

L'approche prédictive contrôle l'érosion à partir de la cartographie thématique des facteurs (pente, lithologie, occupation des sols et degré de couvert végétal). Elle se termine par la déduction de la carte d'état érosif qui renseigne sur le degré d'érosion.

L'approche descriptive donne une image réelle sur les différentes formes d'érosion situées sur la zone d'étude ainsi que leurs degrés d'exposition à la dégradation.

L'approche d'intégration est la superposition des cartes des états érosifs obtenues par la cartographie thématique et de la carte des formes d'érosion obtenue par la cartographie descriptive directe des formes d'érosion sur le terrain ou par les images satellites.

2.1. Cadre général de la zone d'étude

Le bassin versant de l'Oued Beht se situe en amont du barrage « El Kansera » et s'étend sur une superficie de 4432 km² délimitée sur un fond topographique à l'échelle 1/50.000. La zone d'étude a une forme allongée de direction NW-SE, elle est encadrée par un quadrilatère projeté en zone nord Maroc I, défini par les coordonnées Lambert suivantes :

$$X1 = 430\ 347.24 \quad Y1 = 281\ 864.43 ; X2 = 529\ 704.23 \quad Y2 = 386\ 110.82$$

Cette zone est limitée au nord par les villes de Sidi Kacem et Sidi Slimane, au nord est par la ville de Mèknes, à l'est par El Hajeb, Ifrane et Jbel Hebri, au sud par la ville de Mrirt et Oued Oum Rabia, et à l'ouest par les deux centres urbains d'Oulmes et Khemisset. Le bassin hydrographique de l'Oued Beht est un sous bassin de celui de l'Oued Sebou. Les artères hydrographiques de ce cours d'eau prennent naissance dans le Maroc central septentrional et le Moyen-Atlas occidental. Il rejoint l'Oued Sebou inférieur après avoir traversé d'abord le sillon sud rifain central, où il reçoit les apports d'un certain nombre d'affluents importants, puis le Pré-rif et la partie méridionale de la plaine d'El Gharb qui fait partie du Sillon sud rifain occidental (Fig.1).

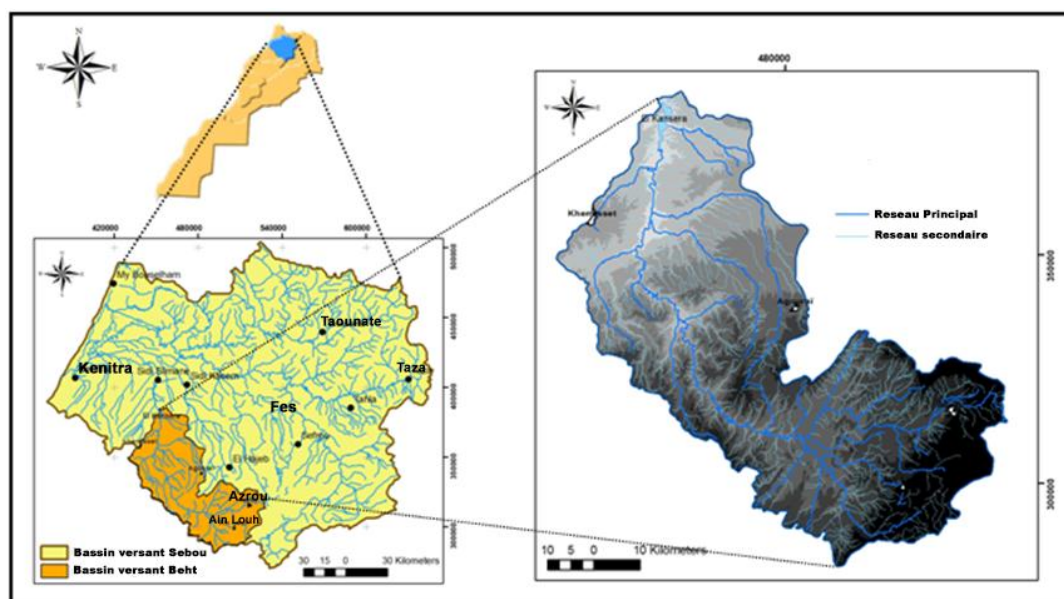


Figure 1 : La figure montre la localisation du bassin versant de l'oued Beht.

D'un point de vue géologique, le secteur d'étude est formé de terrains allant du Paléozoïque jusqu'au Quaternaire. Les formations géologiques du socle paléozoïque et de la couverture s'annoient, au niveau du Sillon sud rifain, sous des formations d'âge Miocène supérieur. Les terrains miocènes sont surmontés en discordance par les dépôts des terrasses fluviales de l'Oued Beht qui sont étagées à emboîtées [2]. Le bassin versant du Beht s'est installé sur trois domaines géologiques et structuraux ; Le Maroc Central hercynien [3] [4] [5], la Causse moyen atlasique et le Sillon sud-rifain. Il est entièrement établi sur les formations imperméables du Primaire et du Permo-Trias du Massif Central. Les basaltes quaternaires sur lesquels coule l'Oued Beht naissant sont de trop faible importance pour être pris en considération [6]. Dans le vaste ensemble paléozoïque, d'âge ordovicien, silurien et carbonifère, les schistes forment l'essentiel des formations et présentent parfois des intercalations de quartzites et de calcaires. Plus au nord, mais en amont d'El Kansera, apparaissent les argiles rouges salifères du Permo-trias auxquels sont associés quelques basaltes d'extension limitée [6].

Ce bassin est caractérisé par un climat de type méditerranéen avec deux saisons : une saison humide et froide et une autre sèche et chaude. Les précipitations moyennes annuelles sont irrégulières avec une moyenne annuelle de 700mm sur l'ensemble du bassin. Les pluies sont mal réparties pendant l'année et très irrégulières d'une année à l'autre et d'un mois à l'autre. Ces pluies se font souvent sous forme orageuse et s'expriment par des crues parfois violentes.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Approche prédictive

3.1.2 Elaboration de la carte d'érodibilité: On a réalisé la carte des pentes puis celle des lithofaciès. La superposition de ces dernières va constituer la carte d'érodibilité qui est une synthèse des entités de chaque carte. La combinaison nécessite la réalisation d'un algorithme qui permet d'associer les valeurs des deux cartes.

3.1.3 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 de résolution 78 m de côté de pixel et pour classer les pentes (nulle à faible ; modérée ; abrupte ; très abrupte et extrême).

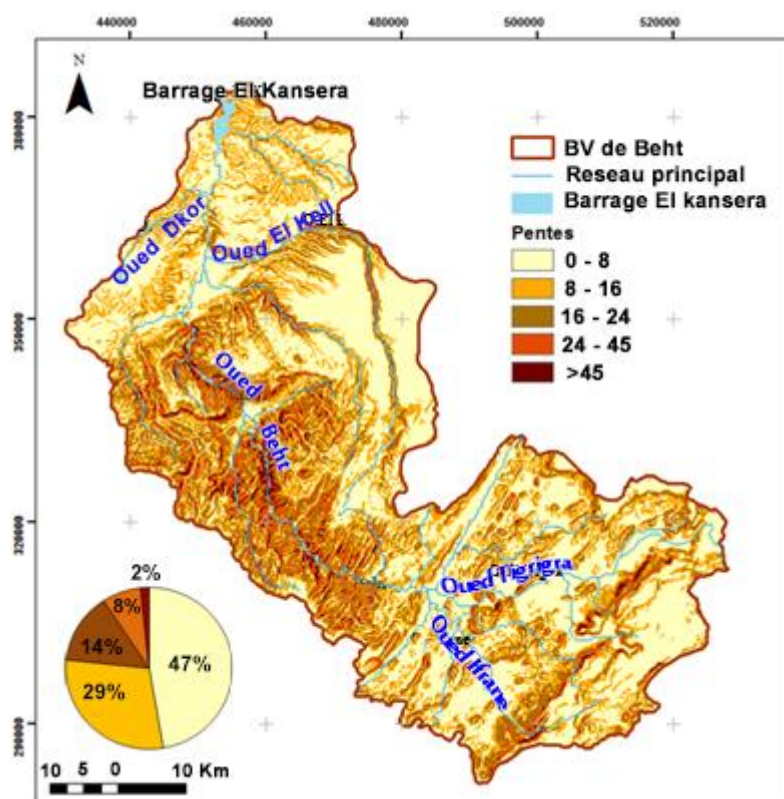


Figure 2 : Carte des classes de pentes. La figure montre que les classes de pentes de moins de 16% occupent un espace de 76%, ce qui témoigne du caractère assez « plat » du bassin surtout dans la partie avale au nord d'Ouljet Soltane. Les pentes qui dépassent 45% sont très faiblement représentées. Elles sont concentrées dans la partie médiane du bassin versant.

A partir de l'analyse de la base de données de la carte des pentes, on a calculé les superficies relatives à chaque portion. Les pentes au niveau de notre bassin versant dans leur totalité, ne sont pas très importantes du fait de la dominance de la classe 0 à 8% qui, à elle seule, occupe 47% de la superficie totale.

3.1.3 Réalisation de la carte de friabilité : L'analyse du type de roches mères qui affleurent nous mène à dégager les classes de résistance de ces formations aux processus érosifs (nature, résistance, association...) (fig. 3). Cinq classes ont été retenues pour pouvoir localiser spatialement les zones résistantes, moyennement résistantes et les zones tendres (fig.4).

Tableau 1 : Le tableau présente la classification des litho-faciès selon le type du matériel

Classes de lithofaciès	Type de matériel
Extrême	Roches compactes non altérées, conglomérats fortement cimentés, croûtes, affleurements de grès ferrugineux (calcaires massifs, sol fortement rocheux, roches ignées ou éruptives, sols localement encroûtés).
Fort	Roches ou sols cohésifs fracturés ou modérément altérés
Moyen	Roches ou sols sédimentaires faiblement ou modérément compactés (ardoise, schiste, marne, etc.).
Faible	Roches et/ou sols peu résistants ou fortement/profondément altérés (marne, gypse, ardoise argileuse, etc.).
Très faible	Sédiments ou sols meubles, non cohésifs et matériel détritique.

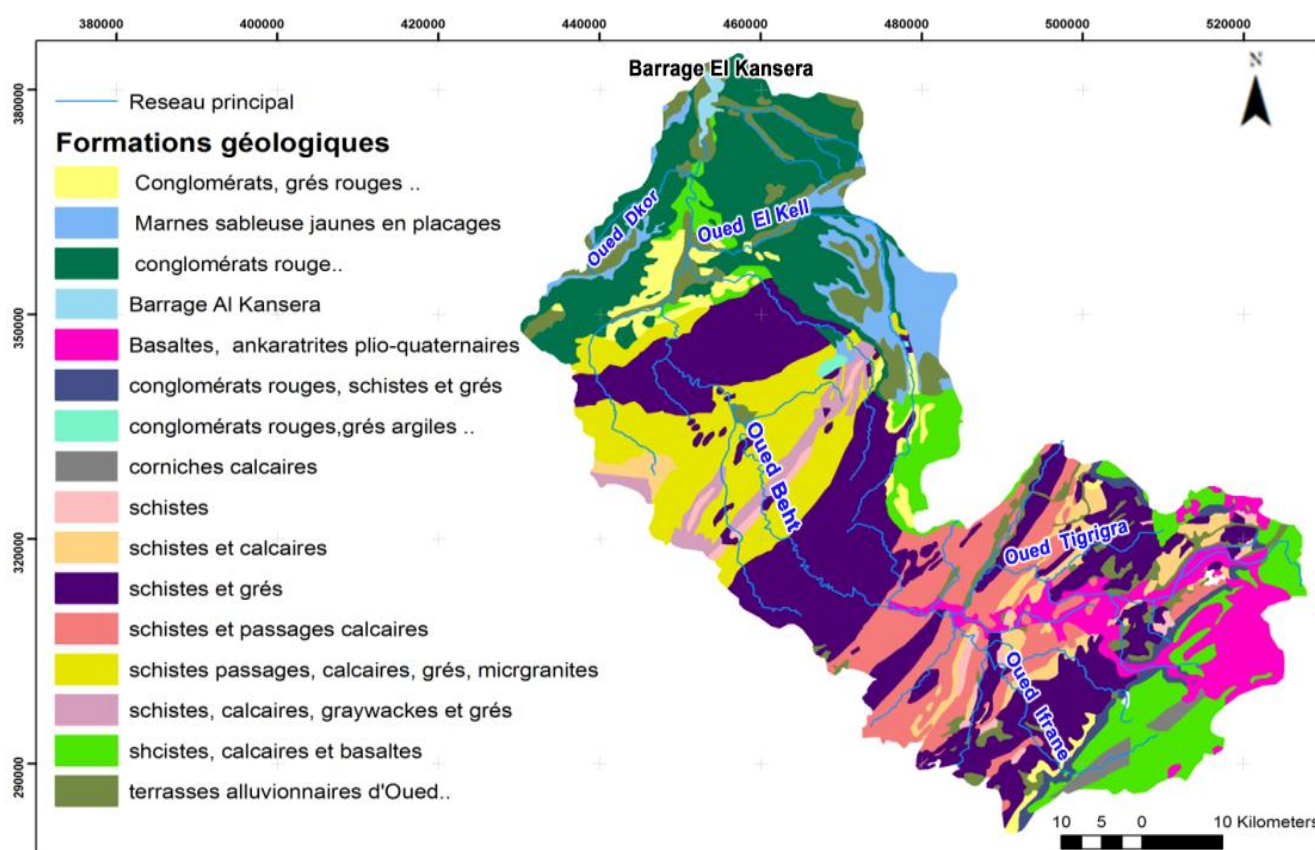


Figure 3 : La figure présente la carte des lithofaciès du bassin versant de l'Oued Beht, elle montre une dominance des formations schisteuses (Carte géologique du Maroc (1/1M), maquette achevée en 1977, révisée en 1982).

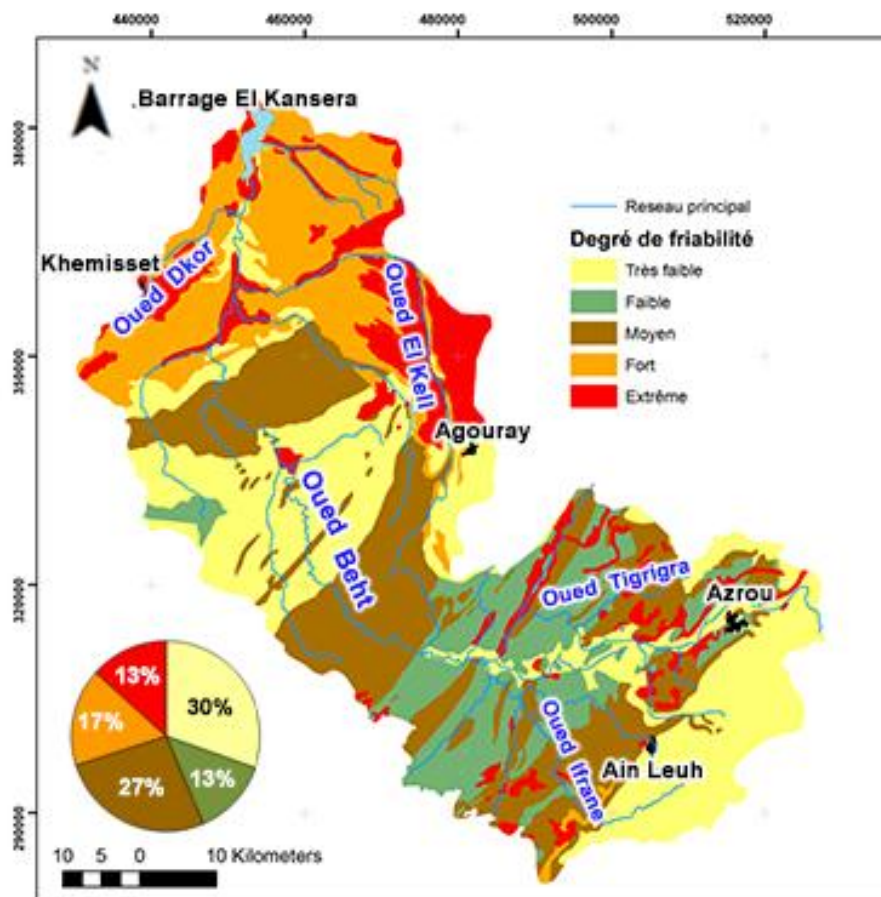


Figure 4 : La figure présente la carte des classes de friabilité réalisée à partir du le tableau 1 et de la carte des lithofaciés. Les classes très faible et faible présentent dans l'ensemble 43% de la superficie totale et se situent dans la partie médiane et sud-est. Le degré de friabilité fort à extrême présente 30% et se concentre dans le nord du bassin versant.

3.1.4 Carte d'érodibilité : L'érodibilité est toujours extrême lorsque la pente est forte et/ou le terrain est de faible résistance (fig.5). Dans notre région l'érodibilité est forte dans la partie aval du bassin versant près du barrage El kansera malgré que le degré de pente est plus au moins faible. Cela peut être expliqué par le degré de friabilité qui est fort à extrême. Au contraire, dans la partie aval-est en excluant les bords de l'oued El Kell l'érodibilité est faible à modérée malgré que le sol soit fortement friable. La partie intermédiaire présente un degré d'érodibilité moyen à fort qui est dû à une combinaison entre une pente forte et des sols cohésifs fracturés ou modérément altérés. Dans la partie aval ouest, le caractère fort à extrême de l'érosion est dû à une forte pente et une classe de lithofaciés érodable. Dans la partie amont, le degré d'érodibilité est généralement faible à modéré, lié à une faible pente et un faciès de résistance moyenne. La situation est moins inquiétante au niveau des périmètres urbains de Khemisset, Agouray, Ain Louh et Azrou situés au niveau de Beht, car les classes d'érodibilité qui dominent sont faibles ou modérées. Les faciès montrent une résistance moyenne mais des pentes modérées. Cette répartition peut être expliquée par la présence d'une pente modérée qui a atténué le degré d'érodibilité.

3.1.5 Elaboration de 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 proportions 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 quand à elle, tient compte de la densité du couvert végétal. Elle a pour objectif de corriger la carte d'occupation des sols.

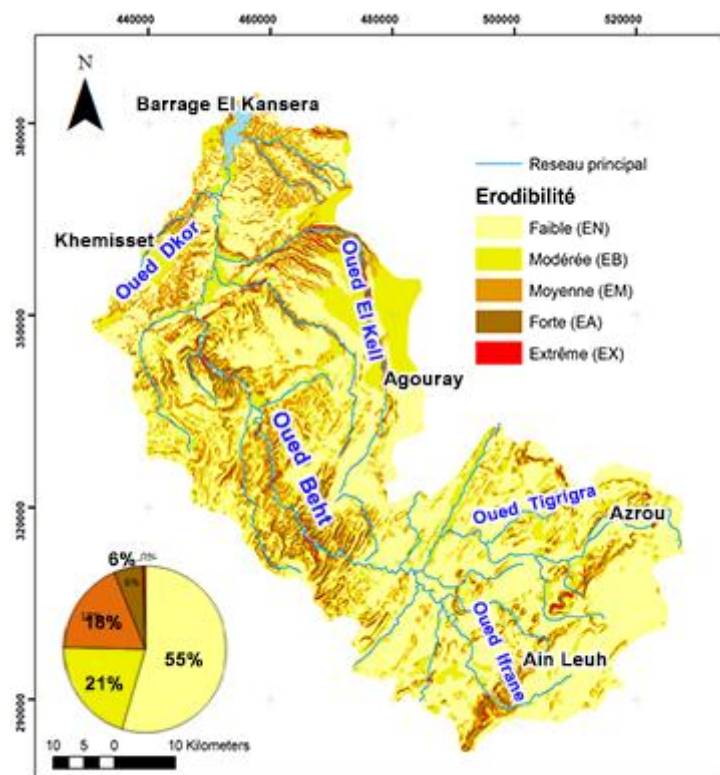


Figure 5 : La figure présente la répartition des classes d'érodibilité. Ce sont les classes faibles à moyennes qui occupent la majorité du bassin. Elles sont fortes à extrêmes dans quelques endroits au niveau de la partie médiane et en aval à proximité du barrage El Kansera.

3.1.6 Réalisation de la carte d'occupation des sols : Le calage et la digitalisation des polygones selon le type de couvert végétal a mis en évidence la répartition des différents types d'occupation des sols.

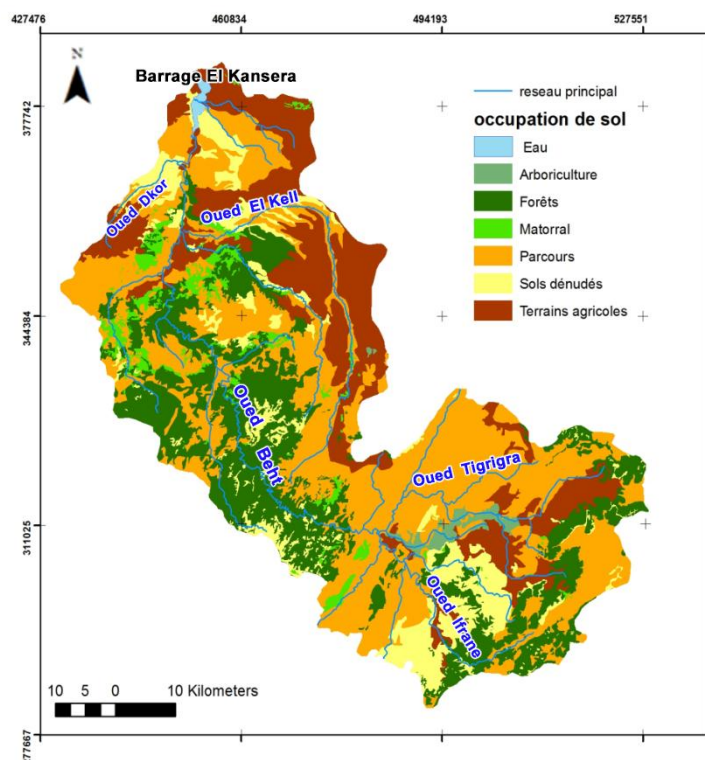


Figure 6 : La figure présente la carte d'occupation de sol qui montre une dominance des classes des parcours et des sols dénudés (52%). Suivi par des forêts naturelles (25%). Les terrains agricoles sont étalés sur une surface de 19.5% de la superficie totale.

L'examen de cette carte montre que la partie amont comporte presque tous les types d'occupation mais avec une dominance de l'occupation du type parcours. La partie médiane est dominée par la présence des forêts et des terrains de parcours. Toute la zone nord-est du bassin est couverte essentiellement par des terrains agricoles. La partie aval est occupée par des sols dénudés, des terrains agricoles et de parcours (fig.6). A partir de cette répartition, on peut dire que la partie médiane située à l'ouest est la mieux protégée contre l'érosion. Pour vérifier cette conclusion nous allons superposer la dernière carte avec la carte de la densité de couverture (fig.7) et étudier cette nouvelle carte.

3.1.7 Réalisation de la carte de densité de recouvrement:

La carte de la densité de recouvrement (fig.7) a été réalisée par numérisation avec le logiciel Arcgis 9.3. Le résultat est une cartographie du bassin versant de l'Oued Beht en polygones selon la densité de recouvrement. Cette carte va améliorer la carte d'occupation des sols en tenant compte du facteur densité 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 contre les agents d'érosion. L'examen de cette carte montre que 73% de la surface de notre bassin est couverte par des terrains à faible et à très faible densité qui correspondent aux terrains agricoles, de parcours et aux sols dénudés. Ceci témoigne d'une très faible protection des terrains contre l'érosion. Les sols ayant une forte densité de couvert végétal ne dépassent pas 9% de la superficie du bassin versant. La densité de recouvrement la plus forte se situe à l'ouest de la partie centrale et en amont du bassin versant. Les sols situés au nord sont faiblement recouverts.

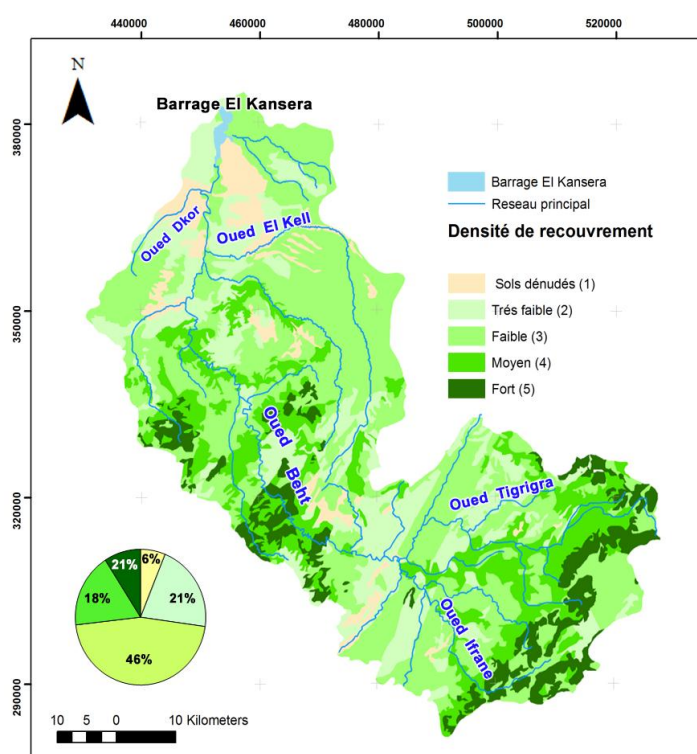


Figure 7 : La figure présente la carte de densité de couvert végétal qui montre que la majorité des terrains du bassin présente une densité de recouvrement très faible à faible. Les zones de forte densité se localisent dans la partie amont et à l'ouest du bassin (9%).

3.1.8 Carte de protection des sols:

L'objet de cette carte (fig.8) est de hiérarchiser le bassin de l'Oued Beht en polygones selon le degré de protection. Cette étape s'avère nécessaire dans la mesure où elle permet de détecter les zones à faible ou à forte protection et par conséquent les zones qui nécessitent des interventions urgentes et rapide par des moyens appropriés pour fixer et stabiliser le sol [7].

La répartition des classes de protection du sol (fig. 8) montre que les zones de très faible protection (8%) se trouvent surtout dans la partie aval du bassin à proximité du barrage El kansera. Cela est dû au faible recouvrement de cette zone. Les zones de protection très élevée sont rencontrées sur la partie médiane et aval du bassin. Elles occupent une superficie d'environ 16%. La présence des forêts sur ces terrains rendent le milieu plus protégé. La classe moyenne (M) est dominante (36%) mais dispersée dans tout le bassin.

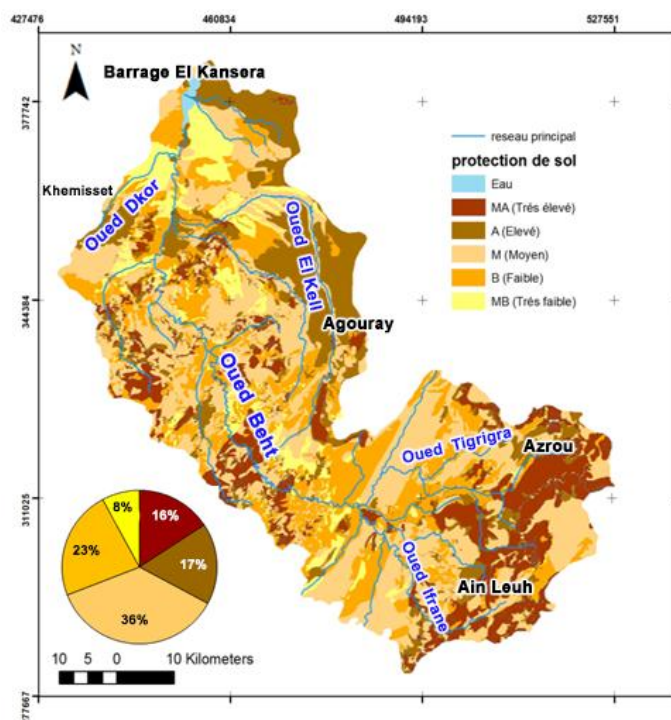


Figure 8 : La figure présente la carte de protection de sol ; cette carte montre que les zones de protection très élevée sont rencontrées sur la partie médiane et avale du bassin (16%). La classe moyenne (M) est dominante (36%) et se trouve présente dans tout le bassin.

3.1.9 Carte des états érosifs

C'est est une carte de synthèse obtenue par superposition des produits cartographiques précédents (fig. 9). La répartition de ces superficies sur cette carte montre que les zones les plus érodées se situent essentiellement dans la partie avale et dans quelques endroits au niveau de la partie médiane du bassin.

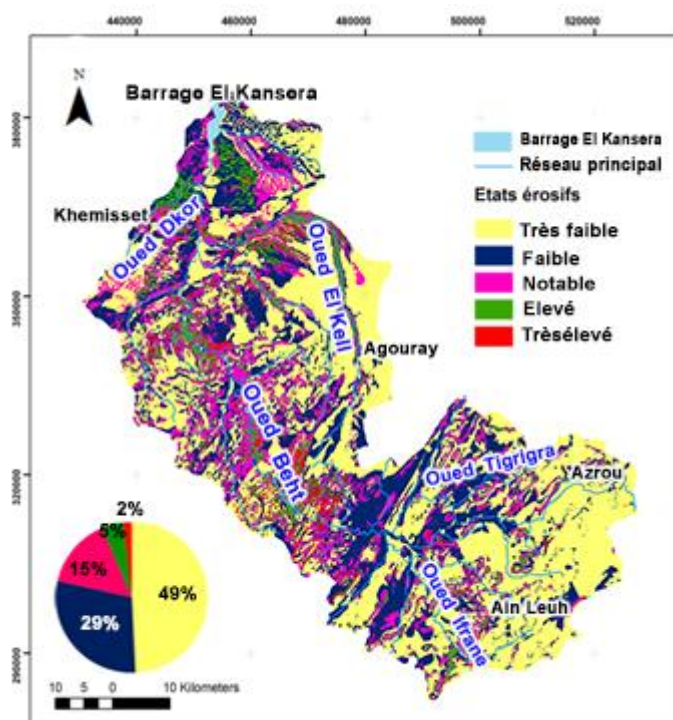


Figure 9 : La figure présente la carte des états érosifs qui montre que les zones les plus érodées se situent dans la partie avale et dans quelques endroits au niveau de la partie médiane du bassin. Dans la partie amont et au nord ouest, on remarque une dominance des classes très faible à faibles degrés d'érosion.

Cette répartition coïncide avec une protection faible du sol et un faible recouvrement végétal au niveau de ces terrains. Dans la partie amont, on remarque une dominance de la répartition des classes de faibles degrés d'érosion. Ceci peut s'expliquer par la forte densité de couverture végétale d'une part et la faible friabilité des affleurements d'autre part. Cette carte montre une dominance de l'érosion faible et notable qui sont présentes dans toute la zone d'étude. La présence de la couverture végétale dense diminue le risque d'érosion dans les zones de forte pente. D'autre part, dans certaines zones malgré la faible couverture végétale on remarque que le degré d'érosion est faible à très faible du fait de la présence de faibles pentes. Dans les parties médianes et aval du bassin, les bords des oueds présentent un degré d'érosion élevé et notable à cause de l'affleurement de formations sédimentaires relativement meubles ce qui facilite leur érosion.

3.2. Approche descriptive

3.2.1. Description des formes d'érosion

Les processus d'érosion qui marquent le secteur d'étude sont très diversifiés et fortement liés aux types de sols, à leur topographie et à l'étage bioclimatique auquel ils appartiennent. Les écoulements d'eaux pluviales génèrent deux formes d'érosion : la première est liée au ruissellement et à l'écoulement selon un mode concentré, l'autre est liée à l'infiltration diffuse de l'eau dans le sol. La dynamique des versants dépend donc de ces deux modes de cheminement de l'eau. Les deux types de mécanisme peuvent jouer successivement ou conjointement dans le temps sur une même surface. A l'issue de cette analyse, inspirée des directives pour la cartographie et la mesure des processus d'érosion hydrique dans les zones côtières méditerranéennes, nous notons que les principales formes d'érosion dans le BV d'Oued Beth sont l'érosion en nappe, linéaire et par flux.

3.2.2 Erosion en nappe (Sheet érosion)

L'érosion en nappe a un effet érosif maximal au sommet des versants ou en aval d'un obstacle. Au bas des versants, il s'agit plutôt d'une accumulation. Le martèlement des pluies (Splash) détache les particules et les maintient en suspension par turbulence [8]. Ce phénomène se distingue nettement sur les terrains agricoles situés sur des pentes dépassant 10%. Ce type d'érosion est présent dans la totalité du bassin versant à l'exception des zones où les reliefs sont plats. Son ampleur varie d'une zone à l'autre avec une légère concentration dans les zones centrales avec une dominance supérieure à 30%.

3.2.3 Erosion linéaire (Rigole ou micro-channel ou Rill érosion)

Ce phénomène engendre la création de crevasses et une désagrégation du sol ce qui constitue une forme aggravée de l'érosion superficielle. Une rigole ou un micro-filet est une dépression suffisamment petite pour pouvoir être supprimée par des pratiques culturales ordinaires. Les deux types sont le plus souvent combinés et associés ; ils occupent par conséquent une large superficie. Les terrains agricoles sur reliefs plats sont des terrains stables et sont très faiblement soumis à l'érosion. La friabilité des sols est un élément déterminant dans la génération de l'érosion en rigole. En effet, une friabilité forte avec un taux élevé d'agressivité pluviale aboutit à la formation des micro-channels qui sont localisés le plus souvent dans les sols dénudés et de parcours. Toutefois ce type d'érosion peut être présent par endroit dans l'ensemble du bassin.

3.2.4 Erosion par ravinement (Gully érosion)

La rigole se transforme en ravine lorsque sa profondeur interdit son nivellement par de simples instruments aratoires. C'est donc un stade avancé de l'érosion et les ravines peuvent atteindre des dimensions considérables. Ce type d'érosion est très localisé au niveau des zones accidentées et de faible couverture végétale. La partie médiane de l'Oued Beht relève ce type de manifestations avec de fortes concentrations de ravines. La partie amont n'est pas trop touchée malgré la présence de reliefs accidentés grâce à la protection apportée par une couverture forestière développée.

3.2.3 Carte des formes d'érosion

L'établissement de la carte des formes d'érosion de notre bassin a montré la répartition des différentes formes : en nappe, en rigole, des ravinements. Le plus souvent on trouve des associations de différents types d'érosion (fig.10) sur une même zone. Les zones considérées comme stables à l'érosion couvrent environ 24% du territoire et sont localisées dans le nord, nord-est (plateau de Meknès et Agourai) et le sud-est (région d'Azrou Ain Louh) du bassin. Ces milieux regroupent des terrains agricoles (sur pentes inférieures à 16%), des constructions, des plans d'eau, des zones forestières. Les niveaux de risque d'érosion varient selon les pratiques culturales et la typologie de la couverture végétale au niveau des terrains agricoles, selon la densité et le relief pour les terrains forestiers. Les milieux qui présentent une érosion active occupent une importante superficie (76,4%) et sont répartis sur l'ensemble du bassin versant.

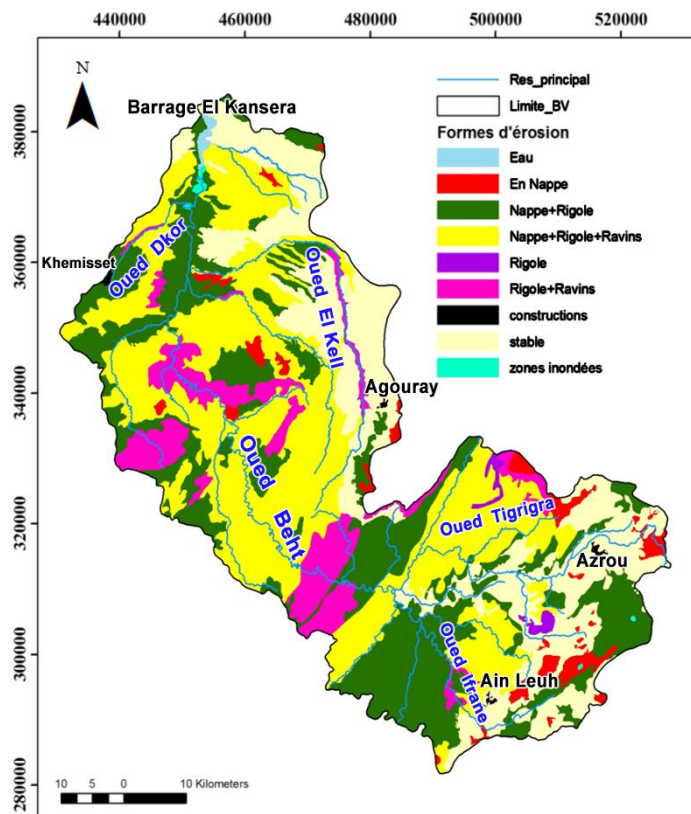


Figure 10 : La figure présente la carte des formes d'érosion ; qui montre la dominance de la classe qui combine les l'érosion en nappes, rigoles et ravins. Les zones stables couvrent environ 24% du territoire et sont localisées dans le nord, le nord-est (plateau de Meknès et Agouray) et le sud-est (région d'Azrou Ain Louh) du bassin.

On constate la présence de formes simples et de formes combinées. Il est rare de trouver une forme simple qui s'individualise de manière distincte. Les formes combinées sont largement dominantes : l'érosion en nappe, en rigole ou par ravinement. Les combinaisons sont visibles au niveau des terrains accidentés avec un taux de friabilité assez élevé tout en étant dépourvus de toute végétation dense et continue le long de l'année.

Les zones de stockage de l'eau (périodiquement ou continuellement) occupent moins de 0,5% de la superficie totale. Elles sont représentées par la zone de retenue du barrage, les dayas et les dépressions inondées lors des crues et des fortes précipitations.

3.3. Approche d'intégration : Cette approche consiste à réaliser la carte consolidée de l'érosion qui 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 a été réalisée par la superposition des cartes des états érosifs obtenues par la cartographie thématique et de la carte des formes d'érosion obtenue par cartographie directe des formes d'érosion sur le terrain et par les images satellites.

Cette carte (fig.11) montre que les formes en nappe, rigoles et ravins combinées occupent la majorité du bassin mais se concentrent essentiellement dans la partie nord et coïncident avec les zones qui subissent un degré d'érosion de faible à élevé. Les formes individuelles (en nappe et en rigole) se trouvent par endroit dans la zone d'étude. Ces formes occupent une superficie d'environ 76% de la totalité du bassin versant, tandis que les terrains stables qu'on trouve dans la partie sud ouest et avale représentent environ 24% de superficie. Ils coïncident avec des terrains à degré d'érosion très faible. L'examen de cette carte permet de mettre en évidence des zones prioritaires pour l'action de lutte contre l'érosion qui se trouvent essentiellement dans la partie médiane, sur les lits d'oued El Kell et oued Dkor à proximité de la ville de El khmisset. On les retrouve également sur Oued Ifrane. Ces zones sont caractérisées par des formes d'érosion de type rigoles associées aux ravins.

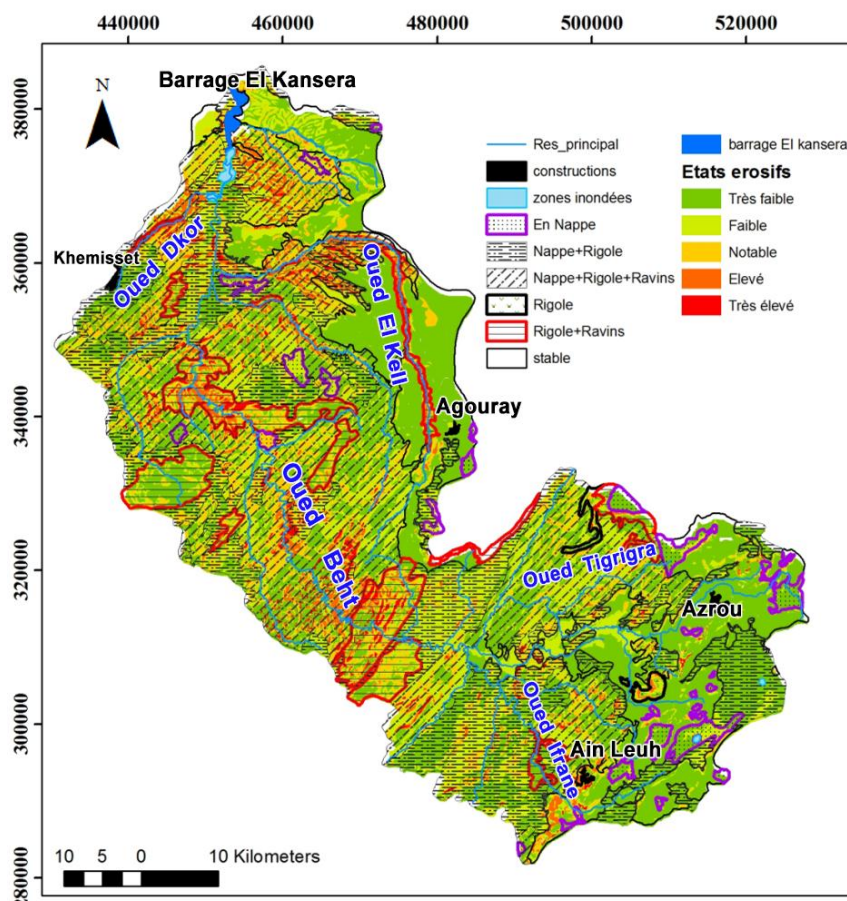


Figure 11 : La figure présente la carte consolidée PAP/CAR qui met en évidence des zones prioritaires pour l'action de lutte contre l'érosion caractérisées par des formes d'érosion de type rigoles associées aux ravins. Il s'agit essentiellement de la partie médiane, sur les lits d'Oued El Kell, Oued Dkor (à proximité de la ville de El khemisset) et Oued Ifrane.

4. CONCLUSION

Le bassin de l'Oued Beht présente un climat de type méditerranéen avec deux saisons : une saison humide et froide et une autre sèche et chaude. Les précipitations moyennes annuelles sont irrégulières avec une moyenne annuelle de 700mm sur l'ensemble du bassin. Ces pluies se font souvent sous forme orageuse et s'expriment par des crues parfois violentes. Ce type de climat favorise le phénomène d'érosion dans notre zone d'étude : nous l'avons évalué à l'aide de la méthode PAP/CAR.

La cartographie et l'estimation de l'érosion hydrique au moyen de la méthode consolidée basée sur les facteurs naturels (pente, couvert végétal et lithologie) a permis d'analyser et de comprendre la problématique de la zone d'étude sur le plan du risque érosif. La carte de l'approche prédictive a fourni 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 montre que 30 % des terrains présentent une faible prédisposition à l'érosion hydrique, 15% à l'érosion notable, 50 % à l'érosion très faible, 7% à l'érosion élevée et extrême. La phase descriptive nous montre la présence de formes simples et de formes combinées d'érosion. Ces dernières sont largement dominantes et associent l'érosion en nappe, en rigole ou ravinement. Il est rare de trouver une forme simple qui s'individualise de manière distincte.

La superposition de la cartographie prédictive et descriptive montre que les formes d'érosion combinées sont les plus représentées et coïncident avec des zones où le degré d'érosion est de faible à élevé. Elles se situent généralement dans la partie médiane du bassin. Les formes rigoles et ravins se trouvent sur des terrains où le degré d'érosion est élevé à très élevé. Les zones stables correspondent à des sols dont le degré d'érosion est faible grâce à la forte densité du couvert végétal et/ou à la pente faible.

L'examen de cette carte permet de mettre en évidence des zones prioritaires à l'action de lutte contre l'érosion. Elles se trouvent essentiellement dans la partie médiane, sur les lits d'oued El Kell et oued Dkor à proximité de la ville de El khmisset. On les retrouve également sur Oued Ifrane. Ces zones sont caractérisées par des formes d'érosion de type rigoles associées à des ravins.

5. REFERENCES

1. 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, Programme d'actions prioritaires pour le Centre d'activités régionales du (PAM/PNUE), en collaboration avec la FAO, pp xii+72*
2. Michard A. Eléments de géologie marocaine. *Notes et mémoires du service géologique*.1976; (252) :408.
3. Beaudet G., 1969: Le plateau central marocain et ses bordures, étude géomorphologique. Thèse D. lettres, Univ Paris 478p.
4. Sabaoui, A. (1987). Structure et évolution alpine du Moyen-Atlas septentrional sur la transversale Tleta des Zerarda-Meghraoua (SW de Taza, Maroc). *U. P. Thèse de 3ème cycle, Éd. Toulouse III.*
5. Fedan, B. (1988). - Evolution géodynamique d'un bassin intraplaque sur décrochements : Le Moyen Atlas durant le méso-cénozoïque. (Th. d. Es-Sciences, Éd.) Rabat, Université Mohamed V.
6. Marghich A., (1989) : Contribution à l'étude sédimentologique, minéralogique et géochimique des alluvions actuelles de l'Oued Beht (Maroc central). *Thèse de 3ème cycle, Ecole Normale Supérieure, Fès. 256 p.*
7. DIRECTION DE L'AMENAGEMENT DU TERRITOIRE (2002): Etude sur la stratégie d'aménagement et de développement du Moyen Atlas : diagnostic territorial, LAUSANNE et RABAT, Décembre 2002. 277 pg.
8. Touibia, B. (2000). Érosion-transport solide-envasement de barrage. Cas du bassin versant de l'oued Mina dans la wilaya de Relizane. *Thèse de doctorat d'état, École nationale des sciences agronomique (Ex INA), Alger*.

Cite this article: Ferdaouss Lakhili, Mohammed Benabdelhadi, Abdel-Ali Chaouni, Nouzha Bouderkha and Abderrahim, Lahrach. **CARTOGRAPHIE DE L'ÉROSION QUALITATIVE DES SOLS DU BASSIN VERSANT DE BEHT (MAROC).** *Am. J. innov. res. appl. sci.*. 2017; 4(5): 174-185.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>