



Licence Sciences et Techniques : Géoressources et Environnement

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

**Evaluation qualitative de l'érosion hydrique dans le sous bassin d'Aïn Nokra
par application du modèle PAP/CAR**

Présenté par:

Hassnae Faiz

Oumayma Inaya

Encadré par:

Pr. Naoual Raïs, FST-Fès

Ing. Hafid EL Moustakim, HCEFLCD-Fès

Soutenu Le 08 Juin 2017, devant le jury composé de:

Pr. Naoual Raïs

Pr. Abdelkader El Garouani

Pr. Raouf Jabrane

FST - Fès

FST -Fès

FST – Fès

Royaume du Maroc



Haut Commissariat aux Eaux et Forêts
et à la Lutte Contre la Désertification

Stage effectué à : HCEFLCD, Fès

Remerciement

Avant d'entamer notre rapport, nous tenons à exprimer notre gratitude et tous nos remerciements à toutes les personnes ayant apporté leurs aides et collaborations pour le succès de notre projet de fin d'étude et qui nous ont aidé lors de la rédaction de ce rapport.

Tout d'abord, nous adressons nos remerciements à notre maître de stage, **Mr Hafid EL Moustakim**, ingénieur à la DREFLCD-FB, qui n'a pas cessé de nous encourager pendant toute la durée du projet, et de nous permettre de tirer profit de son expertise et ses compétences ainsi pour sa générosité en matière de formation et d'encadrement, nous le remercions également pour ses précieux conseils et ses efforts permanents dans le but d'assurer le bon déroulement de notre stage.

Nous tenons à remercier vivement notre professeure **Mme NAOUAL RAIS** de la faculté des sciences et techniques de Fès pour son accueil, sa disponibilité et sa générosité en partageant avec nous le maximum d'informations. Nous la remercions également pour son aide et ses conseils concernant les tâches évoquées dans ce rapport, le suivi qu'elle nous a apporté ainsi que la confiance qu'elle nous a témoigné.

Nous remercions sincèrement les membres de jury : **Mr El GUAROUANI Abdelkader** et **Mr JABRANE Raouf** pour leur disponibilité ainsi que pour le temps qu'ils nous ont consacré pour suivre et valoriser notre travail.

Nous remercions également l'ensemble du personnels de la direction de la faculté des sciences et techniques de Fès et de la direction régionale de Fès-boulemane du haut-commissariat des eaux et forêts et la lutte contre la désertification pour les facilités et les simplicités qu'ils nous ont offert pour obtenir tous les papier et les documents nécessaires de la coordination et la préparation de ce projet de fin d'études.

Enfin, nous tenons à remercier nos chers parents, sœurs, frères et amis pour leur grand courage et soutien, qui nous a aidé beaucoup pour réussir ce travail.

Résumé

Ce travail est dédié à l'étude de l'érosion hydrique, qui est une problématique dont souffre la plupart des terrains marocains. Nous effectuons une étude basée sur l'approche prédictive du modèle PAP/CAR afin de déterminer l'état érosif du sous bassin d'Aïn Nokra.

Le sous bassin d'Aïn Nokra situé en amont du barrage Allal El Fassi localisé dans le domaine moyen atlasique est caractérisé par un climat sub-humide froid à très froid avec de fortes précipitations qui dépassent les 700mm/an. Sa topographie est caractérisée par une variation d'altitude allant de 2460m à 1467m, ce qui explique l'existence de différentes formes du relief (plaine de Guigou, Jbel Tadjia...). Ces caractéristiques physiques de ce sous bassin font qu'il peut être sujet à une érosion hydrique probable.

Le but de notre travail est d'apprécier l'ampleur de l'érosion hydrique dans le sous bassin d'Aïn Nokra, en se basant sur l'utilisation de l'outil SIG et la télédétection, pour l'élaboration des cartes thématiques de : précipitations, réseau hydrographique, pente, exposition, végétation, occupation du sol, géologie, pédologie, et lithologie. La superposition de ces cartes thématiques selon les directives de PAP/CAR a permis d'une part de constater l'importance du volume d'érosion hydrique dans le sous bassin, et d'autre part de distinguer quatre zones à différents degrés de priorité d'intervention dans le sous bassin d'Aïn Nokra.

Mots clés : Erosion hydrique, sous bassin d'Aïn Nokra, SIG, PAP/CAR.

Table des matières

Introduction générale	1
Outils de travail	3
Localisation du sous bassin d'Aïn Nokra	4
Caractérisation socio-économique du sous bassin d'Aïn Nokra	6
Caractérisation climatique du sous bassin d'Aïn Nokra.....	8
Caractérisation du milieu physique du sous bassin d'Aïn Nokra	10
1) Géologie.....	10
2) Lithologie	12
3) Pédologie	13
4) Réseau hydrographique.....	15
5) Altitude	16
6) Pente.....	16
7) Exposition	17
8) Couvert végétal.....	18
9) Occupation du sol.....	19
Estimation de l'état érosif du sous bassin d'Aïn Nokra par la méthode PAP/CAR	21
I. Présentation du PAP/CAR	21
1) Approche prédictive	21
2) Approche descriptive	21
3) Approche d'intégration	22
II. Application du PAP/CAR au sous bassin d'Aïn Nokra	22
1) Approche prédictive.....	22
a) Carte d'érodibilité	22
b) Carte de protection des sols	24
c) Carte des états érosifs.....	26
2) Approche descriptive	27
a) Erosion dans les interfluves	27
a-1. Erosion en nappe	27
a-2. Erosion en griffes.....	28
a-3. Erosion par ravinement	28
b) Erosion dans le réseau hydrographique (érosion linéaire).....	29
Autres problèmes de la région d'étude	30
➤ Risques d'inondations.....	30
Aménagements et recommandations	32
1) Zones d'actions prioritaires	32
2) Aménagements et recommandations.....	32
Conclusion.....	35
Références	36
Annexes	37

Liste des figures

Figure 1 : Carte de situation géographique du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)	4
Figure 2 : Carte de répartition des communes dans le sous bassin d'Aïn Nokra (carte Mekkès 250, 2017).....	5
Figure 3 : Graphique de répartition des communes dans le sous bassin d'Aïn Nokra	5
Figure 4 : Carte des précipitations du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)	8
Figure 5 : Climagramme d'Emberger	9
Figure 6 : Schéma explicatif d'utilisation de la télédétection.....	10
Figure 7 : Carte géologique du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)	10
Figure 8 : Graphique de répartition des strates géologiques dans le sous bassin d'Aïn Nokra	11
Figure 9 : Carte lithologique du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)	12
Figure 10 : Graphique de répartition lithologique dans le sous bassin d'Aïn Nokra	12
Figure 11 : Carte pédologique du sous bassin d'Aïn Nokra (2017).....	13
Figure 12 : Graphique de répartition pédologique dans le sous bassin d'Aïn Nokra	14
Figure 13 : Carte du réseau hydrographique du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)	15
Figure 14 : Carte des classes altitudinales dans le sous bassin d'Aïn Nokra (2017)	16
Figure 15 : Carte des classes des pentes dans le sous bassin Aïn Nokra (2017)	17
Figure 16 : Graphique de répartition des pentes dans le sous bassin d'Aïn Nokra	17
Figure 17 : Carte d'exposition du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)	18
Figure 18 : Carte de la végétation du sous bassin d'Aïn Nokra (2017).....	18
Figure 19 : graphique de répartition du recouvrement végétal dans le sous bassin d'Aïn Nokra	19
Figure 20 : Carte d'occupation du sol du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)	20
Figure 21 : Graphique de répartition d'occupation des sols dans le sous bassin d'Aïn Nokra	20
Figure 22 : Schéma de l'approche prédictive	22
Figure 23: Carte d'érodibilité du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)	23
Figure 24 : Graphique de répartition des classes d'érodibilité dans le sous bassin d'Aïn Nokra.....	24
Figure 25 : Carte de protection des sols du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)	25
Figure 26 : Graphique de répartition des classes de protection des sols dans le sous bassin d'Aïn Nokra	25
Figure 27 : Carte d'érosion potentielle du sous bassin d'Aïn Nokra (2017).....	26
Figure 28 : Graphique de répartition des états érosifs dans le sous bassin d'Aïn Nokra.....	27
Figure 29 : Manifestation de l'érosion hydrique sur Jbel Tadjja	28
Figure 30 : Carte des risques d'inondations du sous bassin d'Aïn Nokra (ArcGis 10.2, 2017	30
Figure 31 : Carte des micros sous bassins du sous bassin d'Aïn Nokra (2017).....	32

Liste des tableaux

Tableau 1 : Tableau des données de la carte de répartition des communes.....	5
Tableau 2 : Population des communes rurales	6
Tableau 3 : Distribution de population dans les communes selon l'activité	6
Tableau 4 : Effectif du cheptel par provinces	7
Tableau 5 : Données des stations météorologiques	8
Tableau 6 : Données de quotient pluviométrique d'Emberger.....	9
Tableau 7 : Données de la carte géologique	11
Tableau 8 : Données de la carte lithologique	12
Tableau 9 : Données de la carte pédologique	14
Tableau 10: Données de la carte des pentes	17
Tableau 11 : Densité du recouvrement végétal	19
Tableau 12 : Répartition du recouvrement végétal	19
Tableau 13 : Données de la carte d'occupation du sol	20
Tableau 14 : Table de superposition des cartes de pente et lithologique	23
Tableau 15 : Classes d'érodibilité	23
Tableau 16 : Données de la carte d'érodibilité.....	24
Tableau 17 :Table de superposition des cartes d'occupation et du recouvrement végétal	24
Tableau 18 : Classes de protection des sols	24
Tableau 19 : Données de la carte de protection des sols	25
Tableau 20 :Table de superposition des cartes d'érodibilité et de protection des sols	26
Tableau 21 : Classes d'érosion	26
Tableau 22 : Données de la carte d'érosion.....	27
Tableau 23 : Historique des inondations dans le sous bassin d'Aïn Nokra	30

Introduction générale

Les changements climatiques représentent un sujet d'actualité qui occupe la pensée de tous les pays à cause des graves effets qui résultent de l'échauffement et la variation de distribution d'humidité pendant les saisons de l'année ; puisque le Maroc est un pays méditerranéen à climat aride à semi-aride, il est caractérisé par une saison sèche longue et une saison humide courte et intense causant des pluies fortes et torrentielles très néfastes pour la stabilité des sols. Le Maroc souffre également d'autres problèmes tels que : l'insuffisance des sols fertiles et épais ainsi que l'insuffisance du couvert végétal : le couvert végétal au Maroc ne représente que 11% de la surface boisée donc il est au-dessous des normes internationales (18% à 20%). Pour toutes ces raisons il est important d'étudier les problèmes imposés sur les écosystèmes naturels et humains par le phénomène de l'érosion hydrique.

L'érosion hydrique est une principale conséquence résultant des problèmes cités précédemment. Elle est un phénomène complexe, qui menace particulièrement les potentialités en eau et en sol. Elle se définit par le détachement et le transport des particules du sol de leur emplacement d'origine par différents agents (L'humectation par l'effet de l'impact de gouttes de pluies, Le ruissellement...) vers un lieu de dépôt. Donc, les trois étapes par lesquelles passe l'érosion sont le détachement, le transport et la sédimentation. Cependant, il est à signaler que la pluie et le ruissellement superficiel sont à l'origine du détachement, du transport et du dépôt des particules du sol arrachées.

Les principales formes de l'érosion hydrique sont : l'érosion en nappe, l'érosion linéaire, l'érosion en masse, et l'érosion hydrographique.

Les différents facteurs qui définissent l'érosion hydrique et permettent son étude sont : les activités humaines, le couvert végétal, les facteurs climatiques (précipitations et température), les facteurs édaphiques, et les paramètres physiographiques (la pente, le relief, l'exposition, et la taille du bassin).

Au Maroc, plus de 40% des terres sont menacées par l'érosion hydrique : 2 à 59 t/Ha/an. Ce qui provoque plusieurs problèmes de différents points de vue. Du point de vue socio-économique : la réduction de la productivité des terrains agricoles de pâturage ou forestiers, dégradation de l'infrastructure routière et des ouvrages d'art, ainsi que l'altération de la santé de la population. Du point de vue environnemental : la perte de la fertilité des sols, la diminution de la capacité de rétention de l'eau, et la perturbation des cycles des gaz et des nutriments ce qui peut introduire une diminution de la diversité biologique et une perte de la productivité.

Soucieux de l'importance de l'étude de l'impact de l'érosion hydrique sur les terrains marocains, on a décidé d'effectuer notre stage de fin d'étude au sein de la Direction Régionale des Eaux et Forêts et Lutte contre la Désertification, Fès Boulemane, dans le Service des Etudes d'Aménagements et de Planification (SEAP) pour traiter le sujet d'étude intitulé : « l'évaluation qualitative de l'érosion hydrique dans le sous

bassin d'Aïn Nokra » dont les principaux objectifs sont : l'étude et l'évaluation du taux d'érosion hydrique afin de déterminer les zones affectées par ce problème et donner des propositions d'aménagements permettant de lutter contre ce fléau.

Le choix de la zone de notre étude revient à l'importance du taux d'érosion hydrique dans ce site qui est en relation avec la grande zone d'inondation à Guigou.

Notre travail consiste à utiliser l'outil SIG manifesté par le logiciel ArcGis 10.0 dans le but de faire une étude sur la région d'Aïn Nokra pour préciser les points les plus vulnérables à l'érosion hydrique par procédures de traitement, d'actualisation et de mise à jour des cartes de l'occupation des sols, la lithologie, les pentes, Et leur superposition pour obtenir une carte résultante représentative de l'état érosif de la région. La méthode qu'on a adoptée est celle du PAP/CAR (Programme d'Actions Prioritaires du Centre d'activités Régionales) qui est un ensemble de directives pour la formulation d'un programme de lutte antiérosive.

Les principales étapes de notre travail sont comme suit :

- Présentation des outils de travail et localisation de zone d'étude.
- Caractérisation socio-économique de la zone d'étude.
- Caractérisation climatique de la zone d'étude.
- Caractérisation du milieu physique de la zone d'étude.
- Estimation qualitative de l'érosion par l'approche PAP/CAR.
- Discussion des problématiques et d'aménagements.

Outils de travail

Pour accomplir notre travail nous avons utilisé :

➤ Le logiciel ArcGis 10.0 authentique et disponible au niveau du SEAP. L’ArcGis est un important logiciel du SIG développé par la société américaine Esri. Comme tous les logiciels du SIG ; l’ArcGis est un outil informatisé dédié à la gestion de l'information géographique. Ce type de système permet d'apporter à chacun l'information dont il a besoin pour décider et agir au mieux : outil d'aide à la prise de décision. La lutte contre l'érosion hydrique en particulier et la complexité de ce phénomène imposent aujourd'hui l'utilisation des méthodes et des moyens performants pour la gestion de l'information géographique. C'est ainsi que la cartographie de l'ampleur spatiale du phénomène de l'érosion est fournie en utilisant le SIG.

➤ Les bases de données (cartes et rapports) établies par le service des aménagements des forêts et des bassins versants du Moyen Atlas -Fès-. Plus précisément les cartes d'aménagement en amont du barrage Allal el fassi élaborées aux années quatre-vingt-dix à partir des photos aériennes.

➤ Télédétection : La télédétection est la discipline scientifique qui regroupe l'ensemble des connaissances et des techniques utilisées pour l'observation, l'analyse, l'interprétation et la gestion de l'environnement à partir de mesures et d'images obtenues à l'aide de plates-formes aéroportées, spatiales, terrestres ou maritimes.(COMITAAS, 1988).

Dans notre cas l'utilisation de la télédétection se manifeste dans la génération de quelques cartes thématiques, qui caractérisent physiquement le sous bassin, à partir des images satellitaires et modèles numériques de terrain.

- Les images satellitaires Landsat8, 2016 de résolution 30m téléchargées gratuitement du site Earth Explorer (www.earthexplorer.usgs.gov).
- Les modèles numériques de terrain (MNT) résolution 30m téléchargés gratuitement du site Astergdem (www.astergdem.com).

➤ Le Système de projection : on a utilisé le système : Merchich-Degré-Lambert-Conforme-Conique. C'est un système de projection conservant les angles. Dans ce système de projection conforme, les méridiens sont des droites concourantes, et les parallèles sont des arcs de cercle centrés sur le point de convergence des méridiens.

La projection selon le degré Merchich du Maroc permet de couvrir tous le Maroc et le partager en quatre zones principales et de donner des ordonnées en degré pour chaque point du domaine marocain.

Localisation du sous bassin d'Aïn Nokra

Le Sous bassin d'Aïn Nokra, se situe dans le Moyen Atlas et occupe une position sud-ouest du grand bassin versant Sebou en amont du barrage Allal el fassi (Fig.1). Il se localise **géographiquement** entre les méridiens 518923m et 561257m, et entre les parallèles 276054m et 324208m.

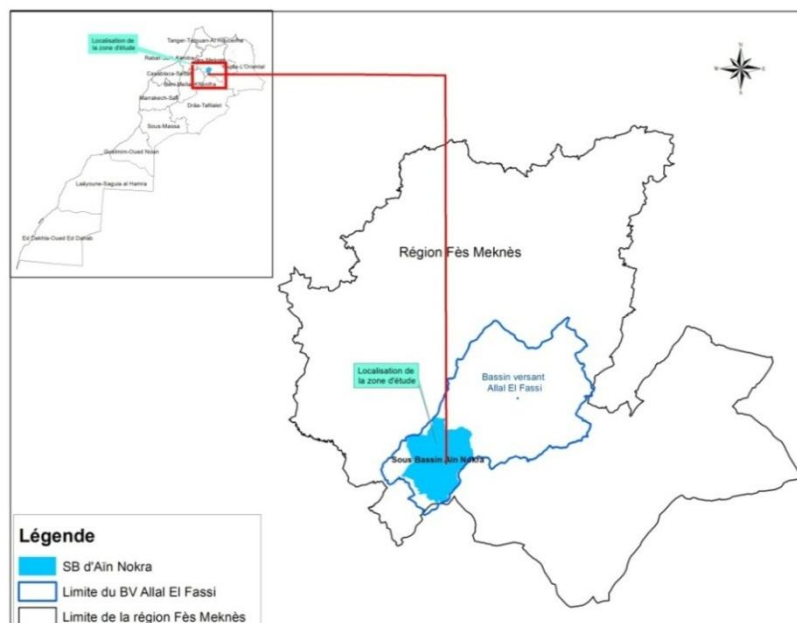


Figure 1 : Carte de situation géographique du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)

❖ Taille du sous bassin d'Aïn Nokra :

Le sous bassin d'Aïn Nokra s'étale sur une superficie (A) de 106886.72 Ha et un périmètre (P) de 167.325 Km. Son indice de compacité K_C ou indice de Gravelieus K_G qui indique par définition le rapport du périmètre du bassin à celui d'un cercle de surface de même périmètre ; égale à :

$$K_C = 0,28 \times \frac{P}{\sqrt{A}} = 0,28 \times \frac{167,325}{\sqrt{1068,86}} = 1,43.$$

Sa forme est un peu allongée, cela témoigne d'un drainage moyen ce qui va jouer sur le temps du rassemblement des eaux et des charges transportées par l'eau. Mais cela peut aussi être en faveur de l'érosion car cette forme montre une largeur moyenne donc un temps d'arrivée des sédiments arrachés plus ou moins considérable.

De point de vue **administratif**, le sous bassin d'Aïn Nokra dépend de la région de Fès-Meknès, et chevauche sur 2 provinces : province de Boulemane et province d'Ifrane en couvrant 5 communes rurales en partie : la commune d'Enjil au SE, la commune de Dayt Aoua au Nord, la commune de Timahdite qui s'étend du NNW jusqu'au SSE du sous bassin, la commune de Guigou qui occupe l'Est et une partie du Nord du sous bassin, et la commune de Sid El Makhfi située au SW (Fig.2). Cette carte a été réalisé par délimitation du sous bassin sur la carte de Meknès 250.

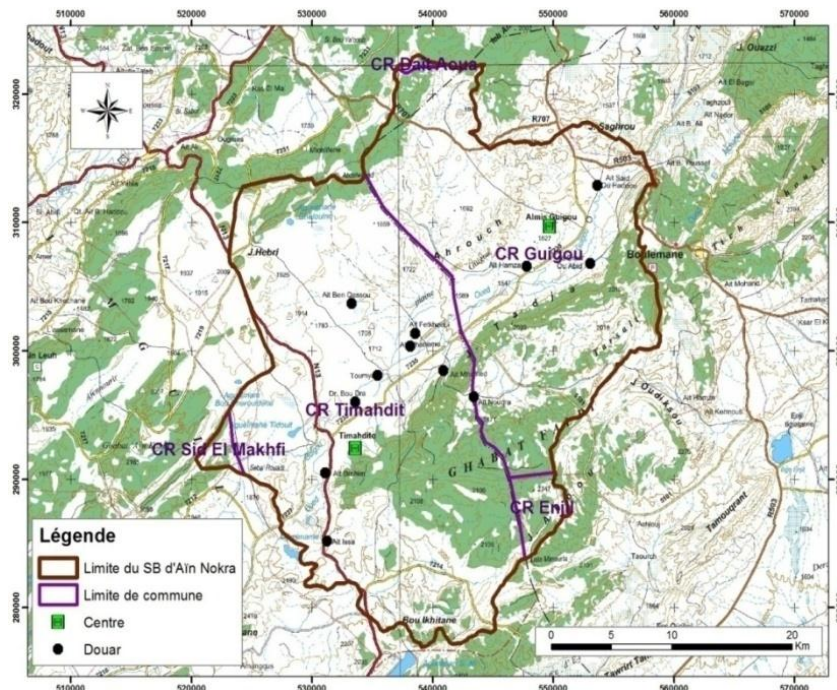


Figure 2: Carte de répartition des communes dans le sous bassin d'Aïn Nokra (carte Meknès 250, 2017)

Tableau 1 : Tableau des données de la carte de répartition des communes

Commune Rurale	Province	Superficie (Ha)	Pourcentage (%)
Enjil	Boulemane	2001,65	1,87
Guigou	Boulemane	43683,56	40,87
Sid el Mekhfi	Ifrane	839,16	0,79
Timahdite	Ifrane	60154,03	56,28
Dayt Aoua	Ifrane	208,32	0,19
Total		106886,72	100

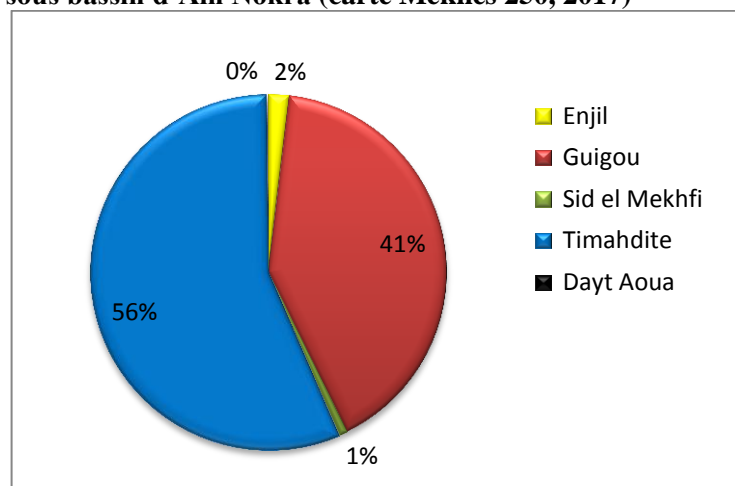


Figure 3 : Graphique de répartition des communes dans le sous bassin d'Aïn Nokra

D'après le tableau 1, et le graphique 3 la commune de Timahdite couvre la plus grande partie de la superficie totale, 56%, avec une superficie de 60154 ,03 Ha, puis la commune de Guigou couvre 41% de la superficie totale avec une superficie de 43683,56 Ha, ensuite les communes d'Enjil et Sid El Makhfi couvrent respectivement 2% et 1% de la superficie totale avec des superficies respectives de 2001,65 Ha et 839,16 Ha, et enfin la commune de Dayt Aoua occupe la superficie la plus restreinte du sous bassin d'Aïn Nokra 208,32 Ha.

Caractérisation socio-économique du sous bassin d'Aïn Nokra

Toute étude ou aménagement nécessite en premier temps une étude des facteurs sociaux et économiques qui peuvent influencer la réussite du projet. L'étude socio-économique a pour objectif d'évaluer l'état de l'environnement humain, social, économique et culturel de la zone étudiée afin de mieux adapter les aménagements proposés aux nécessités de la région.

➤ Le nombre total de la population dans le sous bassin d'Aïn Nokra est de 67479 habitants répartis sur cinq communes rurales. La commune de Guigou est occupée par le nombre le plus grand d'habitants : 21607 habitants, alors que la commune d'Enjil n'est occupée que par 8364 habitants.

Commune rurale	Population
Enjil	8364
Guigou	21607
Timahdite	10945
Dayt Aoua	9854
Sid El Makhfi	16709
Total	67479

Source : Haut Commissariat au Plan, Recensement Général de la population et de l'Habitat, 2014

➤ Le nombre total de la population active est 22504, alors que le nombre total de la population inactive est de 45112. C'est la population inactive qui domine dans le sous bassin d'Aïn Nokra.

Commune rurale	Population active	Population inactive	Taux d'activité (%)	Taux du chômage (%)
Enjil	2704	5660	45,9	15,2
Guigou	6410	15197	41,6	6,9
Timahdite	3781	7301	39,4	12,2
Dayt Aoua	3241	6613	48,1	11,3
Sid El Makhfi	6368	10341	52,8	6,5
Total	22504	45112		

Source : Haut Commissariat au Plan, Recensement Général de la population et de l'Habitat, 2014

- Le taux d'activité le plus élevé est 52,8% enregistré dans la commune de Sid El Makhfi, alors que le taux le plus bas est 39,4% dans la commune de Timahdite.

- Le taux du chômage le plus élevé est enregistré dans la commune d'Enjil : 15,2%, alors que le taux le plus bas est 6,5 % dans la commune de Sid El Makhfi.

➤ Le secteur agricole est l'un des secteurs prometteurs au niveau de la région étudiée. La superficie agricole utile (SAU) est de 33957,53 Ha.

Les conditions pédoclimatiques sont en général favorables pour la mobilisation des grandes surfaces destinées à la céréaliculture (blé, maïs et orge) et aux cultures maraîchères (pomme de terre, et oignon). Les sols sont riches, globalement à fort potentiel productif notamment : le plateau du Guigou,...

Le sous bassin d'Aïn Nokra se caractérise par une production animale élevée et une longue tradition d'élevage. Cette activité se caractérise par la prédominance du cheptel ovin constitué essentiellement de deux races : Timahdite et Dammane. La première est de renommée nationale (productivité, qualité), la deuxième est unique au monde par son potentiel prolifique et productif (jusqu'à 4 agneaux par portée).

Effectif en milliers de têtes, année 2012, dans la province de :	Caprins	Ovins	Bovins
Boulemane	180,2	592,6	11,1
Ifrane	61,5	572,2	27,4

Source : Ministère de l'Agriculture et de la Pêche Maritime ,2013

La province de Boulemane produit un total de 783,9 milliers de têtes du cheptel, alors que la province d'Ifrane produit un total de 661,1 milliers de têtes.

Caractérisation climatique du sous bassin d'Aïn Nokra

Le grand bassin de Allal El Fassi est caractérisé par un climat allant de l'humide froid au semi-aride tempéré. Le sous bassin d'Aïn Nokra est situé en amont du barrage Allal el Fassi, donc il présente le même aspect climatique que celui du Allal El Fassi, Ce dernier est caractérisé par :

- **Des températures** se caractérisant par des moyennes maximales annuelles relativement modérées à cause de l'effet d'altitude. Le mois le plus chaud de l'année est le mois de juillet ou le mois d'août, alors que le mois le plus froid est le mois de janvier. L'amplitude thermique des différentes stations météorologiques varie de 9,9°C à 14,5°C.

- **Les précipitations** sont marquées par des irrégularités intra et interannuelles au niveau du bassin-versant et par une grande variation dans l'espace. La moyenne annuelle varie de 326 mm à 1020 mm.

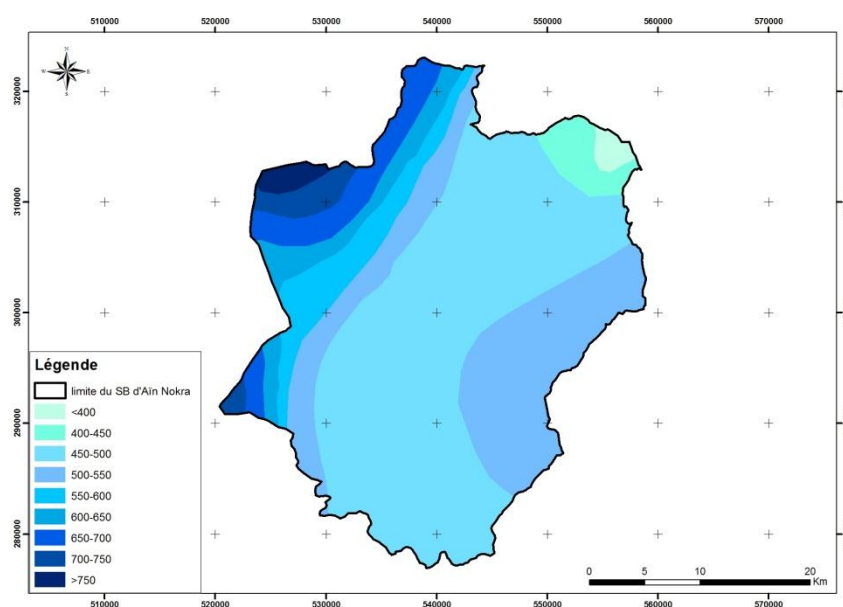


Figure 4 : Carte des précipitations du sous bassin d'Aïn Nokra(2017)

La carte des précipitations (des isohyètes) est obtenue automatiquement sur ArcGis, par la fonction IDW, à partir des données des stations météorologiques existant à l'intérieur et à proximité du sous bassin. Les stations prises en considération sont : Aït Khabach, Aguelmame Sidi Ali, Almis du Guigou, Dayt Aoua, Dayt Hachlaf, Ifrane.... (Fig.4)

Tableau 5 : Données des stations météorologiques :			
Station	X (m)	Y (m)	Précipitations (mm)
Boulemane	558268,231	306517,9432	479,17
Aït Khabache	555081,449	314038,4327	353,86
Aguelmame S.A	538630,4411	275564,6073	443,7
Ifrane Aéro	524184,1622	324007,2667	1020,8
Dayt Aoua	533481,6391	339853,1942	706,74
Almis Guigou	552981,0041	310221,7066	572,1
Dayt Hachlaf	537549,1235	328372,0128	665,23

Source : Etude d'Aménagement du bassin versant en amant du barrage Allal El Fassi.

- Climagramme d'EMBERGER :

Le quotient pluviométrique d'EMBERGER (Q) permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée, il est déterminé par la combinaison des 3 principaux facteurs du climat par la formule suivante :

$$Q = \frac{2000 \cdot P}{M^2 - m^2}$$

- Q : quotient pluviométrique d'Emberger
- P: Pluviométrie annuelle moyenne en mm
- M: moyenne des maxima du mois le plus chaud en degrés Kelvin
- m: moyenne des minima du mois le plus froid en degrés Kelvin

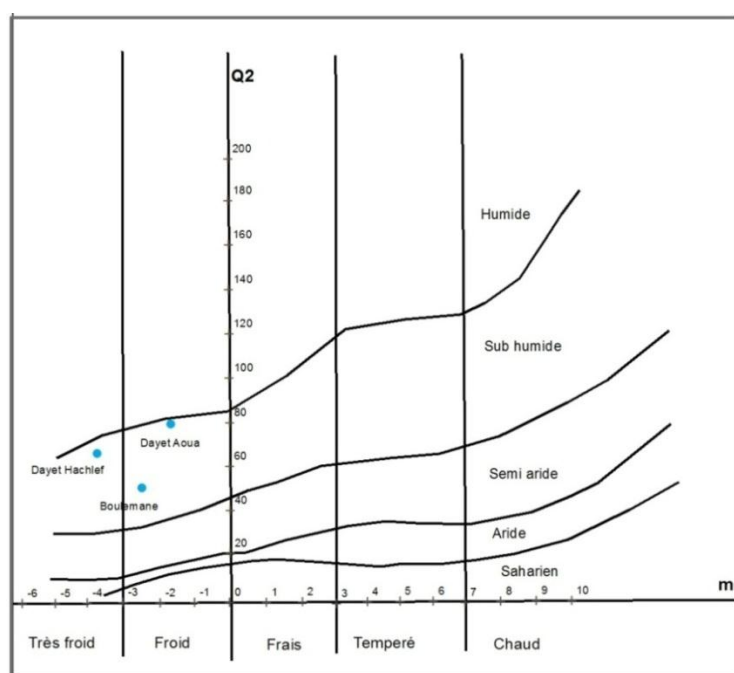


Figure 5 : Climagramme d'Emberger

Station	P (mm)	M (°C)	m (°C)	Q2
Boulemane	479,17	30	-2,5	51,42
Dayt Hachlaf	665,23	30,5	-3,8	67,73
Dayt Aoua	706,74	28,8	-1,8	80,61

Source : Etude d'Aménagement du bassin versant en amont du barrage Allal El Fassi.

Le calcul du quotient pluviométrique et sa représentation dans le climagramme d'Emberger montrent que notre zone d'étude est caractérisée par un climat Subhumide variant du froid à très froid (Fig. 5).

- **La neige** est fréquente au-delà de 1600 m d'altitude. Ce sont les sommets de Jbel Hebri, Michelifène, Bou Iblane et Tichoukt qui connaissent les valeurs les plus élevées.

- **Les vents** les plus dominants sont les vents océaniques et les vents continentaux secs. Les vents océaniques sont du secteur Ouest et Nord-Ouest et ils sont généralement humides et peu violents. Les vents continentaux sont de secteur Est et Sud-Ouest et sont chauds et secs.

Caractérisation du milieu physique du sous bassin d'Aïn Nokra

Les cartes thématiques qu'on a élaboré sont tous traitées par l'outil SIG (ArcGis), en suivant deux voies différentes :

-Par la mise à jour et l'actualisation des cartes existantes au niveau du SEAP, on a pu élaborer les cartes : Géologique, Pédologique, et Lithologique définissant l'aspect édaphique de notre sous bassin.

- Par utilisation de la télédétection, on a pu élaborer les cartes suivantes (Fig. 6):

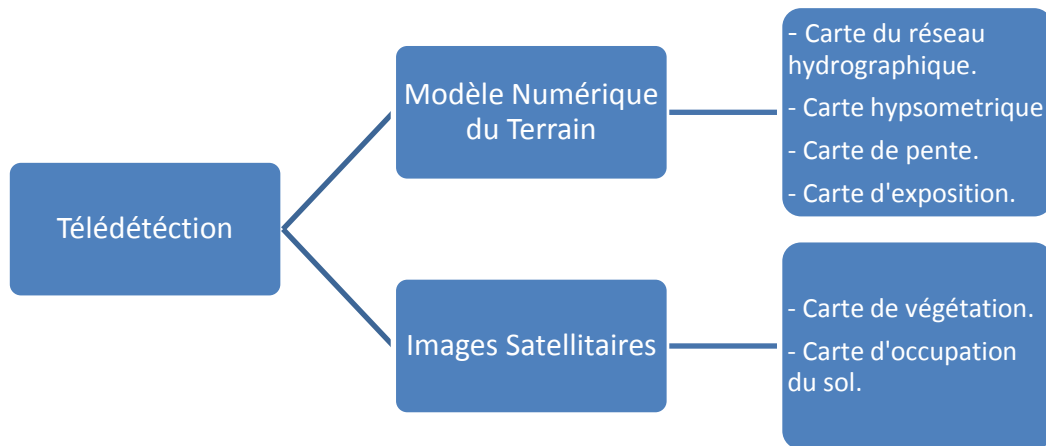


Figure 6 : Schéma explicatif d'utilisation de la télédétection

1) Géologie

La connaissance de l'aspect géologique de la zone d'étude a une grande importance dans l'étude de l'érosion ; c'est à partir de la carte géologique qu'on peut classer les roches selon le type de leur formation géologique, leur lithologie et leur résistance mécanique, qui sont des facteurs agissant directement sur l'érosion hydrique. Cette carte est réalisée par le clip de la carte du Maroc 1/1000000.

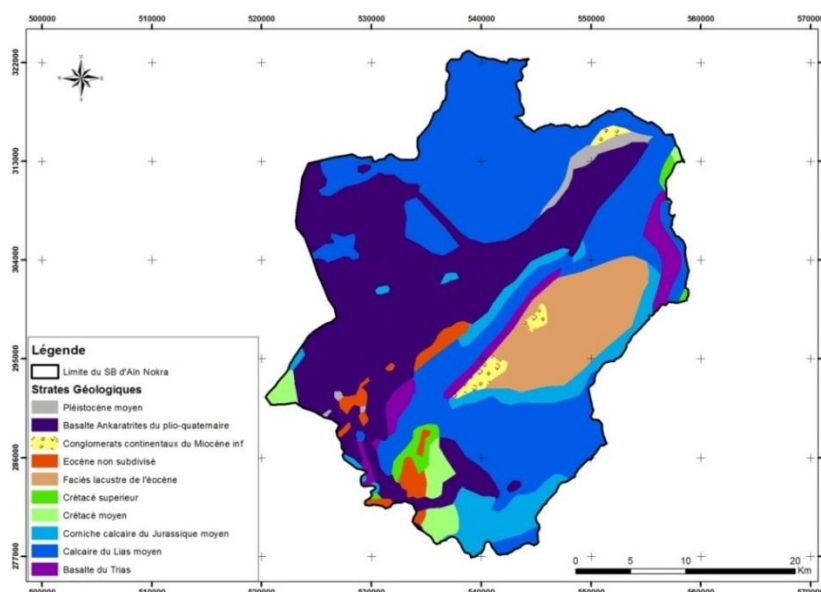


Figure 7 : Carte géologique du sous bassin d'Aïn Nokra(2017)

Les affleurements et les âges géologiques rencontrés dans le sous bassin d'Aïn Nokra sont : Pléistocène moyen, Basaltes ankaratrites du Plio-quaternaire, continentaux du Miocène inférieur, Eocène non subdivisé, Faciès lacustre de l'Eocène, Crétacé supérieur et moyen, corniches calcaires du Jurassique moyen, calcaire du Lias moyen et basaltes du Trias (Fig. 7).

Tableau 7 : Données de la carte géologique		
Strate géologique	Surface (Ha)	Pourcentage (%)
Pliostocène moyen	1135,42	1,06
Basaltes, ankaratrites Plio-quaternaire	34000,25	31,81
Conglomérats continentaux du Miocène inférieur	1372,54	1,28
Eocène non subdivisé	2243,8	2,10
Faciès lacustre de l'Eocène	10027,77	9,38
Crétacé Supérieur	1658,31	1,55
Crétacé moyen	2361,23	2,21
Corniches calcaires du Jurassique moyen	7709,7	7,21
Calcaire du Lias moyen	42077,34	39,37
Basaltes du Trias	4300,36	4,02
Total	106886,72	100

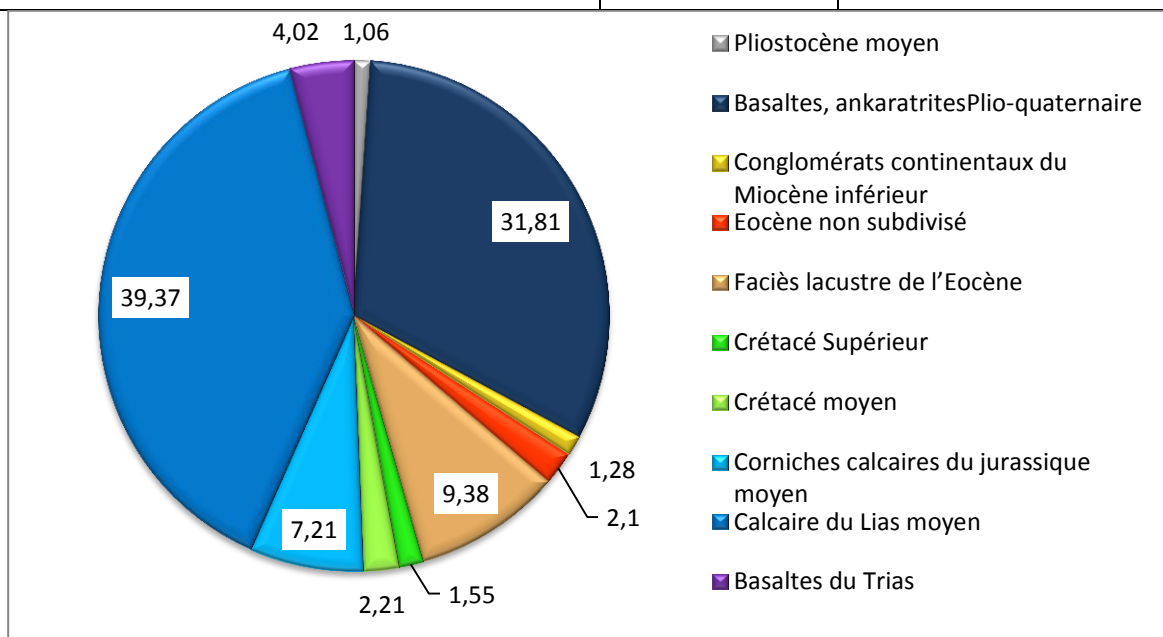


Figure 8 : Graphique de répartition des strates géologiques dans le sous bassin d'Aïn Nokra

D'après le tableau 7 et le graphique 8 : La formation géologique dominante au niveau du sous bassin d'Aïn Nokra est celle du calcaire du Lias moyen avec une superficie de 42077,34 Ha occupant 39,37% de la superficie totale, suivie d'une strate des basaltes du Plio-quaternaires occupant 31,81% de la superficie totale ; la superficie des autres formations présente un pourcentage qui ne dépasse pas 30%.

2) Lithologie :

D'après l'étude de la carte géologique on peut classer les roches de la région selon leurs degrés de résistance mécanique. Les différents types lithologiques agissent de façons différentes sur l'érosion puisque les roches les plus tendres sont plus affectées par l'érosion.

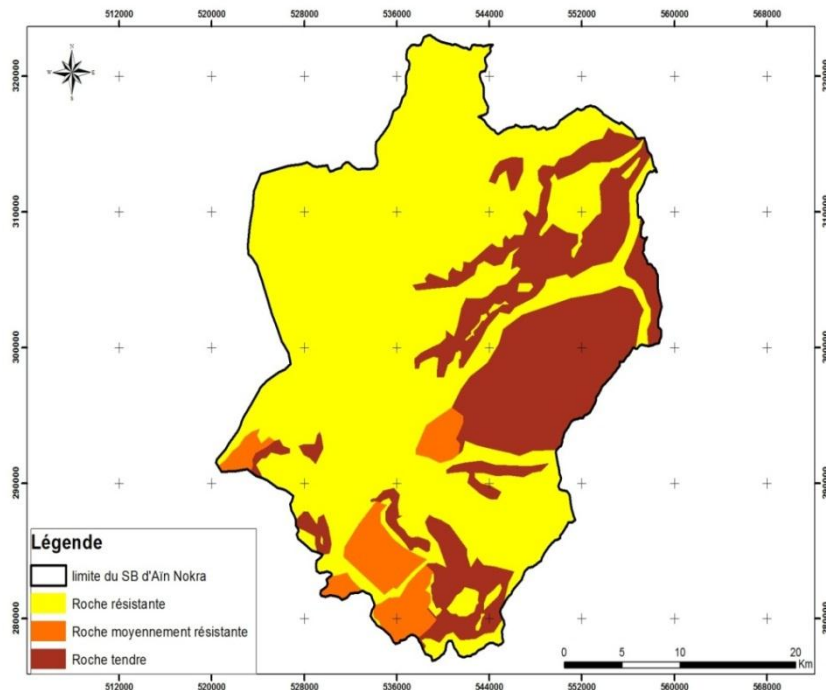


Figure 9 : Carte lithologique du sous bassin d'Aïn Nokra(2017)

D'après la carte lithologique les roches sont réparties en trois classes : roches résistantes localisées presque sur la totalité du bassin, roches moyennement résistantes situées principalement au sud, et roches tendres situées à l'Est du bassin.

Tableau 8: Données de la carte lithologique			
Strate	Code	Superficie (Ha)	Pourcentage (%)
Roche résistante	1	71718,23	67,10
Roche moyennement Résistante	2	6141,6	5,75
Roche Tendre	3	29026,88	27,16
Total		106886,72	100

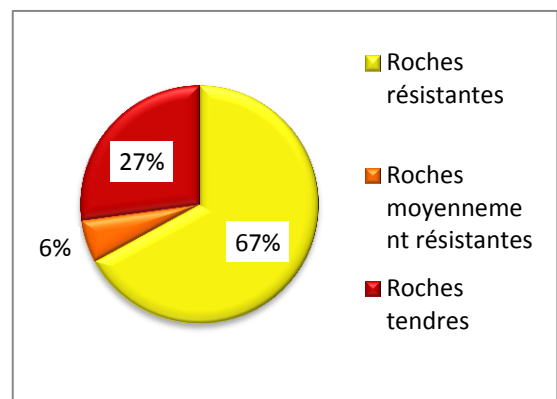


Figure 10 : Graphique de répartition lithologique dans le sous bassin d'Aïn Nokra

D'après le tableau 8 et le graphique 10; le sous bassin d'Aïn Nokra est dominé par les roches résistantes qui s'étendent sur une superficie de 71718,23 Ha représentant 67% de la superficie totale, ensuite les roches tendres occupent une superficie de 29026,88Ha représentant 27% de la superficie totale, les roches moyennement résistantes n'occupent que 6% de la superficie totale du bassin avec une superficie de 6141,61 Ha.

La classification des types lithologiques des roches dépend de leurs origines géologiques :

- Les roches tendres sont constituées d'un faciès de schistes primaires, des argiles et des basaltes doléritiques altérés du Trias, des marnes et des grès du Miocène et des alluvions du quaternaire.

-Les roches moyennement résistantes sont constituées par des couches de marnes en alternance avec des bancs de grès.

-Les roches résistantes sont représentées par un faciès lithologique composé de calcaires et de dolomies du lias, de calcaires lacustres, des formations fluvio-lacustres et des basaltes quaternaires.

3) Pédologie :

Selon la carte pédologique, le sous bassin d'Aïn Nokra est caractérisé par une diversité des sols. Les sols rencontrés sont : les sols de minéraux bruts, sols peu évolués, sols calcimagnésiques, sols iso humiques, et complexes C1, C2 et C3 (Fig. 11).

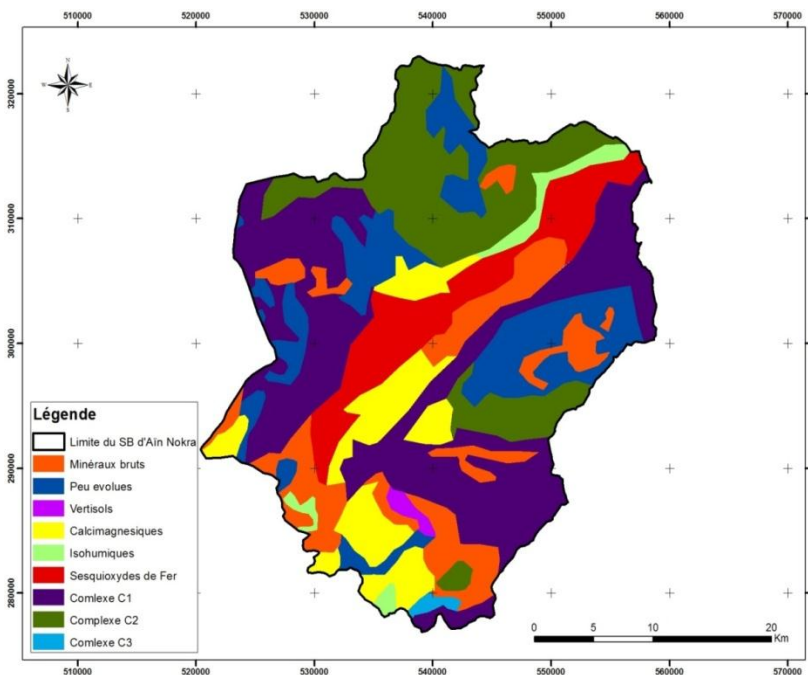


Figure 11 : Carte pédologique du sous bassin d'Aïn Nokra(2017)

➤ Minéraux bruts sont : des sols de groupe d'érosion représentés par les calcaires dolomitiques de Lias en affleurement rocheux.

➤ Sols peu évolués sont des sols très peu profonds de groupe d'érosion représenté par es calcaires dolomitiques et des calcaires lacustres en affleurement rocheux.

➤ Vertisols sont des sols très profonds à structure arrondie en surface, des formations argileuse du quaternaire

➤ Sols calcimagnésiques sont des sols carbonatés très peu profonds du quaternaire.

➤ Sols iso humiques sont des sols très profonds à pente légère qui sont constitués par des alluvions et des colluvions fines qui sont évolués sous climat frais pendant la saison pluvieuse.

➤ Sesquioxydes de Fer sont des sols à réserve calcique qui sont réparties en deux familles; la première des sols peu profonds des calcaires lacustres ou dolomitiques du lias, et la deuxième des sols très profonds de formations quaternaire anciennes.

➤ Complexe C1 :

Complexe de sols peu évolués d'érosion, de sols fersiallitique peu profond et d'affleurement rocheux sur calcaire dolomitiques du lias ou calcaire lacustre du saïs.

➤ Complexe C2 :

C'est le Complexe de sols peu évolués d'érosion d'apport colluvial, de rendzines dolomitiques sableuses, et d'affleurement roches sur calcaire dolomitiques du Lias.

➤ Complexe C3 :

Complexe de sols peu évolués d'érosion, d'apport colluvial, de rendzines dolomitiques humifères et d'affleurements rocheux sur schiste primaire, argiles rouges et basaltes du Trias.

Type du sol	Superficie (Ha)	Pourcentage (%)
Minéraux bruts	14393,24	13,47
Peu évolués	16306,44	15,26
Vertisols	583,65	0,55
Calcimagnésiques	10825,54	10,13
Iso humiques	2270,47	2,12
Sesquioxydes de Fer	10932,43	10,23
Complexe C1	31495,41	29,47
Complexe C2	19626,89	18,36
Complexe C3	452,65	0,42
Total	106886,72	100,00

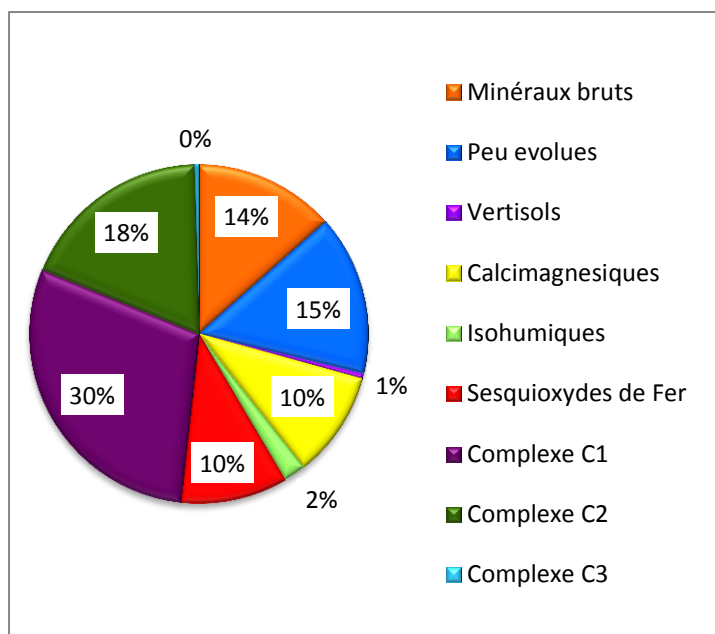


Figure 12 : Graphique de répartition pédologique dans le sous bassin d'Aïn Nokra

D'après le tableau 9 et le graphique 12 : le sous bassin d'Aïn Nokra est dominé par les sols composés du complexe C1 avec un pourcentage de 30% de la superficie totale en occupant une superficie de 31495,41 Ha, les sols du complexe C2 occupent 18% de la superficie totale avec une superficie de 19626,89 Ha, ensuite les sols peu évolués et ceux composés des minéraux bruts occupent respectivement 15% et 14% de la superficie totale avec des superficies respectives de 16306,44 Ha et 14393,24 Ha, puis les sols calcimagnésiques et ceux composés des Sesquioxydes de Fer occupent presque le même pourcentage de la superficie totale avec des superficie respectives de 10825,54 Ha et 10932,43; et enfin les sols iso humiques , les Vertisols et ceux composés du complexe C3 occupent la superficie la plus restreinte du sous bassin à savoir 3306,77 Ha.

4) Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique constitue le principal moyen de transport des sédiments issus de l'érosion des paysages vers les exutoires des bassins versants.

Le sous bassin d'Aïn Nokra est caractérisé par un réseau hydrographique bien développé et riche en sources et en lacs ; son ordre est de 6.

La carte suivante est réalisée par ArcGis, à l'aide de l'extension Spatial Analyst Tools : Hydrology, en s'appuyant sur un MNT (Fig. 13)

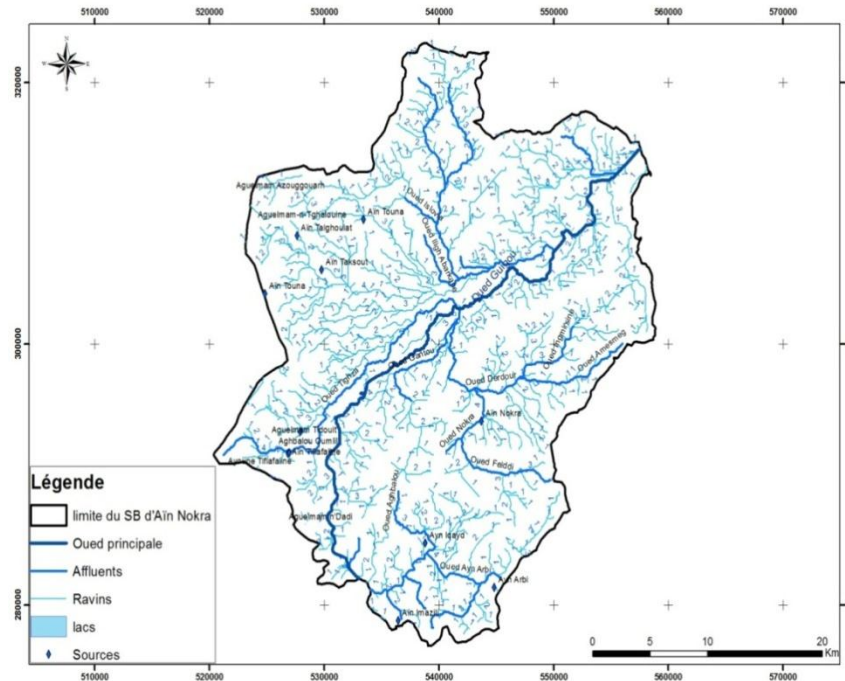


Figure 13 : Carte du réseau hydrographique du sous bassin d'Aïn Nokra(2017)

Le réseau hydrographique du sous bassin a une longueur totale de 1321,4 km et une densité moyenne de 0,012 Km/Ha.

L'oued principal dans le sous bassin d'Aïn Nokra est l'Oued Guigou qui coule d'une direction du sud-ouest vers le nord-est avec un débit de 0 à 54 m³ /s et une longueur à l'intérieur du sous bassin de 59.09 Km. Ses affluents les plus importants sont : Oued Tighza de longueur 31,1 Km, Oued Derdour de longueur 13,33 Km, Oued Gantou de longueur 10,55 Km, Oued Nokra de longueur 7,14 Km.

La distribution des sources suit la différence d'altitude, puisque on trouve la plupart des sources dans les zones les plus élevées du nord-ouest : Aïn Touna, Aïn Talghoulat, Aïn Taksout et aussi dans les zones de sud et de sud-est : Aïn Imazili, Aïn Arbi, Aïn lqayd, Aïn Nokra.

Pour les lacs, on a cinq principaux lacs qui sont tous localisés dans la partie ouest du sous bassin qui sont : Aguelmam Tidouit avec une surface de 22 Ha, Aguelmam-n-Tghalouine de 15 Ha, Aguelmam n'Dadi de 11 Ha, Aguelmam Azoughouarh de 9 Ha, Aghbalou Oumlil de 5 Ha.

5) Altitude

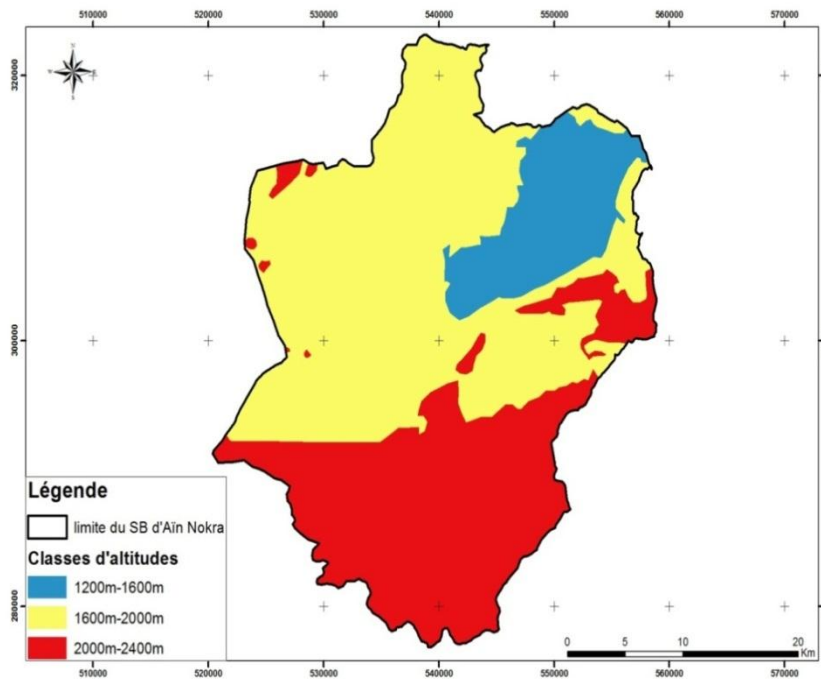


Figure 14 : Carte des classes altitudinales dans le sous bassin d'Aïn Nokra (2017)

Le relief du sous bassin d'Aïn Nokra est caractérisé par une altitude moyenne de 1960 m avec un maximum de 2460 m et un minimum en exutoire à 1467 m.

Trois zones d'altitudes peuvent être distinguées dans notre sous bassin (Fig.14), une partie amont avec un grand nombre de sommets d'altitudes élevées, notamment Jbel Abbou à 2347 m et Jbel Tadjà à 2310 m ainsi que Jbel Hebri avec une altitude de 2000 m, cette partie très haute témoigne d'une forte dynamique. Le passage rapide des altitudes hautes (2460 m) aux altitudes basses (1467 m) se fait généralement sur de courtes distances (± 15 Km), avec de telles conditions on peut conclure que dans cette partie la quantité d'importation des sédiments est dominante sur leur quantité d'accumulation. La deuxième partie est considérée comme un canal qui va jouer le rôle d'intermédiaire entre la partie amont et la partie aval qui est caractérisé par des altitudes faibles notamment à la plaine de Guigou (1467 m) et Ahrouch (1550m), qui est vue sa morphologie douce peut être un emplacement adéquat pour la mise en place de la charge transportée.

6) Pente

La pente est une caractéristique physiographique du bassin versant qui a une influence importante sur le taux d'érosion. Elle est donc l'un des facteurs importants de l'érosion des sols. Son influence sur l'érosion est plus accrue que sur le ruissellement, surtout lorsque le sol n'est pas totalement couvert. Pour des sols portant les mêmes cultures, le ruissellement augmente avec la pente.

Les fortes pentes avec un écoulement rapide sont en général à l'origine d'une érosion excessive dont l'importance dépend de la géologie, des sols et de la protection de la couverture végétale.

La carte des pentes a été générée à partir du MNT. Elle a été élaboré sur ArcGis à l'aide de l'extension Spatial Analyst Tools : Surface/ Slope (Fig. 15).

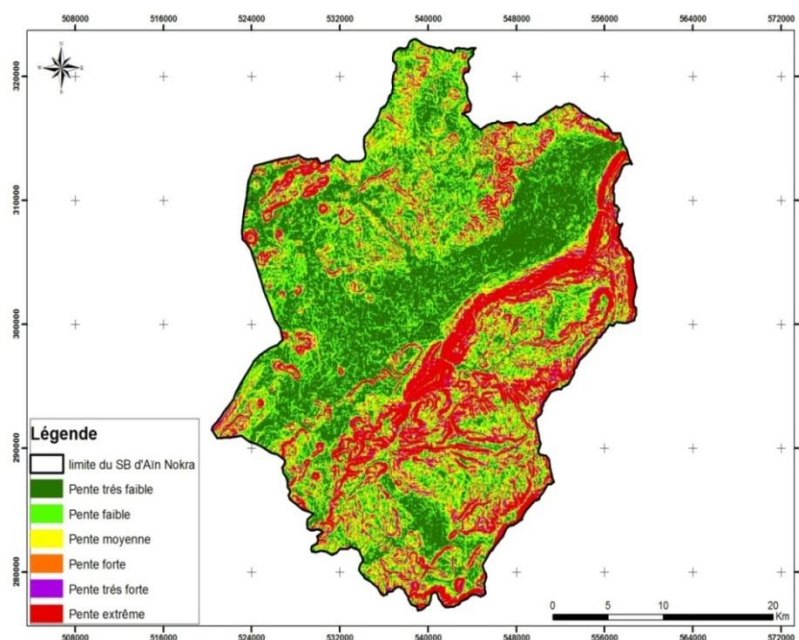


Figure 15 : Carte des classes des pentes dans le sous bassin Aïn Nokra(2017)

Après la classification des valeurs des pentes on a déterminé six classes de pentes : Pentas très faibles, faibles, moyennes, fortes, très fortes et extrêmes.

Tableau 10 : Données de la cartes des pentes				
Strate	Classe	Code	Superficie (Ha)	pourcentage (%)
Pente très faible	(pente < 5°)	1	32612,86	30,51
Pente faible	(5° < pente < 10°)	2	27961,84	26,16
Pente moyenne	(10° < pente < 15°)	3	15509,25	14,51
Pente forte	(15° < pente < 20°)	4	10024,96	9,38
Pente très forte	(20° < pente < 25°)	5	6362,09	5,95
Pente extrême	(pente > 25°)	6	14415,72	13,49
Total			106886,72	100

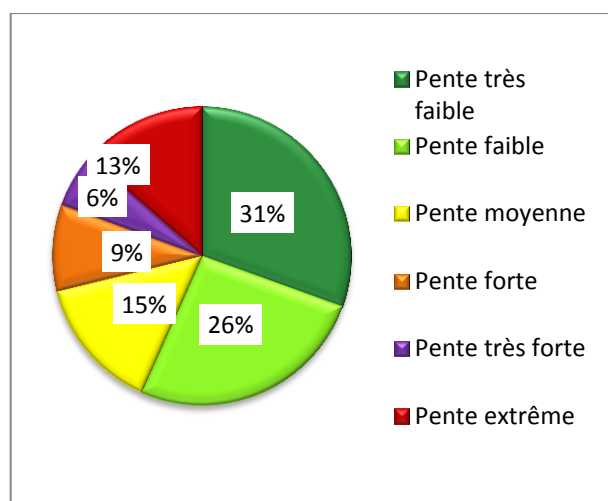


Figure 16 : Graphique de répartition des pentes dans le sous bassin d'Aïn Nokra

On constate d'après le tableau 10 et le graphique 16 que la majeure partie de notre sous bassin a une pente très faible à faible (57% de la superficie totale), ensuite 15% de la superficie totale est occupée par les zones de pente moyenne, les 28% qui restent représentent les zones à pentes forte, très forte et extrême.

7) Exposition

La carte d'exposition a été générée à partir d'un modèle numérique du terrain couvrant la région étudiée, en se basant sur l'extension existante dans ArcGis : Spatial Analyst Tools (Surface / Aspect), afin de déterminer les orientations des terrains (Fig. 17).

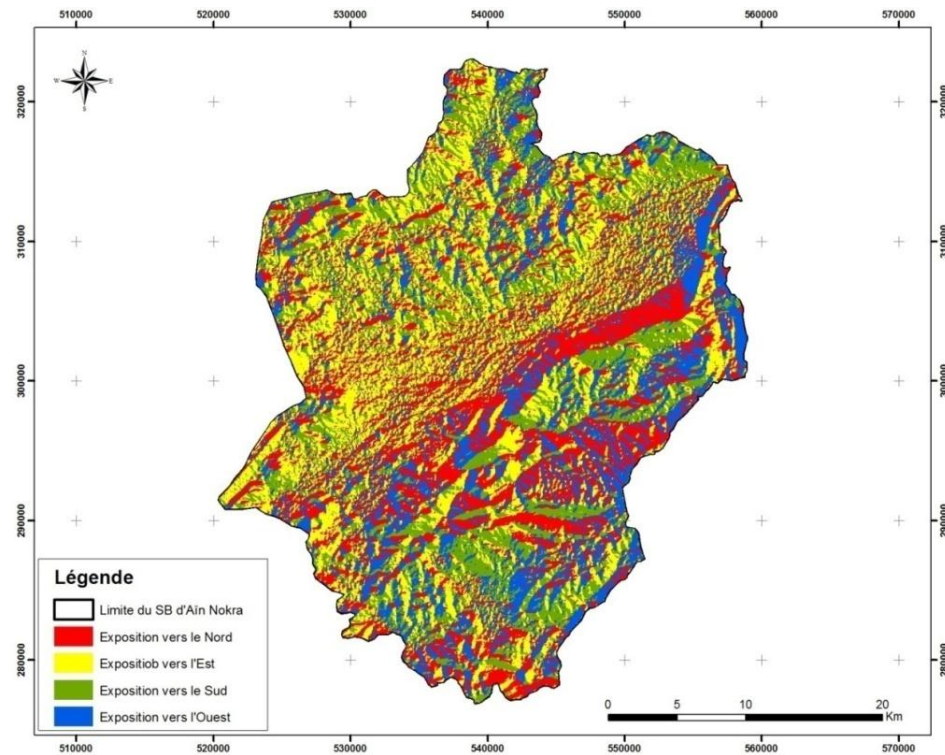


Figure 17 : Carte d'exposition du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)

8) Couvert végétal

La densité du recouvrement végétal est liée au type de végétation des terres de la zone d'étude. La carte suivante est réalisée à partir des données de végétation du sous bassin (Fig.18).

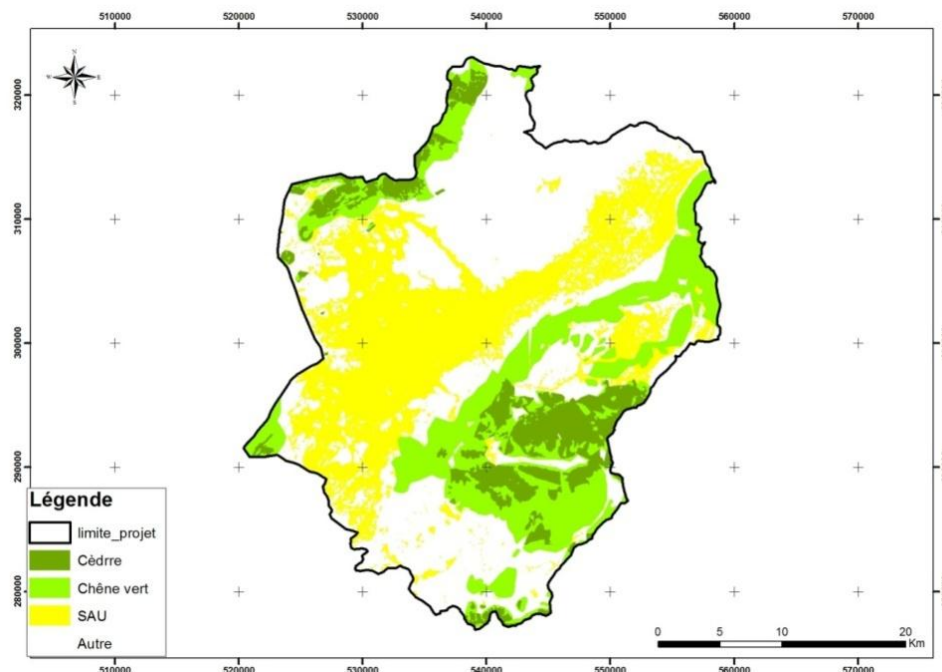


Figure 18: Carte de la végétation du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)

D'après l'analyse de cette carte (Fig.18), on remarque que le sous bassin d'Aïn Nokra est caractérisé par une végétation limitée et un recouvrement végétal très pauvre ce qui favorise l'érosion hydrique sur la plupart des terres. Un poids de densité du recouvrement est attribué à chaque strate de végétation (Tab.16).

Tableau 11 : Densité du recouvrement végétal	
Strate végétale	Densité de recouvrement
Combinaison de chêne vert et de cèdre	R > 45%
Chêne vert seul ou cèdre seul	25% < R < 45%
SAU + Forêt claire	5% < R < 25%
Autre = Terrains nus + terrains incultes + terrain de parcours	R < 5%

Tableau 12 : Répartition du recouvrement végétal			
Densité de recouvrement	Code	superficie (Ha)	Pourcentage (%)
R > 45%	1	3780,70	3,54
25% < R < 45%	2	10177,54	9,52
5% < R < 25%	3	45566,56	42,63
R < 5%	4	47361,92	44,31
Total		106886,72	100

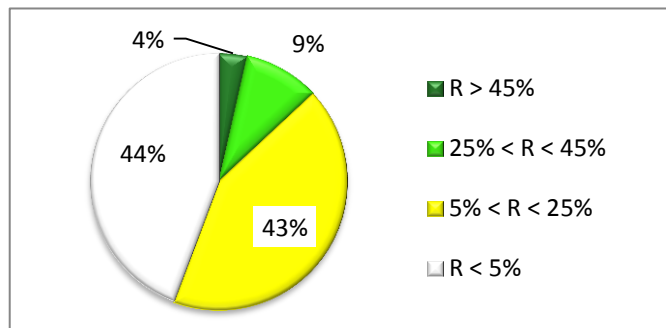


Figure 19 : Graphique de répartition du recouvrement végétal dans le sous bassin d'Aïn Nokra

A partir du tableau 12 et du graphique 19 on peut mettre en évidence la grande pauvreté en recouvrement végétal dont souffre le sous bassin d'Aïn Nokra, puisque 44% des terres du sous bassin ont un recouvrement inférieur à 5%, ainsi que 43% ont un recouvrement faible qui ne dépasse pas les 25%, la partie qui reste est de 13% de la superficie totale de sous bassin et elle est répartie en 9% du recouvrement entre 25% et 45% et 4% du recouvrement supérieur à 45%.

9) Occupation du sol

L'occupation du sol renvoie, selon l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (ONUAA), aux formes de couverture physique de la surface des terres émergées observable par des vues aérienne ou satellitaire, et à leur structure, elle inclut la végétation naturelle ou plantée. Selon la répartition des différents types d'occupation des sols (terrains de cultures ou de parcours, Forêts ...) des zones sont destinées à être aménagées.

Notre carte d'occupation du sol a été réalisée à la base d'une image satellitaire de résolution 30m, qui a subi une classification supervisée afin de donner les différentes classes d'occupation existantes dans le sous bassin (Fig.20). Elle renferme plusieurs types d'occupation du sol qui diffèrent par leurs surfaces totales et leurs influences sur le degré d'érosion. Elle est caractérisée par une dominance des terrains incultes et de parcours, suivies par les terrains de culture, ainsi que les Forêts denses et moyennement denses, les forêts claires, l'arboriculture, les bâtis, et l'eau des lacs.

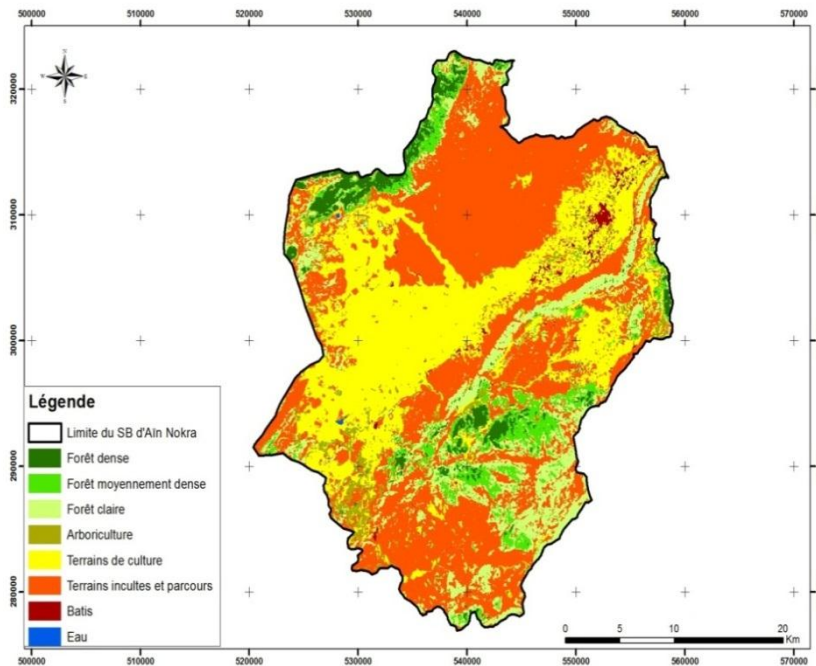


Figure 20 : Carte d'occupation du sol du sous bassin d'Aïn Nokra(2017)

Strate	Code	Superficie (Ha)	Pourcentage (%)
Forêt dense	1	3780,70	3,54
Forêt moyennement dense	2	6060,32	5,67
Forêt claire	3	14740,35	13,79
Arboriculture	2	4116,87	3,85
Terrains de culture	3	29840,66	27,92
Terrains incultes Et Parcours	5	47361,92	44,31
Bâtis	4	941,22	0,88
Eau	4	44,67	0,04
Total		106886,72	100

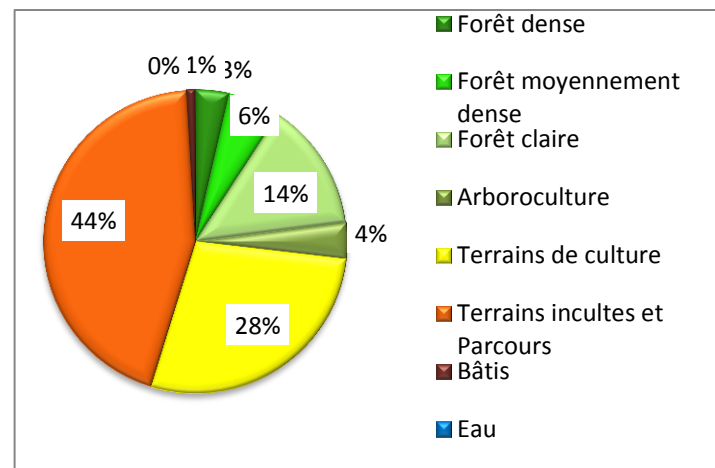


Figure 21 : Graphique de répartition d'occupation des sols dans le sous bassin d'Aïn Nokra

Le graphique 21 illustre les résultats du tableau 13 qui montre que la grande superficie de notre sous bassin est occupée par les terrains incultes et de parcours qui représentent 44% de la superficie totale et qui sont localisés surtout en nord et en sud du sous bassin, ensuite les terrains de culture représentent 28% de la superficie totale, ainsi l'ensemble des forêts représente 23% de la superficie totale, en plus de 4% de l'arboriculture implanté à la région sud-ouest de Timahdite, la superficie qui reste ne dépasse pas 2% de la superficie totale est représentée par les bâtis à la plaine de Guigou au nord-est et l'eau.

I. Présentation du PAP/CAR :

La méthode du PAP/CAR (Programme d'Actions Prioritaires du Centre d'activités Régionales) est un ensemble de directives pour la formulation d'un programme de lutte antiérosive. Dans le cadre du plan d'action pour la méditerranée (PAM), de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

C'est une méthode de cartographie et de mesure de l'érosion hydrique, basée sur les facteurs naturels (Lithologie, pente, couvert végétal et nature d'occupation du sol).

Elle permet de comprendre la problématique du bassin sur le plan du risque érosif, usage des terres et interaction des facteurs biophysiques et anthropiques. Et sert ainsi à identifier, décrire et mesurer les processus dynamiques, incluant les situations extrêmes telles que la dégradation irréversible d'une part, et les zones stables non affectées, d'autre part. Ce qui contribue à une caractérisation qualitative des pertes en sol.

Cette méthode est fondée techniquement sur trois approches :

1) Approche prédictive :

Consiste à identifier, évaluer et intégrer tous les paramètres fondamentaux, tels la physiographie (pentes), la lithologie et/ou les sols, la terre, le couvert végétal, dans le but de déterminer des hypothèses préliminaires concernant le risque d'érosion (érodibilité – érosion potentielle). Elle aboutit à la cartographie des unités homogènes des états érosifs, fournissant le canevas pour la cartographie du potentiel et des tendances générales d'érosion.

La phase prédictive consiste principalement en un traitement des données selon une séquence de 7 opérations différentes:

- Opérations 1 et 2: Elaboration de la carte des classes des pentes et la carte lithologique.
- Opération 3 : Carte d'érodibilité par superposition des cartes des pentes et lithologique.
- Opération 4 et 5: Elaboration des cartes d'occupation du sol et de couvert végétal.
- Opération 6 : Carte de protection des sols par superposition des cartes d'occupation du sol et de couvert végétal.
- Opération 7 : Carte des états érosifs par superposition des cartes d'érodibilité et de protection des sols.

2) Approche descriptive :

Consiste à identifier, à décrire et évaluer qualitativement les processus actuels d'érosion sur le site d'étude, ainsi que les différents degrés d'exposition à l'érosion et les tendances évolutives. Elle est réalisée par l'observation directe et le contrôle sur le terrain, en utilisant la carte prédictive des états érosifs comme

canevras cartographique et thématique de référence, afin de mettre en valeur les contraintes spécifiques et représentatives de l'érosion. Cette approche fournit la vérité du terrain et permet soit de consolider, soit de rectifier les diagnostics concernant l'érosion active et potentielle.

3) Approche d'intégration :

Dont le résultat principal est la carte finale consolidée des tendances d'érosion hydrique à la dégradation ou la régression, obtenue par la superposition et l'intégration des informations qualitatives issues des phases prédictive et descriptive.

Pour le cas de notre étude, on n'a abordé que la détermination des états érosifs par l'approche prédictive et l'identification de quelques formes d'érosion hydrique dans la zone d'Aïn Nokra.

II. Application du PAP/CAR au sous bassin Ain Nokra

1) Approche prédictive :

Dans cette partie on va superposer les cartes déjà réalisées dans la partie précédente, pour obtenir les cartes d'érodibilité (Fig.23) et de protection des sols (Fig.25) qui seront eux même destinées à la superposition pour donner la carte des états érosifs (Fig.27).

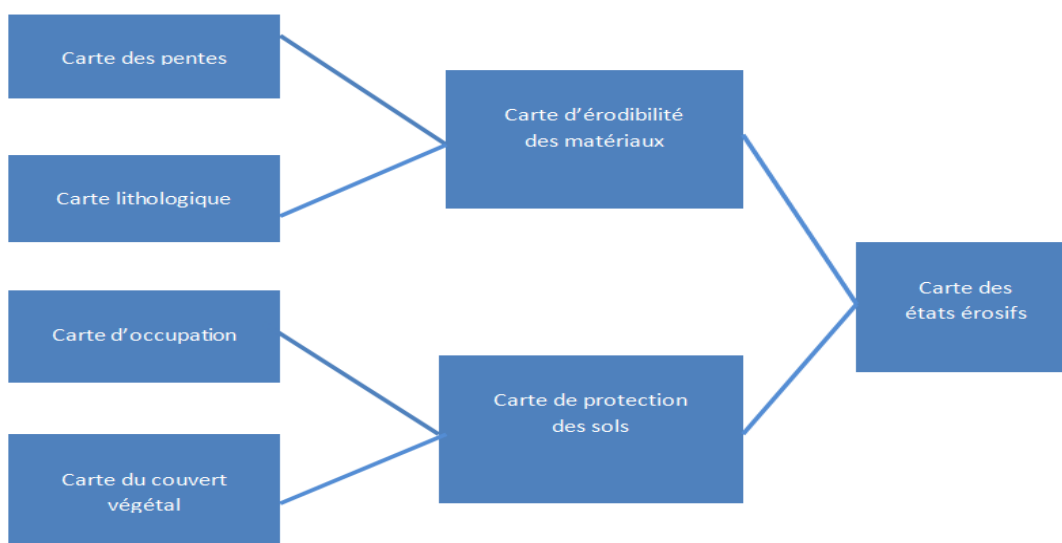


Figure 22 : Schéma de l'approche prédictive

a) Carte d'érodibilité :

La carte d'érodibilité représente la sensibilité du sol face à l'érosion en fonction de sa composition et sa structure. Elle est la carte résultante de la superposition de la carte des pentes (Fig.15) et la carte lithologique (Fig. 9). Cette carte nous permet de caractériser les sols depuis les sols à érodibilité faible jusqu'aux sols à érodibilité extrême (Fig.23).

La superposition se fait par ArcGis par la fonction INTERSECT du menu Geoprocessing, selon l'addition des codes de deux cartes comme le montre le tableau 14:

Tableau 14 : Table de superposition des cartes de pente et lithologique

Pente Lithologie	Pente très faible (Code=1)	Pente faible (Code=2)	Pente moyenne (Code=3)	Pente forte (Code=4)	Pente très forte (Code=5)	Pente extrême (Code=6)
Roche Résistante(Code=1)	2 FB	3 FB	4 M	5 FR	6 FR	7 TF
Roche moyennement Résistante (Code=2)	3 FB	4 M	5 FR	6 FR	7 TF	8 EX
Roche tendre(Code=3)	4 M	5 FR	6 FR	7 TF	8 EX	9 EX

Tableau 15 : Classes d'érodibilité

Code d'érodibilité	Classe d'érodibilité
FB	Erodibilité faible
M	Erodibilité moyenne
FR	Erodibilité forte
TF	Erodibilité très forte
EX	Erodibilité extrême

D'après le tableau et le groupement des codes on a comme résultat 5 degrés d'érodibilité qui sont bien visualisés sur la carte suivante (Fig.23) :

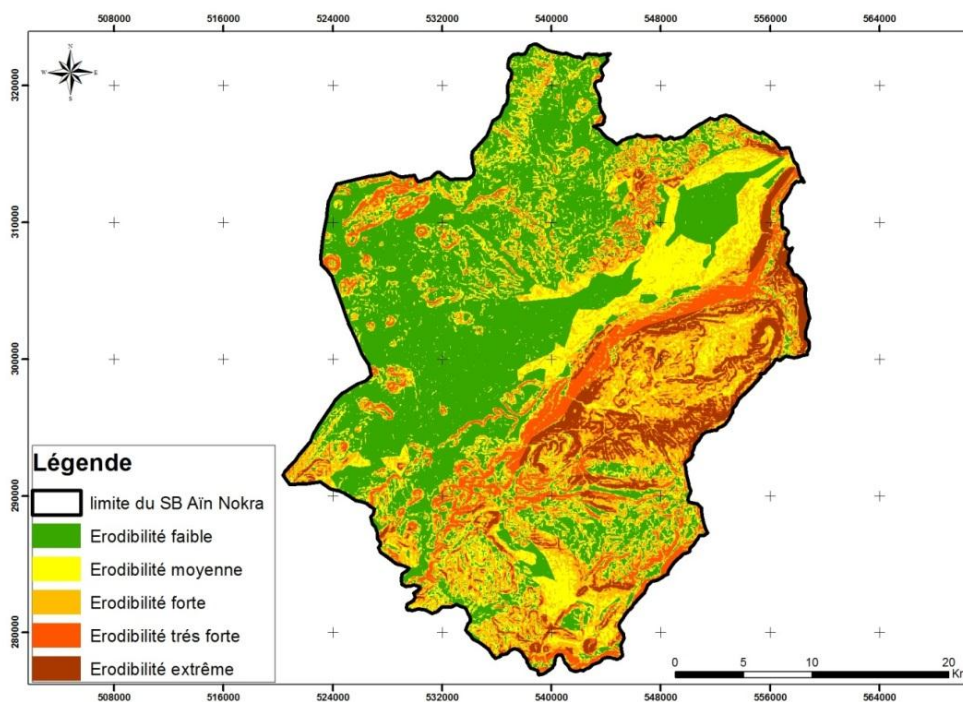


Figure 23: Carte d'érodibilité du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)

La carte d'érodibilité du sous bassin d'Aïn Nokra montre que l'érodibilité très forte et extrême se concentre dans la zone sud-est, par contre l'érodibilité faible se concentre du côté nord-ouest. Ce qui va influencer l'état érosif et donner une différence d'érodibilité entre les zones du sous bassin.

Degré d'érodibilité	superficie (Ha)	pourcentage (%)
Erodibilité faible	43947,21	41,12
Erodibilité moyenne	20066,92	18,78
Erodibilité forte	22899,74	21,43
Erodibilité très forte	12166,54	11,38
Erodibilité extrême	7786,31	7,29
Totale	106866,72	100

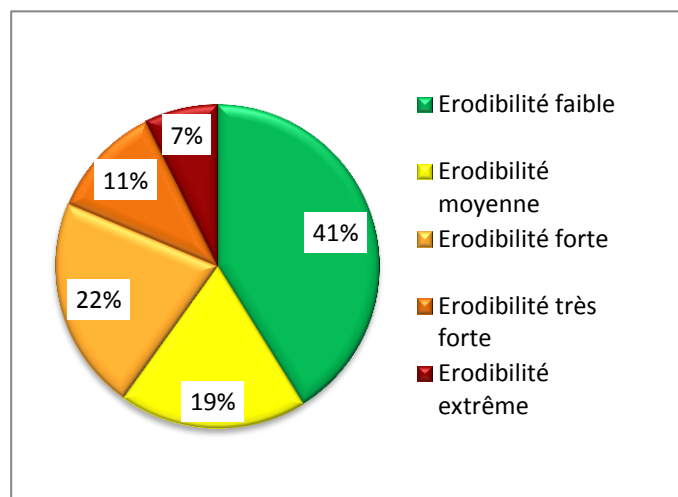


Figure 24 : Graphique de répartition des classes d'érodibilité dans le sous bassin d'Aïn Nokra

Le tableau 16 et le graphique 24 représentent les superficies et les pourcentages qu'occupe chaque classe d'érodibilité. On constate que la grande partie est celle de l'érodibilité faible (40%), suivie de l'érodibilité forte et moyenne qui sont respectivement 22% et 19% , puis l'érodibilité très forte de 11% et enfin l'érodibilité extrême qui ne représente que 7%.

b) Carte de protection des sols

Le degré de protection des sols revient sur le type d'occupation de ces sols et sur la densité du recouvrement végétal. Donc après la superposition de ces deux cartes par l'ArcGis (fonction INTERSECT du menu Geoprocessing) on obtient la résultante (Fig. 24) représentant la carte de protection des sols qui influence directement le degré d'érosion.

Occupation des sols / recouvrement végétal	Forêt dense (Code=1)	Forêt moyennement dense et l'arboriculture (Code=2)	Forêt claire et terrains de cultures (Code=3)	Les battis et l'eau (Code = 4)	Terrains incultes et parcours (Code=5)
R > 45%(Code = 1)	2 FR	3 FR	4 M	5 M	6 FB
25% < R < 45% (Code = 2)	3 FR	4 M	5 M	6 FB	7 FB
5% < R < 25% (Code = 3)	4 M	5 M	6 FB	7 FB	8 TF
R < 5%(Code = 4)	5 M	6 FB	7 FB	8 TF	9 TF

Code de protection	Classe de protection
FR	Protection forte
M	Protection moyenne
FB	Protection faible
TF	Protection très faible

D'après le tableau de superposition et le groupement des codes on obtient comme résultat 4 classes de protection du sol qui se manifestent par la carte suivante :

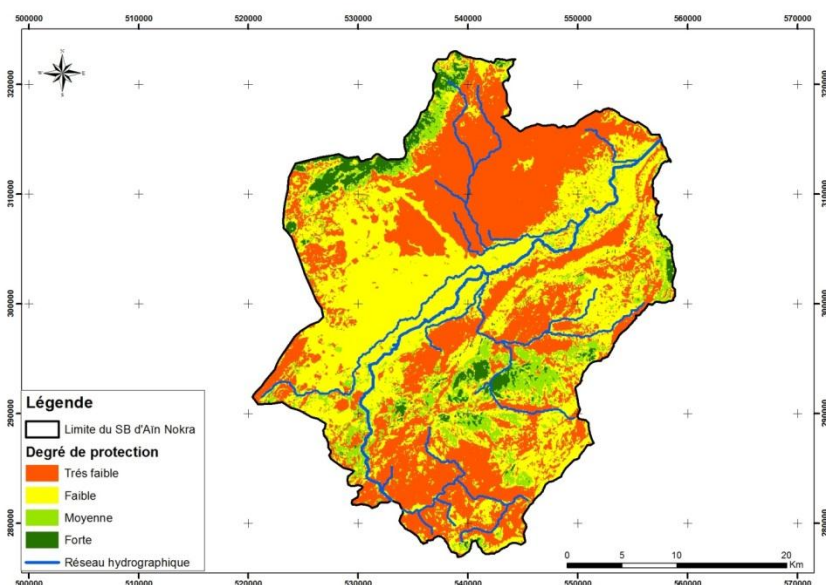


Figure 25 : Carte de protection des sols du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)

D'après l'analyse de la carte de protection des sols (Fig.25), on constate que le sous bassin d'Aïn Nokra souffre de l'insuffisance de la protection des sols surtout dans les terres coïncidant avec les terrains incultes, les terrains de parcours et les régions traversés par les réseaux hydrographiques principaux.

Tableau 19 : Données de la carte de protection des sols		
Degré de protection	superficie (Ha)	Pourcentage (%)
Protection Forte	3780,70	3,54
Protection moyenne	10177,54	9,52
Protection faible	45566,56	42,63
Protection très faible	47361,92	44,31
Total	106886,72	100

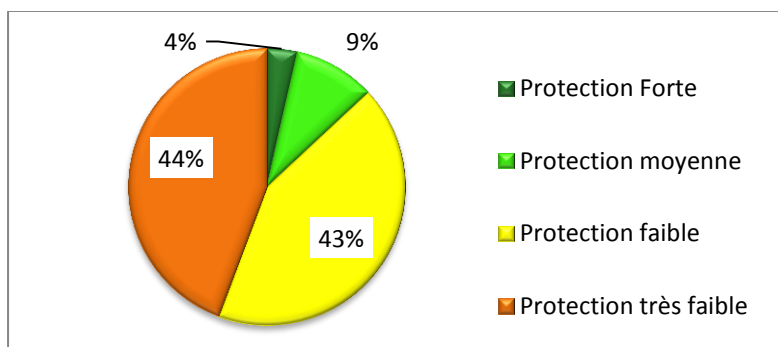


Figure 26 : Graphique de répartition des classes de protection des sols dans le sous bassin d'Aïn Nokra

Les résultats tirés à partir de tableau 19 et du graphique 26 sont tout à fait normales puisque la grande partie du sous bassin est constituée par les terrains incultes (carte d'occupation des sols : Fig. 20) et a une densité de couvert végétales inférieur à 5% (carte du recouvrement végétal Fig. 18).

Les résultats montrent que 87% des terrains du sous bassin ont une protection très faible à faible, 9% ont une protection moyenne, et seulement 4% ont une protection forte.

c) Carte des états érosifs

L'étape de réalisation de la carte des états érosifs est la dernière étape de l'approche prédictive. La carte des états érosifs est réalisée à partir de la superposition de la carte d'érodibilité (Fig. 23) et celle de la protection des sols (Fig. 25), les polygones résultant vont être classés selon la matrice du tableau suivant (Tab. 25)

Tableau 20: Données de superposition des cartes d'érodibilité et de protection des sols

Erodibilité Protection du sol	Erodibilité faible (Code=1)	Erodibilité moyenne (Code=2)	Erodibilité forte (Code=3)	Erodibilité Très forte (Code = 4)	Erodibilité extrême (Code=5)
Forte (Code = 1)	2 FB	3 FB	4 M	5 M	6 FR
Moyenne (Code = 2)	3 FB	4 M	5 M	6 FR	7 FR
Faible (Code = 3)	4 M	5 M	6 FR	7 FR	8 EX
Très faible (Code = 4)	5 M	6 FR	7 FR	8 EX	9 EX

Tableau 21 : Classes d'érosion

Code d'érosion	Classe d'érosion
FB	Erosion faible
M	Erosion moyenne
FR	Erosion forte
EX	Erosion extrême

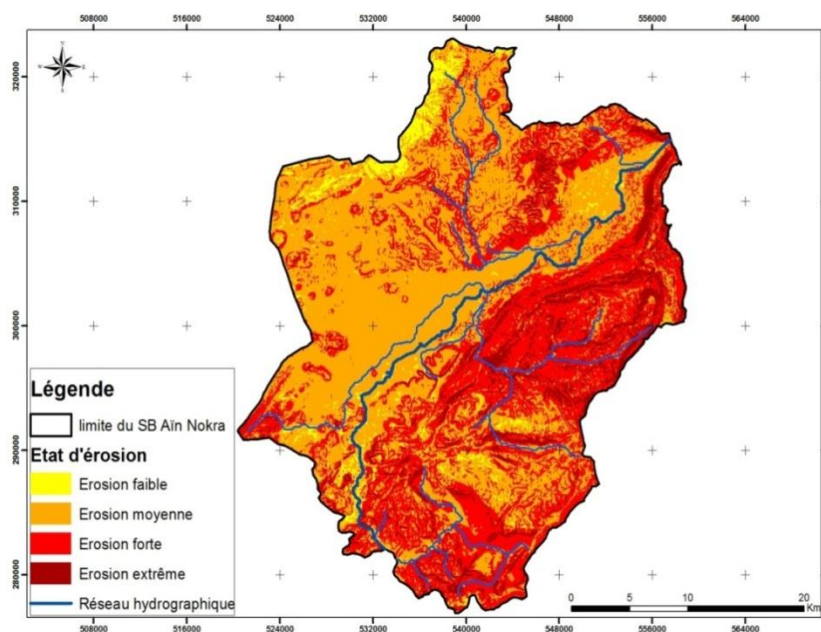


Figure 27 : Carte d'érosion potentielle du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)

Le calcul et le classement des codes nous donnent la carte d'érosion potentielle qui représente la répartition des différents degrés d'érosion hydrique dans le sous bassin d'Aïn Nokra (Fig. 27).

La bonne analyse et vérification de la carte nous permet de constater et de toucher l'importance du volume d'érosion dans le sous bassin, puisque on voit bien la dominance d'érosion moyenne et forte sur toute la superficie du sous bassin.

Tableau 22 : Données de la carte d'érosion		
Strate	Superficie(Ha)	pourcentage (%)
Erosion Faible	10103,49	9,45
Erosion moyenne	54547,83	51,03
Erosion Forte	38286,37	35,82
Erosion Extrême	3949,03	3,69
Total	106886,72	100

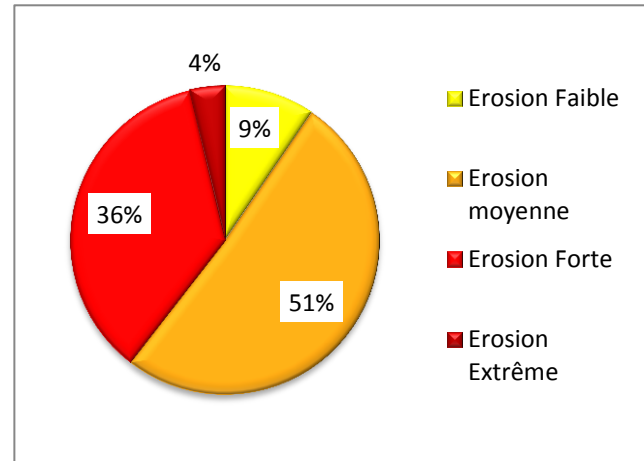


Figure 28 : Graphique de répartition des états érosifs dans le sous bassin d'Aïn Nokra

Le tableau 22 et le graphique 28 assurent les constatations sur la carte et montrent que 51% de la superficie totale de notre sous bassin est occupée par les terres à érosion moyenne ensuite on a 36% des terres à érosion forte, 9% des terres à érosion faible, et enfin 4% des terres ont une érosion extrême.

2) Approche descriptive

Puisque notre étude n'a pas atteint le stade d'étude, cartographie, et vérification sur le terrain ; on se contente dans cette partie de citer les différentes formes d'érosion hydrique dans notre sous bassin connues à partir des données existantes et de quelques photos de terrain.

Selon l'emplacement des zones exposées à l'érosion hydrique, on peut définir deux principales formes d'érosion : érosion dans les interfluves (érosion en nappes, érosion en griffes, et érosion par ravinement...), et érosion du réseau hydrographique. Le sous bassin d'Aïn Nokra est caractérisé par l'existence de tous ces types d'érosion.

a) **Erosion dans les interfluves :** Concerne tout ce qui est compris entre deux talwegs. Elle est appelée aussi érosion aréolaire.

a-1. Erosion en nappe : C'est le stade initial de la dégradation des sols par érosion. Elle entraîne la dégradation du sol sur l'ensemble de sa surface. C'est une forme d'érosion diffuse. Lorsqu'il y a l'érosion en nappe, le déplacement des particules se fait d'abord par effet "splash" à courte distance et ensuite par le ruissellement en nappe. La battance des gouttes de pluie envoie des gouttelettes et des particules dans toutes les directions. En fait, ce n'est qu'après formation des flaques et débordement de l'eau non infiltrée d'une

flaque à l'autre, que naît le ruissellement en nappe. Celui-ci s'étalant à la surface du sol gardera une faible vitesse même sur des pentes de 5 à 10 % à cause de la rugosité du sol (mottes, herbes, feuilles, racines, cailloux, etc...) qui l'empêchent de dépasser la vitesse limite de 25 cm/seconde.

a-2. Erosion en griffes : L'érosion en rigoles est un aspect de l'érosion linéaire. Elle se produit lorsqu'il y a des irrégularités à la surface du sol, souvent dues aux façons culturales. Les eaux se concentrent, coulent suivant les lignes de moindre résistance et le ruissellement acquiert une certaine énergie abrasive qui met en mouvement des particules facilement détachables. Il en résulte des dépressions relativement petites (dont l'importance dépend de l'énergie du ruissellement et de la nature du sol) qui constituent des griffes ou filets ou encore rigoles.

a-3. Erosion par ravinement: L'érosion par ravines est une forme accentuée de l'érosion par rigoles. Au cours du temps, les eaux se concentrent dans les rigoles et les creusent de plus en plus en forme de V si le substratum est tendre ou en forme de U si le substratum est dur. Au fur et à mesure que les ravines descendent en aval, leurs impluviums augmentent, le creusement aussi, et elles atteignent des dimensions considérables, on parle alors de ravins. Les ravines ne sont pas effaçables par les procédés agricoles simples, alors que les ravins ne le sont plus et ils sont traités par des seuils de toutes sortes (en béton, pierres, grillages, gabillons).

Cette forme d'érosion est à l'origine des "bad-lands "; terme géomorphologique employé pour caractériser des zones érodées, montrant une dissection très accentuée du méso-relief et du microrelief (ravinement) et qui sont des sources de sédiments.



Figure 29 : Manifestation de l'érosion hydrique sur Jbel Tadjja

b) **Erosion dans le réseau hydrographique (érosion linéaire) :**

L'écoulement des eaux dans le réseau hydrographique est doté d'une certaine énergie qui est utilisée pour le transport de sédiments et pour le creusement. Tant que la charge en sédiments n'a pas atteint la valeur d'équilibre au-delà de laquelle l'écoulement ne peut plus mettre en mouvement de nouveaux matériaux, il y a une partie d'énergie qui est mise au service du creusement.

Donc, la mise en mouvement de nouveaux sédiments dépend de cette part d'énergie et aussi de la nature du lit du cours d'eau. Le creusement est plus facile dans des matériaux affouillables que dans des matériaux plus cohérents les uns des autres.

L'érosion dans le réseau hydrographique se manifeste par deux processus: le creusement du lit et l'affouillement des berges.

Autres risques naturels dans la région d'étude

➤ Risques d'inondations

A l'instar des autres bassins du Maroc, le bassin de Sebou auquel appartient le sous bassin d'Aïn Nokra a connu dans le passé des inondations catastrophiques, ces inondations ont causées d'énormes dégâts économiques voire parfois humaines, et par conséquent des pertes énormes surtout économiques : perte des terrains agricoles, destruction des infrastructures, inondation des habitations (douars, centres ...).

La chronologie principale des inondations vécues dans le sous bassin d'Aïn Nokra se présente sur le tableau suivant (Tab. 23).

Tableau 23 : Historique des inondations dans le sous bassin d'Aïn Nokra		
Sites	Année de l'événement	Dommages encourues
Plaine et centre de Guigou	1970, 1995, 2001, et 2002	Inondation d'environ 1500 Ha de terres agricoles, la coupure de plusieurs routes et pistes rurales, l'inondation des locaux administratifs et des habitations du centre de Guigou et des douars se trouvant dans la plaine.
Centre de Timahdite	1995, 2002	Inondation des logements, qui longent Oued Guigou et de la route RN13.

Source : Agence du Bassin Hydraulique Sebou

La carte des risques d'inondations a été établie en se basant sur les altitudes des zones qui se trouvent sur les côtés de l'Oued principal qui traverse le sous bassin d'Aïn Nokra : Oued Guigou, afin de déterminer les zones les plus menacées par le risque d'inondation.

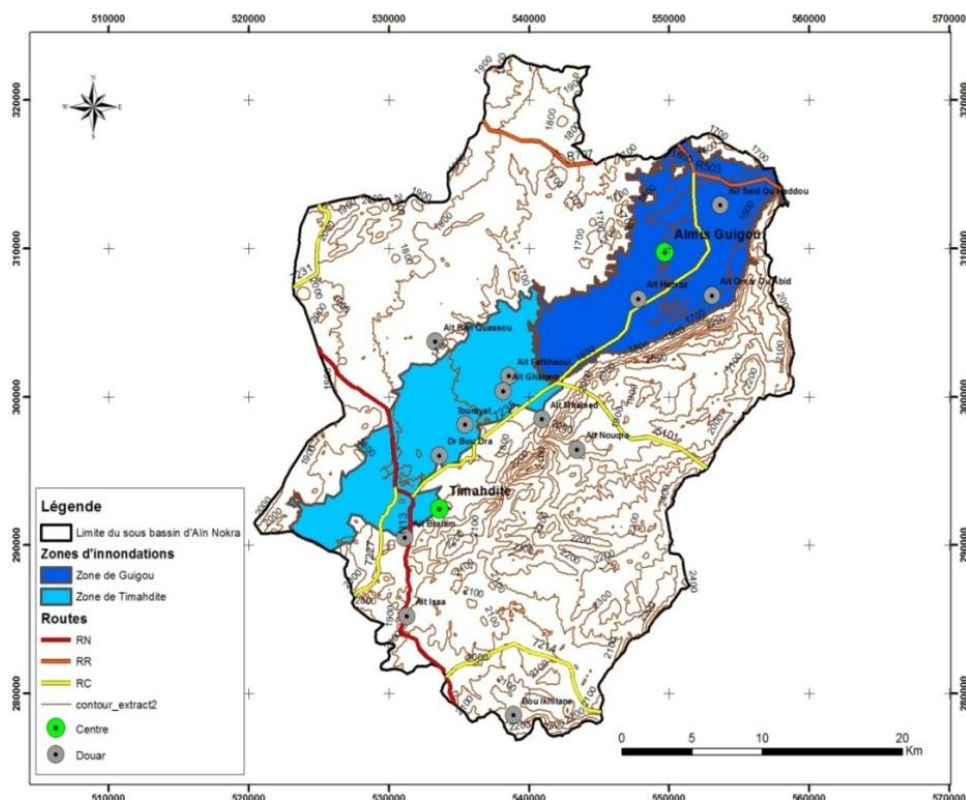


Figure 30 : Carte des risques d'inondations du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)

A partir de la carte des risques d'inondations, et selon les altitudes on peut définir deux principales zones menacées par les inondations provoquées par Oued Guigou :

- La zone de Guigou : plaine de Guigou où les inondations sont plus fortes, agressives et destructives. Elle se trouve entre l'altitude 1400m et 1600m et s'étend sur une surface de 13327 Ha.
- La zone de Timahdite : où les inondations sont moins agressives et donc moins destructives, grâce à son altitude plus haute que celle de Guigou : elle se trouve entre 1600m et 1900m et s'étend sur une surface de 11830 Ha.

Aménagements et recommandations

1) Zones d'actions prioritaires

Selon la répartition du taux d'érosion dans la totalité du sous bassin d'Aïn Nokra et en fonction des moyens disponibles il est nécessaire de diviser le terrain en micros sous bassins par ordre de priorité d'intervention.

La division est faite en suivant les lignes de partage des eaux entre les micros sous bassins, et cela donne comme résultat 4 zones de priorités différentes représentées par la carte suivante :

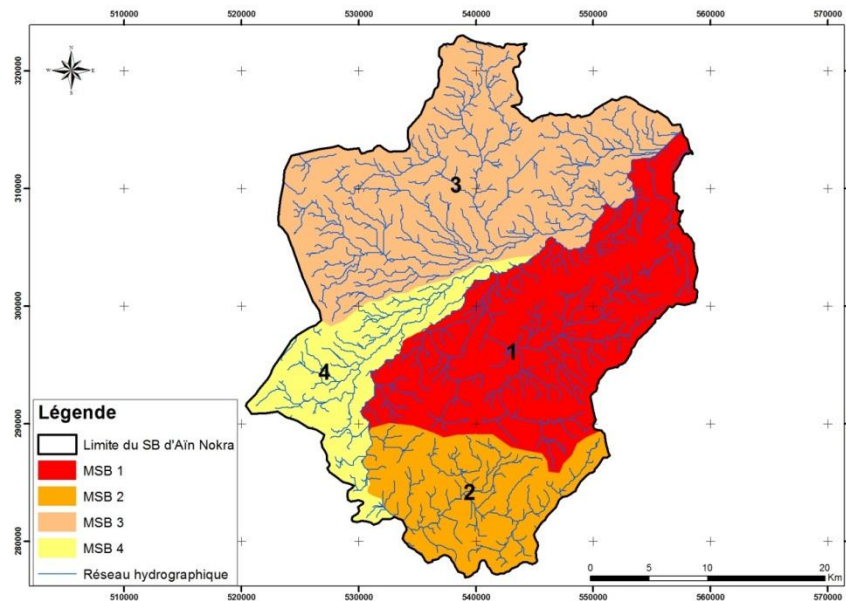


Figure 31 : Carte des micros sous bassins du sous bassin d'Aïn Nokra (2017)

- Le micro sous bassin 1 correspond à la zone dominée par l'érosion forte et extrême, donc c'est la zone la plus prioritaire où les aménagements doivent s'appliquer en premier.
- Le micro sous bassin 2 correspond à la zone dominée par l'érosion forte et moyenne, ce qui le donne le deuxième ordre de priorité.
- Le micro sous bassin 3 correspond à la zone dominée par l'érosion moyenne, ce qui le donne le troisième ordre de priorité.
- Le micro sous bassin 4 correspond à la zone dominée par l'érosion faible, donc c'est la dernière zone de priorité.

2) Aménagements et recommandations

Pour la réalisation d'un grand pas vers le devant et combattre la problématique étudiée par ce projet, il est primordial de prendre la main pour travailler ensemble dans un cadre de partenariat entre la société civile, la direction régionale des eaux et forêts et lutte contre la désertification et surtout les paysans pour donner un bon résultat et corriger les dégâts dans ce sous bassin.

❖ Objectifs des aménagements :

- ✓ Lutte contre l'érosion des sols.
- ✓ Reconstitution des écosystèmes forestiers dégradés.
- ✓ Amélioration des conditions de vie de la population.
- ✓ Préservation des ressources naturelles.
- ✓ Amélioration de la productivité des terres.

Les aménagements dont la Direction Régionale des Eaux et Forêts et Lutte Contre la Désertification a proposé et commencé à appliquer pour lutter contre l'érosion hydrique sont les suivants :

❖ Actions antiérosives :

- Reboisement : la surface de reboisement dans la région n'a vraiment pas un grand poids ce qui donne l'impression de penser et décider d'augmenter ces surfaces qui vont aider beaucoup à la protection des terres contre l'érosion, et l'amélioration du côté économique.

- Reconstitution des forêts naturelles : consiste à la restauration et la reconstitution pour consolider les forêts dégradées, par incendies et par la rase intense... Ainsi pour augmenter les surfaces forestières dans la région qui aident au maintien des sols contre l'érosion.

- Prévention et lutte contre les Incendies : par la mise en place des passages à l'intérieur des forêts qui empêchent la propagation du feu. Ce qui permet de préserver les terres couvertes par la forêt.

- Construction de seuils en pierres sèches : Cette technique s'applique aux pentes moyennes à fortes, où la charge caillouteuse est importante. Elle empêche la destruction des terrains de cultures, des habitations, et des infrastructures, par blocage des charriages issues d'érosion et transportés le long des ravins.

- Construction des barrages en gabions : dans le but de réduire la vitesse de ruissellement, de retenir les sédiments et protéger les infrastructures socio-économiques en aval. Ils sont utiles pour la correction des ravins à largeur importante.

- La gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES) : est une stratégie participative visant à mieux gérer les ressources en eau, en biomasse et en nutriments. Cette approche tient comme principe que les aménagements antiérosifs ne peuvent être durables sans la participation paysanne, cette stratégie tient compte de la façon dont les ruraux perçoivent les problèmes de dégradation des sols et propose l'intensification de la productivité des terres pour faire face à la croissance démographique.

- Amélioration de la structure du sol : Le renforcement de la résistance du sol à l'entraînement par l'eau passe par l'amélioration de la stabilité de sa structure grâce à des amendements humifères, des amendements calcaires qui stabilisent les complexes argilo-humiques et par des bonnes pratiques de gestion du sol (mise en défens, rotations des cultures, travail approprié du sol, ... etc.).

❖ **Actions de développement local :**

Ces actions sont proposées au profit de population de la région pour les éloigner de l'exploitation excessive de ressources naturelles et donc les éloigner de la contribution et la participation dans les causes de l'érosion.

- Plantations fruitières nouvelles et entretien des plantations fruitières existantes : dans la région de Timahdite des arbres fruitiers ont été implantés, dans le cadre d'une expérience d'arboricultures, ce qui a donné de bons résultats de différents points de vue (de point de vue environnemental l'augmentation de la protection et la fertilité des sols, de point de vue économique l'assurance des besoins des habitants et l'assurance d'un bon budget) ce qui pousse les responsables de penser à généraliser cette expérience dans la totalité du bassin.

- Captage des eaux : par les constructions des barrages et des collecteurs d'eau en amont et dans les zones d'altitude élevés des bassins, ce qui permet de mieux exploiter les eaux de surface et d'éviter le gaspillage des eaux et leur contribution aux inondations et à l'érosion hydrique.

- Ouverture et amélioration des pistes : la région d'étude souffre d'insuffisance des infrastructures, et la destruction des infrastructures existante par les inondations, les graves glissements, et les charriages issus de l'érosion hydrique.

- Développement: Apiculture, activité féminine (coopératives des produits laitiers, l'artisanat du terroir...) ce type d'activité génératrice de revenue et d'emploi a une grande importance sociale qui permet aux habitants de la région d'avoir un revenu autonome et durable pour mieux gérer leurs besoins économiques, afin d'éviter toute exploitation excessive et abusive de la forêt et des ressources naturelles.

Conclusion :

Notre étude s'est focalisée sur l'évaluation qualitative de l'érosion hydrique dans le sous bassin d'Aïn Nokra en se basant sur le model PAP/CAR qui utilise une méthode de cartographie et de mesure de l'érosion hydrique, basée sur les facteurs naturels (Lithologie, pente, couvert végétal et densité du couvert). Notre travail a nécessité dans un premier temps de collecter toutes les données sur les facteurs naturels du sous bassin de Aïn Nokra, ce qui nous a permet par la suite d'obtenir la carte des états érosifs du sous bassin, par l'assemblage et la superposition des cartes thématiques (pente, lithologie, occupation du sol , couvert végétal, érodibilité et protection des sols) réalisées par l'utilisation du SIG et la télédétection en suivant des directives précises.

Au cours de ce stage d'étude, on a pu maîtriser d'une part la démarche pour bien collecter les données nécessaires à l'étude et d'autre part les outils des systèmes d'informations pour traiter ces données et les restituer sous formes de cartes thématiques telles que :

- ✓ La réalisation de la carte d'érodibilité à partir de la superposition de la carte des pentes et la carte lithologique qui nous renseigne sur l'état de résistance des sols.

- ✓ La réalisation de la carte de protection des sols à partir de la superposition de la carte d'occupation du sol et la carte de recouvrement végétal.

- ✓ La carte d'érosion potentielle est le résultat de la superposition des deux dernières cartes, et elle représente le résultat principal de notre étude.

Enfin, on a établie un découpage du sous bassin d'Aïn Nokra selon le réseau hydrographique en quatre micros sous bassins auxquels nous avons affecté des degrés de priorité d'intervention par application des actions antiérosives en tenant compte des résultats obtenues à partir de la carte des états érosifs.

Ce travail préliminaire sur l'érosion hydrique du sous bassin d'Aïn Nokra nous a permet d'une part de constater l'importance du volume d'érosion dans le sous bassin, puisque on voit bien la dominance d'érosion moyenne et forte sur toute la superficie du sous bassin, et d'autre part de distinguer quatre zones à différentes degrés de priorité d'intervention dans le sous bassin d'Aïn Nokra.

Références

Bibliographie :

- DUCHAUFOR Philippe 1977, Pédogenèse et classification, Masson 1983, 477 p.
- KHANFOUCI Med Saïd, 2005, Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération du Cèdre de l'Atlas, magister en science forestière, Université hadj Lakhdar Batna – 171p
- Mesrar Haytam (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". Mémoire Master HSQE, FST-Fès, 98p.
- 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.
- Royaume du Maroc Ministère de l'Intérieur Direction générale collectivités locales, Monographie Générale (2015) ; La région de Fès-Meknès. 62p.
- SABIR Mohamed, Juillet 1986, L'érosion hydrique et sa quantification, Mémoire d'université de Paris XI, Département d'HYDROLOGIE et de GEOCHIMIE.
- Service d'étude d'aménagements et de planifications (SEAP), Etude d'Aménagement du bassin versant en amont du barrage Allal El Fassi, 200 p.

Webographie :

- http://www.eauxetforets.gov.ma/files/editor_upload/DREFLCD_FB_2015.pdf Direction régionale des eaux et forêt et la lutte contre la désertification
- <http://www.fao.org/docrep/005/y2328f/y2328f03.htm> Fao ou ONUAA (Food and agriculture organisation of the United nations /organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)
- <http://www.ma.auf.org/erosion/chapitre1/Chap1-sommaire.html> . (Consulté le 27/04/2017). Ali Smiri, Ecoles supérieures de formation en foresterie et en agriculture, Chapitre1 : EROSION HYDRIQUE.
- <https://www.usherbrooke.ca/geomatique/programmes-detudes/par-discipline/teledetection/quest-ce-que-la-teledetection/>. (Consulté le 18/05/2017). Université Sherbrooke (Québec) CANADA, Télédétection, Département de géomatique appliquée.

Annexes

Annexe 1 : Lieu de stage :

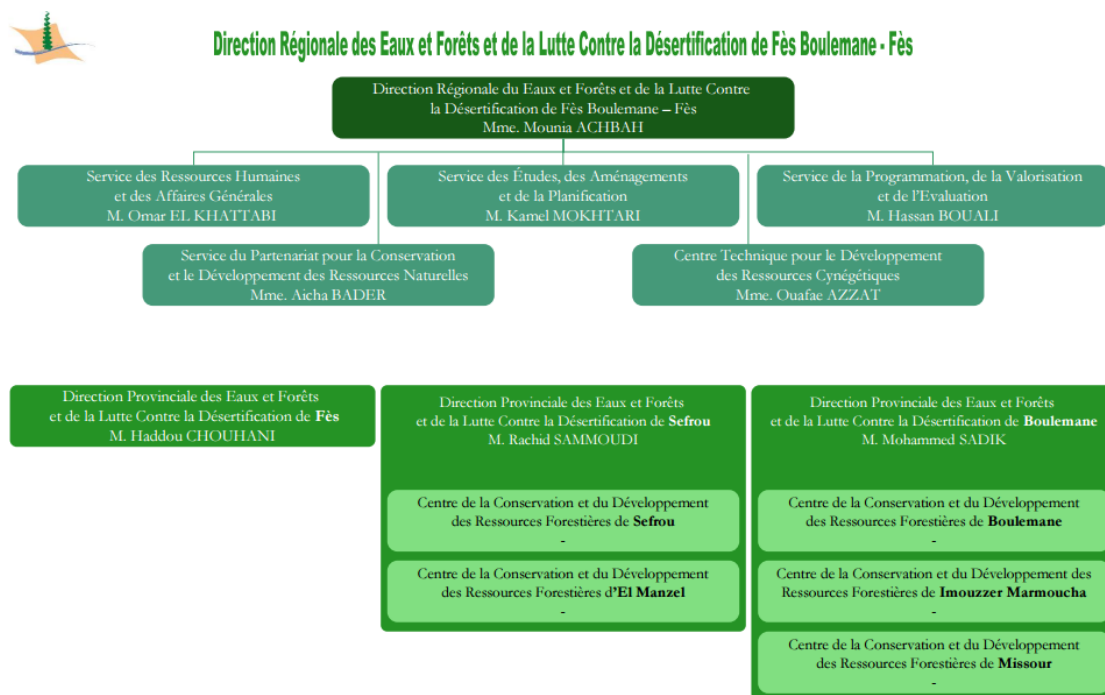
Dans Le cadre de l'enseignement supérieur et la poursuite d'études en licence Sciences et Technique « Géo-ressources et Environnement » à la Faculté des Sciences et Technique Fès, il est nécessaire d'effectuer un stage de PFE dans le but de mettre en pratique les connaissances acquises durant notre parcours universitaire. Nous avons voulu un stage qui peut nous permettre de mettre en évidence nos connaissances en géomatique, de les enrichir et les développer.

Pour ces raisons nous avons choisis d'effectuer notre stage au sein du Service des Etudes, des Aménagements et de Planification dépendant de la Direction Régionale des Eaux et Forêts et Lutte contre la Désertification de Fès-Boulemane.

Présentation de la DREFLCD :

La Direction Régionale des Eaux et Forêts et de la Lutte Contre la désertification Fès-Boulomane a été créée selon l'arrêté ministériel n° 553.00 le 14 Avril 2000, paru au bulletin officiel n° 4806 en date du 19 Rabina premier (22juin 2000).Cependant, cette Direction a commencé à fonctionner depuis le 1er Septembre 1999. Cette création vise bien entendu à optimiser au mieux les interventions forestières et à améliorer l'efficacité du secteur à la faveur de la décentralisation de déconcentration de certaines activités.

Organigramme de la direction :

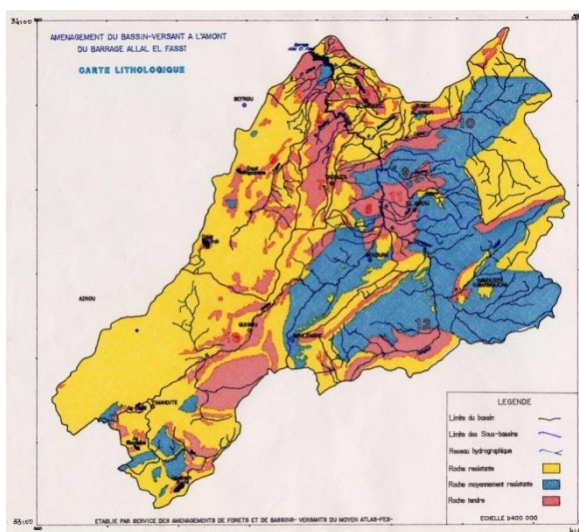


Annexe 2 :

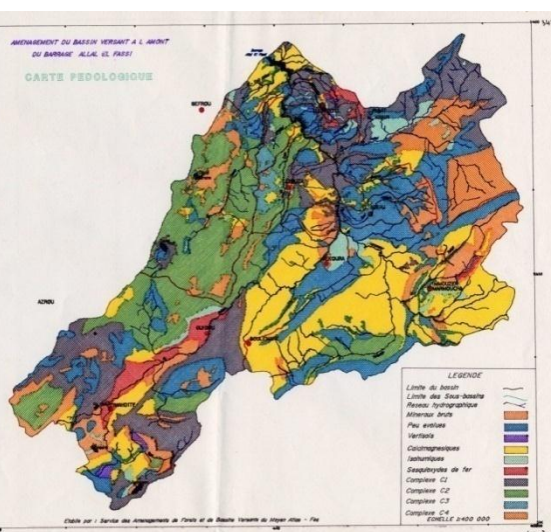
Carte Géologique du Maroc 1/1000000



Carte lithologique 1/400000



Carte pédologique 1/400000

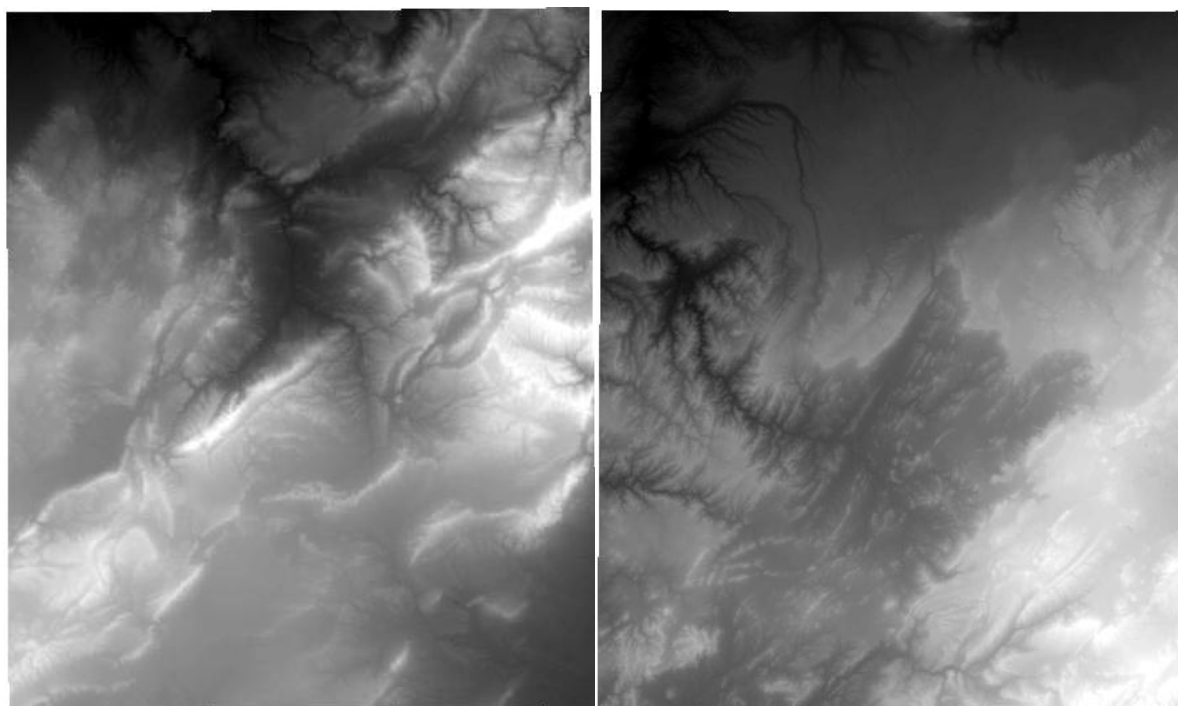


Annexe 3 : Données de la Télédétection :

- Image satellitaire Landsat 8 (résolution 30m)(www.earthexplorer.usgs.gov)



- Modèles numériques de terrain (résolution 30m) (www.astergdem.com)
MNT: ASTGTM_N33W005_dem MNT: ASTGTM_N33W006_dem





Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

**Hassnae Faiz
Oumayma Inaya**

Année Universitaire : 2016/2017

Titre : Evaluation qualitative de l'érosion hydrique dans le sous bassin d'Aïn Nokra par application du modèle PAP/CAR

Résumé

Ce travail est dédié à l'étude de l'érosion hydrique, qui est une problématique dont souffre la plupart des terrains marocains. Nous effectuons une étude basée sur l'approche prédictive du modèle PAP/CAR afin de déterminer l'état érosif du sous bassin d'Aïn Nokra.

Le sous bassin d'Aïn Nokra situé en amont du barrage Allal El Fassi localisé dans le domaine moyen atlasique est caractérisé par un climat sub-humide froid à très froid avec de fortes précipitations qui dépassent les 700mm/an. Sa topographie est caractérisée par une variation d'altitude allant de 2460m à 1467m, ce qui explique l'existence de différentes formes du relief (plaine de Guigou, Jbel Tadjia...). Ces caractéristiques physiques de ce sous bassin font qu'il peut être sujet à une érosion hydrique probable.

Le but de notre travail est d'apprécier l'ampleur de l'érosion hydrique dans le sous bassin d'Aïn Nokra, en se basant sur l'utilisation de l'outil SIG et la télédétection, pour l'élaboration des cartes thématiques de : précipitations, réseau hydrographique, pente, exposition, végétation, occupation du sol, géologie, pédologie, et lithologie. La superposition de ces cartes thématiques selon les directives de PAP/CAR a permis d'une part de constater l'importance du volume d'érosion hydrique dans le sous bassin, et d'autre part de distinguer quatre zones à différents degrés de priorité d'intervention dans le sous bassin d'Aïn Nokra.

Mots clés : Erosion hydrique, sous bassin d'Aïn Nokra, SIG, PAP/CAR.